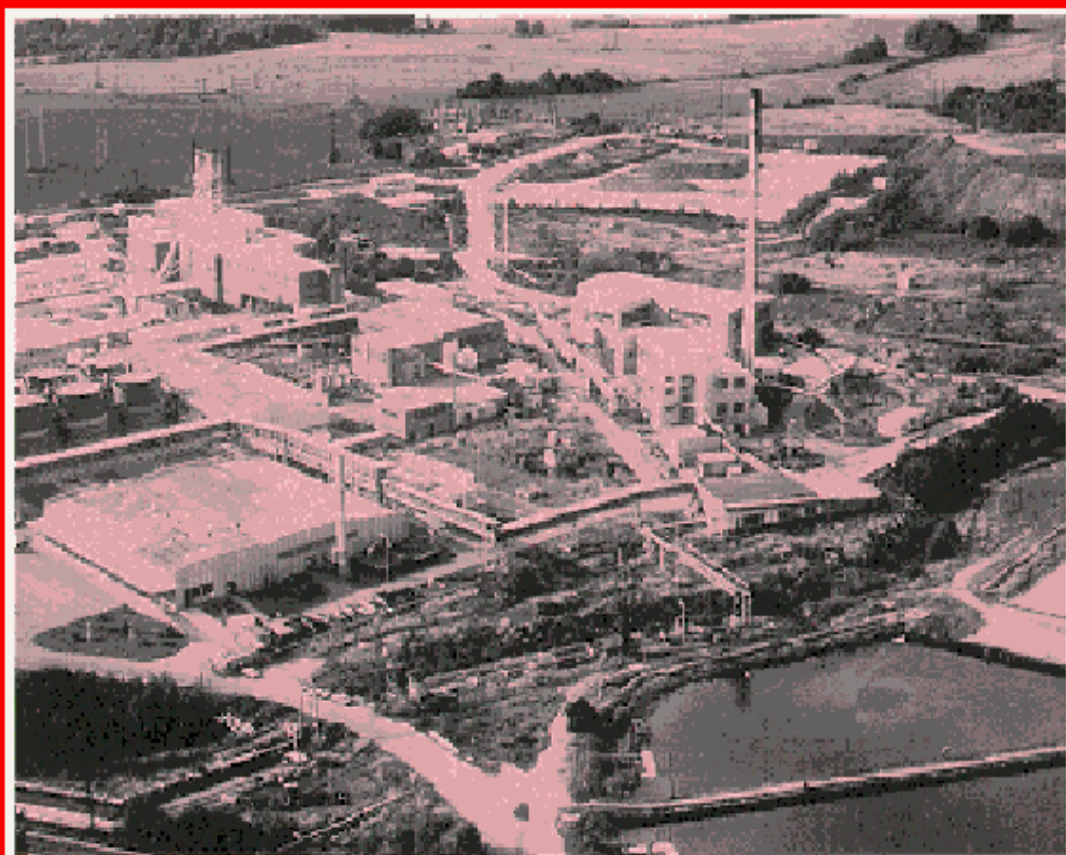


ウラン

1997

資源 生産 需要



経済協力開発機構原子力機関 (OECD・NEA)

国際原子力機関 (IAEA)

共同報告

動力炉・核燃料開発事業団 記



OECD の設立と目的

経済協力開発機構 (Organisation for Economic Co-operation and Development : OECD) はパリで 1960 年 12 月 14 日に調印し、1961 年 9 月 30 日に発効した条約の第 1 条に基づいて次の政策を推進する。

- －加盟国において財政金融上の安定を維持しながらできる限り高度の経済成長および雇用ならびに生活水準の向上を達成し、もって世界経済の発展に貢献すること。
- －経済発展の途上にある加盟国、非加盟国の経済の健全な拡大に貢献すること。
- －国際的義務に従って世界貿易の多角的かつ制限なき拡大に貢献すること。

OECD の最初の加盟国はオーストリア、ベルギー、カナダ、デンマーク、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイスランド、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、イギリス、米国である。その後、次の国々が付記した日に加盟国となった。日本 (1964 年 4 月 28 日)、フィンランド (1969 年 1 月 28 日)、オーストラリア (1971 年 6 月 7 日)、ニュージーランド (1973 年 5 月 29 日)、メキシコ (1994 年 5 月 18 日)、チェコ (1995 年 12 月 21 日)、ハンガリー (1996 年 5 月 7 日)、ポーランド (1996 年 11 月 22 日)、韓国 (1996 年 12 月 12 日)。欧州共同体の委員会は OECD の業務を分担している (OECD 条約第 13 条)。

NEA の設立と目的

経済協力開発機構原子力機関 (OECD Nuclear Energy Agency : NEA) は 1958 年 2 月 1 日に欧州経済協力機構 (OEEC) 欧州原子力機関 (European Nuclear Energy Agency) として設立された。日本がヨーロッパ以外の最初の正式加盟国となった 1972 年 4 月 20 日に現在の名称となった。NEA の加盟国はニュージーランドとポーランドを除く OECD 加盟国である。欧州共同体委員会は NEA の業務を分担している。

NEA の主要な目的は安全で環境上も許されかつ経済的なエネルギー源としての原子力の開発を進める上で、その加盟国政府間の協力を促進することである。

これは次のことにより達成される。

- －原子力の分野における参加国の規制方針および施行面、特に原子力施設の安全性、電離放射線に対する人類の保護と環境の保全、放射性廃棄物の管理および原子力に関する第三者への責任と保険の分野で調整をはかること。
- －原子力の成長に関する技術的・経済的特質についての調査を継続し、並びに核燃料サイクルの各段階での需要と供給の予測を行うことにより、エネルギー供給全体に対する原子力の貢献を評価すること。
- －原子力における科学・技術情報の交換を特に共通のサービス事業に参加して発展させること。
- －国際的研究、開発計画および共同事業を発足させること。

上記および関連業務において NEA は国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency : IAEA) の他、原子力関係分野の他の国際機関とも協力協定を締結し、緊密な共同作業を行なっている。

Publié en français sous le titre :

URANIUM 1997

RESSOURCES, PRODUCTION ET DEMANDE – ÉDITON 1998

Photo Credit: The Hamr production centre, Czeck Republic – courtesy of Diamo s.p.

© OECD 1998

[日本語への翻訳にあたっては OECD 出版局の承認済みである-D/98/080]

日本語訳の発行にあたって

本書は 1998 年に発行された OECD/NEA-IAEA による「URANIUM Resources, Production and Demand 1997」の日本語訳である。

原書は 1965 年に OECD の ENEA(現 NEA)から「World Uranium and Thorium Resources」の表題で発行されて以来ほぼ隔年毎に改訂発行されてきた。

今回の報告は通算で第 17 回目の報告書である。

動燃事業団は 1969 年から発行の都度日本語訳を作成しており、今回も OECD/NEA の承認を得て日本語訳を行った。

なお、翻訳は東濃地科学センター技術開発課が行った。

巻頭言

1960年代半ば以降、OECD 原子力機関(NEA)と国際原子力機関(IAEA)は加盟国の協力を得て、一般に「レッド・ブック」として知られている世界のウラン資源、生産および需要に関する共同報告書を定期的に発行してきた。今回の第17回目の出版は前回の1995年版を更新するもので、1997年1月1日現在の情報に基づいている。

レッド・ブックは1973年以降2年毎に発行されてきた。今回のレッド・ブックは現在、そして2015年までの期間を対象としたウラン供給および需要状況の包括的な評価を示すものである。この評価の基礎となるものは、存在の確度と経済性により分類したウラン資源の見積りと生産能力、原子力発電設備およびそれに関連するウラン必要量の予測である。さらに探鉱費、ウラン生産、雇用状況およびウラン在庫量に関する年間統計データも含まれている。全世界的な解析に加え、各国毎の詳細なウラン資源、探鉱、生産活動および関連するウラン政策に関する報告も示した。

今回の出版内容はNEAがその加盟国に、またIAEAがOECD加盟国以外のIAEA加盟国に送付した質問状により得られたデータを基に作成されたものである。一部の国々はその国に独自の様式に従った包括的な報告書を提出したが(第III章)、報告の大部分は上記質問状、またはその他の公式回答に基づいて、NEAまたはIAEAが各々作成したものである。報告書の第III章以外のセクションはNEA-IAEAウラングループの一般的な指導に基づき、この2機関が各々の責任を果たす形で公平に分担した。

本報告書の第I章と第II章(ウラン供給とウラン需要)はNEA-IAEAウラングループの副議長により主催され、ウラングループのメンバーで構成される独立した2つの作業部会によって起草された(付録1参照)。

また、本報告書はウラン資源、過去および現在の生産量、将来の生産計画に関するデータを評価・整理することにより、世界のウラン供給状況を検討している。59ヶ国から提供されたこれらのデータは将来想定される原子炉関連ウラン必要量と比較されている。最近のウラン探鉱活動のレベルについても報告・解析されている。今回のレッド・ブックは\$40/kgU以下のコスト水準の資源見積りを設けてから2回目の版となる。

2015年までの短期的なウラン需要に関する情報が各国当局から提供されている。より長期的なウラン需要予測は各国当局の提出資料よりも専門家の意見に基づいて、定性的に検討されている。

第I章と第II章に記述された見解は必ずしも加盟国あるいは国際機関の立場を反映したものではない。本報告書はOECD事務局長の責任において出版されるものである。

謝 辞

パリの OECD 原子力機関(NEA)とウィーンの国際原子力機関(IAEA)は送付した質問状に回答を寄せた各国の機関(付録2参照)に感謝の意を表したい。

NEA と IAEA の協定に従って、NEA ウラングループは 1996 年に NEA-IAEA 合同ウラングループに改組された。これにより、ウラン関連活動に関心を持つこの2組織の全ての加盟国の代表が全面的に参加する機会がもたらされた。今回のレッド・ブックの作成に IAEA 加盟国の関与が強まった。

目 次

要旨	8
定義と用語	14
第 I 章 ウラン供給	20
A. ウラン資源	20
• 在来型既知資源	20
• \$40/kgU 以下のコスト区分の導入	20
• 既知資源の区分およびコスト区分への分類	24
• 資源の利用可能性	25
• その他の既知資源	25
• 未発見の在来型資源	25
• 非在来型資源とその他の物質	26
B. ウラン探鉱	27
• 現在の活動と最近の変化	30
C. ウラン生産量	33
• ウラン生産の現状	33
• 将来の生産可能性	40
• 生産技術	42
• 生産能力の予測	43
D. 放射線安全と環境問題	46
第 II 章 ウラン需要	49
A. 現在の原子力発電容量計画と商業炉関連ウラン必要量	49
B. 原子力の成長と原子炉関連ウラン必要量の予測	56
C. ウランの需給関係	58
• 旧ソ連と東欧におけるウラン供給と需要の動向	60
• 市場構造	62
• 2015 年までの展望	69
D. 最近の状況変化が長期的展望に与える影響	71
第 III 章 ウランの探鉱・資源・生産についての国別報告	73
アルゼンチン	74
オーストラリア	81
ベルギー	92
ブラジル	95
ブルガリア	102
カナダ	104
チリ	116
中国	118

コロンビア	125
キューバ	126
チェコ	127
デンマーク	136
エジプト	137
エストニア	140
フィンランド	142
フランス	146
ガボン	151
ドイツ	157
ギリシャ	163
ハンガリー	166
インド	171
インドネシア	177
イラン	179
アイルランド	180
イタリア	181
日本	181
ヨルダン	184
カザフスタン	186
韓国	196
リトアニア	197
マレーシア	198
メキシコ	199
モンゴル	202
モロッコ	208
ナミビア	209
オランダ	218
ニジェール	219
ノルウェー	225
パキスタン	226
ペルー	229
フィリピン	231
ポルトガル	232
ルーマニア	237
ロシア	243
スロバキア	251
スロベニア	253
南アフリカ	256
スペイン	263
スウェーデン	267
スイス	269
タイ	271
トルコ	272
ウクライナ	274
イギリス	283
米国	287

ウズベキスタン	300
ベトナム	308
ザンビア	312
ジンバブエ	313

付 録

1. NEA-IAEA ウラングループ委員名簿	316
2. 報告のあった機関のリスト	320
3. ウラン鉱床の地質的胚胎状況	324
4. 1965年版～1997年版レッド・ブックの国別報告の索引	327
5. エネルギー換算係数	331
6. 為替レート	334
7. 国々と地域のグループ分け	336
8. 技術用語	338

要 旨

本報告書「ウラン 1997 年 - 資源、生産および需要 -」は全てのウラン生産国の情報を含む、59 ヶ国からの公式報告に基づく世界のウラン需要と供給に関する 1997 年の取りまとめ結果である。本報告書は 1997 年 1 月 1 日現在の世界のウラン産業の統計的な概要を提供している。本報告書は 1995 年版レッド・ブックを更新する形でウラン探鉱活動、資源および生産に関するデータを収録している。オーストラリア、カナダ、カザフスタン、モンゴル、ロシア、アメリカおよびウズベキスタンの生産拡張計画を含む、ウラン生産諸国に関する多くの新たな情報が盛り込まれている。本報告書は現存、計画、または予測される原子力計画を有する全ての国々を含めた 2015 年までの原子力発電容量と原子炉関連ウラン必要量の予測も示している。

世界のウラン市場

約 15 年間にわたる市場価格と契約活動の低下に続いて、新規ウラン購入需要の増加に伴う供給入手可能性の低下から 1994 年 10 月から 1996 年中頃にかけてウラン価格が回復した。1996 年 8 月までに非制限価格は 116% 増の \$39.65/kgU (\$15.25/ポンド U₃O₈) に、制限価格は 75% 増の \$42.38/kgU (\$16.30/ポンド U₃O₈) に上昇した。しかしながら、1996 年 9 月以降、価格上昇傾向は反転し、非制限、及び制限価格は 1997 年 8 月までにそれぞれ \$23.92/kgU (\$9.20/ポンド U₃O₈)、\$26.52/kgU (\$10.20/ポンド U₃O₈) に急落した。

1994 年 10 月から 1996 年中頃にかけて見られたウラン価格の上昇について一部の評論家はウラン市場の回復期の始まりを示すものと見なした。しかしながら、1996 年中頃のスポット価格の再下落は、1997 年中頃まで市場は供給過剰状況が続いていることを示すものであった。

過去数年間に世界のウラン産業は変化と再生の兆しをいくつか示しているが、ウラン市場を特徴づけている出来事はウラン生産者と消費者が直面する持続的な不確実性を描き出している。世界の原子力発電容量が拡大し続けており、また、1990 年以降のウラン生産量は需要の 65% 以下にすぎないことから、ウラン在庫の取崩しは急速に (最大年間 28,200tU) 進んでいる。世界のウラン備蓄の残存量と市場に供給される余剰軍事物質の量に関する不確実性は、いつ頃ウラン供給と需要が均衡に近づくのか、また、新たな供給とウラン購入者間の新たな価格均衡がどの水準で成立するのかの決定を困難にしている。

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

1997 年 1 月 1 日現在の \$130/kgU 以下のコストで回収可能な在来型既知ウラン資源である確認資源 (RAR) と推定追加資源 - 区分 I (EAR-I) 量は合計で約 4,299,000tU であった。前回の 1995 年 1 月 1 日現在の見積りと比較すると合計量で約 408,000tU、比率にして 12% 増加している。この増加の理由はこれまで「その他の既知資源」とされていた資源がこの区分に算入されたこと (ロシア、ウズベキスタン、インド等)、そしていくつかの国で再評価が実施されたことである。

1997 年 1 月 1 日現在の \$80/kgU 以下のコストで回収可能な RAR の合計は約 2,340,000tU で、1995 年より約 10% 増加した。EAR-I の区分では回収コスト \$80/kgU 以下の資源量は 745,000tU と見積られ、1995 年より 17% 増加した。\$80/kgU 以下のコストで回収可能な両方の区分の資源量がカナダ (61,000 と 69,000 tU) と南アフリカ (14,000 と 10,000 tU) で共に増加した。また、ロシア (145,000 および 36,500 tU) とウズベキスタン (66,000 および 39,000 tU) が新情報を提示した。

回収コスト \$40/kgU 以下の RAR は 11 ヶ国から報告され、合計約 757,900tU である。これは \$80/kgU 以下の RAR の約 30% に相当する。\$40/kgU 以下の EAR-I は約 300,110tU で、\$80/kgU 以下の EAR-I の約 36% に相当する。

\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR は約 3,349,900tU で、1995 年より約 213,000tU、7%増加した。\$130/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-I は約 1,079,000tU で、1995 年より約 179,000tU、20%増加した。

ウラン探鉱

探鉱活動の縮小傾向が 10 年間にわたって続いた後、探鉱活動を報告した 26 ヶ国の内、18 ヶ国で探鉱費の増加が見られた。他の 24 ヶ国は 1995 年～1996 年はウラン探鉱は行われなかったと報告した。ウラン探鉱活動の規模は 1980 年代と比較すると依然として低迷している。

1995 年の報告を寄せた 26 ヶ国の合計探鉱費は 8,360 万米ドルで、1994 年の 7,470 万米ドルより 12%増加した。1996 年の報告を寄せた 24 ヶ国の合計探鉱費は約 8,590 万米ドルであった。比較のために、1986 年には非 WOCA 諸国(中央計画経済圏外の世界)を除く 37 ヶ国で約 1 億 8,000 万米ドルが支出された。現在、大部分の探鉱活動(探鉱費の 83%)はオーストラリア、カナダ、エジプト、インド、ロシア、アメリカおよびウズベキスタンで行なわれている。フランス、ガボン、モンゴルおよびルーマニアでは限定的な探鉱活動が実施されている。

カナダ、フランス、ドイツ、日本、韓国およびアメリカの企業の国外での探鉱努力は 1994 年の 4,880 万米ドルから 1996 年には 2,150 万米ドルに低下した。これは主にフランスの国外探鉱費の大幅な縮小によるものであった。

ウラン生産

1995 年の世界のウラン生産量は約 33,200tU で、5%増加した。1996 年は 36,200tU で、約 9%増加した。ウラン生産量は 1994 年には 1990 年から 36%強減少し、31,611tU という低水準に達した。生産レベルの変化には地理的な偏りがある。旧 WOCA 諸国の生産量は年間 12%以上増加したが、その他の諸国は 1994 年から 1996 年に約 18%減少した。報告された 1997 年予測生産量と、報告していない諸国の生産量を推定すると 1997 年の生産量は 38,000～39,000tU 強に増加すると見込まれる。

1996 年はウラン産業閉鎖プログラムの一環としてウランを回収したドイツを含め、合計 23 ヶ国でウランが生産された。主要生産国 10 ヶ国(オーストラリア、カナダ、カザフスタン、ナミビア、ニジェール、ロシア、南アフリカ、アメリカ、ウズベキスタン)が生産量の約 90%を占めた。中国、インドおよびパキスタンの合計生産量は総生産量の 2～3%程度と見積られる。ウランは約 63 の生産センターと約 44 の処理プラント(製錬所)で生産された。

インド、モンゴル、パキスタン、南アフリカを除く、報告があった 21 ヶ国のウラン生産に伴う雇用者は 1994 年の 59,071 人から 1996 年には 52,363 人に 11%減少した。

在来法による探鉱・製錬は 1994 年～1996 年の生産量の 80%近くを占める主要なウラン生産技術であった。坑内探鉱法による生産量は露天探鉱法よりも引き続き若干上回っている。インシチュリーチング探鉱法による生産量はほとんど横ばいで総生産量のほぼ 14%であった。他の生産方法(燐酸副産物、ヒープリーチング、インプレースリーチング)による生産量は総生産量の約 7%を占めた。この推計では南アフリカとオーストラリアの Olympic Dam は在来法に区分した。

生産能力の予測

本報告書に 25 ヶ国のウラン生産国、及び潜在的なウラン生産国の計画に基づいた 2015 年までの世界のウラン生産能力の見積りを示した。「現存」と「決定済み」、及び「計画中」と「予測」の2つの予測を行っている。双方の見積りは共に、生産センターに属する\$80/kgU 以下のコストで回収可能な RAR と EAR-I 資源に基づいて行われている。

1997 年の「現存」および「決定済み」の生産センターの生産能力は約 42,900tU/年である。1998 年まで

に「現存」および「決定済み」の生産センターの生産能力は約 45,600 tU/年に増加する。2000 年までに「現存」および「決定済み」の生産センターの生産能力は 45,200tU/年にわずかに減少する。資源の枯渇による現存鉱山の閉鎖により「現存」および「決定済み」の生産センターの生産能力は 2005 年までに 33,400tU/年に急激に減少すると予測される。その後も「現存」および「決定済み」の生産センターの生産能力は 2015 年の 32,100tU/年に向け引続き徐々に減少するものと考えられる。

ウラン生産産業は 1997 年から 2015 年に著しい変化を遂げることになる。1996 年の施設容量稼働率は 87%で、「現存」および「決定済み」生産センターの生産能力 (42,500 tU)は 1996 年必要量の約 70%に相当した。この関係は 2000 年までほぼ同じ水準で推移するものと考えられている。2000 年以降に予測される閉鎖施設を加味すると、「現存」および「決定済み」生産能力は 2005 年までに予測される必要量の 50%未満にまで落ち込み、2015 年までには「現存」および「決定済み」生産能力はわずか 40～50%程度となる。

2000 年までに「計画中」および「予測」センターにより約 14,600 tU が追加され、「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」生産センターを合わせた生産能力は約 59,800 tU になるものと予測される。2005 年までに「計画中」および「予測」の生産センターの生産能力は約 28,300tU に達するものと予測される。この全生産能力が 2005 年までに稼働するならば、年間必要量の約 90%に相当する 61,600tU/年の生産能力が得られることになる。その後も「計画中」および「予測」の生産センターの生産能力は引続き増加し、2010 年に約 33,100tU に達する。「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」の生産センターを合わせた生産能力は年間必要量の約 86～93%に相当する約 66,200tU になるものと予測される。

その後、「計画中」および「予測」の生産センターの生産能力は 2015 年までに約 28,600tU に減少し、「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」の生産センターを合わせた生産能力は年間必要量の約 73～97%に相当する約 60,700tU になるものと予測される。

上記の予測される生産能力が開発されても 2000 年には 5,000tU、2005 年には 5,000～8,000tU、2010 年には 5,000～11,000tU、2015 年には 2,000～22,000tU が必要量を満たすに不足する。この不足分は民間在庫、HEU の混合希釈によって得られる LEU、政府備蓄の販売および再処理燃料等の代替供給源からの供給で充当されるであろう。

ウラン在庫

世界の電力事業者およびその他の在庫保有者(政府、生産者、その他)を対象に行った調査に基づき、ウラン協会は 1995 年末現在の世界の在庫量を 160,000 tU と推定した。中国とロシアが保有する在庫量は明らかになっていない。

ウラン供給と需要の歴史は生産量と消費量との不均衡により特徴づけられる。長年に渡り、生産量は原子炉必要量とその他の用途の必要量を上回っていたことから、世界的に多量の在庫が形成されることになった。

1990 年以降、世界のウラン生産量はウラン必要量より下回る状況が続いており、在庫を大幅に減少させている。世界の生産量と原子炉必要量の差異は 1991 年の 11,000tU から 1995 年の約 28,000tU に増加し、1996 年は約 24,300tU であった。1997 年1月1日までの間の累積差異は約 136,000tU に達している。この不足分の多くは世界的な在庫の取崩しにより賄われている。ごく一部は使用済燃料の再処理とロシアの HEU の混合希釈 LEU により充当された。

現在、生産量と必要量との大きな差が著しく変化したとの兆候はない。1997 年の必要量は生産量を 20,000tU 強まで上回る可能性があると思われている。将来、本報告書で検討されている計画中のプロジェクトが不均衡を著しく減少させるであろう。

その他の供給源

1996年に、ロシア政府の余剰 HEU と米国政府の余剰 HEU、天然ウランおよび LEU の処理のためのより明確な計画と予定が発表された。現在の予定では、米国とロシア政府余剰在庫の売却により、ほぼ 180,800tU(4 億 7,000 万ポンド U_3O_8)と1億 SWU(分離作業単位)が今後 15~20 年間に放出されるものと見込まれる。今後5年間にわたって、これらのソースから年間 11,500tU(3,000 万ポンド U_3O_8)と 600 万 SWU 強が市場に供給される可能性がある。約 153,000 tU(3 億 9,800 万ポンド U_3O_8)と 9,200 万 SWU に相当するロシアの余剰 HEU500 トンの混合希釈は最大の割合を占めるであろう。米国ウラン濃縮公社民営化法 (United States Enrichment Corporation (USEC) Privatisation Act) にロシア産 HEU から得られたウランの米国最終消費者への販売割当量を 1998 年の 769tU(2 百万ポンド U_3O_8)から、2004 年の 5,000tU(13 百万ポンド U_3O_8)、2009 年までに 7,692tU(20 百万ポンド U_3O_8)と設定した。HEU からの物質は米国の原子炉必要量に対して、1998 年の 4%から 2004 年には 33%に増加し、2009 年に 50%以上に達する。これは同期間の世界の年間必要量の1%~11%に相当する。

混合酸化物(MOX)燃料の形での回収プルトニウムのリサイクル(また規模は小さいが回収ウランのリサイクル)が、一部の国々の民間燃料サイクルで利用されている。この技術は燃料サイクルの総合的な効率を向上するが、量が比較的小さいため、短期間に世界のウラン需要を画的に変えることはないであろう。1996年に、約 1,200tU(天然ウラン換算)の MOX と 500tU の再処理ウランが欧州連合内の発電用原子炉で燃焼された。現在、他の諸国では MOX を多量に使用していない。MOX の利用は 2010 年までに 3,000tU(天然ウラン換算)に増加する可能性がある。

米国政府は宣言した38.2tの余剰プルトニウムの処理方法を調査している。提案されている一つのオプションは2005年~2022年に年間2.25tのプルトニウム(天然ウラン換算約380tU)をMOX燃料として民間原子炉で燃焼することである。同様な計画がロシアが保有する余剰プルトニウムを処理するために適用される可能性がある。

放射線安全と環境問題

ウラン採鉱と生産に係わる放射線安全と環境問題に関するこの項目は環境保護に関連した情報を提供するためのもので、今回が2回目である。この環境問題は(1)最近になって操業を停止した生産施設数の増加、(2)新たなプロジェクトの環境許可を得るための要件の強化という2つの展開によってより重要になってきている。更に、適切なデコミッションングおよび修復に関する法的規制が確立されていない時期に放棄された生産施設についても環境面を考慮する必要がある。これらの施設の多くは安全または復元措置も考慮しないで放棄されたものである。環境に対する重要な活動がオーストラリア、カナダ、チェコ、フランス、ドイツ、カザフスタン、ナミビア、南アフリカ、米国およびウズベキスタン等から報告された。今後 10 年間およびそれ以降に大量の新たな生産能力が必要とされることに伴い、新たなプロジェクトでの環境面における活動の重要性が次第に高まっている。

ウラン需要

1996年の世界の原子力発電プラントの必要量は天然ウラン相当量で約 60,488tU と見積もられている。1997年は約 3,300tU 増加し 63,757tU と見積もられている。短期の原子炉関連必要量は主に設備容量、より具体的には原子力発電量により決定される。1997年初めまでには世界で 442 基の原子炉が運転されており、電力網に併入されている定格容量は合計で 340GWe であった。また現在 36 基の新規原子炉が建設中であり、その合計容量はおよそ 28 GWe である。しかし近年では原子力発電の成長は相当鈍化している。2年前の前のレッド・ブックの調査以降に追加された設備容量は約 13GWe に過ぎない。

原子炉技術の向上や改良は必要量に影響を及ぼすであろうが、これらの要素は 2015 年以前には大きな影響力を有するとは思われない。熱原子炉における燃料利用は主に炉心の最適化管理、濃縮プラントの減損分の廃棄濃度の引下げ、及びプルトニウムリサイクルにより向上させることができる。燃焼度の上昇は

必要量を減少させるが、稼働率の向上や原子炉発電レベルの増加はウラン必要量を増加させる。

ウラン需要の見通し

世界の原子力発電容量は 1996 年の 353GWe から、2015 年までには 395GWe～501GWe の水準にまで拡大すると予測される。これは 1996 年の容量と比較して 12～42%の増加であり、予測対象期間の年間成長率は 0.6～1.9%になる。高ケース予測では 2015 年まで原子力発電容量は着実な伸びを示しているが、低ケース予測では 2010 年までは 427GWe に着実に増加し、その後 2015 年までには 395GWe に減少するとしている。

世界の原子炉関連ウラン必要量は 1996 年の 60,488tU から 2015 年には 62,500tU～82,800tU に増加すると予測される。これは 0.2～1.7%の年間成長率に相当する。1997～2015 年の累積必要量は 1,262,000tU から 1,366,000tU となる。

予測に伴う不確定性が原子力発電プラントの建設計画、取止め、新規発注および原子炉の供用寿命の延長の可能性に関する仮定の相違から生じている。さらに各国の経済と規制政策の変化や電力業界の構造的な変化が原子力発電所の供用寿命に与える影響も次第に大きくなっており、これに対応してウラン必要量も変化する。

需給関係

1996 年の世界のウラン生産量(36,195tU)は世界の原子炉必要量(60,488tU)の約 60%を充当したに過ぎなかった。OECD 諸国では 1996 年のウラン生産(21,183tU)は需要量(50,372tU)の 42%を充当したに過ぎなかった。原子炉に必要な残りのウランは主に在庫の取崩しによって賄われた。少量のウランが高濃縮ウラン(HEU)からの低濃縮ウラン(LEU)の販売により供給された。これに加え、天然ウラン換算で 1,700tU の MOX 燃料(1,200tU)と再処理ウラン(500tU)が供給された。

短期のウラン需要は基本的に原子力発電容量により決定される。世界の原子力発電容量が変化する可能性に伴う不確定性が存在するものの、短期的なウラン必要量は十分予測し得るものである。原子力発電容量の大部分がすでに運転中であることから、建設のリードタイムや一部の国の新規発電計画の実施に関してごく限られた不確定性が存在するだけである。負荷率、プルトニウムリサイクル/MOX 燃料、燃焼度などの運転面での要素も必要量に影響する可能性がある。しかしながら、これらの要素が重要な影響を及ぼす可能性は低い。もう一つの潜在的な不確定性要素として原子炉の早期退役の可能性が挙げられる。原子力発電容量が縮小する可能性が一部の国、つまり比較的早く、効率の悪い原子炉が存在する国と、電力業界の構造改革が原子力発電の寿命に影響を及ぼす可能性のある国に存在する。しかし、世界の原子力発電容量の追加規模が十分に大きいと、潜在的な早期退役の影響は相殺されると予測される。

今後 20 年間のウラン市場における供給側の不確定性は比較的大きい。この不確定性は主に原子炉燃料の供給源に関して起こるものと予測されている大きな変化に関係している。これらの変化がいつ起こるのか、そして各供給源の相対的な重要性がどのようになるのか、大きな変化が起きることに伴って不安定な状況が生じるのだろうか、といった問題を提起することができる。

過去数年間にわたり、必要量は生産量とそれを補完するウランの備蓄の取崩しによって満たされてきた。1991 年以降、備蓄の取崩しは生産により供給できなかった原子炉必要量の 20～30%を供給している。MOX 燃料、再処理ウラン、HEU からの LEU および米国政府備蓄の販売等のその他の供給源からの供給は過去数年、需要の数%を充当している。ロシアの備蓄量は不明であるが、余剰備蓄は枯渇に近づいていることは明らかである。

それ故、供給と需要間に新たな均衡関係が構築される必要がある。今後数年間にわたり、生産と他の代替供給からの相対的な貢献は増加し、在庫からの供給は減少すると予測される。最大の代替供給は米国が購入したロシアの HEU500 トンからの混合 LEU であると予測される。さらに余剰 HEU、天然ウランおよび LEU の供給も行われることになろう。MOX 燃料と再処理ウランも、わずかながら貢献することになる。2005

年以降に米国およびロシアが所有する核兵器用プルトニウムの燃焼が何らかの役割を果たす可能性もある。

鉱山生産は今後も最も大きな比率を占める供給源でありつづけるものと予測される。長期的には原子炉関連ウラン必要量と生産量間のバランスは改善されることになろう。生産と需要間のよりバランスのとれた市場は余剰備蓄が取崩され、核兵器から変換された相当量のウランが市場に供給された時に達成されるであろう。

長期的な化石燃料の供給確保に関する懸念や、原子力発電は酸性雨、グリーンハウスガスの排出の面で環境的にクリーンであるという認識が高まることによって、長期的なウラン需要の伸びが現在の予測より更に大きくなる可能性がある。特に、グリーンハウスガスと世界的な温暖化についての議論の重要性が増していくことは長期的に持続する開発の枠組の中に有効な代替としての原子力のパブリックアクセプタンスを高めるであろう。

定義と用語

NEA/IAEAの資源用語および定義については、1983年12月版のレッド・ブックで修正が行われて以来、ごくわずかな変更しか行われていない。例外は、1993年版レッド・ブックにおいて新たにより低いコスト区分(即ち\$40/kgU以下で回収可能な資源)が導入されたことである。この区分は、最近のウラン市場価格により即したコスト区分を反映するために導入した。

資源の見積り

資源の見積りは、報告された量の信頼度に応じて区分したあと、さらに生産コストに基づいた区分に分類する。全ての資源の見積りは、ウラン酸化物(U_3O_8)ではなく、回収可能なウラン(U)のメトリックトン(t)を単位として表示する。また特にことわらない限り、採掘可能な鉱石から回収できるウラン量(U)として見積っている(dを参照)。

a) 資源区分の定義

確認資源(Reasonably Assured Resources : RAR)とは、その大きさ、品位および形状が明らかになった既知の鉱床中に存在するウラン資源で、現在の実証された採掘、製錬技術に基づき一定の生産コスト区分内で回収され得る量として特定されるようなものを言う。鉱量と品位の見積りは当該鉱床の固有のサンプルデータ、鉱床の拡がりおよび鉱床の特性知見に基づくものである。確認資源(RAR)は高い賦存信頼性を有する資源である。

推定追加資源－区分I(Estimated Additional Resources–Category I : EAR-I)とは、RARに次ぐウラン資源で、主として直接の地質学的事実に基づいて、よく探鉱された鉱床の拡張部か、地質学的連続性は明らかになっているが、鉱床の拡がり、鉱床の特性に関する知見などの特定データがRAR資源として分類するには不十分な鉱床中に存在すると推定されるものを言う。鉱量と品位および今後の調査やウラン回収に必要なコストの見積りは、入手可能なサンプルや鉱床中で最も良く知られた部分か類似の鉱床を用いて求められた鉱床特性の知識に基づいてなされている。この区分の資源の見積りはRARよりも信頼度が劣る。

推定追加資源－区分II(Estimated Additional Resources–Category II : EAR-II)とは、EAR-Iに次ぐウラン資源で、主に間接的な事実に基づき、よく解明された地質トレンド中あるいは既知鉱床に伴う鉱化作用が認められる地域に期待されるウラン資源を言う。鉱量、品位の見積りおよび今後の調査やウラン回収に必要なコストの見積りは、基本的に、該当する地質トレンドや鉱化帯に含まれる既知の鉱床の特性に関する知識や入手可能なサンプル、地質学的、物理学または地化学的事実に基づいてなされる。この区分の資源量見積りに対して与え得る信頼度は、EAR-Iよりもさらに劣る。

期待資源(Speculative Resources : SR)とは、推定追加資源－区分II(EAR-II)に次ぐウラン資源で、主に間接的事実や地質学的外挿に基づき、既存の探鉱技術により発見可能な鉱床中に存在すると考えられているものを言う。この区分に含まれる鉱床の位置は、ある地域や地質トレンド中のどこかとして一般的に示されるにすぎない。この区分の名称が示すように、この種の資源の存在と規模は期待されるものにすぎない。

図1に、上記の資源区分と世界の主要な国々で使用されているその他の資源区分の相互関係を示す。

	← KNOWN RESOURCES (既知資源) →			← UNDISCOVERED RESOURCES → (未発見資源)		
NEA/IAEA	REASONABLY ASSURED (確認)		ESTIMATED ADDITIONAL I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL II (推定追加 II)	SPECULATIVE (期待)	
オーストラリア	REASONABLY ASSURED (確認)		ESTIMATED ADDITIONAL I (推定追加 I)	UNDISCOVERED (未発見)		
カナダ・エネルギー 鉱山資源省	MEASURED (確定)	INDICATED (推定)	INFERRED (予想)	PROGNOSTICATED (予測)	SPECULATIVE (期待)	
フランス	RESERVES I (鉱量 I)	RESERVES II (鉱量 II)	PERSPECTIVE I (予想 I)	PERSPECTIVE II (予想 II)		
ドイツ	PROVEN (確定)	PROBABLE (推定)	POSSIBLE (予想)	PROGNOSTICATED (予測)	SPECULATIVE (期待)	
南アフリカ	REASONABLY ASSURED (確認)		ESTIMATED ADDITIONAL I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL II (推定追加 II)	SPECULATIVE (期待)	
米国 エネルギー省	REASONABLY ASSURED (確認)		ESTIMATED ADDITIONAL (推定追加)		SPECULATIVE (期待)	
ロシア、 カザフスタン、 ウクライナ、 ウズベキスタン	A+B	C1	C2	P1	P2	P3

図中に用いられた用語は各資源分類法の定義が同一でないため、各区分を厳密に対比することはできない。したがって特に資源の確度が低いところでは、「曖昧な部分」が生じるのは避けがたい。この図は用語をおよそ妥当と考えられる様に対比したものである。

図1 主な資源分類法で用いられる用語との関係

b) コスト区分

本報告書に用いられたコスト区分は 1993 年版レッド・ブックに示されたものと同じである。これらの区分は「\$40/kgU以下」、「\$80/kgU以下」、「\$130/kgU以下」、「\$260/kgU以下」として定義される。今回の報告書では 1997 年 1 月 1 日現在の米ドルに換算して示されている。

注:コスト区分を市場条件の変動に追従させる意図はない。

コスト表示に関して「\$/ポンド U₃O₈」を「\$/kgU」に換算する際には、2.6 という係数を用いた(例えば \$40/kgU = \$15.38/ポンド U₃O₈、\$80/kgU = \$30.77/ポンド U₃O₈、\$130/kgU = \$50/ポンド U₃O₈)。

他の通貨から米ドルへの換算には 1997 年 1 月 1 日現在の為替レートを用いた。全ての資源区分の定義は製錬所で回収されるウランのコストに基づいて行われている。

また、資源をコスト区分に割り当てる際に用いる生産コスト見積りでは、次のコストを考慮している。

- ウラン鉱石の採掘、運搬および鉱石処理の直接費。
- 採掘中またはその後の環境保全と廃棄物管理の費用。

- － 操業を行っていない生産ユニットの維持費(該当する場合)。
- － 進行中のプロジェクトの場合は未償却資本費。
- － 新規生産ユニットに必要な資本費(該当する場合)。この中には資金調達費も含まれる。
- － 事務管理費、税金およびロイヤルティなどの間接費(該当する場合)。
- － 鉱山開発までに鉱床の輪郭をより明確にする必要がある場合、そのための探鉱費と開発費。

サンクコストは通常考慮しなかった。

c) 資源区分の関係

図2に各資源区分の相互関係を示す。横軸は地質学的な知識の程度に応じた資源存在量の信頼性を示し、縦軸は経済的な開発可能性をコスト区分で示している。最も高いコスト区分の RAR、EAR-I、EAR-II および SR の間の境界が点線になっているのは、必ずしも信頼度の区別が明確でないためである。斜線で示した部分は\$80/kgU以下で回収可能な既知資源(即ち RAR と EAR-I)を示し、これらの資源は世界の「現存(EXISTING)」および「決定済み(COMMITTED)」生産センターの大部分を支えていることから、特に重要である。現行市場価格で回収できる RAR は通常「埋蔵量(Reserve)」と定義される。EAR-II と SR に区分される資源は未発見であるため、必ずしもこれら資源に関する情報に基づいたコスト区分が可能ではない。図2のこれら資源に関するコスト区分の境界線が点線になっているのは、そのためである。

d) 回収可能資源量

資源の見積りは一般に回収可能なウランのトン数で示される。即ち採掘可能な鉱石から回収できるウラン量であり、採掘可能な鉱石中に含まれる量あるいは原位置での量ではない。したがって多くの場合、採掘時および製錬時に生じると思われる損失量を差し引いている。この基準に合わないものは、表中にその旨記載される。原位置資源は地中にある回収可能な資源であり、採掘および製錬損失は考慮されていない。

e) 資源のタイプ

ウラン資源の状態をよりよく理解するために、当該資源を含む鉱床を異なる地質タイプ別に分類すると共に、在来型資源と非在来型資源とに区別する。

i) ウラン鉱床の地質学的タイプ

世界の主要なウラン資源は、その地質学的環境に基づいて、次の 15 の鉱床タイプに分けることができる。

1. 不整合関連型鉱床
2. 砂岩型鉱床
3. 石英中礫礫岩型鉱床
4. 鉱脈型鉱床
5. 角礫岩複合型鉱床
6. 火成岩型鉱床
7. 燐灰土型鉱床
8. ブレッチャパイプ型鉱床
9. 酸性火山岩型鉱床
10. 表成型鉱床

- 11. 交代岩型鉱床
 - 12. 変成岩型鉱床
 - 13. 褐炭型鉱床
 - 14. 黒色頁岩型鉱床
 - 15. その他のタイプの鉱床
- (これら鉱床タイプの詳細については付録3を参照されたい)

ii) 在来型および非在来型資源

在来型資源とは既に生産方法が確立したもので、ウランが主産物、共産物あるいは重要な副産物(例えば金の副産物)のいずれかである。上述した1～6の6つの地質学的タイプと、7、8、9 および 11 に分類されるタイプは在来型の資源と考えられる。ごく低品位の資源、即ち現在は経済性を有していないもの、または少量のウランが副産物として回収されているにすぎないものは、非在来型の資源(例えば磷酸塩、モナズ石、石炭、褐炭、黒色頁岩)と考えられる。

↑↑↑ 経済的 魅力の 減少 方向	\$130～ \$260/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES (確認資源)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES II (推定追加 II)	SPECULATIVE RESOURCES (期待資源)
	\$80～ \$130/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES (確認資源)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES II (推定追加 II)	SPECULATIVE RESOURCES (期待資源)
	\$40～ \$80/kgU	REASONABLY ASSURED RESOURCES (確認資源)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES II (推定追加 II)	
	\$40/kgU 未満	REASONABLY ASSURED RESOURCES (確認資源)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES I (推定追加 I)	ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES II (推定追加 II)	

評価の信頼度の減少方向 → → →

図2 NEA/IAEAによるウラン資源分類

生産に関する用語⁽¹⁾

a) 生産センター

本報告書でいう生産センターとは、単一または複数の製錬所、単一または複数の関連鉱山およびそれらに属する資源から成り立っている生産単位である。ここでは生産センターを次の4つの区分に分類する。

- (i) 既存の生産センター(EXISTING Production center)とは、現在操業状態にある生産センターのことで、この中には閉鎖されているが容易に操業状態に戻すことができるものも含まれる。
- (ii) 決定済み生産センター(COMMITTED Production center)とは、建設段階にあるものか、または建設が確約されているものである。
- (iii) 計画中の生産センター(PLANNED Production center)とは、既に完了したか実施中の企業化調査に基づいて計画されているが、建設発注がまだ行われていないものである。この中には閉鎖中のプラントで、操業状態に戻すにはかなりの費用を要するものも含まれる。
- (iv) 予想生産センター(PROSPECTIVE Production center)とは、RAR と EAR-I(即ち「既知資源」)を対象とした生産センターであるが、まだ建設計画が設定されていないものを言う。

b) 生産設備容量と生産能力

生産設備容量とは、設計に基づく公称の生産水準を意味し、工場と施設を長期にわたって通常の商業的操業を行う場合の設計に基づくものである。

生産能力とは、良好な状況の下で上述したいずれかのタイプの生産センターの工場および施設で実際かつ現実的に達成可能な生産水準を意味する。この際に、当該生産センターに属する資源の性質が考慮に入れられる。

生産能力の予測は、RAR と EAR-I あるいは RAR か EAR-I のいずれかを考慮して行った。予測が1件しか示されていない場合、\$80/kgU以下のコストで回収可能な資源に基づくものである。

需要に関する用語

「原子炉関連必要量」とは、ウランの調達量のことを指しており、消費量を意味するものではない。

単位

あらゆる表や報告にはメートル法を用いる。資源量と生産量はウラン酸化物(U_3O_8)ではなく、含まれるウラン(U)のメトリックトン(t)で示す。

$$1 \text{ ショートトン } U_3O_8 = 0.769 \text{ tU}$$

$$\$1/\text{ポンド } U_3O_8 = \$2.6/\text{kgU}$$

探鉱費は米ドルで報告する。また他の通貨からの換算には支出が行われた年の平均為替レートを用いる。

(1) Manual on the Projection of Uranium Production Capability, General Guidelines (技術報告書シリーズ No.238、IAEA、ウイーン、1984年)。

地質学用語

a) ウラン鉱徴

天然に産出する異常なウラン濃集。

b) ウラン鉱床

天然に産出する鉱物の集合体であって、そこから現在あるいは将来、ウランを採掘することができるもの。

第 1 章 ウラン供給

本章では世界のウラン資源、探鉱および生産に関する現状の要約を示す。さらに各国が報告した 2015 年までの生産能力についても提示して検討する。また本章の最後の節ではウラン探鉱および製錬における放射線安全と環境保護の重要な側面について記述する。

A. ウラン資源

在来型既知資源

在来型既知資源とは \$130/kgU 以下で回収可能な確認資源(RAR)と推定追加資源-区分 I(EAR-I)を意味する(\leq \$130/kgU)。

RAR と EAR-I の見積りを示す表1と2は2つに分かれている。表1a と2a に過去5年間に実施された資源の見積りを、また表1b と2b にはそれ以前になされた資源の見積りを示した。一部の国は探鉱および製錬損失を考慮していない原位置資源の見積りを報告している。これらの見積りは NEA/IAEA が用いる標準的な用語と完全に一致するものではないため、これらの表の原位置見積りにはその旨が注記されている。

1997 年 1 月 1 日現在、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な在来型既知資源(RAR と EAR-I)は約 4,299,000 tU である(表1、2参照)。前回のレッド・ブック(1995 年版)の数字と比較して約 448,000 tU 増加している。この増加の理由は、これまで「その他の既知資源」(ロシア、ウズベキスタン、インドなど)とされていた資源がこの区分に組み込まれたことや、数ヶ国で再評価が行われたことにある。

さらに中国はコスト区分されていない 64,000 tU を超える既知の資源を報告している。

1997 年 1 月 1 日現在、\$80/kgU 以下(\leq \$80/kgU)のコストで回収可能な既知資源は 3,085,000 tU で、1995 年に比べて約 324,000 tU 増加した。この増加の理由も数ヶ国の「その他の既知資源」が RAR と EAR-I に再区分されたことと、数ヶ国で資源の再評価が行われたことにある。

この2つの区分において、今回初めてロシアとウズベキスタンの資源が RAR と EAR-I に区分して報告されている。また、カナダの報告も大幅に見直され、\$80/kgU 以下の RAR と EAR-I が 1995 年の 300,000 tU から 430,000 tU へと増える一方で、\$80~130/kgU コスト区分の RAR と EAR-I がすべて削除されている。南アフリカは既知資源の増加を報告している。

\$40/kgU 以下のコスト区分の導入

1995 年版レッド・ブックで初めて、一部の国から \$40/kgU 以下 (\leq \$40/kgU) のコスト区分の**既知資源**データが報告された。その多くは原位置資源としての報告であった。1997 年版レッド・ブックにおいても多くの国が \$40/kgU 以下のコスト区分に属する回収可能な資源の見積りを行っていないか、守秘義務の問題から報告できないとしている。それ以外の国は \$40/kgU 以下のコストで回収可能な資源は存在しないと報告している。

1997 年 1 月 1 日現在、報告された \$40/kgU 以下のコスト区分の**既知資源**は 1,058,100 tU で、内、672,500 tU が原位置資源である。1995 年は合計 866,000 tU で、内、約 587,000 tU が原位置資源であった。この増加の主な要因はロシアとウズベキスタンが初めてこの区分の既知資源を報告したことにある。

\$40/kgU~\$80/kgU のコスト区分の**既知資源**は 808,440 tU で、内、558,700 tU が原位置資源である。1995 年は 723,000 tU であった。この増加の主な要因はロシアとウズベキスタンが報告した資源にあるが、その一部分はブラジルが報告した資源の減少によって相殺されている。

**表1a 確認資源 (1997年1月1日現在：単位は1,000 tU)
過去5年間に実施された資源の見積り**

国名	コスト区分				
	≤\$40/kgU	\$40-80/kgU	≤\$80/kgU	\$80-130/kgU	≤\$130/kgU
アルゼンチン	NA	NA	4.62	4.22	8.84
オーストラリア	NA	NA	622.00	93.00	715.00
ブルガリア(a)**	2.22	5.61	7.83	0	7.83
カナダ	conf.	conf.	331.00	0	331.00
チェコ(b)	0	6.63	6.63	23.59	30.22
フィンランド(a)	0	0	0	1.50	1.50
フランス	NA	NA	13.46	8.90	22.36
ガボン	6.03	-	6.03	0	6.03
ドイツ	0	0	0	3.00	3.00
ギリシャ*	1.00	-	1.00	-	1.00
ハンガリー(a)	0	0.37	0.37	0	0.37
インド(a)	NA	NA	NA	NA	52.08
インドネシア(a)*	0	0	0	6.27	6.27
カザフスタン(a)	323.34	115.88	439.22	162.04	601.26
モンゴル(a)**	10.60	51.00	61.60	0	61.60
ナミビア	74.09	82.04	156.12	31.23	187.36
ニジェール	41.80	28.16	69.96	0	69.96
ペルー(a)	-	-	1.79	0	1.79
ポルトガル	NA	NA	7.30	1.60	8.90
ルーマニア	-	-	-	-	6.90
ロシア(a)	66.10	78.90	145.00	-	145.00
スロベニア	0	2.20	2.20	0	2.20
南アフリカ	110.50	107.80	218.30	51.50	269.80
スペイン	NA	NA	4.65	7.51	12.16
ウクライナ(a)	0	45.60	45.60	38.40	84.00
米国	NA	NA	110.00	251.00	361.00
ウズベキスタン	66.21	0	66.21	17.49	83.70
ジンバブエ(a)*	NA	NA	1.80	NA	1.80
小計 1a (c)	>701.89	>524.19	2322.70	701.25	3082.93

表1b 過去5年間に評価が実施もしくは報告されなかった資源の見積り

アルジェリア(a)*	-	-	26.00	0	26.00
ブラジル(a)	56.10	105.90	162.00	0	162.00
中央アフリカ共和国*	-	-	8.00	8.00	16.00
デンマーク*	0	0	0	27.00	27.00
イタリア*	-	-	4.80	0	4.80
日本	-	-	-	6.60	6.60
メキシコ(a)*	-	-	0	1.70	1.70
ソマリア(a)*	-	-	0	6.60	6.60
スウェーデン	0	0	0	4.00	4.00
トルコ(a)	-	-	9.13	0	9.13
ベトナム	NA	NA	NA	1.34	1.34
ザイール(a)*	-	-	1.80	0	1.80
小計 1b(c)	56.10	105.90	211.73	55.24	266.97
合計 (c)	>757.99	>630.09	2534.43	756.49	3349.90
調整後合計(d)	>666.00	>555.00	2340.00	718.00	3220.00

- 報告なし NA=データ入手不能 conf.=未公表

(a) 原位置資源 (b) 採鉱可能資源。

(c) 小計および\$40/kgU以下と\$40~80/kgUのコスト区分の合計は表中の報告値より多い。

これは、主として機密保持のために、資源量の見積りを報告していない国々があるためである。

(d) 推定される採鉱および製錬損失を考慮した調整値。一部の見積りでは調整がなされていない。

* 前回のレッド・ブックからのデータ。

** 前回のレッド・ブックからのデータから過去の生産に伴う減少分を差し引いたもの。

表2a 推定追加資源 - 区分 I (1997年1月1日現在 : 単位は1,000 tU)
過去5年間に実施された資源の見積り

国名	コスト区分				
	≤\$40/kgU	\$40/80/kgU	≤\$80/kgU	\$80-130/kgU	≤\$130/kgU
アルゼンチン	NA	NA	0.90	2.21	3.11
オーストラリア	NA	NA	136.00	44.00	180.00
ブルガリア (a)*	2.20	6.20	8.40	0	8.40
カナダ	conf.	Conf.	99.00	0	99.00
チェコ (b)	0	1.18	1.18	17.78	18.96
フランス	NA	NA	1.21	0.19	1.40
ガボン	1.00	0	1.00	-	1.00
ドイツ	0	0	0	4.00	4.00
ギリシャ*	-	-	6.00	0	6.00
ハンガリー (a)	0	0	0	15.41	15.41
インド (a)	NA	NA	NA	NA	24.25
インドネシア (a)*	-	-	-	1.67	1.67
カザフスタン (a)	113.20	82.70	195.90	63.40	259.30
モンゴル (a)*	11.00	10.00	21.00	0	21.00
ナミビア (a)	70.55	20.27	90.82	16.70	107.52
ニジェール	1.20	0	1.20	0	1.20
ペルー (a)	-	-	1.86	0	1.86
ポルトガル (a)	-	-	1.45	0	1.45
ルーマニア	-	-	-	-	8.95
ロシア (a)	17.20	19.30	36.50	-	36.50
スロベニア	-	-	5.00	5.00	10.00
南アフリカ	44.40	21.70	66.10	21.70	87.80
スペイン	NA	NA	NA	NA	8.19
ウクライナ (a)	0	17.00	17.00	30.00	47.00
ウズベキスタン	39.36	0	39.36	7.14	46.50
小計 2a (c)	>300.11	>178.35	729.88	229.20	1000.47

表2b 過去5年間に評価が実施もしくは報告されなかった資源の見積り

アルジェリア (a)*	-	-	0.70	1.00	1.70
ブラジル (a)	NA	NA	100.20	0	100.20
デンマーク*	-	-	0	16.00	16.00
イタリア*	-	-	0	1.30	1.30
メキシコ (a)*	-	-	0	0.70	0.70
ソマリア (a)*	-	-	0	3.40	3.40
スウェーデン	0	0	0	6.00	6.00
ベトナム	NA	NA	0.49	6.25	6.74
ザイール(a)*	-	-	1.70	0	1.70
小計 2b(c)			103.09	34.65	137.74
合計 (c)	>300.11	>178.35	832.97	263.85	1138.21
調整後合計 (d)	>257.00	>158.00	745.00	244.00	1079.00

- 報告なし NA=データ入手不能 conf.=未公表

(a) 原位置資源。 (b) 採鉱可能資源。

(c) 小計および40/kgU以下と\$40~80/kgUのコスト区分の合計は表中の報告値より多い。

これは、主として機密保持のために、資源量の見積りを報告していない国々があるためである。

(d) 推定される採鉱および製錬損失を考慮した調整値。一部の見積りでは調整がなされていない。

* 前回のレッド・ブックからのデータ。

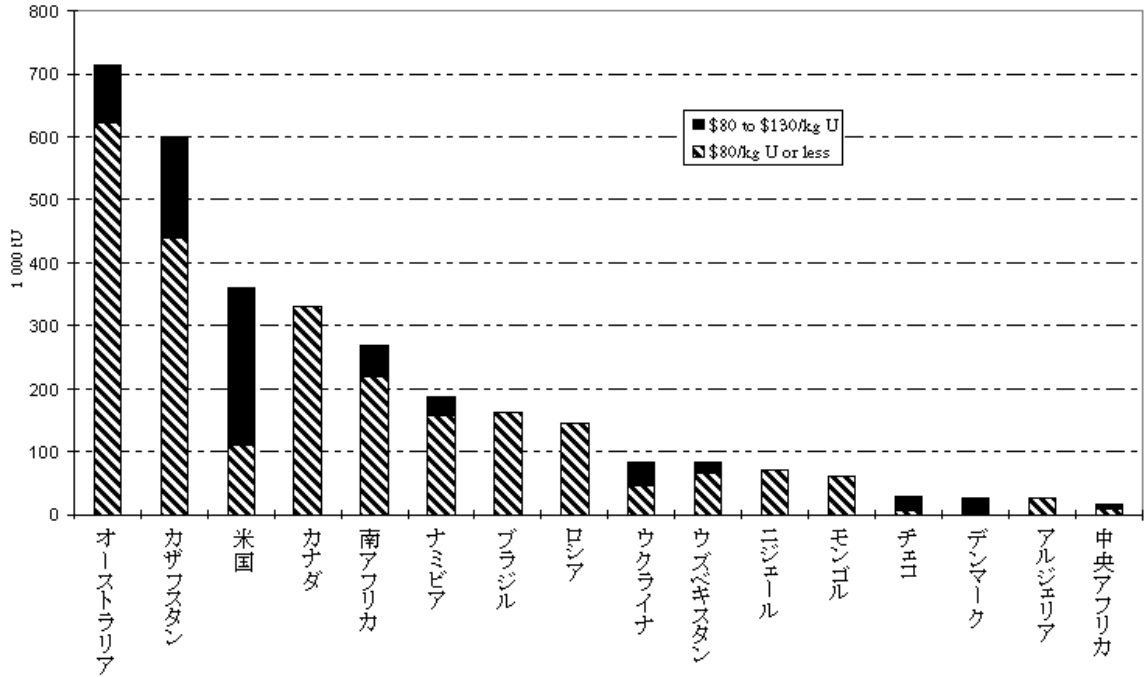


図3 大規模な資源を有する諸国における確認資源(RAR)の分布

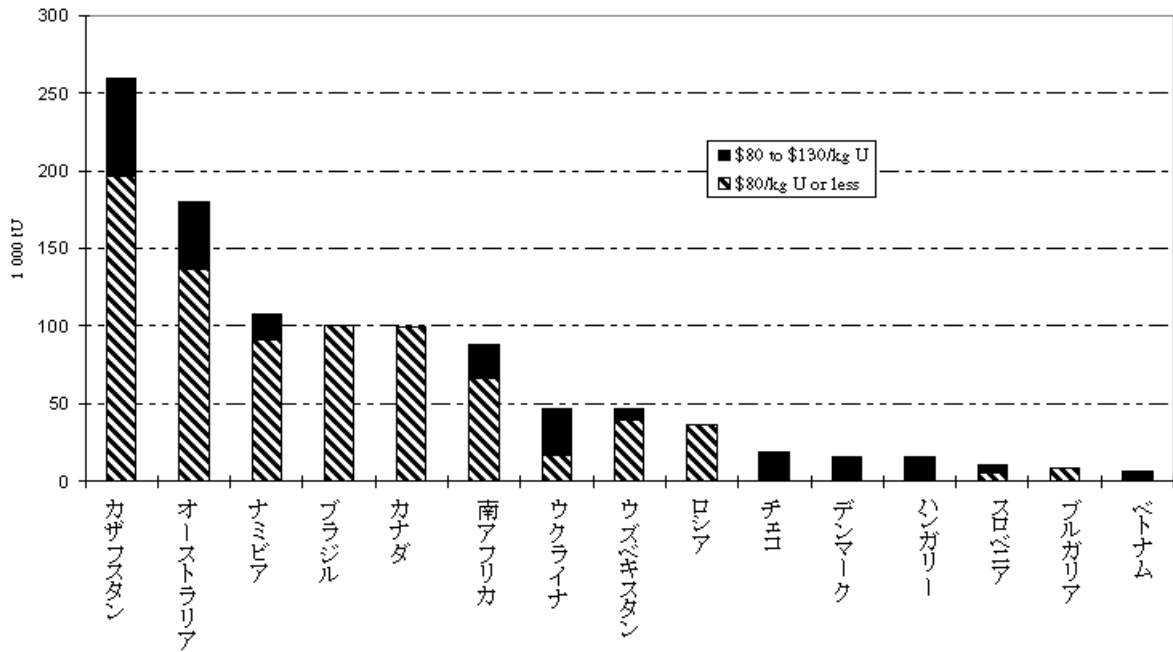


図4 大規模な資源を有する諸国における推定追加資源 - 区分 I (EAR-I)の分布

既知資源区分およびコスト区分の分布

全世界の回収コストが \leq \$130/kgU の RAR は 1995 年より約 213,000 tU(7%)増加した。約 1,171,000 tU の原位置資源を含めて合計 3,349,900 tU が報告されているが、採鉱および製錬に伴う損失分を考慮して、総量は約 3,220,000 tU に調整された。1995 年と比較して約 269,000 tU の増加となる。増加の主な要因はこれまで「その他の既知資源」として報告されていたインド、ロシアおよびウズベキスタンの資源に関する新たなデータが提示されたことにある。

回収コストが \leq \$130/kgU の EAR-I は約 1,138,210 tU と見積られ、内、約 632,000 tU が原位置資源である。合計は 1,079,000 tU に調整され、1995 年に比べて約 179,000 tU の増加になる。増加の主な要因はインド、ロシアおよびウズベキスタンの資源に関する新たなデータが提示されたことにある。

コスト区分 \leq \$80/kgU の RAR は約 2,534,430 tU と報告され、内、約 900,000 tU が原位置資源として報告されている。採鉱および製錬に伴う損失分を考慮して調整された合計は 2,340,000 tU で、1995 年と比較して 216,000 tU(10%)の増加である。コスト区分 \leq \$80/kgU の EAR-I は約 832,970 tU と報告され、内、約 476,000 tU が原位置資源である。上述と同じ理由で調整された合計は 745,000 tU で、1995 年と比較して 108,000 tU(17%)の減少となる。この両方の区分における増加を報告したのはカナダ(61,000 tU および 69,000 tU)、南アフリカ(14,000 tU および 10,000 tU)である。また、ウズベキスタン(66,210 tU および 39,360 tU)とロシア(145,000 tU および 36,500 tU)が新たな情報を提供した。

コスト区分 \leq \$40/kgU の RAR として、11 ヶ国から合計約 757,990 tU が報告されている。これはコスト区分 \leq \$130/kgU の RAR の約 23%、コスト区分 \leq \$80/kgU の RAR の 30%に相当する。コスト区分 \leq \$40/kgU の EAR-I は約 300,110 tU と見積もられ、コスト区分 \leq \$130/kgU の EAR-I の約 26%、コスト区分 \leq \$80/kgU の EAR-I の約 36%に相当する。他のコスト区分と同様に採鉱および製錬に伴う損失分を考慮して、 \leq \$40/kgU の RAR の合計は 666,000 tU に、EAR-I の合計は 257,000 tU に調整された。

図3、4に多量の資源が存在する国々の RAR と EAR-I の分布を示す。個々の資源区分とコスト区分において、次に示す大きな変化が報告されている。

オーストラリアはコスト区分 \leq \$80/kgU の RAR を 1995 年より 11,000 tU 減の 622,000 tU と報告している。また、コスト区分\$80~\$130/kgU の RAR は、1995 年に比べて 16 000 tU 増加している。 \leq \$80/kgU の EAR-I は約 18,000 tU 減少している。こうした変化は再評価および 1995 年と 1996 年の生産に伴う資源量の減少によるものである。オーストラリアは \leq \$80/kgU と \leq \$130/kgU のコスト区分の両方で世界最大の RAR を保有している。**カザフスタン**の \leq \$130/kgU の RAR は、原位置資源として 601,260 tU(\leq \$80/kgU のコスト区分では 439,220 tU)と見積られ、世界第2位である。**カナダ**は \leq コスト区分\$80/kgU の RAR の見積りを 331,000 tU に修正している。同国では Elliot Lake 地区の鉱山が閉鎖されたことを受け、コスト区分\$80~\$130/kgU の RAR を全て削除している。カナダの RAR はサスカチワン州での開発活動を反映して、1995 年と比較して 61,000 tU 増加している。同様に、 \leq \$80/kgU で回収可能な EAR-I は 1995 年(30,000 tU)よりも増加して 99,000 tU とされている。**米国**、**ナミビア**および**南アフリカ**の RAR について小規模な変更が報告されている。**ニジェール**の \leq \$80/kgU の RAR は 12,500 tU 増加して約 70,000 tU とされている。その一方で、\$80~\$130/kgU の資源は全て削除されている。

\leq \$40/kgU で回収可能な RAR と EAR-I 資源は 11 ヶ国から合計 1,058,100 tU と報告されている。第1位は**カザフスタン**で、RAR 資源を 323,340 tU、EAR-I 資源を 113,200 tU と報告している。いずれも原位置資源である。カザフスタンはこれらの資源のほぼ全てをインシチュリーチング採鉱技術により回収可能と報告している。従って、採鉱ロスに関する調整は行われていない。**南アフリカ**の \leq \$40/kgU で回収可能な RAR は 110,500 tU と見積もられている。EAR-I は 44,400 tU である。**ナミビア**はコスト区分 \leq \$40/kgU の回収可能な RAR を 74,090 tU、原位置の EAR-I を 70,550 tU と見積もっている。**ニジェール**は約 41,800 tU の回収可能な資源を報告している。**ウズベキスタン**のコスト区分 \leq \$40/kgU の RAR は 66,210 tU、EAR-I は 39,360 tU と見積もられている。ウズベキスタンは今回初めて全ての区分に関する資源を報告した。**ロシア**は今回初めて原位置資源として RAR と EAR-I を区分して報告した。

その他の国々は主に再評価や生産に伴う損失による若干の変更を報告している。

資源の利用可能性

生産に対する資源の利用可能性を見積るために、現存および決定済みの生産センターに属する $\leq 40/\text{kgU}$ および $\leq 80/\text{kgU}$ で回収可能なRARとEAR-Iを加えた資源の割合を報告するよう各国に要請した。しかし守秘義務を理由に9ヶ国だけが資源の利用可能性に関する情報を提出したにすぎなかった。この9ヶ国は現存および決定済みの生産センターに存在する $40/\text{kgU}$ 以下で回収可能な資源を300,000 tU以上、 $\leq 80/\text{kgU}$ で回収可能な資源を約900,000 tU以上と報告している。

その他の既知資源

これまでのレッド・ブックでは NEA/IAEA の標準的な用語と厳密に適合しない形で報告された資源データを提示する目的で**その他の既知資源**の区分が設けられていた。今回の版ではその表を削除した。今回の版では提出されたデータの大部分が(中国とインドを除いて)NEA/IAEA の用語に適合したものであり、表1、2、3にまとめて示されている。中国の既知資源については国別項目と1997年ウラン資源開発フォーラムに提出された論文¹で検討されている。

未発見の在来型資源

未発見の在来型資源は推定追加資源-区分 II(EAR-II)と期待資源(SR)から構成される。EAR-II は既知鉱床のよく解明された地質トレンド中、または既知鉱床に付随する鉱化作用を有する地域で期待されるウラン資源である。SR は探鉱が行われていない地質学的に好ましい地域に存在すると考えられるウラン資源である。EAR-II は SR よりも信頼度が高い。未発見在来型資源の2つの区分を共に表3に示した。多くの国々は1997年版レッド・ブックに未発見の在来型資源について報告しなかった。他の国々は未発見の在来型資源に関する系統的な評価は行っていないと報告した。

今回のレッド・ブックに EAR-II を再評価して報告したのは数ヶ国に止まった。ガボン、カザフスタン、ロシア、南アフリカ、ウクライナおよびウズベキスタンが新たな見積りを報告した(表3参照)。その他の国々はわずかな変更にとどまっている。ガボンの EAR-II は2,000 tU 未満に低減している。カザフスタンはコスト区分 $\leq 40/\text{kgU}$ の EAR-II を200,000 tU、コスト区分 $40/\text{kgU} \sim 80/\text{kgU}$ を90,000 tU と報告している。米国は EAR-I と EAR-II を区別していないことを注記しておく。本報告書の目的に合せ、米国が報告した EAR は全て EAR-II に分類した。ロシアは $\leq 80/\text{kgU}$ 区分の EAR-II を56,300 tU に、 $\leq 130/\text{kgU}$ 区分の EAR-II を104,500 tU に修正して報告した。ウズベキスタンはコスト区分 ≤ 40 の EAR-II を52,510 tU、 $\leq 130/\text{kgU}$ の EAR-II を72,570 tU と報告した。

EAR-II に関して報告されたデータの内、約230万 tU が $\leq 130/\text{kgU}$ 区分に、約150万 tU が $\leq 80/\text{kgU}$ に、そして約285,000 tU が $\leq 40/\text{kgU}$ に属するものと見積もられている。

期待資源についてごくわずかなデータの修正があった。ガボンが1997年に関するSRを報告していない。イランが初めて $< 100/\text{kgU}$ で回収可能な資源を25,000 tU と報告した。さらにロシアも初めて $\leq 130/\text{kgU}$ 区分のSRを550,000 tU と未分類の資源を450,000 tU と報告しており、そのSRの合計は1,000,000 tU になる。ウズベキスタンは約100,000 tU を報告している。

SR に関する情報は世界的に見て不完全なものである。報告を行った国々の $\leq 130/\text{kgU}$ の資源は約450万 tU と見積もられる。約570万 tU のSRが回収コストの見積りなしで報告されている。

表3 未発見資源* (1997年1月1日現在:単位は1,000 tU)

国名	推定追加資源-区分II			期待資源		
	コスト区分			コスト区分		
	\$40/kgU 以下	\$80/kgU 以下	\$130/kgU 以下	\$130/kgU 以下	コスト区分されてい ないもの	合計
アルゼンチン	NA	0	1.10	NA	NA	NA
ブラジル	0	120.00	120.00	0	500.00	500.00
ブルガリア(a)	2.24	2.24	2.24	16.00	-	16.00
カナダ	conf.	(b)50.00	(b)150.00	700.00	-	700.00
中国(a)	NA	NA	NA	-	1770.00	1770.00
チリ	-	-	NA	-	-	4.00
コロンビア(a)	-	-	11.00	217.00	-	217.00
チェコ	0	5.48	8.48	0	179.00	179.00
デンマーク	-	-	-	50.00	10.00	60.00
エジプト	-	-	-	-	15.00	15.00
ガボン	1.61	1.61	1.61	0	0	0
ドイツ	0	0	0	0	61.50	61.50
ギリシャ(a)	0	6.00	6.00	0	0	0
ハンガリー	0	0	15.48	0	0	0
インド	NA	NA	14.73	NA	NA	17.00
イラン(e)	NA	NA	NA	25.00	0	25.00
イタリア(a)	-	-	-	-	10.00	10.00
カザフスタン	200.00	290.00	310.00	500.00	0	500.00
メキシコ(a)	-	-	2.70	-	10.00	10.00
モンゴル	0	0	0	1390.00	-	1390.00
ペルー	-	6.61	20.00	20.00	6.00	26.00
ポルトガル(a)	-	1.50	1.50	1.50	NA	1.50
ルーマニア	-	-	1.97	-	-	3.00
ロシア	-	56.30	104.50	550.00	450.00	1000.00
スロベニア	-	-	1.06	-	-	-
南アフリカ	28.74	34.90	113.00	NA	1113.50	1113.50
ウクライナ	NA	NA	10.00	NA	231.00	231.00
米国(c)	NA	839.00	1270.00	858.00	482.00	1340.00
ウズベキスタン(d)	52.51	52.51	72.57	-	101.60	101.60
ベネズエラ(a)	-	-	-	-	-	163.00
ベトナム	NA	NA	5.70	100.00	130.00	230.00
ザンビア	0	0	22.00	0	0	0
ジンバブエ(a)	0	0	0	25.00	0	25.00

- * 未発見資源は一般に原位置資源として報告されている。
 - 報告なし NA=データ入手不能 conf.=未公表
 (a) 前回のレッド・ブックからのデータ。
 (b) 採鉱可能資源。
 (c) 米国はEARをEAR-IとEAR-IIに分けていない。
 (d) EAR-IIとSRは回収可能資源として示されている。
 (e) \$100/kgU以下で回収可能な資源として報告されている。

非在来型資源とその他の物質

本報告書では、非在来型資源に関する章を設けていない。これは、関連情報を報告した国の数がきわめて少なかったためである。

B. ウラン探鉱

50 ヶ国が国内でのウラン探鉱活動に関する情報を提出した。内、24 ヶ国が 1995 年と 1996 年に探鉱活動は行われなかったとし、探鉱活動を報告したのは 26 ヶ国である。

これまでと同様に探鉱活動の地理的な分布は不均一であり、経済的に魅力のある鉱床を発見する合理的な可能性と各国のウラン必要量に依存している。

10 年間以上の継続的な探鉱活動の減少の後、1995 年と 1996 年に少数の国々で増加が報告されたが、その他の国々では依然として減少傾向が続いている。探鉱活動は 1980 年代の初めと比較して依然としてきわめて低水準である。これは各国通貨で示された探鉱費だけではなく、試錐量(試錐孔数と掘進長)を見ても明らかである⁽¹⁾。

1995 年の探鉱費は 26 ヶ国が合計で 8,360 万米ドルと報告しており、これは 1994 年(7,470 万米ドル)の約 12% 増となる。1996 年は 24 ヶ国が合計で約 8,590 万米ドルの探鉱費を報告している。これに対して 1992 年には 29 ヶ国が合計で約 1 億 1,870 万米ドルと報告していた(表 4)。比較のために、1986 年は約 1 億 8,000 万米ドルの探鉱費が(非 WOCA 諸国を除いて)支出されていた。

現在、大部分の探鉱活動はカナダ、オーストラリア、米国およびロシアで行われており、その他にモンゴルとウズベキスタンで小規模に行われている。ロシアの 1994 年～1996 年のウラン探鉱費は 400～560 万米ドルの範囲と報告されている。マレーシアとタイも小規模な探鉱プロジェクトを実施しており、それぞれ 1995 年の探鉱費を増加したが、1996 年には活動を中断した。インドネシアはある程度の規模の予算での探鉱作業の継続を報告している。中国はウラン需要の増加と中国の自給政策を支えるために探鉱活動を継続していることを報告している。しかしながら、詳細については明らかでない。エジプトは 1994 年と 1995 年にいずれも約 320 万米ドル水準の探鉱活動を維持しており、1996 年は探鉱費を倍増させている。フランス、ルーマニア、ガボンおよびニジェールで探鉱費が支出されているが、その大部分が新たな地域を対象とした調査ではなく、既に発見されている鉱床に対するものであった。インドは探鉱費の大幅増を報告している。ナミビアは 1995 年に同国の資源の再評価に伴う費用を報告しているが、1996 年は探鉱活動が行われていない。スペインは 1994 年以降探鉱活動を停止している。カザフスタンとチェコでは低水準での探鉱活動が継続されている。

ウラン探鉱の低迷はいくつかの要因によるものである。近年の不安定なウラン市場が第一の要因である。最近の比較的 low 水準の市場価格に加え、価格が下落傾向にあること、政府備蓄や核兵器から取り出される物質の市場への導入に関する政治面での不確実性なども、計画を立てることを難しくしている。既知資源が比較的豊富に存在していることも、早急に探鉱活動を行う必要性を低下させている。

カナダ、フランス、ドイツ、日本、韓国および米国の企業による国外での探鉱努力が続けられている(表 5)。しかし、各国の国外探鉱費の合計は 1994 年の 4,880 万米ドルから 1996 年は 2,150 万米ドルに低下した(図 5)。この主な要因はフランスの国外探鉱費が 1994 年の 3,100 万米ドルから 1996 年には 680 万米ドルに低下したことにある。

(1) 1994 年以降、レッド・ブックに記載されるウラン探鉱費にはフィージビリティ・スタディの費用は含まれるが、鉱山の操業段階の準備に要する費用は含まれていない。

表4 各国の鉱業界と政府が支出した国内ウラン探鉱費
(支出年の1,000米ドル)

国名	1990年以前	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
アルゼンチン	44,304	340	588	1,330	1,242	700	950	700	1,100
オーストラリア	400,820	11,835	10,803	10,273	5,790	4,904	5,942	11,842	NA
バングラデシュ	453	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ベルギー	1,685	0	0	0	0	0	0	0	0
ボリビア	9,368	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ボツワナ	640	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ブラジル	189,920	0	0	0	0	0	0	0	0
ブルガリア	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0
カナダ	865,857	39,381	39,252	38,417	31,825	26,087	32,353	28,467	NA
中央アフリカ共和国	20,000	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
チリ	7,809	82	99	117	115	94	218	143	156
コロンビア	23,935	-	-	-	-	0	0	0	0
コスタリカ	361	-	-	-	-	-	-	-	-
キューバ	NA	NA	NA	236	230	228	142	86	50
チェコスロバキア	302,990	7,370	1,540	660	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
チェコ	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	579	468	282	201	245
デンマーク	4,350	-	-	-	-	0	0	0	0
エクアドル	2,055	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
エジプト	20,541	4,373	3,614	4,505	6,647	3,245	3,264	6,528	NA
フィンランド	14,777	0	0	0	0	0	0	0	0
フランス	805,755	32,472	23,725	14,984	9,963	6,217	2,882	1,152	1,105
ガボン	85,261	NA	NA	2,011	1,839	1,050	939	1,338	343
ドイツ	117,965	26,800	0	0	0	0	0	0	0
ガーナ	90	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ギリシャ	14,815	658	395	389	403	154	148	273	290
グアテマラ	610	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
ハンガリー	3,700	0	0	0	0	0	0	0	0
インド	150,107	15,420	13,230	9,010	9,519	9,363	9,536	7,394	8,048
インドネシア	8,844	368	886	1,230	1,523	648	574	643	540
アイルランド	6,800	-	-	-	-	0	0	0	0
イタリア	75,060	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
ジャマイカ	30	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
日本	8,640	0	0	0	0	0	0	0	0
ヨルダン	283	108	42	36	13	10	30	100	100
カザフスタン	xxxx	xxxx	xxxx	2,500	2,525	1,290	113	242	276
韓国	4,607	38	25	NA	NA	0	0	0	0
レソト	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
マダガスカル	5,243	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
マレーシア	8,032	246	281	310	368	399	163	239	NA
マリ	51,637	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
リトアニア	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メキシコ	24,910	0	0	0	0	0	0	0	0
モンゴル	NA	NA	NA	48	60	700	1650	2,560	3,135
モロッコ	2,752	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
ナミビア	15,522	NA	NA	364	0	0	2,044	0	0
オランダ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ニジェール	196,340	1,432	1,128	1,343	440	1,481	1,665	427	1,653
ナイジェリア	6,950	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ノルウェー	3,180	-	-	-	-	0	0	0	0
パラグアイ	25,510	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ペルー	4,092	60	36	9	0	4	0	0	0
フィリピン	3,347	10	10	10	10	30	30	30	50
ポルトガル	15,577	736	289	277	135	106	130	119	NA
ルーマニア	NA	NA	NA	NA	NA	2,998	2,448	1,861	2,423
ロシア	xxxx	xxxx	xxxx	9,710	2,828	4,197	5,581	4,271	11,307
スロバキア	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	0	0	0	0	0
スロベニア	xxxx	xxxx	0	NA	0	0	0	0	0
ソマリア	1,000	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
南アフリカ	108,993	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
スペイン	125,786	2,485	3,552	4,119	2,872	891	0	0	0

表4 各国の鉱業界と政府が支出した国内ウラン探鉱費（続き）
（支出年の1,000米ドル）

国名	1990年以前	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
スリランカ	33	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
スウェーデン	46,870	0	0	0	0	0	0	0	0
スイス	3,868	-	-	-	-	0	0	0	0
シリア	800	89	179	0	0	NA	NA	NA	NA
タイ	10,359	63	63	63	138	116	119	0	0
トルコ	20,504	77	-	-	-	0	0	0	0
ウクライナ	xxxx	xxxx	xxxx	NA	NA	NA	NA	NA	NA
イギリス	2,600	-	-	-	-	0	0	0	0
米国	2,590,900	19,200	19,700	16,000	12,000	4,329	6,009	10,054	NA
ウルグアイ	231	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ソ連邦	NA	187,520	60,000	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
ウズベキスタン	xxxx	xxxx	xxxx	NA	NA	472	6,197	7,026	8,671
ベトナム	-	462	353	252	324	137	161	209	226
ユーゴスラビア	970	36	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ザンビア	81	32	57	21	NA	4,380	NA	NA	NA
ジンバブエ	5,139	719	526	518	0	0	0	0	0
合計(a)	6,473,679	352,412	180,373	118,742	91,388	74,697	83,570	85,908	

(a) 入手データのみ。 NA データ入手不能。 - 支出費の報告なし。
xxxx 存在しなかったか政治的に再定義された国。

表5 各国が支出した国外ウラン探鉱費
（支出年の1,000米ドル）

国名	1990年 以前	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
ベルギー	4,500	0	0	0	0	0	0	0	0
カナダ	-	-	-	-	-	1,449	1,471	3,650	4,044
フランス	565,863	5,726	11,076	19,438	32,619	30,959	10,245	6,808	11,619
ドイツ	372,800	6,766	4,853	2,898	3,107	2,646	2,951	3,111	4,358
イタリア	NA	NA	200	-	-	-	-	-	-
日本	307,791	10,990	11,210	12,010	11,620	12,923	14,771	7,533	4,801
韓国	21,317	158	177	260	225	175	178	373	895
スペイン	20,400	0	0	0	0	0	0	0	0
スイス	26,906	600	540	482	502	627	0	0	0
イギリス	50,009	8,300	1,900	899	155	0	0	0	0
米国	228,770	0	0	0	0	W	NA	NA	NA
合計	1,598,356	32,540	29,956	35,987	48,228	48,779	29,616	21,474	25,718

- 探鉱費の報告なし NA データ入手不能
W 企業の具体的なデータの開示を避けるために保留。

現在の活動と最近の変化

現在の探鉱活動の対象は主に低コスト生産の可能性を有する不整合関連型高品位鉱床(カナダ、オーストラリアなど)やインシチュリーチング探鉱技術(ISL)が適用できる砂岩中の鉱床等に絞られている。

北米の探鉱活動はカナダと米国で実施されている。**カナダ**の探鉱活動は主に Athabasca 堆積盆地の不整合関連型高品位鉱床の有望なターゲットに集中して行われている。1995 年の探鉱費は 4,400 万加ドルで、1994 年の探鉱費(3,600 万加ドル)からわずかに増加した。1996 年は約 3,900 万加ドルが支出され、その約半分が初期的な探鉱に対してであった。探鉱費の大部分は McArthur River や Cigar Lake 等のプロジェクトにおける進んだ段階の坑内探鉱と鉱床評価に加え、生産許可待ちの段階にある複数のプロジェクトにおける保守、維持に充てられている。北西準州の Kiggavik 地域や Thelon 堆積盆地の西端、北東部でも詳細な探鉱活動が行われた。アルバータ州の Athabasca 堆積盆地の西部と Great Bear Magmatic 帯(北西準州)で地質調査と新規探鉱が実施されている。サスカチワン州での初期的な探鉱費は 1994 年には 1,100 万加ドル、1995 年には 1,250 万加ドルであったが、1996 年は 1,700 万加ドルに増加した。試錐掘進長は 1995 年には約 75,000 m、1996 年には 79,000 m であった。活動を行っている企業数は 1994 年の 20 社から 1995 年には 15 社、1996 年には約 12 社に減少した。しかし 1996 年に実施された探鉱プロジェクト数は 38 件で、1994 年の 27 件より増加した。**米国**では、ウラン探鉱費は 1994 年にこれまでの最低水準の 430 万米ドルに落ち込んだが、1995 年には 600 万米ドルに、1996 年には 1,010 万米ドルに増加している。試錐費用の上昇と共に、地表試錐量の増加(1994 年には 200,000 m、1995 年には 411,000 m、1996 年には 915,000 m)により、地表試錐費の比率は約 30%から 70%に増加した。探鉱活動はワイオミング州と規模は小さくなるがアリゾナ州、コロラド州、ネブラスカ州およびテキサス州で継続された。大部分の活動は砂岩型鉱床を対象としたものであった。

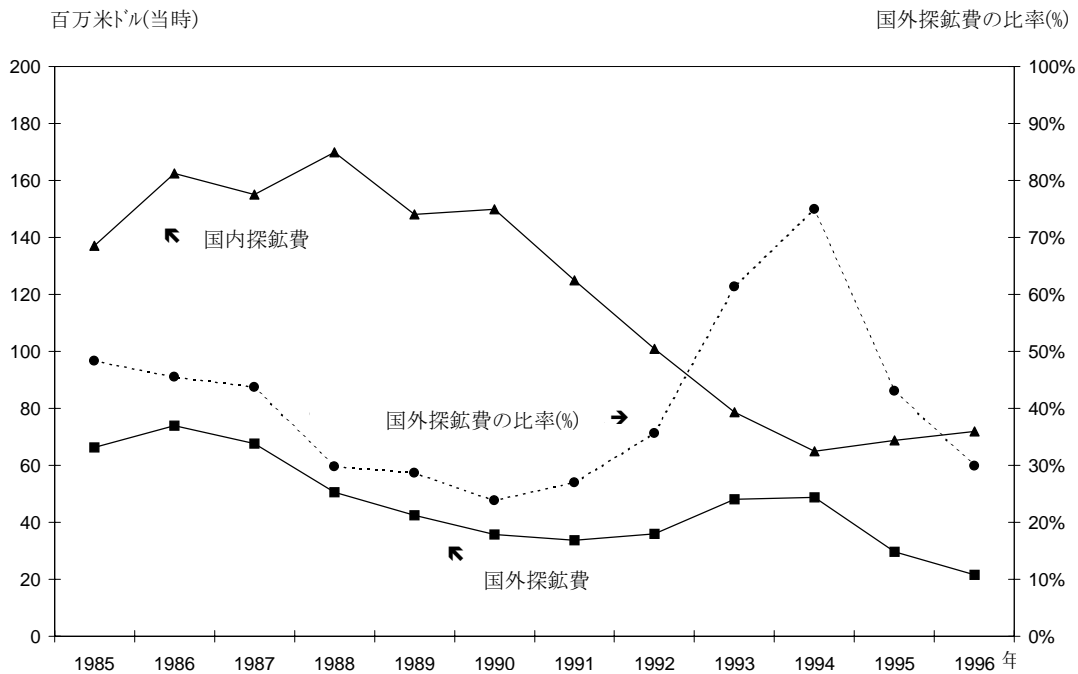
中南米では、**アルゼンチン**の Patagonia 地方に位置する Cerro Solo 砂岩型鉱床と、Las Termas 鉱徴で探鉱活動が続けられている。後者は貫入花崗岩近傍の変成岩中に位置する鉱脈型鉱化作用である。1995～1996 年に実施された 16,300 m の地表試錐により資源量が増加した。1997 年には約 4,500 m の試錐が計画されている。未発見ウランポテンシャルを推定するためにアルゼンチンの他の地質を対象とした調査が実施されている。**ブラジル**での探鉱活動は実施されなかった。しかし、1995/96 年に Lagoa Real 鉱床の企業化調査が行われた。**チリ**の探鉱活動はウランが希土類鉱物の鉱徴に伴う Coast Range 地域に焦点があてられた。

西欧および**スカンジナビア**の探鉱活動は引続き減少した。**フランス**の探鉱費は 1994 年から 1996 年に約 3,500 万仏フランから 600 万仏フランへと減少した。作業の大部分は中央山塊の北部に位置する Le Bernardan 鉱山地域に集中された。この期間に試錐量も年間約 83,400 m から 24,400 m に減少した。COGEMA 社はその子会社を通じてカナダを中心にオーストラリア、米国、ニジェールおよびガボンで大規模な国外探鉱活動を継続した。しかし、1994 年に約 1 億 7,400 万仏フランであった国外探鉱費は 1996 年には 3,500 万仏フランに大幅に減少した。**ドイツ**での探鉱活動は実施されなかった。ドイツの鉱山会社は主にカナダで国外探鉱活動を継続した。その費用は 1994 年が 400 万独マルク、1995 年が 410 万独マルク、1996 年が 400 万独マルクであった。**スペイン**では、サラマンカ州の Fe 鉱床を対象とした年間 100,000m の開発試錐計画が実施された。この計画は 1996 年末に終了した。

中欧および**東欧**の探鉱活動は縮小傾向にある。**チェコ**の探鉱費は 1994 年の 1,300 万コルナから、1995 年に 740 万コルナ、1996 年に 550 万コルナへ減少した。1995 年と 1996 年は実地調査が行われていない。活動の中心は以前に収集されたデータの編集や加工による探鉱データベースの開発に焦点があてられた。この作業は 1997 年も続けられる。**ロシア**は国のコンツェルンである「Geologorazvedka」が 1994 年の 75 億 7,000 万ルーブルから 1996 年の 210 億 4,000 万ルーブルの費用で探鉱活動を実施していると報告している。主な対象は ISL 探鉱が可能な谷型の砂岩型鉱床である。ロシアは 1997 年の探鉱費を 623 億ルーブル以上に増額する計画である。**ルーマニア**は 1995 年に 47 億レイ、1996 年には 54 億レイをかけて既存鉱床の探鉱を継続している。**トルコ**は Anatolia 地方北西部の堆積岩類における限定的な探鉱計画を実施中である。1997 年にエアボーン調査が完了する見込みである。**ウクライナ**では国営地質企業である

Kirovgeology 社が地質、地球物理および地化学調査と共に、かなりの試錐調査を行っている。作業の対象はウクライナの南部で、この地域は結晶質楯状地が堆積岩類により覆われている。

アフリカでは、**エジプト**が東部砂漠の3つの地域で探鉱活動を実施した。同国では1年間に 1,100 万～2,200 万エジプト・ポンドが支出されている。**ガボン**では COMUF 社が探鉱活動を続けており、5 億 9,100 万～6 億 9,600 万 FCFA が支出されている。この費用は主に Okelobondo 鉱床周辺と Lekedi South 地域に費やされている。**ナミビア**は現在企業が実施している探鉱プロジェクトは1件だけであると報告している。この作業の成果と費用は公開されていない。1995 年に欧州連合の SYSMIN 基金から、ナミビアの中西部の大部分をカバーする高解像度放射線・磁気エアボン調査に 770 万ナミビアドルが支出された。**ニジェール**では、鉱山会社2社によるウラン探鉱が 1994 年と 1995 年に同規模で実施されている(それぞれ 834 万仏フランと 814 万仏フラン)。1996 年は 222 万仏フランへと大幅に減少した。この活動の中心はウラン鉱床の輪郭を確認するための地表試錐にあてられた。**ザンビア**はウラン探鉱を縮小した。1994 年以降は探鉱費が支出されていないと報告した。**ジンバブエ**では 1992 年から探鉱活動が行われていない。



注: 米国は1994年、1995年および1996年の国外での探鉱費を報告していない。

図5 特定諸国のウラン探鉱費の推移 (中国、キューバ、NIS、東欧を除く)

中東、中央アジアおよび**南アジア**では一部の国でウラン探鉱が活発に進められている。**インド**は大規模な探鉱計画を持っており、1994年から1996年に年間2億5,100万ルピーから2億9,800万ルピーを支出した。現在、活動の中心は Domiasiat 鉱床が発見された Meghalaya 地域の白亜紀の砂岩類と、不整合関連型鉱床が発見された Lambapur 地域に隣接する Cuddapah 堆積盆地の Andhra Pradesh である。その他、Madhya Pradesh、Uttar Pradesh、Bihar、Orissa および Rajasthan に活動が集中している。**ヨルダン**はウラン鉱徴を発見するための予察調査を継続している。1995年と1996年の支出額は、30,000～100,000米ドルの範囲である。**カザフスタン**は数年にわたりその探鉱活動を大幅に縮小している。今後数年間は既に発見されている大量の資源に依存することになる。1995～1996年の主な活動はカザフスタンの北部で Stepgeologiya 社が実施したものである。ターゲットは不整合関連型鉱床である。**ウズベキスタン**のウラン探鉱は Navoi Mining and Metallurgical Complex (NMMC)と国営地質企業である Kyzyltepageologia 社が実施している。複雑な地質条件のために試錐量は減少したものの、探鉱費は1994年の1,790万スムから1996

年は 2,540 万スムへ大幅に増加した。**マレーシア**はマレー半島の花崗岩類に対する地化学調査、エアボーン調査異常地の地表追跡調査から成る探鉱を継続した。探鉱費は 1994 年の 1,080,000 リンギットから、1995 年の 400,000 リンギット、1996 年の 598,000 リンギットへと減少した。

東南アジアでは、低水準の探鉱活動が続けられた。**インドネシア**は Nuclear Minerals Development Centre による探鉱費は 1995 年の 573,800 米ドルから 1996 年は 643,400 米ドルに増加したと報告している。Kalimantan 地域を重点に限定的な試錐調査と地質調査が継続された。**フィリピン**の Nuclear Research Institute は 1995～1996 年に Palawan Island 北部で予察調査と準精密地化学探鉱を継続した。年間の探鉱費は 30,000 米ドルであった。花崗岩類と変成岩類に関係するウラン鉱徴を伴う2つの有望地域が特定された。**ベトナム**では近年行っていた Nong Son 砂岩堆積盆地の評価作業が完了し、現在の探鉱作業は Tabhing および An Diem 地域に充てられている。探鉱費は 1994 年の 136,000 米ドルから、1995 年の 161,000 米ドル、1996 年の 209,000 米ドルへと少しずつ増加した。

太平洋地域では探鉱活動が拡大している。**オーストラリア**の探鉱費は 1994 年に 667 万豪ドルと歴史的な低水準にまで落ち込んだ後、1995 年は 826 万豪ドル、1996 年は 1,492 万豪ドルへと増加した。同じ期間に地表試錐量も 12,375 m から 19,293 m へ増加した。この増加は前政権の「三鉱山政策」が廃止されたことと、ウラン市場が改善するという認識への反応によるものである。活動した探鉱プロジェクトは 1995 年の 17 件、1994 年の 8 件に対して、1996 年は 13 件であった。探鉱活動は主に Paterson 地質区(西オーストラリア州)、Arnhem Land(北部準州)および Westmoreland 地域(クイーンズランド州)の3つの地域で実施された。Paterson 地質区には Kintyre 鉱床に類似した不整合関連型鉱化作用が胚胎するものと期待されている。Arnhem Land では厚い Kombolgie 砂岩被覆層の下位に位置する古期原生代変堆積岩中の不整合関連型鉱床を対象とした探鉱作業が続けられた。クイーンズランド州では砂岩型鉱床を対象とした McArthur 堆積盆地の堆積岩類に対する探鉱が継続された。

今後 10 年間に相当規模の原子力開発が実現すると考えられている**東アジア**ではウラン探鉱が継続された。**中国**は探鉱活動を新疆自治区(Xingjiang Autonomous Region)の伊犁(Yili)堆積盆地と内モンゴル自治区(Inner Mongolian Autonomous Region)の二连浩特(Erlian)堆積盆地における、ISL が適用可能な砂岩型鉱床に集中させた。中国南部では花崗岩および火山岩中の鉱床に対する探鉱が縮小された。**日本**は国内での探鉱計画はないが、動燃事業団は国外において活発な活動を行っている。主な対象国はカナダとオーストラリアで、中国とジンバブエでも活動している。1995 年と 1996 年の国外探鉱費はそれぞれ 12 億 2,600 万円、8 億 600 万円であった。**韓国**では国内でのウラン探鉱は行われていない。韓国企業がカナダ(Cigar Lake、Dawn Lake、Baker Lake)および米国(Crow Butte)でジョイントベンチャーに参加している。探鉱費は 1994 年は 175,000 米ドル、1995 年は 178,000 米ドル、1996 年は 373,000 米ドルであった。**モンゴル**はウラン鉱業活動を外国の鉱山会社とのジョイントベンチャーに開放した。現在、モンゴルの国営企業である Uran 社、モンゴル-ロシア-米国のジョイントベンチャーである Gurvansaikhan 社、モンゴル-フランスのジョイントベンチャーである Koge-Gobi 社の3社が探鉱を実施している。これらの企業はモンゴルの様々な地域で探鉱活動を実施している。探鉱費は 1994 年の 700,000 米ドルから、1995 年は 165 万米ドル、1996 年は 256 万米ドルへと増加し続けている。この資金の大部分は産業界によるものである。

C. ウラン生産

世界のウラン生産量は 1994 年の 31,611 tU の低水準から 1995 年には約 33,154 tU、1996 年には約 36,195 tU と増加傾向にある(表6、図6および図7を参照)。この世界のウラン生産量は中国、インドおよびパキスタンの推定生産量を含んでいる。この生産量は推計された 63 の鉱山と 44 の処理プラント(製錬所)によるものである。この中には 1996 年に永久に閉鎖されたカナダ(オンタリオ州)の Stanleigh 鉱山と製錬所が含まれている。生産量の変化は地域毎にばらついている。旧 WOCA 圏では1年間に 12%を超える生産量の増加が見られたが、世界の残りの国々ではこの2年間に約 18%低減している。

ウラン生産の現状

1995 年と 1996 年の世界のウラン生産量は 10 年以上続いた減少傾向の後、主にオーストラリア、カナダ、ロシアおよび米国の増産により、わずかに増加した。1996 年の市場条件の改善はこの傾向に寄与している。この増加分はフランス、ハンガリー、南アフリカ、カザフスタンおよびウズベキスタン等の一部の国々における継続的な減少を補ってあまりあるものであった。1995 年から 1996 年の OECD 諸国の増加は 13%強で、その内訳はオーストラリア(+1,263 tU)、カナダ(+1,233 tU)、米国(+107 tU)となっている。フランスは OECD 諸国の中で最も大きく生産量を減らした国である(-86 tU)。この期間中、世界の原子力発電設備容量とウラン必要量はいずれも増加している。1996 年のウラン生産量は世界のウラン必要量の約 60%で、1995 年の 54%に対比される。原子炉に装荷された燃料で生産量によってカバーされなかった部分は主に備蓄で賄われた。

北米のウランの生産量は 1995 年から 1996 年に 10.5%増加した。本地域は 1996 年の世界のウラン生産量のほぼ 40%を占めた。**カナダ**は依然として世界最大のウラン生産国である。1996 年の生産量は 1995 年より約 12%増の 11,706 tU であった。カナダの輸出量は 1995 年より約 35%増加した。1996 年に Stanleigh 鉱山(オンタリオ州最後の鉱山)が閉山した。この閉山に伴う生産量の低減はサスカチワン州の鉱山の大幅な生産増加により十二分に相殺されている。この生産増加はこれまでの隔週操業からフル操業態勢に移行した Cluff Lake 製錬所と、Eagle Point、Collins Bay D および Collins Bay A ゾーンからの鉱石を処理している Cameco/Uranerz 社の Rabbit Lake プラントによるものであった。Cameco 社と Uranerz 社は 1996 年に 5,429 tU を生産したカナダ最大の生産施設である Key Lake の操業を行っている。カナダの生産センターの雇用者数は 1,350 人から 1,155 人に減少した。1996 年にカナダで生産されたウランの 52%は国内の民間企業、27%が国外の民間企業、5%が国内政府、16%が外国政府組織により所有されている。**米国**の 1996 年の生産量は 1995 年より 5%増加した。これらは 5ヶ所の ISL 鉱山、2ヶ所の磷酸塩副産物プラント、1ヶ所の在来型製錬所によるものであった。この製錬所は 1995 年から 1996 年初めにかけて 1993 年以前に貯鉱されたウラン鉱石を処理するために操業された。1996 年に合計で 689 人がウラン生産に雇用された。加えて 429 人が環境復元作業に携った。1996 年の生産量の 49%が国内の民間企業、36%が外国政府組織、16%が国外の民間企業により所有されている。

中南米では**アルゼンチン**だけが生産を行い(ブラジルは 1996 年にその生産施設を待機状態に置いている)、その生産量は 1996 年の世界全体の 0.1%未満に過ぎなかった。ブラジルの Poços de Caldas 鉱山が 1996 年に待機状態に置かれたため、この地域の生産量は大幅に減少した(85%減)。1998 年に Lagoa Real 製錬所が計画通りに操業を開始すれば、**ブラジル**の生産量は近い将来に拡大するであろう。アルゼンチンの雇用者数は 1994 年の 180 人から 1996 年の 100 人に減少した。この期間中、ブラジルの雇用者数も同様に 408 人から 305 人に減少した。両国共、生産されたウランは政府組織により所有されている。

表6 ウラン生産量の推移
(メトリックトンU)

国名	1990年 以前	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1996年ま での合計	1997年 (予測)
アルゼンチン	2,033	9	18	123	126	80	65	28	2,482	40
オーストラリア	44,503	3,530	3,776	2,334	2,256	2,208	3,712	4,975	67,294	NA
ベルギー(a)	377	39	38	36	34	40	25	28	617	27
ブラジル	789	5	0	0	24	106	106	0	1,030	0
ブルガリア	15,755	405	240	150	100	70	0	0	16,720	0
カナダ(b)	231,506	8,729	8,160	9,297	9,155	9,647	10,473	11,706	298,673	NA
中国(c)	NA	800	800	955	780	480	500	560	NA	600
CSFR	96,786	2,142	1,778	1,539	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	102,245	xxxx
チェコ	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	950	541	600	604	2,695	609
エストニア	65	0	0	0	0	0	0	0	65	0
フィンランド	30	0	0	0	0	0	0	0	30	0
フランス	60,707	2,841	2,477	2,149	1,730	1,053	1,016	930	72,903	761
ガボン	20,299	709	678	589	556	650	652	568	24,701	587
ドイツ	699	2,972	1,207	232	116	47	35	39	5,347	30
東ドイツ	213,380	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	213,380	0
ハンガリー	15,439	524	415	430	380	413	210	200	18,011	200
インド	5,200 (c)	230 (c)	200	150	148	155	155(c)	250(c)	6,488	250(c)
日本	87	0	0	0	0	0	0	0	87	0
カザフスタン(e)	xxxx	xxxx	xxxx	2,802	2,700	2,240	1,630	1,210	82,582	1,500
メキシコ	49	0	0	0	0	0	0	0	49	0
モンゴル	94	89	101	105	54	72	20	0	535	0
ナミビア	45,679	3,211	2,450	1,660	1,679	1,895	2,016	2,447	61,037	3,000
ニジェール	47,809	2,839	2,963	2,965	2,914	2,975	2,974	3,321	68,760	3,400
パキスタン(c)	570	30	30	23	23	23	23	23	745	23
ポルトガル	3,400	111	28	28	32	24	18	15	3,656	17
ルーマニア	16,360	210	160	120	120 (c)	120	120	105	17,315	106
ロシア(f)	xxxx	xxxx	xxxx	2,640 (d)	2,697	2,541	2,160	2,605	103,983	2,800(c)
スロベニア	xxxx	xxxx	0	2	0	0	0	0	2	0
南アフリカ	137,568	2,460	1,712	1,669	1,699	1,671	1,421	1,436	149,636	1,450
スペイン	3,176	213	196	187	184	256	255	255	4,722	225
スウェーデン	200	0	0	0	0	0	0	0	200	0
ウクライナ	xxxx	xxxx	xxxx	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	5,000	1,000
米国	330,640	3,420	3,060	2,170	1,180	1,289	2,324	2,431	346,514	NA
ソ連邦	NA	14,000(c)	13,500	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	NA	xxxx
ウズベキスタン(g)	xxxx	xxxx	xxxx	2,680 (d)	2,600 (d)	2,015	1,644	1,459	86,422	2,050
ユーゴスラビア	327	53	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	380	xxxx
ザイール	25,600(c)	0	0	0	0	0	0	0	25,600	0
OECD合計	904,193	22,379	19,357	16,863	16,017	15,518	18,668	21,183	1,034,178	****
世界合計	****	49,571	43,987	36,035	33,237	31,611	33,154	36,195	****	****

NA データ入手不能

XXXX 存在しなかったもしくは政治的に再定義された国家

**** 不十分な情報のため見積り無し

(a) 輸入された磷酸塩からの副産物として生産されたウラン。

(b) 一次生産量。これに加えてElliot LakeのCameco社の精錬/転換施設から副産物として1988年に73tU、1989年に31tU、1990年に50tU、1991年に44tU、1992年に40tU、1993年に30tU、1994年に53tU、1995年に53tU、1996年に48tUが生産された。

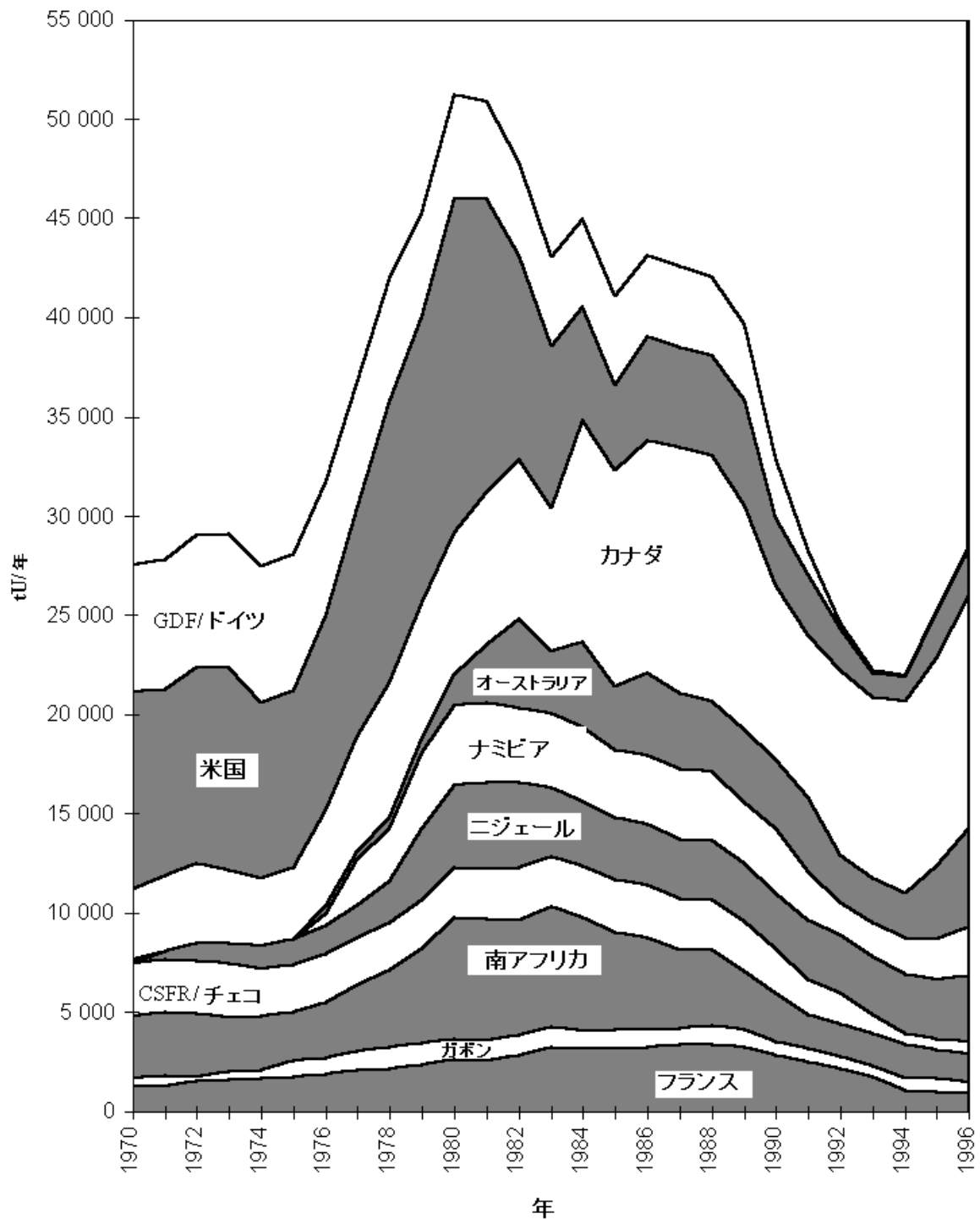
(c) 事務局の見積り

(d) ウラン協会の見積り

(e) 1991年以前のカザフスタンの生産量は72,000tU

(f) 1993年以前のロシアの生産量は93,980tU

(g) 1994年以前のウズベキスタンの生産量は82,763tU



注:積み重ね図

図6 特定諸国のウラン生産量の推移

西欧およびスカンジナビア地域の1996年の生産量は1,267 tUで、主にフランスの減産に伴い、1995年より6.1%減少した。この地域の生産量は世界全体の3.5%で、必要量の6.5%に相当する。フランスの減産傾向はLodève 鉱山の閉鎖に伴って1997年も続く見通しである。フランスで生産されたウランの89%が国内政府組織により所有され、11%が国内民間企業により所有されている。雇用者数は1994年の496人から1996年は441人に減少した。他の国々の生産量はほぼ安定して推移した。ベルギーでは輸入隣

酸塩の副産物としてのウラン生産量は年間 25 tU から 28 tU の範囲まで減少した。生産されたウランは民間企業1社により所有されている。ウラン抽出に従事している雇用者数は5人である。**ドイツ**では Königstein での坑内リーチングのデコミッションングに伴って1994年の47 tUに対して、1995年と1996年は各々35 tU、39 tU 生産された。ドイツの雇用者は全て環境復元および復旧作業に従事しており、その数は減少し続けた。1994年と1995年のそれぞれ4,400人、4,613人に対して、1996年は4,200人であった。これらの活動は政府が所有する民間会社である Wismut 社によって行われている。**スペイン**では Fe プラントにおける在来型およびヒープリーチング活動が続けられている。雇用者数は1994年の185人から1996年は178人にわずかに減少した。生産されたウランの100%が ENUSA 社(National Industrial Institute が60%、Energy and Technology Centre が40%を所有)により所有されている。**ポルトガル**は1995年に18 tU、1996年に15 tU のウランを生産した。

中欧および**東欧**のウラン生産量は1995年の4,125 tU から1996年は4,553 tU に10%増加した。**ブルガリア**におけるウラン生産は既に政府の決定通りに終了している。環境浄化および原状回復作業が継続されている。**チェコ**では Rozna 坑内採掘鉱山と Stráz ISL 鉱山より、1995年および1996年に各年600 tU 生産した。1996年には Stráz で地下水の原状回復作業が開始された。雇用者数は1994年の5,400人から1996年は3,600人に減少した。政府が所有する DIAMO 社が生産を行っている。**ハンガリー**の生産量は1994年の400 tU から、1995年と1996年には200 tU に引続き減少した。政府は Mecsek 鉱山および製錬所を1997年末までに閉鎖する計画である。雇用者数は1994年の1,766人から1996年の1,144人へと減少した。ハンガリー唯一のウラン生産センターを運営している Mecsekuran 社は国内の民間企業である。**ルーマニア**の3ヶ所の坑内採掘鉱山から1995年に120 tU、1996年に105 tU 生産した。**ロシア**の生産量は1995年の2,160 tU から1996年は2,605 tU に21%増加した。主に Krasnokamensk 近郊の坑内採掘鉱山群で生産された。約22%がヒープと坑内リーチングによるもので、数%が現在段階的な閉鎖が進められている露天採掘によるものであった。1997年の生産量は2,800 tU と予測されている。雇用者数は1994年の14,400人から、1995年は14,000人に減少し、1996年には更に13,000人に減少した。**ウクライナ**は1996年の生産量を1,000 tU と報告している。複数の鉱山(坑内採掘)と製錬センターが再編成中である。製錬所の定格生産容量は1,000 tU で、必要があれば将来これを2倍にすることが可能である。

アフリカ諸国、**ガボン**、**ナミビア**、**ニジェール**および**南アフリカ**は1996年の世界の生産量の22%を占めた。この地域の1996年の生産量は1995年より10%増の7,772 tU に増加した。**ガボン**の1996年の生産量(568 tU)は1995年より13%減少した。鉱山と製錬所のオペレータである COMUF 社はガボン政府が25%、国内民間組織が7%、外国政府系の組織が68%所有する企業である。Mounana 製錬所は主に Okelobondo 坑内採掘鉱山から給鉱された。1997年以降、Mikouloungou 露天採掘鉱山の操業が続けられるであろう。1994年以降ほぼ安定していた雇用者数は1997年には減少する見通しである。1999年に鉱石の枯渇が予測され、ガボンのウラン生産は終了するであろう。**ナミビア**の Rössing 鉱山は本地域で最も大きく生産量を増やした鉱山である(1995年は2,016 tU、1996年は2,447 tU であり、1997年は3,000 tU の見通し)。近年、雇用者数は1,200人程度で比較的安定している。同鉱山を運営している Rössing Uranium 社は RTZ 社が60.8%、ナミビア政府が3.4%、Industrial Development 社が10.0%、その他の政府系や民間の外国組織が25.8%所有している。**ニジェール**は1996年に3,321 tU を生産し、アフリカ最大のウラン生産国であった。世界的に見てもカナダとオーストラリアに次ぐ第3位にランクされた。1992年から1995年までの生産量は同水準で推移していたが(2,975 tU)、1996年には3,321 tU に増加した。Arlit と Akouta はそれぞれ同国の生産量の約3分の1と3分の2を占めた。1990年よりニジェールのウラン部門の競争力を高めるための再編成計画が段階的に進められている。その結果として、雇用水準は低下傾向にある(1990年の3,173人から1994年は2,104人)。1996年は生産量が増加したものの、雇用者数は2,077人へとさらに減少した。同国で生産されたウランは33.1%が国内政府組織、22.8%が国外民間企業、44.1%が外国政府系組織により所有されている。**南アフリカ**の1996年生産量は1,436 tU で、1995年とほぼ同じであった。全てのウランは金および銅の副産物である。鉱山会議所の販売組織である NUFCOR 社が Vaals Reef(製錬所2ヶ所)、Hartebeestfontein(製錬所1ヶ所)、Western Areas(製錬所1ヶ所)の坑内採掘金鉱山に付属する4ヶ所のウラン製錬所からイエローケーキ・スラリーの供給を受け、これを精製、乾燥およびパッケージ

を行っている。残りは Palabora 多鉱物鉱床からのものである。

中東、中央アジアおよび**南アジア**地域の生産量は大きく減少した(14.8%)。これは、旧ソ連に属していたカザフスタンとウズベキスタンという2つの主要生産国の生産が減少したためである。1994年の**カザフスタン**の生産量は2,240 tUであったが、1995年には1,630 tUに減少し、1996年には1,210 tUにさらに減少した。同国の総生産容量は4,000 tU/年である。1995年にカザフスタン北部のKokchetau地域で坑内採掘された鉱石を処理していたTselinny生産センターの操業が、外国パートナーによる操業に関する決定がなされるまで休止された。1995年には同国中南部で3ヶ所のISL施設が操業され、1996年には新たな2ヶ所のISL施設が操業を開始した。これらの新たな施設により、1997年の生産量は1,500 tUに増加する見通しである。1994年の生産量の70%はISL、残りの30%が坑内採掘によるものであった。1995年はISLによる生産量が全体の90%を占め、1996年には100%となっている。生産されたウランは国営のKATEP社により所有されている。雇用者数は1994年の8,050人から、1995年は6,850人、1996年には6,000人へと減少した。**ウズベキスタン**のウラン生産についても同様の傾向が見られる。生産量は1994年の2,015 tUから、1995年は1,644 tU、1996年には1,459 tUに減少した。この減少はISLによる生産量は一定した水準で推移しているが、在来型採鉱の縮小(坑内採掘、露天採掘鉱山の閉鎖)によるものであった。1994年にUchkuduk露天採掘鉱山とSugraly坑内採掘鉱山・ISL施設が閉鎖された。1997年の生産量はISL鉱山だけにより約2,000 tUに増大する見通しである。雇用者数は1994年には6,788人から1996年には8,200人に増加した。生産されたウランはNavoi Mining and Metallurgical Complex(NMMC)により所有されている。**インドとパキスタン**のウラン生産については詳細な情報は入手されていないが、1996年はそれぞれ250 tU、23 tUと推定された。パキスタンの生産の一部はアルカリISL技術を用いたものである。

太平洋地域の生産国は**オーストラリア**だけである。1996年の生産量は4,975 tUに34%増加した。ウランはEnergy Resources of Australia社(ERA社)のRanger露天採掘鉱山(3,509 tU)とWestern Mining社のCu-Au-Ag-U Olympic Dam 鉱山(1,466 tU)で生産された。生産量の増加は主に1996年にRanger鉱山の通年鉱石処理が再開されたためである。また、Olympic Damの生産容量の増加も寄与した。オーストラリアの生産量はRanger(Jabiluka 鉱体の処理を行う)とOlympic Damの製錬容量の拡張に伴い、今後数年内に拡大すると見られている。南オーストラリア州のBeverley ISLプロジェクトは2000年までに生産を開始することができるであろう、しかしながら、Kintyreプロジェクトの決定は延期された。ウラン生産に携わる雇用者数は1994年から1996年間に412人から464人へわずかに増加した。オーストラリアで生産されたウランの82%は国内民間企業により、14%は国外の民間企業、4%は外国政府組織により所有されている。

東アジアではモンゴルと中国にウラン鉱山が存在する。**モンゴル**は1995年までMardai 鉱床の生産を行っていた。ロシアのKrasnokamensk 製錬所で鉱石が処理されていた。1995年にロシアとの製錬協定が終了し、Mardai 鉱山の生産を中止した。**中国**の総生産量は報告されていない。同国の生産量は約500～600 tU/年と推定されている。操業している5ヶ所の製錬所の内3ヶ所で1996年に合計260 tU生産したと報告されている。

図8と表7に1996年の世界のウラン生産(23ヶ国)に関する所有権の状況を示した。1994年と比較すると、いくつかの変化が認められる。1996年は世界の生産量の約36.9%を民間企業が所有し、29.5%を国内政府組織が、19.6%を国外民間企業が、14.0%を外国政府組織が所有している。比較のために1994年は世界の生産量の36.1%を民間企業が所有し、34.9%を国内政府組織が、20.8%を国外民間企業が、8.2%を外国政府組織が所有していた。この変化は主にいくつかの国々で所有権の見直しが行われたことと、本報告書に提供された新たな情報によるものである。

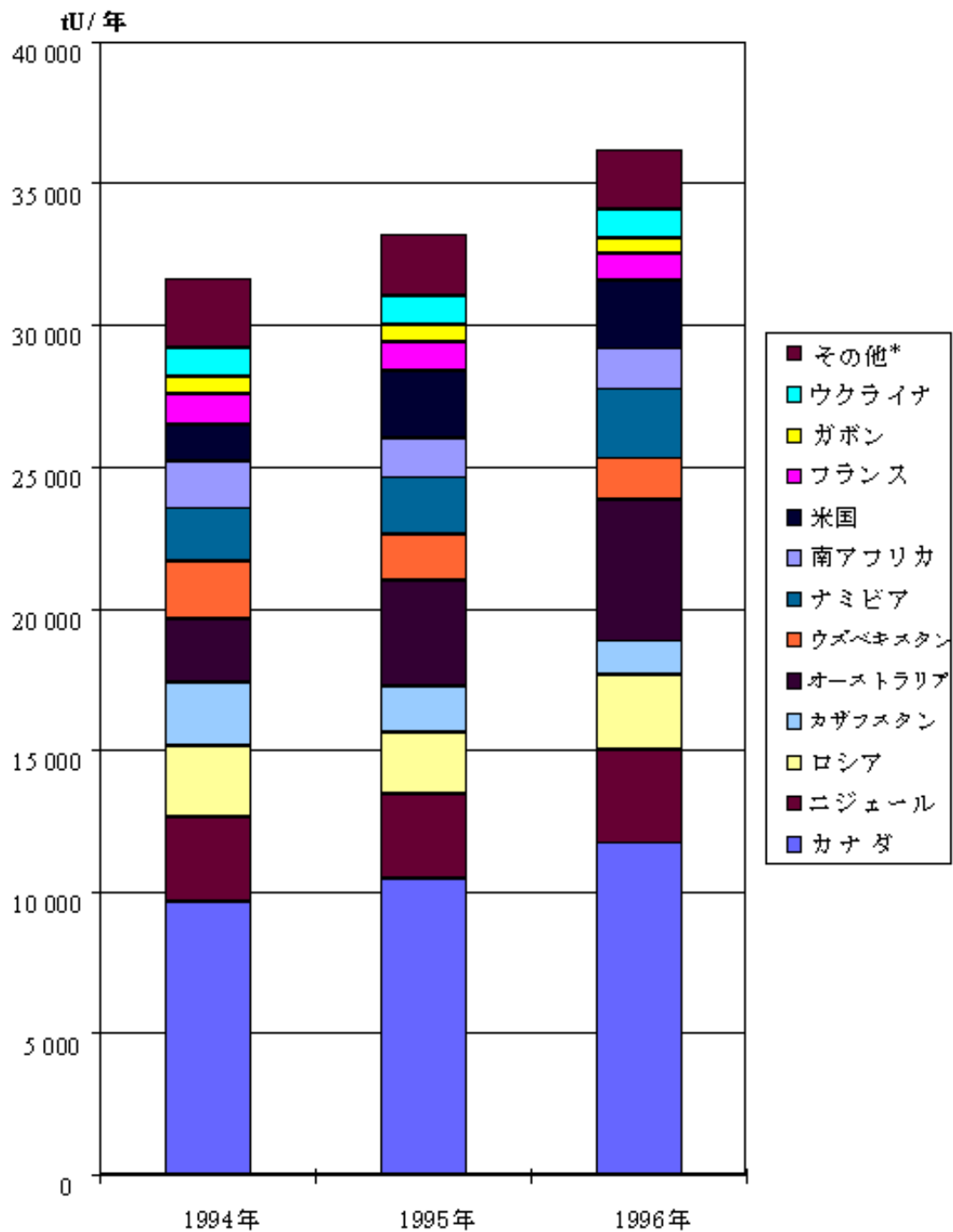


図7 近年の世界のウラン生産量

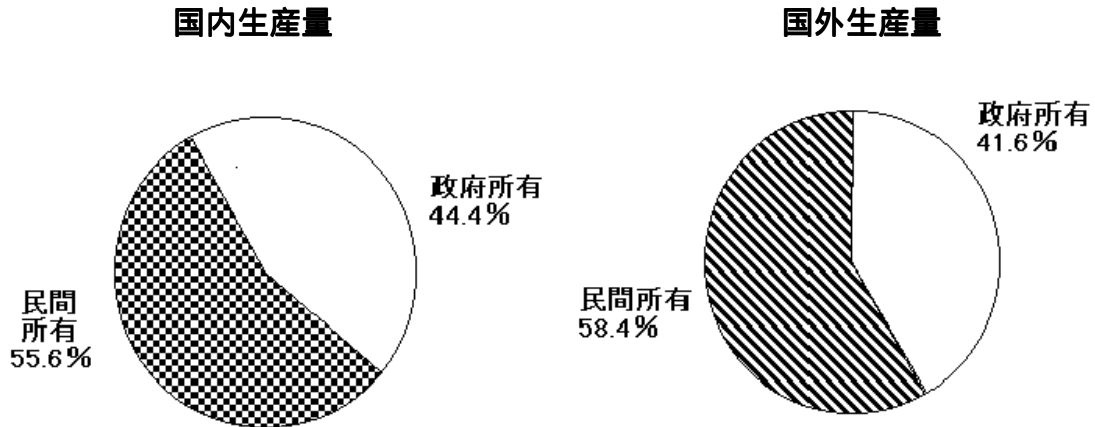


図8 生産されたウランの所有権

表8に 21ヶ国(報告しなかったインド、モンゴル、パキスタンおよび南アフリカを除く)の現存の生産センターにおける 1994 年から 1996 年の雇用水準の変化を示す。1996 年の世界のウラン生産量の 95%を占めるこれらの国々(ドイツとスロベニアを除く)の雇用者数は 1994 年から 1996 年に 59,071 人から 52,363 人へ 11%減少した。ドイツとスロベニアでの全ての活動はウラン産業の閉鎖、環境改善および原状回復に関連したものである。

表7 1996年の生産量に基づくウランの所有権

国名	国内鉱山会社				国外鉱山会社				合計
	政府所有		民間所有		政府所有		民間所有		
	tU/年	%	tU/年	%	tU/年	%	tU/年	%	
アルゼンチン	28	100	0	0	0	0	0	0	28
オーストラリア	0	0	4,094	82	183	4	698	14	4,975
ベルギー	0	0	28	100	0	0	0	0	28
カナダ	629	5	6,017	52	1,926	16	3,134	26	11,706
中国*	560	100	0	0	0	0	0	0	560
チェコ	604	100	0	0	0	0	0	0	604
フランス	830	89	100	11	0	0	0	0	930
ガボン	142	25	40	7	386	68	0	0	568
ドイツ	39	100	0	0	0	0	0	0	39
ハンガリー	0	0	200	100	0	0	0	0	200
インド*	250	100	0	0	0	0	0	0	250
カザフスタン	1,210	100	0	0	0	0	0	0	1,210
ナミビア	83	3	0	0	235	10	2,129	87	2,447
ニジェール	1,099	33	0	0	1,465	44	757	23	3,321
パキスタン	23	100	0	0	0	0	0	0	23
ポルトガル	0	0	15	100	0	0	0	0	15
ルーマニア	105	100	0	0	0	0	0	0	105
ロシア	2,605	100	0	0	0	0	0	0	2,605
南アフリカ	0	0	1,436	100	0	0	0	0	1,436
スペイン	0	0	225	100	0	0	0	0	255
ウクライナ	1,000	100	0	0	0	0	0	0	1,000
米国	0	0	1,180	48.5	865	35.6	386	15.9	2,431
ウズベキスタン	1,459	100	0	0	0	0	0	0	1,459
合計	10,666	29.5	13,365	36.9	5,060	14.0	7,104	19.6	36,195

* 事務局の推定。

表8 特定諸国における現存生産センターの雇用状況
(人・年)

国	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年 予測
アルゼンチン	340	250	220	220	180	120	100	80
オーストラリア	1,183 (a)	1,189 (a)	376 (a)	405 (a)	412	413	464	494
ベルギー	5	5	5	5	5	5	5	5
ブラジル	521	463	430	410	408	390	305	305
ブルガリア	NA	NA	13,000	8,000	NA	NA	NA	NA
カナダ (b)	2,495	2,195	1,310	1,320	1,370	1,350	1,155	1,200
中国	10,000	9,500	9,500	9,300	9,100	8,000	8,500	8,500
CSFR	12,100	9,300	6,600	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
チェコ	xxxx	xxxx	xxxx	5,900	5,400	4,500	3,600	3,000
フランス	2,276	1,773	1,368	824	496	468	441	NA
ガボン	NA	NA	207	193	263	276	259	150
ドイツ	15,710(c)	7,488 (d)	6,093 (d)	4,895 (d)	4,613(d)	4,400(d)	4,200(d)	4,000(d)
ハンガリー	4,798	2,240	1,855	1,755	1,766	1,250	1,144	1,100
インド	NA	NA	3,780	3,898	NA	NA	NA	NA
カザフスタン	xxxx	xxxx	11,800	10,550	8,050	6,850	6,000	5,350
ナミビア	NA	NA	1,266	1,240	1,246	1,246	1,189	1,300
ニジェール	3,173	2,562	2,340	2,118	2,104	2,109	2,077	2,001
ポルトガル	231	217	94	52	46	52	56	NA
ルーマニア	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	6,500	6,000	5,000	4,550
ロシア	xxxx	xxxx	xxxx	15,900	14,400	14,000	13,000	NA
スロベニア (d)	xxxx	200	150	145	145	140	115	105
スペイン	309	240	232	186	185	183	178	176
米国	1,335	1,016	682	380	452 (e)	535 (e)	689 (e)	NA
ウズベキスタン	NA	NA	NA	NA	6,688	7,378	8,201	8,200
ユーゴスラビア	440	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
合計	****	****	****	****	63,829	59,665	56,678	****

NA データ未入手

xxxx 国家として存在しないか、政治的に再定義されている国。

**** 情報が不十分であるため、見積りが行なわれていない。

- (a) Olympic Damの数字では銅、ウラン、銀および金の内訳が示されていない。したがってこれらの数字はウラン関連活動に関する推定値である。
- (b) 当該年末のデータ。鉱山サイトの雇用人員のみ。
- (c) このデータには旧東ドイツが含まれる。
- (d) デコミッションングと復旧に関連する雇用人員。
- (e) 探鉱、採鉱、製錬および処理加工に関連する環境改善作業の雇用人員(1993年には491人/年、1994年には528人/年、1995年には573人/年、1996年には429人/年)を含まない。

将来の生産可能性

1997年の世界のウラン生産量は増加すると予測されている。公表されている1997年計画と報告しなかった国々(増産が予測されるオーストラリア、カナダおよび米国を含む)の推定値を考慮し、世界のウラン生産量は38,000~39,000 tUの範囲、またはそれ以上に増加する可能性がある。この見通しはOECD諸国の生産量は1993年以降の傾向を継続して再度増加することを示している。OECD諸国以外の国々の生産

量は安定して推移するものと予測される。

本節で検討する生産能力に関する予測は公式に報告された計画中と予測プロジェクトに基づくものである。したがって計画の初期段階にあるもの、あるいは公式に報告されていない計画が含まれていない可能性がある。**北米**は将来の生産量がほぼ確実に増加する地域である。**カナダ**ではいくつかの新規鉱山プロジェクトの環境評価・審査プロセスが実施されており、その大部分に承認が与えられることになろう。これらのプロジェクト、即ち、Cluff Lake Dominique-Janine の延長、Eagle Point/Collins Bay A + D の拡張、鉱石を Key Lake プラントで処理する McArthur River プロジェクトは現存の生産センターの寿命を延ばすであろう。McClean Lake 生産センターは 1997 年半ばに生産を開始する予定であったが、1998 年に延期された。承認が得られれば、2000 年以降に Cigar Lake と Midwest プロジェクトの鉱石が McClean Lake で処理されることになっている。比較的初期段階にある北西準州の Kiggavik プロジェクトでは企業化調査が実施中であり、2005 年以前の生産開始はほとんどないと考えられている。新規プロジェクトが計画通りに生産を開始した場合、カナダの年間ウラン生産容量は 15,000 tU に達するであろう。**米国**の年間ウラン生産量は計画中の新規 ISL プロジェクトが軌道に乗るか、あるいは現存の ISL 鉱山の生産量が拡大した場合は約 1,500 tU から 1,600 tU 程度拡大できる可能性がある。

中南米では**ブラジル**が 1998 年に生産開始の予定の Lagoa Real プロジェクトにより生産を再開するまで、約 50 tU/年というきわめて低水準の生産が継続するものと見込まれている。

西欧では近い将来に新規の生産プロジェクトは計画されていない。フランスの Lodève 生産センターの閉鎖に伴い、現在の約 1,200 tU/年という生産水準はおそらく今後わずかに低下するであろう。**ドイツ**で復元作業に伴って回収されるウランの量は 1996 年と同程度と考えられる。**スペイン**と**ポルトガル**の生産量も最近の実績と同水準で推移するものと考えられる。

中欧および**東欧**の今後の生産量は主にロシアの計画によって拡大すると見込まれている。**チェコ**は現行水準 600 tU を維持するための計画を明らかにしている。**ハンガリー**の鉱山生産は 1997 年に停止する計画で、Mecsek 坑内採掘鉱山は閉鎖される。**ルーマニア**は国内需要に対応するために生産量を約 170 tU/年に拡大するのではないかと見られている。**ロシア**は短期的に生産量の拡大を計画している。長期的には 2010 年までにさらに 6,000 tU/年の生産能力を追加するために 3ヶ所の大規模 ISL 施設の新たな開発を計画している。**ウクライナ**は 1,000 tU/年と見積られる現行生産水準を、製錬容量を拡充するまでは維持するものと見込まれている。

アフリカでは、**ナミビア**が市場条件に対応して生産量を拡大することができるであろう。4,000 tU/年のフル生産を短期間に実現することができるであろう。**南アフリカ**のウランは金(そして銅)の副産物として生産されていることから、ウランと金の両方で有利な市場条件が整う場合を除いて、ウラン生産量の大幅な増加はほとんどないものと考えられる。ニジェールでは新規プロジェクトは計画されていない。しかし、同国は 2015 年まで現在の生産水準を維持するだけの資源を有している。**ガボン**では新たな鉱山が生産を開始しない限り、1999 年に全ての生産が停止する見通しである。

中東、中央アジアおよび**南アジア**では、**インド**と**パキスタン**が国内需要に応じた水準での生産を維持すると見込まれている。インドの生産容量は 230 tU/年である。近年減産が続いている**カザフスタン**と**ウズベキスタン**は 1997 年の生産量をそれぞれ 1,500 tU および 2,050 tU に増加する計画である。両国は市場条件の改善が予測されることを受けて、将来さらに生産量を増加する計画である。

太平洋地域では、**オーストラリア**の生産量が約 5,000 tU/年に増加し、近い将来にさらに拡大するであろう。ERA 社は Ranger 製錬所の処理容量を 5,100 tU/年に拡張する承認を政府から受けている。同社は Ranger-3 鉱体の採掘を行う許可も得ており、そして近傍の Jabiluka 鉱床の開発提案を行っている。Olympic Dam の生産容量を 2001 年に 3,900 tU/年に拡張する計画が進捗しており、1999 年に完了する見通しである。オーストラリアの「三鉱山政策」が 1996 年 3 月に廃止されたことで、新規生産センターの開発が可能になった。Canning Resources 社は西オーストラリア州に位置する Kintyre 鉱床の開発決定を延期した。米国の民間企業である Heathgate 社が南オーストラリア州の Beverley 鉱床のインシチュリーチング法による開

発可能性の調査を行っている。COGEMA社は1996年にKoongarra 鉱床の新たな企業化調査を開始した。

東アジアでは、中国が既存の輸出契約と国内消費量を賄うための生産を継続することを示唆している。

生産技術

ウランは在来採鉱法および鉱石処理(製錬)と非在来法の両方の生産技術を用いて生産されている。非在来法技術としてインシチュリーチング(ISL)技術、磷酸塩の副産物としての回収、ヒープリーチングが挙げられる(本報告書では金と銅の生産に伴うウランの回収は在来法に含めた)。

在来採鉱法は露天採掘と坑内採掘による回収が含まれる。ISL 法はウランを抽出するために酸、またはアルカリ溶液を使用する。これらの溶液は地表から鉱帯に掘削された井戸を用いて注入され、そして回収される。ISL 技術は適切な砂岩型鉱床からウランを抽出するためだけに用いられている。本報告書の「その他」の技術は磷酸塩の副産物としての生産、ヒープリーチング、インプレース(インストープ)リーチングを含んでいる。インプレースリーチングには破碎された鉱石を坑内にとどめたままでリーチングする方法が含まれている。ヒープリーチングは在来型鉱山で採掘された鉱石が地表のリーチング施設に運搬された後に実施されるものである。

1994年から1996年までの4つの採鉱法による生産状況を表9に示す。

表9 採鉱法別に見た世界のウラン生産の内訳

採鉱法	1994年	1995年	1996年
露天採掘	38%	37%	39%
坑内採掘	41%	43%	40%
ISL	14%	14%	13%
その他*	7%	6%	8%

* (磷酸副産物、ヒープリーチング、インプレースリーチングおよび坑内水からの回収)

この表が示すように、在来型採鉱法と製錬が依然として主要なウラン生産技術である。在来採鉱法は1994年から1996年までのウラン生産のほぼ80%を占めた。坑内採掘が引続き露天採掘を若干上回っている。ISL 技術による生産比率は世界の総生産量の約14%で、ほぼ一定に推移している。その他の方法(磷酸副産物、ヒープリーチング、インプレースリーチング)は全体の約6~8%を占めている。

世界的に見た場合、磷酸塩の副産物としてのウラン生産はあまり重要ではない。1997年1月1日現在、3ヶ所の磷酸塩副産物施設(合計生産能力は約495 tU/年)が操業されている。これらは米国の2施設とベルギーの1施設で、年産能力はそれぞれ450 tUと45 tUである。この約495 tU/年という生産能力は1996年生産量の約1.4%に相当する。「その他」に分類される生産量の残りの大部分はヒープリーチングとインプレースリーチングによるものであった。

1994年から1996年の生産方法の変化は互いに相殺する傾向がある。例えば、ISL 技術による生産はCISと東欧で減少したのに対し、米国では拡大している。米国でのISL 生産技術による推定生産量は、1994年は約900 tUで、同年の世界のISL 生産量の約20%であったが、1996年は85%増の約1,675 tU(推定)に増加した。1996年の米国のISL 生産量は世界のISL 生産量の35%を占めたものと推定される。米国の生産者はアルカリ・リーチング法しか用いていないため、アルカリ溶液を用いたウラン生産量の相対的な比率は著しく高まっており、酸溶液を用いたウラン生産量は低下している。

在来採鉱法の利用が拡大し、特に坑内採掘が重要な役割を果たすであろうと予測される。既存のプロジェクトは生産容量に近い水準で操業するか、または拡張されるものと予測されている。ISL 技術は計画中の新規プロジェクトが生産を開始するならば、相対的な比率を保つことができよう。

近年は低い価格水準が一般的であることから、ほとんどの場合は、競争力のある生産コストを実現できる鉱床だけが操業されているか、将来の生産のために開発されることになる。主に不整合関連型高品位鉱床と ISL 技術が適用可能な砂岩型鉱床を対象とする新規プロジェクトで低コストのウラン生産が期待される。オーストラリアとカナダだけに不整合関連型既知資源が分布している。カナダでは本タイプ鉱床の開発を目的とした6件のプロジェクトが計画、環境審査および開発プロセスの様々な段階中か、生産中である。

カナダの新規プロジェクト6件中5件(Cigar Lake, Eagle Point-Collins Bay, McArthur River, Midwest および McClean Lake)では鉱石の生産に坑内採掘法が適用されているか、適用されることになっている。カナダでは Cluff Lake を除き、これらは坑内採掘法を用いて不整合関連型高品位鉱床を採掘する最初の鉱山である。

オーストラリアでは 1996 年 3 月の政府の政策変更を受け、今後数年間に新規ウランプロジェクトの開発が実現すると見られている。近い将来に3件の不整合関連型鉱床が開発される可能性がある。Jabiluka は唯一の坑内採掘鉱山である。他の2つは(Ranger-3 と Kintyre)は露天採掘鉱山である。また、南オーストラリア州の Beverley 鉱床は酸性溶液を用いた ISL 技術により生産されるであろうと報告されている。これは西側で初めての商業規模の酸浸出による ISL ウランプロジェクトとなろう。

ISL 技術は中国、チェコ、カザフスタン、米国およびウズベキスタンで適用されている。パキスタンとポルトガルもまた小規模な ISL プロジェクトを操業している。新規 ISL プロジェクトがオーストラリア、モンゴルおよびロシアで計画されている他、カザフスタン、米国およびウズベキスタンで ISL 生産の拡張が計画されている。ブルガリアは ISL 鉱山を 1994 年に閉鎖した。

現在、磷酸塩の副産物としてのウラン生産を拡大する計画は知られていない。ヒープリーチングによるウランの回収は中国、ポルトガル、ロシアおよびスペインで行われている。インストープ(インプレース)リーチングは中国とロシアで行われている。「その他」の採掘法による生産量はこの種の新規の大型プロジェクトが報告されていないことから、在来法や ISL 法と同じ速さでは伸びないと見られている。

生産能力の予測

将来のウラン利用可能量の見通しを明らかにする一助として、加盟国に対して、2015 年までの生産能力の予測を提供するよう要請した。最初の予測は「現存」と「決定済み」生産センターに基づくもので、第二の予測は「計画中」と「予測」生産センターを含むものとした。いくつかの国々(ブラジル、ガボン、カザフスタン、モンゴル、ニジェール、南アフリカおよびウズベキスタン)が、\$40/kgU 以下の RAR と EAR-I に基づく生産能力を報告したが、その他の国々はこのコスト区分の生産能力を報告しなかった。従って、本報告書のこの2つの予測は生産センターに属する\$80/kgU 以下のコストで回収可能な RAR と EAR-I 資源を使用して作成された。

合計 18 ヶ国が\$80/kgU 以下のコストで回収可能な資源からの予測生産能力を報告した。予測生産能力を報告しなかったウラン生産国は中国、インド、パキスタン、ルーマニアおよびウクライナである。これらの国々は国内での原子炉必要量を供給する意図を明らかにしている。今回の予測ではこれらの国々は表 12 の原子炉必要量の低ケース予測に対応する生産能力を備えているものとした。しかし、これらの国々の全てが 2015 年までの原子炉必要量を満たせる RAR と EAR-I 資源を有している保証はない。

表 10 に全てのウラン生産国の 2015 年までの「現存」と「決定済み」生産センターに関する予測(A欄)と、「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」生産センターに関する予測(B欄)を示した。

特定諸国が報告した 1997 年の「現存」と「決定済み」センターの生産能力は約 42,900 tU/年である。比較のために、1996 年の特定諸国のウラン生産量は 36,195 tU で、これは生産容量の約 84%に相当する。

表 10 2015 年までの世界のウラン生産能力
(tU/年 \$80/kgU以下で回収可能な資源)

国名	1997 年		1998 年		2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II
アルゼンチン	120	120	120	120	120	120	NA	NA	NA	NA	NA	NA
オーストラリア	5,000	5,000	5,500	5,500	8,100	10,800	8,100	10,800	8,100	10,800	8,100	10,800
ベルギー(a)(b)	45	45	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ブラジル (c)	0	0	0	300	500	500	0	1,360	0	1,360	0	1,360
カナダ	12,950	12,950	14,250	16,250	8,500	17,900	0	13,500	0	13,500	0	11,200
中国 (b)(f)	740	740	740	840	740	1,040	740	1,040	740	2,400	740	3,200
チェコ	680	680	680	680	680	680	110	110	60	60	50	50
フランス	760	760	500	500	0	0	0	0	0	0	0	0
ガボン (c)	587	587	540	540	540	540	0	0	0	0	0	0
ハンガリー	0	200	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
インド (a)(b)(f)	220	220	220	220	220	246	220	286	220	391	220	508
カザフスタン (c)	1,500	1,500	1,600	1,600	2,000	2,000	2,800	3,000	3,800	4,000	4,800	5,000
モンゴル (c)	150	150	150	250	150	500	150	1,100	150(b)	1,100(b)	150(b)	1,100(b)
ナミビア	3,000	3,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000(b)	4,000(b)
ニジェール (c)	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800
パキスタン (b)(f)	30	30	30	30	30	65	30	65	30	65	30	50
ポルトガル	50	50	50	200	50	200	50	200	50	200	50(b)	200(b)
ルーマニア (a)(b)(f)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	400	300	500
ロシア (h)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	6,000	3,500	10,000	3,500	10,000
南アフリカ (c)(d)(g)	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
スペイン	255	255	255	255	255	255	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ウクライナ(b)(f)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	2,790	1,000	2,790
米国	4,230	4,230	4,932	5,220	5,816	7,489	3,662	8,835	2,354	6,335	462	1,231
ウズベキスタン (c)	2,050	2,050	2,500	2,500	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
ジンバブエ (e)	0	0	0	0	0	0	0	350	0	50	0	0
合計	42,867	43,067	45,567	48,535	45,201	59,835	33,362	61,646	33,004	66,151	32,102	60,689

A-II 回収可能RARとEAR-I資源に支えられる現存および決定済み生産センターの生産能力。

B-II 回収可能RARとEAR-IIに支えられる現存、決定済み、計画中、予測生産センターの生産能力。

NA データ入手不能

(a) 回収コストが\$130/kgUまでの資源。

(b) 事務局の見積り。

(c) 回収コストが\$40/kgUまでの資源。

(d) OECD/NEA-IAEA, "Uranium 1993-Resources, Production and Demand", OECD, Paris, 1994

(e) OECD/NEA-IAEA, "Uranium 1991-Resources, Production and Demand", OECD, Paris, 1992

(f) 中国、インド、パキスタン、ルーマニアおよびウクライナに関する予測は、各国が国内ウラン必要量を満たすために提示した計画に基づくものである。中国の場合、既存の輸出契約も考慮されている。

(g) 南アフリカはウラン市況が好転しなければ同国のウラン生産量が2000年頃に1,000tU/年に落ち込む可能性があるとして報告している。

(h) ロシアが報告している現在のウラン生産能力は3,500tUで、2010年までに10,000tUへ拡張される計画がある。その他の年に関する数字は事務局の推定。

生産能力は 1998 年までに約 45,600 tU/年に増大する。「計画中」と「予測」生産センターによりさらに 3,000 tU(7%)が追加され、総生産容量は合計で約 48,500 tU となる。2000 年までに「現存」と「決定済み」生産センターの生産量はわずかに減少して 45,200 tU/年になるものと予測される。この生産容量の約 37%、16,600 tU がカナダ(19%)とオーストラリア(18%)の2ヶ国に位置する。全体の 53%がカザフスタン、ナミビア、ニジェール、ロシア、南アフリカ、米国およびウズベキスタンに位置する。「計画中」と「予測」生産センターにより約 14,600 tU の追加が期待され、合計は約 59,800 tU となる。

資源の枯渇に伴う既存鉱山の閉鎖により、「現存」と「決定済み」生産センターの生産能力は 2005 年までに急速に 33,400 tU まで縮小する(26%減少)。その後、「現存」と「決定済み」生産センターの生産能力は 2015 年の約 32,100 tU にむけ緩やかに減少する。

ウラン生産産業は 1997 年から 2005 年にかけて著しい変化を経験することになる。1996 年の「現存」と「決定済み」センターの生産能力は施設稼働率 85%で 42,500 tU であり、1996 年の必要量の約 70%に相当した。この生産能力は 2000 年まで予測される必要量の 70%程度で推移するであろう。2000 年以降に予測される施設の閉鎖に伴い、「現存」と「予測」センターの生産能力は 2005 年までに予測必要量の 50%未満となる。さらに、2015 年まで「現存」と「決定済み」センターの生産能力が減少し続けることから、2015 年にはウラン必要量の 40~50%程度しか満たせないことになる。

「計画中」と「予測」生産センターは 2005 年までに約 28,300 tU の生産能力を追加するものと予測される。これらの生産センターが操業を開始すれば、総生産能力は 61,600 tU/年となり、2005 年の年間必要量の 90%に相当する。2010 年には「計画中」と「予測」生産センターは約 33,100 tU に増加するものと予測される。従って、「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」センターの生産能力は全体で約 66,200 tU で、必要量の約 86~93%に相当するであろう。

その後、「計画中」と「予測」生産能力は 2015 年までに約 28,600 tU に減少するであろう。2015 年の「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」センターの合計生産能力は約 60,700 tU で、予測される必要量の 73~97%に相当するであろう。

本報告書で記述した総生産能力(計画中と予測を含む)は予測必要量を 2000 年時点で約 5,000 tU、2005 年時点で 5,000~8,000 tU、2010 年時点で 5,000~11,000 tU、2015 年時点で 2,000~22,000 tU 満たすことはできない。これらの予測が示す不足分を充当するためには別の供給源が必要である。多量の物質が燃料の再処理、余剰在庫の取崩し、核弾頭からの高濃縮ウラン(HEU)を混合希釈して得られる低濃縮ウラン(LEU)、政府在庫などの代替供給源からもたらされるものと考えられる。HEU 核兵器物質からの LEU が第2の供給源になる見通しである。しかし、長期的には、新たなウラン鉱山と製錬所の開発が最も重要な役割を果たすことになるであろう。

D. 放射線安全と環境問題

ウラン鉱山と生産に係わる放射線安全と環境問題の項目は、関心が高まっている環境保護問題に関連する情報を読者に提供する目的で導入され、今回が2回目になる。この項目ではウラン鉱山会社による環境保護に関連した活動水準が拡大していることを示す。また、現存のウラン生産施設、将来の生産能力、新規生産施設のスケジュールと設計に関する放射線安全や環境保護面での潜在的な影響についても考察する。この問題の重要性は2つの展開、①最近操業を停止した生産施設数の増加、②環境認可を得るための要件の強化、により高まっている。さらに、適切なデコミッションングと修復に関する法規定が十分ではなかった時期に放棄された生産サイトに関する環境問題を考慮する必要がある。これらの施設の多くはいかなる安全、リストラクションおよびリクレーション措置を考慮しないで放棄されたものである。以下はウラン鉱山と生産に関連する過去と現在の主要な環境問題の概要である。1998年にOECD/NEAとIAEAは両機関加盟国が提供した詳細な情報に基づいたウラン鉱山と製錬に伴う環境問題に関するより包括的な報告書を発行することになっている。

北米:カナダではサスカチワン州の6件の新規ウラン鉱山プロジェクトが連邦環境評価・審査プロセスガイドラインに従って独立したパネルによる審査を受けたか、現在審査を受けている。1995年に、Cigar LakeおよびMcArthurプロジェクト環境影響報告書(EIS)と、Midwestジョイントベンチャー・プロジェクト改定環境影響報告書が審査を受けるために提出された。Cigar LakeとMcArthur Riverに関する公聴会が1996年9月に開始された。1996年8月にMcClellan LakeのオペレータであるCogema Resources社が連邦と州の環境評価合同パネルにJEBピットに関する鉱滓処分計画の変更を連絡した。同ピットはCigar LakeとMidwestプロジェクトからの鉱滓も受け入れることになろう。パネルはこれらプロジェクトの鉱滓を貯蔵するために用いられる技術的な手段についてさらに多くの情報が必要であるとの判断を下した。その後、パネルは政府に勧告を提出するために必要な補足的な公聴会の期間中にこの追加情報の検討を行った。McArthur Riverプロジェクトの審査は1996年末に完了し、パネルは1997年2月末に政府に報告を提出した。パネルは多くの条件を付けてプロジェクトを進めることを許可するよう勧告しており、1997年5月に連邦および州政府は許認可承認を条件としてプロジェクトを許可することで合意した。Elliot Lakeウラン鉱滓のデコミッションングについて、環境評価パネルは1996年6月にRio Algom社とDenison社の提案に沿った勧告を環境大臣に提出した。連邦政府は1997年4月に同パネルの勧告の大部分を承認した。

米国では、商業操業の許可を受けた26ヶ所の在来型製錬所の内、1ヶ所だけが1995年に操業した。5ヶ所が待機中であり、残りはデコミッションング中で、その進捗状況は様々である。1992年の法律に従って、エネルギー省(DOE)は活動中の許可されたウランおよびトリウム処理サイトの事業者に対し、米国政府へのウランおよびトリウム精製販売に伴って発生した副産物(製錬鉱滓)に関する補償責任を有する。DOEは連邦に関連する鉱滓1ショートトン(乾燥重量)当たり最大5.50米ドルを支払うことになっている。以前は払戻額の総額が2億7,000万米ドルに制限されていたが、1996年に3億5,000万米ドルに引き上げられ、また単一許可当りの最高補償額は4,000万米ドルから6,500万米ドルに引き上げられた。『米国ウラン生産施設のデコミッションング』(DOE-ERA-0592、1995年2月)は米国の在来型サイト25ヶ所と、非在来型サイト17ヶ所を調査している。製錬所のデコミッションングに要する費用は平均1,410万米ドルで、その半分以上が鉱滓のリクレーションに費やされている。非在来型施設の平均費用は700万米ドルで、その約40%が地下水のリストラクションに充てられる。ウラン生産コストに影響を与えるこれらの費用は一般に操業期間全体にわたって償却され、精製の販売価格に上乗せされる。

中南米:アルゼンチンではMalargüe製錬所のデコミッションングが開始された。CNEAは同サイトのリストラクションを開始するために1,200万米ドルを費やす計画である。現在の活動と調査の焦点をLos Gigantes採鉱センター地域にあてている。**ブラジル**では閉鎖したPoços de Caldas鉱山と製錬施設が国営鉱山会社によってモニタリング・管理されている。当該コンプレックスから半径20km以内で必要とされる全てのデータが定期的に収集されている。鉱山のデコミッションングは1998年に開始される予定である。

西欧およびスカンジナビア:フィンランドでは1962年に閉鎖された小規模なPaukkajavaaraウラン鉱山が

1974年からモニタリングされていたが、1993年に最終的に土壌で覆われた。フランスでは潜在的な危険性のある放射性物質を含む全ての採掘された物質は既存の法律によって厳しく規制されており、この法律はここ数年でさらに厳格なものとなった。規制は潜在的な有害物質の放出が最小限に減少され、基準が遵守されるように、閉鎖された鉱山、製錬施設と同様に捨石堆積場や鉱滓施設のデコミッションングとリハビリテーションを要求している。Vendée 鉱山サイトのデコミッションングとリハビリテーションは終了し、モニタリングが行われている。Bessines 鉱山サイトのデコミッションングが行われている。ドイツでは1990年にウランの商業生産が停止してから、鉱山、製錬所および隣接施設の大がかりなデコミッションング計画が実施されてきた。露天採掘と坑内採掘により作られた巨大な空間と、大量の捨石や鉱滓に対して、政府の大規模な財政投資が求められる。毎年7億〜8億独マルクが費やされている。総支出額は130億独マルクと予測され、15年にわたるデコミッションングと全体的なリハビリテーションに供給されるであろう。スペインではバダホス州のLa Haba生産センターのデコミッションングが1997年に完了した。スペイン原子力安全委員会がオペレータに課した基準の履行を検証するための5年間の監視計画が設定されている。サラマンカ州のFe 鉱山地域では、古くなったElafante製錬所とヒープリーチング施設のデコミッションング・プロジェクトが計画され、スペイン原子力安全評議会の承認を待っている段階である。アンダルシアとカスティリヤ地方、特にエストレマドゥーラ自治区の22ヶ所の過去のウラン鉱山のリストレーション計画が提示されている。エストレマドゥーラ自治政府は1997年3月にこのプロジェクトを承認し、同地方での作業が進められている。スウェーデンのRanstad 鉱山では、1990年代初めに、その時点で最新の技術を用いて復元された。露天採掘された部分は湖にされ、鉱滓区域は酸性水の発生を防止するために多層保護カバーによって覆われた。この区域は継続的にモニタリングされている。ポルトガルではENUがUrgeiriça、Castelejo およびCunha Baixaのデコミッションング中の鉱山の分析を進める目的で、大気、鉱山放流水(坑内と地表排水)などの複数の環境パラメータをモニタリングすると共に、土壌、堆積物、植生に関するデータサンプルを採取している。

中欧および東欧: チェコでは放棄されたウラン生産施設の環境負担の調査が行われている。この中には1940年代と1950年代に採掘が行われたJachymovとHorní Slavkovが含まれる。操業中の鉱山サイトと最近閉鎖された施設に対してDIAMOによる大がかりな環境保護プログラムが実施されている。このプログラムは、土壌汚染の影響評価と共に、大気圏や水圏への放出物のモニタリングを含んでいる。主な活動はウラン鉱山活動による景観の変化に関連するものであり、坑内採掘鉱山や露天採掘場の埋戻し、捨石置場のリクラメーションと再植栽、鉱滓貯留場の修復、さらに主としてStraz インシチュリーチング施設と関連するCenomanianとTuronian帯水層の修復が挙げられる。この活動は1996年10月に開始された。放出された坑内水のモニタリングと管理は過去の鉱山サイトの大部分で実施されている。ハンガリーでは1996年にMECSEKURAN社がMecsek地域でウラン産業のデコミッションング計画を準備した。これはウラン鉱山と製錬所の閉鎖と、当該地域のリストレーションとリハビリテーションのために実施される環境面での措置方法とスケジュールを含んでいる。スロベニアではZirovski vrh生産施設の閉鎖の後、環境保護措置が講じられている。これは鉱山のジオメカニカルな安定に対する活動、地表と地下水の保護、製錬所の修復とその他の設備に対する措置、捨石堆積場と鉱滓沈澱池のリハビリテーション、放射能汚染(ラドン放出等)に対する環境保護を含んでいる。ウクライナではこれまでウラン生産施設のデコミッションングは行われていない。しかしながら、ウクライナ政府はこの種の施設に対する放射線防護を目的とした国家プログラムを実行している。このプログラムは同国のウラン鉱山と製錬に伴う全ての環境問題をカバーしている。鉱山周辺に貯蔵されている捨石と低品位鉱石の潜在的な危険性が、鉱滓を管理する必要性と共に、認識されている。

アフリカ: ガボンでは、Mounana近くにある採鉱活動が終了した鉱山サイトのリストレーションと長期的な鉱滓の管理を目的とした調査が実施されている。ナミビアでは採鉱許可申請時に環境評価調査を実施することが要求されている。採鉱に伴ういかなる環境への被害も防止されなければならない。鉱山会社は採掘後に土地をリハビリテーションする義務を有する。Rössingウラン鉱山はウラン採鉱に関する現行の国際基準を適用している。現在、サイト固有のリスク・ベースの環境目標としきい値を設定するための審査が実施されている。ナミブ砂漠に位置するRössing 鉱山の主な環境問題は水の管理である。同鉱山が用いている方法は水の消費量を低減し、地下水汚染を最小限にすることを目的としたものである。新しい鉱滓堆積方法で蒸発による水の損失を低減した。酸性の鉱山排水は中和処理によって低減されている。放射線被曝の低減を

目的として国際放射線防護委員会が1990年に出したPublication 60(ICRP 60)の勧告と、「合理的に達成可能な限り低く」というALARA原則が適用されている。**南アフリカ**では原子力安全委員会がウラン生産に関連する環境規制に責任を有する規制機関である。Witwatersrandにおける金/ウラン採鉱に関する問題には粉塵汚染、地表および地下水汚染、残留放射能が含まれる。厳格な環境法は以前鉱山であった土地やウラン・プラント地域を再利用する際には、調査し浄化することを求めている。

中東、中央アジアおよび南アジア:カザフスタンのロールフロント型ウラン鉱床は放射能に汚染された延長150km、幅15~20kmに及ぶ複数の帯水層を伴っている。これらの地域は供水源から除外されなければならない。過去40年間のウラン生産によって約2億トンの低レベル捨石と製錬鉱滓が生じた。環境に対する潜在的な脅威が認識されており、環境復元のための計画を立案中である。管轄当局が存在しないために、リクレーションが実施されないまま放棄されたサイトの放射性廃棄物による潜在的な問題が生じている。**ウズベキスタン**では帯水層内にロールフロント型ウラン鉱床が分布することから、採鉱活動が実施されていない地域においても地下水中のウランとその他の金属含有量は極めて高い。ウランの生産に伴う地表での主な問題は放射性粉塵とラドンの環境への拡散である。これらの問題を回避し、廃棄物を隔離し、廃水を処理するための措置が講じられている。

太平洋地域:オーストラリアでは連邦政府が北部準州のRanger 鉱山と閉山したNabarlek 鉱山が位置するAlligator Rivers 地域(ARR)での鉱山活動の規制と、環境プログラムの監視を担当している。Nabarlek 鉱山は1988年に操業を停止し、1995年にリハビリテーションが終了した。同サイトは環境モニタリング中である。ARRのウラン鉱山を監視している「監督科学者事務局」(OSS)は、これまでARRにおいて常に高水準の環境保護が達成されてきたことを確認し、ウラン鉱山が周辺環境に無視できる影響しか与えていないことを認めている。Jabiluka 鉱床開発に関するERA社の申請については、最終的な環境影響報告書(EIS)が1997年5月に提出された。1996年にOlympic Dam 鉱山のオペレータであるWestern Mining社は同鉱山の銅の生産量を150,000トンCu/年から200,000トンCu/年に、ウランを3,700トン U_3O_8 (3,140 tU)/年から4,600トン U_3O_8 (3,900 tU)/年へ拡張する申請を提出した。申請された拡張に関する環境評価が、連邦政府と南オーストラリア州政府により実施されており、1997年5月にWMC社が公衆のコメントを求めるためにEISを公表した。さらに、南オーストラリア州のBeverley、西オーストラリア州のKintyre 新規ウラン鉱山開発申請が、連邦と州のEISプロセスを受けるために提出されるであろう。

東アジア:中国は1986年から6ヶ所の鉱山と3ヶ所の製錬所のデコミッショニングを行っている。主に捨石と鉱滓を処理するための、これらのデコミッショニングの大部分はまだ実施中である。1993年に中国政府はウラン鉱山と製錬施設の環境管理とデコミッショニングに関する技術規則を出版した。

参考文献

1. Chen, Zhaobao, 『中国におけるウラン資源開発の現状と将来の展望』。この文献は動力炉・核燃料開発事業団と日本原子力産業会議が共催したウラン資源開発フォーラムに提出されたものである(1997年3月10日、東京、日本)。

第 章 ウラン需要⁽¹⁾

本章では世界の原子力発電容量と商業原子炉関連ウラン必要量の現状と予測される成長に関して総括する。ウランの需給関係を解析すると共に、世界のウラン市場の重要な展開について述べる。特に、ウラン供給市場に著しい影響を与える2つの問題に注意を払った。これらの問題とは米国とロシアによる余剰国防物質の処理と、米国および欧州連合におけるNIS産ウランの販売制限である。本章の最後に、最近の展開が長期的な展望に与える可能性のある影響について考察する。

A. 現在の原子力発電容量計画と商業炉関連ウラン必要量

全世界(353GWe、定格): 世界の原子力発電量は過去 10 年間にほぼ倍増し、累積原子力発電量は 29,600 TWh を超えている。現在、原子力発電は世界の総エネルギー消費量の約6%を、また世界の電力の約 17%を供給している。1997 年初めには世界で 442 基の原子炉が運転され、353 GWe(定格ギガワット電力)の総発電容量が電力網に併入されている(表 11、図9および図 10 参照)。現在、合計 36 基の原子炉が建設中であり、その合計出力は約 28 GWe である。しかしながら、近年の原子力発電の成長は著しく鈍化している。前回のレッド・ブックの調査が実施された2年前から新たに設置された容量はわずかに約 13 GWe である。設備容量の中で群を抜いて大きな割合を保っているのは加圧水型炉(PWR)であり、現在運転中の PWR の数はその次に多い沸騰水型炉(BWR)の2倍以上である。

1995 年に4基の新規原子炉(合計容量は 3.3GWe)が電力網に併入されたが、新たに建設を開始した原子炉はなかった。同年にルーマニアで3基の原子炉の建設が無期限に延期された。1996 年には5基の新規原子炉(合計発電容量は 5.7 GWe)がフランス、日本、ルーマニアと米国で電力網に併入され、3基の原子炉(合計容量は 2 GWe)の建設が中国と日本で開始された。同年にウクライナで1基の原子炉の建設を中断した。1997 年には5基の原子炉(5.82 GWe^{訳注})が電力供給網に併入される予定である。

1996 年の世界の年間ウラン必要量は約 60,488tU(天然ウラン相当量)と推定された(表 12 および図 11 を参照)。1997 年には約 3,300 tU の増加が見込まれている。

世界の原子力発電容量とウラン必要量は毎年着実に増加し続けているが、その成長率は地域によって著しく異なっている。

OECD(1997 年 1 月 1 日現在、297.5 GWe): OECD に加盟している国々は世界の原子力発電容量の 80%以上を保有している。OECD 諸国の原子力発電設備容量は 1994 年から 1996 年に 283.2 GWe から約 297.5 GWe に拡大した。約 14.3 GWe の増加は 1995 年版レッド・ブック以降 2.5%の年間成長率に相当する。合計 14 基の新規原子炉が建設中である。OECD 諸国の 1996 年原子炉関連ウラン必要量は 50,372 tU/年であり、1997 年は約 5.5%増の 53,146 tU/年と予測される。

北米⁽²⁾(1997 年 1 月 1 日現在、117.9 GWe): **米国**は 1996 年に Watts Bar-1(1,170 MWe)を加え、同国の設備容量は 101 GWe となった。北米の 1996 年原子炉関連ウラン必要量は約 19,525 tU/年であり、1997 年には 23,270 tU/年に増加するものと予測される。

中南米(1997 年 1 月 1 日現在、1.6 GWe): 1997 年初頭に本地域の2ヶ国、即ちアルゼンチンとブラジルで3基の原子炉が運転されていた。建設中の原子炉は2基あり、1基は**アルゼンチン**(0.7 GWe)、もう1基は

(1) 以下の節で示した統計データの一部は、IAEAのNuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No.2, April 1997, IAEA, Vienna, Austriaからのものである。

訳注 原文は5 82GWe

(2) 北米地域には米国、カナダおよびメキシコが含まれる。本報告書における地理的な分類については付録7を参照のこと。

ブラジル(1.2 GWe)のものである。キューバは財政難とロシアから十分な技術援助を得られなかったことから、1994年に2基の WWER-440 型原子炉の建設を中断した。しかし、1995年にロシアは援助を再開する意図を表明しており、1号基を完成させるための企業化調査が実施されている。1996年の中南米の原子炉関連ウラン必要量は合計 270 tU で、1997年も同水準と予測される。

西欧およびスカンジナビア(1997年1月1日現在、123.9 GWe): **フランス、ベルギーおよびスウェーデン**は、依然として電力の 50%以上を原子力発電で賄っている。1996年の原子力発電の占める割合は各々 77%、57%、52%であった。本地域で3基の原子炉(合計発電容量は 4,355 MWe)が建設中で、いずれも**フランス**のものである。また、フランスでは1996年に Chooz-B1(1,455 MWe)が電力供給網に併入された。**ドイツ**では1995年に1基の原子炉、Wuergassen (640 MWe)が退役した。西欧およびスカンジナビアの一部の国では原子炉の性能が向上しているものの、**ベルギー、フィンランド、オランダ、スペインおよびスウェーデン**の原子力発電設備容量は過去2年間基本的に一定であった。本地域の 1996年原子炉関連ウラン必要量は約 19,552 tU であり、1997年は約 18,831 tU に減少するものと予測される。

中欧および東欧(1997年1月1日現在、46.6 GWe): 本地域で展開されていた極めて大規模な原子力発電計画は市場経済への移行過程で生じた財政的および政治的な困難により著しくスローダウンした。1994年以降、本地域でわずか2基が電力供給網に併入された。**ウクライナ**は Zaporozhe-6(950 MWe)を1995年に併入し、そして**ルーマニア**は最初の原子炉である Cernavoda-1(650 MWe)を1996年に併入した。**ロシアとウクライナ**の原子力発電設備容量は各々 19.8 GWe、13.9 GWe で、本地域の他の国々を大きく上回っている。リトアニアは1996年の総発電量に占める原子力発電の割合が 83%で、世界で最も高かった。本地域で運転されている原子炉の大部分は、旧ソ連設計の RBMK および VVER タイプのものである。しかしながら、**スロベニア**は西側から供給された 650 MWe の PWR1基を、また**ルーマニア**は PHWR(CANDU)炉1基を運転しており、さらに同型炉を4基建設中であった。しかし、この内の3基の建設は無期限に延期されている。**アルメニア**では1989年の地震後に閉鎖された2基の VVER/440-230 の内の1基の運転が1995年に再開された。**ウクライナ**では Rovno-4 が1997年に電力供給網に併入される計画である。**チェコ**では、Temelin 1 が1999年4月に、また Temelin 2 が2000年の下半期に併入される見込みである。本地域で18基の原子炉が建設中であり(チェコで2基、ルーマニアで4基、ロシアで4基、スロバキアで4基、ウクライナで4基)、その合計発電容量は 13.1 GWe である。中欧および東欧の1996年の原子炉関連ウラン必要量は 9,035 tU で、1997年には 9,545 tU に達するものと予測される。

アフリカ(1997年1月1日現在、1.8 GWe): アフリカの原子力発電容量は、前回のレッド・ブック以降変化していない。本地域には**南アフリカ**に2基の原子炉が存在するだけである。1996年の原子炉関連ウラン必要量は約 200 tU/年で、1997年も同水準と予測される。

中東、中央アジアおよび南アジア(1997年1月1日現在、1.9 GWe): 本地域で原子炉を保有しているのは**インド、カザフスタンおよびパキスタン**の3ヶ国だけである。**インド**では現在 10 基の商業炉が運転されており、総発電容量は 1.7 GWe である。また、同国では現在4基の PHWR(合計発電容量は 808 MWe)が建設中であり、今世紀中には電力網に併入される予定である。**カザフスタン**では 70 MWe の FBR が1基運転されている。パキスタンでは現在、1基の CANDU 型原子炉 Karachi(125 MWe)が運転されている。また、パキスタンでは中国から輸入された 300 MWe の PWR が1基建設中であり、1999年までに電力網に併入される予定である。中東、中央アジアおよび南アジア地域の原子炉関連ウラン必要量は約 286 tU で、1997年も同水準と予測される。本地域で建設中の原子炉は7基であり、その内訳は**インド**で4基、**イラン**で2基、**パキスタン**で1基である。これらの原子炉によって本地域に約 3.5 GWe の原子力発電容量が追加されることになる。

東アジア(1997年1月1日現在、59.3 GWe): 東アジアは現在、世界で最も原子力の成長率が著しい地域である。**日本**の原子力計画は迅速な拡大を続けており、1995年から1996年に約 4.3 GWe が追加された。日本の政府および産業界は独自の燃料サイクル産業の開発を重視する姿勢を維持している。**中国と韓国**も注目に値する原子力発電建設計画を実施中である。**韓国**では7基の原子炉(6.1 GWe)が建設中で、今後13年間でさらに 11 GWe の原子力発電容量(原子炉 10 基)が追加される見込みである。**中国**は秦山で中国独自の原子炉2基(合計 1.2GWe)、嶺澳で1基の輸入 PWR(900MWe)の建設を継続すると共に、新

たな原子炉供給国として市場に参入した。2005 年までにさらにいくつかの原子炉が運転を開始する見込みである。1996 年の東アジア地域の原子炉関連ウラン必要量は 11,620 tU で、1997 年は 11,370 tU にわずかに減少すると予測される。

東南アジア(1997 年 1 月 1 日現在、0 GWe):本地域に原子力発電容量は存在しない。しかし、インドネシアとタイは 21 世紀に予測される電力需要の伸びに対応するために原子炉の建設を検討している。**フィリピン**に1基だけ存在する原子炉、PPNP-1(620 MWe)が将来運転されるかどうかは未定である。製造者側との法律上の係争が続いており、これがこの原子炉を完成させるか化石燃料プラントに転換するかの決定を阻んでいる。

太平洋地域(1997 年 1 月 1 日現在、0 GWe):本地域に現在原子力発電容量は存在しない。オーストラリアが小型の研究炉を1基持っているだけである。オーストラリア政府の政策はこれ以上の核燃料サイクルの開発を禁止しており、短期的にはオーストラリア国内のウラン需要は見込まれない。ニュージーランド政府も同様に原子力開発を禁止する政策をとっている。

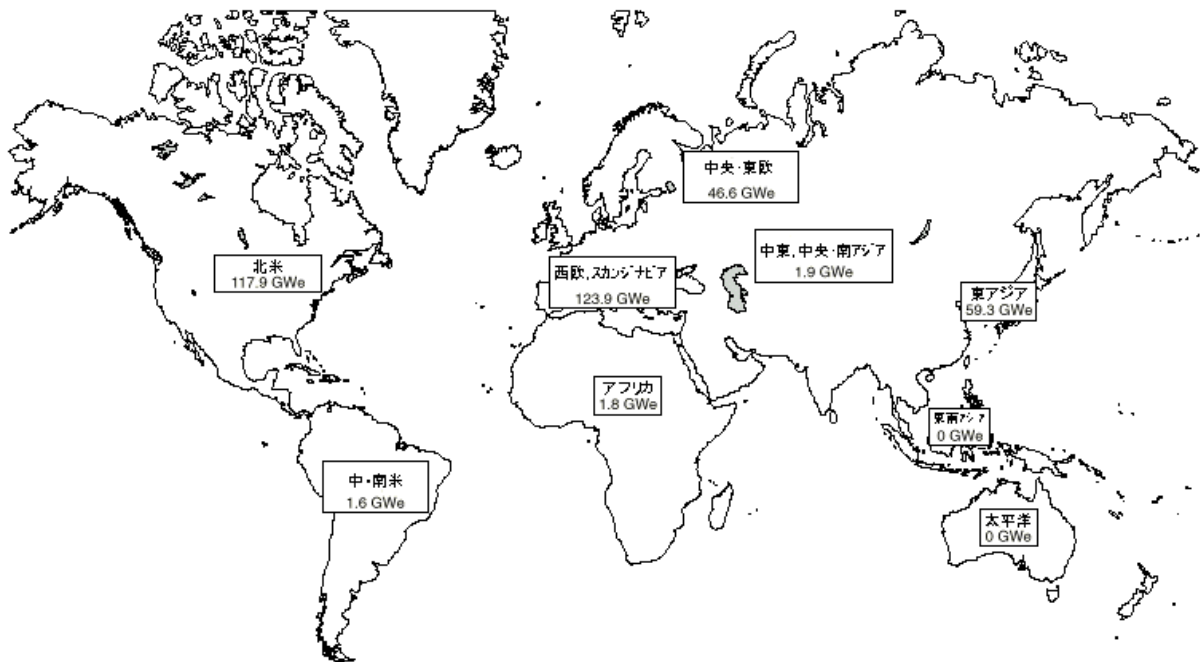


図 9 世界の原子力発電容量：353 GWe

(1997 年 1 月 1 日現在)

表 11 2015 年までの原子力発電設備容量*

(MWe 定格)

国名	1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
				低ケース	高ケース	低ケース	高ケース	低ケース	高ケース
アルゼンチン	940	940	940	600 a)	1,627 a)	1,292 a)	1,292 a)	1,292 a)	1,292 a)
アルメニア	376 c)	376 a)	376 a)	0 a)	376 a)	0 a)	376 a)	0 a)	376 a)
ベラルーシ	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	600 a)	0 a)	600 a)
ベルギー	5,693	5,713	5,713	5,713	5,713	5,713	5,713	5,713	5,713
ブラジル	626	626	1,871	1,871	1,871	3,110	3,110	1,871 a)	3,100 a)
ブルガリア	3,538 c)	3,538 a)	2,722 a)	2,314 a)	3,675 a)	1,906 a)	3,812 a)	1,906 a)	3,812 a)
カナダ	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	15,000	15,000	13,000	13,000
中国 (d)	2,100	2,100	3,300	7,000	9,000	17,000	21,000	22,000	27,000
クロアチア	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	600 a)	0 a)	600 a)
キューバ	0	0 a)	0 a)	0 a)	408 a)	0 a)	408 a)	0 a)	408 a)
チェコ	1,632	1,632	2,604	3,516	3,516	3,516	3,516	3,516	3,516
エジプト	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	1,200 a)
フィンランド	2,310	2,310	2,650	2,650	2,650	2,650	2,650	2,650	2,650
フランス	60,000	63,000	64,400	64,400	64,400	64,400	64,400	64,400	64,400
ドイツ	22,400	22,400	22,400	22,000	22,000	21,400 a)	21,400 a)	20,200 a)	23,600 a)
ハンガリー	1,760	1,760	1,760	1,760 a)	1,760 a)	1,729 a)	2,329 a)	1,299 a)	2,929 a)
インド	1,695 c)	1,695 a)	1,897 a)	2,203 a)	2,953 a)	3,013 a)	5,463 a)	3,913 a)	6,813 a)
インドネシア	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	1,500 a)	0 a)	4,200 a)
イラン	0	0 a)	0 a)	950 a)	950 a)	950 a)	2,150 a)	950 a)	2,150 a)
日本	42,712	45,248	45,600	54,138 a)	54,384 a)	70,500	70,500	70,500 a)	78,925 a)
カザフスタン	70	70	70	2,070	2,070	6,870	9,870	6,870 a)	6,870 a)
北朝鮮	0	0 a)	0 a)	0 a)	950 a)	1,900 a)	1,900 a)	1,900 a)	1,900 a)
韓国	9,600	10,300	13,700	18,700	18,700	26,300	26,300	26,300 a)	30,714 a)
リトアニア	2,760	2,760	2,760	2,760 a)	2,760 a)	2,760 a)	2,760 a)	1,185 a)	2,760 a)
メキシコ	1,308	1,308	1,370	1,370	1,370	1,370	2,370	1,370	3,370
モロッコ	0	0	0	0	0	0	0	0	600a)
オランダ	507	449	449	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0a)	0 a)
パキスタン	125 c)	125 a)	425 a)	425 a)	725 a)	425 a)	725 a)	300 a)	2,600 a)
フィリピン	0	0	0	0	0	0 a)	1,800 a)	0 a)	1,800 a)
ポーランド	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	1,200 a)
ルーマニア	650	650	650	1,950	1,950	2,560	3,250	3,250	3,250
ロシア	19,843	19,843	22,668 a)	21,676 a)	23,226 a)	23,326 a)	26,226 a)	22,443 a)	26,143 a)
スロバキア	1,588	1,588	2,364	1,592	3,140	1,592	3,140	1,592	2,368
スロベニア	632 c)	632 a)	632 a)	632 a)	632 a)	632 a)	632 a)	632 a)	632 a)
南アフリカ	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842
スペイン	7,130	7,320	7,580	7,715	7,715	7,765	7,765	7,765	7,765
スウェーデン	10,000	10,000	9,400	8,800	8,800	8800 a)	9,440 a)	6,918 a)	9,440 a)
スイス	3,055	3,117	3,179	3,179	3,179	3,179	3,179	3,179	3,179
タイ	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	1,000 a)	0 a)	2,000 a)
トルコ	0	0	0	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000 a)	3,400 a)
ウクライナ	13,880	13,380	15,880	15,880	15,880	15,880	15,880	15,880 a)	18,161 a)
イギリス	12,800 b)	12,800 b)	12,100 b)	9,300 b)	9,300 b)	7,000 b)	7,000 b)	7,000 a)	9,785 a)
米国	100,600	100,600	100,500	100,500	100,500	93,500	100,500	63,700	100,500
ベトナム	0	0	0	0	0	0	1,000a)	0	2,000a)
OECD 合計	297,507	303,957	309,405	320,741	320,987	334,822	344,062	299,510	362,886
世界合計	353,056	359,506	372,686	391,890	402,406	427,264	461,282	394,720	500,957

(*) 年末の設備容量。(a) IAEA事務局の推定。(b) OECD/NEA『Nuclear Energy Data 1997』(Paris 1997)

(c) IAEA『Nuclear Power Reactors in the World』(RDS No.2, Vienna, 1997)

(d) 台湾に関する以下のデータは世界合計に含まれているが、中国の合計には含まれていない: 低ケースで2000年まで4,884MWe、2015年まで7,384MWe、高ケースで2005年、2010年、2015年までそれぞれ7,384、9,884、12,384MWe。

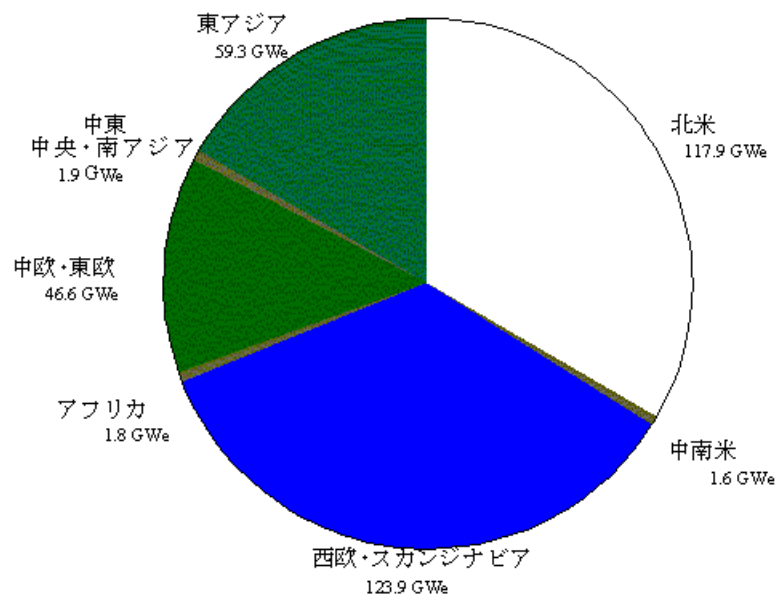


図 10 世界の原子力発電容量 : 353 GWe

(1997年1月1日現在)

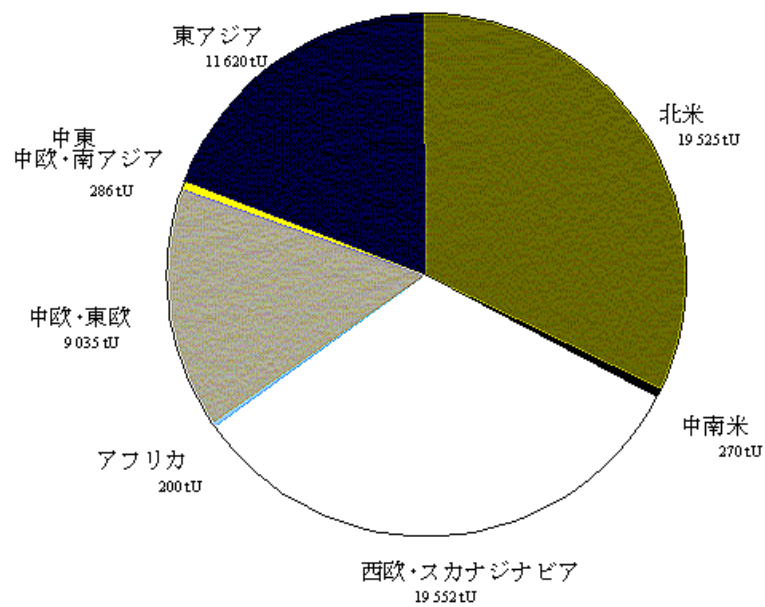


図 11 世界のウラン必要量 : 60,488 tU

(1997年1月1日現在)

表 12 2015 年までの原子炉関連年間ウラン必要量

国名	(tU)								
	1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
				低ケース	高ケース	低ケース	高ケース	低ケース	高ケース
アルゼンチン	150	150	150	96 a)	260 a)	206 a)	206 a)	206 a)	206 a)
アルメニア	89 a)	89 a)	89 a)	0 a)	89 a)	0 a)	89 a)	0 a)	89 a)
ベラルーシ	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	93 a)	0 a)	93 a)
ベルギー	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
ブラジル	120	120	680	370	370	620	620	620 a)	620 a)
ブルガリア	844 a)	844 a)	649 a)	522 a)	876 a)	454 a)	909 a)	454 a)	3,812 a)
カナダ	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
中国 (c)	300	300	600	900	1,500	2,400	3,000	3,200	4,000
クロアチア	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	93 a)	0 a)	93 a)
キューバ	0	0 a)	0 a)	0 a)	90 a)	0 a)	90 a)	0 a)	90 a)
チェコ	370	370	525	700	700	700	700	700	700
エジプト	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	200 a)
フィンランド	495	496	557	548	548	545	545	545	545
フランス	8,900	8,600	8,600	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500
ドイツ	3,200	2,900	3,000	2,500	2,500	2,432 a)	2,432 a)	2,295 a)	2,682 a)
ハンガリー	415	415	420	420 a)	420 a)	413 a)	556 a)	310 a)	699 a)
インド	220 a)	220 a)	246 a)	286 a)	383 a)	391 a)	709 a)	508 a)	884 a)
インドネシア	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	248 a)	0 a)	693 a)
イラン	0	0 a)	0 a)	141 a)	141 a)	141 a)	318 a)	141 a)	318 a)
日本	8,700	7,500	9,700	11,800	11,800	13,000	13,000	14,000	14,000
カザフスタン	50	50	50	450	450	1,050	1,050	1,050 a)	1,050 a)
北朝鮮	0	0 a)	0 a)	0 a)	157 a)	314 a)	314 a)	314 a)	314 a)
韓国	1,810	2,760	2,890	3,010	3,010	4,290	4,290	4,290 a)	5,010 a)
リトアニア	385	415	425	425 a)	425 a)	425 a)	425 a)	182 a)	425 a)
メキシコ	325	170	257	215	215	253	582	216	749
モロッコ	0	0	0	0	0	0	0	0	100a)
オランダ	93	74	84	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)
パキスタン	16 a)	16 a)	65 a)	65 a)	115 a)	65 a)	115 a)	50 a)	442 a)
フィリピン	0	0	0	0	0	0 a)	309 a)	0 a)	309 a)
ポーランド	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	200 a)
ルーマニア	100	100	100	300	300	400	500	500	500
ロシア	3,800	3,800	4,341 a)	4,151 a)	4,448 a)	4,467 a)	5,022 a)	4,298 a)	5,006 a)
スロバキア	440	770	495	330	660	330	660	330	495
スロベニア	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)	102 a)
南アフリカ	200	200	200	200	200	200	200	200	200
スペイン	1,155	1,075	1,240	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470	1,470
スウェーデン	1,500	1,500	1,500	1,400	1,400	1,400 a)	1,500 a)	1,038 a)	1,500 a)
スイス	537	499	479	470	470	470	470	581	581
タイ	0	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	0 a)	170 a)	0 a)	340 a)
トルコ	0	0	0	210	210	420	420	420 a)	714 a)
ウクライナ	2,490	2,640	2,820	2,890	2,890	2,790	2,790	2,790 a)	3,191 a)
イギリス	2,622 b)	2,622 b)	2,500 b)	1,764 b)	1,764 b)	1,262 b)	1,262 b)	1,262 a)	1,764 a)
米国	17,400	21,300	18,100	19,100	19,500	18,000	19,400	8,500	15,800
ベトナム	0	0	0	0	0	0	210a)	0	420a)
OECD 合計	50,372	53,131	52,702	54,957	55,357	56,005	57,977	46,977	57,564
世界合計	60,488	63,757	64,524	66,805	69,433	70,980	77,049	62,542	82,796

(a) 事務局の推定。(b) OECD/NEA『Nuclear Energy Data 1997』(Paris 1997)

(c) 台湾に関する以下のデータは世界合計に含まれているが、中国の合計には含まれていない：低ケースで2000年まで810tU/年、2015年まで620 tU/年、高ケースで2005年、2010年、2015年までそれぞれ620、830、1,040 tU/年。

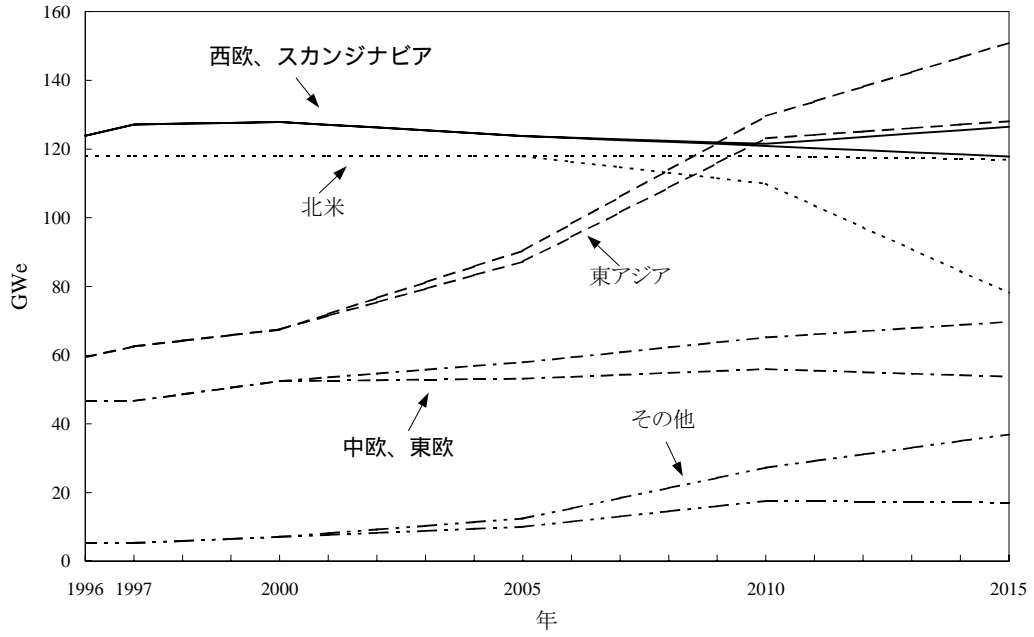


図 12 2015 年までの原子力発電設備容量の予測

低ケースと高ケースの予測

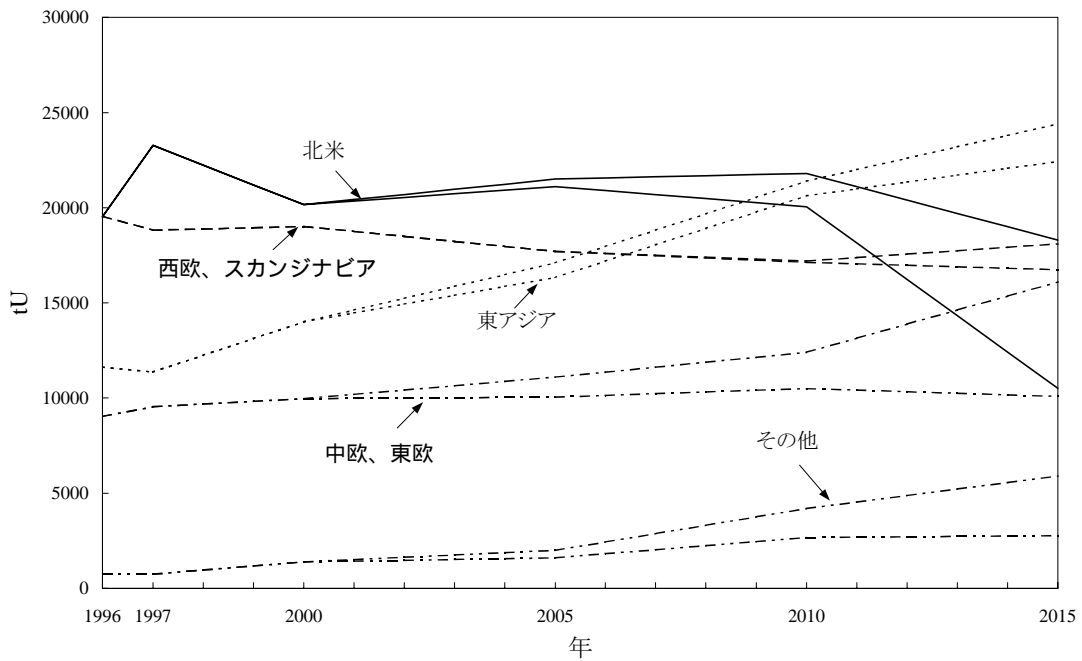


図 13 2015 年までの原子炉関連年間ウラン必要量の予測

低ケースと高ケースの予測

B．原子力の成長と原子炉関連ウラン必要量の予測

原子力発電容量と原子炉関連ウラン必要量の予測は、事務局の質問状に対して加盟国から送られた公式回答に基づくものである。しかし、情報を提供しなかった国々については、IAEA 事務局の予測を使用した。2005 年、2010 年および 2015 年の原子力計画は不確実性を伴うため、公式回答に単一の予測が提示されていない限り、高ケースと低ケースの予測を示した。

世界の原子力発電容量は 1996 年の 353 GWe から、2015 年には 395 GWe～501 GWe の水準にまで成長すると予測される。これは現在の容量と比較して 12～42%の増加であり、予測対象期間の年間成長率は 0.6～1.9%になる。高ケースの予測は 2015 年まで世界の原子力発電容量の着実な成長を示しているものの、低ケースは 2010 年の 427 GWe にまで着実に成長した後、2015 年には 395 GWe に減少することを示している。

原子力発電容量の成長は地域毎に著しく異なっている(図 12)。表 11 は国別に原子力発電設備容量の予測をまとめたものである。**東アジア**は最も大きな原子力発電容量の伸びが見込まれる。2015 年までに本地域で 69 GWe から 92 GWe の容量の追加が見込まれる。**中欧および東欧**がこれに続き、2015 年までに 7 GWe から 23 GWe の容量が見込まれる。**中東、中央および南アジア、中南米、東南アジア、アフリカ**はある程度の成長が見込まれる。その一方で、**北米と西欧およびスカンジナビア**では、2015 年までに、利用可能な原子力発電容量が減少するものと予測される。これらの地域では古い原子炉の退役の影響を相殺できるだけの新規原子炉が追加されないと予測される。**北米**の原子力発電容量は 2005 年まで約 118 GWe の水準に保たれ、その後、2015 年までに 1～40 GWe 減少する。**西欧**の原子力発電容量は今世紀末頃に約 128 GWe の頂点に達するが、その後は退役によって利用可能な容量が減少し、2015 年は 118 GWe～126 GWe と予測される。

世界の原子炉関連ウラン必要量は 1996 年の 60,488 tU から 2015 年には 62,542 tU～82,796 tU の範囲に増加すると予測される(表 12、図 19 参照)。これは 0.2～1.7%の年間増加率に相当する。1997 年から 2015 年までの累積ウラン必要量は 1,262,000 tU～1,366,000 tU である。これは高ケースと低ケースの累積必要量の平均値に対して±4%に相当する。

世界の原子力発電容量と同様に、ウラン必要量も地域毎に著しく異なったものとなっている(図 13 参照)。**北米と西欧およびスカンジナビア**は他の地域とは対照的に、2015 年までにウラン必要量の減少を経験することになる。ウラン必要量の増加が最も顕著なのは**東アジア**で、本地域では原子力発電容量の拡大が加速される見通しで、これに伴って 2010 年までに東アジアのウラン必要量は 1996 年のほぼ 2 倍になる見通しである。

基本となる発電設備容量が同水準に保たれた場合でも、原子力発電所や核燃料サイクル施設の操業形態の変化によってウラン必要量が変化する可能性がある。近年、世界的に原子力発電所の稼働率や利用率が向上する傾向にある。世界的に原子炉の平均稼働率は 1970 年代末から上昇してきている。平均稼働率は 1996 年には 77.4%というきわめて高い水準に達している。これは 1989 年の 70.1%から一貫した上昇傾向を引継ぐものである⁽³⁾。この稼働率の向上はウラン必要量に直接影響する。また、廃棄濃度の変更も天然ウラン必要量に影響する。

燃料サイクルでは、MOX 燃料中の回収プルトニウム(また、規模は小さいが再処理ウラン)のリサイクルが一部の国で実施されている。これによって燃料サイクル全体の効率は改善されるが、リサイクル量自体が少ないため短期的に世界のウラン需要を劇的に変化させることはないであろう。MOX 燃料は 2000 年、2005 年および 2010 年に、各々 2,500、4,000 および 4,000 tU(天然ウラン相当量)寄与すると予測されている。再処理からの燃料供給量は、MOX 燃料成形加工能力に関する IAEA の予測に基づいたものである。Euratom Supply Agency は欧州連合における 1996 年の MOX 燃料と再処理ウラン使用量を各々 1,200 tU、

(3) この稼働率は、100MW(e)を超える容量を備え、1年以上商業運転を行っている全ての原子炉に基づくもので、出典は IAEA の 1997 年 PRIS データベースである。

500 tU と報告しているⁱⁱ。現在、MOX 燃料を利用している原子炉は欧州連合の国々だけに存在する。

短期的な原子炉関連必要量は基本的に原子力発電設備容量、より具体的には運転キロワット時によって決定される。前述の通り、予測に含まれる容量の大部分は既に運転中であり、短期的な必要量は十分に予測可能である。

最も大きな不確実性は原子力発電所の建設計画、取り止め、新規原子炉の発注、さらに既存の発電所の寿命がどの程度まで延長されるかに関する仮定によって生じる。現在、世界的に見て、最初のコンクリート注入から電力網への併入までの建設期間は平均で約 138 ヶ月である。過去 10 年間の原子炉の建設開始件数は約 8 件/年であったが、1991 年から 1996 年はわずかに 2.2 件/年であった。既に世界中で約 71 基の原子炉が退役している。設計の多様性、そしてこれらの原子炉の一部が実験炉または原型炉として建設されたものであるため、これらの炉の平均寿命は現在運転中の原子炉の寿命を予測する上での適切な指標とはならない。その一方で原子炉の寿命延長プロセスに関して大きな不確実性が存在する。

新規建設の障害を取り除くための計画が多くの国で進められている。しかしながら、新規原子力発電容量の設置を妨げる要素は依然として数多く存在しており、その中には次のものが含まれる。

- ・化石燃料の低価格(あるいは低下)が続いていること。
- ・開発途上国における財源不足。
- ・西欧の一部の国で政府による新規プロジェクトの一次保留、または延期をもたらしているパブリック・アクセプタンスの問題。
- ・投資収益の不確実性による投資家の信頼低下。

多くの国々における総発電量に占める原子力発電量の比率を考えると、全面撤廃される可能性は明らかに非常に低いものであろう。原子力発電所の所有者は施設の寿命を延長したり、延長するためのメカニズムを探っているが、国家経済の変化と規制政策の変更、さらには電力供給業界の構造的な変化などが原子力発電所の寿命に次第に大きな影響を与えるようになる可能性があり、ウラン必要量にもそれに応じた影響が及ぶことになろう。

要約すると、現在から 2015 年まで原子力発電容量と発電量は中程度の成長を示し、原子炉関連ウラン必要量もそれに伴って増加すると予測される。年間原子炉関連必要量は 2015 年までに 62,500 tU から 82,800 tU の範囲に達するものと推定される。しかしながら、前述のいくつかの要素により、2015 年の原子炉必要量がこれよりも低くなる可能性もある。

C . ウランの需給関係

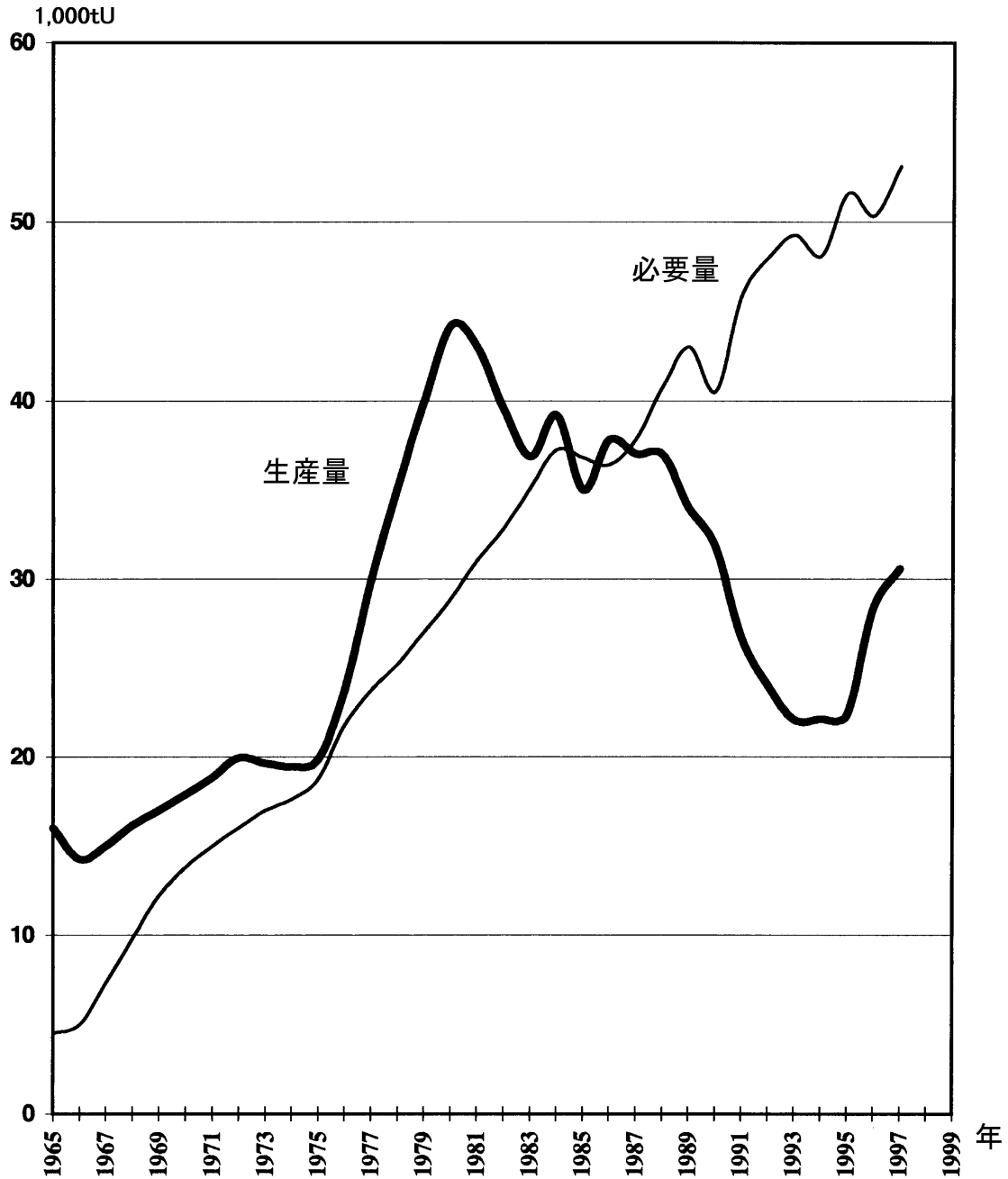
1990年代に世界のウラン市場は原子力発電分野で観察された重要な傾向と、世界のウラン生産および消費地域での政治的、経済的な展開により、劇的に変化した。特に、前回のレッド・ブック刊行以降に生じたいくつかの出来事が、今後10年間またはそれ以降の事態の推移を暗示しているように思われる。

原子力発電の商業運転が開始された1960年代初めから1980年代半ばまでの東欧、旧ソ連およびキューバを除く世界のウラン市場は供給過剰により特徴づけられた(図14参照)。この供給過剰は主に原子力発電の成長率が予測を下回ったことによるものであった。限定的な情報しか得られていないものの、東欧と旧ソ連でも同じ時期から1994年まで生産量が原子炉必要量を大幅に上回っていた。1990年代初めに東欧と旧ソ連で政治的、経済的な再編成が進められた結果、統合された世界ウラン市場に向けた大きな進展が見られた。東西間の政治的な緊張緩和の結果、旧ソ連およびその後に成立したカザフスタン、ロシア、ウクライナおよびウズベキスタンからのウランの入手がより容易な状況になった。当初は東欧の生産国も世界市場に貢献すると見られていた。しかしながら、ウラン産業の閉鎖や縮小に伴い、本地域はウランの輸入地域になっている。

民間の在庫に加え、米国とロシアの大量の軍事用ウランが商業的に利用されるという認識が市場に影響を与えた。軍事部門が様々な形態で所有している高濃縮ウラン(HEU)、プルトニウムおよび天然ウラン量は天然ウラン換算で、数年分の民生需要に相当するであろう。これらの物質がどのような割合で民間市場に放出されるかは依然として定かでないものの、本報告書の『余剰国防物質の処理』を取り扱った項で、これらの放出に影響を与えるいくつかの法律、計画および契約について検討する。

東欧と旧ソ連のウラン必要量と生産量が世界全体の枠組に組み込まれたことにより、供給過剰となり、その状況は1990年まで続いた(図15参照)。供給過剰は1990年以降のウラン市場に影響を及ぼしている。1990年から1994年に、探鉱、生産、生産能力および市場価格を含む世界のウラン産業の様々な部門が著しく縮小した。世界のウラン必要量は増加しているにもかかわらず、この期間の生産量は減少し続けた。ウラン市場価格は1994年第3四半期まで下落し続けた。NUEXCO社の1994年平均非制限スポット価格は1974年以来の安値である\$18.33/kgU(\$7.05/ポンド¹ U₃O₈)であった。こうした状況によって年間21,000 tU～26,000 tUの在庫が取崩されることになった。1994年の世界のウラン生産量は同年の原子炉必要量のわずかに55%であった。

1994年10月から1996年半ばにかけて、新規のウラン購入に関する需要拡大と入手可能性の低下により、ウラン価格が回復した。1996年8月までに、非制限価格は\$39.65/kgU(\$15.25/ポンド¹ U₃O₈)に、制限価格は\$42.38/kgU(\$16.30/ポンド¹ U₃O₈)に上昇した。これは2年以内で非制限価格が116%、制限価格が75%上昇したことになる。さらに、1995年と1996年の生産量は各々4.9%、8.7%拡大し、いくつかの重要な生産企業が現存の生産センターの拡張や、新規プロジェクト開発を発表した。1996年9月以降、価格動向が逆転し、1997年8月31日までに非制限および制限ウラン価格は各々約\$23.92/kgU(\$9.20/ポンド¹ U₃O₈)、\$26.52/kgU(\$10.20/ポンド¹ U₃O₈)へ急落した。



* 詳細な情報が入手されていないため、ブルガリア、中国、キューバ、チェコ(およびそれ以前の国家)、東ドイツ、ハンガリー、カザフスタン、モンゴル、ルーマニア、ロシア、スロベニア、タジキスタン、ウクライナ、ソ連、ウズベキスタン、ユーゴスラビアは含まれていない。

1997年の生産量は推定。

図 14 特定諸国におけるウラン生産量と必要量の歴史的な推移

1996年には23ヶ国でウラン生産が行われ、その内の主要10ヶ国(オーストラリア、カナダ、カザフスタン、ナミビア、ニジェール、ロシア、南アフリカ、ウクライナ、米国およびウズベキスタン)が生産量の約90%を占めている。これに対して現在30ヶ国が商業炉でウランを消費している。図16にウラン生産国とウラン消費国の不均一な分布状況を示す。1996年の世界のウラン生産量(36,195 tU)は、世界のウラン必要量(60,488 tU)の約60%しか満たしていない(図15参照)。OECD諸国では(図17参照)、1996年の生産量(21,183 tU)はその需要(50,372 tU)の42%を満たしただけである。1991年から1996年までの世界的な生産

量と必要量の不均衡は約 136,000 tU であった。生産量で満たされなかった原子炉燃料の不足分は、主に備蓄の取崩しによって賄われた。また、少量の使用済燃料の再処理と、HEU 核兵器物質から得られた LEU が供給された。1997 年の不足分は 20,000 tU を超えるものと予測される。

過去数年間のウラン市場を特徴づける出来事は、世界のウラン生産者と消費者が直面している不確実性を描き出している。これらの不確実性の一部は将来のウラン市場の基本的な性格の一部を決定づける政治的な決定の結果として生じるものである。政治的な決定として、核弾頭から取出された HEU の民生用燃料としての低濃縮ウラン(LEU)への転換、米国政府の在庫物質の販売、New Independent States(NIS)で生産されたウラン販売に対する米国と欧州連合が設定した制限の変更が挙げられる。

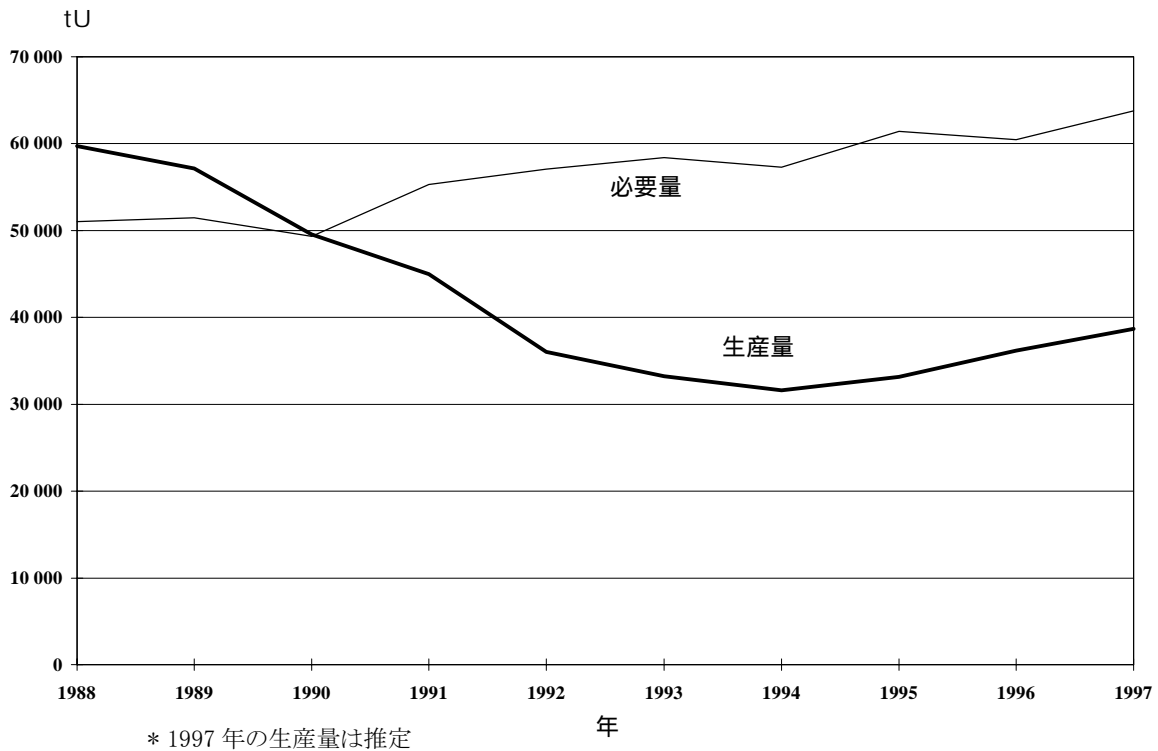
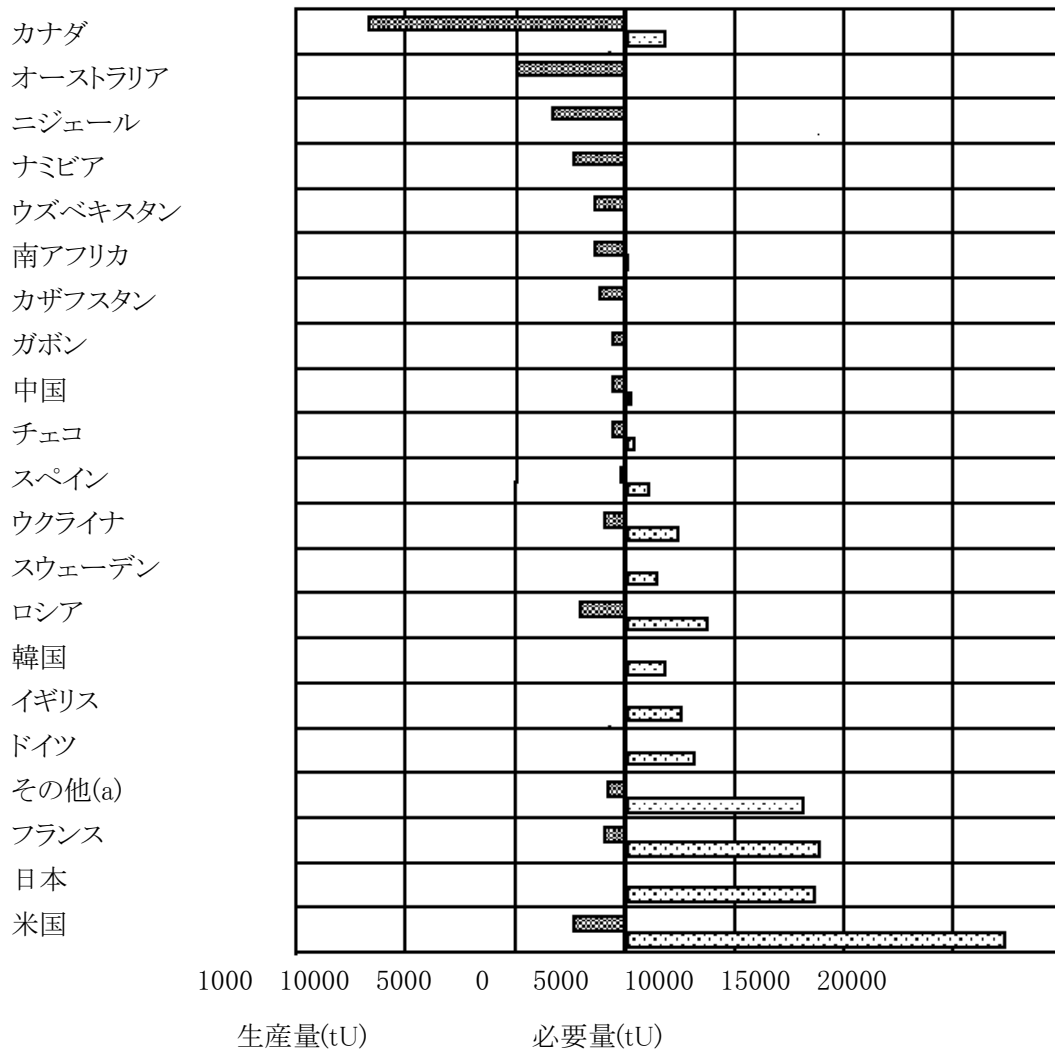


図 15 世界のウラン生産量と必要量*

旧ソ連と東欧におけるウラン供給と需要の動向

旧ソ連と東欧地域の国々の原子力計画は過去数年間で著しい変化を遂げた。以前は入手出来なかった本地域のウラン市場に関する情報が世界の多くの専門家の注目を集めている。ロシアのウラン在庫量等、本地域の原子力活動に関するいくつかの側面で疑問が残っているが、新たな情報の公開が進められている。東欧、カザフスタン、ロシアおよびウズベキスタンの総ウラン生産量が報告されている。ウクライナの 1992～1996 年のウラン生産量が報告されているが、それ以前のデータは依然として明らかにされていない。しかし、新たに入手された比較的完全な情報によって、これらの国におけるウラン供給と需要の推移についての理解が高まった。1996 年にロシアは 3,600 tU という国内必要量を満たした上で、世界市場への主要供給国であった。販売された物質は備蓄の取崩しに加え、唯一の操業中の鉱山/粗製錬センターで生産されたものである。ロシアはロシアが設計した原子炉を運転している東欧のいくつかの電力事業者に対し、約 2,200 tU/年を成形加工済み燃料の形で供給している。また、ロシアは低濃縮および天然ウラン精鉱を、欧州連合(EU)や米国とその他の国々に販売している。1996 年にロシアから米国の電力事業者に 2,090 tU 引渡され、カザフスタン、ウクライナ、ウズベキスタンから合計で 2,287 tU 引渡されたⁱⁱⁱ。1996 年に EU 諸国が独立国家共同体(CIS)の生産者から取得した天然ウラン量は 6,800 tU であった^{iv}。

1988年の旧ソ連と東欧地域(東ドイツも含む)のウラン生産量は世界の生産量の約40%に相当する約23,000 tU/年であった。これはこれらの国々の原子炉必要量のほぼ260%に相当した。本地域の生産量はソ連と経済相互援助会議(CMEA)が解体された1991年までに約16,100 tU/年に低下した。それでも原子炉必要量の168%に相当した。1992年には伝統的な通商パターンが崩れ、ロシアによるウラン購入協定の終了により生産量は約11,500 tUへ急速に落込んだ。生産量はその後も減少し続け、1996年は約7,183 tUと世界の生産量の20%になった。1994年以降、CISと東欧の生産量は1996年には9,580 tU/年と推定される同地域の原子炉必要量を下回っている。1988年から1994年の原子炉必要量に対する累積余剰生産量は約53,000 tUと推定される。



(a)「その他」の生産国：アルゼンチン、ベルギー、ハンガリー、インド、パキスタン、ポルトガル、ルーマニア。
 「その他」の消費国：アルゼンチン、アルメニア、ベルギー、ブラジル、ブルガリア、フィンランド、ハンガリー、
 インド、リトアニア、メキシコ、オランダ、パキスタン、ルーマニア、スロバキア、スイス。

図 16 1996年のウラン生産量と原子炉関連必要量の見積り

需要の低下、高い生産コストに対する認識、環境に対する負担により、1988年から1996年までに多数の生産施設が閉鎖された。この中には旧東ドイツのWISMUT(1990年)に加え、ブルガリア(1994年)とスロベニア(1992年)のウラン生産業界全体の閉鎖も含まれている。旧チェコスロバキア(現在のチェコ)、ハンガリー、ウクライナおよびルーマニアの生産量は大幅に減少した。これらの国々のウラン産業は国内必要量を満たすためだけの生産を行っている。ハンガリー政府は1997年にウラン生産を停止することを決定した。

ウズベキスタンでは在来型ウラン採鉱が全て停止され、全ての現存および計画中の生産施設では ISL 採鉱法を用いることになっている。カザフスタンでは在来型ウラン採鉱と、磷酸塩魚骨堆積物からの副産物としての生産が停止された。在来型採鉱を復活させる試みは失敗に終わった。現在、カザフスタンでは唯一 ISL 採鉱法による生産が行われている。ロシアではシベリアの Krasnokamensk 近郊で在来型の Priargunsky Mining and Chemical Complex がウランを生産している。将来の ISL 施設の開発を支援するための活動がロシアの他の地域で進められている。

CIS におけるウラン生産量の低減傾向が終わり、上向きに転じる可能性を示唆するいくつかの兆候が見られる。1996 年にロシアはウラン生産量の減少傾向を反転させた。生産量は 1995 年(2,160 tU)より 21%増の 2,605 tU であった。カザフスタンとウズベキスタンは今後数年間で生産量を拡大する計画を報告している。

ロシアを除いて、本地域の国々は天然または低濃縮ウランの大規模な在庫を有しているとは考えられていない。ロシアのウラン備蓄量はかなりの規模と信じられているが、明らかになっていない。

市場構造

市場に流入する可能性のある核分裂性物質の主要供給源は6種類であり、以下に説明すると共に、次表にその概要を示す。

供給源	市場への影響
・鉱山からの新規生産ウラン	短期的、中期的、長期的に不可欠
・天然および濃縮ウランの民間備蓄	短期的に重要
・再処理ウランおよびプルトニウム	短期的に地域により重要 長期的に重要性を持ち得る
・高濃縮ウランの軍事用在庫	短期的、中期的に重要性を持ち得る
・プルトニウムの軍事用在庫	短期的には重要性に乏しい 中期的にあまり重要ではない
・減損ウランの再濃縮	短期的、長期的に重要性を持ち得る

現在の市場構造は以下の通り特徴づけられる。

1. 非伝統的な供給源からの入手可能性の拡大
2. 核分裂性物質の備蓄と在庫の利用拡大
3. リサイクル活動の拡大
4. 一部の地域における通商活動の制限
5. 数年間スポット市場活動の拡大が続いた後の活動の縮小

1 . 非伝統的な供給源からの入手可能性の拡大

カザフスタン、ロシア、ウズベキスタンが世界市場にとって潜在的に重要なウラン供給国として登場した。しかし、これらの国々の供給活動は生産量の低減、長期的な信頼性に関する懸念、そして一部の西側諸国がこれらの国々からのウラン購入に課した制限による影響を受けている。また、その他の東欧諸国のウラン供給能力は施設の閉鎖や環境問題によってきわめて限定されている。もう一つの非伝統的な供給国として中国が挙げられる。1997年に中国は1980年代から米国、フランス、ドイツ、ベルギー、フィンランド、日本、インドおよびその他の国々にウランを輸出してきたと伝えられた。中国の年間輸出量は濃縮ウランを含めて 1,000 tU 以上(天然ウラン相当量)に達している。現在、中国は数件の中期および長期のウラン輸出契約を結んでいる^v。

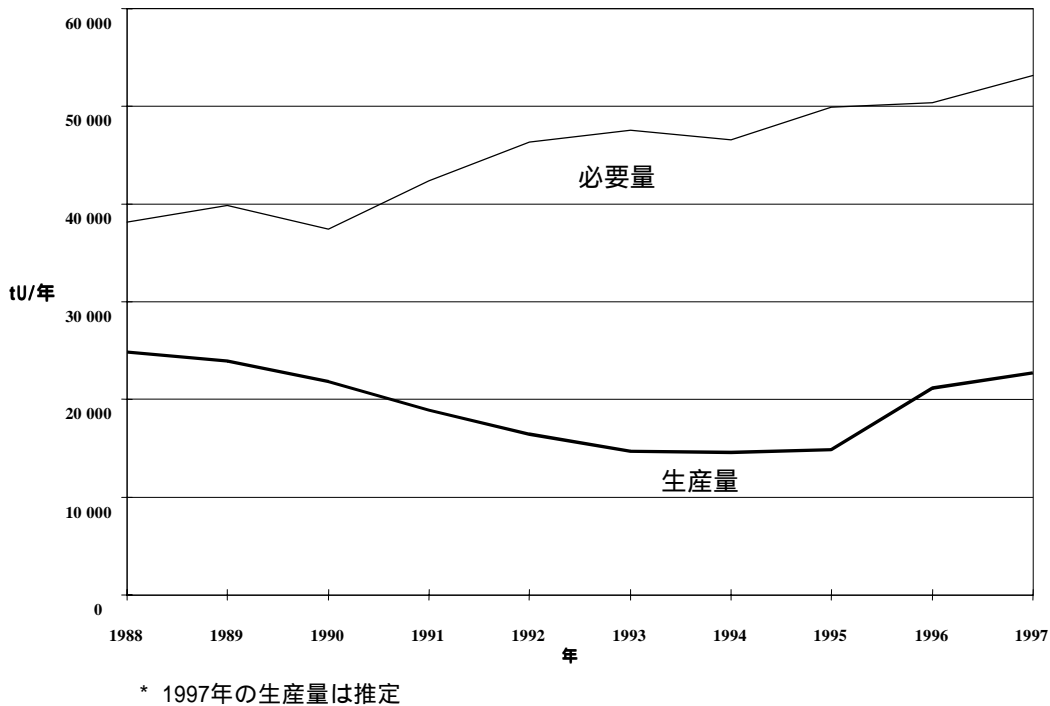


図 17 OECD 諸国のウラン生産量と必要量*

2. 核分裂性物質のストックおよび備蓄の利用拡大

備蓄の取崩しが主要な供給源の一つである。民間在庫は戦略的在庫、パイプライン在庫、市場で入手できる余剰在庫から構成される。生産者、消費者または政府が所有するウラン備蓄の規模に関する詳細情報を明らかにしている国が少数であるため、本報告書に提示したデータは部分的なものでしかない。電力事業者が商業在庫の大部分を所有しているものと考えられている。多くの電力事業者は天然ウラン相当量にして1年から4年分の必要量を所有するか、所有する方針を持っている。

世界の電力事業者やその他のウラン在庫保有者の調査に基づいた民間在庫の見積りが、1996年にウラン協会から発行された^{vi}。これによると1995年末現在の電力事業者、政府、生産者およびその他の在庫量は合計で約160,000 tUとなっている。この見積りは供給保障を目的として電力事業者が維持している戦略的在庫を含んでいるが、原子炉必要量の1年分と見積もられるパイプライン在庫と、ロシアの天然ウラン在庫は含まれていない。この世界の民間ウラン在庫量の見積りは、1996年にウラン協会の報告書が発表される前に一般に考えられていた数字よりも多い。この民間在庫は世界の必要量の約2.5年分に相当する^{vii}。ロシアが保有している濃縮ウラン製品と天然ウランの在庫量は公式に報告されていない。ロシアの備蓄量は1995年1月1日現在で75,000 tUと見積もられた^{viii}。1995年と1996年の取崩しによって、1997年1月1日現在の備蓄量は約49,000 tUと推定された^{ix}。

図 15 に示す通り、世界のウラン必要量とウラン生産量は1990年にほぼ均衡のとれた状態にあったが、1991年以降の必要量は生産量を上回っている。1990年から1994年に、世界の年間ウラン生産量は約49,600 tUから約31,600 tUに36%低下した。この生産量の急速な落込みは、世界のウラン必要量が1990年の49,294 tUから1994年の56,920 tUへと16%増加した時期に起こっている。1995年と1996年に世界の生産量は増加しているが、1996年のウラン必要量(60,488 tU)は依然として同年の生産量(36,195 tU)を約67%上回っている。

生産量と必要量の差は、1991年には約11,000 tUであったが、1993年にはほぼ倍増して21,500 tUと

なった。この差は 1995 年の約 28,000 tU、1996 年の約 24,300 tU へとさらに広がった。こうしてウランの生産量と必要量の相違の累積的な影響は著しいものとなり、1997 年 1 月 1 日までに世界的な累積差、すなわち在庫の取崩し量は 136,000 tU 近くになっている。現在、大規模な生産量と必要量の差が生じる条件が著しく変化することを示す徴候はない。本報告書で取り扱った計画中のプロジェクトの開発により、この不均衡は大きく改善されるであろう。

世界のウラン市場を特徴づけている急速な在庫の取崩しがさらに進めば、将来のいずれかの時点で在庫が底をつく可能性がある。少数の国々でウラン生産能力の増強を目的としたプロジェクトが開始されているものの、利用可能な在庫が近い将来に尽きた場合、迅速な増産を実現して供給のギャップを埋めるのは困難であろう。新規ウラン生産施設を開発するためには数年のリードタイムが必要である。新規のウラン・プロジェクトの開発は許認可および環境審査手続きに要する期間が長くなっていることに加え、放射線安全や環境規制に関する要件が増加しているため、次第に困難の度を増している。本報告書に示した「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」の生産施設を含む生産データは(表 10、図 19 参照)、現在および将来の世界のウラン必要量を満たすには、世界の生産能力が不足していることを示している。余剰在庫が存在しない状態での生産不足は、市場を不安定にすると共に、ウラン価格の押し上げ圧力を増大させるであろう。

軍事用備蓄がもう一つの潜在的なウラン供給源となる見通しである。この物質は余剰在庫が底をついた時点で市場の需要を満たす上で役立つであろう。米国とロシアの購入契約により、2000 年以降に核兵器物質から転用されたかなりの量のウランが民生市場に流入するものと予測される。

余剰国防物質の処理

ウラン^x

1996 年に、ロシア政府の余剰 HEU と米国政府の余剰 HEU、天然ウランおよび LEU の処理に関するより明確な計画とスケジュールが発表された。現在のスケジュールでは約 180,800 tU(4 億 7,000 万ポンド U_3O_8)および1億分離作業単位(SWU)の米国およびロシア政府の余剰在庫の商業化が、今後 15 年から 20 年の間に実施される見通しである。これらの供給源から、今後5年間にわたり毎年 11,500 tU(3,000 万ポンド U_3O_8)および 600 万 SWU 以上が市場に流入する可能性がある。ロシアの 500 トンの余剰 HEU を混合希釈して得られる物質が最も重要な役割を果たすことになる。これは約 153,000 tU(3 億 9,800 万ポンド U_3O_8)および 9,200 万 SWU に相当する。米国濃縮公社(USEC)民営化法はロシアの HEU から得られたウランの米国エンド・ユーザーへの販売割当量を定めている。割当量は 1998 年が 769 tU(200 万ポンド U_3O_8)で、2004 年が 5,000 tU (1,300 万ポンド U_3O_8)、2009 年までに 7,692 tU(2,000 万ポンド U_3O_8)に達することになっている。HEU から得られた物質は 1998 年には米国の原子炉必要量の 4%に相当するが、2004 年には 33%、そして 2009 年には 50%以上に達することになる。

米国側の代理機関である USEC は、「核兵器から取出された高濃縮ウランの処理に関する米ロ政府間協定」(ロシア HEU 協定)に従って、ロシアから LEU の購入を継続している。しかし 1996 年 12 月 31 日までの LEU の購入量は、ロシアが当初のロシア HEU 協定で規定されていた 30 トンではなく、18 トンしか混合希釈しなかったため、予定よりも少なかった。1996 年 11 月に、USEC とロシアの代理機関である Techsnabexport (TENEX)は当初のロシア HEU 協定を修正し、5年間の価格と量に関する規定を盛り込んだ。修正後の協定では、ロシアは次のようなスケジュールに従って HEU を LEU に混合希釈することになっている。①1997 年に 18 トン、②1998 年に 24 トン、③1999 年から 2001 年は 30 トン(注:10 トンの HEU は 3,060 tU の天然ウランに相当)。この5ヶ年契約によって、ロシアの HEU からのウラン供給に関する不確実性が大幅に低減した。それ以前は USEC と TENEX が毎年契約の細部についての交渉を行うことになっていた。この不確実性に加えて、ロシアは将来予定されていた引渡し水準を満たさない可能性を示唆していた。

修正後のロシア HEU 協定では、USEC は LEU の濃縮部分に関してのみ支払いを行うことになっている。USEC 民営化法は、ロシア HEU 協定の下で購入され、1996 年 12 月 31 日以降に引渡された LEU の天然ウラン・フィード部分をロシア代理機関に返還することを認めている。USEC はこれを濃縮するために電力事業者から引渡されたウランとロシアの LEU を置き換えることによって実行している。1997 年 1 月 1 日以前には、USEC はロシア代理機関に天然ウラン部分に対する支払いを行った。USEC は約 5,385 tU(1,400 万ポンド U_3O_8)に相当するこの物質を、1996 年 12 月に無償で米国エネルギー省(DOE)に移転した。DOE はこのウランを次の手段によって販売することが認められている。①ロシア側の代理機関に売却し、同機関が米国エンド・ユーザーへのマッチド・セールスに使用する、②任意の時点で外国での最終用途に使用されるべく売却する、③2001 年以降に米国のユーザーに売却する。1996 年 12 月に、DOE は Global Nuclear Services and Supply 社に最大 2,692 tU(700 万ポンド U_3O_8)を、マッチド・セールスを含む契約に充当する目的で売却する契約を結んだ。1997 年 8 月に、Cameco 社、COGEMA 社および NUKEM 社は、ロシアの HEU を希釈して得られた天然ウラン・フィード部分の大半を購入する原則的な契約に署名したと発表した。

1996 年 7 月に、DOE は 7,807 tU(2,030 万ポンド U_3O_8)相当の天然ウランと 462 tU(120 万ポンド U_3O_8)相当の LEU を売却する意図を明らかにした。この LEU は約 280,000 SWU に相当する。USEC 民営化法では、エネルギー省長官が「当該物質の売却が国内のウラン採鉱、転換または濃縮産業に重要な悪影響を与えないかどうかを判断する」ことになっている。1997 年 3 月 12 日にエネルギー省長官は DOE の計画に従って 1997 会計年度に 1,230 tU(320 万ポンド U_3O_8)相当量を売却しても国内産業に悪影響は生じない旨の判断を示した。しかし、1997 年 8 月末現在、いかなる売却も実施されていない。

1996 年 9 月に、DOE は米国の余剰 HEU 約 174 トンの処分計画を発表した。余剰物質とされた HEU の一部はかなり精製しなければ商業用途に使用できないものであり、将来の転換に備えて貯蔵されるか、廃棄物として処分されることになる。今後 15 年間に商業化されることを検討されている HEU は約 103 トンである。これは約 12,690 tU(3,300 万ポンド U_3O_8)または 800 万 SWU に相当する。すでに DOE はこの内の 13 トンを USEC に無償移転した。残りの部分について、DOE は 50 トンの HEU を USEC に無償移転し、約 40 トンの HEU を Tennessee Valley Authority(TVA)に売却する計画である。TVA へ売却を予定された HEU は商業的な仕様を満たすものではない。TVA の原子力発電所で燃料として使用する LEU に混合希釈するためには、精製を行って同位体不純物を除去しなければならない。TVA はウランおよび濃縮部分に対する支払いを行うが、HEU の精製と LEU への混合希釈の費用は DOE が負担する。DOE は 50 トンの HEU に含める形で、7,000 トンの天然ウラン(約 1,800 万ポンド U_3O_8 相当)を無償で USEC に移転する。

プルトニウム

米国エネルギー省(DOE)は 1996 年 2 月に、米国のプルトニウム在庫が 99.5 t Pu であり、その内の 38.2 トンが国防上の必要量を超えていることを明らかにした^{xi}。米国政府はこの物質を処理する方法を調査している。この物質を MOX 燃料に使用した場合、38.2 t Pu は約 6,500 tU(天然ウラン相当量)に相当する。さらに政府はこの物質を 2005 年から 2022 年まで、原子炉において約 2.25 t Pu/年のペースで燃焼させる提案を検討しているところである^{xii}。これは年間 385 tU (天然ウラン相当量)の燃焼と同じであり、当該期間中の米国の原子炉燃料必要量の 2~5%に相当する。また、ロシア、フランスおよびドイツの 3ヶ国協定の下で、ロシアの国防用プルトニウムを動力炉向けの MOX 燃料として処理する方法に関する調査が実施されている。このプロジェクトには、VVER-1000 における 3体の鉛テスト集合体の照射計画や、MOX 燃料成形加工パイロット施設をロシア国内に建設する計画が含まれている。

3 . リサイクル活動の拡大

潜在的な重要性を持つ第3の核分裂性物質の供給源として動力炉から取出された使用済燃料が挙げられる。1997 年 1 月現在、175,000 トン以上の重金属が動力炉から取出され、約 118,000 トンが使用済核燃料として貯蔵されている。残りは再処理されている。蓄積されている使用済燃料の量は、現在の年間再

処理能力の 20 倍である^{xiii}。現在までに使用済燃料を対象とした最終地層処分場の許認可を発給した国はない。使用済燃料の大部分は原子炉サイト内の特殊な貯蔵プールに貯蔵されている。フランス、日本、ロシア、ドイツ、ベルギー、スイス、韓国、イギリスなどの一部の国では、使用済燃料はその国のエネルギー資源と見なされてきている。これらの国の一部ではすでにリサイクル物質の利用が行われている。世界で 32 基の原子炉が MOX 燃料の使用許可を受けており、このタイプの燃料を製造する施設がベルギー、フランス、日本およびイギリスに存在する^{xiv}。

4 . 一部の地域における通商活動の制限

米国と欧州連合による New Independent States (NIS)産ウランの販売制限がウラン取引に大きな影響を与えている。

米国における制限^{xv}

1991 年 11 月 8 日に、米国のウラン生産者と労働組合が合同で米国商務省(DOC)と米国国際貿易委員会(ITC)に反ダンピング提訴を行った。この提訴は旧ソ連(FSU)による不当な貿易行為からの救済を訴えるものであった。1992 年に、ITC と DOC は FSU の輸出が米国のウラン産業に被害を与えたことを認める仮裁定を下した。

1992 年に、カザフスタン、ロシアおよびウズベキスタンとの間で結ばれた当初の反ダンピング訴訟停止協定は 1994 年と 1995 年に修正され、これらの国々が米国市場により現実的な方法でアクセスできるようになった。修正後の協定では、各国に対して異なった割当量が設定されている。さらに、この修正ではカザフスタンおよびウズベキスタンとの協定における「濃縮迂回」オプションの問題を取り上げると共に、ロシアからの輸入については「マッチド・セールス」取引を設定した。

ロシア、カザフスタンおよびウズベキスタンから米国への輸入の制限は、各々の修正された訴訟停止協定に定められている。ロシア産の U_3O_8 および濃縮ウラン(SWU)は、年間の割当量が新たに生産された米国産 U_3O_8 または SWU に組み合わされる限り輸入することができる。このタイプの取引は「マッチド・セールス」と呼ばれている。ロシアの高濃縮ウラン(HEU)の混合希釈によって得られた低濃縮ウラン(LEU)の販売は、1995 年の米国濃縮公社民営化法によってカバーされている。カザフスタンに対する割当量は米国商務省(DOC)が半年に一回行う価格決定に基づいている。米国以外の企業によって濃縮されたカザフスタンからのウランはカザフスタン産のウランと認定される。従って、 U_3O_8 フィード部分はカザフスタンの割当量に含まれるものとして計算される。ロシアおよびカザフスタンとの協定は 2003 年に終了する。ウズベキスタンの割当量は DOC が半年に一回行う価格決定に基づいた 1995 年と 1996 年を例外として、米国のウラン生産水準に基づくものである。この 2 年間に輸入が認められたウランの上限は、DOC が決定した価格が 1 ポンド当たり 12.00 米ドル以上である場合には、1 年当たり 362 tU(940,000 ポンド U_3O_8)であった。米国以外の企業によって濃縮されたウズベキスタンからのウランはウズベキスタン産と認定される。従って、 U_3O_8 フィード部分はウズベキスタンの割当量に含まれるものとして計算される。ウズベキスタンとの協定は 2004 年に終了する。

欧州連合における制限

同様に、欧州連合(EU)は NIS から供給されるウランに制限を課している。NIS 産のウランが西側の条件で見た場合に生産コストとまったく関連性がないと判断される価格で欧州連合市場に大量に輸入されることによって、市場が不安定になる懸念が生じたため、欧州連合と Euratom Supply Agency が是正措置を講じたためである。その措置は Euratom 条約第 52 条による Agency の契約締結に関する独占的な権限に基づいたものである。1992 年 11 月の欧州議会で欧州委員会は次のようにまとめた。

「欧州共同体は、Euratom 条約の第 2 条(d)および(c)に基づき、共同体内の全てのユーザーが鉱石および核燃料の規則正しく公正な供給を受けることを保証すると共に、原子力開発に必要な基本

施設の設立を保証しなければならない。この目的のため Euratom Supply Agency が設立され、同 Agency は Euratom 条約の第VI章の諸規定、具体的にはその第 52 条 2(b)のもとで核物質の供給に関する契約の独占的な締結権を有している。CIS 諸国からの極端に低い価格での大量輸入は共同体の供給源の多様化に逆行し、供給の長期的な確保とウラン生産業の存続を危うくする恐れがある。そのため Euratom Supply Agency はその契約締結権の行使を通じ、共同体が単一の供給源に合理的な限度を超えて依存しないようにすると共に、CIS 諸国からの核物質の取得が市場価格と関連した価格、すなわち生産コストが反映され、市場経済諸国での価格と両立し得る価格で行われるようにしている。

1996年に欧州委員会は以下の通りこの政策を再確認している。

「欧州委員会および Euratom Supply Agency は供給源の多様化政策を実施しており、単一の供給源への過度の依存を回避することを目的として、Agency の契約締結権の行使を通じて柔軟性に富む方法を適用している。」^{xvi}

欧州連合が 1996 年に NIS 諸国から取得したウランは 5,900 tU 程度である。さらに、これらの国々で生産された約 900 tU を交換およびローン返済の形で取得しており、1996 年の合計取得量は約 6,800 tU となっている。1996 年には、NIS は欧州連合の購入契約による引渡し量の 43% を占めた最大の供給元であった。ロシアが 1996 年の欧州連合への最大の供給国であった。1990 年まで NIS は欧州連合の天然ウラン市場にシェアを持っていなかった。

二重価格体系

米国と NIS 間の反ダンピング停止協定と、欧州連合諸国のウラン輸入制限の結果、二重の価格体系が生じた⁽⁴⁾。1992 年 10 月 31 日以降、Nuclear Exchange Corporation (NUEXCO 社) は「制限付き米国市場ペナルティ」(RAMP) を発表した。この RAMP は NUEXCO 社が判断する「NUEXCO Exchange Value (NEV) の割増価格」と定義され、米国内で供給、消費される生産物または役務に適用される。NUKEM 社は同様に 1992 年 11 月初めからウラン・スポット市場の入札とオファーに 2 種類の価格範囲を設定した。その他のトレーダーやブローカーも何らかの方法で二段階式の市場概念を採用している。NIS 輸入制限の性格に応じて、「制限」または「非制限」スポット市場価格範囲が適用されている。

5 . スポット市場活動

ウラン市場には生産者が電力事業者だけに販売するという伝統的な需給モデルは適用できない。近年では二次市場での取引も重要になってきている。この種の取引としては、電力事業者や仲買人による天然および濃縮のウラン販売、ローンおよび交換が挙げられ、電力事業者が国内や国外の供給源からの直接購入を除く、全ての取引が含まれる。

長期契約は依然として多くの国で主要な購入方法である。電力事業者のポートフォリオにおいて短期契約、スポット契約およびスポット市場関連契約が増加する傾向が 1990 年代前半の市場の特徴であったが、1996 年に逆転した。TradeTech 社は⁽⁵⁾1996 年に 68 件のスポット市場取引と 63 件の期間取引を報告している。ウランの期間取引とは引渡し期間が取引日から 1 年間を上回るような契約である。スポット市場の取引量は 1995 年の 14,650 tU から 1996 年の 6,800 tU に 50% (7,900 tU) を超え落込んだ。この落込みは主に電力事業者によるものである。これに対して、期間取引量は 1996 年に 36% 以上拡大した^{xvii}。NUKEM 社も 1995 年から 1996 年のスポット市場販売について、同様の落込みを報告している。1995 年に 16,300 tU

(4) それ以前に多重市場概念が生じたのは 1987 年半ばのことである。この時には、非米国産のウランを米国の原子炉で使用するための濃縮問題が絡んでいた。

(5) TradeTech 社は 1995 年 1 月 1 日以前に発行されていた The NUEXCO Review に代わって The Nuclear Review を発行している。

あったスポット市場取引量は1996年には約53%減の約7,600 tUに低下した^{xviii}。この落込みはスポット市場の取扱量が1990年から1995年の11,500～15,400 tU (TradeTech社)あるいは9,500～17,000 tU(NUKEM社)に年々拡大してきた後に起こったものである。

一部の国と国際機関が契約価格の動向を示す価格データの集計を公表している。これに加え、即日および短期引渡しに関するスポット価格予測が、TradeTech社(NUEXCO社)やNUKEM社等の業界筋によって定期的に提供されている。図18にTradeTech社(NUEXCO社)、Euratom、米国エネルギー情報局(EIA)、カナダおよびオーストラリアが報告した過去の年間平均引渡し価格の比較を示す。Euratomを例外として、価格はスポット販売と長期販売両方の様々な取引量に基づくものである。Euratomの価格は複数年契約に対応するものである。TradeTech社(NUEXCO社)の価格はNUEXCO Exchange Value(EV)に対応しており、1992年からのスポット価格は「非制限市場」価格を示している。米国の価格は国内と国外での購入に関するものである。図18は1982年以降のウラン市場の特徴である世界的なウラン価格低落傾向と、1995年と1996年の価格回復を明確に描いている。

1996年のNUKEMスポット平均価格は、非制限価格がUS\$36.71/kgU (US\$14.12/ポンド U₃O₈)、制限価格がUS\$40.07/kgU (US\$15.41/ポンド U₃O₈)であった。TradeTech社も1996年の平均Exchange Valueとして同様の価格を報告している(表13)。1996年の非制限価格と制限価格は、1994年の価格と比較して各々95%、64%上昇している。しかし、1996年9月から1997年上半期を通じて、NUKEM社とTradeTech社は非制限市場価格と制限市場価格両方の低下を報告している。1997年7月までに各々のウラン価格は1996年の最高価格より約36%低下した。

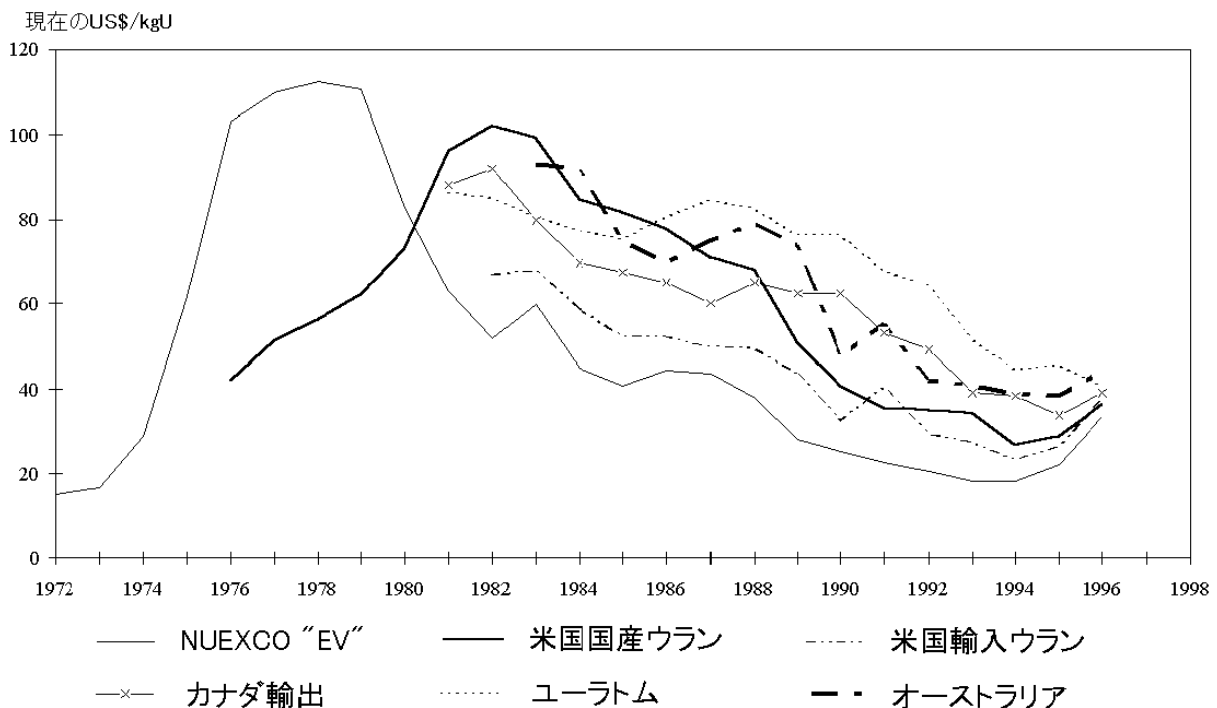


図18 ウラン価格の推移

1994年半ばまで続いたスポット価格の低下傾向は、短期的に市場にウラン不足は生じないという認識に支えられていたものであった。この認識は旧軍用在庫、東欧およびNIS産ウラン等の新たなウラン供給源の可能性によって強化されていた。一部のコメントータは1994年10月から1996年半ばまでのウラン価格の上昇をウラン市場の回復期の始まりと指摘した。しかし、1996年半ばのスポット価格低下傾向は過去に存在した過剰供給が依然として市場において支配的であることを示した。

世界の原子力発電容量は拡大し続け、新たに生産されるウランが需要の 60%程度しか満たしていないことから、ウランの備蓄は急速に取崩されている。しかし、世界のウラン備蓄の残存水準と、市場に流入するであろう余剰国防物質の量の両面で、不確実性が残っている。従って、低価格傾向がいつ終わるのか、あるいはウランの供給と需要とのバランスが成立した時点での市場価格がどのような水準になるのか明らかでない。

表 13 平均スポット価格

US\$/kgU (US\$/ポンド U₃O₈)

	1996 年	1996 年第4四半期	1997 年上半期
非制限市場価格			
Nukem ウランスポット価格	36.71 (14.12)	38.58 (14.84)	31.38 (12.07)
TradeTech Exchange Value	36.89 (14.19)	37.31(14.35)	30.01 (11.54)
制限市場価格			
Nukem ウランスポット価格	40.07 (15.41)	39.55 (15.21)	33.57 (12.91)
TradeTech Exchange Value	40.51 (15.58)	39.00 (15.00)	32.46 (12.48)

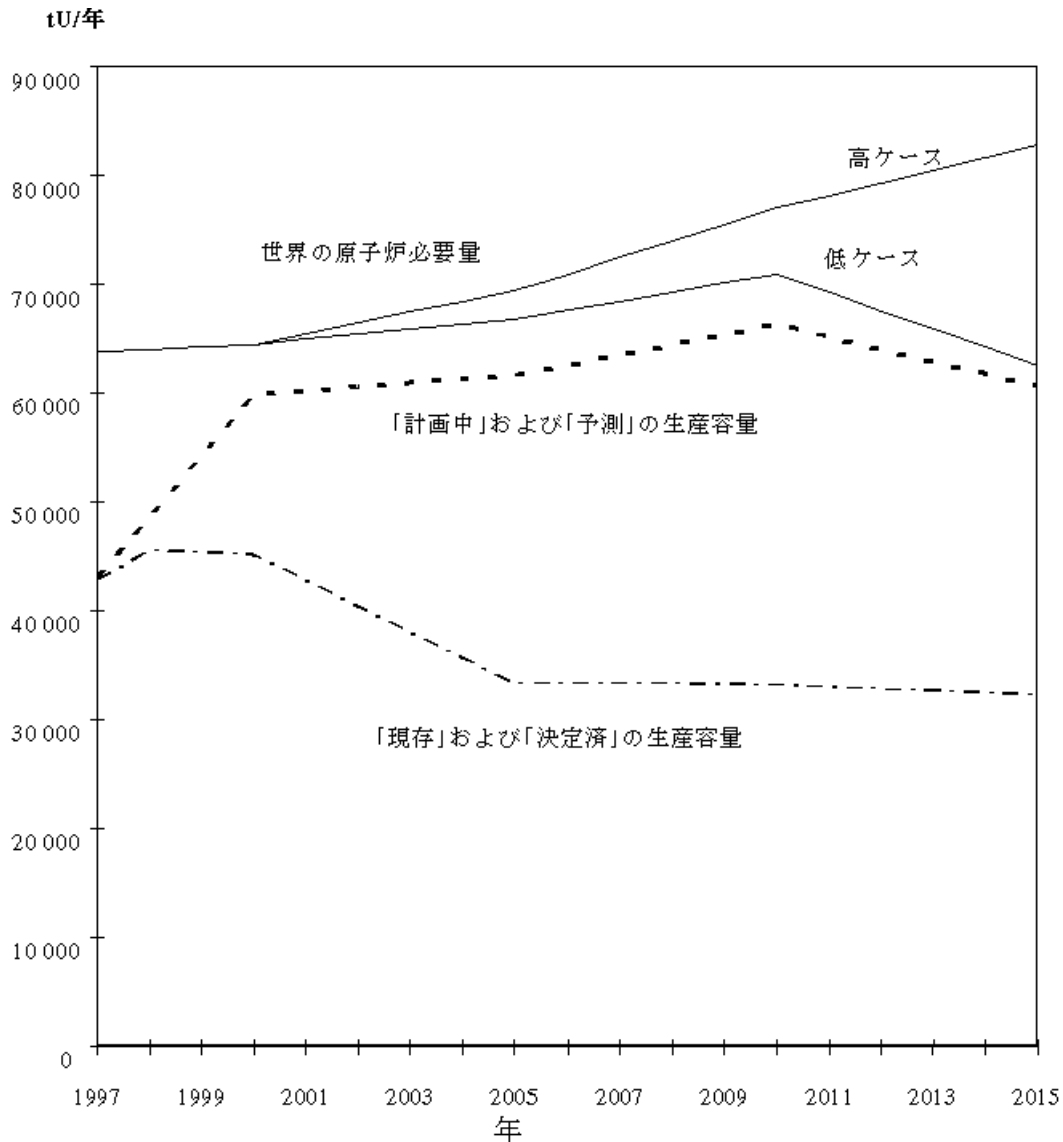
2015年までの展望

短期的なウランの需要は基本的に原子力発電容量によって決定される。世界の原子力発電容量の潜在的な変化に伴う不確実性は存在するものの、短期的なウラン必要量は十分に予測可能である。大部分の原子力発電容量はすでに運転中であり、建設のリードタイムや一部の国における新規原子炉計画の実施面で限定的な不確実性が存在するだけである。原子炉技術の進歩や改善も必要量に影響する可能性があるが、これらの要素は 2015 年以前に重要な影響を及ぼすことはないと考えられる。熱中性子炉における燃料の利用率は、主として炉内燃料管理の改善、濃縮プラントにおける減損分の廃棄濃度の引き下げ、プルトニウムリサイクルによって高めることができる。炉内管理の場合、利用率や原子炉出力レベルの引上げなどによって現存原子炉のウラン必要量が増える一方で、燃焼度の引上げによって必要量は低下する。もう一つの潜在的な不確定要素は原子炉の早期退役である。比較的効率の低い旧式の原子炉が存在したり、電力供給業界の再編成によって原子力発電所の寿命に影響を受ける少数の国々において、原子力発電容量が縮小する可能性がある。しかし、予測される世界の原子炉の追加が潜在的な早期退役の影響は十分に相殺するものと考えられる。従って、世界全体の原子炉関連ウラン必要量は 1996 年の約 60,488 tU から増加し続け、2015 年までに 62,500 tU/年～82,800 tU/年の範囲に達すると見込まれる。

今後 18 年間のウラン市場の供給側は依然として不確実である。不確実性はどこから供給されるのかと、最終的に商業市場に流入する核兵器および国防関連ウランの量についてである。原子力発電が継続される限り、新たに生産されたウランへの需要は存在し続ける。鉱山生産は必要量を満たす最大の供給源である。

過去数年間にわたる低い生産水準と在庫の取崩しは市場へのウラン供給が先細りになることを示すもので、この状況は最終的には逆転して安定した価格上昇傾向が生じ、生産活動が復活するはずである。今回のレッド・ブックで明らかになった情報は、オーストラリア、カナダおよび米国を中心として生産能力の拡大に向けた本格的な努力が行われていることを示している。これらの国々と、中国、カザフスタン、モンゴル、ロシアおよびウズベキスタンなどから生産能力の追加計画が報告されている。

その一方で、核弾頭物質の転換による新規供給源の利用可能性が拡大したことが、引続き価格引下げ圧力となり、生産能力の拡充をさらに遅らせる可能性がある。こうした状況は短期に市場が回復するとの予想を遠ざけるであろう。



* 現存および特定されている潜在的なウラン生産者のすべてを含む。
出典：表10および12。

図 19 2015 年までの世界の年間ウラン生産能力*
($\$80/\text{kg U}$ 以下で回収可能な資源と世界の原子炉必要量)

図 19 に示す通り、すべてのウラン生産国の「現存」、「決定済み」、「計画中」および「予測」の生産センターに基づく生産能力は、低コスト RAR 資源だけについて見た場合、2000 年までに約 59,800 tU/年に増加するであろう。これは約 64,500 tU/年と見積られる 2000 年の原子炉必要量の約 93%を賅うことができよう。不足分は現存在庫の売却や、HEU 核弾頭からの LEU によって充当することができよう。

報告されていないロシアの備蓄を除き、民間の余剰備蓄は払底しつつあることが明らかである。余剰備蓄からの供給が得られない状況になれば、必要量は現存プロジェクトの拡張と「決定済み」、「計画中」および「予測」の生産センターの開発によって賅うことができよう。生産は HEU からの LEU および政府備蓄の売却量の拡大によって補うことができる。そのためには新規容量の開発や核兵器物質売却計画が系統立った形で実施される必要がある。こうした供給拡大のための活動に遅れや混乱が生じた場合には、市場バランスが破綻する可能性がある。

D．最近の状況変化が長期的展望に与える影響

より長期的に見た場合、原子炉関連ウラン必要量と生産量のバランスは改善されるものと予測される。バランスのとれた市場は、余剰物質の備蓄が取崩され、核兵器物質から取出されたウランの相当量が市場に供給された後に実現するであろう。

長期的な化石燃料の供給確保に関する懸念や、原子力発電が酸性雨や温室効果ガスの放出などに関して環境面でクリーンであるという認識の高まりによって、長期的なウラン需要の伸びが現在の予測よりさらに大きくなる可能性がある。特に、地球の温暖化に関する議論がクローズアップされてきたことが、長期的に持続可能な開発の枠組みにおける有効な代替案の一つとして原子力発電が受け入れられる可能性を示している。

21 世紀の需給バランスに重要な影響を与えると思われる要素として、新規原子力発電容量の発注率、既存の原子力発電容量の退役率、改良型原子炉技術の開発、そして先進的な再処理および濃縮技術が挙げられる。

1960 年以降、全世界を見た場合、電力がエネルギー消費に占める比率は事実上2倍になった。しかし、その成長には地理的なばらつきがある。1995 年には世界の発電量の約 59%が OECD 諸国で消費された^{xix}。対照的に、世界の人口の 75%を擁する発展途上国は世界の電力量の約 40%しか消費していない。OECD 諸国と発展途上地域間の一人当たりのエネルギー消費量の差は著しく、発展途上地域の一人名当たりの平均発電量は約 660 kWh であるのに対し、米国の一人当たりの発電量は 10,500 kWh であり、OECD に含まれる欧州諸国と日本は約 6,000 kWh である^{xx}。従って、非 OECD 諸国において電力需要が増加する可能性は大きい。様々な情報源に基づいた見積りでは、2000 年以降に一部の発展途上国の電力成長率は先進国の2～3倍になると示唆されている。

世界の電力利用量は増え続ける人口と持続的な経済成長に伴う需要増に対応するため、今後数十年間にわたり拡大し続けるものと予測されている。実際に電力は、2010 年まで世界的に見て最も成長の著しい最終利用エネルギー形態であり続けると考えられる^{xxi}。原子力発電はこの成長の中で重要な役割を果たすであろう。WEC(世界エネルギー会議)は世界の原子力発電量が 1990 年から 2020 年まで、想定されるシナリオに応じて年間約 0.6%から 2.3%の比率で成長すると予測している^{xxii}。

原子力発電を行う多くの国で、その原子力施設の寿命を維持したり延長する努力が払われている。米国では新規発電所の発注を促すための新しい許可プロセスが設定された。また、既存の原子力発電所の運転寿命を延長させるための許可更新規則も実施されている。この許可更新規定は現在運転中の発電所の寿命を 20 年間延長することを可能にする。

再処理は現時点ですでに利用可能な技術であり、それが全面的に実施された場合、21 世紀のウラン必要量に顕著な影響を与えることになろう。すべてのプルトニウムを軽水炉でリサイクルする計画を実行した場合、ウラン必要量は 17%低減することになる^{xxiii}。また、商業炉の燃焼度を引き上げる傾向があり、これも新規ウランの必要量を減少させる効果を持っている。例えば、燃焼度を 40 GWd/tU から 50 GWd/tU に上げるとウラン必要量は3%低減する^{xxiv}。実施された場合に顕著な影響を与える可能性のあるその他の開発中の技術として、PWR-CANDU 概念のようなタンデム・サイクル炉(PWR使用済燃料をCANDU炉で再燃焼させることで、CANDU炉のウラン必要量は約40%減少する)や、新しい濃縮技術が挙げられる。フランス、日本、南アフリカおよび米国では原子蒸気レーザー同位体分離濃縮技術(AVLIS)や分子レーザー同位体分離濃縮技術(MLIS)の開発が続けられている。これらの方式は現行の遠心分離または拡散濃縮法よりも経済的に優れていると信じられている他、天然ウラン必要量の低減につながる可能性がある。

参考文献

- i. International Atomic Energy Agency, *IAEA Yearbook 1997*, Vienna, Austria, 1997.

-
- ii. Euratom Supply Agency, *Annual Report, 1996*, CEC, Luxembourg, 1997.
 - iii. Energy Information Administration, *Uranium Industry Annual 1996*, DOE/EIA-0478A(96), Washington, DC, United States, April 1997.
 - iv. Euratom Supply Agency, *Annual Report, 1996*, CEC, Luxembourg, 1997.
 - v. Chen, Zhaobao, *The Current Status of Uranium Resources Development in China and its Future*, presented at the Forum on Uranium Resources Development, and organised by the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and Japan Atomic Industrial Forum, Inc., 10 March 1997, Tokyo, Japan.
 - vi. Uranium Institute, *The Global Nuclear Fuel Market – Supply and Demand 1995–2015*, Uranium Institute, London, United Kingdom, 1996, pp. 103–109.
 - vii. International Atomic Energy Agency, *IAEA Yearbook 1995*, Vienna, Austria, 1995, pp. 35–48.
 - viii. Bukarin, O., *Analysis of the size and quality of uranium inventories in the Russian Federation*, NEI International Uranium Fuel Seminar, Williamsburg, Virginia, United States, September 1995.
 - ix. Steyn, J., *Impact of Commonwealth of Independent States (C.I.S.) uranium supply on the world market*, NEI International Uranium Fuel Seminar 97, Monterey, California, United States, October 1997.
 - x. Energy Information Administration, *Nuclear Power Generation and Fuel Cycle Report 1997*, DOE/EIA-0436(97), Washington, DC, United States, October 1997.
 - xi. McGraw Hill, *Nuclear Fuel*, 12 February 1996, New York, United States, 1996.
 - xii. US Department of Energy, *Program acquisition strategy for obtaining mixed oxide (MOX) fuel fabrication and reactor irradiation services (PAS) workshop, Summary Question/Comment Response Document*, Office of Fissile Materials Disposition & Chicago Operations Office, Chicago, Illinois, United States, August 1997.
 - xiii. International Atomic Energy Agency, *IAEA Yearbook 1997*, Vienna, Austria, 1997, pp. C54.
 - xiv. OECD/NEA, *Management of Separated Plutonium: The Technical Options*, ISBN 92-64-5410-8, Paris, France, 1997.
 - xv. Energy Information Administration, *Nuclear Power Generation and Fuel Cycle Report 1996*, DOE/EIA-0436(96), Washington, DC, United States, October 1996.
 - xvi. Euratom Supply Agency, *Annual Report, 1996*, CEC, Luxembourg, 1997.
 - xvii. TradeTech, *The Nuclear Review*, December 1996, Number 340, Denver, United States, 1996, p. 16.
 - xviii. NUKEM, *Natural uranium spot market by buyers*, Market Report, August, Stamford, United States, 1997, p. 35.
 - xix. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 1997*, DOE/EIA-0484(97), Washington, DC, United States, April 1997.
 - xx. Energy Information Administration, *International Energy Outlook 1995*, DOE/EIA-0484(95), Washington, DC, United States, May 1995, p. 65.
 - xxi. International Energy Agency, *World Energy Outlook: 1994 Edition*, Paris, France, 1994.
 - xxii. International Institute for Applied Systems Analysis, World Energy Council, *Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond*, WEC Report 1995, IIASA, Laxenburg, Austria, 1995.
 - xxiii. International Atomic Energy Agency, *Proceedings of the International Symposium: Nuclear Fuel Cycle and Reactor Strategy: Adjusting to New Realities*, Vienna, Austria, 3–6 June 1997.
 - xxiv. Uranium Institute, *The Global Nuclear Fuel Market–Supply and Demand 1995–2015*, Uranium Institute, London, United Kingdom, 1996, pp. 53–60.

第Ⅲ章 ウラン探鉱、資源および生産についての国別報告

序文

本報告書の第Ⅲ章は、ウラン探鉱、資源および生産に関して各国が提出した資料をまとめたものである。これらの報告は各国の核原料物質管理を管轄する政府機関(付録2参照)が提出したものであり、詳細についての責任は関係各機関にある。民間企業がウラン探鉱、および生産を実施している国では、これらの情報はまず各企業から活動拠点のある国の政府に提出され、その政府の裁量によって NEA または IAEA に提出された。また一部のケース、たとえば国の公式報告が提出されていない場合や読者にとって役立つと認められた場合には、事務局がレッド・ブックの内容を完全なものとする目的で補足的なコメントまたは見積りを付け加えた。事務局の推定を示した箇所にはその旨を明記した。技術的な略語については付録8を参照のこと。

NEA と IAEA は、本報告書で扱われていない多数の国においてウラン探鉱活動が行われていることを認識している。またこれらの国の一部でウラン資源の存在が確認されていることも承知している。こうした資源が本報告書の全体的な結論に著しい影響を及ぼすことはないと思われるが、両機関はこれらの国の政府に対し、次回のレッド・ブック作成に伴う調査に公式の回答を寄せるように要請している。

最後に、本報告書の地図に示された国境線は例示のためのものであり、必ずしも OECD や IAEA の加盟国が認めている公式の国境線を示すものではないことを確認しておきたい。

世界のウラン鉱床に関する追加情報は、IAEA が刊行する『世界のウラン鉱床の分布』(STI/PUB/997)に示されているほか、『IAEA 地図付属手引き:世界のウラン鉱床の分布』(STI/PUB/1021)から入手することができる。582ヶ所のウラン鉱床の所在地が、縮尺三千万分の一の地質図上に示されている。この手引書(地図を購入することにより無償で入手することができる)と地図には、鉱床についての情報、すなわちそのタイプ、地質構造上の条件、地質学的年代、総資源量、平均ウラン品位、生産状況および採鉱方法が示されている。下記に注文することで入手できる。

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
 Sales & Promotion Unit, Division of Publications P.O. Box 100
 Wagramerstrasse 5A-1400 Vienna, Austria
 電話 : (43) 1 -2060-22529
 ファックス : (43) 1 -2060-29302
 電子メール : sales.publications@iaea.org

アルゼンチン

ウラン探鉱

歴史的概観

アルゼンチンのウラン探鉱活動は 1951 年～1952 年に開始された。1954 年には赤色層型銅鉱化層の探査に伴って Huemul 砂岩型鉱床が発見された。1958 年に実施されたエアボーン物理探査により、Tonco 地区に Don Otto および Los Berthos 砂岩型鉱床が発見された。また 1950 年代後半から 1960 年代初めのエアボーン調査により、Patagonia で Los Adobes 砂岩型鉱床が発見された。

1960 年代には地表探鉱により、花崗岩類中に胚胎する鉱脈型の Schlagintweit および La Estela 鉱床が発見された。これらの鉱床内に胚胎する資源は、その後、それぞれ Los Gigantes および La Estela 生産センターで採掘された。1968 年には Mendoza 州の Sierra Pintada 地区の一部で、火山砕屑性堆積物中に胚胎する Dr. Baulies 鉱床がエアボーン調査によって発見された。

1970 年代には、Patagonia でこれまでに発見されたウラン鉱徴の周辺地域で追跡調査が行われ、新たに 2 つの鉱床(Cerro Condor および Cerro Solo、共に砂岩型鉱床)が発見された。1978 年に行われたエアボーン調査は、火山岩中に胚胎する小規模な Laguna Colorada 鉱床の発見につながった。

1980 年代には、花崗岩分布地帯を対象に行ったエアボーン調査によって、多数の高い放射能異常地点が発見された。この中には、Achala バソリスに位置するいくつかの地点が含まれ、これらは要調査地として選定された。その結果、いくつかの鉱脈型鉱化層が発見された。その中には、Schlagintweit および La Estela 鉱床の延長部も含まれている。引き続き 1986 年には、地表調査によって Las Termas 鉱脈型鉱化層が発見された。1980 年代末には、ウランポテンシャルがあると考えられる地質区を評価するために、全国規模の探鉱計画が開始された。

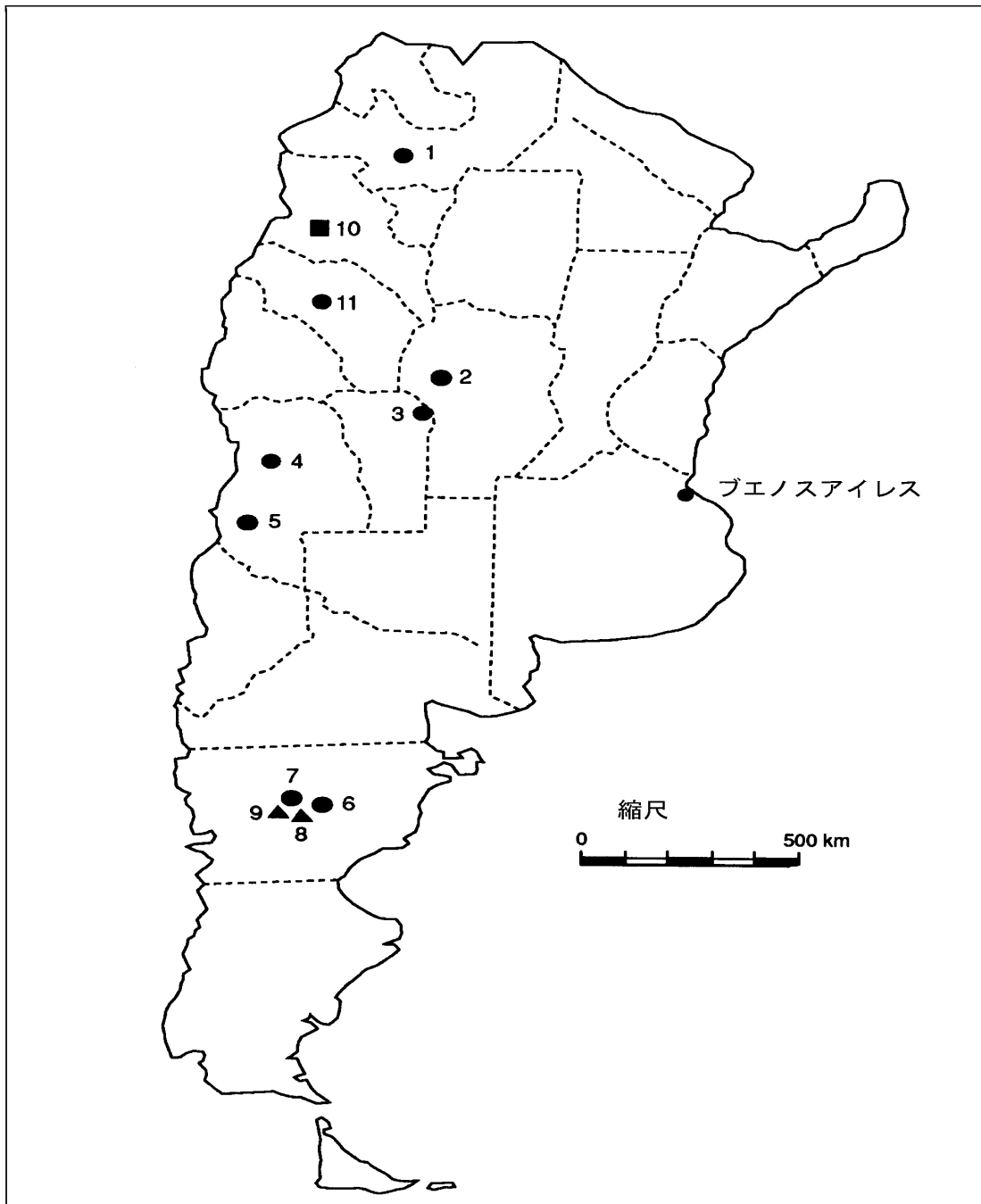
1990 年に、Patagonia の Cerro Solo 鉱床の追跡調査を目的とした探鉱試錐計画が開始された。1996 年までに、古チャンネル構造の有望部分のポテンシャルをテストするため、52,000 m を超える試錐が行われた。その結果、数千トンの資源を含むいくつかの鉱体が新たに発見された。こうした活動のほかに、いくつかの有望地質区の評価が実施されており、Las Termas 鉱化作用の探鉱も続けられている。

最近および進行中の活動

1995 年～1996 年には、広域調査ならびに精密探鉱が継続された。

広域調査としては、Patagonia(10万 km²)および Cordoba(42,000 km²)の特定地域を対象としたエアボーン調査で得られた地球物理学データの再処理作業が完了している。有望な地質区のウランポテンシャルの広域評価も続けられている。

精密探鉱は、主に Cerro Solo 鉱床の評価に絞られ、16,300m におよぶ試錐によって一層の資源が発見されたことにより、比較的信頼性の低いカテゴリから比較的信頼性の高いカテゴリへと資源の再分類が行われた。またこの調査に加えて、Cerro Solo 古チャンネルのポテンシャル評価のために地表活動が実施された。



アルゼンチンのウラン鉱床

▼ 採掘中;ウラン製錬所

● 終掘

■ 調査中

▲ 探鉱地

1. Don Otto (砂岩型)

2. Schlagintweit (鉍脈型)

3. La Estela (鉍脈型)

4. Dr. Baulies (火山砕屑型)

5. Huemu (砂岩型)

6. Los Adobes (砂岩型)

7. Cerro Condor (砂岩型)

8. Cerro Solo (砂岩型)

9. Laguna Colorada (火山砕屑型)

10. Las Temas (鉍脈型)

11. Los Colorados

ウラン探鉱費および試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
探鉱費合計*				
ペソ(×1,000)	700	950	700	1 100
米ドル(×1,000)	700	950	700	1 100
政府機関による地表試錐 (m)	2 300	7 900	8 300	4 500
政府機関による試錐孔数	16	82	97	30

* 給与は含まれていない。

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

アルゼンチンの回収可能な既知資源(\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR および EAR-I)は、1997年1月1日現在、合計で 11,950 tU である。これに対して 1995年1月1日付で報告された見積りは、8,900 tU であった。

1997年の見積りは、\$80/kgU 以下で回収可能な RAR が 4,620 tU、\$130/kgU 以下で回収可能な RAR が 8,840 tU であった。前回の見積りと比較すると 3,190 tU の増加であり、そのうち 1,220 tU は\$80/kgU 以下のコスト区分に属している。この増加は、Sierra Pintada 鉱山にある資源を再分類し、Cerro Solo 鉱床の資源区分を格上げしたためである。\$40/kgU 以下のコストで回収可能な資源は報告されていない。

EAR-I の見積りは、\$80/kgU 以下のコストで回収可能なものが 900 tU、\$130/kgU 以下で回収可能なものが 3,110 tU である。Cerro Solo 鉱床の資源を RAR 区分に移したため、資源は若干(140 tU)減少した。

この見積りは最近行われたものであり、過去の生産量を調整した上で、1997年1月1日現在の正味資源量を表わしている。

\$80/kgU 以下のコストで回収可能なアルゼンチンの既知資源のうち、合計で 43.5%が現存および決定済の生産センターに属している。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

1997年1月1日現在、\$130/kgU までのコスト区分に属する回収可能資源としてのアルゼンチンの EAR-II 資源は、全部で 1,100 tU と報告されている。期待資源については報告されていない。

前回の報告で示された EAR-II は 200 tU だったが、今回の見積りは 1,100 tU となっている。

ウラン生産

歴史的概観

アルゼンチンは 1950 年代半ばからウラン生産を行っている。合計7ヶ所の商業規模の生産センターがそれぞれ異なった時期に生産を行った。さらに 1953 年から 1970 年頃までの期間に、1基のパイロットプラントが操業した。アルゼンチンの全ウラン生産センターの詳細なスケジュールを第1図に示す。

1950 年代半ばから 1996 年までの累計ウラン生産量は 2,482 tU である。1995 年の生産量は Los Colorados センターと San Rafael センターからのものであるが、1996 年の生産量は、Los Colorados センターが閉鎖されたため、San Rafael センターで採掘されたものである。下記の表に生産データを示す。

ウラン生産の歴史的推移

(tU)

生産法	1994 年 以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年ま での合計	1997 年の 予測
・露天採掘	1 908	80	65	28	2 080	20
・坑内採掘	400	0	0	0	400	0
合計	2 308	80	65	28	2 482 *	20

* 小数位を合計しているため、「合計」は毎年の小計の総和にはなっていない。

1995 年末に、La Rioja 州の Los Colorados 鉱山/製錬コンプレックスが閉鎖された。Los Colorados は 1993 年に生産を開始し、民間企業である Uranco S.A.社が所有および操業していた。鉱石はこの地域にある小規模な砂岩型鉱床から採掘され、併設のイオン交換(IX)回収プラントで処理されていた。このプラントは La Estela プロジェクトから移転されたものである。Los Colorados 製錬所の定格年間処理能力は 30 tU であった。

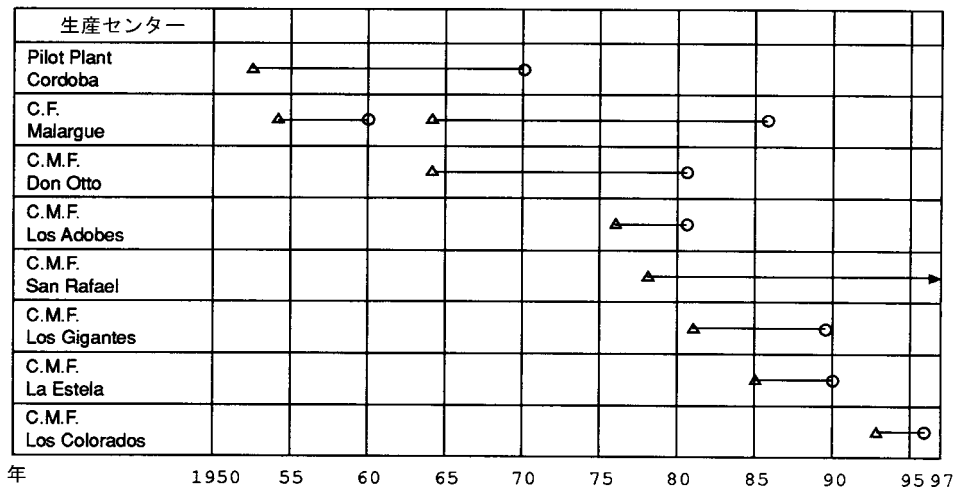
民間所有ベンチャー企業であった Los Colorados センターが閉鎖された結果、アルゼンチンのウラン生産の所有構造に変化が生じた。1996 年現在、ウラン産業はすべて政府機関である CNEA の所有となっている。

生産能力の現状

San Rafael 施設が現在操業中の唯一の生産センターとなっており、その年間生産能力は約 120 tU である。San Rafael 鉱山/製錬コンプレックスの技術情報を次表にまとめた。

ウラン生産センターの規模・内容

生産センター名	Complejo Minero Fabril San Rafael
生産センター分類	現存
操業状態	操業中
操業開始	1979年9月
鉱石供給源 鉱床名 鉱床タイプ	Sierra Pintada 火山砕屑型
鉱山 タイプ 規模(日産鉱石トン) 平均採鉱実収率(%)	露天採掘 700 未入手
製錬所 タイプ 規模(日産鉱石トン) 平均処理容量(tU/年)	IX 700 83
定格生産容量(tU/年)	120
拡張計画	未入手



第1図 アルゼンチンのウラン・イエローケーキ生産センターの操業史

- C.F. ウラン製錬所
- C.M.F. ウラン鉱山・製錬コンビナート
- △ 操業開始
- 操業閉鎖
- 操業中

ウラン産業の雇用状況

アルゼンチンのウラン産業における雇用人員は減少し続けている。1980年の雇用人員は約450人であったが、1996年には100人にまで減少した。さらに1997年には80人まで削減する計画である。

既存の生産センターにおける雇用

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
180	120	100	80

短期的な生産能力予測

アルゼンチンは2000年以降の短期的なウラン生産能力予測は提出していないため、それ以降の予測は入手できない。次の表に入手したデータをまとめる。

短期的な生産能力

(tU/年)

1997年				1998年				2000年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	120	120	0	0	120	120	0	0	120	120

環境への配慮

アルゼンチン政府(旧オペレータの所有者として)と Mendoza 州(地表権の所有者として)の間には、デコミッショニングされた Malargüe 製錬所が占有していた土地の返還に関する契約が存在している。これに伴って CNEA は、製錬所地域の最終的な浄化と原状回復のために約1,200万米ドルを支出している。さらに、閉鎖された Los Gigantes 鉱山/製錬コンプレックスが占有していた土地の原状回復のための調査が進められている。

ウラン必要量

Atucha II 原子力発電所の完成期日が不確定なため、アルゼンチンのウラン必要量は修正されている。原子力発電設備容量および関連ウラン必要量に関して現在入手可能な情報を下の表にまとめた。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996年	1997年	2000年	2005年	2010年	2015年
940	940	940	未入手	未入手	未入手

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年	2010年	2015年
150	150	150	未入手	未入手	未入手

ウラン関連政策

最近承認された原子力関連法では、現在 CNEA が所有している原子力発電所の民営化が定められている。その場合、現在運転中の2基の原子力発電所を入手する法人が、第3の原子力発電所となる Atucha II の建設完了と運転開始も請け負うことになるため、ウラン必要量は増大する見込みである。

CNEA の設定したウラン供給・調達戦略では、ウランが低価格であることを活用し、国内で調達される比率を最小限に抑えることが決定されている。この戦略に基づき、スポット市場で約 100 tU/年が購入されている。この戦略は、現在の市場条件が変化するまで維持されると予想される。

ウラン在庫

1996 年末現在、連邦政府が保有するウラン在庫は、ウラン精鉱の形で合計 188 tU である。

ウラン価格

ウラン価格に関する情報は報告されていない。

オーストラリア

ウラン探鉱

歴史的概観¹

オーストラリアにおけるウラン探鉱は、1947年～1961年、そして1966年から現在までという2つの期間に明確に分けることができる。最初の期間中オーストラリア政府は、ウラン鉱石発見に対する報償金など、探鉱促進のために様々な手段を導入した。ほとんどのオーストラリアの鉱物産出地帯においてとくにプロスペクターによる活発な探鉱活動が行われ、発見の多くはガイガー・カウンターを持つプロスペクターによってなされた。この時期に発見された鉱床のいくつかでウランが生産され、その中で最大のものが Mary Kathleen 鉱床と Rum Jungle 鉱床であった。

しかし需要の急激な落ち込みの結果、1961年から1966年にかけて、ウラン探鉱は実質的に行われなかった。

オーストラリアにおけるウラン探鉱の第二期(1966年から現在まで)において、オーストラリアの低コストRAR(US\$80/kgU以下)は、1967年の6,200 tUから1996年の622,000 tUへ増加した。この探鉱活動のほとんどは、大規模な探鉱予算を持ち、現在利用可能な最新の地質学的、地化学的、物理学的な技術を用いる企業によって行われた。いくつかの主要な発見は、航空機によるマルチチャンネル γ 線スペクトロメーターを利用して行われたものである。この第二探鉱期に発見された主なウラン鉱床は以下のようになっている。

不整合関連型鉱床

- Alligator Rivers ウラン地域: Ranger(1969)²、Nabarlek(1970)、Koongarra(1970)、Jabiluka(1971)
- Paterson 地質区: Kintyre(1985)

角礫岩複合型鉱床

- Stuart Shelf: Olympic Dam(1972)

表成型鉱床

- Yilgarn ブロックのカルクリート鉱床: Yeelirrie(1971)、Lake Way(1972)、Lake Maitland(1972)

砂岩型鉱床

- Frome Embayment ウラン地域: Beverley(1970)、East Kalkaroo(1971)、Honeymoon(1972)
- Westmoreland/Pandanus Creek: Junnagunna(1976)
- Ngalia 堆積盆地: Bigrlyi(1970)、Walbiri(1970)
- Amadeus 堆積盆地: Angela(1973)、Pamela(1973)
- Carnarvon 堆積盆地: Manyingee(1974)
- Officer 堆積盆地: Mulga Rock(1978)

¹ オーストラリアにおけるウラン探鉱の歴史の概要については、Lamber, I., McKay, A., & Mieziitis『オーストラリアのウラン資源: トレンド、全体的な比較、新たな進展』(資源科学局、キャンベラ)を参照のこと。

² 括弧内に発見年を示した。

酸性火山岩型鉱床

・Georgetown/Townsville ウラン地域:Maureen(1971)、Ben Lomond(1976)

最近および進行中の活動

オーストラリアのウラン探鉱費は、1980年のピーク時には3,500万豪ドル(1995年の豪ドル価値に換算すると8,650万豪ドル)であったが、1994年には歴史的にも低い667万豪ドル(1995年の豪ドル価値で700万豪ドル)へと減少した。この下落は、この期間中にウランのスポット市場価格と契約価格が低下し続けたことや前政権の「三鉱山」政策の影響など、数多くの要因によるものである。1996年3月に自由党と国民党の連立政権によってこの政策が破棄されて以来、ウラン探鉱活動は増加している。ウラン探鉱費は1995年には826万豪ドルだったが、1996年には1,492万豪ドルへと上昇した。この上昇の理由には、市場の見通しが明るくなったことも含まれている。活動中のプロジェクトは、1995年には17件、1996年には13件であった。

ウラン探鉱費と試錐統計 - 国内

	1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
民間探鉱費				
豪ドル(×1,000)	6,670	8,260	14,920	未入手
米ドル(×1,000)	4,904	5,943	11,842	未入手
民間による地表試錐(m)	12,375	16,133	19,293	未入手
民間による試錐孔数	不明	不明	不明	未入手

1995年と1996年にウラン探鉱が実施された主な地域は次の通りである。

- ・Arnhem Land(北部準州):Kombolgie 砂岩の厚い被覆層の下位に位置し、前期原生代変堆積岩類中の不整合関連型鉱床を対象とした探鉱が続けられた。
- ・Paterson 地方(西オーストラリア州):Kintyre 鉱体を胚胎する Rudall 変成複合岩体の前期原生代変堆積岩類中の不整合関連型鉱床を対象とした探鉱が続けられた。
- ・Westmoreland 地域(クイーンズランド州北西部):McArthur 堆積盆地の堆積層中の砂岩型鉱床を対象とした探鉱が続けられた。
- ・Olympic Dam 地域(南オーストラリア州):Olympic Dam 鉱床の南縁部に沿って探鉱試錐が続けられた。

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

1995年1月1日から1997年1月1日までの2年間に、オーストラリアにおけるRARとEAR-Iのウラン資源の見積りは以下のように変化した。

- ・\$80/kgU以下のコストで回収可能なRARは、11,000 tU減少した。
- ・\$80/kgU以下のコストで回収可能なEAR-Iは、18,000 tU減少した。
- ・\$80～\$130/kgUのコストで回収可能なRARは16,000 tU増加した。
- ・\$80～\$130/kgUのコストで回収可能なEAR-Iは4,000 tU増加した。

この変化の要因として、以下のものが挙げられる。

- Ranger No. 3, Koongarra および Olympic Dam 鉱体の資源の再評価。これらの鉱体に対する最新の評価は、鉱山会社か、鉱山会社と連携した資源科学局(Bureau of Resource Sciences:BRS)によって計算された。
- Energy Resources of Australia 社から報告された、Ranger 製錬所での実績から得られた製錬実収率に関する新データによって、Ranger 鉱床の回収可能な資源の見積りが変化した。
- Ranger および Olympic Dam 鉱山からウラン生産により、低コスト RAR は減少した。1995 年および 1996 年で合わせて 8,687 tU であった。

Olympic Dam 鉱床のウラン資源には、共産物としての銅、そして関連副産物としての金と銀が含まれる。

オーストラリアの RAR および EAR-I のウラン資源には、他の鉱物の抽出に伴う副産物として回収可能なウランは含まれない。

各鉱床ごとに、予測される採鉱および製錬損失の差引量が決定されている。採鉱および製錬損失率は以下に依存する。

- 採鉱法(または未開発の鉱床で提案されている方法)
- 製錬プロセス(または未開発の鉱床で提案されているプロセス)
- 鉱石および脈石の鉱物学的性質

Ranger および Olympic Dam 鉱山については、企業から報告された採鉱および製錬損失に関する最新の数字を用いて回収可能資源が計算された。

資源科学局(BRS)は、毎年 12 月 31 日付で、オーストラリアにおける RAR と EAR-I 区分の回収可能ウラン資源の合計見積りを作成している。これまで BRS(またはその前身組織)は、企業から提出された試錐孔データに基づいて鉱床ごとの資源を計算し、これらの見積りを合計してオーストラリアの総資源を算出していた。しかし最近はこの作業を担当する職員数が少なくなったために、採鉱中または採掘中のウラン鉱床について BRS は現在、企業の最新の見積りを採用するか、あるいは一部の鉱床についてはオペレータである企業と協力して資源量を計算する形をとっている。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

EAR-II および SR 区分に属するオーストラリアのウラン資源の見積りは作成されていない。

ウラン生産

歴史的概観

オーストラリアのウラン生産は 1954 年に開始された。1954 年～1971 年には、イギリス原子力公社(UKAEA)、または連合開発局(英-米共同の国防調達機関)との契約を履行するために約 7,800 tU が生産された。そのほとんどは Rum Jungle(北部準州)と Mary Kathleen(クイーンズランド州)の 2 鉱山で生産されている。生産量の残りは South Alligator Valley(北部準州)の多数の小規模鉱床と、Radium Hill(南オーストラリア州)によるものである。既存の契約が切れた時点で生産は中止されたが、Rum Jungle での生産は鉱体が掘り尽くされるまで継続し、契約を満たす上で必要な量を超えるウランは備蓄された。



オーストラリアのウラン鉱床と鉱徴地

オーストラリアにおけるウラン生産の第二期は、1976年のMary Kathleenの生産再開によって始まった。1980年6月にはNabarlek(北部準州)で、1981年8月にはRangerで、そして1988年9月にはOlympic Dam(南オーストラリア州)で生産が開始された。

Nabarlek 鉱体は1979年に採掘され、後の処理に備えて貯鉱された。生産はこの貯鉱分の最後の処理が終了した1988年に停止された。

生産能力の現状

現在、ウラン酸化物の生産は、RangerとOlympic Damの2つの鉱山/製錬所で行われている。オーストラリアの1996年の総生産量は4,975 tU(5,867 tU₃O₈)という記録的な水準に達している。そのうちRangerで3,509 tU、Olympic Damで1,466 tUが生産された。1996年の総生産量は1995年と比較して34%も高かった。Rangerでは、1996年に連続的な製錬態勢に復帰したため、年間生産量が増加している。Olympic Dam センターでも、1995年半ばに第2次最適化プロジェクトが完了して回収率が向上したことから、生産量が増加した。

Ranger

Ranger No.1 露天ピットでの採鉱は1994年12月に終了した。Energy Resources of Australia(ERA)社の報告によると、備蓄された鉱石は製錬所の操業を1999年まで維持するのに十分な量である。1996年8月に、同社は鉱さいを露天採掘ピットに処分する作業を開始した。

ERA社は2つの未開発ウラン鉱床を保有している。Ranger製錬所に隣接したRanger No.3 鉱体と、隣接リースで同製錬所の北20kmに位置するJabiluka 鉱体である。1996年3月に同社は、北部準州の鉱山・エネルギー省からNo.3 鉱体の開発承認の発給を受けた。この露天採掘に対する開発活動は1996年後半に開始され、この鉱床からの生産は1997年半ばに開始される予定である。またNo.3 鉱体は、1,990万鉱石トン(平均品位は0.28% U_3O_8 、含有量は55,700 t U_3O_8)を埋蔵していることがわかった。このNo.3 鉱体はRangerプロジェクト区域内にあり、Rangerウラン環境審査に続いて作成されたRangerプロジェクト区域の鉱山に関する当初の環境影響評価で扱われている。

ERA社は現在、Ranger製錬所の容量を、現在の年産3,500 t U_3O_8 から年産5,000 t U_3O_8 に拡張しているところである。製錬所の拡張は、No.3 鉱体の採掘開始と併せて、1997年半ばに完了する予定である。ERA社の現在のJabiluka開発提案が承認された場合(Jabiluka 鉱石をRanger製錬所で処理できることになる)、容量はさらに6,000 t U_3O_8 /年に引き上げられることになろう。

Olympic Dam

Olympic Dam 鉱山は、坑内鉱山と製錬複合施設で構成されている。製錬複合施設には、粉碎/濃集系統、湿式製錬工場、銅の乾式製錬工場、銅の精錬工場および貴金属回収系統が含まれる。現在Olympic Dam施設では、1年間に銅が85,000トン、 U_3O_8 が1,700トン、そして付随する金および銀が生産されている。

1996年6月にWMC社は、1年間に生産される鉱石850万トンからの生産量について、銅を20万t/年、 U_3O_8 を3,700t/年、金を75,000オンス、銀を95万オンスに引き上げると発表した。当初、この拡張は2001年までに完了する予定だった。またWMC社は、現在の拡張予定では銅を20万トン/年生産することとなっているが、最終的には同プロジェクトを銅の生産量が35万トン/年(および関連産出物)になるよう拡張する上で必要な承認を得るために努力すると発表している。

WMC社は、建設・生産スケジュールの見直しに伴い、拡張予定を早めて1999年末までに予定生産率(銅20万トン/年)を達成すると発表した。この結果、総合的な資本費は12億5,000万豪ドルから14億8,000万豪ドルに増加する。またWMC社は、現存鉱山の現行生産水準に基づいて、年間平均生産量を3,700t U_3O_8 から約4,600 t U_3O_8 にまで増強し、Olympic Damを世界の5大ウラン生産センターの一つにするつもりだと発表した。

WMC社と南オーストラリア州が取り交わした当初の契約書と、既存の連邦/州環境認可では、Olympic Damセンターは銅および関連産出物を15万トン/年まで生産できることになっていた。しかしこの契約書は修正され、環境認可を条件として、このプロジェクトの生産拡張は35万トン/年(銅および関連産出物)まで認められることになったが、現在このプロジェクトを15万トン/年以上に拡張する提案は、連邦/南オーストラリア州合同の環境影響評価(EIS)プロセスの下にある。1997年5月には、公衆の意見を求める目的でドラフトEISが公表された。

WMC社は、1996年6月現在のOlympic Dam 鉱床の埋蔵量および資源量を次のように報告している。

埋蔵量/資源量		鉱石 100万トン	Cu %	U_3O_8 kg/t	含有 U_3O_8 トン
埋蔵量:	確定	73	2.5	0.8	58,400
	推定	496	2.0	0.6	297,600
資源量:	確定	0			
	推定	1,220	1.1	0.4	488,000
	予想	400	1.3	0.4	160,000

(注:資源量は埋蔵量に加算されるものである)。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1	センター2	センター3	センター4	センター5
生産センター名	Ranger	Olympic Dam	Jabiluka	Kintyre	Beverley
生産センター分類	現存	現存	計画中	計画中	計画中
操業状態	鉱山/処理工場が操業中	鉱山/処理工場が操業中	政府承認は未取得	政府承認は未取得	政府承認は未取得
操業開始	1981年	1988年			
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Ranger 第1および第3鉱体 原生界不整合関連型	Olympic Dam 角礫岩複合型	Jabiluka 第2鉱体 原生界不整合関連型	Kintyre 原生界不整合関連型	Beverley 砂岩型
鉱山 ・タイプ(OP/UG/ISL) ・規模(年産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	OP 240万(a) 未入手	UG 310万 未入手	UG 30万(初期容量) 未入手	OP 60万 未入手	ISL 未入手
製錬所(酸/アルカリ) ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(年産鉱石トン) ISL(キログラム/日またはt/時) ・平均製錬実収率(%)	酸 CWG、AL、SX 140万 85	酸 CWG、AL、FLOT、SX 310万 66(c)	(e)	酸(破碎、放射線選鉱、密度選別) AL、SX 45,000 未入手	酸 IX、SX、AL 未入手
定格生産容量(tU/年)	2,970	1,610	1,530	1,020	760
拡張計画	(b)	(d)	(f)		

- a) 歴史的には、鉱石の年間採掘量は最高で240万tであった。Ranger 鉱山の露天採掘は1994年12月に完了した。
- b) ERA (Energy Resources of Australia)社は、Ranger 製錬所の容量を、現在の年産140万鉱石トン(2,970tU/年)から、1997年半ばまでに200万鉱石トン(4,240tU/年)に拡張する作業を進めている。ERA社のJabiluk開発申請が承認された場合、この製錬所のウラン生産容量はさらに拡大して約5,090tU/年になる。連邦政府との協定に基づいてERA社は、同社が商業的に可能だと考えた場合、生産量を5,090tU/年(6,000t U₃O₈/年)にまで増加させることができる。
- c) 出典：米国証券取引委員会へのWMC Holdings社の報告書(Washington DC、1992)。
- d) 1999年までに、この製錬所の生産容量は年間850万鉱石トン、生産量は3,900tU/年(4,600tU₃O₈)まで増強される予定である。
- e) ERA社がJabilukaにとって望ましいと考えるオプションは、鉱石の処理をRanger製錬所で行うことである。
- f) 2014年までにJabilukaからの生産量は3,400tU/年(4,000tU₃O₈/年)に増強される。

ウラン生産の推移

(tU、精鉱中)

生産法	1994年 以前	1994年	1995年	1996年	1996年まで の合計	1997年予測
在来型採掘						
露天採掘	56 399 (a)	1 240	2 550	3 509	未入手	未入手
坑内採掘		968 (b)	1 162 (b)	1 466 (b)	未入手	未入手
合計	56 399	2 208	3 712	4 975	67 294	未入手

(a) 1994年以前までの合計は、露天採掘と坑内採掘を組み合わせで作成した。

(b) Olympic Dam からの生産量は、ERA 社からの報告(トン鉱石、ウラン精鉱として)による。この精鉱の品位は報告されていないが、通常は 98%U₃O₈ を上回っている。この数字では、精鉱の品位はまったく考慮されていない。

探鉱:1996年と1997年には、Olympic Dam の角礫岩複合岩体(鉱化母層)南部域のポテンシャルを評価するために探鉱試錐計画が続けられた。試錐孔 RD1090 は、405m以深で 84mにわたり 2.1%Cu の銅鉱化帯を捕捉した。また RD1090 の西 300mに掘削された RD1095 は、2つの大規模な鉱化帯(300m 以深で 60m にわたり 1.4%Cu の銅鉱化帯、414m以深で 90m にわたり 1.1% Cu の銅鉱化帯) を捕捉した。現在まで、これらの銅鉱化帯中のウラン品位は報告されていない。

ウラン産業の所有構造

1996年8月現在、Ranger 製錬所および鉱山の運営企業である ERA (Energy Resources of Australia)社の所有関係は以下の通りである。

発行済み株式における比率

Peko Wallsend 社	34.29
North Broken Hill Peko 社	34.10
その他の「Aクラス」株主	6.51
Rheinbraun Australia 社	6.45
UG Australia Developments 社	4.19
Interuranium Australia 社	1.98
Cogema Australia 社	1.31
OKG Aktiebolag	0.54
Japan Australia Uranium Resources Development 社	10.64

Olympic Dam プロジェクトは全て WMC 社が所有している。

ウラン産業の雇用状況

オーストラリアの生産センターの雇用者数は、1996年初めに Ranger で継続的な製錬所の運転再開と、1995年半ばに Olympic Dam の第2次最適化計画が完了するのに伴い、若干増加した。

将来の生産センター

1996年3月の「三鉱山」政策の撤廃以降、ERA 社と Canning Resources 社(RTZ-CRA 社の子会社)の2社が、

新規ウラン鉱山の開発案を進める意図があることを連邦資源エネルギー相に公式に届け出た。対象となるプロジェクトは北部準州の Jabiluka と西オーストラリア州の Kintyre である。また第3の企業として、米国の General Atomics 社が、南オーストラリア州の Beverley ウラン鉱床の開発可能性に関する外国投資の承認を求めている。

Jabiluka

1996年10月に発表された Jabiluka プロジェクトに関するドラフト環境影響評価 (EIS) では、Jabiluka 鉱床の開発に関する多数のオプションが検討されている。ERA 社の希望するオプションは、坑内採掘と Ranger 製錬所での鉱石処理である。鉱石は、すべてリース内にある運搬路を通して、20km の距離を Ranger までトラック輸送されることになる。

ERA 社案の主要点は次の通りである。

- Jabiluka には、鉱さいダムや処理工場は設置しない。
- 地表施設の面積は 20 ヘクタールにとどめる。
- 輸送路を含め、影響を受ける土地は全体で 80 ヘクタールと見積もられる(他のオプションに比べてはるかに小さい)。
- 鉱さいは Ranger の露天採掘場に設置し、鉱山寿命が過ぎた時点で環境を復旧する。

ERA 社は 1999 年～2000 年までに Jabiluka を開発する計画である。当初は 30 万トンの Jabiluka 鉱石を処理して、年間約 1,800tU₃O₈ を生産する。14 年目には、90 万鉱石トン进行处理して、生産量を年間約 4,000 tU₃O₈ に増強する。

全体の確定および推定埋蔵量は、鉱石量 1,950 万トンで平均品位 0.46%U₃O₈、90,400 tU₃O₈ と ERA 社は報告している。総地質学的資源量(鉱石量を含む)は 2,870 万鉱石トン、平均品位は 0.52%U₃O₈ である。

このプロジェクトに関するドラフト EIS は、1996 年 10 月に公衆のコメントを得るために公開された。最終 EIS は 1997 年 6 月に連邦政府に提出された。

Kintyre

Kintyre 鉱床は、西オーストラリア州 Eastern Pilbara 地方の Great Sandy Desert の西端にあり、Perth から北～北西約 1,200km の地点に位置する。このプロジェクト地域は、Rudall River 国立公園のすぐ北側に位置している。

Canning Resources 社は、Kintyre 鉱床を構成する4つの鉱体を別個の露天採掘場で採掘するという提案をしている。鉱石処理はおおむね次の二段階を経ることになる。

- **乾式選鉱段階:** 鉱山からの鉱石を破碎し、サイズ別に選別する。比較的サイズの大きな断片は放射能選鉱によって、比較的小さなサイズの断片はフェロシリコン重力選鉱法を用いて選鉱される。Kintyre の鉱化層は、不毛母岩中にウラン品位の高い鉱脈として存在する。このため鉱石は放射能選鉱に適している。
- **湿式段階:** ウランは浸出、鉄の沈殿およびウランの沈殿といった3段階の工程を経て鉱石から抽出される。

生産開始は 1999 年に予定されている。当初は年間 1,200 tU₃O₈ で生産するが、20 年間のうちに年間 2,000 tU₃O₈ まで増産することもできる。推定資源は 24,500 tU₃O₈、加えて予想資源が 11,500 tU₃O₈ 存在するものと見積もられている。

Kintyre プロジェクトは現在、連邦と西オーストラリア州合同の EIS プロセスを受けている。このプロセスは 1997 年末には終了するものと見られている。

Beverley

Beverley は、Adelaide の北～北東約 530km、Frome 湖の近くにある砂岩を母岩とする鉱床である。1990 年以降、Beverley は米国の民間企業 General Atomics 社の 100% 子会社である Heathgate 社が所有している。同社は現在、インシチュリーチングに必要な承認を得ることを目指して、鉱体の地質および製錬に関する調査をさらに進めるための外国投資承認を得ようとしているところである。

総資源量 16,200 tU₃O₈(平均品位は 0.27%U₃O₈)のうち、インシチュリーチングによって回収できるものは約 11,600 tU₃O₈である。

現在のこの提案は、連邦と南オーストラリア州合同の EIS プロセスの初期段階にあり、2000 年までに年間 900 tU₃O₈を生産できるインシチュリーチング生産センターの開発を目指すという内容になっている。

環境への配慮

北部準州

北部準州におけるウラン鉱山は連邦政府が管理しているが、日常的な鉱山の規制管理や環境計画の監督は北部準州政府の責任である。Ranger 鉱山は現在操業中の唯一のウラン鉱山である。Nabarlek 鉱山は 1988 年に生産を停止しており、1995 年に鉱山の大規模な環境復旧は無事終了した。サイトの環境モニタリングは継続されている。いずれの鉱山も Alligator Rivers 地方(ARR)に位置している。

Ranger および Nabarlek プロジェクトには厳格な環境要件が設定されている。その例として、鉱山と工場の設計、採掘および製錬方法が「Best Practical Technology: 最良の実用技術」(BPT)を用いて実施されるという要件が挙げられる。この BPT とは、合理性、コスト、被害の実証、プロジェクト所在地、設備の年代および社会的要因を勘案した上で、環境汚染および環境の悪化を合理的に達成可能なかぎり最小限にする技術をいう。

連邦機関である Office of the Supervising Scientist(OSS)は、1980 年代初めに Ranger および Nabarlek で鉱山が開始されて以来、ARR におけるウラン鉱山を環境面から監督している。この OSS は、Environmental Research Institute of the Supervising Scientist(ERISS)の支援を受け、ウラン鉱山の影響から ARR の環境を保護し、原状回復するための様々な措置の調整および監督を行っている。OSS は、鉱山の環境面への実績を1年間に2回行われる監査プロセスを通じて測定しており、これには Nabarlek の環境復旧も含まれる。

OSS は、1996 年 6 月 30 日に完成した年次報告書などを含め、ARR において高水準の環境保護が達成されていることを一貫して承認しており、鉱山が周囲の環境に及ぼした影響は無視できるレベルにあると指摘している。

Energy Resources of Australia(ERA)社は、同じく ARR に位置する Jabiluka 鉱床開発に関する環境影響評価(EIS)の最終版を作成中である。連邦と北部準州合同の環境評価プロセスの一部を構成するドラフト EIS は、1996 年 10 月に公衆のコメントを得るために公開された。ERA 社は、1997 年 1 月 9 日に終了した公衆意見聴取期間中に 83 件のコメントを受け取った。これらのコメントの中でとり上げられている主な問題としては、社会的な配慮、放射線防護、水の管理、鉱さいの処分などが挙げられる。ERA 社はこれらの問題を、1997 年 5 月に提出予定の最終 EIS において検討することになっている。

南オーストラリア州

包括的な EIS を含めた Olympic Dam プロジェクトに関する最初の環境評価プロセスは、連邦/州合同プロセスの下で 1983 年に終了している。この評価は、年間銅 15 万トンならびに関連産出物を生産するプロジェクトを対象としたものである。このプロジェクトは現在、年間生産量にして 85,000 トンの銅、1,700tU₃O₈、そして関連する金および銀を生産している。

1995 年に WMC 社は、連邦および州の諸機関に対し、当初の EIS に示されているとおりに最大生産レベルで年間 15 万トンの銅および関連産出物の生産を達成するよう Olympic Dam プロジェクトを拡張する提案を届け出た。この提案は、「1974 年環境保護(提案の影響)法」に従って連邦の環境評価を受けた。この評価は、鉱さい保持システムおよび製錬方法を含めた州の環境審査を考慮することと、Great Artesian 堆積盆地の新しい井戸(このプロジェクトに必要な水源となる)に対する州の評価の完了が含まれている。この評価は 1996 年 1 月に終了し、WMC 社には、銅および関連産出物を年間 15 万トン生産する拡張案の実施に関する連邦環境認可が発給された。

1996年7月に、WMC社は、Olympic Damを2001年までに年間20万トンの銅および関連産出物(年間3,700トンの U_3O_8 を含む)を生産できるように拡張する計画を発表した。また同社は、将来の拡張に関する柔軟性を確保するために、最終的には年間35万トンの銅および関連産出物の生産を目的とした適切な規制と環境上の承認を得るつもりだと報告している。1997年2月に、拡張の計画を早め、予定生産レベルである年間20万トン(銅)の達成を1999年末に実現することが発表された。さらに1997年4月にWMC社は、ウランの年間生産量を年間約4,600 t U_3O_8 に上方修正したと発表した。提案された拡張に対する環境評価は、現在、連邦と南オーストラリア州が合同で実施している。1997年5月には、WMC社により、公衆のコメントを得るために包括的なEISが公開された。

Olympic Dam プロジェクトは、主として州政府とWMC社が取り交わした契約に基づき、南オーストラリア州政府の規制の下に置かれている。この契約では、プロジェクトに関する環境管理計画書のドラフトを作成および実施するほかに、この計画書を3年ごとに改訂および再提出して、承認を受けることになっている。この要件に従い、WMC社は1996年に最新の環境管理・モニタリング計画(EMMP)を南オーストラリア州政府に提出した。EMMPは公開文書であり、同政府によってすでに承認されている。

Beverleyに南オーストラリア州第2の鉱山を開発する提案が、Heathgate社によって提出されている。1996年12月に連邦環境相は、この提案を対象とした連邦および州合同のEISプロセスを実施することを決定した。

西オーストラリア州

1996年9月に連邦環境相は、Kintyre 鉱山の開発提案を対象とした連邦/州合同 EIS プロセスを実施することを決定した。ドラフト EIS ガイドラインは、1996年11月に公衆のコメントを得るために公開されており、1997年半ばには完成の見込みである。

ウラン生産に関する統計データ

長期的な生産能力

「三鉱山」政策の廃止により、商機を有利に得るために、複数の新ウラン鉱山が開発される可能性が高くなった。オーストラリアの年間生産量は、1996年には4,975 tUであったが、Ranger および Olympic Dam で増産が予定されていることや、いくつかの新規鉱山(Jabiluka, Kintyre および Beverley)からの生産が予想されるため、2000年までに約10,800 tUまで上昇する可能性がある。この増産規模は、市況に左右されることになろう。

またより長期的に見た場合、Olympic Dam 生産が年間35万トン(銅)の生産レベルに拡張されることで、ウラン生産量はさらに増大すると思われる。これに加えて Alligator Rivers 地方には多数の大規模な不整合関連型鉱床が、また西オーストラリア州にはカルクリートを母岩とする鉱床が存在する。これらも、長期的に見て、開発される可能性が高い。これらの鉱床からの生産によって、ウラン生産大国としてのオーストラリアの地位は維持されることになろう。

ウラン関連政策

1996年3月の総選挙の結果を受けて、自由党と国民党連立政権は、オーストラリアにおける新規ウラン鉱山の開発を制限した前政権の政策(いわゆる「三鉱山」政策)を撤廃した。現政権の政策は、新規鉱山および輸出を承認する際には、厳格な環境、自然保護および核保障措置要件に従うというものである。またアボリジニの利益が関係する場合には、政府は影響を受けるアボリジニ共同体と十分な協議を行うことを約束している。

ウランの輸出契約は現在でも政府の認可が必要であるが、価格設定に関する審査はもはや行われていない。

1996年11月に政府は、「三鉱山」政策の撤廃に伴い、鉱業界一般に適用される外国投資政策がウランにも適用されることになったと発表した。すなわち、ウランにおける届け出基準を上回る外国投資は「国益」審査の対象となるものの、特別な投資制約は適用されない。したがって1,000万豪ドル以上の投資を伴う新規ウラン鉱山の開発、あるいは既存ウラン鉱山に関する500万豪ドル以上の価値のある実質株式の取得には事前承認が必要であるが、その提案が国益に反するものとみなされない限り、異議が出ることはない。

ウラン在庫

機密保持のため、生産者在庫に関する情報は入手できない。連邦のウラン備蓄は、1950年代と1960年代のRum Jungleにおけるウラン採掘の結果として蓄積された1,900 tUからなり、2年間の段階的な販売計画の下でオーストラリア政府によって処分された(1995年に完了)。この備蓄は、北米での発電用途のため売却された。

ウラン価格

オーストラリアの年間平均ウラン輸出価格は以下の通りである。

1996年	A\$ 55.74/kgU
1995年	A\$ 53.35/kgU
1994年	A\$ 53.06/kgU
1993年	A\$ 60.29/kgU
1992年	A\$ 57.42/kgU

ベルギー

ウラン探鉱

序

1977年までベルギーでは2～3のウラン鉱徴しか知られていなかった。これらは主に Dinant 堆積盆地の上部ビゼー～ナムール統および Stavelot 山脈のレビニ統の黒色頁岩類や、Visé 山脈のビゼーおよびフラスヌ統チョーク層内の角礫岩に伴うものである。

1977年～1979年にウラン探鉱への関心が新たに高まり、Visé 山脈におけるウラン鉱徴の研究や、Mons 堆積盆地白亜系中の含ウラン磷酸塩のウラン含有量に関する研究につながった。

1979年～1981年に欧州共同体および経済省から融資を受け、ベルギーの古生界分布地域を対象に、ウランの予察調査が行われた。地質局が調整に当たった3種類の探鉱(カーボン放射能調査、沖積堆積物に関する地化学調査、水理地化学調査)が、約11,000km²の地域で実施された。この調査は、それぞれベルギーの Mons 大学、Louvain 大学(UCL)および Brussels 大学(ULB)に委託された。1983年に全体報告書が出版された。

1981年～1985年に全体調査の過程で発見された主要な放射能異常の地質環境の研究を目的とした調査が、主として Mons 研究室で実施された(ビゼー～ナムール統および下部デボン系)。

最近および進行中の活動

1985年～1988年にわたる地下資源局の融資による探鉱(Walloon 地方)によって、下部デボン系の片岩(砂岩)層と上部 Ardenne 層の地表層において、放射能異常と鉱床(特定の地点では1%U 相当の品位を超える)が発見された。

ベルギー・アルデンヌの下部デボン系において、プロジェクトでの予備的カーボン調査の際に発見された孤立した異常点を基づき、戦略的および戦術的なウラン探鉱が実施された。このプロジェクトは、1979年～1982年にEECとベルギーの地質局の共同出資によって進められた。第2段階で発見された徴候に対して様々な地化学的および物理学的的方法(鉱泉中のラドン、地表でのラドン調査、ガンマ線スペクトロメーター)が適用され、トレンチ掘削や浅層試錐(約10m)が行われた。また、より深部でのコア・サンプリングと試錐孔検層調査が地質局によって地域別に実施された。

現在、調査地域には経済的価値が認められないと推定されている。しかしながら、鉱徴は多数存在し、かつ多様であり、100ppm以上を示す鉱徴点のウラン含有量は1トン未満と計算されている。

Mons 堆積盆地にある磷酸塩のウラン含有量も評価されており、この堆積盆地内のリン(P₂O₅)資源に関する新たな見積りでは、約4万 tU(金属)の非在来型ウラン資源とされている。この見積りには、磷酸塩の採掘に適した地域内中の約2,000 tUを含む(ただし品位はP₂O₅で10%以下、ウラン相当量で100ppm以下)。

ウラン資源

ベルギーは顕著なウラン資源を報告していない。

ウラン生産

生産能力の現状

ベルギーは輸入リン酸塩から年間 45 tU の生産(容量)を報告している。ベルギー産の鉱石からの生産はない。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997 年 1 月 1 日現在)

	センター1
生産センター名	PRT
生産センター分類	現存
操業状態	プラントが稼働中
操業開始	1980 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱石タイプ	モロッコからの輸入リン酸塩
鉱山 ・タイプ(OP/UG/In-situ) ・規模(年産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	なし
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(年産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	DEPA-TOPO 130,000 tP ₂ O ₅ /年を処理
定格生産容量	45 tU/年
拡張計画	なし

ウラン産業の所有構造

1995 年版レッド・ブック以降、ベルギーのウラン生産に関する所有関係や、ウラン生産分野の雇用に変化はなかった。ウラン(生産容量 45 トン)は民間企業である PRAYON RUPEL TECHNOLOGIES(PRT)社が 100% 所有している。ウラン生産量は全て、ベルギーの核燃料サイクル企業である SYNATOM 社に売却されている。

将来の生産

ベルギーでは、現在から 2010 年までの期間に新たなウラン生産能力は予見していない。

ウラン必要量

ベルギーの原子力発電設備容量は、7基の原子炉(Doel-1、Doel-2、Doel-3、Doel-4、Tihange-1、Tihange-2 および Tihange-3)に施された様々な改良を通じて、5,528 MWe(定格)から 5,713 MWe(定格)に拡充された。原子力発電は、ベルギーの電力需要の約 57%を占めており、総発電量に占める原子力の比率から見ると世界第 3位に位置する。最も古い原子炉(Doel-1、Doel-2 および Tihange-1)は、1974 年および 1975 年に商業運転を開始した。原子力発電容量に対するウラン需要は短期的に変化しないと考えられている。

1990 年、ベルギーの3大民間電力事業者は単一の民間電力事業者 ELECTRABEL 社として合併された。SYNATOM 社は、ELECTRABEL 社から商業用原子炉7基の核燃料サイクルの管理を受託しているベルギー企業である。1994 年まで SYNATOM 社は民間(ELECTRABEL 社)と公益企業 SNI(Société Nationale d'Investissement)が 50 対 50 の出資比率で所有する会社であった。1993 年にベルギー政府は SNI を民営化し、この SNI がエネルギー部門(SYNATOM 社を含む)に所有している株式を ELECTRABEL 社の親会社である TRACTEBEL 社に売却することを決定した。しかし政府は、政府のエネルギー政策に矛盾するいかなる決定に対しての拒否権を確保するため、51%を超える株式を維持している。

ウラン在庫

SYNATOM 社は2年分の必要量に相当する戦略的ウラン備蓄を確保している。この在庫は U_3O_8 、天然 UF_6 および濃縮 UF_6 からなる。

ウラン関連政策

1993 年末、ベルギー議会は燃料サイクルのバックエンドについて広範な討論会を開催し、1978 年に SYNATOM 社が COGEMA 社と結んだ再処理契約の継続を認める決議を行った。これにより、発生するプルトニウムを Doel-3 および Tihange-2 で MOX 燃料としてリサイクルすることができ、近い将来、天然ウランの年間需要の約4%が節約されることになろう。

ウラン価格

ウラン価格に関する情報は入手できない。

ブラジル

ウラン探鉱

歴史的概観

放射性物質の組織的な探査は、Brazilian National Research Council によって 1952 年に開始された。この活動により、Poços de Caldas(Minas Gerais 州)および Jacobina(Bahia 州)の最初のウラン鉱徴が発見された。1955 年には、ブラジルのウランポテンシャルを評価するため、米国政府との技術協力協定が締結された。またブラジル原子力委員会(CNEN)の設立後の 1962 年には、フランス原子力庁(CEA)の支援を受けて鉱物探鉱局が組織された。

1970 年代に、さらなる財源を得て、CNEN の放射性物質に対する探鉱活動は増強された。1974 年には、政府がウラン探鉱および生産を排他的に担当する組織として NUCLEBRAS 社を設立し、このことがもう一つの刺激となった。政府組織による初期の成果の一つとして、Poços de Caldas 高原の Osamu Utsumi 鉱床の発見と開発が挙げられる。

1975 年後半には、ブラジルとドイツが原子力平和利用協力協定に署名した。これにより、野心的な原子力開発計画が設定され、それに伴って NUCLEBRAS 社の探鉱活動も増強されることになった。その結果、Poços de Caldas 高原、Figueira、Quadrilátero Ferrífero、Amorinópolis、Rio Prieto/Campos Belos、Itataia、Lagoa Real、Espinharas(ブラジルとドイツのジョイントベンチャー、NUCLAM が発見および評価)など、ウラン資源を胚胎する 8 つの地域が発見された。

しかし 1988 年のブラジル原子力開発計画の再編成に伴って、1991 年に INB(Indústrias Nucleares Do Brasil)社はウラン探鉱活動をすべて中止した。

最近および進行中の活動

1988 年に行われたブラジルにおける原子力計画の再編成の結果、ウランに関する活動は Urânio do Brasil 社という専門組織に委ねられた。同社は、核燃料サイクル活動の責任を負う持株会社 Indústrias Nucleares do Brasil(INB)社の子会社として組織されたものである。1994 年には再び再編成が行われ、Urânio do Brasil 社は解散し、その活動は INB 社に移された。

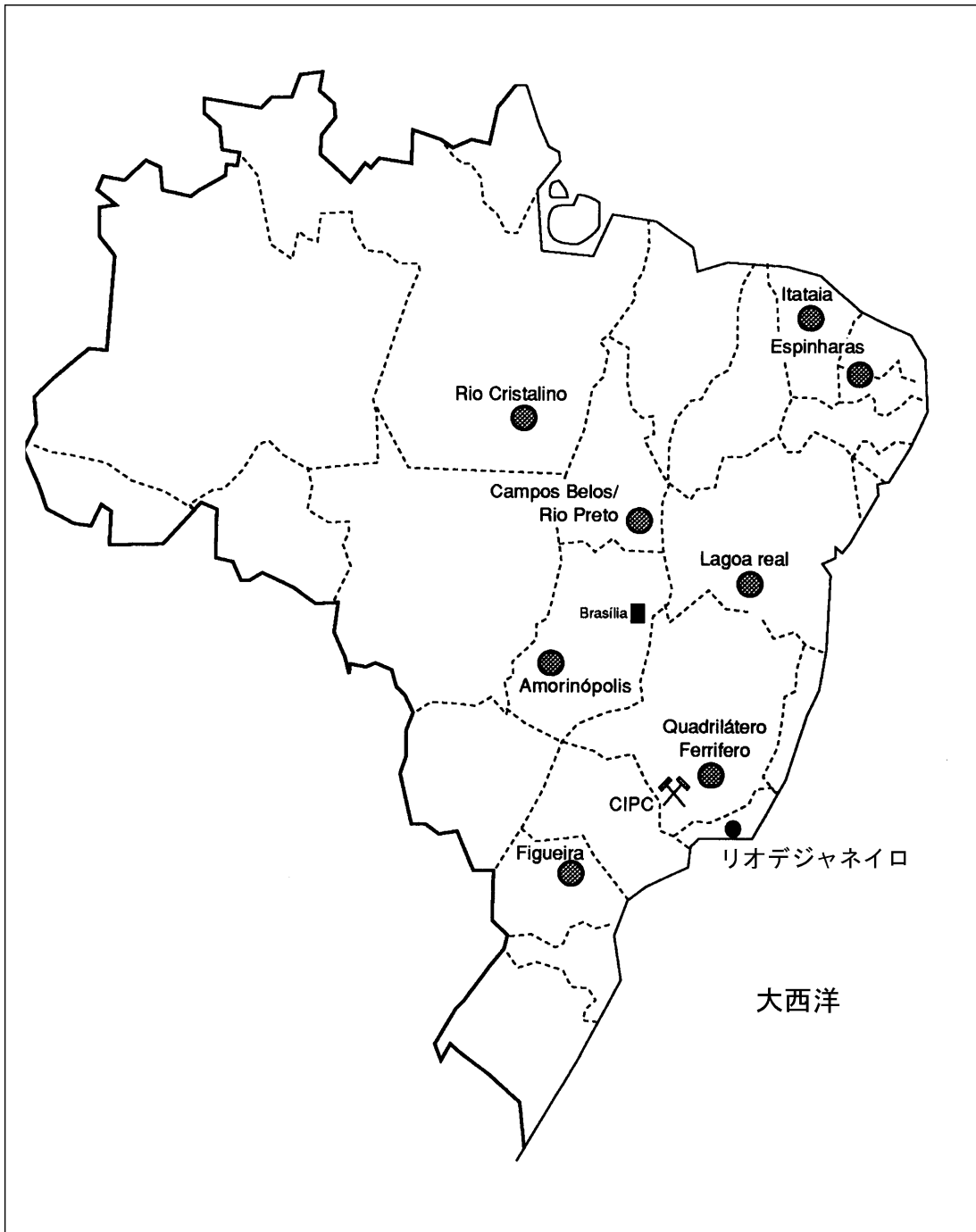
1995 年に、Lagoa Real 鉱山プロジェクトのフィージビリティスタディが開始され、1996 年に完了した。Lagoa Real の開発は 1998 年に開始される予定である。

1994 年～1996 年のウラン探鉱費と試錐活動に関するデータは報告されていない。

ウラン資源

ブラジルの在来型ウラン資源は以下の鉱床に存在する。

- Poços de Caldas (Osamu Utsumi 鉱山): 鉱体 A、B、E および Agostinho(ブレッチャパイプ型)
- Figueira および Amorinópolis(砂岩型)
- Itataia: 隣接する Alcantil および Serrotes Baixos 鉱床を含む(交代型)
- Lagoa Real、Espinharas および Campos Belos(交代型{曹長岩質})



ブラジルのウラン鉱床と鉱徴地

注: Espinharas と Rio Cristalino はウラン鉱徴地である。その他の地名のすべては鉱床である。
また CIPC は Poços de Caldas にある生産施設。

- ・ その他に、Quadrilátero Ferrífero:Gandarela および Serra des Gaivotas 鉱床を伴う(石英中礫礫岩型)

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

ブラジルは 1992 年以前に見積もった在来型既知資源を報告している。1997 年 1 月 1 日現在、\$80/kgU 以下で生産可能な原位置資源としてのブラジルの既知資源は合計で 262,200 tU である。この見積りは前回報告した見積りから変化していない。全体のうち、162,000 tU は\$80/kgU 以下のコストで生産可能な RAR であり、さらにそのうち 56,100 tU は\$40/kgU 以下のコスト区分に属している。残りの 100,200 tU は\$80/kg のコストで回収可能な EAR-I である。これより低いコスト区分の EAR-I は報告されていない。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
56 100	162 000	162 000

* 原位置の資源として。

推定追加資源 - 区分I*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
未入手	100 200	100 200

* 原位置の資源として。

既知資源の入手可能性に関する情報は入手していない。

未発見の在来型資源(EAR- II およびSR)

未発見資源の見積りを以下の表にまとめた。

推定追加資源 - 区分II*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	120 000	120 000

* 原位置の資源として。

期待資源*

(tU)

コスト区分	コスト区分	合計
<\$130/kgU	コスト区分に入れていない	
0	500 000	500 000

* 原位置の資源として。

ウラン生産

1981年に生産を開始した Poços de Caldas ウラン生産施設(設計容量 425 tU/年)は、1988年までは国営企業である NUCLEBRAS 社が所有していた。この年に、ブラジルの原子力活動の再編成が実施され、それに伴って NUCLEBRAS 社は解散し、その資産は Urânio do Brasil 社に移転された。1994年に Urânio do Brasil 社が解散したため、国営企業である Indústrias Nucleares do Brasil がウラン生産の所有権を 100%管理している。

1990年～1992年には、生産コストの高騰と需要の低下が原因で、Poços de Caldas 生産センターは閉鎖した。1993年後半に生産が再開され、1995年10月まで継続した。以下の表に、ウラン生産量をまとめる。

ウラン生産の歴史的推移

(tU、精鉱中)

生産法	1994年以前	1994年	1995年	1996年	1996年までの合計	1997年(予測)
従来法 露天採掘	818	106	106	0	1 030	0

生産能力の現状

Poços de Caldas 生産センターは 1997年に閉鎖され、1998年にはデコミッションング計画が開始される予定である。同センターの生産は、1998年に操業開始が見込まれる Lagoa Real センターによって置き換えられる。現在および将来の生産センターの技術的な詳細を次表にまとめる。

ウラン産業の所有構造

現在、ブラジルのウラン鉱業は国営企業 Industrias Nucleares do Brasil 社を通じ、100%政府保有となっている。同社は Poços de Caldas の運営会社(Complexo Mineró-Industrial do Planalto de Poços de Caldas:CIPC)を管理している。決定済および計画中の生産センターの所有権に関する情報は入手していない。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

生産センター名	Poços de Caldas	Lagoa Real	Itataia
生産センター分類	現存	決定済	計画中
操業状態	閉鎖	企業化調査	企業化調査
操業開始	1981年	1998年	未入手
鉱石供給源			
・鉱床名	Cercado Mine	Cachoeira	Itataia
・鉱床タイプ	ブレッチャパイプ型	交代型	磷酸塩型
鉱山			
・タイプ	OP	OP/UG	OP
・規模(日産鉱石トン)	2 500	350	未入手
・平均採鉱実収率(%)	80	80	未入手
製錬所			
・タイプ	SX	HL/SX	SX
・規模(日産鉱石トン)	2 500	350	未入手
・平均製錬実収率(%)	90	90	未入手
定格生産容量(tU/年)	425	300	350
拡張計画	なし	なし	未入手
備考	1997年に閉鎖	—	—

ウラン産業の雇用状況

1988年～1996年にCIPC社は人員を約50%削減した。次表に最近および現在の雇用状況を示す。

現存の生産センターの雇用状況

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
408	390	305	305

将来の生産センター

Lagoa Real 生産センターの生産開始は1998年に決定している。この鉱床は1977年に発見され、既知資源は合計で85,000 tU(\$80/kgU以下のコスト区分)と見積もられた。鉱石は当初、異常点13および8(現在はそれぞれ Cachoeira 鉱山、Quebradas 鉱山と呼ばれている)を対象として、露天採掘法を用いて採掘される。ウランは酸ヒープリーチングを用いて抽出される。総生産量は250 tU/年に達する見込みである。2,300万米ドルの投資コストが報告されている。Poços de Caldas 施設は1997年に閉鎖され、生産はLagoa Realで採掘および製錬されたウランで補充される。同センターの定格生産能力は300 tU/年である。

計画中のItataia 生産センターでは、ウランは磷酸石灰およびコロファナイトを含有するエピシエナイトからの磷酸塩と共に、共産物として回収される。ウラン-磷酸塩Itataiaプロジェクトの開発の有無および時期については、この2つの生産物の市況を含めた多くの要因に左右される。いずれにせよ今世紀中の生産開始は期待できない。

次の表に 2015 年までの生産能力予測を示す。

短期的な生産能力

(tU/年)

1997 年				1998 年				2000 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	400	400	0	0	400	400	500	500	500	500

2005 年				2010 年				2015 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	1360	0	1360	0	1360	0	1360	0	1360	0	1360

環境への配慮

現在のウラン鉱業に関する主な環境問題は、Poços de Caldas センターのモニタリングと共に、鉱山/製錬コンビナートのデコミッションング計画である。さらに、計画中の Lagoa Real 生産センターの環境影響評価が計画中である。

ウラン必要量

Angra I 原子力発電所(630 MWe の PWR)に対するブラジルの現在のウラン必要量は、約 120 tU/年である。Angra II 原子力発電所(1,245MWe の PWR)の完成と操業開始に伴い、初期炉心としては 560 tU が必要で、その後の年間必要量は 250 tU/年である。現在のところ、Angra II は 1999 年頃に完成の見込みである。

2010 年までの原子力発電設備容量とそれに関連するウラン必要量を次の表に示す。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
626	626	1 871		1 871		3 110	未入手	未入手

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
400	400	120		370		620	未入手	未入手

ウラン関連政策

現在、情報は入手していない。

ウラン在庫

現在、情報は入手していない。

ブルガリア

序

ブルガリアには、探鉱および生産を含めたウラン関連活動の長い歴史がある。ウラン生産は 1946 年に開始され、在来法および浸出技術の両方を用いて 1994 年まで続けられた。すべての活動は政府の計画の下で実施された。しかし 1994 年には、ウラン生産産業を閉鎖するという政府の決定に従ってすべての生産が中止された。ほぼ 50 年間の操業中に、16,720 tU が生産された。ウランに関する地質、資源および生産についての詳細は、レッドブック 1993 年版および 1995 年版に記載されている。

1995 年～1996 年に、ブルガリアでは探鉱も生産も行われなかった。すべての生産施設が閉鎖され、現在解体中であり、今後の生産はまったく予定されていない。

現在の活動には、技術的、生物学的なリクレーション(植生の復元など)が含まれる。リクレーション中は、環境モニタリングが続けられている。その費用や労働者数についての情報は寄せられていない。

生産閉鎖の経緯

ブルガリア政府は 1992 年に、ウラン生産活動の終了と、ウランの生産および処理サイトの整理を命じた法令第 163 号を成立させた。この法律は、1994 年の法令第 56 号によって補完および拡充された。これに伴って該当地域の原状回復を行う包括的な計画の実施に関する規則および規制が設定された。

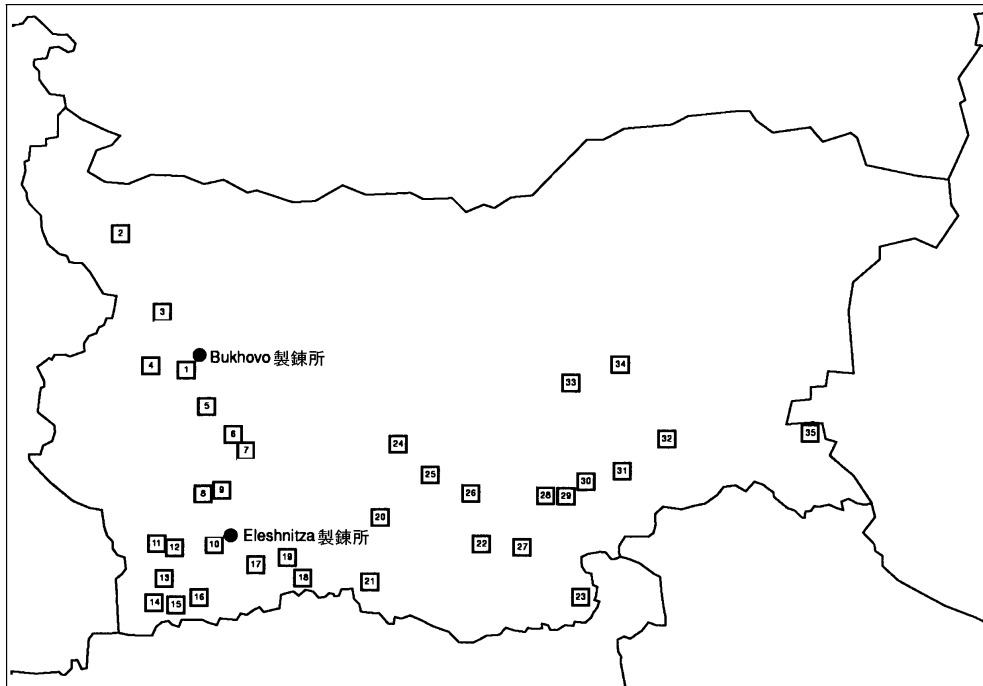
政府決定の実施に関する責任はエネルギー委員会に委ねられた。その後、これまでウラン生産に関与した全組織の代表者で構成される組織間連絡専門家会議が結成されている。この会議は、原子力平和利用委員会、地質学・天然資源委員会、森林委員会、保健省、農業省、財務省および環境省からなる。この専門家会議の任務は、該当する全てのサイトを評価すると共に、同計画下での原状回復の対象とすべきサイトのリストを作成することにある。同会議は、ウラン生産の閉鎖に関連する全ての活動の調整および指導に関する責任も負っている。

これらの活動に責任を持つ組織体系を決定するために、新たな法律が計画されている。この法律の目的は、当該組織を改善することと、残るリクレーション(技術的および生物学的なリクレーション、除染、管理および流水のモニタリング)の実施に必要とされる資金調達計画を立てることにある。

これまでに行われた作業は、ウラン生産による影響を受けた地域の環境パラメータを明確にすることであった。専門家のチームによって、放射線生態学および水理学調査など、合計 128 件の研究が実施された。この研究は、環境問題を明確にし、また閉鎖に関する様々な提案の可能性を評価するために実施されたものである。全てのサイトを対象とした閉鎖および原状回復活動の段階は次の5つの活動に分けられる。1) 技術的な閉鎖、2) 技術的なリクレーション、3) 生物学的なリクレーション、4) 鉱山および地表流水の浄化、5) モニタリング。

1995 年 4 月までに、61 ヶ所のウラン生産サイトに関する技術的な閉鎖が承認された。計画では、2 ヶ所の処理サイトを除き、1995 年 9 月までにこの作業を終えることになっている。1995 年 3 月末までに、5,000 万独マルクの費用をかけ、作業の 70%が実施された。この金額はブルガリアの国力と経済状況から見てきわめて大きなものである。

今後原状回復の対象となるサイトのうち、Bukhovo 町、Eleshnitsa 村、Plovdiv 地方、Haskovo 地方および Smolyan の環境問題が最も重要である。これらのサイトにおける問題は、鉱さい沈殿池、汚染された地下水、鉱山の捨石堆積場、そして適切なモニタリング・システムの欠如に伴うものである。



- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 Bukhovo | 13 Graved | 25 Belosem |
| 2 Smolianovtzi | 14 Igralichte | 26 Pravoslavnen |
| 3 Proboinitza | 15 Pripetchen-Deltchevo | 27 Haskovo |
| 4 Kurilo | 16 Melnik | 28 Maritsa |
| 5 Gabra | 17 Beslet | 29 Navasen-Troian |
| 6 Biala Voda | 18 Dospat | 30 Orlov Dol |
| 7 Kostenetz | 19 Selichte | 31 Isgrev |
| 8 Partisanska Poliana | 20 Narretchen | 32 Okop-Tenebo |
| 9 Beli Iskar | 21 Smolian | 33 Sborishte |
| 10 Eleshnitsa | 22 Sarnitza | 34 Sliven |
| 11 Simitli | 23 Planinetz | 35 Rosen |
| 12 Senokos | 24 Momino | |

ブルガリアのウラン鉱床

環境への配慮

ウラン生産の停止、さらにウラン鉱山に関連して影響を受けた地域のリクレーションには、次のことが必要である。

- ・ 放射性核種で汚染された坑内水および地表水処理のために、費用効果の高い技術を選択する。
- ・ 閉鎖作業が行われるウラン生産サイトの環境モニタリング装置を選択する。
- ・ ウラン生産によって生じた鉱さい沈殿池や捨石堆積場の処理および原状回復に関して、費用効果の高い設計および技術を選択する。

ブルガリアにおける閉鎖活動が進められているウラン生産サイトの状況に関する表は、レッドブック 1995 年版に掲載している。

カナダ

ウラン探鉱

歴史的概観

カナダのウラン探鉱は 1942 年に開始され、その中心が北西準州の Great Bear Lake からサスカチワン州の Beaverlodge へ、その後オンタリオ州の Blind River/Elliott Lake へ移動し、1960 年代後半に再びサスカチワン州の Athabasca 堆積盆地に戻るといったいくつかの明らかな段階を辿っている。最後の 2 地域はカナダで最も埋蔵量に富む地域であり、1996 年 6 月末に Stanleigh 鉱山が閉鎖されるまで、国内の生産量の全てを支えていた。この閉鎖により、オンタリオ州 Elliot Lake 地域における 40 年を超えるウラン生産が終了し、サスカチワン州がカナダ唯一のウラン生産州となった。

最近および進行中の活動

ウラン探鉱は、これまでと同様に、原生代の不整合に伴う鉱床の存在が期待される地域、中でもサスカチワン州の Athabasca 堆積盆地で集中的に行われ、北西準州の Thelon 堆積盆地でもまた実施されている。

カナダでは、大規模な探鉱計画を進めている企業数は減少している。しかし 1996 年～1997 年には、良好な状態を維持している 70 のウランプロジェクトのうち半数以上で活発な探鉱が行われた。過去数年間と同様に、探鉱費は先進的なウランプロジェクトで高額になっている。3,900 万加ドルの探鉱費が報告されているが、そのうちかなりの部分が、生産承認待ちプロジェクトでの維持管理および保守を含めた各種活動に当てられている。したがってカナダにおける初期的な「グラスルート」ウラン探鉱費は、1996 年～97 年の探鉱シーズンで 2,000 万加ドル程度になる見込みである。サスカチワン州は 1996 年～97 年の探鉱シーズンの探鉱費を 1,700 万加ドルと報告している。1995 年～96 年の探鉱費は 1,250 万加ドルであった。

1995 年と 1996 年の探鉱と地表からの開発試錐の掘進長はそれぞれ 75,000m と 80,000m に達しており、その 90%以上がサスカチワン州で実施された。1997 年の総試錐掘進長は合計で 10 万 m を超える可能性がある。

Cameco 社、Cigar Lake Mining 社、Cogema Resources 社、PNC Exploration(Canada)社および Uranerz Exploration and Mining 社(UEM)のオペレータ上位 5 社が、探鉱費 3,900 万加ドルの事実上すべてを負担している[注:Cogema 社による探鉱費には Urangesellschaft Canada 社の分が含まれている]。

ウラン探鉱は、過去数年とほぼ同じ地域で続けられ、物理探査および地化学探査や地表試錐の主な対象は、鉱化帯の延長部と、サスカチワン州側の Athabasca 堆積盆地縁辺部の深部ターゲットである。同様に、北西準州では、Kiggavik トレンド、さらには Thelon 堆積盆地の西端および北東部で探鉱が行われた。Great Bear 磁気帯(北西準州)や Athabasca 堆積盆地西部(アルバータ州側)では、地質解析とグラスルート探鉱が続けられている。

ウラン探鉱費と試錐統計－国内

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
民間探鉱費(百万 C\$)	36	44	39*	未入手
政府探鉱費(百万 C\$)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
探鉱費合計 (百万 C\$)	36	44	39	未入手
(US\$1,000)	26,087	32,353	28,467	未入手
民間による地表試錐(m)	68,000	75,000	79,000	100,000
民間による試錐孔数	未入手	未入手	未入手	未入手
政府機関による地表試錐(m)	ゼロ	ゼロ	ゼロ	ゼロ
政府機関による試錐孔数	ゼロ	ゼロ	ゼロ	ゼロ
地表試錐合計(m)	68,000	75,000	79,000	100,000
試錐孔数合計	未入手	未入手	未入手	未入手

*注:合計数のかなりの部分が生産承認待ちのプロジェクトにおける「維持管理および保守」費に係る。

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

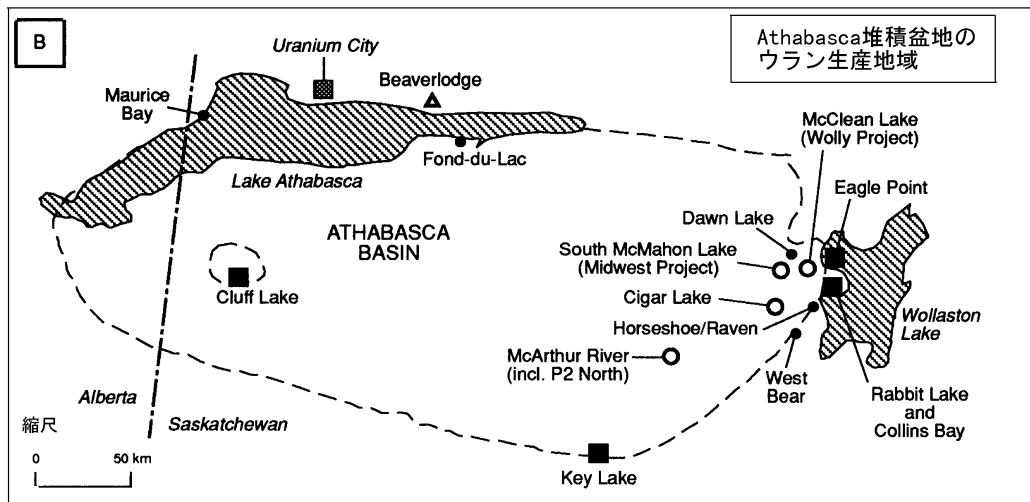
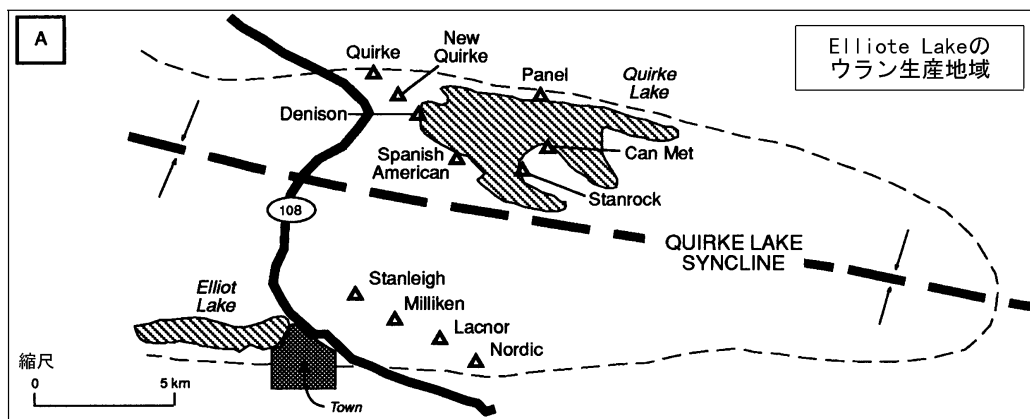
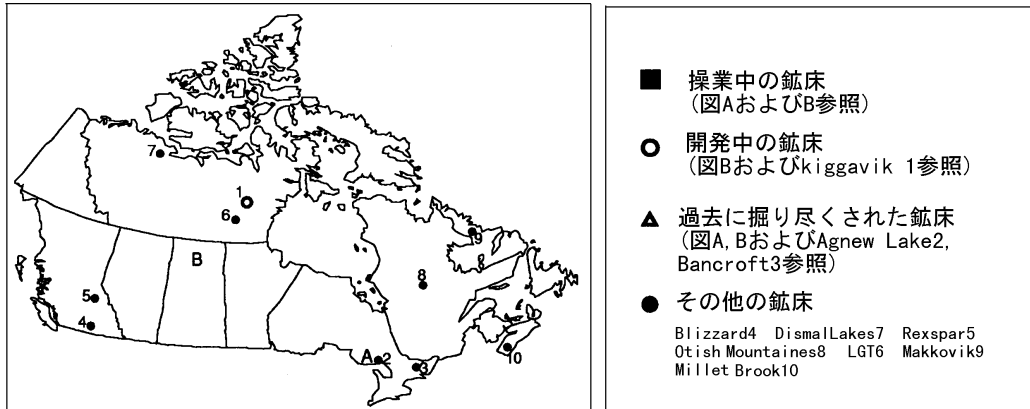
1997年1月1日現在の\$130/kg以下のコストで回収可能な「既知」国内ウラン資源見積り量は、1996年1月1日現在の49万tUから約43万tUに低下した。この減少は主としてRio Algom社のStanleigh鉱山の閉鎖に伴う資源の喪失と、1996年のウラン生産量の全体的な増加によるものである。

カナダの「既知」ウラン資源の大半はAthabasca堆積盆地(サスカチワン州)とThelon堆積盆地(北西準州)の原生界の不整合関連型鉱床に賦存している。これらの鉱床は単金属または多金属鉱床であり、不整合境界部、または不整合境界部の上位または下位に胚胎している。ピッチブレンドは単金属鉱床に多く、ウラン-ニッケル-コバルトの鉱物組成は多金属鉱床に多い。平均品位は1%U未満から2~5%Uの範囲まで変化し、一部の鉱床では部分的に10%Uを超えている。Stanleigh鉱山が閉鎖されるまでは、これ以外の「既知」ウラン資源のほとんどは、Elliot Lake地域の原生界中の石英中礫礫岩鉱床に存在していた。同地域の鉱床は、Huronian累層群の基底部分において、複数の単層(リーフ)中に鉱化層を胚胎しており、平均品位は0.05~0.1%Uである。

ここで言及したウラン資源には経済的な重要性を持つ他の鉱物との共産物や副産物は含まれていない。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

1997年1月1日現在の評価結果は、1996年1月1日付で報告しているEAR-IIとSR見積り量と変化がなかった。ウラン資源の発見が有望な地域であるAthabasca堆積盆地(サスカチワン州)とThelon堆積盆地(北西準州)で、調査が続けられている。それらの地域では原生代の不整合に関連した鉱床が胚胎する可能性が最も高い。Athabasca堆積盆地東部と北西準州のKiggavikトレンドでの継続的な調査によって有望な結果が得られている。発見は過去に推定された予測資源(EAR-II)を伴う地域で見いだされている。



出典 : Uranium and Radioactive Waste Division, NRCan

カナダのウラン鉱床

ウラン生産

歴史的概観

カナダのウラン産業は1930年のPort Radiumピッチブレンド鉱床の発見に伴って北西準州で開始された。この鉱床では1933年～1940年にラジウムが採掘された。この鉱床は1942年にイギリスと米国の国防計画用ウランの需要に対応して再開された。民間による探鉱と開発は1947年に解禁され、1950年代後半までには5つの生産地区で約20のウラン生産センターが稼働した。生産量は1959年にピークに達した(12,200 tU)。しかし1959年以降は国防用の契約が結ばれなかったため、生産量は減少し始めた。政府の備蓄計画にもかかわらず、生産量は急速に減少して1966年には3,000 tU以下となり、この時点で残っている生産者は4社だけであった。1966年に最初の商業販売契約が電力事業者と結ばれたが、探鉱・開発活動の拡大を促すほどの価格と需要の上昇が実現したのは1970年代半ばになってのことであった。1970年代後半までに業界が大幅に再編成され、いくつかの施設の開発が進められた。またカナダの年間生産量は1980年代を通じて着実に増加するとともに、生産拠点が東部から西部に移動した。しかし1990年代初めに市場の低迷と低価格によりオンタリオ州の3つの生産センターが閉鎖に追い込まれた。オンタリオ州の最後に残ったウラン生産センターは1996年半ばに閉鎖した。

ウラン生産の推移*

(tU)

生産法	1994年以前	1994年	1995年	1996年	1996年までの合計	1997年(予測)
従来法						
・露天採掘	未入手	6 514e	5 816e	6 528e	未入手	未入手
・坑内採掘	未入手	3 133e	4 657e	5 178e	未入手	未入手
合計	266 847	9 647	10 473	11 706	298 673	12 000

* 一次生産量。1996年には、Elliot Lakeの Cameco 社の精練/転換施設から、副産物としてさらに48 tU が回収されている。1995年には約55 tU が、1994年には約53 tU が回収された。

(e) 露天採掘と坑内採掘を推定により分割したもの。

生産能力の現状

概要

1990年代初めに Elliot Lake のいくつかの施設が閉鎖されたことにより、カナダの生産能力は低下した。しかし1990年代半ばには、サスカチワン州、とくに Rabbit Lake および Cluff Lake センターの生産量が増加したことにより、カナダの生産能力は1980年代後半の水準まで回復した。1996年3月に原子力規制委員会(AECB)による Cluff Lake センターの操業許可が更新されたため、年間生産量は1,500 tU から2,020 tU へと増加し、1996年6月の Stanleigh 鉱山閉鎖の影響は相殺された。生産者がスポット市場での販売を回避し、生産量を既存の契約量に合わせているので、カナダの生産量は全生産能力以下の水準に止まっているが、最近のスポット価格の上昇に伴い、カナダの生産量が全生産能力(現在は12,000 tU を超えている)に近づく可能性もある。

オンタリオ州

オンタリオ州では1996年6月まで、Ontario Hydro 社との契約に基づき、Rio Algom 社の Stanleigh 鉱山生産水準は維持された。1996年の Stanleigh 鉱山の生産量は Cameco 社の精練/転換副産物から回収された分も含めて400 tU を超えたものの、1995年の生産量700 tU(副産物から回収された55 tU を含む)を大きく下回っている。Stanleigh 鉱山の閉鎖により、カナダにおける同社の40年間のウラン生産は終りを告げるとともに、また同時にカナダにおける、比較的品位が低く、深い坑内採掘である石英中礫礫岩型ウラン鉱床の開発終了をも

たらした。

サスカチワン州

Key Lake 生産施設(比較的品位の高い、露天採掘が行われている不整合関連型鉱床を開発している)は、Uranerz 社と提携した Cameco 社が運営している。1995 年後半に Cameco 社は、McArthur River の鉱石処理を開始すれば、製錬所は年間 6,900 tU のペースで操業されると発表した。1996 年の Key Lake の生産量は 5,400 tU を越えているが(1995 年の 5,464 tU からは低下している)、認可年間容量を下回った。給鉱量と低品位鉱石の希釈量を増やしたことによって、Key Lake は備蓄された Deilmann 鉱石を利用して 1998 年まで生産する事ができる。1997 年に必要な環境および規制面での承認を得て、1999 年に操業が開始されれば、McArthur River プロジェクトは、Key Lake 製錬所の供用寿命を2倍に延長できるだけの鉱石を供給することができる(サスカチワン州の新規ウラン鉱山提案の審査に当たる環境審査パネルに関する情報は、「環境への配慮」の項を参照のこと)。

Rabbit Lake 生産施設も、Uranerz 社と提携した Cameco 社によって運営されており、露天採掘および坑内採掘を用いて比較的品位の高い不整合関連型鉱床の開発を行っている。1995 年 6 月に AECB は、Rabbit Lake の操業許可を修正し、A ゾーンの鉱体を Collins Bay から切り離すため、Collins Bay に鋼鉄セルの囲堰を建設することを認めた。1996 年初めに、Collins Bay の“D”ゾーンが採掘され、1996 年～1997 年冬に予定される採掘の準備のために、Collins Bay “A”ゾーンの堰の建設が完了した。Collins Bay の“A”および“D”ゾーンの鉱石は、製錬所を約2年間操業できるだけの量がある。Eagle Point 鉱山からの鉱石と併せると、同製錬所は 2000 年以降まで操業することができる。Rabbit Lake 製錬所は 1996 年に 3,900 tU 強を生産し、1995 年の生産量 3,148 tU からは大幅な伸びを示したものの、依然として認可容量を下回っている。1996 年 10 月 24 日に AECB は Rabbit Lake の操業許認可を更新し、1998 年 10 月 31 日までの2年間の操業を認めると発表した。この新たな許認可により、1990 年代末に市場条件が好転し、現在の水準を上回る生産量が可能になった場合には、鉱山の年間生産水準を 5,400 tU から 6,500 tU に増強することができる。

Cluff Lake ウラン生産施設(Cogema Resources 社が所有)は、Athabasca 堆積盆地の西部にあり、やはり露天採掘および坑内採掘を用いて、高品位の不整合関連型鉱床の開発に当たっている。同製錬所はこれまでは隔週操業だったが、1995 年末にはフル容量での生産を開始した。AECB は 1996 年 3 月 8 日に Cluff Lake の操業許認可を更新し、年間生産水準を 1,500 tU から 2,020 tU に増強することを認めた。Dominique-Janine(DJ)延長部露天採掘は、1996 年 9 月に深度 50m に達し、1997 年には掘り尽くされる見込みである。Dominique-Peter(DP)坑内採掘の既知埋蔵量は 1990 年代中に枯渇する可能性があるが、この鉱化された地質構造の他の部分(DJ 坑内採掘や DJ 西部に新たに設置された区域を含む)の資源を総合的に見た場合、2005 年頃までの操業が継続可能である。Cluff Lake からの生産量は 1996 年に 1,900 tU を超え、1995 年の 1,214 tU を大幅に上回った。

McClellan Lake のウラン生産施設は、Athabasca 堆積盆地の東縁部に開発されており、Cogema Resources 社が権益の大半を所有し、運営している。1995 年 3 月に資金調達が完了したため、この 2 億 5,000 万加ドルのプロジェクトのサイト建設は急速に進んだ。しかし、1997 年 7 月 1 日に予定されていた生産開始は 1998 年初めに延期された。1996 年後半までにプロジェクトの建設の半分が終了し、サイト内発電システム、恒久的な宿泊施設、製錬所の事務所および倉庫、水処理プラントおよび JEB 鉱床の排水井戸が完成した。また同年末までに製錬所の建屋、鉱石受入施設および破碎施設が完成し、処理プラントの残りの部分も完成またはかなり進捗した段階にある。JEB 露天採掘は 1997 年第1四半期に終掘の見込みであり、この場所を鉱さい管理施設として利用する準備が進んでいる。

2003 年頃に McClellan 製錬所において JEB および Sue 露天採掘鉱床の最後の鉱石が処理された後、坑内採掘された Midwest 鉱石の製錬が開始される。承認が得られれば、Cigar Lake の鉱石の製錬がおそらく 1999 年ないし 2000 年に開始され、それに続いて 2009 年頃には McClellan 坑内掘り鉱山からの鉱石の製錬が開始

される。McClean 製錬所の容量は Cigar Lake の鉱石を扱えるよう増強され、年間生産能力は 2,300 tU から 9,200 tU へと4倍になる予定である。McClean プロジェクトは、70%を Cogema 社が、22.5%を Denison Mines 社が、そして 7.5%を日本の海外ウラン資源開発株式会社(OURD)の子会社である OURD(Canada)社が、それぞれ所有している。

ウラン産業の所有構造

サスカチワン州政府とカナダ連邦政府は、Cameco 社の完全民営化へ向けた計画を進めている。1993 年、1994 年、1995 年の株式売却の結果、Cameco 社に対する政府の所有率は急速に低下し、1995 年 2 月 9 日までには連邦政府が持っていた Cameco 社の所有権は消滅した。Cameco 社は 1996 年 2 月 26 日に、同社の大口株主である Crown Investments Corporation of Saskatchewan(CICS)社が、カナダと米国、そしてその他の国々において Cameco 社の普通株 950 万株を、「超過割当」株式 100 万株までの購入オプション付きで売却すると発表した。これらの株式は1株 C\$75.50 ですぐに買い手がつき、サスカチワン州政府に約 5 億 8,000 万加ドルの利益をもたらした。Cameco 社は 1996 年 4 月 24 日に、超過割当株式 620,500 株が売却されたと発表した。CICS 社による合計 10,120,500 株の売却に伴い、Cameco 社の普通株のうち一般株主が 89.7%を、残りの 10.3%を州政府が CICS 社を通じて保有している。

Cameco 社は 1997 年 8 月 20 日に、普通株 400 万株を1株 C\$51 で売却すると発表した。1997 年 9 月 4 日には株式売却が無事完了したことが発表されている。

ウラン産業の雇用状況

1996 年半ばにオンタリオ州 Elliot Lake にあった最後のウラン鉱山が閉鎖されたため、カナダのウラン産業の直接雇用人員は減少した。しかしこの減少は、サスカチワン州の McClean Lake プロジェクトでの雇用増によってある程度相殺されている。その結果、1996 年末におけるカナダのウラン産業の直接雇用人員は約 1,155 人であった。今後数年のうちに、サスカチワン州で新たにいくつかの高品位鉱山が操業を開始するため、カナダのウラン産業の直接雇用人員は再び 1,300 人を上回るようになる。

将来の生産センター

1991 年に、サスカチワン州の6ヶ所のウラン鉱山プロジェクトが環境審査に付された。すなわち、Cluff Lake の Dominique-Janine 延長部、McClean Lake プロジェクト、Midwest ジョイントベンチャープロジェクト、Cigar Lake プロジェクト、McArthur River プロジェクト、Rabbit Lake の Eagle Point/Collins Bay 延長部である。前述の内、現時点では McClean/Midwest ジョイントベンチャープロジェクトのみが、単一の新規生産センターとして開発が進められている。それ以外のプロジェクトは単に、現存または決定済の生産センターの寿命を延長するものである。Cigar Lake は新設される McClean Lake 製錬所に鉱石を給鉱し、また McArthur River は Key Lake センターの寿命を延長させることになる。これらのサスカチワン州内のプロジェクト以外では、北西準州の Kiggavik が現在、カナダにおいて新たな生産センターとして検討されている唯一のプロジェクトであるが、21 世紀になるまで開発が進む可能性は低い。これらの新規プロジェクトの操業開始がいつになるかは、必要な規制/環境承認および許認可が得られるかどうか、国際ウラン市場の動向、プロジェクト所有者による経済面での決定に応じて決まることになる。

Midwest 鉱床の開発は、McClean および Cigar Lake 鉱体の開発活動に組み込まれることとなる。Midwest 鉱区の原位置資源は 13,000 tU(平均品位 3.8%U)と推定されている。Midwest ジョイントベンチャープロジェクトは、56%を Cogema 社が、19.5%を Denison 社が、20%を Uranerz 社が、そして 4.5%を OURD(Canada)社が所有している(サスカチワン州で計画中的新規ウラン鉱山提案の審査に当たる環境審査パネルに関する情報は、「環境への配慮」の項を参照のこと)。

カナダのウラン生産センターの規模・内容

(1997 年年 1 月 1 日現在)

	センター1	センター2	センター3
生産センター名	Key Lake	Rabbit Lake	Cluff Lake
生産センターの分類	現存	現存	現存
操業状態	操業中	操業中	操業中
操業開始	1983 年	1976 年	1980 年
鉱石供給源 ・鉱床名	Gaertner Dailmann	Rabbit Lake Collins Bay Eagle Point	Dominique- Peter/Janine
・鉱床のタイプ	不整合	不整合	不整合
鉱山 ・タイプ(OP/UG/ISL)	露天採掘	露天採掘	露天採掘および 坑内採掘
・規模(日産鉱石 t)	未入手	未入手	未入手
・平均採鉱実収率(%)	90(推定)	90(推定)	85(推定)
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL)	AL-SX	AL-SX	AL-SX
・規模(日産鉱石 t)	800	2 500	900
・平均製錬実収率(%)	98	97	98
定格生産容量(tU/年)	5 400 (認可;5 700)	3 900 (認可;6 500)	1 900 (認可;2 020)
拡張計画	McArthur River に関 連	Eagle Point などに 関連	D-J 延長部に関連
その他	製錬所には McArthur River の鉱 石を供給	製錬所には Eagle Point の 鉱石を供給	製錬所には D- J 延長部の 鉱石を供給

[注]製錬所の回収率に関するデータは 1996 年のものである。

サスカチワン州の Cigar Lake では高品位鉱石の試験採掘が成功を収めており、環境影響評価(EIS)の作成を待つ間、鉱床は「維持管理・保守」下に置かれている。このプロジェクトは、48.75%を Cameco 社が、36.375%を Cogema 社が、12.875%を Idemitsu Uranium Exploration Canada 社が、そして 2%(無議決権株)を韓国電力公社が所有している。1997 年半ばには、日本最大の原子力発電電気事業者である東京電力が出光興産から Cigar Lake の権益の 5%を購入した。原位置資源は 148,000 tU(平均 7.7%U)と推定される。凍結後の初めての鉱体試験では、ボックスホール・ボーリング機を用いて 53 トンの鉱石(品位はほぼ 15%U)を遠隔操作によって抽出した。また新たに開発された高圧水流を利用するジェットボーリング法により、100 トンを超える鉱石(品位は 13%U 以上)を効果的に掘削することができた。

サスカチワン州の McArthur River では、環境審査プロセスを開始するために必要な EIS を完成させるために、1995 年にも採鉱と埋蔵量確定作業が続けられた。必要な承認が適切な時期に得られことが、Key Lake で中断せずに、McArthur 鉱石の製錬を継続させるようサイト建設工事を終了させることができる(前述部分を参照)。生産段階での所有権は、Cameco 社が 56.435%、Uranerz 社が 27.331%、Cogema 社が 16.234%になる予定である。1995 年に McArthur River 鉱区の資源は 10 万 tU(平均 4.2%U)から 16 万 tU(平均 12.7%U)に増大し、採掘可能埋蔵量は合計で 73,000 tU(品位は 16%U)となっている。

Kiggavik ウラン・プロジェクトは北西準州の Baker Lake の西方に位置している。1997 年初めまでこのプロジェ

クトの所有権は、Urangesellschaft Canada 社(Cogema 社のオペレーティング子会社)が 79%、CEGB Exploration(Canada)社が 20%、韓国の Daewoo 社が 1%となっていた。1990 年に、環境審査はプロジェクトの EIS にいくつかの欠陥があることを指摘し、提出者側は、追加情報を提出するための時間を与えられた上でプロジェクトの再評価を行っている。1990 年代に Kiggavik が操業を開始する見込みはない。 Cameco 社は 1996 年後半に、資源の多様化を図る目的で、Magnox Electric 社が保有するイギリス政府の北米資産を購入することに合意し、さらに 1997 年 1 月には Power Resources 社の Gas Hills および Highland ウラン・プロジェクト(ワイオミング州)と、CEGB のサスカチワン州および北西準州の資産(Kiggavik の権益の 20%を含む)を取得することに成功した。 Cameco 社は 1997 年 6 月にこの 20%の権益を Cogema Resources 社に売却した。

カナダのウラン生産センターの規模・内容

(1997 年 1 月 1 日現在)

	センター1A	センター5	センター6	センター7
生産センター名	McArthur River	Cigar Lake	Midwest/ McClean	Kiggavik
生産センターの分類	計画中	計画中	McClean は決定 済、Midwest は計画中	計画中
操業状態	1996 年環境審査、1997 年初めに合同パネル報告書	合同パネルによる環境審査が進行中	McClean は 1997 年半ばに生産、Midwest は環境審査済	企業化調査が進行中
操業開始	1990 年代後半	1990 年代後半	1997 年半ば および 2003 年	2000 年代初め
鉱石供給源				
・鉱床名	P2N など	Cigar Lake	Jeb、McClean、 Sue、Midwest	Kiggavik
・鉱床のタイプ	不整合	不整合	不整合	不整合
鉱山				
・タイプ(OP/UG/ISL)	坑内採掘	坑内採掘	露天採掘および 坑内採掘	露天採掘
・規模(日産鉱石 t)	未入手	未入手	未入手	未入手
・平均採鉱実収率(%)	未入手	未入手	未入手	未入手
製錬所				
・タイプ(IX/SX/AL)	Key Lake で	McClean Lake で	未入手	未入手
・規模(日産鉱石 t)	処理予定	処理予定	未入手	未入手
・平均製錬実収率(%)			未入手	未入手
定格生産容量(tU/年)	6 900(予測)	4 600(予測)	2 300(予測)	1 200(予測)
拡張計画	製錬容量を 6 900tU/年に	現時点では 未定	McClean が先 Midwest が後	現時点では 未定
その他	鉱山寿命 15 年以上	鉱山寿命 20 年以上	鉱山寿命 15 年以上	鉱山寿命 10 年以上

環境への配慮

サスカチワン州の環境評価および審査パネル

背景

1991年にサスカチワン州の6つのウラン鉱山プロジェクトに対する審査が、連邦「環境評価・審査プロセス(EARP)指針」に則って実施された。連邦・州合同審査パネルは1993年10月に、3つのプロジェクト、すなわちCluff LakeのDominique-Janine延長部、McClean Lakeプロジェクト、Midwest ジョイントベンチャープロジェクトに関する報告を出した。1993年12月に連邦政府と州政府は合同パネルの勧告を了承した。大まかに言って連邦政府と州政府は、Cluff Lake および McClean Lake プロジェクトは段階的なAECB許認可プロセスに従って進めることができるが、Midwest プロジェクトは当時の設計のままでは承認できないと述べた。1993年12月には連邦政府の代表者だけで構成される第二次パネルが、Rabbit LakeのEagle Point/Collins Bay延長部に関する報告を出した。連邦政府は1994年3月に、この連邦関係者のみのパネルの勧告に回答し、このプロジェクトを段階的なAECB許認可プロセスに従って進めるべきだと述べた。

最新の状況

1995年に、Cigar Lake および McArthur River プロジェクトの環境影響評価と、修正後のMidwest ジョイントベンチャープロジェクトの環境影響評価が審査を受けるために提出された。また1996年初めには追加要請に応じて補足的な情報が提供された。4月に「サスカチワン州北部のウラン鉱山開発に関する連邦・州合同環境評価パネル」が再度招集され、5月と6月に再設計されたMidwestプロジェクトの審査を行った。Cigar Lake および McArthur River プロジェクトに関する公聴会が開始され、1996年9月～10月初めまで続けられた。上記の提案に対するパネルの審査は、環境、保健、安全および経済社会的影響について、それらの受け入れ可能性を決定するものである。また公聴会は、審査参加者に、Cameco社(McArthur River)、Cogema社(Midwest)およびCigar Lake Mining社が作成したEISデータに的を絞って、提案の受け入れ可能性についての見解および意見を表明する機会を提供する。この3つのプロジェクトに予定された2ヶ月の公聴会期間中に、合同パネルは約75の団体、機関および政府の代表者からの意見を聴取した。

1996年8月26日にMcClean LakeプロジェクトのオペレータであるCogema Resources社は、合同パネルに対し、JEBピットの鉱さい処分計画を変更すると通知した。1993年にMcClean Lakeに関する「透水層包囲方式(pervious surround)」処分法が承認されている。しかし、McClean Lake、Midwest、Cigar Lakeプロジェクトからのすべての鉱さいの処分には、ペースト状鉱さいという改良された技術を利用し、準水相沈殿の方が優れている。ただし、この新技術が承認されることを条件としている。しかしこの新技術の承認を得るまでに時間がかかると、Cogema社は新たな案を提出し、McClean Lakeの鉱さいは承認済みの透水層包囲方式技術を用いて処分し、その後で承認が得られれば、Cigar Lake および Midwest プロジェクトではペースト状鉱さいの準水相沈殿を行うことにした。

この変更案は新たな処分方法を採用するものであり、合同パネルはそれについての情報を持っていなかったため、Cogema社に、Midwestプロジェクトに関するデータも含め、透水層包囲方式と準水相ペースト状鉱さい管理技術の両方についての完全なデータを提出するよう求めた。合同パネルの見解は、この情報を入手した後で適切な審査および意見聴取のためにそれを公開し、公聴会で検討されるまで、同パネルのMidwestプロジェクト審査を終えることはできないというものであった。Cigar Lakeの鉱さいもJEBピットに処分されることになっていたため、Midwestの鉱さい処分を検討するために予定されていた補足的な公聴会において、Cigar Lakeの鉱さいについても検討されることになった。

1996年10月31日に、Cigar Lake および Midwest プロジェクトの提案者側は新たな鉱さい処分計画文書を提出し、パネルはそれを審査のため30日間公開した。しかしパネルは、このデータを審査した後、提出された

情報は補足的な公聴会に進むには不十分であり、さらにデータが必要だと発表した。提案者側は、1997年5月2日にこの追加情報を提出した。最終的な公聴会は1997年8月に終了し、合同パネルは年末までにこの2つのプロジェクトに関する勧告を政府に提出できる模様である。したがってパネル報告に対する政府の回答は、1998年初めになる見込みである。

合同パネルは、1996年末までに McArthur River プロジェクトの審査を終え、1997年2月後半に政府への勧告を出した。合同パネルは、一定数の条件をつけた上で、プロジェクトの着手が認められるべきだと勧告した。州政府と連邦政府による合同パネルの McArthur River 報告書に対する回答は、それぞれ1997年5月5日と5月8日に発表された。両政府は、McArthur River プロジェクトが許認可段階に進むことを認めるべきだとする同パネルの報告を了承した。

Elliot Lakeウラン鉱さいのデコミッションング

1996年6月に「Elliot Lake 環境評価パネル」は連邦環境相に対し、Rio Algom 社と Denison 社の鉱さいデコミッションング案に賛成する内容の勧告を提出した。同パネルは同年の初めに、提案者側が提出したオンタリオ州 Elliot Lake 地域のウラン鉱さいサイトのデコミッションング計画の審査を完了した。パネルの勧告は、Quirke、Panel、Denison および Stanrock 鉱さい施設の閉鎖とリクレーションに要する費用見積りを大幅に変更するものではないと見られている。連邦政府の回答は1997年4月初めに発表され、パネルが提示した29件の勧告の大部分に対する同意が示された。

カナダの新しい放射性廃棄物政策の枠組み

1996年7月10日にカナダ政府は「放射性廃棄物政策の枠組み」を発表した。この枠組みは、21世紀に向けたカナダの放射性廃棄物処分の指針を示すことを目的としたものであり、基本原則を確定するとともに、政府、廃棄物の産出者および所有者の役割が規定されている。この枠組みでは、核燃料廃棄物、低レベル放射性廃棄物およびウラン鉱山の貧鉱および鉱さいの長期的な管理および処分を、安全で、包括的に、環境にやさしく、しかも費用効率の高い総合的な方法で進めるように勧告されている。またこの枠組みは、「汚染者負担」の原則に基づき、廃棄物の産出者および所有者が、廃棄物に必要な処分その他を行う施設の資金調達、管理および運営の責任を負うべきだとしている。またこの原則では、核燃料廃棄物、低レベル放射性廃棄物、ウラン鉱山貧鉱、鉱さいの処理方法がそれぞれ異なったものとなる可能性が認められている。

ウラン生産に関する統計データ

長期的な生産能力

前述以外の計画中の生産センターは存在しない。また既知資源により支えられる予測生産センターは確認されていない。前述の新規プロジェクトの一部は「現存」または「計画中」の生産センター(McArthur River、Dominique-Janine、Eagle Point および Midwest)の寿命を延長することになる見通しである。Kiggavik プロジェクト(今世紀中に実現する可能性は低い)以外、新たなウラン生産センターは予想されていない。ウラン生産能力は21世紀に入って2万tUに近づく可能性があるが、その後すぐに15,000tU前後に戻り、その後かなりの期間にわたってその水準は維持されるであろう。

長期的な生産能力に影響を及ぼす可能性の高い要素

今後 10 年間のウラン生産能力の水準は、多くの要素に依存している。新たな生産能力水準に到達する時期に影響を及ぼす2つの主要な要素として、国際ウラン市場の動向と、前述の環境審査プロセスに要するリードタイムが挙げられよう。必要とされる環境および規制面での承認が与えられた場合に、生産に着手するかどうかの決定は、最終的には提案者側が、プロジェクトへの投資者としての立場から、自らのウラン市場予測と販売活動の成果に基づいてなされる経済的な決定となる。

ウラン必要量

1997 年初現在、カナダでは 21 基の CANDU 炉が稼動しており、その総発電容量は約 14,700 MWe であった。Bruce “A”原子力発電所(NGS)では、1995 年 10 月 8 日に2基が運転を中止したが、Ontario Hydro 社の発電計画では 2000 年以降の需要に対応するためのオプションとして残されている。この運転中止やその他の最近の出来事によって、カナダのウラン必要量は約 1,900 tU/年から約 1,800 tU/年に低下している。

供給および調達戦略

Ontario Hydro 社は 1992 年 7 月に初めて、カナダだけでなくオーストラリア、ナミビアおよび米国の生産者も加えた長期ウラン供給契約への入札を行った。1993 年に生産者4社(3社はカナダ、1社は国外の生産者)が選ばれ、1996 年から2002 年まで同社の必要量の 35%を供給することになった。 Cameco 社、Uranerz 社、Cogema 社、そして Western Mining 社(Olympic Dam)が、契約期間中にそれぞれ約 150 tU/年を供給することになった。さらに 1993 年後半に Ontario Hydro 社は、前回と同様の供給国を対象として、1997 年から 2000 年までの同社必要量の 20%に関する供給を求める2回目の入札を行った。1994 年に同社は Energy Resources of Australia 社(Ranger)と Cameco 社から契約期間中に約 100 tU/年、そして Uranerz 社から同じく約 75 tU/年の供給を受けることを決めた。また 1995 年 6 月に Ontario Hydro 社は、1997 年～1999 年に年間 50 tU あるいは 100 tU の供給を求める3回目の入札を行った。この際には、カナダ、オーストラリア、米国、ナミビア、南アフリカからのウラン供給に加えて、西欧および旧ソ連の供給者を含む混合またはジョイントベンチャーからの供給契約(すなわち 50%は上述の諸国、50%は旧ソ連諸国)の提案も検討に加えられた。

1995 年 11 月に Ontario Hydro 社は、同社がスポット市場で初めて行った大量の買い注文において、1996 年 1 月までに約 154 tU、同年半ばに追加分の引渡しを受けるという条件を指定した上で、様々な量(38 tU～230 tU)の売却申し出を要請した。またウランの原産地についての制約は設けず、1社または複数の供給者から購入してもよいが、原産国は明記されなければならないとした。いずれのケースにおいても落札者は、その生産活動が環境保護を含めた全ての規制に適合していることと、提示された売却申し出がシーリング価格を伴う市場連動価格と、エスカレーションを伴う基準価格の両方を満たすことを保証しなければならない。

ウラン関連政策

1990 年に、カナダのウラン輸出政策に関する最新の包括的な見直しが完了した。この見直しはウラン政策の商業的な構成要素に焦点を当てたもので、その結果、より自由な貿易の促進という政府の公約に沿っていくつかの要件が緩和された。この見直しの結果は 1991 年版レッドブックに記載されている。それ以降、政策のさらなる経過と価格設定に関する要求により、政策に関しては変更がなされた(この変更の結果は 1995 年版レッドブックに記載されている)。

1993年3月にカナダは、米国との間で、カナダ産ウランを台湾の原子力発電用に輸出できるようにするための協定を結んだ。このウランは、カナダから米国に引き渡し、濃縮し核燃料炉心に成形加工してから、台湾に再移送しなければならない。この協定で定められた取決めは、カナダの核不拡散政策の目的に適ったものである。

1995年1月には、以前に設立されたカナダ環境評価局の設立を支援するため、新たな「カナダ環境評価法」(CEAA)が議会で定められた。連邦環境評価の対象となる全てのプロジェクトは、「カナダ環境評価プロセス」(CEAP、旧称 EARP)に基づいて審査されることになる。新組織の設立と新たな法律の公布は、サスカチワン州のウランプロジェクトの審査に影響を及ぼすものではない。6件のウラン鉱山プロジェクトの審査はすでに開始されており、EARPに従って完了されることになる。

1996年3月21日に、法案C-23「原子力安全・管理法」(NSCA)が下院に上程された。従来の「原子力管理法」(AECA)が原子力活動の規制と発展の両方を扱っているのに対し、この新法案は、AECA内の原子力規制委員会の活動を設定および規定した部分を破棄し、それに代わってカナダ原子力安全委員会(CNSC)を設立するものである。またこの新しい法律により、AECAの残りの部分は「原子力法」という名称に変更され、連邦の原子力研究開発・販売組織であるカナダ原子力公社(AECL)の活動を含め、原子力発電の発展にかかわる側面を引き続き規制する。この2つの機能を分離することで新しい法律は、新たに設置されるCNSCに対して、AECLの使命から明確に分離された役割を与えている。これによって、カナダの原子力規制はより明瞭かつ効果的なものとなる。1997年3月20日に、「原子力安全・管理法」に対する女王の裁可がおりた。

ウラン在庫

カナダ政府は天然ウラン在庫を保有していない。生産者と電力事業者の在庫データは入手していない。カナダには濃縮施設や再処理施設は存在しないため、カナダ国内には濃縮または再処理された物質の在庫は存在しない。

カナダの原子炉は天然ウラン燃料を用いているが、実験および特定のCANDU炉のブースタロッド用には少量の濃縮ウランが利用されている。 Cameco社がときおり、劣化金属鑄造品の注文製造のために、少量の劣化ウランをカナダに輸入することがある。

1989年版レッド・ブックの報告以降、電力事業者の備蓄政策に大きな変化はない。

ウラン価格

ウラン輸出価格*統計

	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年
平均価格(C\$/kgU)	C\$71	C\$61	C\$59	C\$50	C\$51	C\$47	C\$53.60
平均為替レート	1.1668	1.1458	1.2083	1.2898	1.366	1.373	1.364
平均価格 (US\$/lbU ₃ O ₈)	\$24	\$21	\$19	\$15	\$14	\$13	\$15.10
スポット引渡比率	<1%	<2%	<1%	<1%	<1%	2%	1%

*輸出契約による全ての引渡しの平均価格。

注:小数点第2位まで報告されているのは1996年の価格のみ。

チリ

ウラン探鉱

歴史的概観

チリにおけるウラン探鉱は 1950 年代初めに開始した。その後数年間に米国原子力委員会がチリのいくつかの州組織と共同して、熱水性および高温鉍脈型の銅鉍床や銅-モリブデン-電気石ブレッチャパイプならびにペグマタイト岩脈に伴うウラン鉍化作用を発見した。

その後の追跡調査は1974年までほとんど行われなかったが、その時期に長期的なウラン探鉱が開始された。このプロジェクトは、UNDP(国連開発計画)/IAEA の支援を受けてチリ原子力委員会(CChEN)が実施したものである。UNDP からは、資金援助と技術支援だけでなく、野外および実験室用の機材も供給された。数回にわたるエアボーンおよびカーボーン調査と地化学サンプリング計画が終了した。これらの活動と民間企業による同様の活動によって、いくつかの地質環境内でウラン鉍化作用が確認された。この中には、鉍脈型、貫入ブレッチャパイプ型、接触変成型および表成型鉍床ばかりでなく、放射能異常を伴う他のタイプの鉍床が複数含まれている。

1983 年、予定されていたチリ原子力計画が 2000 年まで延期された。この延期とウラン市場の低迷を受けて、予算削減と CChEN 職員の合理化が実施された。

1980 年代の後半から 1990 年代初めにかけて、CChEN は一定の地質環境におけるウランポテンシャルの調査を実施した。調査の対象には、二畳～三畳系の火成活動や上部白亜系の酸性～中性火山活動の影響を受けた地域と、上部新生界の蒸発岩類に満たされた凹地などが含まれる。

最近および進行中の活動

国内のエネルギー必要量を満たす上での政府の政策は、21 世紀のある時点以前に原子力を導入する可能性を考慮していない。しかし海水脱塩に原子力を利用する可能性は検討されている。このようなチリの原子力開発計画のきわめて控えめなシナリオに基づき、CChEN の地質・鉍山研究部の活動は最小限のものに縮小された。

しかし地質・鉍山研究部は、予算や人員面での制約にもかかわらず、いくつかの調査活動を継続している。またこうした活動の効果を最大限にする目的で、政府のその他の組織や大学との間で協力協定が締結された。

最近になって、鉄鉍床区に関連する一帯の層序学的な調査や、広域のウラン予察調査を含むプロジェクトが完了した。この調査は2つの町、すなわち Chanaral(北側)と Ovalle(南側)の間の沿岸地帯をカバーするもので、その規模は南北に 820 km、東西に 50 km となっている。この活動の結果として、多数の放射能異常を見いだすとともに、Fe-、Cu-、Au-、U-および Th-鉍化作用の累帯分布関係が明らかになった。またレアアース元素(REE)の鉍徴もまた発見された。

現在、U-Th と REE 間の関係に基づいて、CChEN と National Mining 社との間の合同プロジェクト ENAMI が、アタカマ砂漠 III 地方のコルディエラス山系沿岸部を対象として、REE の存在についての調査が実施されている。

加えて、現在一つの調査プロジェクトが準備されている。このプロジェクトは放射性物質および核燃料全般で価値のあるその他の鉍物の新たな供給源を探し、鉍床モデルを構築し、チリにおける U-Th ポテンシャルを定期的に評価し続けるためのものである。

ウラン探鉱費

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府探鉱費				
CLP (×1000)	39 751	81 621	58 057	65 379
US\$ (×1000)	93.53	217.66	143.35	155.66

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

チリは既知在来型資源を、コスト区分を設定しない形で合計 296 tU 報告している。この中には、Salar Grande の表成型鉱徴(28 tU)と Estación Romero の鉱脈型鉱徴(32 tU)に存在する合計 60 tU の RAR と、Estación Romero と Pejerreyes 鉱徴の 366 tU の EAR-I が含まれている。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

未発見の在来型資源はコスト区分なしで合計 758 tU(EAR-II)であった。これらの資源の大半(630 tU)は Estación Romero と Los Mantos-El Durazno の鉱脈型鉱徴に存在している。残りの 128 tU は Salar Grande(100 tU)、Pampa Camarones(4 tU)および Quillagua-Qda. Amarga (24 tU)の表成型鉱徴に分布している。

ウラン必要量

チリのエネルギー計画によると、短期的に見た場合には、原子力発電所を建設する必要は認められない。しかし民間産業は、海水の脱塩に使用する電力を発電するために原子力発電所1基の建設を検討しているところである。

CChEN は、La Reina 研究炉用の燃料成形加工プロジェクトの一環として、UF₆ 形態の濃縮ウランの購入を検討している。

ウラン関連政策

No. 16.319 の法律の規定に従って、CChEN は、原子力の平和利用に関連するあらゆる問題に関する助言をチリ政府に行う役割を担っている。また、CChEN は、原子力に関するあらゆる分野における研究、開発、利用および管理のための国家計画を策定、提案および実施する責任を負っている。

中国

ウラン探鉱

歴史的概観

中国におけるウラン探査・探鉱は1955年に開始された。それ以後の40年間は次の4つの段階に分けられる。初期段階(1955年～1960年代)の主な活動は探査チームの組織化、探査技術の習得、そして中国全土でのウラン概査の実施からなる。1960年代にウラン鉱床成因論の研究や理解により、探査成果が拡大した。1970年代には潜頭ウラン鉱床の位置を特定するため、包括的な地球物理学的探査と地化学探査手法が広範に用いられた。1980年代以降は新しいタイプのウラン鉱床(大規模・高品位で、より経済的な鉱床を含む)を探すため、広域的な地質構造についての研究が強化された。

中国におけるウラン探査・探鉱を担当する機関は中国核工業総公司(CNNC)の地質局(BOG)である。BOGは放射性鉱物資源の探査と探鉱に関する登記、探査、および探鉱資材とデータの収集・供給、鉱量の認定に関する政府の機能を担当している。地質局の下には次の6つの地方地質局が設置されている: 華東地質局(南昌/Nanchang)、中南地質局(長沙/Changsha)、西北地質局(西安/Xi'an)、東北地質局(瀋陽/Shenyang)、華南地質局(韶関/Shaoguan)、および西南地質局(広漢/Guanghan)。地質局の管轄下には地質チームが52、エアボーン調査とリモートセンシングセンターが1ヶ所、研究所が8ヶ所、単科大学が1校、技術専門学校が3校、技術者研修センターが6ヶ所、探鉱工学研究所が1ヶ所、機器製造施設が8ヶ所、病院が3ヶ所存在する。総職員数は45,000人で、内14,000人が技術者である。

過去40年間の探鉱活動により、300万km²の地表放射能調査、250万km²のエアボーン調査、3,000万mの試錐と、坑道掘削が行われた。この結果、12のウラン鉱床区と、8の有望なウラン地域が確認された。

国際ウラン市場の動向を受けてBOGは1990年に探鉱戦略を変更し、その主対象を中国北部に存在する花崗岩、炭質-珪質-泥質岩、および火山岩型鉱床ターゲットから、中国南部のインシチュリーチングが実行できる砂岩型鉱床に移行した。

主なウラン探査・探鉱法として、地表・エアボーン放射能調査、ラドン調査、放射性水理化学調査、構造-地球物理学的探査、同位体地質学、リモートセンシング、数理地質学、未発見資源予測と評価が挙げられる。

最近および進行中の活動

砂岩型鉱床の発見を目的としたウラン探鉱が継続されている。これらのプロジェクトの大部分は新疆ウイグル(Xinjiang)自治区と内モンゴル自治区で実施されている。中国東北部と南西部で実施されているプロジェクトは数少ない。

新疆ウイグル自治区の伊犁(Yili)堆積盆地でISLが適用可能な砂岩型鉱徴が発見されている。2つの鉱徴が調査されており、これらはいろいろな調査段階にある。現在、探鉱プロジェクトの大部分は新疆ウイグル自治区と内モンゴル自治区の有望な地域と堆積盆地の評価を目的としており、地質学的、地球物理学的な調査が行われている。1997年にBOGは主にこれら2地域で合計75件の探鉱プロジェクトを実施した。

探鉱活動が砂岩型鉱床に絞られたことにより、中国南部におけるその他タイプの鉱床に対する活動は大幅に縮小された。現在でも花崗岩や火山岩分布域を対象とした数少ないプロジェクトがウランポテンシャルの広域評価、または硬質なウラン鉱石を対象とするリーチング試験を目的として実施されている。

BOGが独自に実施している探鉱プロジェクトに加え、日本の組織と協力して2件のジョイントベンチャーが実施されている。これらプロジェクトの一つは、遼寧(Liaoning)省東部を対象とした不整合関連型鉱床の探鉱に関するもので、もう一つは火山岩型鉱床の探鉱モデルの確立を目的としたものである。いずれのジョイントベンチ

ヤープロジェクトも1998年に終了することになっている。

ウラン探鉱費や試錐費に関する詳細な情報は提供されていない。しかし、ウラン必要量が急速に拡大するという見通しを受け、ウラン探鉱活動は探鉱費と試錐掘進長の両面で近年増強されていると述べられている。

ウラン資源

既知資源量は母岩の岩相に応じて、以下の通り区分される。

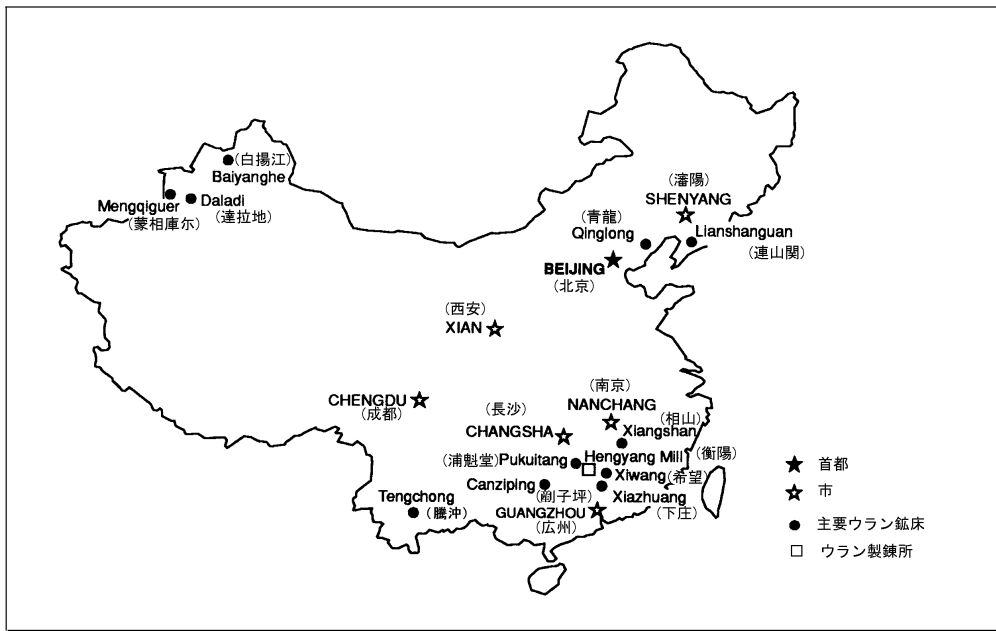
母岩	総資源量に対する比率(%)
花崗岩型	38.11%
砂岩型	21.34%
火山岩型	19.51%
炭珪泥(炭質-珪質-泥質)岩型	16.40%
ミグマタイト、ペグマタイト型	3.05%
珪岩型	0.61%
アルカリ岩型	0.61%
磷酸塩型	0.31%

花崗岩型既知ウラン鉱床は主に、広東(Guangdong)省の貴東(Guidong)花崗岩体、華南の諸広山(Zhuguanshan)花崗岩体、江西(Jiangxi)省の桃山(Taoshan)花崗岩体、中国北西部の芟苓(Jiling)カレドニア期花崗岩体に分布する。これまでに発見された火山岩型ウラン鉱床は、主に江西(Jiangxi)省の相山(Xiangshan)、浙江(Zhejiang)省の小秋原(Xiaoqiuyuan)、新疆ウイグル(Xinjiang)自治区の白楊河(Baiyanghe)、そして華北卓状地の北端に分布している。砂岩型ウラン鉱床は主に、新疆ウイグル自治区の伊犁(Yili)堆積盆地、湖南(Hunan)省の衡陽(Hengyang)堆積盆地、江西(Jiangxi)省の尋烏(Xunwu)、遼寧(Liaoning)省の建昌(Jianchang)、そして雲南(Yunnan)省の西部に分布している。炭珪泥岩型ウラン鉱床は主に、中南部の黄材(Huangcai)、老臥龍(Laowolong)、広西(Guangxi)省の瀏子坪(Canziping)、そして四川(Sichuan)省と甘肅(Gansu)省の境界に位置する諸爾蓋(Ruoergai)に存在している。

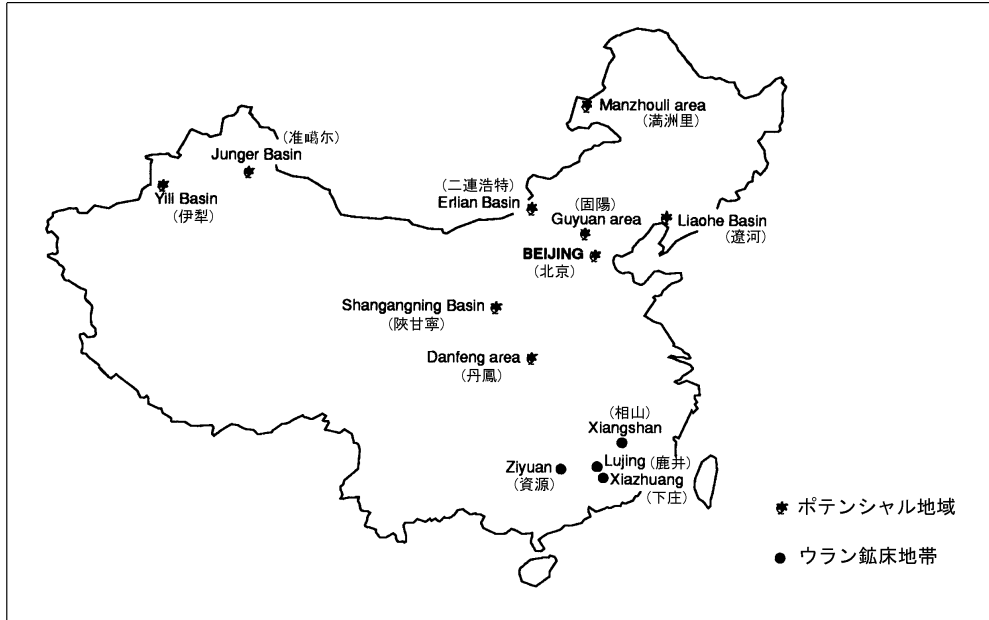
前回のレッドブックで中国の既知資源は合計64,000 tUと報告されている。この資源量は原位置のものであり、生産コスト別区分はなされていない。

中国のいくつかのウラン鉱床や地域の既知資源量を以下に示す。

1.	江西省(Jiangxi)相山(Xiangshan)ウラン地域	26 000 t
2.	広東省(Guangdong)下庄(Xiazhuang)ウラン地域	12 000 t
3.	遼寧省(Liaoning)青龍(Qinglong)ウラン地域	8 000 t
4.	広西省(Guangxi)瀏子坪(Canziping)ウラン鉱床	5 000 t
5.	湖南省(Hunan)郴県(Cengxian)ウラン鉱床	5 000 t
6.	雲南省(Yunnan)騰沖(Tengchong)ウラン鉱床	6 000 t
7.	広西省(Shangxi)藍田(Lantian)ウラン鉱床	2 000 t
	合計	64 000 t



中国の主要ウラン鉱床



中国における探鉱活動地域

ウラン生産

歴史的概観

最近、中国はウラン生産産業と支援活動に関して多くの変更を行った。継続的な技術的進歩に加え、1980年代には市場の経済的な条件への適合性を高めるために、一連の調整と改善が加えられた。それらはウラン生産量の縮小、比較的生産コストの高いウラン鉱山と製錬所の閉鎖を含んでいる。残った生産に対しては従業員数の削減や資材、補給品およびエネルギーの節減と共に、適切なウラン品位カットオフの決定、鉱石のズリ混入率の引下げなどが求められている。

また、中国はウラン生産産業の役割を非ウラン生産(チタン顔料、マグネシウム金属、レア・アースおよび燐)と関連技術へ拡大した。

ウラン生産コストの引下げにより中国の競争力を高めるため、技術と管理の両面における改善に特別な注意が注がれている*。トラックレスマイニングの導入、在来採鉱法により採掘された鉱石に対する放射能選鉱装置の開発と利用等のコスト削減に役立つ技術的な改善を行った。ヒープリーチングやインシチュリーチング技術だけでなく、発破後の坑内リーチングを含めて、浸出(リーチング)技術の利用が拡大された。無水濃硫酸と硫化第二鉄溶液の添加を用いたヒープリンチング法が生産に利用されている。

トラックレスマイニングは1980年代に衢州ウラン鉱山で導入され、仁化鉱山と本溪鉱山で計画されている。この技術を利用することで、所要人員を40~60%削減する一方で、鉱石生産量を2倍から4倍以上に増やしている。採鉱損失やズリ混入が少なくなり、操業コストは15~40%低下した。

放射能選鉱が利用されており、その年間生産量は最大で15万トン鉱石である。この技術は1980年代に撫州(Fuzhou)鉱山で初めて導入された。

1990年に藍田鉱山で起砕鉱石を対象としたインプレースリーチングによる生産が開始された。No.30 鉱体の平均品位は0.171%で、地質埋蔵量は7,160 tUであった。この鉱石の厚さは平均6.6 mで、破碎が進んだ花崗岩中の構造破碎帯中に産出している。鉱体頂部は地表面近くに位置し、水理地質学的条件は単純であった。リーチング溶液は頂部に注入され、鉱体の底部で回収された。回収率は83%を超えた。

中国は今後の計画でインシチュリーチングを重視している。CNNCのウラン採鉱研究所は1970年からインシチュリーチングの研究を続けてきた**。1979年まで小規模なインシチュリーチング試験が広東省のNo.501 鉱床(1978年~1981年)とNo.381 鉱床(雲南省騰冲)で実施された。1982年10月から開始されたNo.381 鉱床での小規模な野外試験に基づき、1991年末には年間生産容量3~5 tUのパイロットプラントが完成した。合計72本の坑井が47 tUの資源を開発している。

1987年~1991年に新疆ウイグル自治区の伊犁にあるNo.512 鉱床において生産試験が行われた。年間生産容量10 tUのパイロット鉱山で、硫酸浸出液と25m×25m間隔の5点坑井配列が用いられた。生産容量は1993年に20 tUに、1994年には40 tUに拡張された。計画では1995年中に生産容量100 tU/年の商業鉱山が完成する見通しとなっていた。鉱石はピッチブレンドからなり、ロールフロント型鉱床に伴う未固結多孔質砂岩中の酸化帯に存在する。米国テキサス州と旧ソ連にある、砂岩を母岩とする鉱床との類似性が報告されている。伊犁堆積盆地のウラン埋蔵量が大きく増大する可能性がある。1996年中にNo.511 鉱床のインシチュリーチング試験が計画されていた。この地域におけるインシチュリーチングの生産容量は2000年までに約400 tU/年に拡張される見通しである。

他にも未固結砂岩を母岩とするいくつかのウラン鉱床が確認されている。この型の鉱床は新疆ウイグル自治区の南にあり、インシチュリーチングを適用できる可能性がある(No.511に加えてNo.506、508、509、510)。雲

* Zhang,Rong, 1995年、『中国の原子力発電必要量を満たすためのウラン生産効率の改善』(1995年5月にウクライナのキエフで開催された「ウラン鉱床開発、採鉱、資源、生産および世界の需給関係における最近の変化と出来事」に関するTCM)。

** Yunbin,Du, 1995年、『中国におけるウランのインシチュリーチング』(1995年5月にチェコのHarrchovで開催された「インシチュリーチングに関するワークショップ」に提出された論文)。

南省の龍川では、No.381、382、384、50 といった鉱床が知られている。No.205 鉱床は臨滄に位置する。同様の鉱床として内モンゴルの No.505、512、861、2022、9131 等がある。これらの鉱床へのインシチュリーチングの適用可能性を明らかにするためには、さらに解析を行う必要がある。技術を改良し、インシチュリーチングを通じて中国のウラン生産容量を拡大するための研究が続けられている。

1995 年と 1996 年にウラン産業の調整が完了した。高コスト鉱山と製錬所が閉鎖、または待機状態に置かれると共に、伊寧(Yining)の ISL 施設、藍田(Lantian)ヒーブリーチング施設、本溪(Benxi)鉱山等の新規生産センターでの生産が開始された。中国の生産能力は全体として減少しているが、一定の水準は維持されている。技術と運営面での改善により、ウラン生産効率は平均3～4倍という大幅な向上を示している。その一例として、1984 年に 45,000 人であった人員が現在では 9,000 人に減少していることが挙げられる。詳細について、以下で説明する。

生産能力の現状

1996 年に衡陽製錬所の鉱石処理が停止され、施設は待機状態に置かれた。しかし、併設のウラン精錬所は現在も運転を継続している。同じく 1996 年に新規の伊寧(Yining)、藍田(Lantian)、および本溪(Benxi)生産センターが合計で 260 tU 供給した。

現在、新規生産センターにおけるウラン生産の平均コストは最近閉鎖された施設に比較して 30～50%減少している。以下に、ウラン生産センターの技術的詳細をまとめた表を示す。

ウラン生産センターの技術的な詳細

(1997 年 1 月 1 日現在)

	センター1	センター2	センター3	センター4
生産センター名	衡陽	撫州	崇義	騰沖
生産センター分類	現存	現存	現存	現存
操業状態	待機中	操業中	操業中	操業中
操業開始	1963 年	1966 年	1979 年	1991 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	郴県およびその他 鉱山 珪質片岩および砂 岩	火山岩	崇義鉱山 花崗岩	鉱床#381 砂岩
鉱山 ・タイプ (OP/UG/ISL) ・規模(日産鉱石トン) ¹ ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 3,000 85～90	坑内採掘、 露天採掘 700 92	坑内採掘、 露天採掘 350 90	ISL 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	在来法 IX, AL 3,000 85～88	在来法 IX, AL 700 90	ヒーブリーチング IX, AL 350 未入手	ISL IX, AL 未入手 未入手
定格生産容量(tU/年)	500	300	120	20

ウラン生産センターの技術的な詳細

(1997年1月1日現在)

	センター5	センター6	センター7
生産センター名	伊寧	藍田	本溪
生産センター分類	現存	現存	現存
操業状態	操業中	操業中	操業中
操業開始	1993年	1993年	1996年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	鉱床#512 砂岩	藍田 花崗岩	本溪 花崗岩
鉱山 ・タイプ (OP/UG/ISL) ・規模(日産鉱石トン) ¹ ・平均採鉱実収率(%)	ISL 未入手 未入手	未入手 200 80	未入手 100 85
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	IX, AL 未入手 未入手	ヒーブリーチング IX, AL 未入手 90	ヒーブリーチング SL, AL 未入手 90
定格生産容量(tU/年)	100	100	120
拡張計画	400 tU/年へ		

ウラン産業の所有構造

1994年以降、中国の国有ウラン産業の所有関係に変化はなく、100%政府が所有している。

ウラン産業の雇用状況

複数の鉱山と製錬所の閉鎖に伴って、中国のウラン産業の雇用人員は減少し続けている。1994年から1996年の推移を次表に示す。

現存生産センターにおける雇用人員

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
9 100	8 800	8 500	8 500

将来の生産センター

現在、最も有望な生産センターは伊寧 ISL 施設であり、この施設はジュラ紀の砂岩型鉱床 No.512 から生産している。その定格生産能力は現在の 100 tU/年から短期的に 400 tU/年以上に拡大できると見込まれている。

¹ 原文では「年産鉱石トン」となっているが、中国が 1997 年 6 月のウラングループ会議に提出した報告に基づき「日産鉱石トン」に変更した。

環境への配慮

12ヶ所のウラン製錬所の部分的または全面的な閉鎖に伴い、大量の捨石と鉱さいのデコミッションングと長期管理の必要が生じている。4つのサイトでの関連活動が計画され、残りの8ヶ所のサイトに関する予備的な調査が実施されている。

長期的な生産能力

中国の長期的なウラン生産能力は、近い将来に急増すると見られている原子炉ウラン必要量に応じて決定されよう。

ウラン必要量

中国では2基の原子力発電所が稼働している。中国が独自に設計・建設した浙江(Zhejiang)省の秦山(Quinshan)原子力発電所(300 MWe)と、中国とフランスのジョイントベンチャープロジェクトである広東(Guangdong)省の大亜湾(Daya Bay)原子力発電所(設備容量は 2×900 MWe)である。秦山原子力発電所は1992年7月に全出力に達し、大亜湾原子力発電所は1994年に電力網に併入された。合計で2,100 MWeの原子力発電容量に対する総ウラン必要量は1995年末までに300tUに達している。

1996年に中国の原子力開発に長期的な影響を及ぼす決定が多数なされた。1996年から2002年に、さらに8基の原子力発電所(合計発電容量は約6,900 MWe)を建設する計画が立てられた。これらの計画の詳細を次に示す。

- ・ 秦山第2プロジェクトで2基の原子炉(合計発電容量が約1,360 MWe)が建設される。このプロジェクトはCNNCにより実施されている。2基の原子炉の建設はそれぞれ1996年と1997年に開始された。
- ・ 同じく秦山において、1998年に中国とカナダのジョイントベンチャーが2基のCANDU型原子炉(合計発電容量は1,450 MWe)の建設を開始することになっている。
- ・ 中国とロシアの共同プロジェクトにより、2基の原子炉(合計発電容量は2,120 MWe)が連雲港(江蘇州)で建設されることになった。このプロジェクトはもともと遼寧省で実施されるはずであったが連雲港に移され、1998年から建設が開始されることになっている。
- ・ 中国とフランスのプロジェクトは1997年にFramatome社の原子炉2基(合計発電容量は1,970 MWe)の建設を開始した。

これらのプロジェクトにより、中国の総原子力発電容量は2005年に約9,000 MWeにまで拡大する。以下の表に2005年から2015年までの原子力発電容量と、対応するウラン必要量を示す。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低ケース	高ケース	低ケース	高ケース	低ケース	高ケース
2,100	2,100	3,300	7,000	9,000	17,000	21,000	22,000	27,000

年間原子炉関連ウラン必要量

(tU)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低ケース	高ケース	低ケース	高ケース	低ケース	高ケース
300	300	600	900	1,500	2,400	3,000	3,200	4,000

供給および調達政策

最近拡張されたウラン生産能力と、既知ウラン埋蔵量および資源量は短期的な中国の原子力開発計画に必要な量を十分に満たすものである。それ以上の必要量については、未発見の資源によって賄わなければならない。こうしたウランポテンシャルを既知資源量および埋蔵量に転換するために、中国はウラン探鉱活動に重点を置いている。

ウラン関連政策

1996 年に中国ウラン会社がウラン産業の市場経済におけるニーズに対応する目的で設立された。同社は中国核工業総公司(CNNC)の管理下にあるウラン生産組織を代表するものである。

コロンビア

ウラン探鉱

歴史的概観

コロンビアにおけるウラン探鉱は 1967 年に開始した。約 300 ヶ所のウラン異常が東部 Cordillera 山系と中央 Cordillera 山系東側斜面に確認された。

当初、国外のウラン企業がコロンビア政府との提携契約の下で探鉱を行っていた。これらの企業が撤退した後、1980 年代に INEA(核科学および代替エネルギーに関する責任を負うコロンビアの研究所)が若干の試錐を行った。1992 年に、すべてのウラン関連活動が終了した。

コロンビアには既知資源の RAR または EAR-I は存在しない。

ウラン関連政策

コロンビア政府は現在、ウラン探鉱および生産に関連したいかなるプロジェクトも遂行していない。

キューバ

ウラン探鉱

歴史的概観

キューバでは 1985 年に、管轄機関である科学・技術・環境省の原子力開発研究センターが探鉱活動を開始した。この活動は2基の原子炉の建設開始と密接に結びついたものであった。

この探鉱活動は、キューバのウランポテンシャルの評価を目的としたもので、次の活動が含まれる。

- ・ 入手可能な地質情報の検討と評価
- ・ 以前に実施された全国規模のエアボーン放射能調査において検出された放射能異常を対象とする地表調査
- ・ キューバ北西部の1地域に対する限定的な試錐調査(合計で約 6,000m)
- ・ トラッカーエッチングおよび木炭ラドン検出法の適用
- ・ キューバ国土の 70%を対象としたウラン有望度調査

ウラン探鉱は 1990 年に予算上の制約により縮小された。

最近および進行中の活動

1993 年～1994 年には、予算上の理由から、ごく小規模な野外活動しか行われなかった。しかしながら有望度調査などの室内調査は継続している。

1998 年までの計画には、今世紀末までにキューバ全土を網羅することになっている研究の継続も含まれている。ウラン有望度の高い地域の現地調査など、次の段階の活動は同センターの経済状況に左右されることになろう。

次の表に同センターが最近数年間に支出したウラン探鉱費をまとめた。

ウラン探鉱費

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府探鉱費				
その当時のペソ価格(×1,000)	169	105.4	86.5	50
米ドル(×1,000)	228	142	86	50

ウラン資源

キューバはウラン資源を報告していない。しかし探鉱を実施している組織は、花崗岩質貫入岩と上部白亜系の石灰岩類との接触部に関連する 3,500 ppm U(地表での値)までのウラン鉱徴が1ヶ所存在すると報告している。この地質条件は広く延長していることから、この地域(キューバ中央部の Escambray)にある程度のポテンシャルは認められる。

チェコ

ウラン探鉱

歴史的概観

チェコスロバキア(CSFR)のウラン探鉱は1946年に開始され、その後急速に発展して同国のウラン鉱業を支える大規模な計画の一つへと成長した。国土全域のウランポテンシャルを評価するため、地質、物理探査および地化学探査と関連研究から成る組織的な探鉱が実施された。またポテンシャルが認められた地域は試錐探鉱および坑道探鉱によって詳細に調査されている。

探鉱は1989年まで組織的に続けられた。年間探鉱費は1,000万～2,000万米ドル、年間試錐掘進長は70～120 kmであった。

しかし1989年に全てのウラン関連活動を縮小する決定が出された。その決定後の最初の年である1990年の探鉱費は約700万米ドルに低下し、続く1992年には66万米ドルへと落ち込んだ。

探鉱は、伝統的に、変成複合岩体中の鉱脈型鉱床(Jáhyrov, Horní Slavkov, Příram, Zadní Chodov, Rozná AOlsí, その他)、ボヘミア山塊の花崗岩類(Vítkov 鉱床)、ボヘミア北部および北西部の砂岩を母岩とする鉱床(Hamr, Straz, Brevniste, Osecná-Kotel, Hvezdov, Vnitrosudetská pánev, Hájek, その他)に集中して行われた。

最近および進行中の活動

1994年初め以降、現地での探鉱活動は行われていない。探鉱活動は以前に収集された探鉱データの保全および処理に集中している。

探鉱に関する情報を処理し、探鉱データベースを作成する作業は、1997年も継続している。

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
民間探鉱費(100万コルナ)	0.50	1.20	0.50	0.70
政府探鉱費(100万コルナ)	12.50	6.20	5.00	6.00
探鉱費合計(100万コルナ)	13.00	7.40	5.50	6.70
探鉱費合計(1,000米ドル)	468	282	201	244

ウラン資源

これまでにチェコの既知ウラン資源は24鉱床に存在しており、そのうちの20鉱床は終掘または閉鎖されている。現存する4鉱床のうち2ヶ所(Stráz および Rozná)は採掘中であり、また2ヶ所(Osecná-Kotel および Brzkov)には将来採掘可能な資源が存在する。

また未発見のウラン資源は、ボヘミア白亜系堆積盆地の北部(Stráz 地塊、Tlustec 地塊および Hermánky 地方)に加え、Rozná、Brzkov、Hvezdov 鉱床に存在すると考えられている。

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

1997年1月1日現在の在来型既知資源は、前回の見積りと比較して1,478 tU 減少した。すなわち、\$80/kgU 以下のコストで回収可能な RAR は 5,140tU 減少した。この減少分は\$80～\$130/kgU コスト区分に移されている。\$130/kgU 以下の RAR 資源は、1994 年末の 31,210 tU から、1997 年 1 月 1 日現在の 30,220tU に、ほぼ 1,000 tU 減少した。RAR の減少は、1995 年の閉鎖に伴う Hamr 鉱床の再評価と、操業中の Rozná および Stráz 生産センターの資源が枯渇した結果である。

EAR-I 資源は 490tU 減少して、1997 年 1 月 1 日現在 18,960 tU である。この減少は\$80/kgU 以下のコスト区分で生じた。

EAR-I については、\$80/kgU 以下の資源が 1,660 tU から 1,180 tU へとわずかに減少した。また 1997 年 1 月 1 日現在の\$130/kgU 以下の見積りは 490tU 減少して 18,960 tU となっている。

\$80/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源の 81%は現存の生産センターに属しており、残りは Brzkov 鉱床に存在する。

\$80～\$130/kgU 区分の既知資源の一部は Osecná-Kotel 鉱床と関連しており、その資源量は 15,000 tU 弱と見積られる。

以前に報告された資源に追加される新たな鉱床の発見はない。

確認資源

(tU、1997 年 1 月 1 日現在)*

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	6 630	30 220

推定追加資源 - 区分I

(tU、1997 年 1 月 1 日現在)*

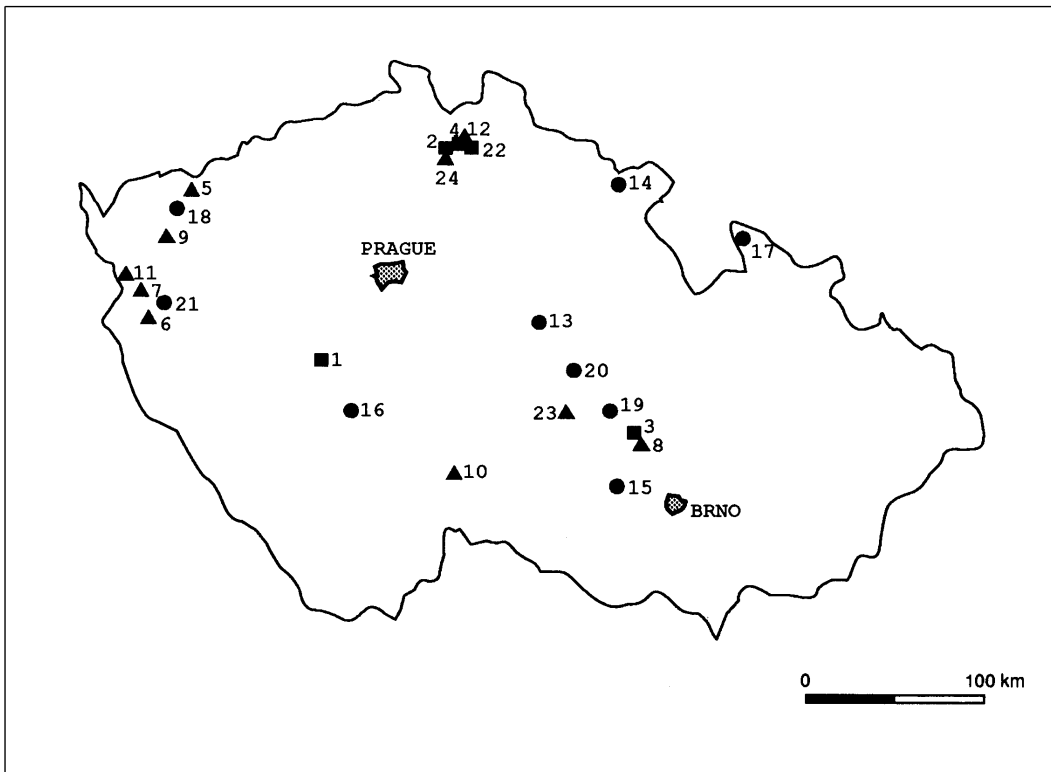
コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	1 180	18 960

*見積りは採掘可能な資源に関するもの。在来法によって採掘される資源については、採鉱損失 4.5% が差し引かれている。製錬損失は考慮していない。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

過去 2 年間で資源の発見が有望視される新たな地域は特定されていない。

EAR-II は 1995 年 1 月 1 日現在と事実上同じであり、この資源は Rozná、Brzkov および Hvezdov 鉱床と関連している。



No.	鉱床名	規模	現状	タイプ	No.	鉱床名	規模	現状	タイプ
1.	Příbram	B	V	H	13.	Licoměřice-Březinka	S	V	H
2.	Stráž *	B	T	S	14.	Vnitrosudetská pánev	S	V	S
3.	Rožná *	B	T	Z	15.	Jasenice	S	V	Z
4.	Hamr	B	V	S	16.	Předbořice	S	V	H
5.	Jáchymov	M	V	H	17.	Javorník-Zálesí	S	V	H
6.	Vítkov	M	V	M	18.	Hájek	S	V	S
7.	Zadní Chodov	M	V	Z	19.	Slavkovice-Petrovice	S	V	H
8.	Olší	M	V	Z	20.	Chotěboř	S	V	H
9.	Horní Slavkov	M	V	H	21.	Svatá Anna	S	V	H
10.	Okrouhlá Radouň	M	V	Z	22.	Osečná-Kotel	B	P	S
11.	Dyleň	M	V	Z	23.	Brzkov	M	P	H
12.	Břevniště	M	V	S	24.	Hvězdov	M	P	S

規模: ■B>10,000 tU
 ▲M>1,000 および<10,000 tU
 ●S>100 および<1,000 tU

状況: V=終掘
 T=採掘中
 P=計画、予測

凡例

タイプ: H=鉱脈型鉱床(「古典的」鉱脈)
 Z=鉱脈型鉱床(「zone」鉱床)
 M=鉱脈型鉱床(交代型鉱床)
 S=層状、砂岩型

*製錬所

チェコの主要ウラン鉱床

推定追加資源 - 区分II

(tU、1997年1月1日現在)*

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	5 480	8 480

* 原位置の資源として。

EAR-IIに加え合計 179,000 tU の SR が原位置資源として存在しているが、いずれのコスト区分にも入れられていない。この SR は、Stráz 地塊、Tlustec 地塊および Hermánky(いずれもボヘミア北部の白亜系の堆積盆地内)に存在すると考えられている。

ウラン生産

歴史的概観

チェコスロバキアにおけるウラン生産は 1946 年に開始された。1946 年からソ連の崩壊までの期間、チェコスロバキアで生産されたウランはすべてソ連に輸出していた。

最初に Jáchymov 鉱山と Slavkov 鉱山で生産が行われ、1960 年代半ばに操業を終了した。主要な鉱脈型鉱床である Příbram は 1950 年から 1991 年まで操業した。Hamr 生産センターは、砂岩型鉱床から給鉱され、1967 年に操業を開始した。生産量が最も多かったのは 1960 年頃で(約 3,000 tU)、生産量は 1960 年～1989/1990 年の期間にわたり 2,500～3,000 tU/年の水準に維持され、その後低下し始めた。1946 年～1996 年の期間にチェコ共和国では合計 104,748 tU が生産された。この数字の 86%が在来法によって生産され、残りはインシチュリーチング(ISL)により回収されたものである。

次表に 1992 年～1996 年のウラン生産統計と 1997 年の予定生産量をまとめた。

ウラン生産量の推移

(tU、精鉱中)

生産法	1994 年以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年までの合計	1997 年(予測)
従来法						
・露天採掘	320	0	0	0	320	0
・坑内採掘	89 083	306	300	298	89 987	300
小計	89 403	306	300	298	90 307	300
インシチュリーチング	13 600	235	298	300	14 433	290
副産物	0	0	0	0	0	0
その他の方法	0	0	2	6	8	19
合計	103 003	541	600	604	104 748	609

生産能力の現状

1995 年に Hamr 鉱山が閉鎖されたため、過去2年間にわたりチェコの現存センターの生産能力は低下している。

1996 年 3 月にチェコ共和国政府は、白亜系のボヘミア堆積盆地北部にある Stráz インシチュリーチング鉱山のデコミッションングおよび原状回復作業を開始する決定を下した。今後数年間にわたりウランの抽出は続けら

れるが、鉱床の原状回復に伴って徐々に抽出量は減っていくこととなる。Stráz 鉱床以外に現在操業中の鉱山は、モラビア西部の変成複合岩体内にある Rozná 坑内採掘鉱山だけである。

ウラン産業の所有構造

探鉱と生産を含む全てのウラン関連活動は国営企業の Diamo 社(本社は Stráz pod Ralskem)によって実施されている。したがって生産量(1996 年は 604 tU)はすべて政府の所有である。

ウラン産業の雇用状況

Hamr 鉱山にある探鉱センターの閉鎖に伴い、1996 年末現在のチェコのウラン産業における直接雇用人員は約 3,600 人に低下した。この雇用人員は、ウラン生産、デコミッションングおよび原状回復活動に従事している。

現存の生産センターの雇用状況

(人-年)

1994 年	1995 年	1996 年	1997 年(予測)
5 400	4 500	3 600	3 000

将来の生産センター

政府の決定に従い、ウラン生産は規模を縮小して続けられることになろう。現在のシナリオでは鉱山(坑内採掘)は、1998 年まで 300 tU の年間生産量を維持するものと見られている。Stráz インシチュリーチング鉱山は、1996 年に開始予定の環境復旧作業の一環として、300 tU/年を生産する予定である。

将来の生産センターとしては、Brzkov 鉱床の操業が再開される可能性がある。Brzkov は鉱脈型鉱床であり、RAR および EAR-I 区分の既知資源からなる。本鉱床はモラビアの Moldanubian 西部に位置する。この鉱山は閉鎖されているが、市況が好転すれば操業が再開される可能性がある。

1996 年に作成された予備フィージビリティスタディに基づくと、EAR-II に区分されている Hvezdov 鉱床(ボヘミア北部の白亜系の堆積盆地にある砂岩型ウラン鉱床)の開発の見通しは、近い将来において経済的に低いものと判断されている。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

生産センター名	Dolní Rozínka (Rozná)	Stráz
生産センター分類	現存	現存
操業状態	操業中	操業中
操業開始日	1957年	1967年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Rozná 鉱脈型	Stráz 砂岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 800 94.5	インシチュリーチング — 60(予測)
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均製錬実収率(%)	ALKPL/IX/WG 680 94.4	ISL/AL/IX 55500 kl/日 —
定格生産容量(tU/年)	370	500

短期的な生産能力

次の表に2015年までの予想生産能力を示した。

短期的な生産能力

(tU/年)

1997年				1998年				2000年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	680	680	0	0	680	680	0	0	680	680

2005年				2010年				2015年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	110	110	0	0	60	60	0	0	50	50

ウラン生産に伴う環境問題

チェコにおけるウラン鉱石の採掘・製錬活動は環境に大きな影響を及ぼしており、それらを除去するためには長期的な環境修復措置が必要である。環境修復措置活動は2000年以降も長期間にわたって続くものであり、莫大な資金が必要となる。

現在、ウラン生産の継続的な低下に伴って、デコミッションと原状回復活動が DIAMO 社の主な活動となっている。

ウランの採掘・製錬によって生じた環境への影響に関する包括的な検討については、1995年版レッドブックに記載した。

現在、主要なデコミッショニングおよび原状回復活動は以下のように進められている。

1. Hamr 鉱山のデコミッショニング

デコミッショニングに関する技術的なプロジェクトはすでに承認されている。活動は坑道で行われ、採掘済み空間が埋戻し材で充填されている。この埋戻しは **2001** 年に終了する予定である。

2. Stráz 製錬所のデコミッショニング

現在、製錬設備のデコミッショニングが行われており、その後製錬建屋の除染が予定されている。除染した建屋を将来、利用することも可能だという提案がなされている。

3. Stráz 鉱さい沈殿池の環境修復

環境修復措置の概念はすでに設定されている。その他の措置とは別に、遊離水の除去が提案されており、その後鉱さいを第2段階貯留場に移設し、汚染された沈殿地の物質を第1段階の堆積場に移すことになっている。

4. Stráz インシチュリーチング鉱山の環境修復

インシチュリーチング抽出後の鉱床内での環境修復目標は、セノマン階およびチューロン階にある帯水層中の地下水に溶けた固形物の含有量を徐々に引き下げ、その後、リーチング作業場の地表面を生態系と徐々に統合(生態学的安定性を備えた広域体系の枠内で)し、調和することにある。

1996 年 **5** 月 **1** 日に、環境修復の準備期間は開始された。そのためには、毎分約 **6.5m³** で流出する物質を蒸発させ地表水流内に移す必要がある。蒸発プラントの操業は **1996** 年 **10** 月に開始された。

5. Olší 鉱山のデコミッショニング

継続的な活動として、捨石堆積場とプラント敷地の緑地化や、坑内水処理の継続が挙げられる。

6. Jasenice-Pucov 鉱山のデコミッショニング

再緑地化はすでに完了している。ウランおよびラドンの除去を含む坑内水処理が続けられているのは、このサイトだけである。

7. Licomerice-Brezinka 鉱山のデコミッショニング

現在、再緑地化の計画が立てられている。サイトでは、ウラン、ラドン、鉄、マンガンを除去するため、坑内水の処理が行われている。このサイトの特異な点として、立坑内での生物学的な浸出の継続が挙げられる。

8. Příbram の鉱さい沈殿池の環境復旧

地表および粉塵が比較的高いガンマ線量率を示さないよう、環境修復活動が実施されている。

9. 再緑地化と Zadní Chodov および Okrouhlá Radoun の坑内水の処理

放射性核種を除去するため、捨石堆積場の再緑地化と、坑内水の揚水および処理が進められている。

10. Horní Slavkov 鉱水処理プラントの建設

これは **DIAMO** 社の主要な環境修復措置の一つである。旧事業地の実態調査により、プラント建設の必要性が確認された。ここでの水処理は、放射性核種、鉄、マンガンその他の元素の除去を行なっている。処理水は放棄された **Horní Slavkov** 立坑から出たものである。

11. MAPE Mydlovary 製錬所の鉱さい沈殿池の再緑地化

これは **DIAMO** 社の環境修復プロジェクトの中で最大規模の活動であり、数十年の期間を要すると考えられている。現在、最適な環境修復概念の選定のための研究が進められている。同時に、パイロット・プロジェクトを用いていくつかのオプションの評価が行われている。現在、沈殿池地域の漏出水の処理が **6~7m³/時** の水準で実施されている。

長期的な能力

現存および操業中の2つの生産センター(Rozná および Stráž)は 2003 年と、2020 年以前のある時点までにそれぞれ枯渇する。

計画中の Brzkov 生産センターは 2010 年以前に枯渇すると予測される。市場の好転および政治状況に応じて、2010 年以降のある時点で、さらに2つの予測生産センターが生産を開始することも可能である。これらは Hvezdov および Osecná-Kotel 鉱床で、ともにボヘミア北部の白亜系の堆積盆地と関連している。

ウラン必要量

共同出資会社 CEZ が Dukovany 原子力発電所を運営している。この発電所は 1985 年以来チェコのベースロード電力を供給してきた。現在4基の 408 MWe 炉の年間ウラン必要量は 335～380 tU の範囲にある。Temelin 原子力発電所(2×942 MWe)が操業を開始すれば、合計ウラン必要量はほぼ倍増し 700 tU/年に達しよう。修正後の計画では1号基が 1999 年 4 月に、2号基が 2000 年後半に発電を開始することになっている。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
1 632	1 632	2 604	3 516*		3 516*		3 516*	

*最良の見積り。

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
370	370	525	700*		700*		700*	

*最良の見積り。

供給および調達戦略

CEZ 社は、チェコ国内における唯一のウラン消費者であり、2000 年までは国内ウラン供給に依存することができよう。これはチェコ政府が設定しているウランの輸入を制限する「原材料政策」に適合した措置である。その一方で CEZ 社は、外国の供給源からの購入を通じたウラン供給の多様化を計画している。この多様化には、政府のウラン備蓄からの購入も含まれる可能性がある。

ウラン関連政策

ウランの探鉱、採鉱および処理は Diamo 社の独占事業である。Stráž(デコミッションング・原状回復計画を実施中)および Rozná 鉱山では生産が継続されることになっており、数年分の生産を実施できるだけの資源が存在する。ウラン生産と原子炉関連ウラン必要量のバランスを維持する方針が採用されている。

ウラン在庫

天然ウランの形での在庫は政府(2,000 tU 以上)および Diamo 社(700 tU)によって所有されている。

ウラン価格

ウランは市場価格によらない価格で CEZ に供給される。

デンマーク(グリーンランド)

ウラン探鉱

歴史的概観

ウラン探鉱活動はグリーンランドの南部、東部および西部で実施された。グリーンランド南部では 1955 年～1984 年に Kvanefjeld U-Th 鉱床の探鉱が行われた。この鉱床はアルカリ貫入岩類に伴う大規模な低品位鉱床である。探鉱法としては、地表放射能調査(ガイガー、後にはガンマ線スペクトロメーター)、試錐、試錐孔検層、岩芯のガンマ線スペクトロメーターによるスキヤニング、岩芯の化学分析試験、詳細な地質調査、試験採掘および分析、製錬試験が実施された。資源量は 27,000 tU と見積られており、そのうちの 16,000 tU が「追加資源」に分類されている。1979 年～1986 年にはグリーンランド南部に対して広域探鉱(ヘリボーンガンマ線スペクトロメーター、水系の地化学および地質学調査)が実施された。次の3ヶ所の鉱徴地が発見されている。1) 鉱化した破碎帯および鉱脈内の閃ウラン鉱、2) アルカリ岩中のウランに富むパイロクロア鉱化作用、3) 熱水鉱化作用を受けた変堆積岩類中の閃ウラン鉱。これらの鉱徴地には「期待資源」のものとして 60,000 tU が存在すると考えられている。

グリーンランド東部における探鉱活動は 1972 年～1977 年に行われた。広域ウラン探鉱(エアボーンガンマ線スペクトロメーター、水系の地化学、地表放射能および地質調査)が行われた。この計画は大きな発見なく終了した。またグリーンランド西部で行われた地上追跡調査を伴う広域エアボーンガンマ線スペクトロメーターでも、大きな発見はなされなかった。

最近および進行中のウラン探鉱活動

グリーンランドでは、ウランおよびトリウムに関する分析を含む河川堆積物調査とシンチレーション・カウンターによる計測(総ガンマ線)が、各サンプリング地点で実施された。1995 年の調査ではグリーンランド北西部の 7,000 km² の地域がカバーされたが、鉱徴地は記録されていない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

デンマークは、グリーンランド南部に計 43,000 tU の既知在来型資源を報告している。その内訳は RAR が 27,000 tU、EAR-I が 16,000 tU である。在来型資源の全ては \$130/kgU 以下のコストで回収可能なものである。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

デンマークは、グリーンランド南部に計 60,000 tU の SR を報告している。その内訳は、\$130/kgU 以下で回収可能なものが 50,000 tU、コスト区分に入れていないものが 10,000 tU である。

エジプト

ウラン探鉱

最近および進行中の活動

核物質局はその主要な探鉱活動を、東部砂漠で発見された3つの鉱化地域(Gabal Gattar、El Missikat および El Erediya、Um Ara)の開発に向けてきた。一般に、この活動は深掘りトレンチ、坑道掘削、コアおよびノンコア試錐、検層から構成され、研究所で解析される。下記の表に 1990 年～1997 年の活動の規模を示した。またこの活動には、詳細な地形図、地質図および放射能測定図の作成や品位見積りおよび埋蔵量評価を目的とした含ウランレンズのサンプル採取も含まれている。

1990年～1997年のウラン探鉱活動

所在地	深掘りトレンチ(m ³)	試 錐	予備的採掘(m)
Gabal Gattar	600	—	735
El Missikat および El Erediya	—	1 243	4 950
Um Ara	2 500	230	

Gabal Gattar

予備的な採掘(坑道探鉱)が進められており、花崗岩塊内のウラン胚胎剪断帯を追跡調査するために利用されている。また立坑内での作業が続けられており、これによって水平坑道にアクセスできるようになる(図中のウラン鉱徴地1)。

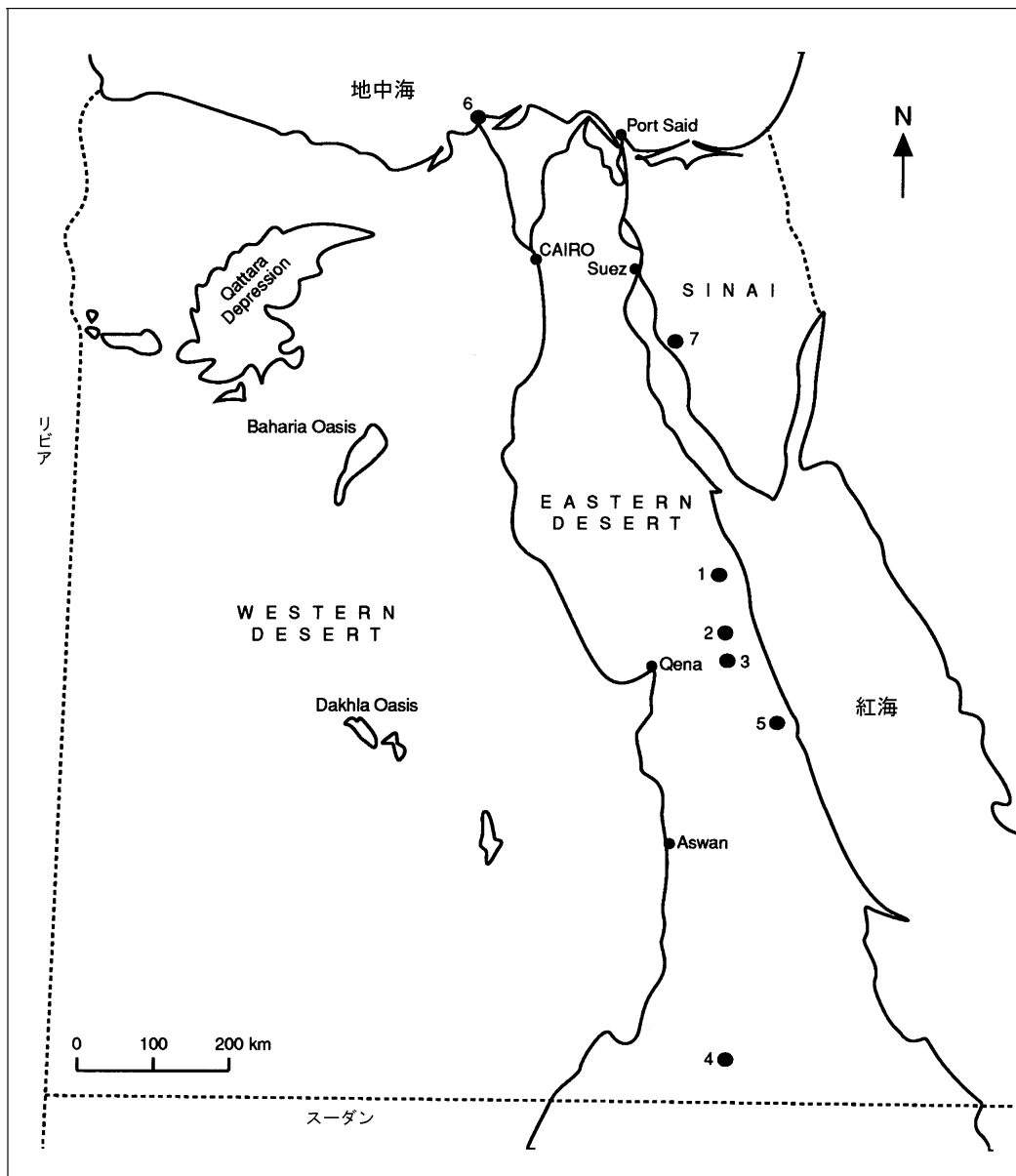
El Missikat および El Erediya

この2つの鉱床の探鉱は、約 4,000m の坑道によってすでに終了している。1991 年に、この2地域内にあるウラン胚胎鉱脈の範囲を確定および評価する目的で坑道内のコア試錐が始められ、現在も継続されている(図中のウラン鉱徴地2および3)。

Um Ara

この地域は、強い構造作用を受けた微斜長石-花崗岩内の節理と断裂、そして花崗岩と貫入を受けた先カンブリア時代の堆積岩および火山岩との接触面に近い剪断帯によって特徴づけられる。ウランは二次的な断裂充填物として存在する。この地域は現在、間隔の狭い試錐によって評価されている(図中のウラン鉱徴地4)。

新たな探鉱地域を発見することを目指して、エアボーン・ガンマ線スペクトロメーター調査を利用した集中的な計画が実施される予定である。この計画の中で、最も有望な地域が段階的に調査されることになる。下記の表に、1994 年～1996 年の年間探鉱費を示す。



ウラン鉱徴地

- 1. G.Gattar
- 2. El Missikat
- 3. El Ereidyia
- 4. Um Ara
- 5. G.Kadabora
- 6. Rossetta
- 7. West Sinai

エジプトのウラン鉱徴地

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994年	1995年	1996年
政府探鉱費			
エジプト・ポンド	11 000 000	12 000 000	22 000 000
米ドル(×1,000)	3 244.84	3 560.83	6 528.19

新たな発見

Gabal Kadabora

この地域は、東部砂漠の中央部内に発見され、準詳細および詳細探鉱段階にある。ウラン鉱化作用は、面積約 320km² を占める比較的年代の若い花崗岩塊内に存在する。ウランはペグマタイト鉱脈と関連しており、とくにこの花崗岩体の外部境界に沿って存在する(図中のウラン鉱徴地5)。

シナイ半島西部

この鉱床は、古生代上部の含ウランシルト岩と頁岩である。ウラン含有層準の厚さは 0.5～3.5m であり、ウラン含有量は 200～500ppm である。トリウムをほとんど含んでおらず、銅とマンガンと関連している。一部の地域には希土類含有量の大きなリン酸イットリウム鉱が存在する。リン酸塩、硫酸塩、バナジウム酸塩、ヒ酸塩、炭酸塩など、いくつかの二次ウラン鉱物が識別されている。ウラン鉱徴の規模は約 10 km×15 km である。

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

エジプトは IAEA/NEA の標準分類法による既知ウラン資源を報告していない。

未発見および副産物ウラン資源

エジプトにおける非在来型資源は堆積リン酸塩鉱床内とモナズ石鉱床に関連して存在する。これらの未発見資源はおおよそ次の通りである。

EAR-II: 4,000 tU	3,000 tU はリン酸塩鉱床中 1,000 tU はモナズ石鉱床中
SR: 4,000 tU	3,000 tU はリン酸塩鉱床中 1,000 tU はモナズ石鉱床中

ウラン生産

非在来型ウラン生産能力の現状

1. リン酸からのウラン抽出を目的とした準パイロット規模のプラントの建設は完了し、1998 年始めには操業開始の予定である。このプラントの設計容量は酸にして約 15m³/日である(約 65 ppm のウランを含む)。
2. 核物質局は地中海岸の Rosetta 海岸でエジプト黒色砂の開発を進めている。この鉱床はチタン鉄鉱、磁鉄鉱のほか、モナズ石、ジルコン、ルチルを含んでいる。提案されているプロジェクトには、水を含む砂を 200 m³/時のペースで処理する能力を備えた湿式および乾式製錬所が含まれる。評価された地域には、平均品位 2%で、経済性の高い重金属約 600 万トンが含まれると見積もられている。この埋蔵資源には、EAR-II 区分に属する約 3,000 トンのモナズ石が含まれる。そしてこのモナズ石には 0.46%のウラン、6.05%のトリウム、そして 65%の希土類が含まれる(図中のウラン鉱徴地6)。

エストニア

ウラン生産

歴史的概観¹

エストニアのウラン生産の歴史は、エストニア北東部の Sillamäe という名称の町にある Sillamäe 製錬プラントに関係している。この町は、フィンランド湾岸に近い Tallinn から西に 185 km 離れた場所にある。このプラントの所有権は、SILMET AS 社の下で民営化されることになっている。この報告が作成された時点で、この企業の株式の約 30% が国の所有であった。

Sillamäe プラントは 1948 年に含ウラン鉱石を処理するために建設され、当初はエストニアで採掘された明礬(アラム)頁岩からのウラン回収に利用された。明礬頁岩の採鉱は、鉱山が閉鎖された 1963 年まで続けられた。この鉱山が閉鎖された主な理由は、明礬頁岩鉱石の品位が低く、しかもばらつきが大きかったことから、ウランの回収が容易ではなかったためである。この期間に、現地で採掘された約 24 万トンの明礬頁岩が処理された。その後、より品位の高いウラン鉱石(1%U まで)が欧州から輸入され、処理された。ウラン生産は 1977 年頃まで続けられた。このプラントは、ウラン以外の産出物(レア・アースを含む)を回収するための鉱石処理にも用いられた。

Sillamäe の明礬頁岩に含まれるウランの濃度は、場所によって大きく変化する。平均は約 0.03%U、最も高く 0.1%U までである。明礬頁岩はこのプラントの西にある地下鉱山で抽出された。これらの鉱山は面積が約 2 km² で、プラントから 0.5 km 離れた場所に入口があるアクセス路が用いられた。

このプラントでは、推定で 4,013,000 トンのウラン鉱石が処理された。ウラン鉱石の処理技術からみて、平均して含有ウランの約 92% が回収されたと推定される。またこのプラントの総ウラン生産量は、誤差を±10~20%として、少なくとも 23,000 tU と見積られる。エストニアで採鉱された明礬頁岩からの総ウラン生産量は、約 65 tU と見積られている。

鉱石の大半は、チェコスロバキア(220 万トン)とハンガリー(120 万トン)から送られたものである。また、ポーランド、ルーマニア、ブルガリア、東ドイツからも少量の鉱石が輸入された。同サイトには、推定で合計約 1,200 万トン(約 800 万 m³)の鉱さいおよびその他の廃棄物(ウラン鉱石処理によって生じた 400 万トンの鉱さいを含む)が置かれている。

また 1970 年には、コラ半島から送られたロパライト(ニオブ、タンタルおよびレア・アースからなる鉱石)の処理が開始された。この物質は、0.03%U と 0.6%Th を含んでいたが、ウランの回収は行われていない。1977 年~1989 年には、ロパライト処理によって生じた廃棄物と、オイル・シェールの灰を処分するために廃棄物処分場が利用された。この灰は、同区域内に設置されている Sillamäe プラントに付属するオイル・シェール火力発電所から出た燃焼残渣(底部、遠心分離器サイクロンおよびフィルタの灰)である。このプラントへのロパライト鉱石の供給は 1989 年まで続けられた。それ以降現在に至るまで、備蓄された鉱石を用いたロパライトの処理が続けられている。

このプラントではウランの濃縮(²³⁵U に関して)は行われなかったが、濃縮ウランとその化合物がエストニア国外から同プラントに送られていた。この物質は、処理または加工後、国外に送り出された。加工の詳細に関する情報は得られていない。

¹ Sillamäe 施設の歴史と生産の詳細を記述した公式文書は入手できない。この情報は機密事項に属しており、同文書は公開されていない。本報告の多くの部分は、プラント作業員の面接調査と、プラント・サイトの調査および分析に基づくものである。

環境への配慮

1992年～1994年には、国際協力プロジェクトの支援を受けたエストニアの専門家によって、Sillamäe 製錬鉱さいの環境サイト評価が行われた。この評価の結果を利用して、環境に対する影響の見積りと、サイトの修復およびウラン鉱さい沈殿池の長期的な閉鎖計画の準備が進められている。以下に、調査結果の概要を述べる。

1948年から1959年まで、ウラン鉱さいは、フィンランド湾に面したプラントに隣接する比較的低い海岸段丘の地表面に積み上げられていた。廃棄物処分場が1959年に同区域に設置されたが、この処分場は、それ以降何度も改造されている。1969年～1970年には、同処分場からの、固体ウラン鉱さいの改造部分が、より高い堰を建設するための充填物質として用いられた。現在この処分場には、卵形で面積が33万m²の廃棄物沈殿池が設置されている。ここに収容された物質は、海拔25mの高さの堰によって囲まれている。しかしこの池に覆いはかけられていない。

覆いのない処分場からは、ラドンとその娘核種が放出されている。これがSillamäeの住民に対する放射線学的影響の主な発生源である。それに伴う年間個人線量は0.2ミリシーベルト(mSv)程度である。処分場や近くの閉鎖された鉱山から漏れ出して、フィンランド湾に流出する水の影響はそれほど大きくない。これによって生じる影響は処分場の近くでしか認められない。この流出に伴う集団預託線量は50年間で約1man.Sv、個人預託線量は約1マイクロシーベルトになる。1992年～1994年の国際協力プロジェクトによって明らかにされた主な環境面の懸念は、処分場の安定性であった。堰の崩壊や地滑りの可能性を無視することはできない。

またかつての輸送(鉄道)ターミナルと、プラントの外部にある輸入鉱石の堆積区域に存在する汚染についても、環境面での懸念が生じている。これらの区域の多くの場所で比較的高い線量当量率が認められている。環境浄化のために拠出できる資金は極めて限られている。このため、現時点まで、この区域はプラント職員による部分的な浄化が施されただけである。

フィンランド

ウラン探鉱

歴史的概観

フィンランドでは 1955 年～1989 年にウラン探鉱活動が実施された。探鉱活動は、最初は複数の組織が担当していたが、1970 年代後半からは主として地質調査所が担当している(1995 年版レッドブックを参照)。1970 年代初めに探鉱活動が開始されて以来、広域的な航空地球物理学および地化学マッピング計画がウラン探鉱において重要な役割を果たしてきた。

ウラン鉱床区の分布、そしてウラン鉱床の地質環境は、以下のようにまとめられる。下記の括弧内に、原位置鉱床の品位(%U)およびトン数を示した。

1. ラップランド西部の Kolari-Kittilä 鉱床区: Kesänkitunturi 砂岩型鉱床(0.06%、950 tU)および Pahtavuoma 鉱脈型鉱床(0.19%、500 tU)。それぞれ前期原生代の珪岩、緑色岩に関連した黒鉛質片岩類内にある。
2. フィンランド北東部の Kuusamo 鉱床区: Au および Co の鉱化作用と関連する交代岩のウラン鉱徴で、前期原生代の珪岩類および苦鉄質火山岩類の相準内にある。
3. フィンランド東部の歴史的な Koli 鉱床区: いくつかの小規模な砂岩型鉱床(Ipatti, Martinmonttu および Ruunaniemi: 0.08～0.14%、250 tU)と、後生ウラン鉱床(旧 Paukkajanvaara 鉱山)、さらに前期原生代の珪岩類内の含ウラン・トリウム石英-中礫礫岩が存在する。また、前期原生代のレゴリス内に不整合関連型鉱床が存在する可能性がある。
4. Uusimaa 鉱床区: フィンランド南部の前期原生代の花崗岩質ミグマタイト内の貫入型ウラン鉱徴で Palmottu 鉱床に代表される(0.1%、1,000 tU)。

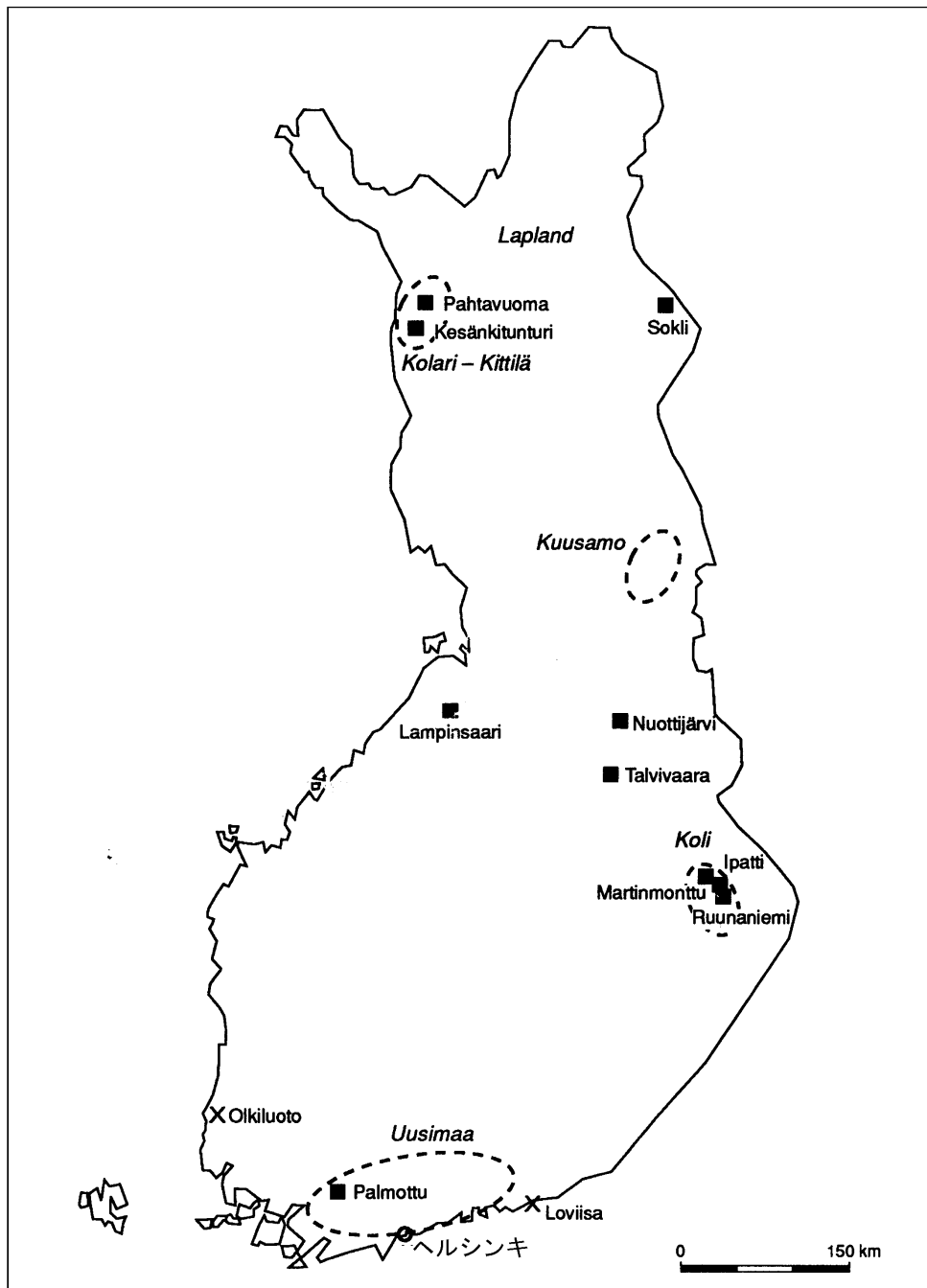
さらに地質環境として以下の点を含んでいる。

- ・ 前期原生代の堆積性炭酸塩岩に関連した含ウランリン灰土。すなわち、Lampinsaari および Nuottijärvi ウラン鉱床(0.03%、700 tU および 0.04%、1,000 tU)。
- ・ 主としてフィンランド北部の前期原生代の曹長岩および曹長石輝緑岩脈に見られるウラン鉱化作用と含ウラン炭酸塩岩岩脈。
- ・ 含ウラン・トリウムダイクおよび前期原生代のペグマタイト質花崗岩内の岩脈。
- ・ 現世のピート内に見られる年代の新しいウランの表層濃縮。

フィンランド中央部の原生代黒色片岩類を母岩とする Talvivaara の低品位 Ni-Cu-Zn 鉱床(0.001～0.004%U)と、ラップランド東部の古生代 Sokli カーボナタイトのパイロクロア層(0.01%U)内に、副産物ウランが存在すると思われる。

最近および進行中のウラン探鉱活動

フィンランドでは現在進行中のウラン探鉱活動はない。年間 10,000～15,000 km² を対象として、広域的な低高度航空機地球物理学マッピングが続けられている。



フィンランドのウラン鉱床と鉱徴地

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

フィンランドは、\$80～130/kgU コスト区分に属する確認資源(RAR)を 1,500 tU と報告している。これらは Palmottu および Pahtavuoma 鉱床内に存在する。

さらに、Nuottijärvi、Lampinsaari および Kesänkitunturi 鉱床と、Koli 地域の鉱床(Ipatti、Martinmonttu および Ruunaniemi)に、\$130～260/kgU コスト区分の RAR が 2,900 tU 存在している。

未発見の資源およびその他の物質

Talvivaara 黒色片岩類から 3,000～9,000 tU を、また Sokli カーボナタイトから 2,500 tU を、副産物資源として回収することが可能である。

ウラン生産

歴史的概観

フィンランドにおけるウラン生産は、現在はすでに原状回復されている Paukkajanvaara 鉱山に限定されている。本鉱山は 1958 年～1961 年にパイロットプラントとして操業された。全部で4万鉱石トンが掘り出されており、これは精鉱の生産量にして約 30 tU に相当する。

環境への配慮

Palmottu 鉱床の周囲で、放射性核種移行研究に関する研究計画が開始されている。この鉱床は、探査試錐孔が残っていることから、水理地質学および地化学研究に適したサイトとなっている。欧州から5ヶ国がこのプロジェクトに参加している。

フィンランドの現行法に従い、1996 年以降、使用済核燃料の輸出は許されていない。フィンランドの主要電力会社である Teollisuuden Voima Oy(TVO)および Imatran Voima Oy(IVO)は、フィンランド国内の基盤岩中に使用済核燃料を最終処分する分野で協力している。1996 年初めに、両社は核廃棄物処分計画のために合弁企業(Posiva Oy)を設立した。詳細な調査のために3ヶ所の調査サイトが公式に選定されており、他にも2ヶ所のサイトが存在する。最終サイトの選定は 2000 年の予定である。

低・中レベル廃棄物は、地下処分場に処分されることになっている。この処分場の建設工事は Olkiluoto にある TVO 発電所サイトにすでに 1992 年 5 月から始まっている。もう一つの処分場は Loviisa にある IVO 発電所サイトに設置され、1997 年中に操業を始める予定である。

ウラン必要量

1997 年初めの時点で、フィンランドには4基の原子炉が稼働中である(TVO が所有する Olkiluoto-1 および Olkiluoto-2と、IVO が所有する Loviisa-1 および Loviisa-2)。発電設備容量は1996年12月31日現在、2.3 GWe である。電力事業者は、既存の原子炉の出力を徐々に増強し、1998 年には 2.65 GWe にする計画を立ててい

る。建設中または計画中の新規原子炉は存在しない。

4基の原子炉のウラン必要量は約 465 tU/年である。出力増強に伴い、ウラン必要量は約 550 tU/年にまで増加する見込みである。

供給および調達戦略

TVO は天然ウラン、濃縮業務および燃料成形加工を、数ヶ国からの購入に頼っている。IVO は燃料集合体をロシアから購入しているが、鉛テスト集合体は別の供給源から調達している。

ウラン関連政策

1995 年版レッドブックの発行以降、フィンランドのウラン政策に大きな変更はない。

ウラン在庫

原子力発電事業者は約1年分の燃料集合体を備蓄している(天然ウラン相当量で 720 トン)。また TVO は、さらに1年分の濃縮ウラン(天然ウラン相当量で 400 トン)と 730 トンの天然ウランを国外に所有している。フィンランド国内でのウラン供給材の備蓄は必要と考えられていない。

ウラン価格

機密事項のため価格データは入手できない。

フランス

ウラン探鉱

背景

フランスにおけるウラン探鉱活動は、既知のウラン鉱床と、ラジウム探鉱の際に発見されたいくつかの鉱徴地を対象に 1946 年に開始された。

1948 年には、マンボーン、カーボーンおよびエアボーン放射能調査、そしてごく初期には地質調査などの探鉱活動によって La Crouzille 鉱床が発見された。これはかつては重要な鉱床であった。さらに 1955 年までに、Limousin、Forez、Vendée、Morvan の花崗岩地域で鉱床が発見された。

地質調査、放射能調査、物理学および地化学調査技術に基づく探鉱活動は、まず既知鉱床の周辺区域を中心に実施された。この活動はその後、小規模な花崗岩内の堆積盆地中の堆積層や、侵食を受けた花崗岩山地に由来する陸成層(主として中央山塊の北部と南部にある)へと拡大された。

1977 年から 1981 年の間に探鉱活動に対して政府から合計で約 3,800 万米ドルの助成金(「ウラン探鉱援助計画」)が供与された。この助成の目的は、フランス国内および国外において、有望だがリスクも高いと考えられるサイトでの探鉱活動を促進することにあった。原則的には助成金の上限は総プロジェクト費用の 35%とされ、指定地域において商業的に成り立つ発見がなされた場合には、助成金を返還することになっていた。

最近および進行中の活動

1987 年以降、フランス国内でのウラン探鉱活動は縮小傾向にある。当初の探鉱活動は、生産センター近傍に採掘可能な鉱床を発見することを目的として、生産センターの周辺域に絞られていたが、最近では開発に結びつく地域に限定されている。

現在の作業は、中央山塊の北西部(COGEMA 社の子会社である Société des Mines de Jouac 社が Bernardan 鉱床の採掘を続けている)に絞られている。1997 年初めに閉鎖が予定されている Lodève 鉱床の探鉱活動は、完全に中断されている。

海外では COGEMA 社が、市場における逆風にもかかわらず、開発可能な資源の発見を目的としてターゲットを絞り込んでいる。

COGEMA 社は、オーストラリアとカナダにおいて、子会社を通じて直接または間接的にウラン探鉱活動に関与している。またカナダ、米国およびニジェールでは、ウラン探鉱活動に関与している。さらに、様々な国のいくつかの探鉱活動や研究プロジェクトでは、オペレータにはならず、株式を保有する形を取っている。

フランス本土または海外で活動中のフランスの探鉱企業はすべて民間企業であるが、フランス政府が親会社を通じてその株式を保有している。

ウラン探鉱費と試錐活動 - 国内

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
探鉱費合計				
仏フラン (×1,000)	35 000	14 095	5 992	5 800
米ドル (×1,000)	6 217	2 882	1 152	1 105
地表試錐合計 ^{1,2} (m)	83 370	59 570	24 400	25 700
試錐孔数合計	未入手	未入手	未入手	未入手

ウラン探鉱費 - 国外

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
探鉱費合計 ²				
仏フラン (×1,000)	174 300	50 100	35 400	61 000
米ドル (×1,000)	30 959.10	10 245.40	6 807.70	11 619.00

- (1) 目標となる鉱床タイプのために、探鉱試錐の大部分は(旧孔の)孔底部から実行されている。
 (2) フランスでウラン探鉱に携わる企業は民間企業である。フランス政府はこれらの企業の株式の大半を所有しているが、民間投資家も株式を保有している。統計上の必要から探鉱費を企業資本金への公共投資額と民間投資額に応じて分ける必要がある場合、表中の数字にそれぞれ 0.89 と 0.11 を乗じる。

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

1995 年および 1996 年には採掘による資源の枯渇を補うような新たな発見はなかった。現存生産センターの周辺以外のウラン探鉱活動は中断されているため、この傾向が逆転する可能性は認められない。

1997 年 1 月 1 日現在の既知資源(RAR および EAR-I)は、1995 年 1 月 1 日付のものに比べて 12%減少した。
 \$80/kgU 以下のコスト区分に属する既知資源について、毎年再評価が実施されている。\$80/kgU ~ \$130/kgU のコスト区分の RAR と EAR-I(実際に採掘が行われた鉱体内に含まれないもの)の大部分は、5年以上前に評価されたものである。

未発見の在来型ウラン資源(EAR-IIおよびSR)

フランスの未発見の資源に関しては系統的な評価作業は実施されていない。

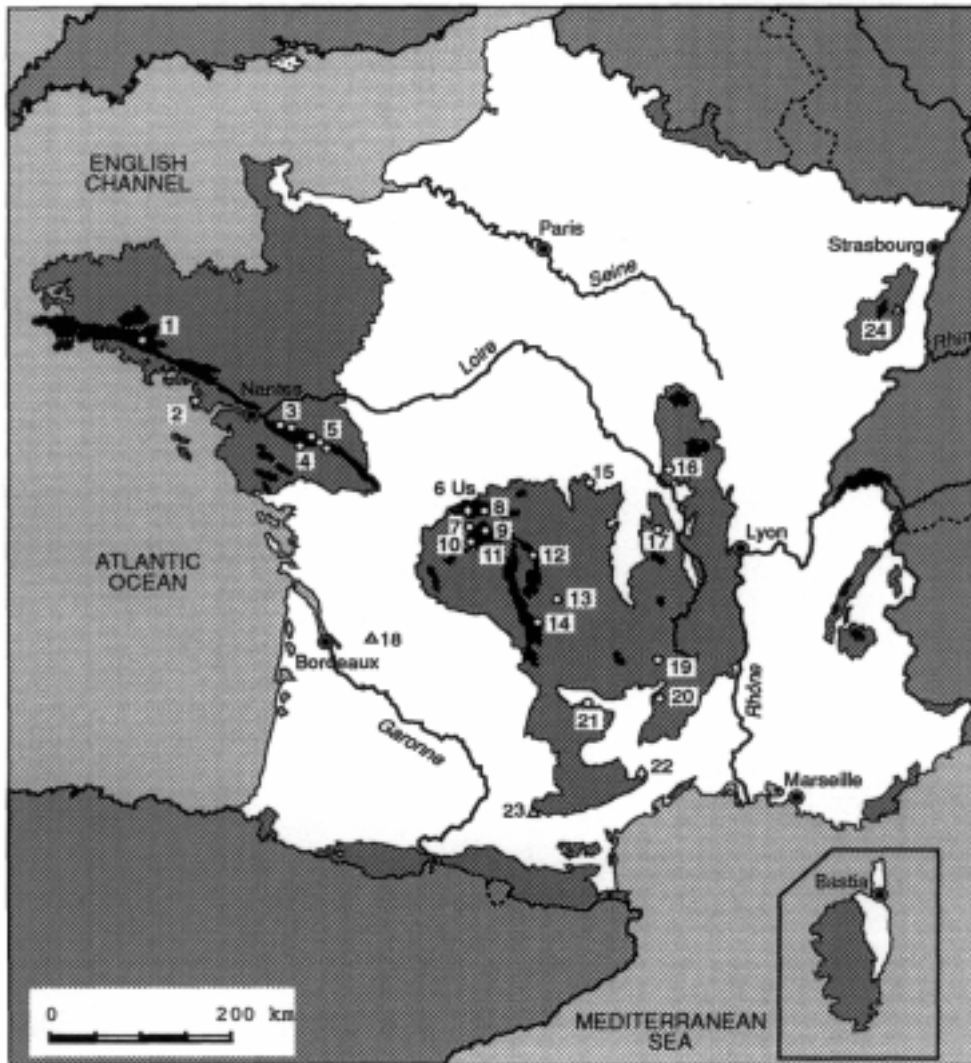
ウラン生産

生産傾向

これまでの質問票でも触れた鉱山閉鎖の結果、フランスのウラン生産は 1990 年から減少し続けている。製錬生産量は、1995 年には 1,106 tU だったが、1996 年には 930 tU に減少し、さらに Lodève 鉱山閉鎖により、1997 年には 761 tU になるものと予想される。

フランスのウラン鉱業で 1997 年に起きた重要な出来事として、Lodève 鉱山の閉鎖が挙げられる。当該地域の一部ではすでにサイトの環境改善が始められている。Lodève 鉱山の閉鎖後は、Bernardan 鉱山がフランスで操業中の唯一の鉱山となっている。この鉱山は 2000 年~2001 年までは生産を続けられるはずである。

減損ウラン貯蔵のためのサイトが、COGEMA 社の Bessines サイトに建設されている。すでに鉄道の接続駅が決定されており、最初の2つの建屋は 1997 年末までに建設される予定である。フランスでは、減損フッ化ウラン(気体)は Pierrelatte センターにおいて、減損ウラン酸化物(コンテナに容易に収容できる粉末状の物質)に転換される。



ウラン鉱床:

- ◇ 採掘中
- △ 採掘予定
- 終掘
- Us. 操業中のウラン製錬所
- 優白質花崗岩
- バリスカン山塊

出典:

CEA-DCC/MNC, 1997年6月

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Pontivy | 8. Bellezane | 16. Grury |
| 2. Pennaran | 9. Fanay | 17. Les Bois Noirs |
| 3. Le Chardon | Le Fraisse | 18. Coutras |
| L'Écarpière | 10. Magnac | 19. Le Cellier |
| 4. Beaurepaire | Vénachat | Les Pierres Plantées |
| 5. La Chapelle Largeau | 11. Henriette | 20. Les Bondons |
| La Commanderie | 12. Hyverneresse | 21. Bertholène |
| La Dorgissière | 13. St-Pierre-du-Cantal | 22. Mas Laveyre |
| 6. Le Bernardan (Maihac) | 14. La Besse | 23. Tréville |
| 7. Le Brugeaud | 15. Cerilly | 24. S ^h -Hyppolyte |

フランスの主なウラン鉱床

生産能力の現状

最大生産能力は依然として 1,500 tU/年(1997年1月1日現在)である。これは、Lodève と Bernardan の2ヶ所の製錬所の合計である。しかし Lodève 生産センターの最終的な閉鎖により、1997年の推定総生産能力は

約 760 tU となろう。

ウラン産業の所有構造

1993年6月に行われた COGEMA 社と TOTAL 社との株式交換により、COGEMA 社は TOTAL 社のウラン鉱山事業のすべてを取得し、ウラン鉱山分野で活動中の唯一のフランス企業グループとなった。フランス国内では、Bernardan 鉱山が COGEMA 社の子会社である Société des Mines de Jouac 社によって運営されているが、Lodève 鉱山は COGEMA 社が運営してきた。

ウラン産業の雇用状況

フランスでは、1984年以降のウラン鉱業の低落傾向により、この分野の雇用者数は減少している。この傾向はその後の鉱山の閉鎖によって加速した。

将来の生産センター

ウラン市場の現状を反映して、近い将来に新しい生産センターを開設する計画はない。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1	センター2
生産センター名	LODEVOIS SIMO(COGEMA)	LE BERNARDAN SMJ(COGEMA)
生産センター分類	現存	現存
操業状況	閉鎖段階	標準
操業開始	1981年	1979年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	MAS LAVEYRE ピーライトの断層中の鉱体	BERNARDAN 鉱脈と花崗岩類中の鉱体
鉱山 ・タイプ ・規模(鉱石トン/年) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 165,000	坑内採掘 100,000
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	ALKPL/SX 1,400 90	AL/IX 500 98
定格生産容量(tU/年)	1 000	500
拡張計画	なし	なし
備考	1997年に閉鎖	なし

環境への配慮

ウラン資源は、その資源の採掘が環境面で受け入れ可能な場合に限り資源とみなされる。

ウラン鉱石の採鉱および処理に関する制約は、他のあらゆる形態の鉱山操業に適用されているものと同じである。しかしウランは放射性であるため、鉱山オペレーターは現行規制を遵守しつつ放射性核種の分散を防止する措置を講じなければならない。この規制は次第に厳しくなっている。

オペレーターは、①坑内および露天採掘鉱山の安定化、②鉱さい、処理廃棄物ならびにプラント解体作業で発生する廃棄物の管理、③放射性核種の分散を引き起こす主な要因(空気と水)の完全な管理により、鉱山操業が環境に与える影響を最小限にしなければならない。

ウラン生産に関する統計データ

長期的な生産能力

フランスには既存の生産センターに属さない\$80/kgU以下の資源が存在するが、当面はこれらの資源を開発する具体的な計画はない。

フランスはその最初の原子力発電容量が開発された時点からウランを輸入しており、今後も、国内の原子力発電所のウラン必要量を満たすために、外国の鉱山から輸入されたウランを使用し続けることになる。

フランスで近い将来に新規ウラン鉱山の開発が検討されるとしたら、原子力発電の利用が著しく拡大し、世界的にもウラン需要が急増した場合だけであろう。

ウラン必要量

ウラン必要量と調達および供給戦略

フランスはウランの輸入国であるため、同国のウラン調達政策には供給源の多様化が盛り込まれている。フランスの鉱山企業はフランス国外での探鉱または鉱業活動に、相手国の法規制の枠内で参加している。またこれらの企業は、自社が株式を保有する鉱山や第三者が経営する鉱山から、短期契約または長期契約によりウランを購入している。

ウラン関連政策

前回のレッド・ブック以降、政策に重要な変更はない。フランスにおけるウラン探鉱と生産は現行の法規則の枠内であれば制約はない。全体としてフランスはウラン輸入国であり、輸入の際の関税障壁は存在しない。

ウラン在庫

フランス電力庁(EDF)は緊急用のウラン在庫を確保している。起こり得る供給の中断に備えて、最低水準は3年分の消費相当量に設定されている。

ウラン価格

ウラン価格に関する情報は入手していない。

ガボン

ウラン探鉱

歴史的概観

第二次世界大戦後のウラン需要の急増に促され、フランス原子力庁(CEA)が中部アフリカでウラン探鉱を開始した。当時コンゴを拠点としていた CEA の地質学者たちは活動をガボンに拡大し、1956 年にはシンチレーション測定器を利用した地表調査によって、Mounana 村近くの Franceville 堆積盆地にある先カンブリア系の砂岩中でウランが発見された。

その後の評価作業によって Mounana 鉱床の埋蔵量が約 5,000 tU であることが確認された。CEA と採鉱企業のグループは 1958 年 2 月に Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville(COMUF)社を共同で設立した。

それ以降、この COMUF 社は CEA と密接な協力を保ちつつ Franceville 堆積盆地での探鉱を継続し、次に示す鉱床を発見した。

Mikouloungou	1965 年
Boyindzi	1967 年
Oklo	1968 年
Okelobondo	1974 年
Bagombe	1982 年

Mounana 生産センターでの生産は 1961 年に開始された。その後、Mounana、Boyindzi および Oklo 鉱床が枯渇したため、現在の COMUF 社の生産は Okelobondo 鉱床からのものである。鉱石は Mounana 製錬所で処理されている。

1993 年および 1994 年に実施された探鉱活動の多くは、現在の埋蔵量の再検討と、Okelobondo 鉱床およびその衛星鉱体における埋蔵量増大のための試錐に絞られている。さらに、Lekedi River の南部地域("Lekedi-Sud"と呼ばれている)において、予察試錐が実施された。

最近および進行中の活動

最近の探鉱活動は主として、既知鉱床の周囲にあつて経済的関心が寄せられている地域の再評価に向けられている。対象地域としては、Okelobondo 南部の軸上に位置する Lekedi ドーム、Bagombe および Mikouloungou 鉱床が挙げられる。

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
予測民間探鉱費 FCFA(×100 万)	591.1	459	696	180
米ドル(×1,000)	1049.9	938.65	1338.46	342.86
民間による地表試錐(m)	5100	4740	14352	4100
民間による試錐孔数	未入手	未入手	未入手	未入手

ウラン資源

Franceville 堆積盆地のウラン鉱化作用の大部分は砂岩中に胚胎すると考えられている。Mikouloungou 鉱床だけが不整合関連型鉱床に分類されている。

初期には、ガボンの多くの鉱床の母岩である砂岩は河川成砂岩であると考えられていた。この仮説によると、この環境下における鉱床胚胎の可能性は水路が発達した地域に限定されると考えられる。しかし 1992 年と 1993 年に実施されたより新しい堆積学研究では、解釈の見直しによって、母岩である砂岩は海浜環境に堆積したものと結論づけられた。この解釈によると、鉱化作用の延長部が存在する可能性が著しく高いと考えられることから、当該地域のウランポテンシャルは高くなる。

在来型既知資源 (RARおよびEAR-I)

1997 年 1 月 1 日現在、ガボンにおける\$40/kgU 以下のコストで回収可能な RAR および EAR-I 区分の既知資源は合計で約 7,000 tU である(原位置資源として)。回収可能量の調整をしやすいするため、採鉱および製錬に伴う損失はそれぞれ 10%および 5%と報告されている。この 1997 年の見積り(7,000 tU)を、1995 年版レッド・ブックの見積り(15,872 tU)と比較した場合、既知資源区分で大きな減少が起こっていることがわかる。この低下は、資源を再評価し、現在の市場条件に合わせて調整したためのものである。

\$40/kgU 以下のコストで回収可能な RAR 区分の資源は、前回のレッド・ブックでは 6,812 tU と報告されたが、今回は 6,026 tU となっている。

\$40/kgU 以下のコスト区分に入る EAR-I の見積りは、前回は 1,360 tU であったが、今回は合計でわずかに 970 tU となっている。

既知資源のうち、28.9%が既存の生産センターに属している。

平均品位 0.313%U の鉱石に含まれる既知資源(合計 6,996 tU)について、地域および資源区分別の分布を次に示す。

Mounana:

RAR : 437.8 tU (鉱石品位は 0.35~0.76%U)

EAR-I : 260.4 tU (鉱石品位は 0.41%U)

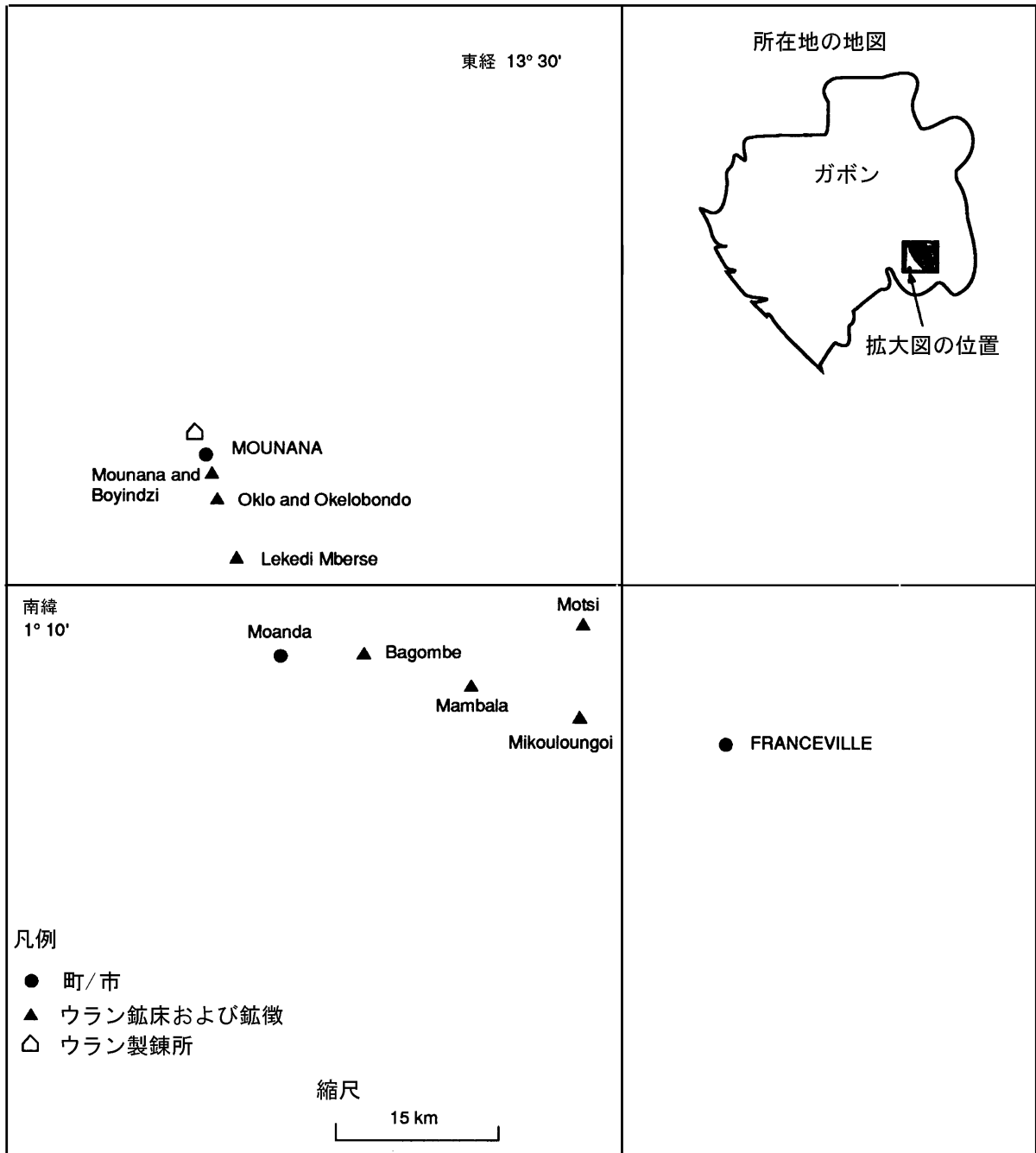
Mounana 以外:

EAR-I : 4,274 tU (Mikouloungou、鉱石品位は 0.23~0.36%U、
平均は 0.311%U)

1,055 tU (Bangombe、鉱石品位は 0.196~0.269%U).

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

ガボンにおける\$40/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-II は 1,610 tU である(原位置資源として)。これ以上のコストの EAR-II と SR は報告されていない。



ガボンのFranceville堆積盆地のウラン鉱床

ウラン生産

歴史的概観

COMUF 社のウラン生産量は同社が 1961 年に生産を開始して以来著しく変化してきた。影響を及ぼした要素は、国際的なウラン市場と鉱石処理容量であった。主な変化段階を次に示す。

1961～1969 年:生産水準約 400 tU/年を達成

1970～1973 年:生産量が段階的に 500 tU/年に拡大

1974～1979 年:生産量が 1,250 tU/年に急速に拡大

1980～1989 年:生産量が 900 tU/年に減少

1990～1993 年:生産量がさらに 550 tU/年に減少

1994～1996 年:生産水準を 600 tU/年に維持、ただし 550 tU/年への生産調整の可能性がある

1985 年から 1996 年までのガボンのウラン生産量の推移を次の表に示す。

ウラン生産の推移*

(tU)

生産法	1994 年 以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年まで の合計	1997 年 (予測)
露天採掘	11 242	0	0	0	11 242	0
坑内採掘	12 997	650	652	568	14 867	587
合計	24 239	650	652	568	26 109	587

* 総生産量のうち、94 tU は ^{235}U が存在しないことが明らかになっている。このウランは Oklo 鉱床の天然炉サイトから生産されたものである。

生産能力の現状

現時点では、製錬所の理論的な生産能力は 1,500 tU/年であるが、COMUF 社の実際の生産量は、市況に左右される形で、わずか 600 tU/年となっている。

現在操業しているのは Okelobondo 坑内採掘鉱山だけである。この鉱山の残存鉱量は、現行の生産率に基づいた場合に合計約 700 tU であるため、鉱体の枯渇が近い。

将来の計画としては、Mikouloungou 鉱床において1ヶ所の鉱山(品位 0.311%U の鉱石内に胚胎する 4,270 tU の既知資源を有する)を開設する計画がある。このプロジェクトの規模および内容を次表に示す。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1	センター2
生産センター名	Mounana	Mikokouloungou
生産センター分類	現存	現存
操業状況	操業中	生産準備中
操業開始	1988年	1997年6月
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Okelobondo 砂岩型	Mikouloungou 砂岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 800 80	露天採掘 850 90
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	SX 1 300 95	SX 1 300 95
・定格生産容量(tU/年)	1 500	1 500
拡張計画	なし	なし

ウラン産業の所有構造

COMUF社はガボン政府と同社の間で交わされた相互協定(この協定は“Convention d'Établissement”と呼ばれる)の下で活動を行っている。

1996年の総ウラン生産量568 tUの所有権は、次の比率に応じて様々な組織間で分割されている。

- 25% (142 tU) : ガボン政府
- 7% (40 tU) : 国内民間組織
- 68% (386 tU) : 外国政府

ウラン産業の雇用状況

COMUF社の採鉱活動における雇用者数は減少し続けている。これは生産率の低下と1999年に予定される鉱山の閉鎖によるものである。

現存生産センターの雇用状況

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
263	276	259	150

短期的な生産能力

ガボンでは1999年までの短期的な生産能力の予測を次表のように報告している。これは、現存生産センターと\$40/kgU以下のコストで回収可能な既知資源に基づいたものである。

短期的な生産能力

(tU/年)

1997年				1998年				1999年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
587	0	0	0	540	0	0	0	540	0	0	0

環境への配慮

最も重大な環境面での懸念は、採鉱および製錬活動に伴う影響である。これには、製錬サイトで生じる鉱さいやその他の廃棄物の長期的管理も含まれる。

ドイツ

ウラン探鉱

歴史的概観

歴史的概観については1991年版レッド・ブックに述べた。

最近および進行中の活動

1995年と1996年にドイツでは探鉱活動は実施されておらず、またドイツ政府は外国でのウラン探鉱活動に関与していない。しかしドイツの探鉱企業はカナダでの探鉱活動を継続した。Uranerz社は同社のカナダ子会社であるUranerz Exploration and Mining (UEM)社を通じて複数の探鉱プロジェクトを実施している。またUrangesellschaft社の活動がCogema社によって実施されている。

ウラン探鉱費—国外

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
民間探鉱費				
独マルク(×1,000)	4 366	4 102	4 760	6 755
米ドル (×1,000)	2 646	2 951	3 111	4 358

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

ウラン採掘の中止と生産センターの閉鎖に伴い、1993年に在来型既知資源の再評価を行った。この再評価の結果、RARとEAR-Iの両方がコスト区分\$80/kgU以下から\$80~130/kgUに移されることになった。また\$130/kgU以下の既知在来型資源が全体的に減少した。

\$130/kgU以上の既知在来型資源は1991年版レッド・ブックから変化していない。

在来型既知資源は主として、閉鎖され、現在デコミッションングが行われている鉱山に存在する。これらの資源の将来の利用可能性は不確定である。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

再評価に伴いEAR-II資源は全て\$130/kgU以上のコスト区分に属するものとして報告されている。まだ評価されていないわずかな部分が\$80~130/kgUのコストで回収可能である可能性は残っている。

ウラン生産

歴史的概観

ウラン生産の歴史的推移については1991年版レッド・ブックに述べられている。

生産能力の現状

ドイツでは現在ウランの商業生産は行っていない。1997年に環境浄化作業から回収されるウランの量は30tUと見積もられている。

2つの生産センター(Ellweiler 製錬所と Crossen 製錬所)は1989年に永久的に閉鎖された。両製錬所は解体され、地域の環境改善を行うことになっている。チューリンゲン州の Seelingstädt 製錬所の一部は Königstein 鉱山の地下リーチングで生じたスラリーを処理するための操業を続けている。1992年以降の生産は、ザクセン州の Königstein 坑内リーチング鉱山の環境浄化作業に伴うものである。

ウラン産業の所有構造

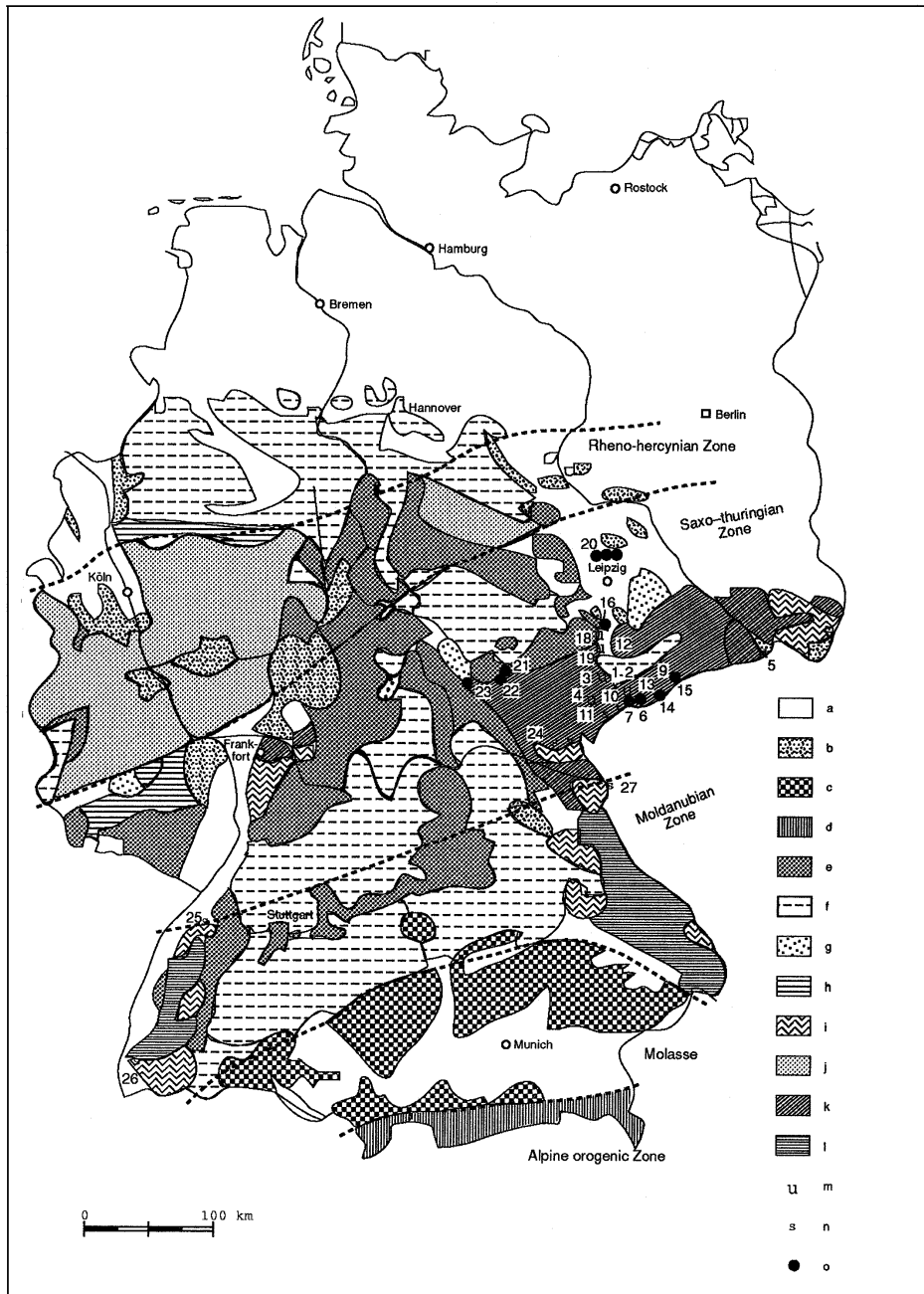
1993年版レッド・ブックで報告したもの以外、ドイツのウラン産業の所有関係に変化はなかった。すなわち、1992年には Urangesellschaft 社と Interuranium 社が Urangesellschaft の名称の下に合併した。同年に Cogema 社は Urangesellschaft 社の69.4%を取得した。この他に Steag 社と Preussenelektra 社がそれぞれ Urangesellschaft 社の10.3%を、Badenwerk 社および EVS がそれぞれ5%を所有している。Uranerzbergbau 社の所有権は変化していない(Rheinbraun 社と Preussag Energy 社がそれぞれ50%)。

ウラン産業の雇用状況

現在の Wismut の雇用人員は全て、デコミッションングおよび環境復旧作業に従事している。1996年末の同社の雇用人員は4,200人であり、1995年末の4,400人、1994年末の4,613人から減少した。

将来の生産センター

ドイツには将来の生産センターの計画はない。



ドイツのウラン鉱床と鉱徴地

凡例

I 地質

- a. 第四系
- b. 第三系
- c. アルプスモラッセ(第三系)
- d. アルプス造山帯(中生界)
- e. 中生界砂岩類
- f. 中生界
- g. 二畳系の火山岩類(流紋岩)
- h. 二畳-石炭系
- i. パリスカン花崗岩類
- j. ライン-ヘルシニア帯(古生界)
- k. サクソン-チューリンギア帯(変成岩)
- l. モルダヌビア帯(変成岩)
- m. ウラン鉱床 > 5,000 tU
- n. ウラン鉱床 500~5,000 tU
- o. ウラン鉱徴地

II ウラン鉱床と鉱徴地

- 1 Ronneburg/Thuringia
- 2 Schlema/Saxony
- 3 Culmitzsch-Sorge-Gauern/Thuringia
- 4 Zobes/Saxony
- 5 Königstein/Saxony
- 6 Tellerhäuser/Saxony
- 7 Johanngeorgenstadt/Saxony
- 8 Freita/Saxony
- 9 Annaberg/Saxony
- 10 "Weisser Hirsch" (Antonsthal) Saxony
- 11 Schneckenstein/Saxony
- 12 Hauptmannsgrün-Neumark/Saxony
- 13 Rittersgrün/Saxony
- 14 Bärenstein/Saxony
- 15 Marienberg/Saxony
- 16 Zeitz-Baldenhain/Thuringia
- 17 Prehna/Thuringia
- 18 Untitz/Thuringia
- 19 Gera-Süd/Thuringia
- 20 Serbitz, Kyhna-Schenkenberg and Werben/Saxony
- 21 Rudolfstadt/Thuringia
- 22 Dittrichshütte/Thuringia
- 23 Schleusingen/Thuringia
- 24 Grossschloppen/Bavaria
- 25 Müllenbach/Baden-Württemberg
- 26 Menzenschwand/Baden-Württemberg
- 27 Mähring-Poppenreuth/Bavaria

環境への配慮

1946年～1990年のドイツにおけるウランの採鉱・製錬は、ドイツ東部(旧ドイツ民主共和国)において独ソの合弁会社である SDAG Wismut 社によって実施されていた。ドイツ西部では、限定的な採鉱・製錬活動しか行われていなかった。ドイツ西部地域のすべてのサイトは 1992 年以前にデコミッションングおよび環境改善されているた

め、1991年以降の環境修復活動の大部分はドイツ東部地域(旧ドイツ民主共和国)で実施された。

SDAG Wismut 社によるウラン採鉱・製錬活動は大規模な発展を遂げ、多数の鉱山(露天採掘と坑内採掘の両方)から約 216,000 tU が生産された。ウラン生産活動の影響を受けた地域は合計約 240 km²(主としてエルツの山岳部とチューリンゲン州東部)である。

1949年～1990年の期間に生産された鉱石は合計約 2億 4,000万トンと見積れている。さらに約 7億 6,000万トンの捨石が再除去され、鉱山の周辺に積み上げられている。

採鉱期間中は、主として居住地域への直接的な影響を回避することを目的として、限定的な環境復旧活動が実施されていた。廃山となった鉱山サイトは地元自治体に返還されたが、実施された環境復旧の規模は限定的なものでしかなかった。

ドイツの再統一が達成された直後の 1991年に、必要な浄化活動を評価するための計画が開始された。鉱山会社がいまも保有している地域(37 km²)は環境復旧のために Wismut 社に委ねられた。Wismut 社は法律に則り、連邦政府を唯一の株主(連邦経済省が代表者)とする民間企業(有限責任会社 GmbH)へと移行した。デコミッションングと環境復旧の費用は連邦予算から支出されている。

実際の鉱山の外にある地域は、これまでのウラン採鉱・製錬活動による環境への影響を評価するため、連邦放射線防護局に委ねられた。この地域の面積は約 1,500 km²であり、ここには約 5,000ヶ所の廃棄された採鉱サイト(中世の銀や卑金属の採鉱サイトや、比較的最近のウラン採鉱サイトなどが含まれる)が存在している。詳細な調査の後、約 250 km²の地域は一層の調査および浄化を行う必要があると判断され、これらの作業は地元自治体を実施することになった。

現在 Wismut 社が保有している地域では、次のようなデコミッションングおよび原状回復活動が行われている。

1. Lichtenberg 露天採掘鉱山の環境改善

この露天採掘鉱山(約 1.6 km²)は Ronneburg 市の近くにある。採鉱活動期間に約 1億 6,000万 m³が掘削された(深さは 200 m)。その後、この露天採掘鉱山は坑内採掘鉱山から出た約 8,000万 m³の捨石を用いて部分的に埋め戻された。現在、Ronneburg 周辺に積み上げられた約 1億 m³の捨石のうち、一部は除去されて露天ピットに埋め戻されている。

隣接する坑内採掘鉱山からの浸水が、同鉱山と露天採掘鉱山の両方の環境改善に影響を及ぼすことから、地下水のモニタリングが必要である。

2. 坑内採掘鉱山の環境改善

採鉱期間中、数多くのサイトに全部で約 1,400 km の沿層坑道および立坑が掘削された。これらのサイトを安全に復旧するためには、管理下での埋戻し、地下ダムの建設およびその他の追加措置が必要である。また、浸水後の継続的な地下水モニタリングも必要である。

3. 捨石堆積に関する環境修復

坑内採掘期間中、約 3億 m³の物質が除去され、そのうち約 1億 5,000万 m³が処理のため製錬所に送り出された鉱石であった。Aue 採鉱地区だけでも、40ヶ所のサイトに約 4,500万 m³の捨石が積み上げられており、その多くは居住地域に近接している。その安定化、再整地、覆土、再緑化の大部分はすでに終了している。

4. 製錬鉱さいに関する環境修復

数多くの小規模製錬所の他に、Zwickau の近くの Crossen と Ronneburg の近くの Seelingstädt において2つの製錬所が操業していた。

Crossen 製錬所の鉱さい沈殿池は約 2 km²であり、約 4,500万 m³の鉱さいと約 600万 m³の水が収容されている。

Seelingstädt 製錬所の2つの鉱さい沈殿池は面積が 3.4 km²であり、合計で 1億 700万 m³の鉱さいが収容されている。

いずれのサイトも現在は、排水および鉱石などを含まない土壌など用いた覆土による環境改善の途上にある。

鉱さい沈殿池からの排水を管理し、周辺地域の汚染を防止するために、大規模なモニタリング計画を設定する必要がある(地下水、地表水、粉塵およびラドン吸入の予防)。

5. Königstein ISL 鉱山の環境修復

Königstein では、従来法による採掘が終了した後、鉱石の坑内リーチングが実施された。また閉山が決定された 1991 年には、鉱体の一部に硫酸塩によるリーチングの準備が施されていた。現在、段階的なデコミッション計画が進められているが、ある程度のウランは生産されている(年間 30~40 tU)。最終的なデコミッションとサイトの環境復旧作業はなお数年間継続される。サイトの近くにエルベ川やドレスデン市という人口稠密地域(人口約 50 万人で、下流約 30km の場所にある)が存在するため、地下水および地表水に対する予防措置を検討する必要がある。このため、デコミッションおよび環境復旧に関する総コストは約 23 億独マルクと見積られている。

Wismut 社のすべてのサイトのデコミッションおよび環境復旧に要する総コストは 130 億独マルクと見積られており、活動の終了までに約 15 年を要することになる。

1991 年~1996 年にすでに 50 億独マルクが支出されている。支出の大部分は、Ronneburg にある様々なサイトを対象とした複合計画に充てられた。ここでは多数の深層鉱山(最も深いもので 1,000m)が活動中である。また Lichtenberg の露天採掘鉱山を埋め戻し、汚染物質を除去しなければならない。この地域に対する支出は 43 億独マルクと見積もられている。さらに、近くの Seelingstädt 製錬所サイトにも 32 億独マルクが必要になる。

環境復旧計画の詳細は BMWi の出版物(BMWi 文書 No.335 および No.370)に記載されている。Wismut 社に直接請求することでも入手できる。

ウラン必要量

将来のウラン必要量は前回のレッド・ブックに掲載した内容から大きく変化していない。原子炉関連年間ウラン必要量は現在の条件に合わせて調整されている。

供給および調達戦略

供給および調達戦略に変化はない。

ウラン関連政策

ウラン探鉱、生産および市場への民間および外国資本の参入には、それらの活動が現行法に則って実施される限り何の制約もない。

1990 年末までにウラン探鉱に対する政府の財政援助は中止された。

ウラン価格

ユーラトム供給局からの情報を参照されたい。

ギリシャ

ウラン探鉱

歴史的概観

ギリシャでは、1955年から現在まで、様々な段階におけるウラン探鉱活動が多数実施された。1955年から1970年にかけて、ギリシャ各地の有望地で様々な予察調査が実施された。この中には、1966年にギリシャ北部の複数の地域で行われたエアボーン放射能調査や、1969～1977年にかけて同じ地域におけるカーボーン放射能調査が含まれる。1971年以降、組織的なウラン探鉱が Macedonia および Thrace で実施された。これらの地域では、以前に行われたカーボーン調査、水および河川堆積物の地化学的なサンプリングの結果、さらには予察段階のサンプリング・サイトにおける放射能測定によって、詳細な追跡調査の必要性が認められていたためである。探鉱のこの部分は、ギリシャ原子力委員会が UNDP および IAEA の協力を得て実施した。

1978年以降の活動の中心はトレンチ、試錐および試験採掘によるウラン鉱床の発見に絞られた。この活動は2つの関連する政府機関、すなわちギリシャ原子力委員会(GAEC)と地質・鉱物探査研究所(IGME)のエネルギー資源部(DER)によって実施された。国土全域をカバーする予察調査が続けられ、また Serres の褐炭と含炭頁岩に含まれるウラン資源をより正確に見積る努力がなされている。

1983年から1986年の間に、ギリシャ全土をカバーするカーボーン放射能調査(CBS)が完了した。第三系の Serres 堆積盆地では、いくつかの探鉱地を対象に詳細な概査試錐も完了し、ウランの見積りが行われた。追跡調査と精密調査は、ギリシャ北部の Macedonia および Thrace を中心に実施されている。

Paranesti 地区で行われた活動には、Archontovouni、Fteroto および Spilia 探鉱地における詳細な探鉱と、Archontovouni 鉱床の(主として燐灰ウラン石で構成される)酸化鉱石の回収試験を目的とした小規模なパイロット・プラントの建設が含まれる(IGME と EEC の合同プロジェクト)。

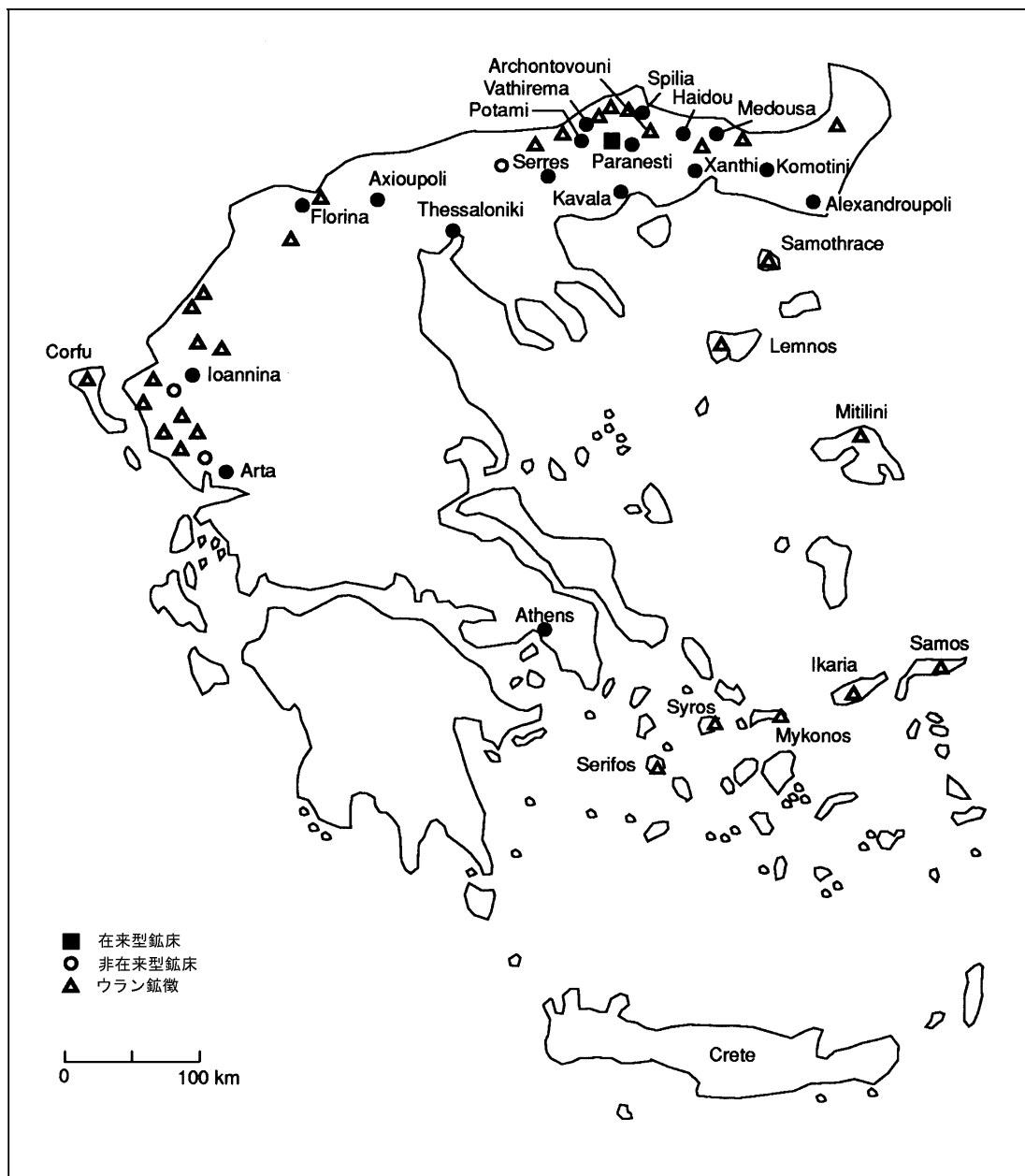
1984～1985年に、GAEC と IGME のウラン探鉱活動が統合された。1986年から現在までの探鉱活動は、主として IGME が立案した計画に従ったもので、安定した水準で推移している。ほとんどのウラン探鉱活動はピッチブレンド鉱化作用が認められるギリシャ北部で実施されている(Paranesti 地区の Spilia および Ktima、そして Thrace の Mavrorema で行われている3件のプロジェクト)。

最近および進行中の活動

今後数年間の計画と中期計画は次の通りである。

- ・ 有望な地域(Lesbos 島、Thrace、Macedonia 東部、Chalkidiki 北東部、Serres、Rhodope 山塊および Strymon 湾)に対するウランとレア・アース鉱化作用を対象としたウランポテンシャル評価。

過去に選定された有望地域の予察調査とその評価。



ギリシャにおけるウラン鉱床と鉱徴地

ウラン探鉱費と試錐活動－国内

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府探鉱費				
ギリシャ・ドラクマ(×1,000)	36 600	33 500	66 373	70 000
米ドル(×1,000)	154	148	273	290
政府機関による地表試錐(m)	2 895	1 897	1 500	
政府機関による試錐孔数	30	16	18	
地表試錐合計(m)	2 895	1 897	1 500	
総試錐孔数	30	16	18	

既知在来型ウラン資源(RARおよびEAR-I)

1994 年までに実施されたウラン資源の見積りは、Paranesti 地域の Spilia 鉱徴地と Serres 堆積盆地内の Maramena 鉱徴地の埋蔵量計算結果を含んでおり、いずれもギリシャ北部の鉱床区に位置する。

既知在来型資源(RAR および EAR-I)は、Rhodope 変成岩塊の結晶質基盤中のグラニトイドを母岩とする Archontovouni 鉱床(鉱染型)および Spilia 鉱床(鉱脈型)と、第三系の砂岩と炭質シルト岩に関連する Serres 堆積盆地中の Maramena 鉱床の資源から成る。最近得られた鉱物処理試験結果に基づいて、これらの資源は在来型の確認資源に含められている。

Spilia 鉱床では、試錐により鉱脈型ピッチブレンドが確認されている。Archontovouni 鉱床は主にウラン二次鉱物によって構成されている。

有望なウラン鉱床の一つにレア・アースが多量に含まれることが判明した点を指摘しておかなければならない。最近発見されたウラン鉱床の平均品位はイエローケーキ精鉱中で 0.03～1%U の範囲であり、複数のレア・アースを伴っている。ウラン鉱化作用の母岩である花崗岩質岩類は先古生界であり、鉱化作用はそれよりも若い時代のもと考えられている。

未発見の在来型資源(EAR-II & SR)

予備的な地表探鉱、そして一部のケースでは試錐調査が実施され、その結果として多数の有望地域が特定された。より具体的には、次の地域に関心を持たれている。

- Andiro および Fteroto: 鉱化作用が鉱染タイプ。
- Alexandroupolis: ピッチブレンドが Rhodopi 山塊の結晶質変成岩中に産している。
- Xanthi および Lesbos 島: 鉱化が始新世の火山岩中に、鉱染鉱石の形態で生じている。

ウラン、トリウムおよびレア・アース、チタンなどの濃集が、次の場所で発見されている。

- Florina: 堆積盆地内の第三紀の砂岩層中。
- Ikaria 島: 第四紀のシルクリート(silcrete)層を伴う。
- Strymon 湾: 沿岸部と海面下の両方に第四系の碎屑堆積物を伴う。

ハンガリー

ウラン探鉱

歴史的概観

ウランに対する予察調査は 1952 年にソ連の参加を得て開始され、ハンガリーの石炭鉱床で採取された物質の放射能測定が行われた。その結果を受けて 1953 年に Mecsek 山脈の西部で物理学的探鉱(エアボーンおよびマンボーン放射能調査)が実施された。1954 年に二畳系の砂岩中に Mecsek 鉱床が発見された。その後のこの鉱床の評価と開発を目的とした作業が実施された。1956 年にソ連とハンガリーのジョイントベンチャーが解散され、このプロジェクトは全面的にハンガリー政府の管轄となった。同年 Mecsek 鉱床からの生産が開始されている。

市場条件の変化によって終了される 1989 年まで、Mecsek ウラン鉱山の地質スタッフにより探鉱活動が継続された。

ウラン資源

ハンガリーが報告しているウラン資源は、Mecsek ウラン鉱床のものだけである。

この鉱床は厚さ約 600m の上部二畳系の砂岩に胚胎している。この砂岩は Mecsek 山脈の二畳系～三畳系の背斜構造に伴う褶曲運動を受けたものである。鉱石を含む砂岩は砂岩ユニットの上部 200m に位置し、砂岩の下位には極めて厚い二畳系のシルト岩が分布しており、上位は下部三畳系の砂岩が分布している。緑色鉱石を含む砂岩(現地では生産力の高い岩体[productive complex]と呼ばれている)の厚さは、15～90m の範囲となっている。

鉱石鉱物はウラン酸化物とウラン珪酸塩鉱物から成り、黄鉄鉱と白鉄鉱を伴う。

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

ウラン資源には既知資源と未発見資源の両方があり、その詳細を以下の表に示した。

既知ウラン資源は、1997 年 1 月 1 日現在、\$130/kgU 以下で回収可能な RAR および EAR-I 資源を含むものであり、合計で 15,775 tU となっている。前回のレッド・ブックの数字は 16,317 tU であった。

\$80/kgU 以下で回収可能な RAR の合計はわずか 368 tU であり(総既知資源量の 2.3%)、\$40/kgU 以下の資源は報告されていない。

\$130/kgU コスト区分の EAR-I 資源は合計で 15,407 tU であり、前回の見積りよりも約 238 tU 減少した。\$80/kgU 以下の区分の資源は示されていない。

\$130/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源は全て、現在操業中の Mecsek 生産センターのものである。

1997 年 1 月 1 日現在の RAR と EAR-I 資源の概要を、次の表に示した。

確認資源

(tU 1997 年 1 月 1 日現在)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
0	368	368

推定追加資源—区分I

(tU 1997年1月1日現在)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	0	15 407

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

ハンガリーは EAR-II の未発見の資源量を 15,482 tU 報告している。その全てが\$130/kgU 以下のコスト区分で回収可能なものと考えられている。期待資源は見積られていない。

ウラン生産

歴史的概観

Mecsek 鉱山(坑内採掘)はハンガリーで唯一のウラン生産鉱山である。1992年4月1日までは国営の Mecsek Ore Mining 社(MÉV)として操業されていた。このセンターは 1956年に操業を開始し、現在では深度 600~800m で鉱石を生産している。生産量は約 500,000~600,000 トン鉱石/年で、平均回収率は 50~60%である。製錬所の容量は 1,300~2,000 トン鉱石/日で放射能選鉱法、イオン交換回収法を伴う攪拌酸浸出法(およびヒーブリーチング法)が採用されている。製錬所の公称生産設備容量は約 700 tU/年である。

Mecsek 鉱山には5つのセクションがあり、それぞれ次のような歴史を持っている。

- セクションI : 1956年~1971年にかけて操業
- セクションII : 1959年~1988年にかけて操業
- セクションIII : 1961年~1993年にかけて操業
- セクションIV : 1971年~現在まで操業
- セクションV : 1988年~現在まで操業

製錬所は 1963年に運転を開始した。それまで原鉱石はソ連に輸出されていた。エストニアの Sillimäe Metallurgy プラントに送られた鉱石は合計で 120 万トンである。1963年以降、ウラン精鉱はソ連に送られた。

現在 Mecsek 鉱山事業は新たな経済的、政治的条件への対応を迫られている。その例として、ウラン生産量と労働力の減少が含まれる。セクションIVおよびVのウラン採鉱および粗製錬は、1997年末に閉鎖される見込みである。

ヒープおよびインシチュリーチング活動

Mecsek Ore Mining Enterprise 社は 1965年から 1989年まで、低品位ウラン鉱石のヒーブリーチングの準備を積極的に行った。この期間に約 720 万トンの低品位鉱石(ウラン含有量は 100~300 グラム U/t)が 30mm 以下の大きさに破碎され、浸出を行うために2つのパイルに積み上げられた。220 万トンの第一パイルはサイト No.I と呼ばれ、既に生産が終了している。現在このサイトの復旧作業が計画されている。

500 万トンを受容しているサイト No. II は孤立した盆地に位置し、現在でも浸出が行われている。炭酸ナトリウム溶液を用いた浸出の後、イオン交換樹脂を利用してウランが回収される。年間ウラン生産量は操業初年度の 5.5 tU から、1980年の 24.2 tU の範囲内である。1994年も生産は続けられ 8.2 tU が回収された。このプロジェクトの総生産量は 525.2 tU で、平均回収率は約 60%である。

1980年代のハンガリーでは、インシチュリーチングが実施できる砂岩を母岩とするウラン鉱床を対象とした探鉱

が実施された。ハンガリー南西部の Pecs から約 20km 西方にある Dinnyeberki サイトで、有望な鉱床が確認された。このウラン鉱床は第三系の堆積層中の有機物に富む未固結凝灰岩層中に胚胎している。関連する堆積物は、先新生界の基盤中に構造上のまたは侵食により生成した地溝を充填している。1988 年に坑井に酸溶液を注入した試験浸出が行われた。しかしこの試験は中断され、インシチュリーチングは実施されなかった。

生産能力の現状

Mecsek Uranium 社は、引渡し条件と市場条件の変化から、生産量の縮小を余儀なくされた。同社の生産量は、1994 年には 400 tU 以上であったが、1995 年と 1996 年には約 200 tU にまで減少している。これに加えてハンガリー政府は 1994 年 12 月に、1997 年 12 月 31 日をもってウランの採鉱を終了させることを決定した。それ以前の 1989 年 9 月にもウラン採鉱を中断する決定がなされているが、この決定は状況の再評価に伴ってその後保留されていた。

ウラン産業の所有構造

Mecsek は 1992 年まで国の Property Agency(資産局)の外郭団体であった。その後資産全体の評価が行われた上で、Mecsekuran 社が設立された。資産は国と同社の間で分割されたが、その際に資源は国有財産として残され、採掘権は Mecsekuran 社に移転される方法が取られた。生産されたウランは、国内民間産業によって管理されるものとみなされている。

ウラン産業の雇用状況

Mecsek 鉱山・製錬所の雇用人員は、最盛期の 1985 年には約 7,454 人であったが、1994 年には 1,766 人へと大幅に減少している。その後の 1995 年と 1996 年の雇用者数はそれぞれ 1,250 人と 1,144 人である。1997 年には、計画されている減産を考慮した場合、雇用者数は 1,100 人にまで減少すると予測される(次表を参照)。

現存の生産センターの雇用状況

(人・年)

1994 年	1995 年	1996 年	1997 年
1 766	1 250	1 144	1 100

短期的な生産能力

ハンガリー政府が 1997 年末をもってウランの生産を中止することを決定しているため、生産能力の予測は次の表に示したように 1998 年までである。

短期的な生産能力

(tU/年)

1997 年				1998 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
0	0	200	0	0	0	30	0

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1
生産センター名	Mecsekuran 社
生産センター分類	現存
操業状態	操業中
操業開始	1956年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Mecsek 砂岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 1,000 70
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	IX 1,000 90
定格生産容量(tU/年)	500

環境への配慮

1996年に、Mecsekuran 社と Mecsek Ore Mining 社(MÉV)は、Mecsek 地域におけるウラン産業のデコミッションングに関する概念計画を準備した。この計画では、鉱山および製錬所の閉鎖方法およびスケジュールが設定されている。またこの中には、土地の原状回復および環境復旧に加えて、解体および取り壊しについての詳細が含まれている。

ハンガリーの管轄当局(採鉱、環境および水資源を管轄する当局)がこの計画を審査しており、また最近になって必要とされる資金調達計画が政府の検討および承認を得るために提出されている。

ウラン必要量

ハンガリーは4基の WWR-230 型原子炉からなる Paks 原子力発電所を運転しており、総原子力発電容量は 1,760MWe である。現在確定している原子力発電所増設計画はない。

これらの原子炉の年間ウラン必要量は 415～430 tU と報告されている。1994年までは国内で生産されるウランによって必要量を満たすことができた。しかし 1997 年末で生産が終了することから、将来のウラン必要量は全面的に輸入によってまかなわれることになる。

ウラン価格

1990 年末までは、核燃料サイクル物質および役務に COMECON(東欧経済相互援助会議)の契約価格が用いられていた。

1991 年以降、Mecsek Ore Mining 社と Hungarian Electric Works 社(Paks 原子力発電所を運転する電力事業者)の間で結ばれた契約のウラン価格は、\$60/kgU となっている。この契約は 1994 年まで原子炉関連必要量全体に適用された。1994 年より後は、必要量の一部を輸入しなければならないため、全体的なウラン平均価格はこれより低くなるものと予測される。

ウラン関連政策

1994 年に、ハンガリー政府は、国内ウラン生産を 1997 年末をもって停止することを決定した。

インド

ウラン探鉱

歴史的概観

インドにおけるウラン探鉱は 1949 年に開始された。1970 年代半ばまでウラン探鉱は主として既に鉱脈型の鉱化作用が知られていた Bihar 州の Singhbhum の既知ウラン鉱床区や、Rajasthan 州の Umra-Udaisagar 帯に限定されていた。Bihar 州 Singhbhum にある Jaduguda 鉱床は 1967 年から採掘され、隣接地域にある多数の鉱床も将来の採掘対象として注目されていた。

その後の調査は、概念モデルと統合された探鉱方法に基づいて、地質学的に有望なその他の地域に広げられた。その結果、主に次に示す2タイプの主要鉱床が発見された。

- ・ インド北東部の Meghalaya 州にある白亜系砂岩を母岩とする鉱床。比較的品位が高く、埋蔵量は中程度である。
- ・ Andhra Pradesh 州 Cuddapah 堆積盆地の中部原生界の苦灰岩類を母岩とする鉱床。低品位で埋蔵量が多い層準規制ウラン鉱床である。

しかしこの探鉱段階では、次に示すような小規模で低品位の鉱床も発見された。

- ・ Madhya Pradesh 州 Bodal の下部原生界角閃岩類。
- ・ Madhya Pradesh 州 Jajawal にある下部原生界の Chhottanagpur 複合片麻岩の剪断されたミグマタイト類。
- ・ Western Karnataka 州の Walkunji と Bihar 州の Singhbhum の基底石英中礫礫岩。

1990 年代初期には、Andhra Pradesh 州の Nalgonda 地区にある Lamabapur の地表に近い場所で、基盤花崗岩類とその上位の原生界の堆積岩類との不整合面近傍に鉱床が発見されている。

最近および進行中のウラン探鉱活動

1995 年～1996 年には、有望な地質学的規準と予備探鉱に基づいて、次の5ヶ所の衝上帯地域が集中的な調査の対象として特定された。

- 1) Andhra Pradesh 州の Cuddapah 堆積盆地
- 2) Meghalaya 州の白亜系砂岩類
- 3) Madhya Pradesh 州および Uttar Pradesh 州の Son Valley
- 4) Bihar 州および Orissa 州の Singhbhum
- 5) Rajasthan 州の Aravallis

Lambapur 地域の周辺部(地表に近いウラン鉱床が基盤花崗岩類とその上位の Srisailam 珪岩との原生代不整合面に沿って存在している)における試錐によって、Cuddapah 堆積盆地の北西部にある Peddagattu 地域にさらに 1,950 tU (EAR-1)が存在することが明らかになった。しかしこの堆積盆地の大部分はまだ探鉱がなされていない。

Meghalaya 州の白亜系砂岩は、ウラン濃集の可能性のある層準と認められている。Domiasiat ウラン鉱床周辺での調査や探鉱によって有望な放射能異常が明らかになっている。

ウラン探鉱費と試錐活動

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府探鉱費				
ルピー(×100 万)	292.13	297.52	251.40	285.7
米ドル(×1,000)	9 363.14	9 535.90	7 394.12	8 047.89
政府機関による地表試錐(m)	31 510	35 249	32 762	35 450

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

これまでと同様に、インドのウラン資源は RAR と EAR-I(コスト区分に分類されていない)に分けられている。これらの資源は主として次の鉱床に胚胎する。

- ・ Bihar 州の Singhbhum 地区の鉱脈・鉱染型鉱床。
- ・ Meghalaya 州の白亜系の堆積層に含まれる砂岩型鉱床。
- ・ Andhra Pradesh 州の Cuddapah 堆積盆地北西部にある原生界の堆積岩類基底部分の不整合関連型鉱床。
- ・ Andhra Pradesh 州の Cuddapah 堆積盆地の苦灰岩を母岩とする層状ウラン鉱床。

前回の資源見積りの発表以降、Cuddapah 堆積盆地の北西周縁部に沿った不整合関連型鉱床の発見により、EAR-I 資源の合計は 1,950 tU 増加した。Cuddapah 堆積盆地北西部の白亜系砂岩類(Meghalaya 州)における探鉱結果は、極めて有望であり、相当の資源が存在している可能性が高い。

既知ウラン資源*

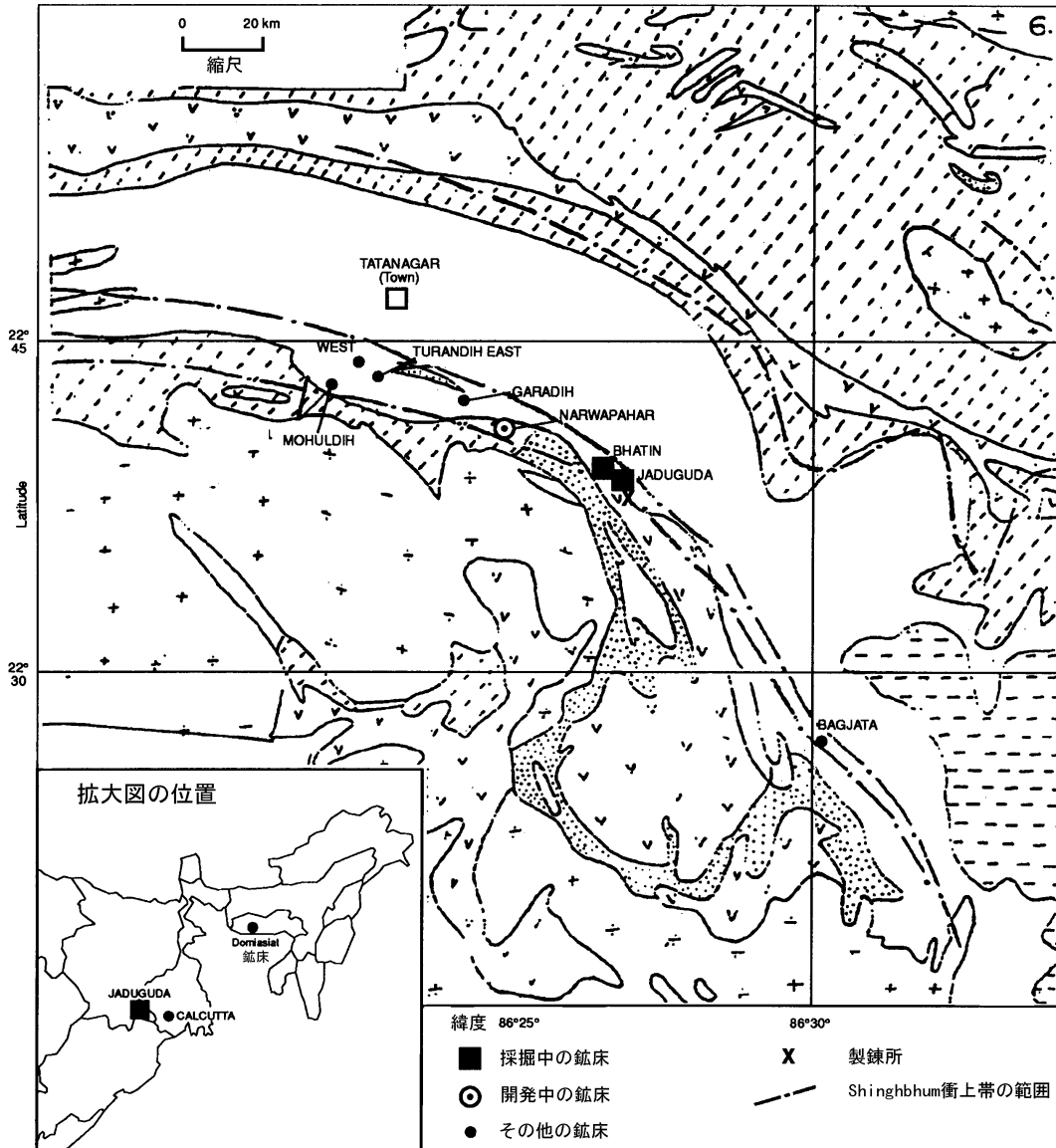
(tU)

コスト区分に入れていない	
RAR	EAR-I
52 080	24 245

* 原位置の資源として。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

EAR-II の見積りについては、1995 年版レッド・ブックの報告以降に変化はない。また Andhra Pradesh 州の Cuddapah 累層群の原生界堆積岩類、Rajasthan 州の Aravalli 累層群、Bihar および Orissa 州の Singhbhum-Orissa 大陸塊、Uttar Pradesh 州の Son Valley 地域、Meghalaya 州の白亜系砂岩類において、新たに 17,000 tU の期待資源が見積もられている。



インドのJaduguda地方のウラン鉱床

未発見資源*

(tU)

コスト区分に入れられていない

EAR-II	SR
14 725	17 000

* 原位置の資源として。

非在来型または副産資源*

(tU)

鉱床	所在地	TU		生産センター名
Singhbhum 衝上帯の銅鉱床	Bihar 州 Singhbhum 地区	6,615	回収可能	Jaduguda
燐灰土	全国的に分散	1,695	回収可能	なし

* 1993 年版レッド・ブックから。

ウラン生産

歴史的概観

Uranium Corporation of India(UCIL)社は、1967 年 10 月にインド政府原子力省の監督下に設立された。UCIL 社は現在、Jaduguda、Bhatin および Narwapahar(Bihar 州 Singhbhum 地区の東部)の3ヶ所で坑内採掘鉱山を運営している。鉱石は Jaduguda に設置された製錬所で処理される。

ウランは、Rakha の Mosaboni 鉱山にある M/s Hindustan Copper 社の銅選鉱プラントから出る銅鉱さいの副産物として回収される。ウランはさらに Jaduguda 製錬所で処理される。

生産能力の現状

Jaduguda 製錬所の総設備容量は日産約 2,100 鉱石トンである。

Jaduguda 鉱山

Jaduguda 鉱床は2つの鉱体で構成されている。下盤鉱脈(FWL)と上盤鉱脈(HWL)は約 60~100 m 離れている。FWL は南東~北西の方向に約 800 m 延びている。HWL は全長 200~300 m で、鉱床の東側に分布している。幅平均は 3~4 m、最大で 20~25 m である。FWL はより強く鉱化され、ウランの他に銅、ニッケル、モリブデン硫化鉱物を含んでいる。この2つの鉱脈は北東方向に平均 40~45 度傾斜している。鉱床は深度 800 m まで探査されているが、これ以深は未調査のまま残されている。鉱石は Singhbhum 衝上帯の変成岩類中の鉱脈に分布している。母岩は原生界である。

Jaduguda 鉱山は 1967 年 10 月に操業を開始した。同鉱山では著しく傾斜している鉱体にアクセスするために直径 5 m、深さ 640 m の立坑が使用されている。また地表下 555~900 m にある鉱石にアクセスするために、補助的なブラインド立坑の建設が進められている。この新しい立坑は主立坑の北 580 m に位置する。鉱山の水平坑道は 620 m、685 m、750 m、815 m および 880 m レベルに展開されている。破碎および積み込み施設はそれぞれ 835 m と 865 m レベルに設定されている。

主立坑は鉱石を 605 m レベルから5トン積みスキップで搬出している。主な作業レベルは 65 m ごとに展開されている。開発と採掘は在来型の掘削と発破を用いる方法で行われ、掘削ジャンボが使用される。充填採鉱法が使用されており、鉱石回収率は約 80%である。また Load-Haul-Dump(LHD)が鉱石を積み込みポケットに移し、そこで鉱石をディーゼルトラックに積み替えて立坑に運び、地表に引き上げる。スライムを除去された鉱さいは充填に使用されている。

Narwapahar 鉱山

Jaduguda から約 10 km に位置する在来型の Narwapahar 鉱山も現在建設中である。Narwapahar 鉱床は緑泥石-石英片岩中の閃ウラン鉱で構成され、磁鉄鉱を伴っている。その下位の片岩も同様の組成であるが、磁鉄鉱の含有量が多い。鉱体の最大走向延長は 2,100 m で、深度 600 m まで連続している。6つのウラン胚胎層または鉱

脈がある。鉱体はレンズ状で北東方向に平均 30～40 度傾斜している。それぞれの鉱体の厚さは 2.5 m～20 m である。

深度 350 m の垂直立坑は地表からの斜坑7度傾斜の展開を進めている。この斜坑によって無軌道の採掘機械がアクセスできるようにするためである。1995 年 5 月までに、立坑は深度 200 m に達した。鉱体が狭くなっているところではルーム・アンド・ピラー法が利用され、厚くなっている場所では充填採鉱法が用いられている。

Bhatin 鉱山

Bhatin 鉱床は Jaduguda の北西4km に位置する。これら2つの鉱床の間に大規模な断層が存在する。Bhatin 鉱山は 1986 年に操業を開始した。厚さが 2～10 m、平均傾斜が 30～40 度の鉱体が開発されている。地質は Jaduguda 鉱床に類似している。母岩は緑泥石黒雲母片岩である。この小規模鉱床の開発には水平坑道と上向き斜坑が用いられ、充填採鉱法が使用されている。Jaduguda 製錬所への鉱石運搬にはトラックが使用される。

銅鉱さいからのウラン回収

Rakha、Surdar、Mosabeni にある3つのウラン回収プラントも銅選鉱工場の鉱さいからウラン回収を行っている。これらは 1970 年代と 1980 年代に生産を開始した。銅を回収した後、鉱さい(平均含有率 0.01% U_3O_8)は、ウラン鉱物回収のために Uranium Corporation of India(UCIL)社のプラントに送られている。鉱さいをテーブルリングし、含ウラン重鉱物精鉱を生産している。精鉱はその後の処理のために Jaduguda 製錬所にトラック輸送される。この3つのプラントの合計処理能力は約 150 トン精鉱/日である。

Jaduguda 製錬所

Jaduguda、Bhatin および Narwapahar 鉱山で生産されたウラン鉱石は、ウラン回収プラントから運ばれるウラン精鉱と共に、Jaduguda にある製錬所で処理されている。同プラントの設備容量は日産 1,370 鉱石トンであり、定格ウラン生産容量は 170 tU/年である。この製錬所は処理容量を日産 2,000 鉱石トンに、生産容量を 230 tU/年に拡張される。この製錬所は 1967 年 10 月に操業を開始した。Jaduguda はインド東部カルカッタの西方約 150 km に位置する。

鉱石は、60%が 200 メッシュ以下になるまで破碎・粉砕された後、パチューカ・タンクで浸出される(温度は約 37°C、硫酸を使用)。パルプをドラム・フィルタにかけた後、イオン交換樹脂を用いてウランを回収する。その後で溶離した後、酸化マグネシウムを用いて沈殿し、 U_3O_8 品位が 74%の重ウラン酸マグネシウムが生産される。製錬所での回収率は約 95%である。

1990 年 3 月に設置された水処理システムと排水の再生利用によって、最終的な廃水の水質が向上し、淡水消費量も減少した。

UCIL 社は、鉱石の一部に含まれる磁鉄鉱を回収する磁鉄鉱プラントと共に、ウラン鉱石から副産物として銅と硫化モリブデンを回収するプラントを運転している。

ウラン産業の所有構造

ウラン産業は 100%インド政府の原子力省によって所有されている。

原子力省の Atomic Minerals 部がウラン採鉱を担当している。鉱床を発見してその形態を把握した後、開発可能な鉱体の存在を確認するための解析が行われる。評価段階には試験採鉱が実施されることもある。

十分な量および品位の鉱床が存在することが判明した場合、その鉱床は、商業的な採掘とウラン精鉱の生産のために UCIL 社へ移管される。UCIL 社は 1967 年 10 月 16 日にウラン鉱石の採掘と処理を目的として設立された公営企業である。本社は、インドのウラン採鉱および製錬活動の中心である Bihar 州 Singhbhum 地区の Jaduguda にある。

将来の生産センター

現在インド北東部の Meghalaya 州 West Khasi Hills 地区にある Domiasiat 鉱床の開発が進められており、建設工事が始まっている。鉱体の採掘のため、Domiasiat に露天採掘鉱山と製錬所を設置する提案がなされている。

環境への配慮

既存のウラン鉱山に関連した環境問題は存在していない。しかし、環境への影響を管理するための規定が設定されている。この活動の責任を負う組織は、ボンベイにある Bhabha 原子力研究センターの保健物理学グループである。同グループは環境面から、ウラン生産施設における放射線、ラドンおよび粉塵に関する健康モニタリングを実施している。またこの保健物理学グループは、Jaduguda で環境調査研究所を運営している。

供給および調達戦略

インドでは、ウランの探鉱は政府が 100%所有する原子力省 Atomic Minerals 部が行っている。ウランの探鉱、生産あるいは販売に民間または外国企業は関与していない。原子力省の下に置かれた公営企業である Uranium Corporation of India(UCI)社がイエローケーキの生産を担当している。燃料集合体の製造に至る燃料サイクルの残りの部分は、やはり 100%政府所有の Nuclear Fuel Complex が担当している。

インドにおけるウラン生産への投資はインドの原子力発電計画に直接的に関連している。この計画では、探鉱からウラン鉱山の開発から製錬所の設置までのリードタイムは7年間と想定されている。

インドネシア

ウラン探鉱

歴史的概観

インドネシア原子力庁(BATAN)の鉱物資源開発センターによるウラン探鉱は、1960年代に開始された。第一段階の予察調査では、ウラン鉱化作用にとって有望な環境とみなされた533,000km²の約78%がカバーされている。この探査段階で使用された方法は、河川堆積物や重鉱物に関する組織的な地化学的調査と放射能測定である。いくつかの地化学および放射能異常が、花崗岩質、変成岩質および堆積岩環境で発見された。その後、Sumatra、Bangka Tin 帯および Sulawesi で、ウラン鉱徴が確認されている。しかしこれらの鉱徴に対するより詳細な評価作業は実施されていない。これは、1988年以降の探鉱活動が Kalimantan 西部の Kalan 地域に集中しているためである。

1991年から1992年にかけて、Kalan ウラン鉱徴およびその周辺部に対する探鉱活動が継続された。1992年にかなりの規模の試錐計画が完了した。以下の表に、より詳しい統計データの概要を示す。現在までの探鉱活動の結果がまとめられ、Kalan におけるウラン採掘事業の予備企業化調査に利用された。1995年と1996年のウラン探鉱費は500,000米ドルから600,000米ドルの範囲であり、1997年にもほぼ同水準になると予想されている。1995年と1996年には、それぞれ3,000km²と3,050km²の総面積を対象とした予察マッピングが完了した。この予察マッピングの対象面積は、1997年には50km²に低減する見込みである。それぞれ約1km²の面積を対象に詳細なマッピングが1995年と1996年に行われた。この面積は1997年には約2.6km²に増加する見込みである。

最近および進行中の活動

1993年から1996年にかけてBATANはKalanウラン鉱徴地とその周囲の Kalimantan 西部地区でウラン探鉱活動を継続した。また1993～1995年にBATANは、Irian Jaja 島で約3,000km²の予察調査を実施している。

ウラン探鉱費と試錐活動

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
政府探鉱費				
ルピア(×1000)	1 390	1 492	未入手	未入手
米ドル(×1000)	648	573.85	643.36	539.8
政府機関による地表試錐(m)	1 963	1 100	470	500
政府機関による試錐孔数	6	17	4	5

1993～1994年にはより多くの資源を発見する目的で、Kalan のいくつかの地域(Jeronang、Kelawai Inau および Bubu)において試錐を含む探鉱活動が集中的に実施された。さらに類似した地質学的条件が確認されている Seruyan および Mentawa 地域、さらに Kalan 周辺の複数の地域でも作業が行われた。1995～1996年については、詳細な情報は入手されていない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

RAR および EAR-I 資源は、鉍脈型の Kalan 鉍徴地の Lemajung と Rabau 地区に分布している。1993 年から 1994 年に行われた試錐により、これまで報告されていた RAR および EAR-I 資源の評価が部分的に修正された。それ以降、情報の更新は行われていない。

1997 年 1 月 1 日現在、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR 資源は 6,273 tU(原位置の資源として)であり、同じコスト区分に属する EAR-I 資源は 1,666 tU(原位置資源)と報告されている。以前に公表された資源量と比較すると、RAR 資源は約 850 tU とわずかに増加し、EAR-I 資源は 480 tU 減少している。こうした変化は、1995 年以前に実施された新たな試錐結果に基づいている。

確認資源*

(1997 年 1 月 1 日現在)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	0	6 273

*原位置の資源として。

推定追加資源—区分 I*

(1997 年 1 月 1 日現在)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
-	-	1 666

*原位置の資源として。

RAR および EAR-I 地質学的タイプ別分布

(1997 年 1 月 1 日現在)

鉍床タイプ	原位置の資源(tU)		生産センター
	RAR	EAR-I	
鉍脈型	6 273	1 666	-

イラン

ウラン探鉱

イランにおけるウラン探鉱は、1970年代半ばに開始された野心的な原子力発電計画を支援するために開始された。この計画は、活動規模が著しい増減を示したり、原子力発電計画が中断されたことがあったにもかかわらず、過去20年間にわたって継続されてきた。

主な活動は、複数の外国の企業によるエアボーン調査から始まった。これらの調査の対象は、イラン国内でウラン鉱床およびその他の放射性物質に関して最も有望と判断された地域の3分の1に及んだ。

この活動に続いて、予察調査と詳細な地表調査が実施された。いくつかの最も有望な地域では、利用可能なインフラストラクチャーと探鉱労働力に応じて、広域および詳細探鉱活動が開始された。エアボーン調査の対象地域の約6分の1を対象に追跡調査が行われ、いくつかの小規模な鉱床の確定につながった。

ウラン資源

RAR および EAR-I 資源を伴う鉱床の評価は終了している。840 tU の RAR は、主として Saghand 1 および 2 鉱床に胚胎する一次的な交代変成岩および鉱脈型の資源である。さらに Bandarabass カルクリート型鉱床にも RAR が胚胎している。

多金属鉱脈型の Talmesi 鉱床の資源は、EAR-II が 162 tU と推定されている。これらの資源の生産コストは報告されていない。

これまでに実施された地質、地化学、物理面での調査により、US\$100/kgU 以下のコストで生産可能なイランの期待資源は少なくとも 25,000 tU になると見積られている。

将来の生産センター

ウラン鉱床の地質学的性質に関する調査に加え、広範なテーマを対象にした支援調査活動も実施されている。この活動の中心となるのが、ウラン精鉱の生産技術の開発である。この計画は多くの問題を解決する上で大いに役立った。こうした問題の一つとして、交代岩型鉱石の処理に関する詳細なフローチャートの開発が挙げられる。このタイプの鉱石は、他の鉱床タイプに一般に見られる鉱石とは異なっている。

活動のほとんどは研究室規模で実施されたが、一部はパイロット規模で行われている。ヒーブリーチング技術に関しても、補足的な経験が得られた。この試験活動は、試験用カラムとパイロット規模の両方で実施された。この活動の重点は、埋蔵量が少ない鉱床や、品位の低い鉱床で採掘された鉱石の処理に置かれている。

ウランを含有する磷酸塩など、非在来型の鉱石については、磷酸塩の生産に伴うウランの回収を目的とした実験的な活動が行われた。

これまでに得られた結果に基づき、今後5年のうちに製錬所を建設する上で十分な基礎的かつ詳細な技術的作業が完了している。

アイルランド

ウラン探鉱

歴史的概観

アイルランドにおけるウラン探鉱は、欧州委員会の DGXVII からの支援を受けて、1976 年に開始された。利用された主な予察探鉱技術は、土壌、河川堆積層および水のカーボン・シンチレーション検層および広域地化学調査であった。Kerry、Cork、Waterford および Donegal 地方で限定的なエアボーン放射能調査が実施されたが、結果は期待はずれに終わった。

地表調査では、Leinster、Connemara および Donegal でターゲットを特定することに成功した。これらは主としてカレドニア後期の花崗岩深成岩体と関連している。複数の探鉱企業が許可地域でさらに詳細な追跡調査を実施しており、これらの調査の結果はアイルランド地質調査所の「探鉱公開ファイル」を通じて入手できる。しかし採算のとれる発見はなく、1982 年までにウラン探鉱活動は終了した。

最近および進行中の活動

1993 年以前から許可を得たウラン探鉱活動は行われておらず、またそれ以降、探鉱許可の申請も出されていない。

ウラン生産

歴史的概観

アイルランドではウラン採鉱は行われたことがない。

生産能力の現状

アイルランドは生産能力を有しない。

環境への配慮

アイルランドではウラン生産は行われていないため、ウラン採鉱に伴う重大な環境問題は現在も、また潜在的にも、存在しない。ただし、ラドン発生率に関する全国調査が実施され、国土の一部に重大な問題が存在することが明らかになっている。この調査が完全に終了するのは 1998 年末であり、その時点までに、国土全域のラドン発生率が明らかになる。

イタリア

ウラン資源

石油の国際市場価格が低いことから、イタリアでは原子力発電に関する議論が行われておらず、現時点では新規原子力発電所の計画はない。しかしいくつかの有望な革新的原子炉の分析的かつ実験的な側面に関する重要な研究計画は実行されている。

ウラン必要量

1基の原子力発電所も運転されていない現状では、ウラン探鉱および生産活動は実施されていない。ウラン資源については、1991年版レッド・ブックに掲載されている見積りが現在でも有効である。

日本

ウラン探鉱

歴史的概観

1967年に原子力基本法に則り、国産の高速増殖炉および重水炉の開発とウラン資源、濃縮技術および再処理技術の組織的供給および開発を目的として、政府機関である動力炉・核燃料開発事業団(PNC:動燃)が設立された。ウラン探鉱は動燃の前身機関により1956年から実施した。日本では約6,600 tUの埋蔵量が発見されている。日本国内におけるウラン探鉱活動は1988年に終了した。

最近および進行中の活動

動燃は最近そのウラン探鉱活動を国外に集中させている。主としてカナダとオーストラリアであるが、その他にも中国やジンバブエなどが挙げられる。

ウラン探鉱費 - 国外

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
政府探鉱費				
円(×100万)	1 344	1 226	806	556
米ドル(×1,000)	12 923	14 771	7 532	4 801

ウラン生産

歴史的概観

1969年に動燃によって、容量50トン鉱石/日のテスト・パイロットプラントが人形峠鉱山に建設された。同プラントの操業は1982年に停止し、累積生産量は87tUであった。1978年に人形峠の鉱石に対して小規模のバッテリーチンク試験が開始された(500トン鉱石・バット3基からなり、最大容量は年間12,000トン鉱石)。このバッテリーチンク試験は1987年末に終了した。

ウラン必要量

1997年1月1日現在、日本には51基の操業中の原子力発電所があり、総発電容量は42,712MWe(グロス)で、日本における発電量の約30%を供給している。1995年と1996年に2基の原子炉が商業運転を開始した。現在さらに4基の原子炉が建設中で2基が計画中である。

将来の原子力発電の開発規模については、設備容量の大まかな目標として2000年までに45.6GWe(グロス)、2010年までに70.5GWe(グロス)という数字が挙げられている。それ以降については、2030年までに原子力発電設備容量が約100GWeに達することが期待される。

天然ウランの累積必要量は、2000年まで約16万tU、2010年まで約28万tU、そして2030年までは約60万tUと予測される。

供給および調達戦略

日本は国内のウラン資源が比較的稀少であるため、海外から供給されるウランに大きく依存せざるを得ない。日本の調達戦略は次の通りである。

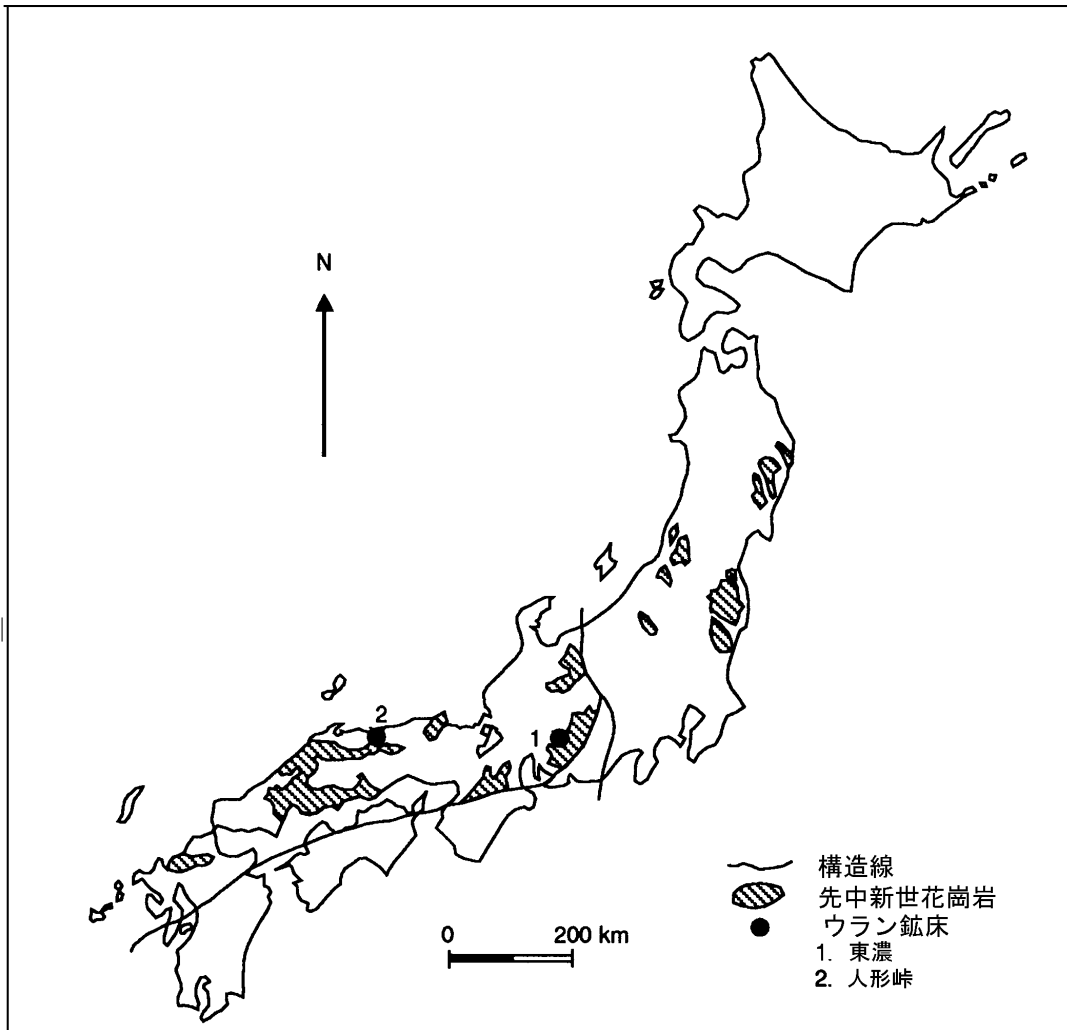
- ・ 電力事業者は海外のウラン供給業者と長期的な購入供給契約を通じてウランを調達することになっている。
- ・ 供給の安全性を確保するため、動燃と民間企業は外国での探鉱および採掘協定に基づいてウランを調達することになっている。また供給国の多様化も求められている。

ウラン関連政策

1975年以降、日本国鉱業法・規制の下にはウラン探鉱と採掘に係わる特別な法令は設定されていない。ウラン探鉱および採掘は日本で設立された民間企業であれば自由に行える。これまで日本国内でウランの採掘を実施した民間企業はない。

ウラン価格

ウランの輸入価格は民間企業によって決められる。これらデータの政府情報は入手できない。



日本における主な花崗岩帯の分布とウラン鉱床

ヨルダン

ウラン探鉱

歴史的概観

1980年に、ヨルダン全土を対象にエアボーン・スペクトロメーター調査が実施された。また1988年までにエアボーン調査で検出された異常点に対する地表放射能調査が完了した。1988年～1990年に地質および地化学調査、そして放射能図の作成および調査により、先カンブリア系の基盤岩とオールドビス系の砂岩ターゲット地域が評価された。

1990年～1992年には複合基盤岩地域で、広域的な地化学試料採取計画(河川堆積物試料と一部の岩石試料)が実施された。複合基盤岩および先カンブリア系の砂岩分布地域内で地質調査と放射能異常調査による追跡調査が行われた。ヨルダンにおける磷酸塩鉱床のウランポテンシャル評価が完了した。ヨルダン中央部および南部にある4つの磷酸塩鉱床の平均ウラン含有量は50～140 ppmであることが判明した。これらの結果に基づき、ヨルダンの非在来型または副産物資源は10万tUと見積られる。

最近および進行中の活動

1994年から1996年にかけて、政府による年間ウラン探鉱費は1万米ドルから10万米ドルに増加した。1995年には全部で26本(250m深度)の試錐孔が掘られた。1994年と1996年には試錐は行われなかった。

1995年から実施されているエアボーン・ガンマ線異常地の評価によって、非磷酸塩層に関連したゾーンが識別された。地表ガンマ線調査とラドン(トラック・エッチング)測定により、全国の様々な地域に、更新世および暁新世の堆積層に関連するいくつかの地表ウラン鉱徴が見出された。これらの地域には、濃度が100～500 ppmのウランが、厚さ約1.5mにわたって存在している。鉱化作用は、堆積岩内に微細な鉱染粒子として、または堆積岩内の断裂や小規模なくぼみを充填する黄色の二次ウラン鉱物として存在している。

1997年に予定されている活動は以下の通りである。

- ・ 放射線測定法を用いた含ウラン堆積層の範囲の確定。
- ・ 格子セルに基づいた有望地域での穿孔、トレンチ掘削および岩石試料採取。
- ・ 予備的なリーチング・テスト。
- ・ 含ウラン堆積岩類に関する岩石学、鉱物学および地化学的研究。

ウラン探鉱費

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
政府探鉱費合計(米ドル)	10 000	30 000	100 000	100 000

ウラン生産

ヨルダンではウラン生産は行われていない。1982年には、Jordan Fertilizer Industry社の依頼を受けたLURGI社(ドイツ、フランクフルト)から、磷酸からのウラン抽出に関するフィージビリティスタディが提出された。Jordan Fertilizer Industry社は後に、Jordan Phosphate Mines(JPMC)社に買収された。評価された抽出プロセスの一つが実行可能であることが明らかになったが、その当時には抽出プラントの建設に関する決定はなされなかった。そ

の後ウラン価格が大幅に下落したため、このプロセスは経済的に成り立たなくなった。

この分野での活動は1989年に再開され、IAEAから資金拠出を受けたマイクロ・パイロットプラントが設置された。このテスト活動は1990年に終了した。この活動の結果、燐酸からのウラン抽出パイロットプラントに関するプロジェクト文書が作成された。ウラン・プラントは、JPMC社のAqaba肥料コンプレックスにある燐酸プラントに設置するものとされていた。しかし資金の欠如とウラン価格の低迷により、この種の研究活動を継続するという決定は下されなかった。

環境への配慮

含ウラン燐酸塩鉱床の環境面での影響を評価するために、ヨルダンの燐酸塩鉱床におけるウラン濃度に関する組織的な研究と評価が実施されている。Shidia 燐酸塩鉱床は、ヨルダン内でも随一の燐酸塩埋蔵量を誇る鉱床であるが、含有ウランの水準が比較的低い(35~50 gU/t)という特徴を備えている。このことは原料燐酸塩、さらにはそれから得られる燐酸および燐酸塩化合物、また肥料製品が環境に与える影響から見てプラスだと考えられよう。ヨルダンの燐酸塩におけるウラン含有量についての詳細は、1993年版レッドブックに記載されている。

カザフスタン¹

歴史的概観

カザフスタンにおけるウラン探鉱は 1948 年に開始された。当時は今のカザフスタン共和国はソビエト連邦の一部であった。その後の活動は、対象区域と適用された探鉱概念に基づいて、いくつかの時期に分けられる。

第1期(～1957 年)には、カザフスタン国内の年代の若い未固結堆積物に覆われていない地域を対象に、広域的な地表およびエアボーン放射能調査が実施された。この時期に行われた調査の結果、いくつかのウラン鉱床が発見された。これらの中には後に Pribalkhash、Kokchetav および Pricaspian ウラン鉱床区と呼ばれるものが含まれている。これらはそれぞれバルハシ湖(カザフスタン南東部)近く、カザフスタン北部そしてカスピ海の近くに位置している。これら鉱床区の詳細は次の通りである。

- Pribalkhash 鉱床区には、Kurdai、Botaburum および Djidely 鉱床が分布する。これらはデボン系の噴出火山岩複合岩体と関連した内成鉱脈型鉱床である。1953 年から 1990 年まで、同鉱床区は鉱石あるいはイエローケーキ・スラリーを生産した。この Pribalkhash 鉱床区は、Kyrgyz Mining Combinat(後に Yuzhpolymetal Production 社と改名し、本社はキルギスタン共和国の Bishkek)が運営した。
- Kokchetav 鉱床区には、Grachev、Kamyshovoe、Kosachinoe、Vostok のほか、多数の鉱床が存在する。これらは褶曲を受けたシルル-デボン系の堆積層中に胚胎する内成網状鉱脈型ウラン鉱床である。この鉱床区は 1953 年に発見され、1957 年に開設された Tselinny 生産センターの基盤となった。
- Pricaspian 鉱床区には Melovoe、Tomak、Taybogor および Tasmurun 鉱床が存在する。これらは古第三系の粘土層中の磷酸塩化した魚骨碎屑物に伴う外成ウラン鉱床群である。Melovoe 鉱床は 1954 年に発見され、Pricaspiski Mining and Metallurgical Combinat にとっての事業基盤となった。同社は 1959 年に生産を開始し、1993 年までウラン生産を続けた。

1957 年以降、各堆積盆地に対する地域評価作業の過程で確立された探鉱モデルにより、酸化-還元境界面に関連した砂岩型ウラン鉱床群が発見された。この時期にカザフスタン中央部の Chu-Sarysu 堆積盆地で探鉱が行われた。Uvanas および Zhalpak 鉱床などが、この地質環境で発見されている。

さらにカザフスタン東部の Ily 堆積盆地の Koldjat 鉱床でウラン鉱化作用が発見された。ウラン品位は 0.1%以下であり、ウラン鉱化作用は石炭と関連している。経済的な理由からそれ以上の関心は集まらなかった。

1970 年～1971 年に、Uvanas 鉱床でインシチュリーチング試験が成功裡に終了した。それ以降の探鉱活動の対象は、インシチュリーチングが適用可能な鉱床が胚胎する中生界と新生界の堆積盆地に絞られた。

この作業の間に、Chu-Sarysu 堆積盆地で新たな鉱床が発見された。これらは暁新統の堆積物中の Kandjagan および Moynkum 鉱床や上部白亜系の砂岩中の Mynkuduk 鉱床などである。現在この地区で Stepnoye 社と Central Mining 社がインシチュリーチング鉱山の操業を行っている。

1970 年～1975 年には、Chu-Sarysu 堆積盆地で得られた経験に基づいて、Chu-Sarysu 堆積盆地の南西部に位置する Syr-Darya 堆積盆地での探鉱が継続され、North Karamurun、South Karamurun、Irkol および Zarechnoe 鉱床が発見された。

これらの鉱床と、Chu-Sarysu および Syr-Darya 堆積盆地の白亜系および暁新統の堆積岩類に関連した鉱床の発見によって、カザフスタンの資源は大幅に増加した。またカザフスタンは、これらのインシチュリーチングに適し

1 本報告は基本的に IAEA の調査票に対する回答に基づいたものである。回答はカザフスタン共和国原子力局が作成した。この報告で用いた詳細情報は 1995 年 5 月 22 日～27 日にウクライナのキエフで開催された IAEA 技術委員会に提出された論文『カザフスタンにおけるウランと環境:資源、供給および需要、環境への影響の規制および必要な研究』(G.Fyodorov, E.Bayadilov, V.Zhelnov, M.Akhmetov, A.Abakumov)に基づいている。

たウラン資源の存在により、世界の他の低コスト・ウラン生産国と競争する上で極めて有利な立場に立つことになった。こうした有利な資源状況を受けて初期段階の探鉱活動は低減しており、現在ではカザフスタン北部に限定されている。

最近および進行中の活動

1995年から1996年にかけて、探鉱組織 Stepgeologia は、不整合関連型鉱床の発見を目的とした初期段階の探鉱活動(試錐を伴わない)を実施した。

ウラン探鉱費および試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
政府探鉱費(100万テンゲ)	40	7	16	20
政府探鉱費(1,000米ドル)	1290.32	112.9	242.42	275.86

ウラン資源

カザフスタンにおけるウラン資源は色々な鉱床タイプ中に産出する。主なウラン鉱床タイプは、鉱脈型網状鉱床と砂岩型鉱床の2つである。いずれのタイプもその地質学的条件に応じてさらに細かく区分される。

鉱脈型網状鉱床は、褶曲したシルルーデボン系の堆積岩類中のものと、デボン系の陸成噴出火山岩類に伴う鉱脈型鉱床の2つに区分される。

シルルーデボン系の堆積岩類中の鉱脈型鉱床は Kokchetav ウラン鉱床区に分布する(主な鉱床は Grachev, Manybai, Vostok および Zaozyornoe)。

Pribalkhash 鉱床区のデボン系の陸成火山岩中に存在する鉱脈型鉱床としては Botaburum, Kurdai, Djidely 鉱床がある。

カザフスタンの砂岩型ウラン鉱床は、同国の地質学者によって次のように分類されている。

- ・有機リン酸塩型
- ・後生砂岩型
- ・後生夾炭堆積物型
- ・表成溪谷充填型

有機リン酸塩型は、カスピ海東岸の Mangyshlak 半島の Pricaspian 地区に分布している。漸新統下部～中新統下部の堆積岩がウラン鉱化作用の母岩である。ウラン鉱化作用は黄鉄鉱を含む粘土中に存在するリン酸塩化した魚骨碎屑物に伴っている。この地区の最大級の鉱床は Melovoe, Tomak, Tasmurun および Taybogor である。

Karatau 隆起帯により分離され、ほぼ南北に伸びる2つの堆積盆地(Chu-Sarysu と Syr-Darya)中に後生砂岩型ウラン鉱床が分布する。いずれの堆積盆地でも、ウラン鉱化作用は、複数の砂岩-粘土層から構成される白亜系～暁新統の碎屑性堆積物に伴っている。Chu-Sarysu 堆積盆地では厚さ 50～70m の砂岩層を伴う約6層の砂岩-粘土層が存在し、これらは不透水粘土層によって分離されている。ウラン鉱化作用は両地区ともに酸化-還元境界面に沿って分布し、非対称形のロールフロントおよびレンズ状を呈している。胚胎層準の間隙率、透水係数、および胚胎層準が不透水粘土層によって分離されていることから、この型の鉱床ではインシチュリーチングを利用することが可能である。Chu-Sarysu 地区には、堆積盆地の北側に Zhalpak, Uvanas, Mynkuduk, Sholak-Espe および Inkay 鉱床が、また堆積盆地の南側に Kandjungan および Moynkum 鉱床が存在する。Syr-Darya 地区には白亜系堆積岩中に Irkol, North Karamurun (Yushny Karamurun), South Karamurun (Severny Karamurun) および Zarechnoe 鉱床などのロールフロント型鉱床が存在する。

後生夾炭堆積物型は、主にカザフスタン南東部の Ily および Nishny-Ily 堆積盆地と呼ばれる断層陥没帯に分布する。これらの堆積盆地はジュラ紀初期～中期の陸成夾炭堆積物を含む。ウラン鉱化作用は主として石炭層

準で発見された。Koldjat 鉱床はこの型に属する。現在の低迷した経済状況から見てこの資源の重要性は高くない。

表成溪谷充填型は、数例存在するだけである。最も重要なものは Kokshetau 鉱床区の東縁部に位置する Semizbai 鉱床である。

カザフスタンには 51 の鉱床が存在する(地図参照)。そのうち 26 の鉱床の調査が完了し、ウラン資源量が推定されている。鉱床は6つのウラン鉱床区に存在している。

既知在来型ウラン資源(RARおよびEAR-I)

カザフスタンの\$130/kgU 以下のコストで回収可能な既知ウラン資源は、1997年1月1日現在で860,560 tUである。前回のレッドブックに発表された見積りと比べると約2,560 tU増加している。\$40/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源は436,540 tUであり、総資源の50%を超えている。

カザフスタンの\$40/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源の50%以上は「現存」および「決定済み」の生産センターに属している。\$80/kgU の既知資源を考慮に入れると、この数字は74%に増加する。

\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR は、採掘済み資源を差し引いた正味の原位置資源の合計として、1997年1月1日現在で601,260 tUと報告されている。そのうち\$80/kgU および\$40/kgU 以下で回収可能な部分は、次の表に示すように、それぞれ439,220 tUと323,340 tUである。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
\$40/kgU 以下	\$80/kgU 以下	\$130/kgU 以下
323 340	439 220	601 260

*採掘済みの資源を差し引いて調整した原位置資源。

\$130/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-I は、これまでと変更なく合計259,300 tUである(原位置資源として)。それより低いコスト区分については、次の表に示すように、\$80/kgU 以下で回収可能な資源が195,900 tU、\$40/kgU 以下で回収可能な資源が113,200 tUとなっている。

推定追加資源 - 区分 I*

(tU)

コスト区分		
\$40/kgU 以下	\$80/kgU 以下	\$130/kgU 以下
113 200	195 900	259 300

*採掘済みの資源を差し引いて調整した原位置資源。

未発見の在来型ウラン資源(EAR-IIおよびSR)

カザフスタンは、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-II 資源を合計310,000 tUと、また同じコスト区分で回収可能な SR を500,000 tUと報告している。どちらの見積りも原位置の資源として報告されている。

推定追加資源 - 区分II

(tU)

コスト区分		
\$40/kgU 以下	\$80/kgU 以下	\$130/kgU 以下
200 000	290 000	310 000

期待資源

(tU)

コスト区分		合計
合計\$130/kgU 以下	コスト区分に入れていない	
500 000	0	500 000

採鉱法別のウラン資源(RAR、EAR-I、EAR-II)

カザフスタンは 1994 年の資源見積りに基づき、ウラン資源に対するインシチュリーチングおよび在来法(露天採掘および坑内採掘)の適用可能性に関する情報を提出している。このリストで検討された資源は\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR、EAR-I および EAR-II である。以下に採鉱法別の資源の相対的な分布を示した。

採鉱法別の資源分布

	RAR	EAR-I	EAR-II
インシチュリーチング	73.4%	38.5%	83.9%
在来法(露天採掘、坑内採掘)	26.6%	61.5%	16.1%
合計	100.0%	100.0%	100.0%

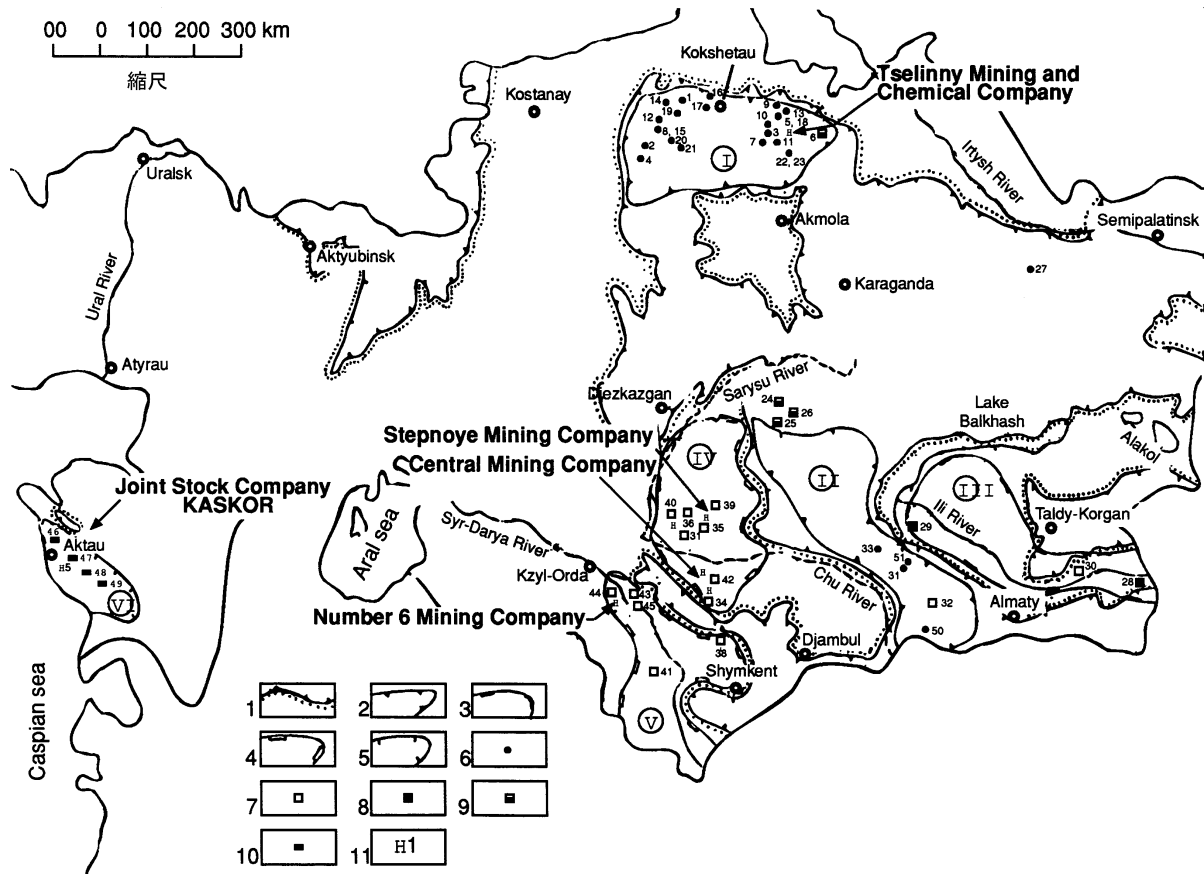
ウラン生産

歴史的概観

カザフスタンでウラン生産が開始されたのは 1953 年である。最初にウラン生産を担当した組織は後に Yuzhpolymetal Production 社(本社:キルギスタンの Bishkek)となった Kyrgyz Combinate である。鉱石はカザフスタンの Pribalkhash 鉱床区で採掘され、キルギスタンで処理された。

1957 年に Stepnogorsk の Tselinny Mining & Processing Combinate が Kokchetav 鉱床区の鉱石の供給を得て生産を開始した。この組織は 1995 年に活動を休止している。

1959 年に、Aktau の Pricaspiski Mining & Metallurgical Combinate が、Pricaspian 鉱床区の鉱石からウランその他の副産物の生産を開始した。



カザフスタンのウラン鉱床区、鉱床および生産施設

凡例

地図上に示した鉱床

- | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. (a)先中生界および(b)中生界～新生界の堆積岩類の境界</p> <p>2. 先中生界堆積岩中の内生鉱床を伴うウラン鉱床区：
(I:Kokshetau, II:Pribalkhash)</p> <p>3-5. 中生界～新生界堆積層中の外成鉱床を伴うウラン鉱床区</p> <p>3. 石炭層の土壤酸化を伴う(III:Ily)</p> <p>4. 砂岩層中の層状酸化(ロールフロント)に伴う(IV:Chu-Sarysu, V:Sry-Darya)</p> <p>5. 磷酸塩質魚骨碎屑物に伴う(VI:Pricaspian)</p> <p>6-10. ウラン鉱床:</p> <p>6. 各種鉱石タイプを含む内生鉱化作用</p> <p>7. 層状酸化(ロールフロント等)に伴う浸潤鉱化作用</p> <p>8. 土壤酸化を伴う浸潤鉱化作用</p> <p>9. 古溪谷堆積物中の層状の酸化(ロールフロント等)に伴う浸潤鉱化作用</p> <p>10. 磷酸塩質魚骨碎屑物に伴う</p> <p>11. 生産センター/鉱山：</p> <p>1) Central Mining Company (Kandjugan)</p> <p>2) Stepnoye Mining Company (Uvanas)</p> <p>3) Number 6 Mining Company (Mynkuduk)</p> <p>4) Tselinny Mining and Chemical Company (Grachev and Vostok)</p> <p>5) Joint Stock Company "Kaskor" (Melovoye)</p> | <p>1. Grachev*</p> <p>2. Shokhpak</p> <p>3. Zaozyornoe</p> <p>4. Kamyshevoe*</p> <p>5. Shatskoe</p> <p>6. Semizbay*</p> <p>7. Tastykol</p> <p>8. Akkan-Burluk</p> <p>9. Glubinnoe</p> <p>10. Koksorskoe</p> <p>11. Vostochno-Tastykolskoe</p> <p>12. Victorovskoe</p> <p>13. Agashskoe</p> <p>14. Fevralskoe</p> <p>15. Burlukskoe</p> <p>16. Slavyanskoe</p> <p>17. Chaglinskoe</p> <p>18. Shatskoe-I</p> <p>19. Kosachinoe</p> <p>20. Vostok*</p> <p>21. Zvyozdnoe</p> <p>22. Manybaysk*</p> <p>23. Yuzhno-Manybayskoe</p> <p>24. Shorly</p> <p>25. Talas</p> <p>26. Granitnoe</p> | <p>27. Ulken-Akzhal</p> <p>28. Koldjat*</p> <p>29. Nizhne-Ilyiskayay*</p> <p>30. Suluchokinskoe</p> <p>31. Djusandalinskoe</p> <p>32. Kopalysayskoe</p> <p>33. Kyzyltas</p> <p>34. Kandjugan*</p> <p>35. Uvanas*</p> <p>36. Mynkuduk*</p> <p>37. Sholak-Espe</p> <p>38. Kyzylkol</p> <p>39. Zhalpak</p> <p>40. Inky*(計画中)</p> <p>41. Zarechnoe</p> <p>42. Moynkum*(計画中)</p> <p>43. South Karamurun</p> <p>44. Irkol*</p> <p>45. North Karamurun*</p> <p>46. Melovoe*</p> <p>47. Tomak</p> <p>48. Taybogar</p> <p>49. Tasmurun</p> <p>50. Kurdai</p> <p>51. Botaburum</p> <p>* 操業中および閉鎖鉱山</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Pribalkhash、Kokchetav および Pricaspian 鉱床区の在来型の採掘・製錬センターの他に、Chu-Sarysu および Syr-Darya 鉱床区に3つのインシチュリーチング生産センターが存在し、数年前から操業されている。生産企業である Central、Stepnoye および Number 6 社は、Kandjagan、Uvanas、Mynkuduk、そして Karamurun 砂岩型ウラン鉱床に対してインシチュリーチングによる生産を行っている。これらの既存施設の生産能力は合計で 2,600 tU/年である。

1995 年および 1996 年のウラン生産量は、それぞれ合計で 1,630 tU と 1,210 tU であった。以前に比べて低減しているのは、1995 年に Stepnogorsk の Tselinny Mining and Processing Company の在来法による坑内掘り活動 (Grachev および Vostok) が閉鎖されたためである。

ウラン生産量の推移

(tU)

生産法	1994 年 以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年まで の合計	1997 年 (予測)
在来法						
・露天採掘	21 618	0	0	0	21 618	0
・坑内採掘	37 503	660	170	0	38 333	0
小計	59 121	660	170	0	59 951	0
インシチュリーチング	18 381	1 580	1 460	1 210	22 631	1 500
合計	77 502	2 240	1 630	1 210	82 582	1 500

生産能力の現状

カザフスタンが過去数年間に経験した経済的、政治的な変革はウラン産業にも大きな影響を与えた。これに伴う変化の一つとして、1990 年に Pribalkhash 鉱床区で採掘されたウラン鉱石の Yuzhpolymetal Production 社の製錬所(キルギスタンの Bishkek にある)への出荷が停止されたことが挙げられる。このため Yuzhpolymetal Production 社は鉱石処理活動の基盤を失った。1993 年末には Aktau の Pricaspiski Mining & Metallurgical Combine の生産センター(後に KASKOR 社と改名)が、経済的な理由で操業を停止した。

1995 年には、Tselinny Mining and Processing Company が、その Grachev と Vostok での坑内掘り鉱山での生産を停止した。同社はこれに伴って Stepnogorsk にある製錬所の操業も中断している。すべての施設は一時的な操業停止状態に置かれた。

1996 年には在来法によるウラン生産の代わりとして、新たに2ヶ所(Katko および Inkay)の ISL 施設で、生産のための準備が行われた。いずれの施設の生産能力も 700 tU/年である。Katko の施設は、Kazak uranium company KATEP と COGEMA 社のジョイントベンチャーによって運営されている。また Inkay の施設は、KATEP、Uranerz Exploration and Mining Limited Almaty および Cameco 社によって運営されている。

結局のところ、現在のウラン生産能力は5ヶ所の ISL 生産センター、すなわち Tsentralnoe (Central)、Stepnoye、No 6、Katko および Inkay によるものであり、その合計生産能力は 4,000 tU/年である。

現存し、しかも操業中の ISL 生産センターに関する技術的な規模と内容を、下記の表の第1部にまとめた。また第2部の表には、操業停止状態に置かれた生産センターの技術的な特徴を列記した。

ウラン生産センターの規模・内容

第1部：現存および操業中のセンター

生産センター名	Tsentrlnoe Mining 社	Stepnoye Mining 社	Number 6 Mining 社	Katko	Inkay
生産センター分類	現存	現存	現存	現存	現存
操業状態	操業中	操業中	操業中	操業中	操業中
操業開始	1982 年	1978 年	1981 年	1996 年	1996 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Kandjugan 砂岩型	Uvanas 砂岩型	Karamurun 砂岩型	Moynkum 砂岩型	Inkay 砂岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	IX 未入手 未入手	IX 未入手 未入手	IX 未入手 未入手	未入手 未入手 未入手	未入手 未入手 未入手
定格生産容量(tU/年)	1 000	1 000	600	700	700
拡張計画	なし	なし	なし	なし	なし

ウラン産業の所有構造

Tsentrlnoe、Stepnoye および No. 6 という採鉱企業は、1996 年末に設立された国営の Kazatomprom 社によって管理されている。また Inkay 社と Katko 社は、それぞれ COGEMA 社および Uranerz/Cameco 社をパートナーとする合弁事業である。

こうした所有構造によって、カザフスタンで生産されるすべてのウランはカザフ政府が管理することになっている。

ウラン産業の雇用状況

1994 年から 1996 年にかけての現存生産センターの雇用状況を、1997 年の予測と共に、次の表に示した。1992～1996 年の期間を見た場合、雇用人員は 1992 年の 11,800 人から 1996 年の 6,000 人へと一貫して減り続け、低減率はほぼ 50%に達している。

現存の生産センターにおける雇用状況

(人一年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
8 050	6 850	6 000	5 350

将来の生産センター

将来の生産センターに関して最近設定された計画は報告されていない。

ウラン生産センターの規模・内容

第2部: 操業を一時的に停止している生産センター

生産センター名	Joint Stock Co. Kaskor	Telinny Mining co.
生産センター分類	現存	現存
操業状態	1993年に操業停止	1995年に操業停止
操業開始日	1959年	1958年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Tomak, Melovoye 魚骨砕屑物型	Grachev, Vostok 網状-鉱脈型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	露天採掘 未入手 未入手	坑内採掘 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	IX 未入手 未入手	IX 未入手 未入手
定格生産容量(tU/年)	2 000	2 500

「現存」、「決定済」および「計画中」の生産センターの生産能力に基づいた 2015 年までの生産能力の予測を、次の表にまとめた。

短期的なウラン生産能力

(tU/年)

1997 年				1998 年				2000 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
1 650	1 650	2 300	2 300	2 050	2 050	2 500	2 500	2 800	2 950	2 800	2 950

2005 年				2010 年				2015 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
2 000	2 500	2 800	3 000	3 000	3 500	3 800	4 000	4 000	4 500	4 800	5 000

1997 年には、Tselinny Mining and Metallurgical 社が、ウラン生産活動を再開する計画である。このプロジェクトは、国営の採鉱企業 Kazuran 社が、カナダ企業である Worldwide Minerals 社の参加を得て運営することになっている。

より長期的に見た場合、現存の生産センターの拡張や新規生産センターの開発が検討されている。カザフスタンの総生産量は、\$80/kgU までのコストで回収可能な RAR および EAR-I 資源を、それが属する現存、決定済、計画中および予測の生産センターを用いて採鉱すると仮定した場合、2015 年までに最大で 5,000 tU/年にするのが可能である。しかしこれらの計画の詳細については入手されていない。

全体としてカザフスタンの既知資源では、国外需要の急増に比較的迅速に対応した増産を行うことが可能である。

環境への配慮

カザフスタンは、過去および現在のウラン生産施設の活動によって生じる廃棄物に関連して、環境面でいくつかの大きな懸念を抱いている。さらに、インシチュリーチング技術を用いた採鉱を行える砂岩型鉱床として存在する大量のウラン資源が環境に与える影響についても、関心を抱いている。

砂岩型ウラン鉱床は、大量の地下水が存在する堆積盆地にある。ウラン鉱床に関連した地下水汚染(自然に産する資源とインシチュリーチングによる汚染)によって、150 km×15 km の面積に匹敵する地域が排除ゾーンに指定されている。このゾーンにおける飲用水の汲み上げは禁止されている。

これに加え、40 年を超えるウラン採鉱および製錬活動によって、低レベル放射性捨石や製錬鉱さいが蓄積されている。採鉱および製錬活動によって生じた放射性廃棄物の量は、合計で2億トンに達すると見積もられている。この廃棄物の大部分はすでに閉鎖されたセンターのものである。以前のオペレーターであるソビエト国営企業はこのケースについて浄化の責任を認めていない。このため修復作業に必要な資金の提供がなされておらず、カザフスタン政府が資金を拠出する以外に方法はない。

酸浸出インシチュリーチングによりウランが回収された含ウラン帯水層がこれ以上汚染されないようにするため、採鉱が環境に与える影響についての理解を深め、低減する研究が進められている。

ウラン必要量

カザフスタンはカスピ海沿岸 Mangyshlak 半島の Aktau で高速増殖炉 BN-350(定格容量は 70MWe)を運転している。同炉が供給する電力は主として脱塩工場に使われている。この原子炉の現在のウラン必要量は 50 tU/年と見積られる。この動力炉の操業は次表の対象期間にわたって続けられる予定である。

これに加え、21 世紀のある時点で運転を始める新規原子力発電施設を開発するために、ロシアと協力計画が締結された。この計画によって、2005 年～2010 年の期間内に、まず 2,000MWe の原子力発電容量が実現し、そしてさらに 4,800MWe が追加されることになる。関連ウラン必要量は、核燃料成形加工のリードタイムを考慮して、

これより早い2003年頃から生じるものと予測される。

原子力発電設備容量

(MWe)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
70	70	70	2 070	未入手	6 870	未入手	未入手	未入手

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
50	50	50	450	未入手	1 050	未入手	未入手	未入手

ウランの供給および調達戦略

現在、カザフスタンで生産されるウランはすべて、世界市場での販売のために輸出されることになっている。カザフスタンはいかなる形態のウラン備蓄も維持していない。

韓国

ウラン探鉱

最近および進行中の探鉱活動

韓国電力公社(KEPCO)は探鉱プログラムの一環として国外のプロジェクトに参加している。KEPCO は米国・ネブラスカ州の Crow Butte ISL プロジェクトの権益を 10%保有している。また、カナダ・サスカチワン州において、KEPCO は Cigar Lake プロジェクトと Dawn Lake プロジェクトに各々 2%、4.67%の権益を保有している。その他に、Dae Woo 社が 1983 年からカナダの Baker Lake プロジェクトに参加している。

ウラン探鉱費－国外

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
探鉱費合計(単位:1,000 米ドル)	175 (カナダ)	178 (カナダ)	373 (カナダ)	895 (カナダ)

ウラン必要量

KEPCO は 1996 年 12 月 31 日現在、11 基の原子力発電所を保有し、商業運転を行っている。原子力発電施設は 10 基の PWR と 1 基の PHWR 発電プラントから構成される。原子力発電設備容量は 9,616 MWe で、1996 年の韓国の総発電容量の 27%を占めた。韓国の長期電源開発計画によれば、2010 年までにさらに 17 基の原子力発電所、合計容量は 26,329 MWe が電力網に併入される予定である。その内、6基の PWR と 3基の PHWR は建設中である。

原子力発電容量の着実な伸びに伴い、ウラン精鉱と燃料サイクル役務の必要量も継続的に増加している。

原子力発電設備容量

(MWe)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
9 600	10 300	13 700	18 700	18 700	26 300	26 300	—	—

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996 年	1997 年	2000 年	2005 年		2010 年		2015 年	
			低	高	低	高	低	高
1 810	2 760	2 890	3 010	3 010	4 290	4 290	—	—

ウラン関連政策

原子力拡張計画を効率的に支援するため、KEPCO は着実に経済的かつ安全なウラン供給に努力してきた。このため、ウラン必要量は主としてカナダ、オーストラリア、フランス、米国など、様々な国々との長期契約を通じて供給されている。また、KEPCO はスポット市場や、同社の子会社で、米国の Crow Butte プロジェクトの権益を10%保有している KEPRA 社からも輸入している。

ウラン在庫

KEPCO は戦略的在庫として操業中の原子炉の消費量1年間分の在庫を維持している。最近、KEPCO は在庫水準を操業中の原子炉消費量の2年分に増加した。この在庫の半分は、外国の転換施設に天然ウランとして保管され、残りの半分は韓国国内の成形加工施設に濃縮ウランとして保管される。

リトアニア

ウラン探鉱・資源・生産

リトアニアにはウラン資源は存在せず、また現時点ではいかなるウラン探鉱活動も行われていない。

ウラン必要量

リトアニアにおける原子力発電設備容量の短期的な予測は Ignalina 発電所の2基の RBMK 炉(容量は合計で2,760 MWe)に基づくものである。次表に関連ウラン必要量を示す。原子炉燃料はロシアから供給されている。リトアニアには天然ウランの在庫はない。通常6ヶ月分の濃縮燃料の在庫を Ignalina 原子力発電所が維持している。

過去2年間、リトアニアのウラン必要量に変化はない。この期間における供給と調達戦略についても同様である。長期的な必要量は、原子力発電のいっそうの開発を進めるかどうかについての同国の政策によって決定されよう。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
2760	2760	2760	未入手	未入手	未入手	未入手	未入手	未入手

原子炉関連ウラン必要量*

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
385	415	425	未入手	未入手	未入手	未入手	未入手	未入手

* リアニアが報告したウラン必要量は濃縮ウラン tU で示されている。上記の天然ウラン必要量は CYBA-1995年(核燃料サイクルにおいて必要かつ生成される核物質の質量の評価を行う汎用モデル)に基づいて IAEA が推定したものである。

供給および調達戦略

Ignalina 原子力発電所で必要とされる燃料要素はロシアから供給されている。ロシアでは燃料集合体の成型加工能力が過剰になっているため、リアニアへの長期的な供給は保証されている。それにもかかわらずリアニアは代替供給源も探している。

ウラン価格

ウラン価格に関する情報は入手していない。

マレーシア

ウラン探鉱

歴史的概観

マレーシアでは、マレー半島、そしてボルネオ島の Sabah および Sarawak において、1950年代から断続的にウラン探鉱が行われてきた。その後探鉱活動は拡大し、1970年代以降はある程度高い水準で維持されている。主要プロジェクトとして、マレー半島の中央ベルト地帯において 31,000km² におよぶ総合的なエアボーン調査がある。

1984年以降は、マレー半島だけを対象として、限定的な資金による探鉱計画が実施された。1991年～1992年には、マレーシア地質調査所(GSM)が、Pahang, Perak, Selangor, Negeri Sembilan, Johore および Kelantan の各州で花崗岩地域を対象に、8,600km² におよぶ総合的な地表調査計画を実施した。この調査により、5ヶ所で分布の広い深成岩体が特定された。1980年に終了したエアボーン放射能調査で得られたデジタル・データの再処理も実施された。その結果は、スタック・プロファイルと新しい図面を作製するために利用された。

最近および進行中の活動

GSM は 1995年～1996年にも、マレー半島でのウラン探鉱を継続している。Pahang および Kelantan 州では、IAEA から提供された GR650 スペクトロメーターシステムを用いて、カーボーン放射能調査が実施された。約 11,500 回のガンマ線測定により、合計で 1,000km のトラバース線がカバーされた。全部で 14ヶ所の合計約 100km のトラバース線に、ウランポテンシャルがあることが明らかになった。

ウラン探鉱費 - 国内

	1994 年	1995 年	1996 年*	1997 年 (予測)
政府機関による探鉱費 マレーシア・リングギット 米ドル(×1,000)	1 080 000 398	400 000 163	598 000 239	未入手 未入手

* 1997 年 11 月の報告によれば、1996 年の探鉱予算である約 588,000 リングギットは、1997 年の探鉱のために執行が猶予された。

メキシコ

ウラン探鉱

ウラン探鉱活動は 1983 年 5 月に終了し、ウラン探鉱の責任を負っていた URAMEX も 1985 年 2 月に解散した。URAMEX の権限の一部は鉱物資源委員会(Consejo de Recursos Minerales)に引き継がれた。

ウラン資源

メキシコの資源見積りは 1982 年に作成された。\$80~130/kgU のコストで回収可能な既知ウラン資源は合計 2,400 tU である。未発見の資源は 12,700 tU であり、そのうちの 2,700 tU が EAR-II で、10,000 tU が SR である。さらに Baja California の海成リン酸塩中に合計で 150,000 tU の非在来型資源と、以前は在来型資源に分類されていた Tayata(Oaxaca)、Noche Buena(Sonora)、La Preciosa(Durango)における熱水性の非鉄鉱化作用と関連した約 1,000 tU の非在来型資源が存在する。

ウラン生産

1969 年~1971 年の期間に、鉱山開発委員会は Villa Aldama(Chihuahua 州)で製錬所を操業した。この施設は Sierra de Gomez、Domitilia(Pena Blanca)と、その他の鉱徴地で採掘された鉱石からモリブデンと共に副産物としてウランを回収していた。合計で 49 tU が生産された。現在、ウラン生産を行う計画はない。

ウラン必要量

メキシコの現在のウラン必要量は、Laguna Verde 原子力発電所の 2 基の原子炉(発電容量はそれぞれ 654 MWe)に関するものだけである。

このウラン必要量は、同発電所を対象としたエネルギー利用計画に基づくものであり、この発電所では先進的な燃料設計を使用し、使用済燃料発生量を低減することによって、燃料の利用効率を高める目標が立てられている。

原子力発電設備容量

(MWe)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
1 308	1 308	1 370	1 370	1 370	1 370	2 370	1 370	3 370



メキシコのウラン鉱床

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
325.01	170.04	256.70	215.29	215.29	252.74	581.598	216.26	748.750

供給および調達戦略

メキシコの電力事業者である Comisión Federal de Electricidad (CFE) による購入はすべて、公開入札によって行われることになっている。ウランの場合、5年未満の期間を対象とした契約を結ぶ戦略が立てられている。

ウラン価格

CFE は、六フッ化ウラン(UF₆)の形態で天然ウランの供給を受けるための中期的な契約を複数結んでいる。

1996年に、Veracruzにある Laguna Verde 原子力発電所(LVNPP)の2基の原子炉で使用される7回分の再装荷燃料の供給を対象とした入札が行われた。この際に入札側には、資金調達を含めた提案を行うように求められた。2件の契約が成立しており、その詳細を次の表に示す。

再装荷番号 とユニット	期日	量 (kg/U)	単価 (US\$)	再装荷価格 (US\$)	供給者
R6-U1	1997年1月1日	151 117	50.75	7 669 187.75	NUKEM
R3-U2	1997年9月1日	158 701	52.30	8 300 062.30	NUKEM
R7-U1	1998年7月1日	177 660	55.15	9 797 949.00	NUKEM
R4-U2	1999年1月1日	185 863	56.30	10 464 086.90	NUKEM
R8-U1	2000年1月1日	178 182	58.41	10 407 610.62	CAMECO
R5-U2	2000年7月1日	190 976	59.46	11 355 432.96	CAMECO
R9-U1	2001年7月1日	182 358	61.54	11 222 311.32	CAMECO
合計		1224 857		69 216 640.85	

ウラン在庫

ウランの購入は一般に、LVNPP サイトにおける燃料束の引渡し予定期日の1年前になされることになっている。天然ウランの在庫量は、購入スケジュールに基づいて、濃縮施設での再装荷1～2回分に相当する。濃縮または成形加工済みの燃料の備蓄を持たない政策が立てられている。

モンゴル

ウラン探鉱

歴史的概観

モンゴルにおけるウラン探鉱は第二次世界大戦直後に、様々な鉱物鉱床に伴うウランの調査から開始された。1945年～1960年に、モンゴル東部で褐炭鉱床に伴う数多くのウラン鉱徴が発見された。

1970年～1990年に、モンゴル人民共和国とソビエト連邦との二国間協定により、ソ連地質省の地質調査隊が地質調査を実施した。この期間に国土のほぼ70%にあたる100万km²の地域に対して1/25,000～1/10,000のスケールの空中放射能調査を実施した。中央モンゴル山脈と中国国境沿いの地域を除く全土が調査された。50万km²の地域に対する未発見ウラン資源ポテンシャルの鉱床学的評価が完了した。また、1/200,000～1/50,000のスケールのより詳細な地質調査が合計5万km²の地域に対して実施された。これには、約2,700kmの地表試錐、相当量のトレンチと坑道探鉱が含まれる。

これらの調査結果に基づき、Mongol-Priargun、Gobi-Tamsag、Hentei-Daur および Northern Mongolia 鉱床区の4つのウラン鉱床区が定義された。これらの鉱床区は各々、ウラン鉱床タイプ、鉱物組成、鉱化年代および地質構造が異なっている。これら鉱床区で、合せて6つのウラン鉱床、約100ヶのウラン鉱徴、1,400ヶ所の露頭・放射能異常が発見された。

Mongol-Priargun 鉱床区は Northern Choibalsan 地区、Berh、Eastern Gobi および Central Gobi 地区から成る。

Northern Choibalsan 地区には Dornod 火山構造帯が位置する。本構造帯は層厚1,000mを超えるジュラ系～白亜系の堆積物を伴う流紋岩から玄武岩組成の火山岩類により埋められている。Dornod 構造帯は約2,000km²を占め、Dornod、Gurvanbulag、Mardain-gol および Nemer ウラン鉱床と多くの多金属、金および螢石鉱床を胚胎している。

Eastern Gobi 地区の中生界 Choir 堆積盆地(150×15km)に Haraat 鉱床が位置している。本堆積盆地に多数のウラン鉱徴が分布することから、本地区の他の堆積盆地(Baga Nuurt、Ulaan Nuur、Alagtsav、Tavansuvaa)に砂岩型ウラン鉱床の発見の可能性のあるものと推定される。

モンゴル南東部の Gobi-Tamsag 鉱床区では白亜系の Sainshand 堆積盆地に Nars ウラン鉱床が位置している。また、多くのウラン鉱徴が Tamsag、North-Sainshand、Zuunbayan およびその他の堆積盆地で発見されている。Hentii Daur 鉱床区は Hangai 山脈と Hentii 山脈内に位置し、花崗岩型ウラン鉱徴が Janchivlan 地区に分布している。

Northern Mongolian 鉱床区はモンゴル北部・西部を占めている。本鉱床区のウラン鉱徴は片岩類、アルカリ貫入岩類および交代ペグマタイト類に伴うものである。

最近および進行中の活動

ウラン探鉱は次の3つの組織により実施されている。①"Uran"社。同社はモンゴル国土地質探査委員会管轄下にある国営企業である。②"Gurvansaikhan"社。同社はモンゴル、ロシア、米国のジョイントベンチャーで、Choir、Hairkhan、Undurshil、Ulziit および Gurvansaikhan 堆積盆地で探鉱を行っている(Choir 堆積盆地には Haraat ウラン鉱床が存在する)。③Koge-Gobi モンゴル-フランス・ジョイントベンチャー。Sainshand、Oshiin Nuur、Nyalga および Tamsag 堆積盆地で活動を行っている。

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
民間による探鉱費 (米ドル×1,000)	532	1 400	2 440	3 100
政府機関による探鉱費 (米ドル×1,000)	168	250	120	35
探鉱費合計 (米ドル×1,000)	700	1 650	2 560	3 135
民間による地表試錐(m)	8 000	40 000	41 500	52 000
民間による試錐孔数	200	1 000	1 035	1 300

モンゴル政府はウラン探鉱活動への支援を続けている。2005年までに32,000km²の初期的な調査、40,000km²の探鉱と、4,000km²の鉱徴地詳細評価作業を実施する計画である。

ウラン資源¹

モンゴルの既知ウラン資源は、前述した4つの鉱床区に属する Dornod、Gurvanbulag、Mardain-gol、Nemer、Haraat および Nars の6つの鉱床に存在している。以下にこれらの特徴を詳述する。

Mongol-Priargun 鉱床区はモンゴル東部に位置し、同名の大陸性火山帯の範囲と重なっている。本火山帯は Mongolian Altai から Lower Priargun まで約 1,200 km×70~250 km 延長する。本鉱床区には U-Mo-F 鉱物を含む酸性火山岩型鉱床が分布している。この鉱床区内には、Northern Choibalsan、Berkh、Eastern Gobi(Dornogoby)、Central Gobi(Dund-Goby)の各地区が位置する。最も重要な既知鉱化地区は Dornod 鉱床が位置する Northern Choibalsan 地区である。本地区には Dornod、Gurvanbulag、Mardai-gol および Nemer ウラン鉱床と共に、多金属および螢石鉱床が分布している。酸性火山岩型ウラン鉱床の他に、Choir 堆積盆地に砂岩型ウラン鉱化作用が存在する。本鉱化作用は Eastern Gobi 地区に分布し、Haraat 鉱床に代表される。

Mongol-Priargun 鉱床区の資源量は、C1 区分の資源が 31,000 tU、C2 区分の資源が 28,000 tU、P1、P2 および P3 区分の資源が各々14,000 tU、261,000 tU、136,000 tU である。

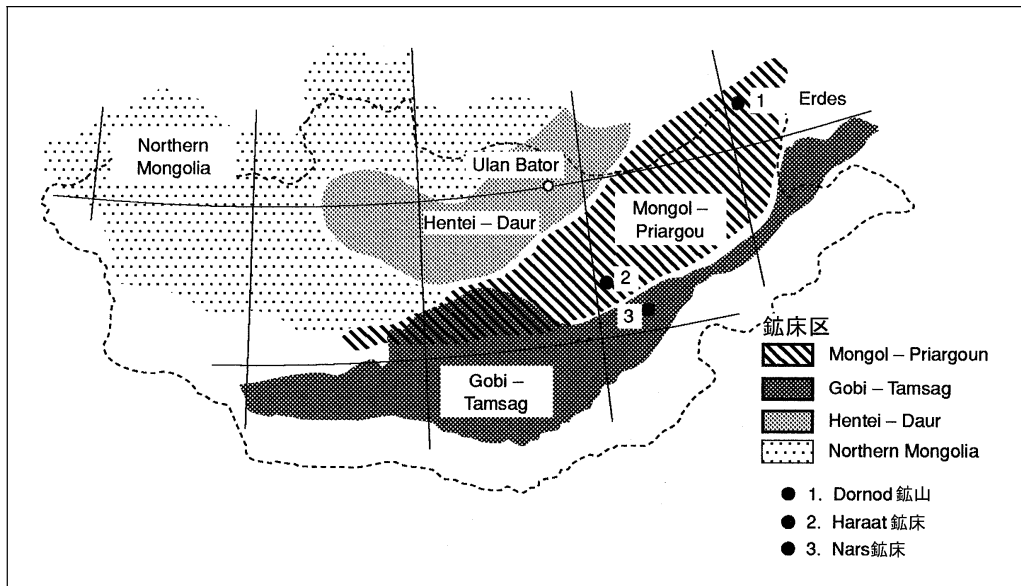
Dornod 鉱床は中生界の火山溶岩流と堆積物から成る Dornod 火山構造帯に位置する。ウラン鉱化作用は 20 km² の範囲に認められ、13ヶの鉱体、シュート、またはストックワークとして濃集している。ウラン鉱化作用はピッチブレンド、コフィン石、ブラネル石、含ウラン白チタン石から成り、鉱石品位は 0.05%U から 0.6%U 弱で、平均品位は約 0.28%U である。

Gurvanbulag 鉱床もまた Dornod 火山構造帯に位置する。本鉱床域の Dornod 構造は上部・下部の2層から構成される。下部層は 300~400 m の層厚を有し、凝灰質堆積物を挟む流紋岩から安山岩質玄武岩類の火山溶岩流より構成される。上部層は 300~800m の層厚を有し、酸性噴出火山岩類と凝灰岩から構成される。ウラン鉱物はコフィン石、ピッチブレンドおよびウラノフェンであり、鉱化作用は母岩の岩相(主に凝灰質火山灰)と構造により規制されている。鉱化作用は深度 15~40 m から 720 m まで分布する。最も品位の高い鉱石は主に低角度断層と上部層と下部層との境界部との交会部に位置する。層状鉱体群は 3 km² の範囲に分布する。これらの鉱体も構造規制を受けている。さまざまな大きさの鉱体が 17 発見されている。最も高い品位の鉱石は厚さ平均 3.5 m で、1,500 m² に分布し、平均品位は 0.17%U である。

Mardain-gol 地区と Nemer 地区の鉱徴群も Dornod 火山構造帯に伴っている。これらは Dornod 鉱床・Gurvanbulag 鉱床と地質的に類似している。これら鉱徴の資源量見積りは終了していない。

Dornod 構造の他に、Northern Choibalsan 地区に Ugtam、Turgen、Engershand などいくつかのウラン鉱徴が分布する。これら鉱徴に対する評価は終了していない。

¹ モンゴルの RAR および EAR 資源は NEA-IAEA の定義とは厳密には一致していない。



モンゴルのウラン鉱床生成区と鉱床

Haraat 鉱床は古生代の花崗岩質岩類の貫入を受けた原生界の結晶質片岩類、片麻岩類、大理石を基盤とする Choir 堆積盆地に分布する下部白亜系堆積岩類上部に胚胎する。鉱石は褐炭層を挟む砂岩・粘土互層に位置する。これらの岩石は元々還元環境にあったが、現在は深度 25～30 m まで酸化されている。鉱化作用は酸化環境中に分布している。一般的な鉱物は磷灰ウラン石、リン銅ウラン石、シュレッキングエル石である。セリウム、ランタン、スカンジウム、イットリウム、イッテルビウム、レニウム、ゲルマニウム、モリブデン、銀などの元素を随伴する。

Choir 堆積盆地の他にも、Eastern Gobi 地区の Ulaan Nuur、Nyalga、Tavantsuva 堆積盆地にもウラン鉱床が存在する可能性がある。これらの堆積盆地に対する探鉱は終了していない。

Gobi-Tamsag 鉱床区はモンゴル南部に位置し、1,400 km×60～180 km の範囲を占める。本鉱床区のウランは一般に Tamsag、Zuunbayan、Sainshand 堆積盆地等に分布する白亜系から暁新統の堆積岩類に伴っている。Saiinshand 堆積盆地には Nars 鉱床が位置する。これらの堆積盆地に対する探鉱は終了していない。

Gobi-Tamsag 鉱床区の資源量は、P1 の資源が 3,000 tU、P2 および P3 の資源が各々 74,000 tU、423,000 tU である。

Nars 鉱床は Sainshand 堆積盆地南部に位置する。本堆積盆地には白亜系から暁新統の堆積岩が分布する。既知ウラン鉱化作用は粘土岩を挟む還元および酸化状態の砂岩と凝灰質堆積物に認められる。鉱石は鉱物学的にピッチブレンドとコフィン石から構成され、黄鉄鉱と方鉛鉱を随伴する。Nars 鉱床の資源量は報告されていない。

Sainshand 堆積盆地には他にもウラン鉱徴が発見されている。これらは Mongol-Priargou 鉱床区の Haraat 鉱床と同様に酸化環境中に存在する。これらの資源にヒーブリーチングや ISL 等の低コスト抽出手法の適用が可能であると報告されている。

Hentii-Daur 鉱床区は Hangai および Hentii 山脈に位置し、700 km×250 km の範囲を占める。本鉱床区で発見されたウラン鉱徴は優白質花崗岩類中の断層帯に伴っている。Janchivlan 地区の鉱徴群は興味深いものと考えられている。

Hentii-Daur 鉱床区の資源量は P1 区分が 4,000 tU、P2 区分と P3 区分が各々 30,000 tU、116,000 tU である。

Northern Mongolian 鉱床区はモンゴル北部から西部に位置し、1,500km×450km の範囲を有するモンゴル最

大のウラン鉱床区である。ウランはアルカリ貫入岩類、交代曹長岩類、ペグマタイト類、その他の火成岩など、様々な岩相に伴っている。また、石英質片岩類にも伴っている。本鉱床区に対する探鉱はほとんど行われていない。しかしながら、将来、本鉱床区のポテンシャルが認識されるはずである。本鉱床区の資源量は P2 区分と P3 区分が各々 25,000 tU、325,000 tU と報告されている。次の表にウラン鉱床と各鉱床区の資源量を示す。

モンゴルのウラン資源のまとめ

(tU)

ウラン鉱床区	既知資源		未発見資源		
	C1	C2	P 1	P 2	P 3
Mongol-Priargun	31 000	28 000	14 000	261 000	136 000
Gobi-Tamsag	0	0	3 000	74 000	423 000
Hentii-Daur	0	0	4 000	30 000	116 000
Northern Mongolian	0	0	0	25 000	325 000
合計	31 000	28 000	21 000	390 000	1 000 000

在来型既知資源 (RARおよびEAR-I)

モンゴルは資源量の見直しを行っていないことから、1995 年 1 月 1 日付の見積りが今回のレッド・ブックに適用される。この見積りは NEA-IAEA によるコスト区分に従っているが、その資源量には過去に採掘された資源も含まれ、減少分は考慮されていない。

1995 年 1 月 1 日現在の既知ウラン資源は \$80/kgU 以下のコストで回収可能な原位置資源として合計 83,000 tU である。内、62,000 tU は \$80/kgU 以下のコストで回収可能な確認資源 (RAR) である。\$40/kgU 以下の RAR は Haraat 鉱床の 11,000 tU である。

\$80/kgU 以下で回収可能な推定追加資源—区分 I (EAR-I) は 21,000 tU で、内、11,000 tU は \$40/kgU 以下で回収可能と考えられている。

\$40/kgU 以下で回収可能な既知資源の 26% が「現存」および「決定済み」生産センターに属している。また、\$80/kgU の既知資源は全て「現存」および「決定済み」生産センターに属している。この資源量には既に採掘された量も含まれていることに注意する必要がある。

1995 年 1 月 1 日付の資源量を次の表に示す。

確認資源(RAR)*

(tU)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
11 000	62 000	62 000

*原位置資源。枯渇は考慮していない。

推定追加資源—区分 I (EAR-I)*

(tU)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
11 000	21 000	21 000

*原位置資源。枯渇は考慮していない。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

モンゴルは推定追加資源—区分 II (EAR-II) を報告していない。次の表に期待資源 (SR) を示す。

期待資源*

(tU)		
コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
0	1 307 000	1 307 000

*原位置資源。

ウラン生産

モンゴルのウラン生産は 1989 年に Mardai-gol 地区の Dornod と Gurvanbulag 鉱床の資源を生産する Dornod 露天掘り鉱山が操業開始と共に開始された。露天掘り鉱山と坑内掘り鉱山が開発された。本鉱山の設計容量は 200 万鉱石トン/年である。鉱石品位を 0.12% とすると生産能力は 2,400 tU/年となる。モンゴルに鉱石処理施設は存在しない。Mardai-gol 地区で採掘された鉱石は処理のために、鉄道で 484 km 離れたロシアの Krasnokamensk にある Priargunsky Mining & Processing Combinat に輸送された。本鉱山はモンゴルとロシアのジョイントベンチャーである Erdes Mining 社によって運営された。販売は Techsnabexport 社が担当した。モンゴルとロシア隣接地域の政治的・経済的变化により、Erdes 社によるウラン生産は 1995 年に終了した。1989 年～1995 年のウラン生産量の推移を以下に示す。

ウラン生産量の推移*

(tU)			
年	鉱石トン	鉱石品位(% U)	TU
1989 年	79 882	0.117	94
1990 年	91 154	0.098	89
1991 年	100 724	0.10	101
1992 年	98 209	0.118	105
1993 年	52 321	0.104	54
1994 年	63 378	0.114	72
1995 年	13 919	0.145	20
1996 年	0	—	0
合計	499 587	—	535

*従来法による生産。

Erdes 生産センターの詳細な技術情報は入手していない。

生産能力の現状

モンゴル、ロシアおよび米国企業のジョイントベンチャーである Central Asian Uranium 社が、Mardai-gol 鉱床群での生産再開の準備を進めていると報告されている。

1998 年～2005 年の生産者別の計画生産能力を以下の表に示す。生産センターの現況や、センターを支えるウラン資源の詳細は入手していない。

将来の生産センター

3つのウラン組織、Central Asian Uranium 社(モンゴル、ロシア、米国企業のジョイントベンチャー)、Gurvansaikhan 社および Koge-Gobi 社(モンゴル-フランスのジョイントベンチャー)が生産計画を作成している。前述の通り、Central Asian Uranium 社は 1998 年に Mardai-gol 鉱床の生産を再開する計画である。Gurvansaikhan 社は Choir、Hairkhan、Undurshil、Ulziit、Gurvansaikhan など、数多くの堆積盆地で活動を行っている。1998 年の生産開始を予定している。また、Koge-Gobi 社は砂岩型ウラン鉱床を対象に Sainshand、Oshiin Nuur、Nyalga、Tamsag などで活発に探鉱活動を行っている。2003 年の生産開始を予定している。砂岩型ウラン鉱床を対象とする生産センターは ISL 技術を利用されるものと想定される。

Central Asian Uranium 社、Gurvansaikhan 社、Koge-Gobi 社の生産計画の概要を以下に示す。

ウラン生産量

(tU)

年	Central Asian Uranium 社	Gurvansaikhan 社	Koge-Gobi 社	合計
1998 年	150	100	0	250
1999 年	250	200	0	450
2000 年	300	200	0	500
2001 年	300	400	0	700
2002 年	300	400	0	700
2003 年	350	400	100	850
2004 年	400	400	200	1 000
2005 年	400	400	300	1 100

計画ウラン関連政策

現在、モンゴル議会は「鉱物法」の改正案について審議している。同法の改正の基本となる概念は以下の通りである。

- ・ 国内外の投資家は鉱物探鉱と生産ライセンスの取得プロセスにおいて同等の権利を有する。
- ・ 探鉱および探鉱ライセンスの発給に単純、公開かつ効率的な手順を導入する。
- ・ 探鉱ライセンス取得者は、ライセンスに記載された鉱物を採掘する権利と、発給されたライセンスの売却、担保としての使用あるいは相続を行う権利を有する。
- ・ 商品の種類に関わらず、販売価値の 2.5%をロイヤルティとして政府に支払う。
- ・ 投資の迅速な回収を促すため、探鉱投資の減価償却を速める規定を定める。

さらに、この改正草案は鉱業分野への投資を促進するための多数の規定が含まれている。ウラン生産に関して、モンゴル政府はウラン探鉱と国内での処理に高い優先順位を与えている。政府は以下の特別策とガイドラインを導入した。

- ・ 外国の投資家に有利になるよう、ウラン探鉱、生産および販売分野での政府の関与を低減する。
- ・ ウラン探鉱と生産が生物圏に及ぼす影響と、その保護の確保に関する研究を行う。
- ・ ウランおよびその他の核原料物質の探鉱、生産および販売分野において、国際組織との協力を強化する。
- ・ ウラン生産に関する全ての活動を対象とした法律を制定する。
- ・ 砂岩型ウラン鉱床の探鉱を開始する。
- ・ 磷酸塩鉱床と石炭鉱床からのウラン抽出に関する調査を開始する。

- ・ウラン探鉱と生産に関する活動のために国内労働者を訓練し、先進的な技術と高精度機器を導入する。
- ・ウラン探鉱と生産に関する監視に責任を負う政府機関を設立し、政府の政策の遵守と国内専門家の雇用の確保に当たる。

モロッコ

ウラン探鉱

歴史的概観

モロッコにおけるウラン探鉱は1946年に開始され、1987年まで続けられた。地質および物理調査によって数多くのウランおよびウラン/トリウム鉱徴が確定されたが、採算のとれるウラン濃集が発見されなかったという意味で、調査結果は思わしくないものであった。それ以降、探鉱活動は行われていない。

補足的な情報については、レッドブック1989年版を参照のこと。

ウラン資源

モロッコには在来型の既知ウラン鉱床は存在しない。

しかしAnti-Atlas、Haut Atlas西部および中央部、MesetaおよびMoyen Atlas、そしてHaute Moulouyaには、数多くのウラン鉱徴が存在していることが知られている。地質学的には、これらの鉱徴は主として先カンブリア紀、カンブリア紀および古生代の花崗岩および堆積岩類(カンブリア紀から白亜紀まで)と関連している。

また、下表にまとめたように、燐酸塩鉱床に含まれるウラン資源が大量に存在する。

燐酸塩からの非在来型副産物資源

鉱床名	所在地	鉱床タイプ	数量(tU)	品位(gU/t)
Oulad Abdoun	Khourigba	燐酸塩	3 220 000	120
Gantour	Youssoufia	燐酸塩	966 000	130
	Ben Guerir		240 000	180
Oued Eddahab	Boucraa	燐酸塩	57 000	60
Meskala	Essaouira	燐酸塩	2 043 000	100

1997年現在、燐酸塩内のウランを評価するために、次のような研究が続けられている。

- ・燐酸ウランとその派生鉱物の特性調査および化学分析。
- ・燐酸塩からのウラン抽出に関する室内テスト。このテストは製品の品質や燐酸塩生成プロセスに関連して実施される。

ただし、燐酸塩の副産物としてウランを回収する計画はない。

ナミビア

ウラン探鉱

歴史的概観

ナミビアにおける最初の放射性鉱物の鉱化作用の重大な発見は、1928年に Rössing 地域においてピッチブレンドと推定される鉱物を含むサンプルのオートラジオグラフ試験によってなされた。

ウラン市場の需要および価格が上昇した結果、1960年代末に広範なウラン探鉱が開始された。この時期には地質調査所によってエアボーン放射能調査が実施され、多くのウラン異常が確認された。その1つが Rössing 鉱床に発展したが、この場所ではすでに1966年に Rio Tinto Zinc 社が複数の探鉱権を取得していた。その後この鉱床は大規模な露天採掘鉱山へと発展し、1976年に生産を開始した。

Rössing の開発とウラン価格の上昇傾向が刺激となって、主として Namib 砂漠における広範な探鉱活動が実施された。2つの主要な鉱床タイプ(Rössing におけるアラスカイトを伴う火成型と表成カルクリート型)が確認されている。

火成型鉱床では Rössing 以外に、Valencia 鉱床に相当量の資源が存在する。Langer Heinrich 鉱床は表成カルクリート型で最も有望な鉱床である。フィージビリティ・スタディがこれらの低品位鉱床のいつかで行われたが、市場価格の下落に伴ってそれ以上の作業は行われていない。

1980年代初めには不安定な政治状況とウラン価格の下落が組み合わさり、探鉱および開発活動は急速に縮小した。しかし Namib 砂漠で多大な成果を収めた探鉱技術の改善が多くの新しい鉱床を発見することにつながらなかったのは本当に残念なことであった。

それ以降、Rössing 鉱山周辺は例外として、探鉱活動は継続したウラン市場の低迷のため低滞した。探鉱費を下記の表に示す。

しかしウラン需要が持続的に上昇すれば、一つの確認済み鉱床、すなわち一般に最もポテンシャルが高いと見られている Langer Heinrich の開発が商業的に成り立つことが証明されることになろう。

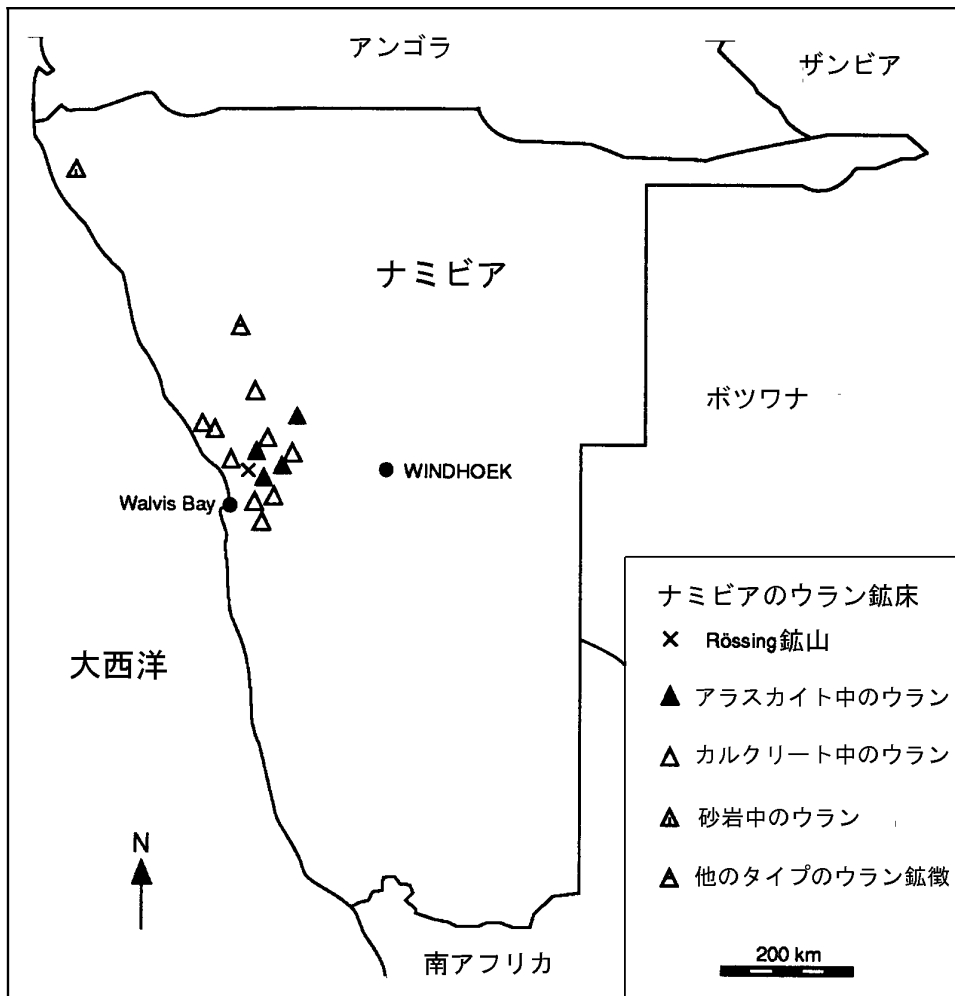
最近および進行中の活動

現時点で発給されているウラン探鉱許認可は1件だけである。実施された作業や探鉱費に関する情報は機密となっている。

政府は最近になって、ナミビア国内の複数の有望地域を対象とした高解像度エアボーン地球物理学データ(放射能および磁気)を入手した。これらの調査は、ウラン鉱床の大部分が存在するナミビア中西部の大部分がカバーされている。

これらの調査の費用は SYSMIN 基金によって調達されたもので、その金額は約 750 万ナミビア・ドルであるが、ウラン探鉱だけに使用されたわけではない。

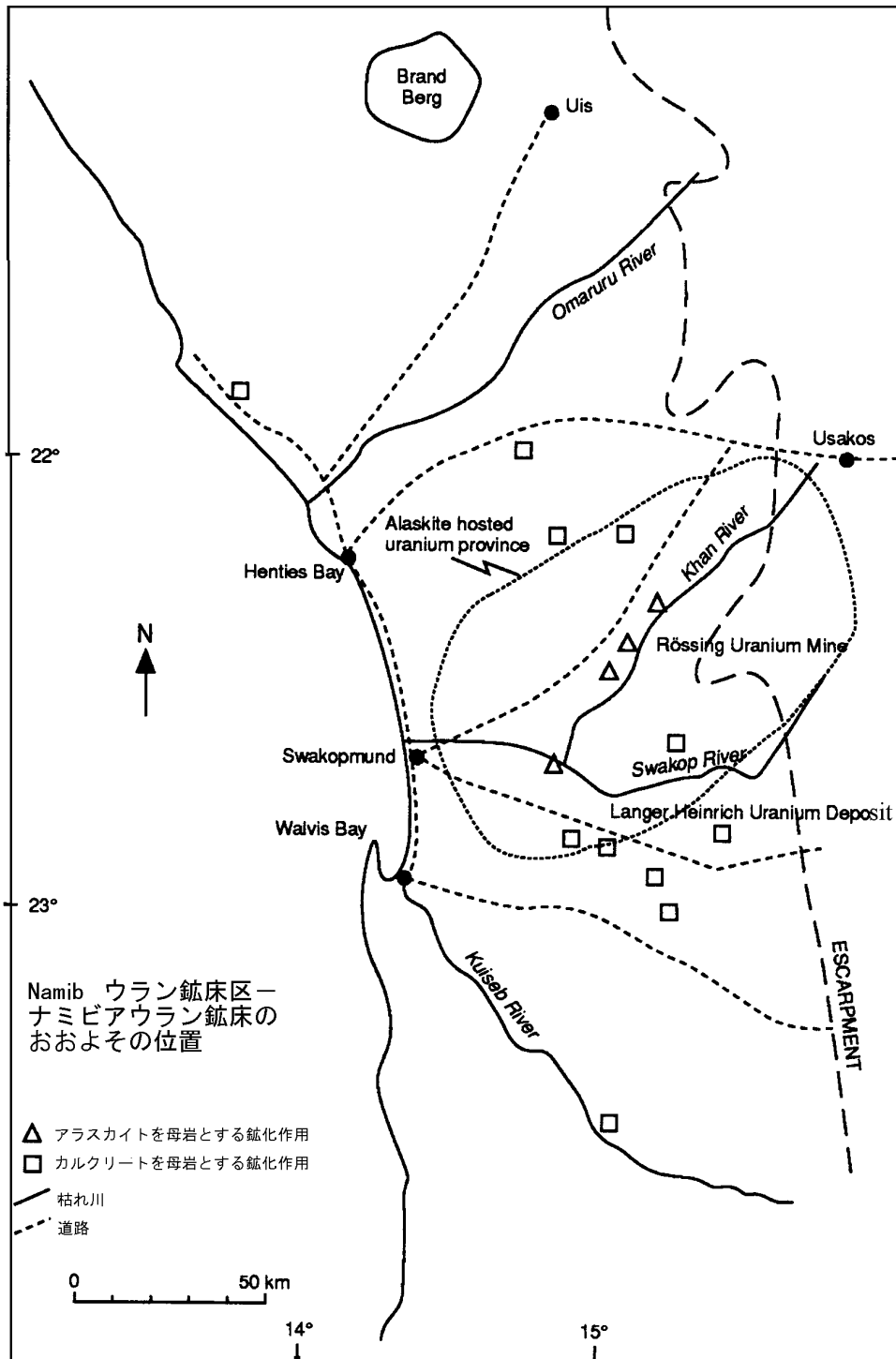
民間産業の探鉱費は機密扱いにされている。政府探鉱費は上記以外に支出されていない。



第1図 ナミビアのウラン鉱床

ウラン探鉱費および試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
民間探鉱費(ナミビア・ドル)	0	0	未入手	未入手
政府探鉱費(ナミビア・ドル)	0	7 500 000	0	0
合計費用(米ドル)	0	2 150 000	未入手	未入手



第2図 Namibウラン鉱床区のウラン鉱床位置

ウラン資源

ナミビアの既知資源と未発見資源のウラン資源は、多様な地質環境に存在することから、いくつかの鉱床タイプに属している。既知資源は主として火成岩型鉱床に属している。既知資源全体の約 10%は表成カルクリート型鉱床に胚胎する。

プレカンブリア紀のダマラ造山帯の花崗岩中に産する火成岩型の Rössing および Trekkopje 鉱床と Langer Heinrich の表成カルクリート鉱床の既知資源に加え、大量の未発見ウランポテンシャルが存在する。これを対象とした定量的評価はなされていないが、次のような地質環境にポテンシャルが存在する。

- ・ ダマラ帯の花崗岩分布域は 5,000km² に及んでいる。この地域は地表堆積物および風成の半固結砂に広く覆われている。過去の調査はエアボーン放射能異常の追跡調査が中心であった。表層被覆層の下にかなりの追加資源の存在が予測されている(Rössing 鉱床と同程度の規模になる可能性がある)。
- ・ 第三系から現在までの表層堆積物が準乾燥地域に存在する。この環境にはカルクリート型鉱床の大きなポテンシャルが存在する。確認されたエアボーン異常 38 点について集中的な試錐調査を行ったところ、そのうちの 11 点で成功をおさめた。この試錐によって新たな既知資源が算出されている。試錐調査を行ったほとんどのケースで、カルクリートで充填された古河川に伴う低品位の鉱化作用が発見された。
- ・ 有望と期待されるもう一つの地質環境は、砂岩堆積盆地である。これに対応する鉱床モデルは 1970 年代に近隣諸国で集中的な調査が実施された二畳系～三畳系の Karoo 堆積物である。これらの堆積盆地についてはナミビアでも限定的な探鉱のみが行われた。これらの堆積物はナミビア北西部で河川系により細分されており、エアボーン放射能異常は極めて明瞭なものである。大規模な試錐調査を伴う地表追跡調査によってほぼ 600 万トンの低品位ウラン鉱化作用を確認した。しかしこの資源は回収コストが高いため既知資源に含まれていない。ナミビアの未探鉱地域にある同年代の堆積盆地に、経済的に回収可能な資源が存在すると考えられている。

既知在来型ウラン資源(RARおよびEAR-I)

1997 年 1 月 1 日現在の \$130/kgU 以下のコストで回収可能なナミビアの既知資源は、合計で 294,872 tU である。187,359 tU の RAR は採鉱および製錬損失(それぞれ 10～16%と 14～30%)を調整したものとして報告されているが、EAR-I は原位置の資源として示されている。

\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR の合計 187,359 tU のうち、\$80/kgU 以下のコストで回収可能なものは 156,124 tU、\$40/kgU 以下のコストで回収可能なものは 74,089 tU(40%)である。過去2年間にはウラン探鉱は実施されておらず、このため実際に生産された 4,463 tU の低減を除いて、変更はない。

確認資源(RAR)*

(tU)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
74 089	156 124	187 359

*現位置資源として。

1997年1月1日現在で、\$130/kgU以下のコストで回収可能なEAR-Iは原位置資源として107,513 tUである。また\$80/kgU以下で回収可能なものは91,000 tU、\$40/kgU以下のコストで回収可能なものは70,000 tU(40%)である。探鉱が行われていないため、これらの資源は前回の報告から変化していない。

推定追加資源 - 区分(EAR-I)*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
70 546	90 815	107 513

*現位置資源として。

未発見の在来型ウラン資源(EAR-IIおよびSR)

入手データが限定されているため、EAR-IIとSRの見積りは行われていない。しかし、とくに火成型鉱床において、新たなポテンシャルが発見される可能性は極めて高いと考えられる。ウランポテンシャルを備えた地質環境に関する詳細は、本報告の前半部分に記した。

ウラン生産

ナミビアで唯一のウラン生産者はRössing Uranium社のRössing生産センターである。

歴史的概観

1928年にG.Peter Louw大尉がNamib砂漠にあるRössing Mountainsの近くでウラン鉱化作用を発見した。大尉は長年にわたって探査の促進に努めたが、南アフリカのAnglo American社がこの地域の試錐調査と若干の坑道探鉱を行ったのは1950年代後半であった。しかしウラン価値が不安定でウランの経済的な展望も良くなかったことから、Anglo American社は探査を断念した。

1966年8月にRio Tinto Zinc(RTZ)社が探鉱権を獲得し、1973年3月まで集中的な探鉱を実施した。地質調査、地図作成、試錐調査、バルクサンプリング、日産100トンのパイロット・プラントでの製錬試験によって、生産センター設置のフィージビリティが示された。

1970年にRössing 鉱床開発のためRössing Uranium社が設立された。筆頭株主は株式の51.3%を保有するRTZ社であった(同社創立時)。

1974年に鉱山開発が始まり、1977年中に設計容量5,000 stU₃O₈/年(3,845 tU/年)の実現を目標として、1976年7月の処理プラントの運転開始により生産が開始された。鉱石の研磨性が高かったため(パイロット・プラントの試験段階では察知されていなかった)、生産目標に到達したのはプラント設計の一部に大きな変更を施した後の1979年のことであった。

歴史的なウラン生産量

(tU ウラン精鉱中)

	1994 年以前	1994 年	1995 年	1996 年	1994 年までの合計	1997 年 (予測)
在来法 ・露天採掘	54 679	1 895	2 016	2 447	61 037	3 000
累積生産量(tU)	54 679	1 895	2 016	2 447	61 037	3 000

ウラン産業の所有構造

Rössing Uranium 社は民間株主と政府株主を有する合弁企業であり、その詳細を以下に示す。

RTZ 社	56.3%
ナミビア政府	3.5%
Rio Algom 社	10.0%
IDC South Africa 社	10.0%
その他	20.2%

ウラン生産量は、国内民間組織が 100%所有している。

生産能力の現状

生産量は、1992 年に過去最低(生産容量の約 41%)となった後、増加に転じている。1996 年に生産量は生産能力の 60%にまで回復し、1997 年には 75%に達する見込みである。

ウラン産業の雇用状況

1990 年代の初めに生産量が低減したために、雇用人員を縮小する必要が生じた。しかしその後で生産量が増加したことから、雇用者数もわずかに増加している。次の表に雇用人員の状況をまとめた。

既存の生産センターの雇用状況

(人-年)

1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
1 246	1 246	1 189	1 300

短期的な生産能力

ナミビアは短期的な生産能力について、次のような予想を提出している。

短期的な生産能力

(tU/年)

1995年		1996年		2000年		2005年		2010年	
A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II	A-II	B-II
3 000	3 000	3 000	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000

長期的な生産能力

市場条件が改善された場合には、ナミビア唯一のウラン鉱山である Rössing はフル操業態勢を取ることができる(ほぼ 4,000 tU/年)。既知資源によって、少なくとも 2017 年までの生産を続けることができる。

また市場条件が好転した場合には、新たな生産センターを1ヶ所開設(生産能力は 1,000 tU/年)することも可能になる。

考慮されている新規生産センターの長期的な生産能力に影響する要素としては、ウランの需要および価格に加え、水の入手可能性が挙げられる。

ウラン生産センターの規模・内容

生産センター名	Rössing
生産センターの分類	現存
操業状態	操業中
操業開始	1976年5月
鉱石供給源	
・鉱床名	Rössing
・鉱床のタイプ	火成型
鉱山	
・タイプ(OP/UG/ISL)	露天採掘
・規模(日産鉱石 t)	30,000
・平均採鉱実収率(%)	84
製錬所	
・タイプ(IX/SX/AL)	AI/IX/SX
・規模(日産鉱石 t)	30,000
・平均製錬実回収率(%)	86
定格生産容量(tU/年)	4,000

将来の生産センター

将来の生産センターは考慮されていない。

環境への配慮

ナミビア憲法では、国家はナミビアの生態系、基本的な生態学的プロセスおよび生物学的な多様性を確保するための政策を採用することにより、積極的に人々の福祉の向上と維持を図ることが定められている。しかしナミビアは、国民の教育および開発というより差し迫った問題に対処しているため、この憲法に基づく環境法はまだ草案段階にある。

「1992年ナミビア鉱物(探鉱および採鉱)法」の規定により、探鉱許可の申請者は環境評価調査を完了させると共に、探鉱および鉱山開発によって環境に影響が及ぶことを防止しなければならない。採掘の場合、権利保有者には鉱山開発による擾乱を受けた土地の環境復旧が義務づけられている。

ナミビアの環境規制や基準はまだ制定途上にあるため、Rössing Uranium 社の経営陣は他の先進国で用いられている基準および運用規準を採用している。また現在 Rössing ウラン鉱山では、サイトに固有でリスクベースの環境目標およびしきい値を設定するために、環境基準と性能基準の包括的な見直しが行われている。

ナミビアで生産中の唯一のウラン鉱山、さらには同国のウラン資源の多くが Namib 砂漠内にあることから、環境への配慮は、水質源の管理を中心としてなされている。

Rössing 鉱山、さらには沿岸部の Walvis Bay や Swakopmund といった町で利用される飲用水は、Kuseb 川と Omaruru 川の三角洲の帯水層から供給されている。限られた水資源を保全し、長距離にわたる送水費用を節約するために、Rössing 鉱山の経営陣は総合的な水管理計画を実施している。この計画によって鉱山の水消費量が低減したばかりでなく、地下水の汚染も最小限にとどめることができた。鉱山地域では水蒸発率が高いことから、鉱さい堆積場から失われる水量を最小限にする目的で、同鉱山では新しい鉱さい貯蔵法が開発されている。炭酸塩に富む鉱さいを加えることで、酸性の鉱山排水が中和され、大部分の排水が鉱山で再利用されている。

放射線学的な懸念への対応もなされ、国際放射線防護委員会の Publication 60(ICRP 60)に盛り込まれた勧告が Rössing で履行されている。したがって放射線被曝への対処では、放射線被曝を低減するために、最小線量限度の達成ではなく、ALARA(「合理的に達成可能な限り低く」)原則の適用が目標となっている。職業放射線被曝に伴う発癌の可能性についても懸念が存在する。しかしこの問題への対処は国民の寿命統計との比較によって初めて可能なものであり、現在ナミビアにこの種の統計は存在しない。

ウラン関連政策

ナミビア政府は、同国のウラン鉱床がナミビアと世界中のウラン消費者にとって大きな経済資源であることを認識している。したがってこれらの鉱床の開発は、労働者にとっての安全性と環境面での長期的な持続可能性を維持できる形で行われなければならない。この政策は「鉱物(探鉱および採鉱)法 1992」に述べられた規制を通じて表明されている。

ナミビアは1990年3月21日に独立を達成し、1994年4月1日に上記の鉱物法が公布された。同法の導入に伴い、それまでウラン生産活動を規制してきた多くの南アフリカの法律が破棄あるいは改正された。これらの法律とは、「1963年原子力施設(許認可および保安)法」、「1967年原子力法」およびその改正法などである。

ウラン在庫

ナミビアはウラン在庫を保有していない。

ウラン価格

Rössing Uranium 社は、ナミビアにおける唯一のウラン生産企業である。契約価格に関する情報の公開は同社の長期的な利益と相反する。

オランダ

ウラン探鉱、資源および生産

オランダにはウラン資源は存在しない。現在オランダはウラン探鉱活動を行っていない。

ウラン必要量

現在オランダには電力網に併入された2基の原子力発電所がある。これらは Borssele 加圧水炉(PWR)(481MWe 定格)と Dodewaard 沸騰水炉(BWR)(56MWe 定格)である。Dodewaard 炉のデコミッショニングは 1997 年半ばと決まっている。また Borssele の最後の再装荷用燃料は暫定的ながら 2001 年に製造されることになっており、この時点までのウラン必要量は 140 tU/年である。この原子炉のデコミッショニング期日は 2004 年となっている。

ウラン在庫

天然ウラン在庫は 1995 年 12 月 31 日までに処理された。それ以降オランダはウラン在庫を保有していない。

ニジェール

ウラン探鉱

歴史的概観

ニジェールのウラン探鉱は Arlit 地域で 1956 年に開始された。フランスの原子力庁(Commissariat a l'Energie Atomique:CEA)、またその後には Cogema 社が探鉱活動を実施した。ウラン鉱化作用地域の発見に伴い、Société des Mines de l'Air(SOMAIR)社によって Arlette-Artois-Ariège 鉱床群の採掘が、また Compagnie Minière d'Akouta(COMINAK)社によって Akouta-Akola 鉱床群の採掘が開始された。Arlette 撓曲断層の北西延長部に沿った探鉱により、Taza 鉱床が発見された。この鉱床を保有する Société Minière de Tassa N'Taghalgue(SMTT)社が設立されたが、同社は 1986 年に採掘権の一部を SOMAIR 社に委譲した。

その後、SOMAIR 社と COMINAK 社は、既知の鉱床の評価を向上させるための探鉱活動だけを行ってきた。SOMAIR 社は Taza Nord の詳細な調査を実施し、COMINAK 社は Akola 鉱床の南東にあるウラン鉱化作用地域の評価を行っている。

1993 年～1994 年に、SOMAIR 社と COMINAK 社は大規模な試錐計画を実施した。この試錐結果の一部は、Takrisa および Tamou 鉱床の資源見積りの再評価につながった。

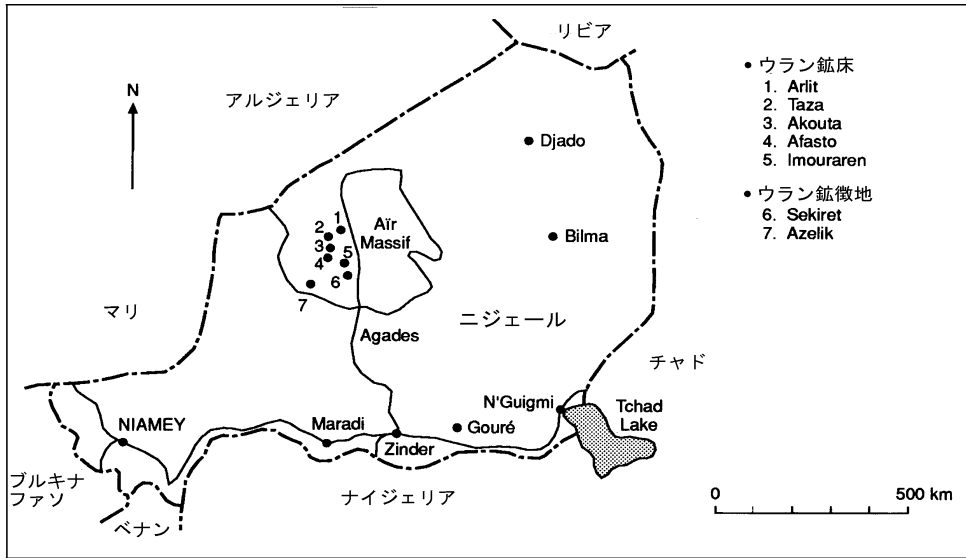
最近および進行中の活動

1995 年と 1996 年には、SOMAIR 社と COMINAK 社がそれぞれの試錐活動を継続している。これによって SOMAIR 社は Takrisa および Tamou 鉱床の評価を、COMINAK 社は South Akouta および Akola 鉱床の評価を向上させた。1996 年には、Société Minière de Tassa N'Taghalgue (SMTT)社が解散し、採掘権を含むその資産が SOMAIR 社に売却された。

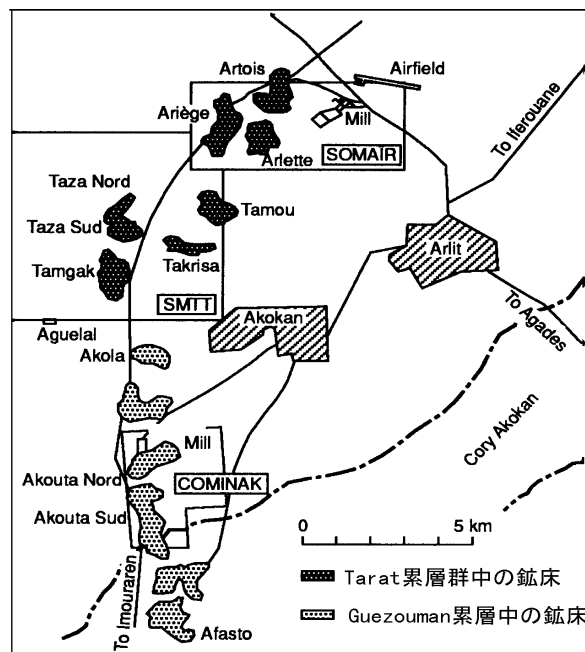
1997 年の計画には試錐計画の継続が含まれている。

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
民間による探鉱費				
CFA(×100 万)	834	814	222	868
米ドル(×1,000)	1 481	1 664	427	1 653
民間による地表試錐(m)	58 139	57 469	16 103	52 000
民間による試錐孔数	未入手	未入手	未入手	未入手



ニジェールのウラン鉱床および地区



Arilit地域(ニジェールのウラン生産地区)の鉱床

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

ニジェールの\$130/kgU以下のコストで回収可能な既知資源は、1997年1月1日現在で合計71,158 tUである。これらは採鉱損失(10%)および製錬損失(約6%)を控除した回収可能資源として報告されている。

これは、同じコスト区分で回収可能な資源に関する1995年1月1日当時の見積り(93,100 tU)と比較した場合に、22,000 tUの減少である。この数字を1995年と1996年に生産された量を考慮して調整すると、正味15,700 tUの減少となる。これは、資源の再評価が行われたことによるものと思われる。

ニジェールの既知資源は主としてRARである。\$130/kgU以下のコスト区分の場合、回収可能資源は69,958 tUであり、前回の見積りの数字(87,100 tU)よりも減少している。1997年の合計のうち、約60%に相当する41,800 tUが\$40/kgU以下のコストで回収可能な資源であり、残りが\$80/kgU以下のコストで回収可能な資源である。

1997年1月1日現在のEAR-Iは、\$40/kgU以下で回収可能なものが1,200 tUと見積もられている。EAR-Iについてはこれより高いコスト区分に属するものはない。これは4,800 tUの減少に相当するが、その理由は最近の試錐結果によって鉱床の理解が深まったことにあるものと考えられる。

次の表に、\$130/kgUまでのコストで回収可能なRARとEAR-Iの見積りを示す。

確認資源⁽¹⁾

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
41 800	69 958	69 958

推定追加資源 - 区分I⁽²⁾

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
1 200	1 200	1 200

(1) 採鉱(10%)および製錬損失(6~8%)を控除した上での回収可能な資源。

(2) 回収可能な資源。

既知資源のうち、\$40/kgU以下の資源の15%と、\$80/kgU以下の資源の40%が、COMINAK社の「現存」および「決定済み」の生産センターに属している。

ウラン生産

歴史的概観

ニジェールのウラン生産は SOMAIR 社と COMINAK 社が行っており、両社は砂岩型鉱床の鉱山をそれぞれ 1970 年と 1978 年から操業している。第3の Société Minière de Tassa N'Taghalgue (SMTT)社は、Taza 鉱床の管理を行っていたが、1996 年にその採掘権を SOMAIR 社に委譲した。SMTT 社はその後で解散している。

SOMAIR 社の生産能力は 1,500 tU/年(露天採掘)、COMINAK 社の生産能力は 2,300 tU/年(坑内採掘)である。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997 年 1 月 1 日現在)

生産センター名	Arlit (SOMAIR)	Akouta(COMINAK)
生産センターの分類	現存	現存
操業状態	操業中	操業中
操業開始年	1970 年	1978 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Taza-Takrisa 砂岩	Akouta-Akola 砂岩
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	露天採掘 1,600 90%	坑内採掘 1,800 90%
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	酸浸出/ 溶媒抽出 1,800 95%	酸浸出/ 溶媒抽出 1,900 93%
定格生産容量(tU/年)	1,500	2,300
拡張計画	なし	なし

ウラン生産量

(tU、精鉱中)

採鉱法	1994 年以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年まで の合計	1997 年 (予測)
露天採掘	29 047	1 002	1 001	1 207	32 257	1 200
坑内採掘	30 443	1 973	1 973	2 114	36 503	2 200
合計	59 490	2 975	2 974	3 321	68 760	3 400

ウラン産業の所有構造

1995年から1996年にかけてウラン産業の所有関係に変化はなかった。生産企業の所有関係は次のようになっている。

- ・ COMINAK 社:31%がニジェール政府、69%が国外
- ・ SOMAIR 社 :37%がニジェール政府、63%が国外

1996年に生産された3,321 tUの所有権は、次の比率に応じて参加当事者に配分されている。全体の33%(1,096 tU)がニジェール政府、44%(1,461 tU)が外国政府、残りの23%(764 tU)が国外の民間鉱山会社の所有である。

ウラン産業の雇用状況

生産企業の再編成が1990年から継続されている。これに伴い、1990年には3,173人であった雇用人員は、1996年には2,077人に低減した。この数字は1997年には約2,000人へと、さらに低下する見込みである。

現存の生産センターの雇用状況

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
2 104	2 109	2 077	2 001

環境への配慮

ニジェールのウラン鉱業は、25年以上にわたる活動の結果として、環境に影響を与えている。この期間中に、大量の廃棄物質が採鉱と粗製錬の両面で蓄積されている。さらに、ウラン鉱業が与えた地形面での影響として、すでに枯渇した4ヶ所の露天掘り鉱山が挙げられる。

短期的な生産能力

次の表にニジェールにおける2015年までの短期的な生産能力を示す。

短期的な生産能力

(tU/年)

1995年				1996年				2000年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
3 800	未入手	未入手	未入手	3 800	未入手	未入手	未入手	3 800	未入手	未入手	未入手

2005 年				2010 年				2015 年			
A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II	A-I	B-I	A-II	B-II
3 800	未入手	未入手	未入手	3 800	未入手	未入手	未入手	3 800	未入手	未入手	未入手

長期的な生産能力

ニジェールは、現在の生産能力が長期間にわたり維持されることを期待している。しかしこの政策に影響を及ぼすと思われる重要な要素として、国際ウラン価格、競合する業者による生産計画が挙げられる。

ウラン在庫

1996 年 12 月 31 日付で、生産者は 340 tU の備蓄を天然ウラン精鉱の形で保有していた。この物質は、生産者から転換業者への帳簿上の移転が遅れていることから、在庫として示されている。

ウラン価格

1991 年～1996 年に行われたウラン販売の価格は、次のように報告されている。表中の価格はすべてフランス・フランで示されている。

1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
380/kgU	340/kgU	309/kgU	265/kgU	244/kgU	235/kgU	230/kgU

ウラン関連政策

ニジェールのウラン関連政策の主要目標の一つは、ウラン産業における国際的な競争力を高めることである。

ノルウェー

ウラン探鉱

歴史

最新のウラン調査活動は、ノルウェー地質調査所によって 1975 年から 10 年間にわたり行われた。全国的なカーボーン調査とヘリボーンによるより狭い地域の詳細な調査によって、新たに大量のデータが収集され、基盤岩からの自然 γ 線量を含む多くのデータベースが作成された。狭い間隔で採取された河川堆積物サンプル (15,000~20,000 個) は広範な地域をカバーしている。全国各地で採取された基盤岩サンプル (3,000 個) のウラン、トリウムその他に 20 種の微量元素の分析を実施した。これらのデータはウランに富む地域の選定と新しい多数の鉱化作用地域の発見につながった。現在、ウラン資源のポテンシャルと既知鉱化作用の経済的な可能性に関する調査をさらに進める地域について、かなりの知識が蓄えられている。しかし現在ノルウェーでウラン探査活動は行われていない。

ウラン生産

ノルウェーではウラン生産は行われていない。

ウラン必要量

ノルウェーは、今後 10 年間に 2 基の研究炉について数百キログラムの必要量を報告している。

供給および調達戦略

ノルウェーの将来の原子炉関連ウラン必要量をカバーするためのウランは、世界市場において調達される。

パキスタン

ウラン探鉱

歴史的概観

パキスタンでは、組織的な地質学的、地球物理学的な調査を通じた地表探鉱調査などの技術を利用して、広範なウラン探鉱活動が行われてきた。パキスタン北部の火成岩および変成岩、そして堆積性の Siwalik 層群など、多種多様な地質環境が調査された。Siwalik 層群は、北東部のカシミール地方から南西部のアラビア海まで広がっている。

パキスタン北部の火成岩や変成岩については、花崗岩、グラファイト質メタピーライト、カーボナタイトなどの評価が行われた。メタピーライト地域と花崗岩地域の両方について、広範な探査活動が行われ、これらの岩石内で多数の放射能異常が発見されているものの、著しいウラン濃集地を特定することにはほとんど成功していない。

定常的な探査活動の中で、カーボナタイトの一部に放射能が含まれていることが明らかになった。主要な放射エネルギーはパイロクロアである。ひとつのカーボナタイト鉱体が予備的な分析の対象となり、岩石サンプル内にウランが存在することがわかった。このサンプルには、レア・メタル、レア・アース、リン酸塩、さらに量は少ないが磁鉄鉱も含まれている。このため、カーボナタイト鉱体内の放射能異常帯のトレンドと規模を明らかにし、多鉱種探鉱地としての開発の可能性を評価するために、地質学的な調査が実施された。

パキスタンは、地理的(地質学的)に、テクトニクス運動の盛んな衝突帯に位置している。ここでは、南部に位置するインド・パキスタン・プレートが、メイン・マントル衝上部に沿った弧状列島群の下に沈み込んでいる。このメイン・マントル衝上部もまた、ユーラシア・プレートの下に沈み込んでいる。このことは、テクトニクス運動が原因で起伏の激しい土地と不安定な地質環境が現出しているパキスタン北部ではとくに重要である。起伏の多い地形のため、探鉱はきわめて困難である。またテクトニクス活動が盛んであるという条件により、ウラン鉱床をトラップし、保存できるほど安定した地域がほとんど存在しない。

Siwalik 層群の探鉱

中新世から鮮新世に属する Siwalik 層群は、砂岩と頁岩の互層で構成されており、場合によっては古河川および段丘堆積物としての礫岩を伴っていることもある。Siwalik 層群の岩石は、Dera Ghazi Khan 地方においてこの層群中に初めて放射能異常が発見されたとき以来、パキスタンのウラン鉱床のターゲットであった。この Siwalik 層群は、北東部のカシミールから、Potwar 高原、Bannu 堆積盆地、Sulaiman 山脈を経て、南西部のアラビア海へと広がっている。

Siwalik 層群は、岩石の性質により、下部、中部および上部 Siwalik 層に分けられる。下部 Siwalik 層は、主として明るい色(赤とオレンジの色調)の頁岩に少量の砂岩が伴っており、その上位を塊状砂岩と中部 Siwalik 層の頁岩・砂岩の互層が覆っている。これらはさらに、砂岩、礫岩、巨礫層や副次的な頁岩などで構成される上部 Siwalik 層の粗粒岩相で覆われている。中部 Siwalik 層の砂岩(Nagri 累層と Dhok Pathan 累層に分けられる)は、主としてサブ・グレーワックと岩片質アレナイトである。Nagri 累層の細粒岩相は、粘土とシルト岩類に分けられるが、Dhok Pathan 累層の岩相には泥岩とシルト岩、そして稀れに粘土が含まれている。

Dhok Pathan 累層の露頭(最初に発見されたウランを胚胎していた)が、エアボーン放射能調査を用いて探査された。また広い範囲にわたって地表探査も行われている。その結果、カシミール、Potwar 高原、Bannu 堆積盆地、Sulaiman 山脈の Dhok Pathan 累層において、数多くのウラン異常が見つかった。さらに西側の地域では、Siwalik 層の岩質が大陸性から縁海性に変化し、泥質の物質が支配的になる。これらの岩石内にはウラン異常は見られていない。探鉱活動によって、Sulaiman 山脈と Bannu 堆積盆地にいくつかの採掘可能なウラン鉱床の存在が明らかになった。ただし Potwar 高原では、ウラン鉱体はまだ見つかっていない。

Bannu 堆積盆地

テクトニクス活動が、Bannu 堆積盆地のウラン鉱体の形成に重要な役割を果たしているように思われる。この堆積盆地は、地下水面の連続的な低下を伴う隆起作用を何回も経験している。これに伴い、隆起のたびにウランの浸出が生じ、その後地下水面の下にウランが再沈殿した。地下水面より下にウランが保持されている原因は、現在の閉じこめられた地下水にあると思われる。

この地域のウラン鉱化作用は、含まれているウランの量に比べてきわめて低い放射能特徴を有している。このため、ウランの化学的性質に強い非平衡が見られ、この関係は形成時期がきわめて最近であることを示している。

最近の活動

Potwar 高原のプラットフォームの調査

Potwar 高原地域には、広範囲に地表放射能が識別されるサイトが数多く存在する。しかし、この地域における在来型の探鉱活動によってウラン鉱化作用を識別することはできず、ほとんどのサイトについて、探鉱の結果は、そこからなんらかの結論を引き出せるようなレベルになかった。これは、活動する衝突帯という環境において、探査地域を適切に選定およびテストすることが難しいためである。詳細なデータ解析の欠如によって、この問題はさらに複雑なものになっている。

現地調査に当たる地球科学者の技術レベルを引き上げ、かつ、探鉱方法の不完全さを克服するために、地質学モデル化に基づいた資源ポテンシャル評価計画が作成された。この計画は、一般には「プラットフォーム調査」と呼ばれ、IAEA の後援する計画の指導の下に開始されたものである。

この「プラットフォーム調査」は、組織的な探鉱方針の一つの例である。この活動を通じて、Potwar 高原の対象地域 15,000km² が 2,000km² に絞り込まれた。その後、当該地域の南西部で詳細な探査が行われた。対象地域はさらに約 400km² まで絞られており、その表層部の詳細な調査が予定されている。

ウラン資源

ウラン資源に関する定量的な報告は提出されていない。

ウラン生産

ウラン生産に関する定量的な報告は提出されていない。

インシチュリーチング探鉱法

Sulaiman 山脈の様々な地点に見られるウラン鉱床の大部分は、すでに掘り尽くされている。Bannu 山脈の Nangar Nai で発見された鉱体は、インシチュリーチング(ISL)技術を利用した探鉱が可能かどうかテストされているところである。

Bannu 堆積盆地に見られるウラン鉱体は、固結のあまり進んでいない砂岩層内に存在する。地盤の条件が悪く、大量の水が流入しているため、在来型の採掘法による開発は実際的ではなく、危険が伴うと判断された。これに代わり、ISL 技術の利用が検討された結果、鉱体がきわめて透水性の高い砂岩内の地下水面より下に位置していることから、この技術を導入できることが明らかになった。この地域内に見られるあまり好適ではない地質学的特性としては、母岩である砂岩が水平ではなく傾いていることと、構造的な不完全さが挙げられる。さらに、固結度の良い頁岩がしばしば鉱床胚胎深度より下に存在していない点が挙げられる。

発見に続いて、4年間に5点坑井パターンで何度かの ISL テストが行われた。このテスト結果に基づき、1995 年半ばに準商業スケールの操業を開始する予定で、ISL パラメータが設定された。サイトでは、回収率の向上と生

産コストの引き下げを目的として、操業を円滑に行うための研究開発活動が続けられている。

ISL 採掘技術では現在、5点坑井パターンと7点坑井パターンの両方が利用されている。重炭酸アンモニウムと過酸化水素が、それぞれ浸出材と酸化材として用いられる。これらは大気圧で注入される。ウランを含有した浸出液は、水中ポンプを用いて回収される。このシステムはカルシウム成分の移動を防ぐため低 pH で運用される。浸出液の横方向の流れは、注入と生産のバランスを維持することによって制御される。坑井フィールドはモニター用坑井を用いて定期的にモニターされる。

カーボナタイトの評価

ウランの鉱化作用と岩質および構造との関係を理解するために、カーボナタイト岩体の地表放射線分布図が作成された。この図は、カーボナタイト岩体のおよそ 25%に放射能が含まれており、さらに地表面下での探鉱を進める価値があることを示していた。このためこれに続いて、この2つの岩塊の潜頭部を対象とした探鉱が実施され、地表で検出された放射能異常の地表面下の広がりをテストするため、ダイヤモンド・岩芯試錐が開始された。試錐孔から得られた情報により、明確に定義される表層ゾーンに沿って地下への放射能が連続していることが明らかになった。化学的なウラン含有量を調べるため、岩芯サンプルが分析された。その結果、ウラン鉱化作用は深部まで続いており、それに伴ってカーボナタイト岩体の探鉱可能量が著しく増大することがわかった。このカーボナタイト岩体の資源ポテンシャルは数千 tU、平均品位は 0.02%U である。

カーボナタイトの選鉱調査

カーボナタイトの化学および鉱物学分析の結果は次の通りである。

パイロクロア	0.4%
ウラン	200 ppm
レア・メタル	600~800 ppm
リン灰石	7.1%
リン酸塩	3% P ₂ O ₅
希土類元素	0.2%
磁鉄鉱	5.0%
Fe	3.0%
方解石	70%
CaCO ₃	68%

ウランを含むカーボナタイトの分析の結果、ウランの含有量は比較的少ないことがわかった。このため、研究室およびパイロット・スケールでウランの濃集のための選鉱方法の調査が行われた。調査の結果は、磁気分離、湿式重力分離、フロス浮選などの物理的精鉱方法を用いて鉱石の品位を高められることを示している。下記に、予備的な結果に基づき、様々な部分の回収率と、達成可能な品位向上率レベルを示す。

鉱物凝集部	分析物	品位向上率	回収率
パイロクロア	3%U	150.0	78.75%
リン灰石	30%P ₂ O ₅	10.0	70.00%
磁鉄鉱	71%Fe	19.7	95.00%
方解石	95%CaCO ₃	1.4	83.00%

この結果から、カーボナタイトに含まれるウランの品位は、化学処理を施す以前に 150 倍に高められることがわかる。最高で 3%U を含む選考されたパイロクロア精鉱は、処理してウランを回収することができる。リン灰石 (P₂O₅)も、フロス浮選技術を用いて、その品位を 3%から 30%に高めることが可能である。これは、肥料の製造に十分な品位である。

ペルー

ウラン探鉱

歴史的概観

ペルー原子力機関(IPEN)が実施したウラン探鉱によって、ペルー南東部の Puno 州に 40 を超すウラン鉱徴群が発見された。これらの鉱徴群は Macusani ウラン鉱床区と呼ばれ、古生界を基盤とする Macusani 堆積盆地に分布する中新世～鮮新世の酸性火山岩類に伴っている。

主な鉱徴地は Chapi, Pinocho, Chilcuno VI, Cerro Concharrumio, Cerro Calvario などである。これらのうち Chapi が最も重要な鉱徴と考えられている。したがって探鉱活動はこの地域に集中して行われている。この調査により、ほぼ垂直な構造に伴うウラン鉱化作用が確認された。これらの構造は長さ 15～90m、幅 20～30m の構造リニアメント中に分布している。ウラン品位は 0.03～0.75% で、平均 0.1%U である。収集された地質情報に基づき、この鉱徴は約 10,000 tU のポテンシャルを持つと見積られている。

1992 年には、IPEN の予算削減によって、全てのウラン探鉱活動が中止された。しかし 1994 年には 10,500 ソルという探鉱費が報告されている。

ウラン資源

ペルーの在来型ウラン資源は、Macusani 地域(Puno 州)に存在する。この地域のウラン鉱化作用は、古生界の基盤岩を被覆する中新世～鮮新世の酸性火山岩類に伴うものである。

Macusani 地域には Chapi, ChilcunoVI, Pinocho, Cerro Concharrumio, Cerro Calvario など、多数のウラン鉱徴地が存在する。鉱化作用はピッチブレンド、グンマイト、燐灰ウラン石、メタ燐灰ウラン石およびその他の鉱物で構成され、ほぼ垂直および水平な断裂を充填する。Chapi が最も重要な鉱徴地である。

既知在来型ウラン資源(RARおよびEAR-I)

ペルーは、Macusani ウラン鉱床区に RAR と EAR-I の存在を報告している。次表に詳細を示す。

確認資源

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	1 790	1 790

推定追加資源 - 区分I*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	1 860	1 860

* 過去5年間に見積もられた原位置の資源として。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

未発見のウラン資源は合計で 26,350 tU と見積られている。次の表に示すようにこれらは資源区分とコスト区分によって細分される。

推定追加資源 - 区分II*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	6 610	6 610

* 原位置の資源として。

期待資源**

(tU)

コスト区分	コスト区分を 行っていない	合計
\$130/kgU 以下		
19 740	0	19 740

* 原位置の資源として。

**面積 1,000km²に及ぶ火山性の母岩分布に基づく。

ウラン関連政策

ウランの探鉱および採鉱は、投資が長期的な安定と保証を確保することを条件に、民間投資家に開放されている。現在ペルー政府は、国内ウラン資源の探鉱とそれに続く採掘に関心のある鉱山会社に参入を呼びかけている。IPENはこのプロセスを促進するため、関心を持つ関係者に技術情報を提供することになっている。

フィリピン

ウラン探鉱

最近および進行中のウラン探鉱活動

1995年と1996年にフィリピン原子力研究所(以前の PAEC)は Palawan 島において、予察調査およびより詳細なウラン地化学探鉱を実施した。このプロジェクトに拠出された資金は2年間で 60,000 米ドルであった。San Vicente 地域に少なくとも2ヶ所の有望な地化学異常点が確認された。これらのウラン鉱徴は花崗岩および変成岩(千枚岩と片岩)に関連している。

1997年には、中規模(50,000 米ドル)の予察ウラン地化学探鉱計画を Palawan 島南部で実施する計画である。

ウラン探鉱費

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
政府探鉱費 米ドル	30 000	30 000	30 000	50 000

ウラン資源

既知在来型資源(RARとEAR-I)

フィリピンには多量の既知ウラン資源は存在しない。酸性～中性成分の中新世中期の貫入岩類に伴うパイロ交代作用と熱水性鉱脈鉱床に関連した小規模な鉱徴が確認されている。

未発見の在来型資源(EAR-IIとSR)

未発見資源に関する公式の見積りは行われていない。

1991年～1992年に、Palawan 島(ルソン島の南西に位置する)の北部が、地質学的に見て未発見のウラン資源が存在する可能性がある地域として選定された。Palawan 島北部は大陸岩体(その基盤岩類の最も古いものは褶曲した堆積岩類と変成岩類で構成される)の隆起部と考えられている。基盤岩の時代は、下部古生界かそれより古いと考えられる。

基盤岩は第三紀の花崗岩質岩体と超苦鉄質岩類の貫入を受けており、部分的に第三系の堆積層に覆われている。大規模な衝上断層がこれらの地層を分離している。この花崗岩質貫入岩体は有望なものと考えられており、またこの貫入岩体近くの変成岩類も地質的にウラン鉱化作用に適していると考えられる。

ウラン必要量

フィリピンは 620 MWe の PWR 炉(PNPP-1)を保有している。この施設は、建設されたものの、完成していない。この発電所を化石燃料による火力発電所に転換する計画がある。このため予測可能な将来のウラン必要量は存在しない。

ウラン関連政策

ウラン探鉱と採鉱は民間企業に開放されている。しかし原子力安全に関する規制と鉱山・地科学局(以前の鉱山局)が設定した既存の生産分配方式に従うことが条件となる。

ポルトガル

ウラン探鉱

歴史的概観

ポルトガルにおけるウラン探鉱は、1912 年の Urgeirica ウラン・ラジウム鉱床の発見と共に始まった。この鉱床では 1944 年までラジウムが採掘され、ウランは 1951 年から採掘されている。1945 年～1962 年には外国資本による民間企業 Companhia Portuguesa de Radium Limitada(CPR)社が、Beiras 地区の花崗岩質岩体を対象とした放射能調査、精密な地質調査、トレンチ調査、岩芯試錐調査、さらには γ 線検層を行った。政府は 1955 年に地質調査、カーボン・地表放射能調査、物理探査(比抵抗調査)、トレンチ調査、岩芯試錐およびノンコア試錐による組織的なウラン探鉱を開始した。原子力委員会(Junta de Energia Nuclear:JEN)は 1961 年までに、Beiras 地域と Alto Alentejo 地域のヘルシニア花崗岩もしくは周花崗岩帯において、約 100 ヶ所の鉱床を発見した。多数の小規模鉱床を伴う Beiras 地域は Urgeirica 製錬所と共に総合的なウラン生産地区を構成している。将来、Alto Alentejo 地域にもう1つの生産センターを設立する計画である。1976 年以降は既知ウラン資源を伴う結晶質岩地域で探鉱が継続されている。

堆積層地域における探鉱は 1971 年に開始され、Portuguese 堆積盆地の西部周縁部(中生界～新生界)において、地質、放射能、地化学、エマノメトリック、試錐などの調査が実施された。

ウラン探鉱活動とウラン探鉱は 1977 年に、JEN から国営企業である Empresa Nacional de Urânio, S.A.(ENU)社に、また 1978 年には Direcção-Geral de Geologia e Minas(DGGM)に委託された。ENU 社は延長部を伴うウラン鉱床を対象に、鉱床周辺地区での探鉱活動を実施した。

最近および進行中の活動

Instituto Geológico e Mineiro(以前の Direcção-Geral de Geologia e Minas)は、あらゆるウラン探鉱活動を終了させている。現在 General Directorate of the Environment との契約の下で、ポルトガルの放射線学的なバックグラウンド・マップ(縮尺は 1/200,000)が準備されており、8枚のうちの3枚が完成している。またレア・アース探鉱プロジェクトも実施中である。

ENU 社の探鉱活動は極めて低水準にとどまっているが、1995 年には Nisa プロジェクトの再評価に伴ってわず

かながら拡大した。

ウラン探鉱費と試錐活動 - 国内

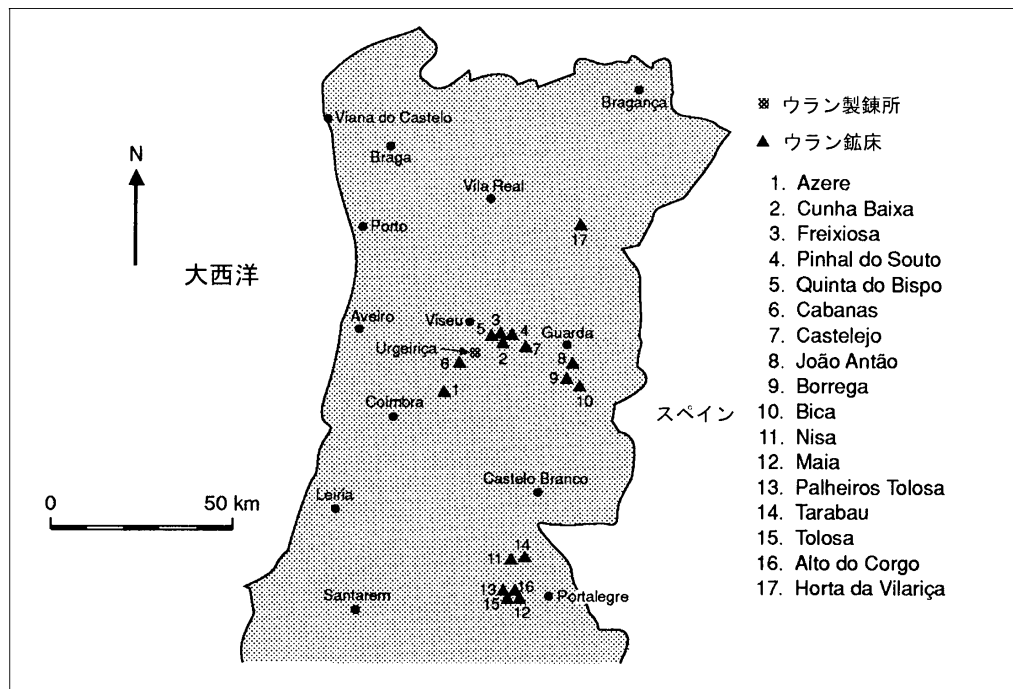
表示通貨単位:1,000 米ドル

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
民間探鉱費	97	130	119	未入手
政府探鉱費	9	0	0	0
探鉱費合計	106	130	119	未入手
民間による地表試錐(m)	3 040	2 855	4 416	5 000
民間による試錐孔数	69	85	108	未入手

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

ポルトガルは\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR の合計を 8,900 tU と報告している。このうち 7,300 tU は \$80/kgU 以下で回収可能なものである。また\$80/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-I は 1,450 tU と報告されている。



ポルトガルのウラン鉱床と鉱徴地

ウラン生産

歴史的概観

CPR 社は 1951 年～1962 年に 22 の鉱区から合計で 1,123 tU を生産した。そのうち 1,058 tU は Urgeiriça 製錬所で製錬され、65 tU は鉱山でヒープリーチングにより生産された。当時は、酸化マグネシウムを用いてウランの沈澱を行っていた。1962 年～1977 年に JEN は採鉱・製錬活動を CPR 社から引き継ぎ、有機溶媒抽出を導入した。Urgeiriça 製錬所と Senhora das Fontes のパイロット・プラントから合計で 825 tU が生産された。ENU 社は 1977 年から 1994 年までの期間に 1,651 tU を生産した。

生産能力の現状

現在、Urgeiriça 生産センターは規模を縮小して操業している(定格生産容量は 170 tU/年)。生産された精鉱(25 tU/年)はヒープリーチングによる低品位鉱石の処理によるもので、インシチュリーチングによるものはわずかである。

ウラン生産量の推移

(tU、精鉱中)

	1994 年以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年までの合計	1997 年(予測)
在来法						
・露天採掘	1 246	-	-	-	1 246	
・坑内採掘	1 881	-	-	-	1 881	
在来法—小計	3 127	-	-	-	3 127	-
ISL	243	5	-	1	249	4
副産物生産	-	-	-	-	-	-
その他の方法	230	19	18	14	281	13
合計	3 600	24	18	15	3 657	17

ウラン産業の所有構造

全ての採鉱および製錬活動は ENU 社に委託されている。同社は 100%政府所有の企業で、1992 年末まで現存および将来の鉱山周辺地域でのウラン採鉱も行っていた。しかし採鉱許可の期限が切れると共に、全ての採鉱活動が中止された。1992 年に ENU 社はポルトガル国営鉱業持ち株会社である Empresa de Desenvolvimento Mineiro(EDM)社に統合された。大規模な人員整理と財政再編成が完了した後に、新たな開発計画が期待されている。

DGGM/IGM 社は 1994 年末に全ての採鉱活動を停止し、その力を他のプロジェクトに向けている。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター # 1
生産センター名	Urgeiriça
生産センターの分類	現存
操業状態	操業中
操業開始年	1951年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Bica, Castelejo, Quinta do Bispo イベリア型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	インシチュリーチングおよびヒープリーチング
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	IX/SX
定格生産容量(tU/年)	170

将来の生産センター

Nisa プロジェクト(ポルトガル南部)の生産能力は、以前の 160 tU/年であったが、現在では 100 tU/年となる計画である。生産開始は、国際的なウラン市場の推移に応じて決定される。現在、フィージビリティスタディと環境調査が実行されている。

環境への配慮

ENU 社は、大気汚染、採鉱に伴う流出物(坑内採掘および地表での排水)などいくつかの環境パラメータに関するモニタリングを行うと共に、Urgeiriça, Castelejo および Cunha Baixa 鉱山のデコミッションング後に行われる分析のため土壌、堆積物、植生に関するサンプル・データの収集を行っている。

すべての鉱山には坑井とピエゾメータが備わっており、地下および地表排水の分析が、鉱山近辺のあらゆる水流を対象に、複数のモニタリング・サイトの上流および下流で実施されている。

地下水のモニタリングは、Urgeiriça プラント周辺の鉱さいダムから 300~400 m の距離において実施されており、浄化された水のモニタリングは下流側に3km 離れた場所で行われている。

また放射線防護の分野では、水中に放射性元素が存在するような場合にそれを検出できるようにするため、いくつかの分析が実施されている。

Cunha Baixa 鉱山(デコミッションング鉱山)や Quinta do Bispo 鉱山(ヒープリーチング鉱山)の捨石の堆積が環境に与える悪影響に関する特性調査を地化学的、水理化学的な側面から実施すると共に、この種の影響を緩和するための措置を設定するために数種類の研究が行われている。

このために、当該サイト近辺のあらゆる水流の上流および下流において、沈積物および堆積物のサンプルが収集されている。

ウラン必要量

現在のところ、ウラン必要量は想定されていない。

ウラン関連政策

ウランに関する国家政策を担当する政府機関は、国家エネルギー事務局およびエネルギー局(General Directorate of Energy)である。全ての採鉱および製錬活動は Empresa Nacional de Urânio 社に委託されている。同社は 100%政府所有の企業で、現在は国営鉱業持ち株会社である Empresa de Desenvolvimento Mineiro 社の子会社である。採鉱は開放されており、そのための許可は、ポルトガルの鉱山法に従い、Instituto Geológico e Mineiro SA によって与えられる。1980 年 5 月 15 日付の政令 120/80 号により、ENU 社は採鉱および製錬の独占権を有している。

ルーマニア

ウラン探鉱

歴史的概観¹

ルーマニアにおけるウラン探鉱は、ルーマニアとソ連政府の二国間協定(ルーマニアとソ連のジョイントベンチャー「SOVROM-CUARTIT」)が結ばれた 1950 年に開始された。鉱業的に価値のあるウラン鉱徴を確認するために一連の放射能調査が実施された。

1952 年にいくつかのウラン鉱徴が発見された。Apuseni 山脈に Bihor 鉱床(ピッチブレンドと黄銅鉱の鉱化作用を伴う板状砂岩型鉱床)と、Avram Iancu 鉱床(Ni と Co の硫砒鉱物と Cu、Pb、Zn 鉱物を伴う片岩中の鉱脈型ピッチブレンド鉱化作用)が発見された。Banat 山脈では Ciudanovita 鉱床が、さらに続いて Dobrei および Natra 鉱床(瀝青質ピッチブレンドの鉱化作用を伴う板状砂岩型)が発見された。ウラン鉱床は内成起源のものであり、二疊系の累層群(Bihor、Ciudanovita)または結晶質岩類(Avram Iancu)中に存在することが判明した。Carpathians 山脈の大部分を対象としたγ線エアボーン放射能調査が完了した。

この調査結果により、Apuseni 山脈と Banat 山脈西部はウラン鉱床胚胎に関して極めて有望である一方で、Carpathians 山脈の東部と中部のポテンシャルは低いことが判明した。Carpathians 山脈中央部の Dobrogea と Poiana Rusca 山脈で、未解明の経済的ポテンシャルを持つウランを含む放射能異常が確認された。Gradistea de Munte 鉱床のウランは、レア・アース、モリブデンおよびトリウム鉱石に随伴している。

第1段階である 1951 年～1957 年には、地表・エアボーン放射能調査やラドン・エマノメーター調査などの様々な探鉱法が用いられた。

1961 年～1962 年に Carpathians 山脈東部の調査が開始されるまで、探鉱活動はほとんど行われなかった。この時に Crucea、Botusana および Tulghes 鉱床が発見された。これらの鉱床は鉱脈型ピッチブレンドの鉱化作用からなり、変成を受けた頁岩中に胚胎する。同じ時期には Apuseni 山脈に板状の Padis 鉱床も発見された。この鉱床は二疊系の砂岩中のピッチブレンドとその他のウラン鉱化作用からなるものである。

この時期に、Ranusa 鉱床で探鉱が開始された。これは変流紋岩類中の板状の鉱徴を形成するモリブデン・ウラン鉱化作用である。さらにヘルシニア統の花崗岩類中では鉱脈状の鉱化作用である Milova 鉱床が、また二疊系の砂岩中では板状鉱床である Ariesei 鉱床が発見された。

生産は 1952 年に Bihor 鉱床と Ciudanovita 鉱床で、1962 年に Avram Iancu 鉱床で、1983 年には Crucea 鉱床と Botusana 鉱床で開始された。その他の Tulghes、Ranusa、Padis、Arieseni、Milova 鉱床で全面的なポテンシャルを調べるために詳細な探鉱が行われた。

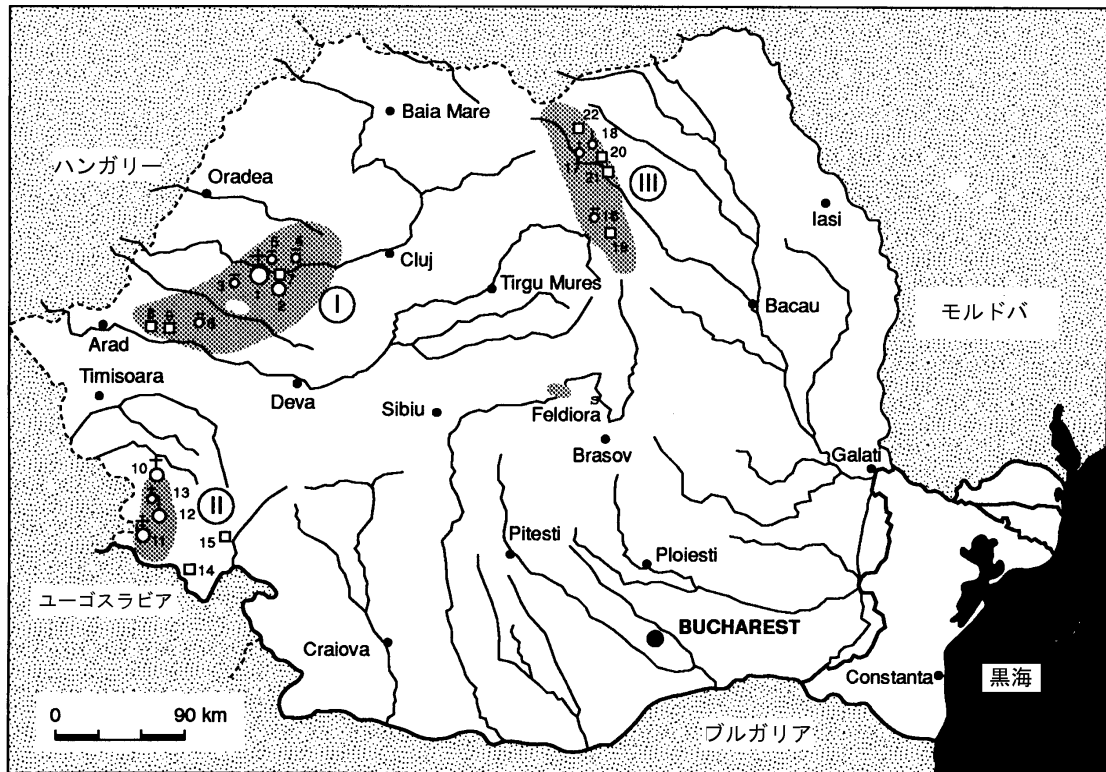
露天採掘が採用された Banat 山脈の鉱床群を除いて、採掘が行われた全ての鉱床において坑内採掘技術が採用された。1978 年以降は生産された鉱石はすべて Feldiora 製錬所で処理されている。

最近および進行中の活動

予算削減により、1997 年に予定される活動は縮小されることになる。

ルーマニアでは全てのウラン関連活動は国営企業によって実施されている。国外での探鉱は行っていない。

1. 補足的な情報が 1993 年版に掲載されている。



I. APUSENI 山脈

鉱床

1. Baita Bihor
2. Avram Iancu
3. Ranusa
4. Rachitele
5. Budureasa
6. Paiuseni

鉱徴

7. Arieseni
8. Milova
9. Conop

▲ ウラン生産センター-Feldiora

■ ウラン鉱徴地帯

I Carpathians山脈西部

II Banat山脈

III Carpathians山脈東部

☉ 枯渴した鉱床

探鉱中の鉱化作用

II. BANAT 山脈

鉱床

10. Ciudanovita
11. Natra
12. Dobrei South
13. Dobrei North

鉱徴

14. Ilisova
15. Mehadia

大規模鉱床: > 20,000tU

中規模鉱床: 5,000 ~ 20,000tU

小規模鉱床: < 5,000tU

☉ 探鉱中の鉱床

III. CARPATHIANS 山脈東部

鉱床

16. Tulghes
17. Crucea
18. Botusana

鉱徴

19. Bicazul Ardelean
20. Piriul Lesu
21. Holdita
22. Hojda

☉ 探鉱中の鉱床

ルーマニアのウラン鉱床

ウラン探鉱費と試錐統計

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
政府探鉱費 レイ(×1,000)	4 707 000	4 707 000	5 361 000	9 500 000
米ドル(×1,000)	2 998	2 448	1 861	2 423
政府による地表試錐(m)	6 485	15 850	9 285	11 000

ウラン資源

既知在来型ウラン資源(RARおよびEAR-I)

既知在来型ウラン資源は合計で 18,000 tU と報告されている(平均品位は 0.11%U)。そのうち 6,900 tU は、\$130/kgU 以下の生産コストに属する RAR である。これより低い生産コストの資源は報告されていない。EAR-I は、\$130/kgU 以下の生産コストに属するものが 8,950 tU である。このコスト区分に属する RAR と EAR-I の合計は 15,850 tU になる。

確認資源

(tU)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
-	-	6 900

推定追加資源 - 区分I

(tU)

コスト区分		
< \$40/kgU	< \$80/kgU	< \$130/kgU
-	-	8 950

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

合計で 4,970 tU の未発見資源が報告されている。その内訳は、\$130/kgU 以下の生産コスト区分に属する EAR-II が 1,970 tU、同じコスト区分に属する SR が 3,000 tU である。

推定追加資源 - 区分II

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
-	-	1 970

期待資源

(tU)

コスト区分		
\$130/kgU	コスト区分に入れていない	<\$130/kgU
-	-	3 000

ウラン生産

歴史的概観

1950年～1960年までは、全てのウラン生産活動はルーマニアとソ連のジョイントベンチャーである SOVROM-CUARTIT によって実施された。ルーマニアにおけるウラン生産は1952年に開始され、1952年～1961年の期間のウラン生産はソ連のために行われた。ルーマニアには製錬所が存在していなかったため、鉱石は外国に送られて処理された。ウラン精鉱はソ連に送られた。

Baita-Bihor 高品位鉱床(平均 1.13～1.26%U)は、1952年に採掘が開始された最初の鉱床である。生産は鉱床の評価が完全に終わる前に開始された。鉱石は選鉱の後、エストニアの Sillimae 製錬所に送られた。この Baita-Bihor 鉱床はすでに枯渇している。

1961年にソ連との合弁事業が解消され、ウラン生産は停止された。1956年～1977年まで、生産された全てのウラン鉱石が鉱山に備蓄された。Feldiora 湿式製錬所が操業を開始した1978年に、ウラン精鉱の生産が再開された。同所はルーマニア中央部の Brasov の北 21km に位置する。生産物の一部はウランおよび重ウラン酸ナトリウムとして FCN Pitesti 核燃料プラントに送られた。

Ciudanovita 鉱床では、1956年から資源が枯渇した1993年1月まで、坑内採掘法で生産が行われた。同じ地区にある Dobrei North および Natra 鉱床も採掘された。これら鉱床はすでに枯渇したと報告されている。1980年に Carpathians 東部地区の一つの鉱床で採掘が開始された。1985年には Feldiora 製錬所の系統が拡張され、二酸化ウランを製造できる精練部門が増設された。この酸化物は Cernavoda に建設中である Candu 型炉用の燃料を成形加工するために用いられる。

生産能力の現状

現在のところ E.M. Banat, E.M. Bihor, E.M. Crucea の3つの鉱山が操業している。Feldiora 湿式製錬所では、イオン交換による回収の加圧アルカリ浸出工程を用いた重ウラン酸ナトリウムの生産が行われている。この製品は同所でさらに、燃料ペレット生産工程で焼結される二酸化ウランの粉末に加工される。このプロセスは Feldiora の「R」製錬所で行われている。

2組の製造ユニットが Feldiora 製錬所に計画されたが、約 50%完成した時点で資金不足により建設が中断された。この施設が完成した場合、容量は UO₂ 精鉱で 600 tU に増加する。予定されていた Tulghes 鉱床の鉱山開

発も中断されている。

ウラン産業の所有構造

ルーマニアでは全てのウラン探鉱、研究、開発および処理活動を国家が実施している。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

生産センター名	Feldiora 製錬所、3つの鉱山から供給を受ける
生産センターの分類	現存
操業状態	操業中
操業開始年	1978年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Banat、Bihor および Crucea 熱水型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	(3鉱山) 坑内採掘 150,000 80
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	Feldiora ALKPL/IX 150,000 80
定格生産容量(tU/年)	300
拡張計画(tU/年)	150

ウラン産業の雇用状況

現存の生産センターの雇用状況

(人-年)

1994年	1995年	1996年	1997年(予測)
6 500	6 000	5 000	4 550

環境への配慮

ルーマニアのウラン産業は、環境の保護のために系統立った計画を実施している。ウラン探鉱、開発および製錬活動に伴って環境に悪影響が生じ得る汚染源として、次のものが挙げられる。

- ・ 許容限度以上の天然ウラン元素を含む鉱山および製錬所からの流出物。
- ・ 採鉱作業によって生じる捨石。

- ・ ウラン含有量が 0.02～0.05%の低品位鉱石。現在この種の鉱石は処理されておらず、鉱山サイト内に貯蔵されている。
 - ・ 加工によって生じる鉱さい。現在 Feldiora 製錬所の排水池に貯蔵されている。
 - ・ 金属および木材廃棄物で、放射性鉱物の開発および加工の際に放射能に汚染されたもの。
- 環境汚染防止のために必要な施設や設備には、次のものが含まれる。

- ・ Carpates Orientals、Montagnes Apuseni および Banat という3ヶ所の鉱床における流出物を処理するための廃水処理プラントの建設および拡張。
- ・ 鉱さい沈殿池の容量の拡大。
- ・ 様々な鉱山における鉱石堆積エリアの処理および閉鎖。
- ・ 捨石堆積場およびその周辺区域の長期的な安定化、環境改善および植生回復。

次のような活動が計画されている。

- ・ 鉄道車両の操車場全体の環境復旧。
- ・ 製錬所および鉱石搬出場へのフィルターを用いた換気システムの設置。
- ・ すべてのウラン生産サイトおよび施設への環境モニタリング・システムの設置。

ウラン必要量

CNE-Cernavoda 原子力発電所のウラン必要量に基づくと、必要な燃料の供給には何の問題もないと思われる。

2015年までの原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996年	1997年	1998年	2000年	2005年		2010年		2015年	
				低	高	低	高	低	高
650	650	650	650	1 950	1 950	2 560	3 250	3 250	3 250

2010年までの原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
100	100	300	300	300	400	500	500	500

供給および調達戦略

電力省は、Cernavoda サイトに PHWR 型(Candu 型炉)の原子炉を5基建設している。これら5基の着工は 1980年から 1986年 の間であり、発電設備容量はそれぞれ 650MWe(定格)となっている。このうち CNE Cernavoda 原子力発電所の1号機は、1996年末に電力供給網に併入され、営業運転を開始した。また2号機は 2001年に操業を開始する予定となっている。

Cernavoda 発電所の残りの3基の完成時期は、国外投資家の関心がどの程度集まるか、これらの原子炉で使用する重水が入手できるかどうか、さらにはルーマニアの電力需要の推移に応じて決まることになる。

燃料供給戦略は、CNE Cernavoda 原子力発電所の5基の原子炉の建設および運転開始スケジュールに合わせて立てられることになる。

ロシア

以下に示すのは、ロシアのウラン資源および生産関連活動を包括的に記述したロシア連邦からの最初の公式報告である。

ウラン探鉱

歴史的概観

ロシアでは 1944 年からウラン探鉱が実施されている。地表調査、探鉱および鉱床評価のために、あらゆる地質学的、地球物理学的、地化学的な手法が用いられた。この期間中に、シベリア東部に約 10 ヶ所の鉱石賦存地区が発見され、範囲が確定された。さらにロシアの欧州地域でも4ヶ所が発見されている。シベリア地区内の4ヶ所(Transurals、West Siberia、Vitimsky および Streltsovsky)には、\$40/kgU 以下のコスト区分のウラン資源が存在する。欧州地区では、Stavropolsky、Onezhsky、Ladozhsky および Ergeninskyus といった鉱床が挙げられる。Stavropolsky 鉱床は完全に掘り尽くされ、生産は中止されている。それ以外の鉱床には、\$80/kgU 以上の区分の資源が存在する。

現在および進行中のウラン探鉱活動

1995 年～1996 年には、すべての予察調査および地表調査活動は Kalmynya、Streltsovsky、Ladozhsky、Transurals、West Siberia および極東地方で行われた。1997 年には、Transurals、West Siberia および Vitimsky 鉱床を対象とした探鉱が予定されている。これらの鉱床では、ISL 技術を用いた新規生産プロジェクトが計画されている。

ウラン探鉱費と試錐活動

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
民間による探鉱費 (単位:1,000 ルーブル)	0	0	0	0
政府機関による探鉱費 (単位:1,000 ルーブル)	7 575 555	28 352 000	21 400 000	62 300 000
探鉱費合計 (単位:1,000 ルーブル)	7 575 555	28 352 000	21 400 000	62 300 000
総探鉱費 (単位:1,000 米ドル)	4 197	5 581	4 271	11 307
民間による地表試錐(m)	0	0	0	0
民間による試錐孔数				
政府機関による地表試錐(m)	31 681	62 000	29 000	62 000
政府機関による試錐孔数	235	485	240	485
地表試錐合計	31 681	62 000	29 000	62 000
試錐孔数合計	235	485	240	485

1994年～1996年の年間ウラン探鉱費は419.7万～558.1万米ドルである。1997年にはその2倍を上回る約1,130万米ドルまで上昇する見込みである。この探鉱計画には、1994年、1995年および1996年におけるそれぞれ235本、485本および240本の試錐が含まれる。また1994年、1995年および1996年に、それぞれ合計で31,681m、62,000m、29,000mの試錐が実施された。1997年には全部で485本の試錐(62,000m)が計画されている。

すべてのウラン探鉱活動は、政府組織によって実施されている。1994年～1997年の期間にロシア連邦の領土外で探鉱費は支出されていない。

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

ロシアには、Chita地方のKrasnokamensk近くに1ヶ所ウラン産出地区がある。この地区は、火山岩型のStreltsovsky鉱床で構成されている¹。1994年～1996年には、約3,000tUが掘り出された。この地方での探鉱によって、さらに若干の資源が発見された。生産は、\$40/kgU以下のコスト区分の資源から始められた。残っている資源のほとんどは\$80～\$130のコスト区分に属している²。

Transuralsに位置するDolmatovskoye鉱床の探鉱は終了した。\$80/kg以下のコスト区分に属する合計10,200tUのRARが明らかにされている。

Vitimsky地域では、\$80/kgU以下の区分に属する追加RARおよびEAR-I資源(合計で約52,600tU)が定義された。

West Siberia地方でも新たな鉱床が発見されている。この鉱床は現在、探鉱中である。この地方のRARおよびEAR-I資源の合計は、2万tUと見積られている。

この地方の期待資源は18万tUである。

1997年1月1日現在、\$40/kgU以下の生産コストのRARは合計66,100tUである。\$40～\$80/kgU区分のRARは合計78,900tUである。

\$40/kgU以下のEAR-Iは17,200tU、\$40～\$80/kgU区分は19,300tUである。

\$80/kgU以下のRARおよびEAR-I資源は合計181,500tUである。

確認資源*

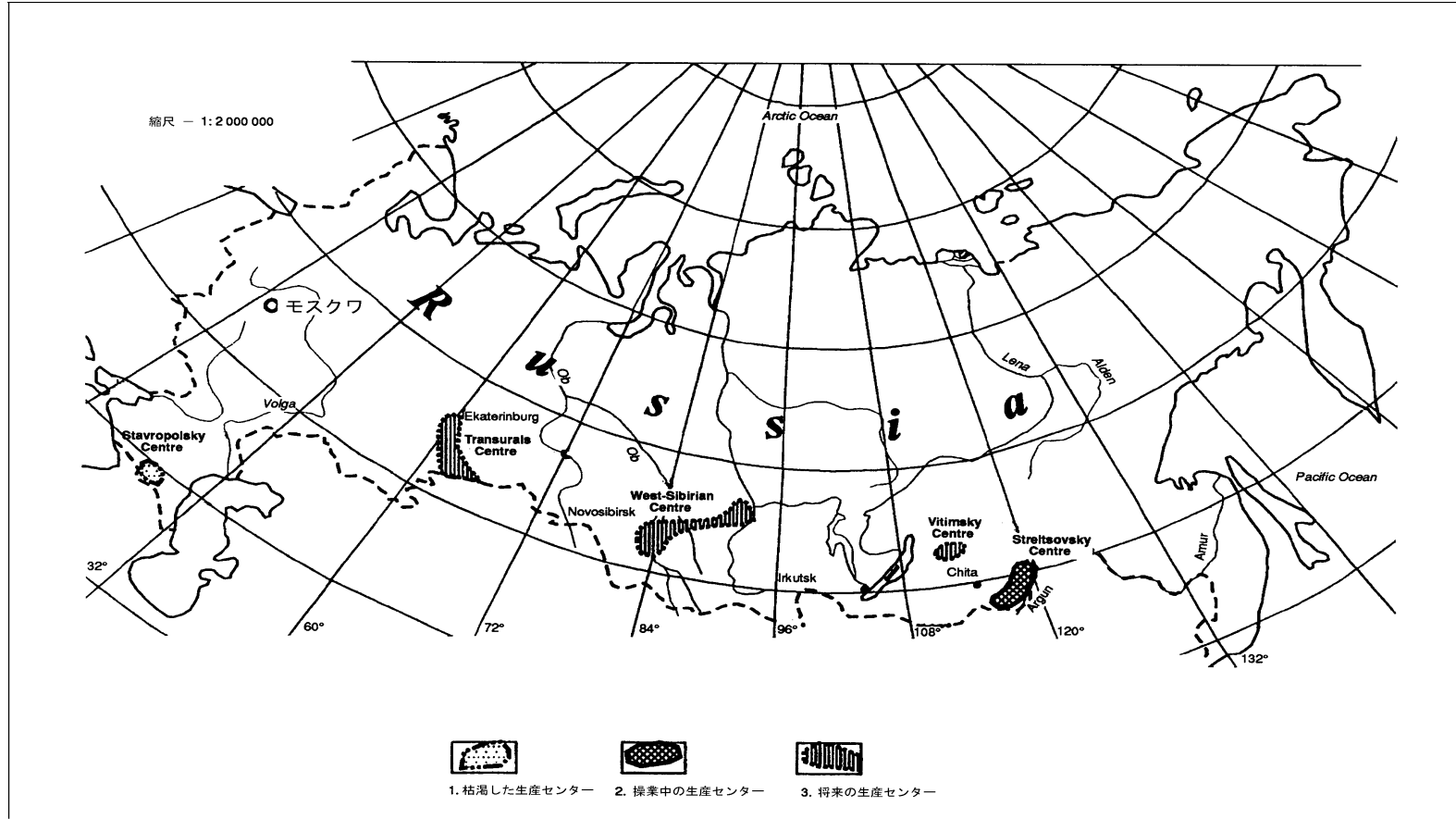
(tU)

国名	コスト区分	
	<\$40/kgU	<\$80/kgU
ロシア	66 100	145 000

*原位置の資源として。

1 Streltsovsky 鉱床の詳細は、ISCHUKOVA, A.P.『Streltsovskoye ウラン地区—ウラン鉱床の開発、探鉱、資源、生産および世界の需給関係』(IAEA-TECDOC-961、IAEA、ウィーン、1997年、237)に報告されている。

2 Dolmatovskoye およびその他の類似鉱床の詳細は、OECD/NEA-IAEA『ウラン 1993年—資源、生産および需要』(OECD、パリ、1994年)に報告されている。



ロシアのウラン生産センター

推定追加資源 - 区分Ⅰ*

(tU)

国名	コスト区分	
	ロシア	<\$40/kgU
	17 200	36 500

* 原位置の資源として。

RARとEAR-I 資源のいずれについても、最近5年間は評価は行われていない。

「既知」資源(RARおよびEAR-I)の利用可能性

\$40/kgU 以下の生産コスト区分に属する RAR の 88%が現存の生産センターに属するものである。また\$40/kgU 以下の生産コスト区分に属する EAR-I の 12%が現存の生産センターに属している。\$80/kgU 以下の生産コスト区分に属する RAR のうち合計 86%が現存の生産センターに属している。\$80/kgU 以下の生産コスト区分に属する EAR-I のうち合計で 14%が現存の生産センターで利用されている。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

ロシアの EAR-II および SR の見積りは完了した。資源の大半は、ロシア東部に位置している。これらの地域にはまだインフラストラクチャーが存在しておらず、これが資源生産コストの上昇要因となる。資源は\$80/kgU 以上の生産コスト区分に分類されている。

1997年1月1日現在、\$80/kgU 以下の区分に属する EAR-II は 56,300 tU、\$130/kgU 以下の区分に属する EAR-II は 104,500 tU である。

推定追加資源 - 区分Ⅱ*

(tU)

国名	コスト区分		
	ロシア	<\$40/kgU	<\$80/kgU
	0	56 300	104 500

* 原位置の資源として。

1997年1月1日現在、\$130/kgU 以下の区分に属する SR は 55 万 tU であり、さらに 45 万 tU はコスト区分に入れられていない。

期待資源

(tU)

国名	コスト区分 <\$130/kgU	コスト区分に 入れていない	合計
ロシア	550 000	450 000	1 000 000

* 原位置の資源として。

ウラン生産

歴史的概観

ロシア領土内におけるウラン鉱石の採掘および処理は、1951年に Stavropolsky 地方の Beshtau および Bykogorskoye 鉱床で開始された。この生産は 1980 年代後半に中止された。ウランの総生産量は 5,685tU、そのうち 3,930 tU は坑内採掘により、1,755 tU はインシチュリーチング技術を用いて掘り出された。1968 年～1980 年には、Malyshevsk Mining Administration によって Sanarsk 鉱床の採掘が行われた。この期間のウラン生産量は 440 tU であった。現在は Priargun Association だけが生産を行っている。この組織は 1968 年以降、Krasnokamensk 近くの Streltsovsky ウラン鉱石賦存地区からのウランを用いて生産を実施している。この地区では 1996 年までに合計で 97,418 tU が生産された。同期間の平均年間生産量はほぼ 3,500 tU である。このように高い水準の総生産量により、この火山岩型の Streltsovsky 鉱床は世界でも指折りのウラン生産地区の一つになっている。

生産能力の現状

ロシアのウラン生産量は、1993 年には 2,697 tU だったが、1994 年には 2,541 tU に低下し、1995 年にはさらに低下して 2,160 tU になった。1996 年の生産量は 21%増加して 2,605 tU になった。1996 年の生産量のうち、75%は従来型の坑内採掘法、3.6%は露天採掘、22.7%はヒーブリーチングおよびインストープリーチングによるものである。1993 年～1996 年の期間にリーチングによる生産量は増加したが、露天採掘は段階的に廃止されることになっている。

ウラン生産に関する統計的データ

(tU、精鉱中)

生産法	1993 年以前	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年までの合計
従来法						
・露天採掘	37 889	262	294	110	100	38 655
・坑内採掘	52 619	2 378	2 200	2 000	1 914	61 111
小計	90 508	2 640	2 494	2 110	2 014	99 766
リーチング	3 032	57	47	50	591	3 777
合計	93 980	2 697	2 541	2 160	2 605	103 983

ロシアがウランの総生産量を報告したのは今回が初めてである。1996 年までのロシアの生産量は 103,983 tU であった。したがってロシアは世界第5位のウラン生産国ということになる。

ウラン産業の所有構造

すべての採鉱および生産活動の所有権は常に 100% 政府が掌握してきた。ウラン採鉱は国営企業「Geologorazvedka」(地質・鉱物資源国家委員会の下部組織)の下で実施される。Streltsovsk 地区(Krasnokamensk)でのウラン生産は、国営企業「Priargun Mining and Chemical Production Association」(Krasnokamensk、Chita 地方)の責任である。株式資本は政府が所有している。

過去には、採鉱活動は国営会社(Stavropolsk 地方では「Lermontov Mining and Chemical Production Association」、Sverdlovsk 地方では「Malyshevsk Mining Administration」)によって実施されていた。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

第1部: 現存および操業中

生産センター名	“Priargun Mining and Chemical Production Association”
生産センターの分類	現存
操業状態	操業中
操業開始	1968年
鉱石供給源	Streltsovsky ウラン鉱石賦存地区の15の鉱床
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	OP、UG、HL、インストープリーチング 6 700 97
製錬所(酸) ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均製錬実収率(%)	イオン交換 4 700 95
定格生産量 (tU/年)	3 500

ウラン生産センターの規模・内容

第2部: 計画中のセンター

生産センター名	Kurgan	Novosibirsk および Kemerovo	Buryatiya
生産センターの分類	計画中	計画中	計画中
操業状態			
操業開始	~2010年	~2010年	~2010年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Kurgan 砂岩型	Novosibirsk および Kemerovo 砂岩型	Buryatiya 砂岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(年産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均製錬実収率(%)	IX 未入手 未入手	IX 未入手 未入手	IX 未入手 未入手
定格生産容量 (tU/年)	1 700	2 000	2 300

ウラン産業の雇用状況

1993年の時点で、Priargun Mining and Chemical Production Associationは15,900人を雇用していた。1996年までに雇用者数は2,900人削減され、総数は13,000人となった。1993年～1996年の雇用水準を以下に示す。

既存の生産センターの雇用状況

(人・年)

1993 年	1994 年	1995 年	1996 年
15 900	14 400	14 000	13 000

短期的な生産能力

ロシアの報告によると、現在の生産能力は、Priargun Mining and Chemical Production Association が Krasnokamensk 近くで操業中の鉱山/製錬所に基づいたものである。この組織は Streltsovsk の火山岩型鉱床群からのウランを用いて生産を行っている。1996 年の生産量の大部分、すなわち 2,014 tU が坑内採掘によるものであった。100 tU が、段階的廃止の途上にある露天採掘によって生産された。また全部で 591 tU がインストープリーチングおよびヒーブリーチングによって生産された。リーチングによって 57 tU が生産された 1993 年以降、この技術の利用は増大している。

鉱石は在来型の製錬所(1968 年に操業開始)で処理される。この製錬所では酸リーチング技術を用いており、ウラン回収はイオン交換によっている(回収率は 97%)。定格生産容量は 3,500 tU/年(日産 6,700 鉱石トン)である。最近の生産量の大半は、生産コストが \$40/kgU 以下のものである。残っている鉱石の大部分が、\$80~\$130/kgU のコスト区分に分類されている。

将来の生産センター

ロシアは 2010 年までに、ISL 技術に基づいた3つの新規生産センターを開発し、ウラン生産能力を1万 tU/年に拡張する計画を立てている。このセンターは、Transurals (Kurgan 地方;最大生産量約 1,700tU)、West Siberia (Novosibirsk および Kemerovo 地方;最大生産量約 2,000tU)、Vitimsky (Buryatiya;最大ウラン生産量約 2,300tU) に設置される予定である(生産センターに関する表の第2部と添付図を参照)。

ウラン需要

ロシアでは、1996 年 7 月現在、9ヶ所の原子力発電所で 29 基の商業原子炉が稼働中である。グロスの総設置容量は 21,242 MWe(定格 19,843 MWe)である。その内訳は、水冷却・水減速压力容器型 WWER(VVER と同じ)原子炉が 13 基(WWER-440 型が6基、WWER-1000 型が7基)、チャンネル型ウラン黒鉛炉原子炉が 15 基(RBMK 1000 型が 11 基、容量がそれぞれ 12 MWe の EGP 型が4基)、そして高速増殖炉(BN-600 型)が1基である。原子炉とその発電容量については前記の表に示されている。

これらの発電所の年間燃料必要量は約 3,600 tU である。また東欧に設置されているロシア設計の原子力発電所に燃料を供給するためにさらに 2,200 tU が必要である。これらの発電所向けの燃料はロシア国内で濃縮および成形加工されている。したがって 1996 年の総ウラン必要量は 5,800tU と見積られる。

ロシアの電力系統に接続されている原子炉

発電所名	原子炉の名称	炉型	容量 (定格 MWe)	運転開始年月日
1. Beloyarsk	3	BN-600	560	1980年4月8日
2. Bilibino	A	LWGR	11	1974年1月12日
	B	LWGR	11	1974年12月30日
	C	LWGR	11	1974年12月22日
	D	LWGR	11	1976年12月27日
3. Balakovo	1	WWER-100	950	1985年12月28日
	2	WWER-100	950	1987年10月8日
	3	WWER-100	950	1988年12月24日
	4	WWER-100	950	1993年10月11日
4. Kalinin	1	WWER-100	950	1984年5月9日
	2	WWER-100	950	1986年12月24日
5. Kola	1	WWER-440	411	1973年6月29日
	2	WWER-440	411	1974年12月9日
	3	WWER-440	411	1981年3月24日
	4	WWER-440	411	1984年10月11日
6. Kursk	1	RBMK-1000	925	1976年12月12日
	2	RBMK-1000	925	1979年1月28日
	3	RBMK-1000	925	1983年10月17日
	4	RBMK-1000	925	1985年12月2日
7. Leningrad	1	RBMK-1000	925	1973年12月21日
	2	RBMK-1000	925	1975年7月11日
	3	RBMK-1000	925	1979年12月7日
	4	RBMK-1000	925	1981年2月9日
8. Novovoronezh	3	WWER-440	385	1971年12月12日
	4	WWER-440	385	1972年12月28日
	5	WWER-440	385	1980年5月31日
9. Smolensk	1	RBMK-1000	925	1982年12月9日
	2	RBMK-1000	925	1985年5月31日
	3	RBMK-1000	925	1990年1月17日
		合計	19 843	

スロバキア

ウラン資源

チェコ・スロバキア共和国の分裂以前に、スロバキア領土となった地域全域のウラン・ポテンシャル調査が実施されている。この評価の結果、スロバキアには既知ウラン資源は存在しないという結論が出されている。

ウラン生産

1960年代と1970年代に、少量のウラン鉱石がスロバキア東部で採掘された。しかし効率が悪く、鉱石の品位も低かったことから、生産は中止されている。

ウラン必要量

スロバキアは Bohunice に原子力発電所を保有している。現在この発電所では4基の原子炉が運転中であり、4基が建設中である。原子炉は定格容量がそれぞれ 408 MWe の VVER 440 型である。年間燃料必要量は原子炉1基当たり14トン濃縮ウランで、天然ウラン換算で110 tU である。

現在、スロバキアの Mochovce で、定格容量が 388 MWe の4基の新規原子炉が建設中である。この4基の最初のもは1998年半ばに運転を開始する予定である。

Bohunice の最初の2基は2001年または2002年まで運転を継続する計画である。その後、デコミッションングが開始される。

原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
1 588	1 588	2 364	1 592	3 140	1 592	3 140	1 592	2 368

2010年までの原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1996年	1997年	2000年	2005年		2010年		2015年	
			低	高	低	高	低	高
440	770	495	330	660	330	660	330	495

供給および調達戦略

現在までスロバキアの原子力発電所で必要とされた全ての燃料は、燃料集合体の形で外国から調達されたものである。この調達戦略は今後も継承される予定であるが、供給源の多様化を図る可能性が検討されている。

ウラン関連政策

スロバキアではウランを生産していないため、燃料集合体はロシアから購入されている。ロシアとの現行契約は1997年まで有効である。燃料の供給が確保されていることから、緊急事態に備えて大きな在庫を持つ必要はない。

ウラン在庫

現在、Bohunice 原子力発電所に少量の濃縮ウランが備蓄されている。また 28 tU の濃縮ウランが燃料集合体の形態で存在する。

ウラン在庫の合計

(tU、天然ウラン相当量)

所有者	天然ウラン貯蔵 (精鉱中)	濃縮ウラン貯蔵	合計
政府	0	0	0
電力事業者	0	220*	220*
合計	0	220	220

*燃料集合体としての在庫には、約 28 トン濃縮ウラン(天然ウラン相当量で約 220 tU)が含まれる。

スロベニア

ウラン探鉱

歴史的概観

1961年に Zirovski vrh 地域の探鉱が開始された。1968年に鉱体へのアクセスを実現するために P-10 坑道が掘削された。1982年に Zirovski vrh の採掘が開始された。また 1985年にはウラン精鉱(イエローケーキ)の生産が開始された。

最近および進行中のウラン探鉱活動

探鉱費の支出は 1990年に終了した。スロベニアでの最近および進行中のウラン探鉱活動はない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

1994年に、Zirovski vrh ウラン鉱山のスタッフが同鉱床の最新評価を行った。RARは 2,200 tU と見積られ、平均品位は 0.14%U である。これらの資源は\$80/kgU 以下のコスト区分に属する。EAR-I については、\$80/kgU 以下のものが 5,000 tU、\$130/kgU 以下のものが 10,000 tU 報告されている。これらの資源の平均品位は 0.13%U である。これらの資源は採鉱損失を 35%、製錬損失を 10%として調整した回収可能資源である。

この鉱床は、二畳系の Groedin 累層の灰色砂岩中に胚胎している。鉱体は褶曲した砂岩中に細長いレンズ状で直線的に配列している。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	2 200	2 200

* Zirovski vrh 鉱床における回収可能資源として。

推定追加資源 - 区分 I *

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
—	5 000	10 000

* 回収可能資源として。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

1994年の見積りには\$130/kgU以下のEAR-IIが1,060 tU含まれている。これらの資源は採鉱損失を35%、製錬損失を10%として調整した回収可能資源である。

ウラン生産

歴史的概観

Zirovski vrh ウラン鉱山は、スロベニアで唯一のウラン鉱山であり、Škofja Lokaの南西20 kmの位置にある。

Zirovski vrh 鉱山の生産は、1982年に開始された。1984年には同鉱山にある製錬所が、それまでに蓄積された鉱石を処理するために操業を開始した。この製錬所の年間生産能力は102 tUであった。ここでの採鉱は、運搬坑道と換気立坑を用いた従来型の坑内掘りによって行われた。鉱床は鉱化した粗粒砂岩中の多数の小規模鉱体として胚胎している。その掘削はルーム・アンド・ピラー法と充填採鉱法によって選択的に行われた。しかし1990年には操業が停止され、一時的な待機状態に置かれた。この生産センターでの累積生産量は382 tUであった。

生産能力の現状

1992年に、最終的な閉鎖とデコミッションングが決定された。1992年以降、Zirovski vrh 鉱山および製錬所での生産は行われていない。

1994年には、同生産センターのデコミッションング計画がスロベニア政府当局により承認された。

ウラン産業の所有構造

1988年以降、所有関係に変化はない。Zirovski vrh ウラン鉱山はスロベニア共和国が所有している。

環境への配慮

Zirovski vrh 生産センターのデコミッションング計画は次のような段階を踏んで実施される。

- ・ 生物圏を採掘の影響から永続的に保護するための措置。この中には、地盤などの移動や沈下からの地表面の永続的な保護、地表水の流入を防止するための立坑および坑道の密閉、立坑および坑道の気密密閉、そして坑内水が妨げられずに流出するようにするための設備が含まれる。
- ・ 製錬所の永続的な改善。この改善は、残存施設をその他の産業用途に使用できるような方法で実施されることになっている。
- ・ 鉱山捨石や製錬鉱さいの永続的な環境復旧。この中には処分サイトの安定化のほかに、雨水の浸透防止や侵食に対する保護も含まれる。さらに有害化学物質の地下水や地表水への溶出および移動を防止し、ラドン汚染を抑制するための措置が講じられる。

Zirovski vrh 鉱山生産サイトの環境修復には、2～3年を要することになる。

ウラン必要量

スロベニアの短期的な原子力発電容量は、1983年1月に商業運転を開始した Krsko の 632 MWe の PWR に基づいたものである。同発電所はスロベニアとクロアチアが 50%ずつ所有している。事務局はスロベニアの原子力発電設備容量が、2015 年まで 632 MWe の水準を維持するものと推定している。原子炉関連の年間ウラン必要量は 102 tU と見積られる。

現在、スロベニアでは新たな原子力発電所の建設を禁止するモラトリアムが施行されている。

ウラン関連政策

Krsko 発電所を所有および運転している企業は、将来の原子炉関連ウラン必要量を確保するために、ウランを輸入することになる。

南アフリカ

ウラン探鉱

歴史的概観

南アフリカにおけるウラン探鉱は、1940年代後半に開始された。当時は世界規模のウラン資源探査で Witwatersrand の石英中礫礫岩がウランを含有することに注目が集まった時期である。Witwatersrand 堆積盆地におけるウラン探鉱は、1970年代初めの石油危機までは常に金の探鉱に付随する活動として行われた。この石油危機の時期にウランの価格が高騰し、その結果としてウラン探鉱活動が強化され、1982年に南アフリカで初めてのウランの一次生産者である Beisa Mine 社が生産を開始した。

しかし、1980年代の初めにウラン価格は暴落し、ウラン探鉱活動への関心が大きく縮小することになった。そして1980年代半ばまでには、Witwatersrand 堆積盆地で実施されていた全ての探鉱が金を対象としたものとなり、金の探鉱活動は1990年代初めまで高水準で推移した。しかしウランが石英中礫礫岩中に遍在していることから、こうした金の探鉱活動が新たなウラン資源の偶発的な発見につながった。そして1990年代初期には、金価格が安定していたため、金の探鉱活動は大幅に縮小された。

1960年代末まで、ウラン探鉱は、金の探鉱に付随した活動として、Witwatersrand 堆積盆地に限定されていた。しかし石油探査に伴って Karoo 堆積層にウランが発見されたことで、南アフリカでのウラン探鉱の対象となる地質学的環境が多様化した。Karoo 層での探鉱活動は、1970年代初めに石油危機が到来して探鉱活動が急拡大するまで、低水準のものであった。

しかしこの拡大期は比較的短期間のものであった。その理由は、1979年のスリーマイル・アイランド原子力発電所の事故に伴って、過熱気味だったウラン価格が1980年代初めに急落したことにある。こうして Karoo 層でのウラン探鉱は急速に縮小され、1980年代半ばには完全に停止された。それ以降に行われた活動は事実上、すでに特定されていた鉱床の小規模な再評価作業だけである。1991年に南アフリカ原子力公社(AEC)が、Karoo 層の砂岩型ウラン鉱床の基本的な特性を調査するための新たな調査計画を開始した。この調査の目的は、市場条件の好転に伴って Karoo 層ウラン鉱床区に新たな関心が集まった場合に、新たな鉱床を発見するために適用する探鉱クライテリアを定義することである。

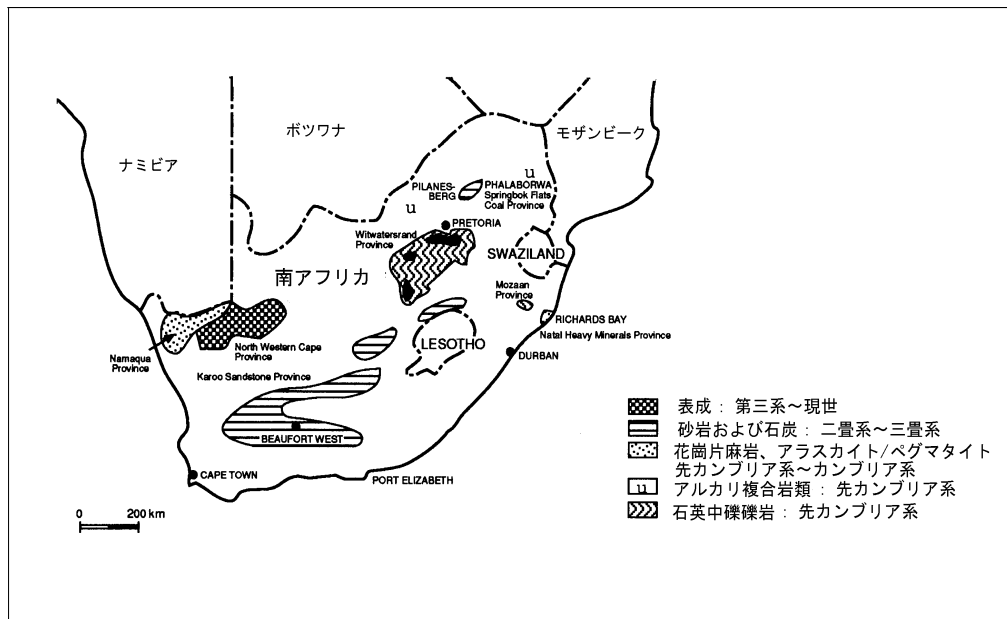
Witwatersrand および Karoo 堆積盆地以外における探鉱活動は、その他のタイプのウラン鉱床(不整合関連型、カルクリート型、アラスカイト型、ブレッチャ型、Olympic Dam 型、海成磷酸塩型)の発見を目的としたものであった。これらの活動の規模は常に、上記の2つの主要な含ウラン堆積盆地での活動を下回るものであり、この探鉱活動の規模は、1970年代末および1980年代初めにウラン市場が天井を打った時期にピークに達した後、極めて限定的な成果しかあげられないまま、1980年代初めにウラン価格が急落した後に急速に縮小した。

最近および進行中の活動

1995年と1996年には、ウラン資源の発見を目的とした探鉱活動は実施されなかった。Witwatersrand 堆積盆地での探鉱活動は金をターゲットとしたものであり、金市場の低迷を受けて極めて限定的なものとなった。

Karoo 堆積盆地に対する商業的な関心は存在しないに等しく、いかなる現地調査も実施されなかった。いくつかのより大規模かつ高品位のウラン鉱床に関するデータが、鉱山事業の経済性を明らかにする目的で再評価された。1991年に原子力公社(AEC)が開始した Karoo 調査プロジェクトは1994年に完了した。この作業によって Karoo 砂岩中のウラン鉱化作用の基本的な規制要素が多数明らかになっている。またこの調査で、主 Karoo 堆積盆地内に新たなウラン鉱床が発見される可能性が著しく高いことがわかった。

1995年と1996年には、Witwatersrand および Karoo 堆積盆地以外でのウラン探鉱は行われていない。



南アフリカのウラン鉱床区

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

1995年と1996年に、南アフリカではウランを主生産物とした探鉱活動は実施されなかった。このため新たな発見はなかったが、既存の資源の拡大によって資源はわずかながら増加した。南アフリカのウラン資源の大部分は、Witwatersrandの石英中礫礫岩中に、金の副産物として分布している。このためウランは金の探鉱中に発見されることになる。南アフリカの金産業は不況に悩んでおり、その結果、探鉱活動も大幅に切り詰められている。したがって南アフリカのウラン資源はほとんど追加されていない。

すでに数年間にわたり、Karoo層の岩石を対象とした探鉱は実施されていない。しかしAECは、鉱化作用が何によって規制されるのかを解明するための研究計画を実施した。この研究によって、以前にはウラン鉱化作用に関する本当の意味でのポテンシャルが確認されていなかった地域が明らかにされている。層序学的な規制に関する古生物学的な特徴も特定されており、将来に探鉱活動が実施された場合に大いに役立つことになろう。

南アフリカのウラン資源に大きな影響を与える要素として金価格、生産費、米ドル/ランド(自国通貨)為替レート、ウラン価格が挙げられる。過去2年間にスポット市場におけるウラン価格は2倍になったが、Witwatersrandの鉱石1トン当たりの収益を見た場合、ウランによるものは総収益の約10%にしか過ぎないため、ウラン価格がこの程度上昇しても、その他の要素よりも大きな影響を与えることはない。同じ期間に金のドル価格はわずかに下落した。またこの2年間で、Witwatersrand金鉱山で粗製錬される鉱石1トン当たりの生産費は21%上昇した。これらの要素が組み合わさった場合、南アフリカのウラン生産量は低減傾向になる。しかしランドが対米ドルで大幅安となったために、ランド換算での金およびウラン価格は上昇している。

今回の報告に当たってドル/ランド為替レートを1ドル当たり4.70ランド、また金価格を\$370/ozとした。

上述した様々な要素のプラスおよびマイナス効果は、かなりの程度まで相殺されるものである。また1997年1月1日現在の「既知」資源(すなわち\$80/kgU以下で回収可能なRARおよびEAR-I)の量は、1995年の見積りか

ら9.2%とわずかに増えただけである。

確認資源(RAR)*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
110 500	218 300	269 800

*回収可能資源として。

推定追加資源-区分I*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
44 400	66 100	87 800

*回収可能資源として。

未発見在来型資源(EAR-IIおよび期待資源)

金とウランの両方の探鉱活動が低調であるため、ウラン鉱床発見のポテンシャルを有する新たな地域を抽出する作業はほとんど行われなかった。現在知られている主堆積盆地境界の外側で、Witwatersrand タイプの堆積盆地を確認するために限定的な調査が実施された。しかしこの基礎的な調査では、探鉱資金の不足により、有意義な成果はあがらなかった。

1997年1月1日現在、生産コストが\$80/kgU以下のEAR-IIは34,900 tUであり、1995年1月1日付の見積りより6,000 tU増えている。期待資源は合計1,113,510 tUと変化なく、コスト区分は行われていない。

推定追加資源区分-II*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
28 740	34 900	113 000

*回収可能資源として。

「既知」(RARおよびEAR-I)資源の「入手可能性」

南アフリカの\$80/kgU以下で回収可能なRARおよびEAR-Iの大部分が現存の金生産センターに属し、ここでの活動は金の採掘のために行われている。現在ごく少量のウランが抽出されており、残りは金鉱山の鉱さいダムに入ることになる。この鉱さいダム内の資源が利用可能かどうかは、ウランを含まない鉱さいによる希釈の度合いと、旧鉱山切羽の充填に使用されるかどうかの二点に依存している。

ウラン生産

歴史的概観

南アフリカでのウランの生産は、1952年にWest Rand Consolidated Mine社のウラン製錬所が操業を開始した時に始まった。ここではWitwatersrand累層群の石英中礫礫岩からウランを回収した。そしてその翌年の1953年には、さらに4ヶ所のウラン製錬所が操業を開始した。1959年まで生産量は拡大を続け、この時点でWitwatersrand堆積盆地周辺の26の鉱山が17のウラン製錬所に給鉱しており、総生産量は4,954 tUであった。この生産量はその後減少し、1965年には2,262 tUになった。

1971年にPalabora Mining社が、南アフリカで最初のWitwatersrand以外のウラン生産者となった。同社はNorthern Provinceで露天採掘されている銅の副産物としてウランを生産した。

1970年代に起こった世界的な石油危機により、エネルギー資源としてのウランへの関心が高まり、南アフリカのウラン生産者はこれに対応して1980年にはその生産量をほぼ3倍増の6,143 tUにまで拡大させた。

また数十年にわたる金の採掘と製錬により、Witwatersrand堆積盆地周辺には金とウランが含まれる鉱さいが大量に発生した。ウラン市場が活況を呈したことで、Welkom(Joint Metallurgical Scheme社-1977年)、East Rand(ERGO社-1978年)そしてKlerksdorf(Chemwes社-1979年)に鉱さい再処理施設が設立された。

1980年代初めのウラン市場の破綻は南アフリカのウラン産業に多大な影響を与え、1980年以降14ヶ所のウラン製錬所が閉鎖に追い込まれた。1996年末にはわずか4つの鉱山で5つの処理プラントがウランを生産しているだけであった。

ウラン生産量の推移

(tU、精鉱中)

採鉱法	1994年以前	1994年	1995年	1996年	1996年までの合計	1997年(予測)
副産物生産	144 979	1 671	1 421	1 436	149 507	1 450

生産能力の状況

1996年末に生産を行っていた鉱山は4ヶ所で、Hartebeestfontein 鉱山、Vaal Reefs 鉱山(いずれもKlerksdorf)、Western Areas 鉱山(West Rand)、Palabora 鉱山(Northern Province:以前のNortheastern Transvaal)である。これらの鉱山はいずれもウランを副産物として生産している。最初の3鉱山の主産物は金であり、最後の鉱山の主産物は銅である。

Hartebeestfontein 鉱山には1つのウラン製錬所があり、その生産能力は1年間に320万トン鉱石である。この施設では金の生産量を高めるために向流浸出工程が使用されている。過去数年間、同プラントは65%のウラン回収率で運転された。これはウラン回収コストを最適化する回収率でもある。ウランの回収作業自体は赤字であるが、金の回収率が著しく高まることによって全体的な操業収益性が改善されている。

Vaal Reefs 鉱山には2つのウラン製錬所があり、第3の製錬所は最近になって閉鎖された。一つの製錬所はその生産能力の100%で、もう一つの製錬所は生産能力の50%で運転されている。これら3製錬所の1年間の鉱石処理能力は合計で900万トンであるが、1996年に処理された鉱石はわずか550万トンであった。

Western Areas 鉱山は、Witwatersrandで最も品位の高いウランを産する場所であり、年間処理能力が65万トン鉱石の製錬所を持っている。1993年と1994年のWestern Areas 鉱山の金生産は黒字に戻っているが、ウラン生産の収益も同鉱山の総利益に大きく貢献し続けている。

Palabora 鉱山は大規模な露天採掘の銅鉱山で、ウランは副産物として生産されている。ウラン鉱石鉱物のウラノトリアナイトはその他の重金属と共に、まず比重選鉱施設で選鉱される。その後、ウランは酸浸出と溶媒抽出工程

を用いて回収される。ウラン製錬所の比重選鉱能力は 200 万トン/年である。

1980 年代末から 1990 年代初めにかけて、Witwatersrand では生産能力が大幅に削減された。しかし近年は落ち着いた状態にあり、1995 年から 1996 年に閉鎖された製錬所はない。しかし、21 世紀になるまでにウラン市場が改善されなければ、ウラン生産量が約 1,000 tU/年にまで落ち込むことが予測される。

ウラン生産が中止された製錬所の現状は下記のように要約される。閉鎖されて解体が進められているウラン生産製錬所が9ヶ所ある(Beisa、Blyvooruitzicht、Buffelsfontein、Dreifontein、Ergo、Freegold、Harmony(Merriespruit)、Stilfontein および West Rand Consolidated)。これらの製錬所は全面的な建て直しを行わない限り、生産を再開することはできない。Randfontein(Cooke)ウラン製錬所は金抽出製錬所に改造された。

現在運転中のウラン製錬所の現状を以下にまとめた。

ウラン産業の所有構造

南アフリカの全てのウラン生産施設は、様々な部門の民間企業の所有である。これらの企業は様々な証券取引所に上場されており、国内および外国の所有権の比率を明確にすることはできない。1990 年以降、個々のウラン生産者の所有権に著しい変更は起こっていない。政府はいずれのウラン鉱業活動にも参加していない。

ウラン産業の雇用

ウランは副産物としてのみ生産されており、このためウラン生産に関する雇用人員の正確な数字を割り出すことはできない。

将来の生産センター

南アフリカには「決定済み」または「計画中」のウラン生産センターはない。南アフリカでは大部分のウラン資源が副産物として存在することから、「予想」の生産センターが現存する\$80/kgU のコストで回収可能な既知の RAR および EAR-I 区分の資源によって支えられるかどうかを予測するのは不可能である。南アフリカでは、大部分のウラン資源のコスト区分が関連する金の価値、生産費、さらにはドル/ランドの為替レートに基づいてなされており、これらの要素はウラン市場とは関連の薄いものである。こうしたすべての要素が有利になった場合には、南アフリカの実産量が 1970 年代末や 1980 年代初めの水準、すなわち 6,000 tU/年以上にまで戻ることも可能であろう。しかし金価格、またより重要な意味を持つウラン価格が十分改善されなければ、この生産水準に回復することはないと思われる。

すでに生産が停止されている旧ウラン生産センターのウラン製錬所の再建や、新しい生産センターの製錬所の建設にリードタイムが必要なのは明らかである。これに加え Karoo 層の砂岩や石炭を母岩とする鉱床により、約 2,000 tU/年という生産水準を支えることができるものと見られている。

環境への配慮

南アフリカには放射能に汚染された鉱山用地が存在している。ウラン生産プラントが現存しているか、過去に存在していた場所である。旧鉱山用地を開発する場合、当該地域の放射線学的な調査が行われ、必要に応じて浄化作業を実施する。これらの活動に適用される原子力関係の法規、および国際的な規範に合致した基準の施行を管轄する組織は、南アフリカ原子力安全委員会である。金/ウラン鉱山周辺の広大な地域を鉱さい沈殿池や捨石堆積場が占めている。しかし南アフリカには、これらの地域の環境が適切に復旧されることを保証するため

の厳格な環境法が存在する。Witwatersrand の金/ウラン鉱山に関連する環境問題は、粉じん汚染、地表水および地下水の汚染、そして残留放射能である。古い金-ウラン生産製錬所のデコミッションングが進められており、この作業から生じるスクラップ物質は国際的に許容される水準まで除染された上で、売却されることになる。

ウラン生産センターの規模・内容

(1995年1月1日現在)

	センター1	センター2	センター3	センター4
生産センター名	Hartebeestfontein	Vaal Reefs	Western Areas	Palabora
生産センター分類	現存	現存 (2製錬所)	現存	現存
運転状況	運転中	運転中 (100%、50%)	運転中	運転中
運転開始	1956年	1956、1977年	1982年	1979年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Vaal Reef 石英中礫礫岩型	Vaal Reef 石英中礫礫岩型	Elsburg Reefs 石英中礫礫岩型	Palabora 火成岩型
鉱山 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 9-10,000 変動	坑内採掘 24-31,000 変動	坑内採掘 3-3,800 変動	露天採掘 80,000 変動
製錬所 ・タイプ ・規模(日産鉱石 t) ・平均製錬実収率(%)	AL/SX 9-10,000 変動	AL/SX 9-10,000 変動	AL/SX 9-10,000 変動	AL/SX 10,000 変動
定格生産能力(tU/年)	200~500	1,000~2,000	200~300	100~250
拡張計画	なし	なし	なし	なし

ウラン必要量

南アフリカにある原子力発電は、Koeberg 発電所だけである。同発電所には2基の原子炉があり、Koeberg-I は1984年に、Koeberg-II は1985年に運転を開始した。この2基の原子炉は1年間に合わせて200 tU のウランを消費する。

供給および調達戦略

南アフリカの国内ウラン必要量は国内鉱山で生産されたウランによって賅われている。

2010年までの原子力発電設備容量

Koeberg 発電所の設備容量は 1,842 MWe である。複数の新規原子力発電所サイトがすでに決定されているが、現在、石炭を燃料とする在来型発電所の容量が過剰であるため、将来の建設計画は立てられていない。

2010年までの年間原子炉関連必要量

Koeberg 原子炉のウラン必要量は、今後も引き続いて 200 tU/年と予測されている。南アフリカの必要量は、新規原子力発電所の計画がないため、2010 年までこの水準に留まることになろう。

ウラン関連政策

ウランの生産および輸出に関する南アフリカの政策は「原子力法 1993」(修正後)に定められている。鉱業・エネルギー大臣の許可を得なければ何人もウラン探鉱または採鉱を行うことはできない。この許可が留保されるのは、同大臣がその許可によって国の安全が脅かされると判断した場合だけである。

外国からのウラン探鉱および鉱山事業への参入に対する制限はなく、国外に本拠を置く事業も、国内企業と同じ法的要件に従うことになる。具体的には、ウラン探鉱および採掘は他の鉱山事業に一般に適用されているのと同じ鉱業関連法および規制の適用を受ける。

国は探鉱活動を活発には進めておらず、その活動を一般的な研究、国家資源評価、地質調査、エアボーン調査、そして広域的な水理地質調査、地化学調査、物理調査に限定している。

原子力法では、担当大臣の許認可を得た場合を除き、ウランの処分または南アフリカ国外への輸出は禁止されている。同相はこの権限の行使に当たり、ウラン鉱山産業を含む様々な国益を代表する組織が参加している南アフリカ原子力公社(AEC)と協議することになっている。また実際には同相のこの権限は AEC の総裁によって行使される。

スペイン

ウラン探鉱

歴史的概観

ウラン探鉱活動は1951年にJunta de Energía Nuclear社(JEN)によって開始された。当初のターゲットは、スペイン西部のヘルシニア造山期の花崗岩類であった。1957年と1958年に先カンブリア系-カンブリア系の片岩類(サラマンカ州のFe 鉱床を含む)で最初の鉱徴が発見された。1965年に堆積岩類中の探鉱が開始され、グアダラハラ州のMazarete 鉱床が発見された。1992年にEmpresa Nacional del Uranio社(ENUSA)による探鉱活動は終了した。ENUSA社と他の企業のジョイントベンチャーによる探鉱は1994年末まで継続された。この間にスペイン国土の大半が、様々な段階に適合した多様な探鉱法を用いて調査されている。また最も興味深い地域の大部分について、エアボーン・地表放射能調査が終了している。

最近および進行中の活動

1995年から1996年の探鉱活動は、サラマンカ州にあるENUSA社のFe 鉱床の延長部における精査試錐に限定されている。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

1993年から1996年にかけて、Empresa Nacional del Uranio (ENUSA)社がサラマンカ州(Ciudad Rodrigo 地域)内のウラン鉱床に関するデータを更新するために、かなりの規模の活動を行った。

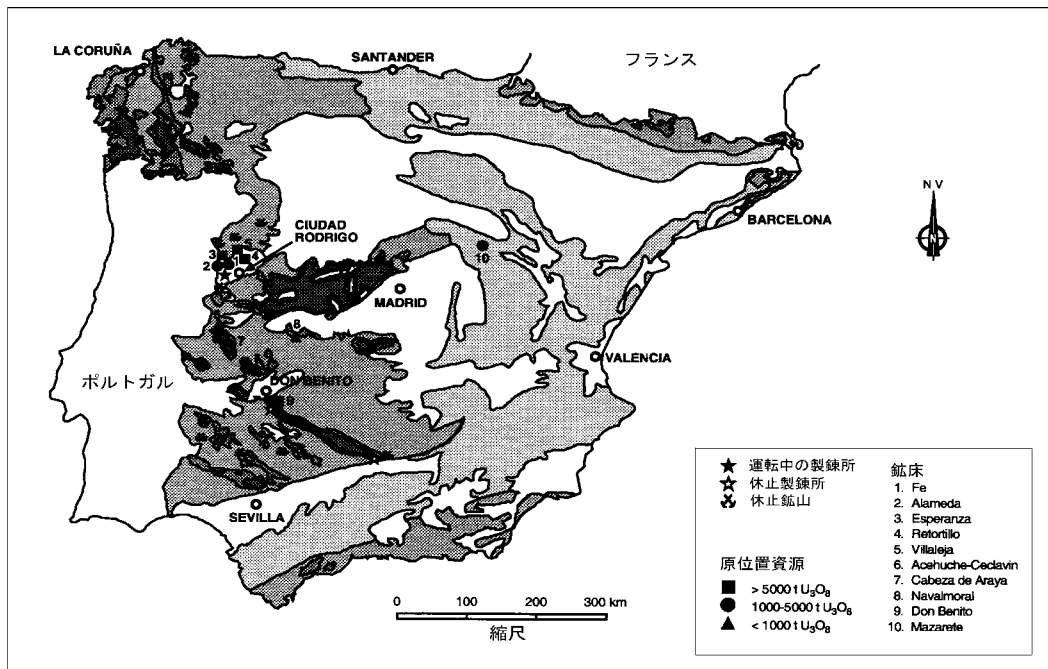
この作業は、精査試錐の強化(毎年10万m以上の試錐が行われている)と、当該地域の比較的重要な鉱体に関するフィージビリティ・スタディや鉱山プロジェクトの更新を通じて行われたものである。

このために、新データ取得システムによるデータ処理能力の全面的な刷新、品位の見積り、露天採掘の最適化および設計プログラムが1992年と1993年に実施されている。その結果として、RARおよびEAR-I区分の回収可能資源に関する新しい数字が入手された。RAR資源は、鉱山プロジェクトの更新に伴って実施された様々な価格水準における露天掘りの経済的最適化の成果である。

EAR-I区分では、詳細な鉱山プロジェクトは入手できていないが、回収可能資源は原位置資源からの各コスト区分に関する比率として見積もられている。\$80/kgU以下のコストで回収可能なすべての既知ウラン資源は、現存の生産センターのものである。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

これらの区分の資源の見積りは行われていない。



スペインのウラン鉱床

ウラン生産

歴史的概観

ウランの生産は 1958 年に Andujar 製錬所(ハエン州)で開始され、1980 年まで継続された。Don Benito 製錬所(バダホス州)の操業は 1983 年から 1990 年まで行われた。1975 年にヒープリーチング法により FE 鉱床(サマランカ州)の生産が開始され、1993 年には新規のダイナミックリーチング・プラントが操業を開始した。

生産能力の現状

サマランカ州の FE 鉱床の生産能力は 800 tU/年である。

ウラン生産量の推移

(tU、精鉱中)

採鉱法	1994 年 以前	1994 年	1995 年	1996 年	1996 年まで の合計	1997 年 (予測)
在来法(露天採掘)	3 175	256	255	255	3 941	255
その他の方法(a)	781				781	
総計	3 956	256	255	255	4 722	255

(a)この中には 1975 年以前に Junta de Energia Nuclear 社(JEN)が行った様々な資源からの生産量が含まれる。

ウラン産業の所有構造

スペインで活動している唯一の生産センターは、Empresa Nacional del Uranio 社(ENUSA)に所属するものである。同社は、60%が Sociedad Estatal de Participaciones Industriales(SEPI)社、40%が Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)の所有の民間企業である。

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1
生産センター名	SAELICES EL CHICO
生産センター分類	現存
運転状況	運転中
運転開始	1975年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	FE、D 鉱脈型(イベリア型)
鉱山 ・タイプ(OP/UG/In situ) ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	露天採掘 2,600 (a)
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石 t) ・平均製錬実収率(%)	AL/SX 5,000(b) 75%(c)
定格生産容量(tU/y)	800
拡張計画	なし
備考	プラントは断続的に操業されている。

- (a) 露天採掘操業のため採鉱損失は無視できるレベルである。
 (b) フル操業容量は鉱石の粒子の大きさによって異なる。粒子の10%が1mm未満の場合には10,000トン/日に達する。
 (c) 鉱石の24%で行われるヒープリーチングを含む。

ウラン産業の雇用

1996年末のFE鉱山の雇用人員は178人であった。

将来の生産センター

新規生産センターは検討されていない。

環境への配慮

1995年3月に、旧 Andujar ウラン製錬所の解体およびサイトの原状回復作業が完了した。この作業は、Empresa Nacional de Residuos Radiactivos 社(ENRESA)によって行われた。Andujar プラントは、1959年11月から1981年7月まで運転された。そして解体および原状回復が完了した1995年には、10年間にわたる監視計画が開始されている。この計画は、スペイン原子力安全評議会が、閉鎖の最終的な宣言を行うに当たって前提条件として設定したものである。

ENUSA 社の La Haba 生産センター(バダホス州)の捨石堆積場と加工プラントのデコミッションングは、1995年11月に承認された。同サイトにおける解体および原状回復作業は1996年から実施され、1997年の上半期に完了する予定である。当該物質は鉱さいダムに收容されており、その上に粘土の含有率が高い粘土と捨石の混合材を3~8mの厚さで被せ、さらにその上に土壌を被せた。露天掘りされた場所のデコミッションングは、植生の復元を含めて、1995年に行われた。

La Haba における解体および閉鎖作業が完了した後で、5年間の監視計画が設定されることになっている。これは、スペイン原子力安全評議会が設定した設計および建設規準の履行を確認するための措置である。

Saelices 生産センター(サマランカ州)では、旧 Elefante 処理プラントのデコミッションング・プロジェクトと、旧ヒーブリーチング作業場の堆積物の処理を行うプロジェクトが原子力安全評議会に申請されており、現在認可を待っている段階にある。

原子力安全評議会と産業・エネルギー省は、1950年代初めから1981年まで旧 Junta de Energía Nuclear 社(JEN)が操業した22ヶ所の旧ウラン鉱山の原状回復計画を認可した。これらの鉱山は、試掘または本格生産のために操業されたものであり、その鉱石は Andujar 製錬所で処理された。この22ヶ所のうち、16ヶ所はエストレマドゥラ自治区に、5ヶ所がアンダルシア地方に、1ヶ所がカスティリャーラ マンチャ地方にある。エストレマドゥラ自治区政府は1997年3月に、同自治区に存在する鉱山に関するデコミッションング・プロジェクトを承認し、作業は1997年半ばから開始されることになった。

ウラン生産の統計データに関する記述

長期的な能力

現在、新規生産センターの計画は考慮されていない。生産は、サラマンカ州の Saelices にある現時点で唯一操業中の鉱山において、スペインの RAR および EAR 資源を消費する形で継続されるものと考えられる。

ウラン必要量に関する記述

ウラン必要量

スペインには運転中の原子炉が9基あり、その合計定格容量は約7GWe 強となっている。延期されていた新規原子炉の計画は最終的に中止された。2000年までに新しい原子炉が発注されることはないと考えられる。

供給および調達戦略

市場条件が許す場合には、2000年あるいはそれ以降まで、現行の国内生産水準を維持する政策が採用されている。そうでなければ、主として輸入による調達が、契約ポートフォリオを多様化する形で実行される。

ウラン関連政策

ウラン輸入政策では供給源の多様化が計られる。スペインの法律では、ウランの探鉱および生産への門戸は国内外の企業に開かれている。

スウェーデン

ウラン探鉱

歴史的概観

ウラン探鉱は1950年～1985年に行われた。しかし1985年末には、世界市場でのウランの入手が容易で価格も低いことを理由に、探鉱活動は停止された。

スウェーデンには4つの主要鉱床区が存在する。最初のもはスウェーデン中央部のCaledonian山脈の縁辺部とスウェーデン南部の上部カンブリア系と下部オルドビス系の堆積岩中に位置する。ウラン鉱徴は層状で黒色(明礬:アラム)頁岩中に分布する。Ranstad 鉱床が位置するBillingen(Västergötland)の面積は500 km²を超える。

第2のウラン鉱床区であるArjeplog-Arvidsjaur-Sorseleは北極圏のすぐ南側に位置し、Pleutajokk 鉱床と20を超える鉱徴群からなる。それぞれの鉱徴は非調和で鉱脈型または鉱染型で、ソーダ交代作用に関連している。

第3の鉱床区はスウェーデン中央部のÖstersundの北に位置している。変成を受けたCaledonian山地内の先カンブリア系基盤岩のフェンスター内またはそれに隣接した場所で、いくつかの非調和的な鉱化作用が発見されている。

第4の鉱床区はスウェーデン北部のÅsele近郊に位置する。

最近および進行中の活動

スウェーデンでは現在、ウランを対象とした探鉱活動は行われていない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

スウェーデンには花崗岩質岩中に複数の小規模な資源(鉱脈型鉱床)が存在している。また明礬頁岩中にこれよりも大規模な資源が存在する。しかしこれらの鉱床は極めて低品位のもので、回収コストが\$130/kgUを超えるため、本報告の表には含まれていない。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

スウェーデンではEAR-IIまたはSRに関する見積りは行われていない。

ウラン生産

歴史的概観

1960年代に Ranstad の明礬頁岩型の鉱床から 200 tU が生産された。この鉱山では現在環境保護のための原状回復作業が実施されている。

生産能力の現状

スウェーデンは現在ウランの生産を実施しておらず、生産を行う計画もない。

環境への配慮

Ranstad 鉱山は 1990 年代に環境復旧された。オープンピットは湖に変えられ、鉱さい堆積場は頁岩鉱さいに含まれる硫黄から酸が形成されるのを防止するために、多層カバーで覆われた。現在、環境モニタリングプログラムが実施中である。

ウラン必要量

スウェーデンのウラン必要量は約 1,500～1,600 tU/年である。この必要量は、Barsebäck の2基の原子炉が予定よりも早く閉鎖されることから、1998 年には 100 tU、2001 年にはさらに 100 tU 低減する見込みである。

供給および調達戦略

電力事業者は、自社必要量の購入に関する交渉を自由に行うことができる。

ウラン関連政策

スウェーデンの政策は、ユーラトム条約に加盟していることから、同条約に沿う形で調整される。

ウラン在庫

35 TWh の発電量に相当する低濃縮ウラン、成形加工中の燃料および原子炉内の核燃料からなる備蓄により、輸入が停止した場合でも 22 ヶ月間は原子炉の運転を継続することができる。

ウラン価格

スウェーデンの電力事業者の場合、1994 年の核燃料の平均コスト(使用済燃料の処分を含む)は 0.038 SEK/kWh であった。このうち天然ウランに関するものは 0.007 SEK/kWh となっている。

スイス¹

ウラン探鉱

背景

スイス連邦政府は1979年6月に、ウラン探鉱活動を奨励するために150万フランの補助金を1980年～1984年にわたって投じることを決定した。1980年と1981年には民間企業1社によって約1,000mの坑道がAiguilles Rougesのヘルシニア系の山塊とその周辺の片麻岩類中に掘削された。現在までの限定的な作業では、品位が低く、地質的に極めて複雑な地域の鉱染状鉱化作用を規制する様々な要素を明確にすることはできなかった。

1982年に連邦政府はIserables南部の地表調査とNaters(バレー州)の試錐作業を支援した。1982年から1984年には、連邦政府の資金による5ヶ年計画の枠内で、バレー州西部のPenninic Bernhardデッケの起伏に富んだ地域でウラン探鉱が行われた。放射能調査および化学調査が、主として二畳系-石炭系の碎屑性堆積物や、それよりも古い片岩類(Nendaz統およびその下位のSiviez統)に対して実施されている。激しいアルプス造山運動によりウランは一般に岩石中に不規則に鉱染している。放射能異常はNendaz統の炭酸塩質や緑泥石質の岩相に限られると見られるが、その実質的な価値は確認されていない。

最近および進行中の活動

1985年から国内での全ての探鉱活動は停止している。しかし、民間企業は1983年から米国でのウラン探鉱活動(例えばArizona Strip)に参加している。

ウラン資源

スイスではウラン資源は報告されていない。

ウラン生産

生産能力の現状

スイスはウランを生産していない。

将来の生産センター

スイスには短期的に見て生産センターを設ける予定はない。

1 本報告書の情報は、主として1991年版レッド・ブックへの回答に基づいたものである。

ウラン必要量に関する記述

ウラン必要量

スイスでは、Beznau(1号、2号)、Muehleberg、Goesgen および Leibstadt の5基の原子炉が操業中である。1996年の定格原子力発電設備容量は合計で 3,055 MWe であった。1990年9月に国民投票が行われ、可能な限り早く原子力利用を段階的に停止するという提案は否決された。スイスの国民投票で原子力利用の段階的停止に反対する結果が出たのは、この10年間で3回目である。しかし同時に、この投票において、新しい原子炉の建設および運転を10年間禁止するという提案が認められた。

供給および調達戦略

スイスは同国が現在ウランを次の供給源の一つまたは複数から購入していると報告している。

- ・経営参加/ジョイントベンチャーによる生産
- ・長期契約
- ・スポット市場契約

2015年までの原子力発電設備容量

(MWe、定格)

1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2005年	2010年	2015年
3 055	3 055	3 117	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179	3 179

2015年までの原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2005年	2010年	2015年
481	537	499	452	430	479	470	470	581

ウラン関連政策

今回のレッドブックに関連して、スイスのウラン政策の変更は報告されていない。スイスはウランを生産しておらず、ウラン輸出も行っていない。またウランの調達は全面的に民間企業によって取り扱われており、公式の輸入政策はない。ウランの在庫については原子力発電所を運転している企業が、原子炉サイトにおいて1～2年分の燃料必要量に相当する新燃料集合体の備蓄を維持するという政策を立てている。

ウラン在庫

スイスは完成燃料集合体の形で1年分の必要量の在庫を報告している。

タイ

ウラン探鉱

歴史的概観

ウラン探鉱は王立タイ鉱物資源省(DMR)によって 1970 年代初めに実施された。ウラン鉱徴は砂岩および花崗岩などの様々な地質環境で発見されている。砂岩型鉱化作用はタイ北部コンケン県の Phu Wiang 郡に存在している。この地域では DMR が独自の調査を行ったほか、外国組織との協力による調査も実施された。花崗岩を母岩とする蛍石を伴うウラン鉱徴が、タイ北部のチェンマイ県 Doi Tao 地区とタク州の Muang 地区で発見された。これらの鉱徴が最も注目をされている。

タイでこれまでに実施された最も重要な探鉱活動は、1985 年から 1987 年にかけて完了した全国規模のエアボーン物理調査である。この調査は、カナダ国際開発局(CIDA)の請負業者として Kenting Sciences International Limited Canada 社が行った。

最近および進行中の活動

1994 年と 1995 年のウラン探鉱費は、それぞれ 115,900 米ドルおよび 119,200 米ドルである。1996 年にタイでウラン探鉱を行った政府機関または企業はなく、1997 年にも予定されていない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

Phu Wiang 郡でジュラ系の砂岩中に発見された小規模なウラン鉱徴は、カットオフ品位を 0.04 %U とした場合、約 1.5 tU のウランが含まれているものと見積もられている。この資源は \$130/kgU 以下で回収可能な RAR に分類される。

タイ北部の Doi Tao 地区と Om Koi 地区(チェンマイ県)の花崗岩分布域に、ある程度のウラン・ポテンシャルが存在するとみなされている。蛍石鉱脈内にウラン鉱物が同定され、0.2~0.25%U の分析値が得られている。EAR-I の見積りは、\$130/kgU 以下のコスト区分で約 2.0 tU となっている(カットオフ品位は 0.05%U)。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

未発見の在来型資源は報告されていない。

トルコ

ウラン探鉱

歴史的概観

トルコにおけるウラン探鉱は 1956 年～1957 年に開始され、その目的は酸性火成岩類や変成岩類の結晶質岩分布地域で鉱脈型鉱床を発見することであった。これらの活動の結果、いくつかのピッチブレンドによるウラン鉱化作用が発見されたが、これらは経済的な鉱床ではなかった。1960 年以降には結晶質岩類をとりまく堆積岩に対する調査が行われ、トルコの様々な場所で燐灰ウラン石や燐銅ウラン石の小規模な鉱体が発見された。1970 年代半ばには、地下水面下に黒色鉱石を伴う最初の潜頭鉱床が Koprubasi 地域で発見された。初期探鉱の結果、Central Anatolia の Yozgat-Sorgun 地域の新第三系堆積物中にウラン鉱化作用が発見された。

最近および進行中の活動

Anatolia 北西部の地表調査が継続され、1997 年 6 月には黒海の東側地域でのエアボーン調査が開始される。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

Salihli-Köprübasi 鉱床:

新第三系河川成堆積物中、10 鉱体で合計約 2,852 tU(品位は 0.04～0.05%U₃O₈)。

Fakili 鉱床:

新第三系湖成堆積物中。約 490 tU(品位は 0.05%U₃O₈)。

Koçarli (Küçükçavdar) 鉱床:

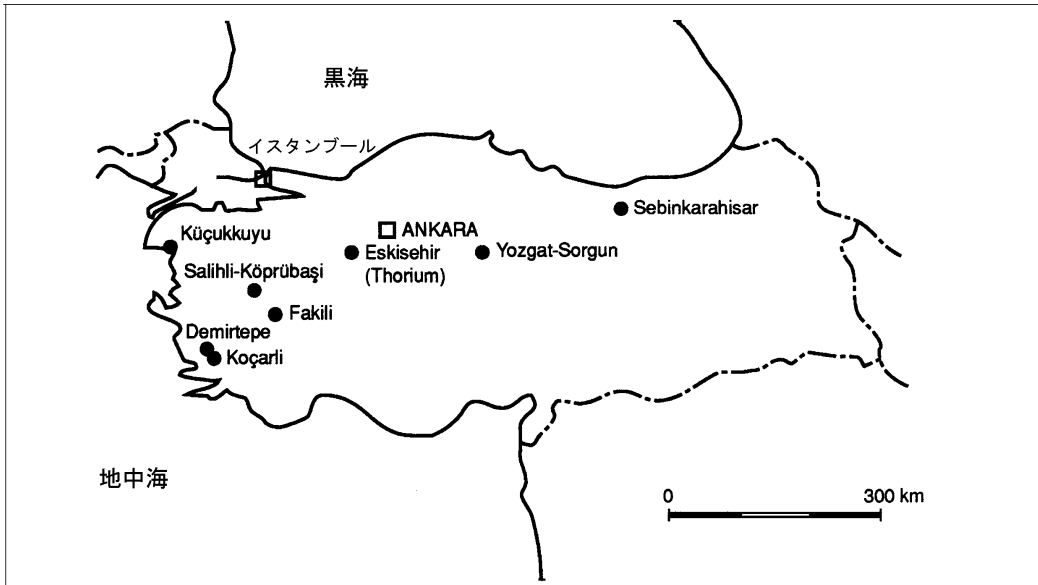
新第三系堆積物中。208 tU(品位は 0.05%U₃O₈)。

Demirtepe 鉱床:

片麻岩の破碎帯中。1,729 tU(品位は 0.08%U₃O₈)。

Yozgat-Sorgun 鉱床:

始新統のデルタ潟成堆積物中。3,850 tU(品位は 0.1%U₃O₈)。



トルコのウラン鉱床と鉱徴地

ウクライナ

ウラン探鉱

歴史的概観

ウクライナでは 1944 年に商業的なウラン鉱床の探鉱が開始された。探鉱活動はサンプル、試錐岩芯、アクセス可能な鉱山現場の放射能調査から始められた。政府の特別な決定に従って、全国各地の試錐孔でガンマ線測定器を用いた検層が実施された。これらの活動により、1945 年には Pervomayskoye 鉱床が、1946 年には Zheltorechenskoye 鉱床が発見されている。この2つの鉱床は Krivoi Rog 堆積盆地の鉄質岩のアルカリ交代作用に関連したものである。瀝青炭やペグマタイト類中の鉱床、ウクライナ楕状地の被覆堆積層中にある小規模な鉱床など、その他のタイプの鉱床が確認された。堆積岩を母岩とする鉱床はインシチュリーチングに適したものであった。

最初の商業的なウラン鉱床(Michurinskoye)は 1964 年に発見された。これはウクライナ楕状地の花崗-片麻岩コンプレックスのアルカリ交代作用と破碎帯に関連した鉱床である。この新しいタイプの鉱床を対象として探鉱が進められた結果、Kirovograd ウラン鉱床区が発見された。

初期には、国の地質調査企業「Kirovgeology 社」が設立され、ウラン探鉱と開発の責任を負った。Kirovgeology 社の地質調査部局はまず初めに世界の既知ウラン鉱床との類似性を基に特定された最有望地域内でウラン探鉱を行った。

その後、ウクライナと旧ソ連の科学地質部局は、さらに評価が必要な最有望地域を選択した。特殊な放射能調査法、一般的な物理探査法、放射線水理地質調査法および試錐調査がウラン探鉱に利用された。

ウクライナで発見されたウラン鉱床は規模が大きい。この特徴は、鉱床開発および採掘にとって好都合なものである。これらの鉱床の平均ウラン含有量は 0.2%以下となっている。

最近および進行中の活動

現在、新鉱床発見の可能性が高いと思われる地域を対象に 5 万分の 1 の特別な地図を作成中である。有望地域には、ウクライナ楕状地のうち、厚さが 20~100m あるいはそれ以上の比較的新しい堆積層で覆われた地域が含まれる。有望性の高い地域の初期評価には、一般的な物理探査法(重力、磁気および電気探査、さらに同位体調査)および広範な特性調査のための試錐が利用されている。Kirovgeology 社は、有望地域の地質構造図を作成した後、直接探鉱試錐を開始する。このやり方が現状では最も効果的であることがわかっている。

1995 年~1997 年には、探鉱活動の対象は生産コストの低い鉱床に絞られた。これには、鉱石品位の高いものや、ウラン-レアメタルの複合鉱化作用を有するものが含まれる。活動は主としてウクライナ楕状地の結晶質岩や変成岩に対して進められている。

1996 年~1997 年には、Krivoi Rog 堆積盆地北部で鉄鉱石の探鉱が行われ、厚さ 6.7m で含有率 1.2%U のウラン鉱化作用が確認された。鉱化作用は交代された片岩-珪岩の母岩内の鉱脈に胚胎する。地質調査企業 Kirovgeology 社がこの地域の評価を進めている。

1994 年~1996 年には、153,820~155,000 m の試錐活動が進められた。1997 年にも同規模の活動が計画されている。試錐孔の数は、1994 年には 1,670 本だったが、1996 年には約 1,300 本に低下した。1997 年には 1,300 本が予定されている。

ウラン探鉱試錐活動 - 国内

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府機関による地表試錐(m)	153 820	154 000	155 000	155 000
政府機関による試錐孔数	1 670	1 250	1 300	1 300

ウラン資源

在来型既知資源(RARおよびEAR-I)

1997 年 1 月 1 日現在の RAR および EAR-I の見積りは、前回の報告書と比較して若干の相違しかない。1997 年 1 月 1 日現在、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な RAR は合計で 84,000 tU であり、そのうち 45,600 tU が \$80/kgU 以下で回収可能となっている。したがって 80/kgU 以下のコスト区分の RAR では 3,000 tU 増加したことになる。資源見積りは原位置資源として表わされている。

\$130/kgU 以下で回収可能な EAR-I は 47,000 tU であり、そのうち 17,000tU が \$80/kgU 以下で回収可能となっている。したがって \$80/kgU および \$130/kgU の両方のコスト区分で 3,000 tU の減少になる。資源見積りは原位置資源として表わされている。ウクライナでは、\$40/kgU 区分の RAR および EAR-I の見積りは作成されていない。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	45 600	84 000

* 原位置の資源として。

推定追加資源-区分 I *

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
0	17 000	47 000

* 原位置の資源として。

以下に示す「ウクライナで確認されているウラン鉱床」と題された表には、各鉱床の資源区分に関する情報は含まれていない。合計は前述の RAR および EAR-I の合計と一致していないが、ウクライナの鉱床タイプに関する情報を提供する目的で示した。

この表によると、資源(合計で 135,500 tU)の 76%は曹長岩型の Vatutinskoye、Severinskoye および Michurinskoye 鉱床に賦存しており、11%はペグマタイト鉱床に、7.5%はインシチュリーチング技術が利用可能な砂岩型鉱床に、そして残りの 6%は礫岩、瀝青および Riphean 鉱床タイプに賦存している。

ウクライナで確認されているウラン鉱床

鉱床名	操業中の鉱山	鉱床タイプ	資源量*(1,000tU)
1. Vatutinskoye	Vatutinskii 鉱山	曹長岩	25.5
2. Severinskoye		曹長岩	50.0
3. Michurinskoye	Ingul'skii 鉱山	曹長岩	27.0
4. Zheltorechenskoye		曹長岩	0**
5. Pervomaysskoye		曹長岩	0**
6. Lozovatskoye		ペグマタイト	2.3
7. Kalinovskoye		ペグマタイト	7.6
8. Yuzhnoye		ペグマタイト	5.1
9. Nikolokozelskoye		礫岩	2.1
10. Nikolayevskoye		Riphean***	1.8
11. Berekskoye		瀝青	0.7
12. Krasnooskolskoye		瀝青	0.7
13. Adamovskoye		瀝青	2.7
14. Sadovokonstantinovskoye		砂岩	0.7
15. Bratskoye		砂岩	0**
16. Safonovskoye		砂岩	3.5
17. Devladovskoye		砂岩	0**
18. Novoguryevskoye		砂岩	1.7
19. Surskoye		砂岩	1.1
20. Chervonoyarskoye		砂岩	0.5
21. Markovskoye		砂岩	2.5

* 資源カテゴリーとして定義されていない。

** 終掘した鉱床。

*** Riphean は先カンブリア系の最も新しい地質時代に相当する。

未発見の在来型資源(EAR-IIおよびSR)

未発見の資源(EAR-II および SR)は合計で 241,000 tU であった(前回のレッドブックでは 235,000 tU となっている)。この 241,000 tU のうち、10,000tU だけが\$130/kgU 以下で回収可能な EAR-II に分類されており、残りの 231,000 tU はいずれのコスト区分にも入れられていない SR と報告されている。

未発見資源の大部分は、以下のタイプの鉱床に賦存すると推定される: 曹長岩(133,500 tU)、ペグマタイト(15,000 tU)、瀝青(16,500 tU)、ウクライナ楕状地の堆積被覆層(20,000 tU)、不整合関連型と目される鉱床(20,000 tU)、網状鉱脈型(30,000 tU)。残りの 6,000 tU の未発見資源のコスト区分についての正確な情報は入手していない。

推定追加資源-区分 II*

(tU)		
コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
未入手	未入手	10 000

* 原位置の資源として。

期待資源*

(tU)

コスト区分 <\$130/kgU	コスト区分に入れていない	合計
未入手	231 000	231 000

* 原位置の資源として。

ウラン生産

歴史的概観

ウクライナのウラン採鉱/製錬産業は 1946 年にソビエト人民院の特別令によって設立された。それ以来、計 21 のウラン鉱床が発見され、評価が行われた(地図を参照)。最も重要な鉱床は Vatutinskoye、Severinskoye および Michurinskoye である。しかしウクライナにおける最初のウラン生産は、現 Zheltiye Vody 市の近くの鉄鉱石鉱山と関連して実施された。

ウラン生産センターの規模・内容

生産センター名	Zheltiye Vody
生産センターの分類	現存
操業状態	操業中
操業開始年	1959 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	90%は Ingul'skii 鉱山/Michurinskoye 鉱床 10%は Vatutinskii 鉱山/鉱床 曹長岩
鉱山 ・タイプ(露天/坑内/インシチュリーチング) ・規模(日産鉱石トン) ・平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石トン) ・平均製錬実収率(%)	Zheltiye Vody AL/IX および SX 未入手 90
定格生産容量(tU/年)	1,000
拡張計画	容量を倍増して 2 000 tU/年にする計画

ウラン生産のため、2つの大規模生産センターが設置された。すなわち、Zheltiye Vody の東部採鉱/製錬所(通称 VostGOK)と、「Prydniprovsky 化学工場」(略称 P.Ch.Z)である。VostGOK は現在、Kirovograd 地方の Kirovograds および Smolino 近くの坑内採掘鉱山を運営している。

Prydniprovsky 化学工場の所在地は、Dneprovsk 地方の Dnieprodzerzhinsk である。この工場は 1947 年から 1990 年までウラン生産を行った。現在は、原子力産業のためにウラン以外の金属と、様々な物質および化学物質の生産を行っている。1990 年にウラン生産が停止されるまでに 3,300 万トンを超える鉱さいを産出した¹。同ブ

¹ Rudy, C.『ウラン製錬および採鉱活動地域における環境復元プロジェクトに関するウクライナの提案』(1995 年 4 月 24～28 日にウィーンで開かれた RER/9/022 計画会議のための現状報告とプロジェクト提案)、ウクライナ環境保護・原子力安全省、原子力・放射線安全問題に関する同大臣の特別顧問。

ラントはもともと中欧から運ばれたウラン鉱石を処理するために建設されたもので、後にはウクライナで採掘された鉱石を処理した。

1959年には、ウラン専門に開発された鉱山を利用して、ウクライナにおける最初のウラン生産が、坑内採掘によって開始された。同年、Zheltiye Vody 湿式製錬所の操業が開始された。1960年代半ばにはインシチュリーチングによるウラン生産が地表から掘り下げられた坑井を用いて開始された。

ウラン採鉱

現在、2つの鉱山でウラン鉱石が生産されている(Ingul'skii および Vatutinskii)。2000年以降に、Severinskoye 鉱床で第3の鉱山を開発し、生産を開始する計画がある。現在のウラン生産量の約90%が、Michurinskoye 鉱体を対象とした Ingul'skii 鉱山に由来する。生産量の残りの10%は Smolino 近くの Vatutinskii 鉱山のものである。以前は、Kirovograd 近くの Pervomayskoye 曹長岩型鉱床で採掘が行われていたが、この鉱山は鉱石が枯渇したため閉鎖された。また以下で詳述する Devladove、Bratske、Safonovskoye の3つのサイトでは、以前はインシチュリーチング採鉱も行われていた。

Michurinskoye 鉱体

Michurinskoye 鉱体は1964年に水井戸掘削の際に発見された。Kirovgeology 社は1965年に採鉱を行い、1967年に Ingul'skii 鉱山の開発を開始した。

ウラン鉱床は北西-南東方向に伸びる長さ数100 km、幅約10 kmの主構造帯内に存在する。この構造帯は強い変位作用と変形作用を受けている。鉱石は片麻岩、花崗岩および交代曹長岩の不均一な混合岩体中に胚胎する。

鉱石帯は厚さ約10 m、長さ1 kmで、深度1.5 kmまで延長している。鉱石品位は深くなるにつれて低下し、最良品位部は地表下90~150 mに存在する。ウランの60%はブラネライトとして、残りの大部分はピッチブレンドまたは閃ウラン鉱として分布する。ウラノフェンとコフィン石が少量存在する。鉱石形成温度は200~400°Cであり、鉱化年代は16億5,000万年~17億年前である。

Ingul'skii 鉱山

Ingul'skii 鉱山が、Michurinskoye 鉱体の採掘を行っている。主立坑は Kirovograd 市から2 kmに位置する。

現在の生産量は年間100万鉱石トンを下回っている。当初は、鉱石量を1,910万鉱石トンとして、25年間にわたり年間100万鉱石トンを生産する計画であった。鉱山の生産は1971年に開始された。1976年には目標水準である100万トン/年に到達し、1989年までこの水準が維持された。

鉱石は約30の鉱化帯に分布している。計画鉱石量は、当初1,910万鉱石トンだったが、1967年以降に700万鉱石トンが確認されたことで増加した。1995年1月1日現在の埋蔵量はカットオフ品位を0.03%Uとして約1,300万 tU(注:原文とおりの数字)あった。原位置品位は約0.1%Uである。採掘の際のズリ混入率は約29%となっている。品位は鉱山内で鉱車サイズのロットでの放射能選鉱を行うことにより、0.1~0.2%Uに高められる。

鉱山へのアクセスは直径7 mの2本の立坑(北立坑と南立坑)で行われる。鉱石は容量11トンのスキップ2台を用いて北立坑から引き上げられる。南立坑は作業員や供給資材の運搬や、技術的なアクセスに用いられる。通気立坑は480 m³/秒の通気を供給する。主要採鉱レベルは約60~70 mの間隔をおいて、90、150、210、280および350 mで展開されている。

鉱石は穿孔と発破作業(埋戻し作業を伴う)による在来法で採掘される。鉱山は3交替制で操業され、人員は約850人である。大型の鉱石塊は採掘の便宜のために高さ10~12 mの塊に分けられる。テスト孔のリングは4~5 m間隔で掘削される。発破の後、鉱石は中段坑道での鉱車運搬のために積込みポケットまで運ばれる。鉱石は電車で主要立坑まで運ばれ、そこで破碎されてから地表に引き上げられる。

Severinskoye 鉱床

Severinskoye 鉱床は Michurinskoye 鉱床から約20 kmに位置し、将来の採掘(2000年以降)を目的とした評価が

進められている。この鉱床は 68,400 tU の RAR および EAR-I を伴う最大級の鉱床であり、平均品位は約 0.1%U である。これらの資源は \$80～\$130/kgU のコスト区分に属している。20%は C2 クラス、80%は A、B および C1 クラスである。この鉱床は 1974 年～1980 年に 40 km を超える試錐によって探鉱された。開発は行われていない。

Zheltiyе Vody 湿式製錬所

Zheltiyе Vody 湿式製錬所(または製錬所)は VostGOK 社が運営している。1958 年に建設が開始され、1959 年 1 月に製錬所は生産を開始した。この製錬所の設計容量は 100 万鉱石トン/年だが、最近数年間は、容量の半分で操業している。この製錬所は、1シフト当たり合計 30～35 人で運営されている。

鉱石は Kirovograd(西に 100km)にある Ingul'skii 鉱山と、Beriozovka 近くの Smolina(西に 150km)にある Vatutinskii 鉱山の2ヶ所から専用列車で同製錬所へ運ばれる。鉱石の 90%は Kirovograd に産する。摩鉱・スパイラル分級の後、オートクレーブでの硫酸浸出が行われる。浸出条件は 20 気圧、150～200℃で、滞留時間は4時間である。酸消費量は 80kg/鉱石トンとなっている。

パルプ内イオン交換樹脂でウランが回収される。硫酸と硝酸の混合液で溶離の後、ウランを含む溶液は溶媒抽出により更に濃縮・精製される。沈殿にはアンモニアガスが用いられる。脱水された沈殿物を 800℃で燃焼し、暗色の最終製品を生成する。1994 年までにこの大型の Zheltiyе Vody 製錬所ではウラン処理操業から 4,110 万トンの鉱さいを生み出した(Rudy, ibid)。

VostGOK 社は、Zheltiyе Vody にある硫酸プラント(年間生産容量 100 万トン)を操業している。酸はウラン生産のみならず、農業用リン酸塩肥料の製造にも用いられている。1995 年半ばで、同プラントは年間約 40 万トンの酸を生産した。VostGOK 社は、ウランに伴って得られる副産物であるスカンジウムを生産を目的として、外国パートナーとの合弁事業を行っている。

インシチュリーチング

Devladove、Bratske および Safonovskoye サイトで、インシチュリーチングによるウラン生産が行われた²。採鉱は、1966 年～1983 年に、酸リーチングを用いて実施された。ウランは、深度約 100 m に存する砂岩を母岩とする鉱床から回収された。詳細な情報は前回のレッドブックに記載されている。

ウラン産業の所有構造

ウクライナにおける核燃料サイクル関連活動のすべては、政府によって組織、運営および所有されている。1997 年以前には、すべての活動は「原子力利用国家委員会(GOSCOMATOM)」の下で実施されていた。1997 年には、新設されたウクライナ・エネルギー省に、ウラン探鉱および生産の責任が移された。またウラン産業の地質部門も再編成された。

国の地質調査企業 Kirovgeology 社は、フルスケールの生産に至るあらゆるウラン探鉱および開発活動の責任を負っている。この組織は地質・天然資源利用国家委員会の下部組織である。Kirovgeology 社の本部はキエフにあり、ウクライナの全有望地域を対象としたウラン探鉱を実施するために、6つの地方事務所(「調査隊」)を保有している。

VostGOK は、エネルギー省の下部組織であり、ウクライナにおけるウラン探鉱と製錬の責任を負っている。VostGOK は探鉱および製錬活動を支えるため、大規模な硫酸プラントを操業、エネルギーおよび電力供給を管理し、鉄道輸送部門と2つの地質調査隊を備え、採掘装置や予備部品の製造を行っている。

環境への配慮

2 Bakarjiev, A.Ch., O.F.Makivchuk & N.I.Popov. 『ウクライナのウラン鉱床の鉱業タイプとその資源量』(1995 年 5 月 22～26 日にウクライナのキエフで開催された IAEA の「ウラン鉱床の開発、探鉱、資源および需給関係における最近の変化と出来事」に関する技術委員会に提出された文書)。

ウクライナではウラン生産に伴う廃棄物の蓄積により、環境に悪影響が生じている。こうした影響は、主として湿式製錬処理で発生した廃棄物が置かれている鉱さい処分地域に関連するものである。その他の影響としては、ウラン採掘地域内に存在する、放射能を帯びた鉱石の選鉱に伴って生じる捨石、低品位鉱石および鉱さいに関連するものがある。現在のところ、ウクライナにデコミッション中の鉱山はない。

1996年にウクライナは新憲法を発布し、これによって環境復旧活動を実行する上での新たな法的基盤が設定された。新しい法律により、以下に関する規則が設定された。

1. 原子力利用および放射線安全。
2. 放射性廃棄物管理。
3. 整理および閉鎖に伴う浄化活動、産業活動の方針変更と企業の採鉱活動の恒久的な閉鎖、放射能を帯びた鉱石を用いた処理および事業(SP-LKP-91)。

現在、VostGOK社によって、ウラン製錬鉱さいによって汚染された Zheltiy Vody サイトの浄化および環境復旧計画が進められている。この計画は、1995年7月8日にウクライナの閣議により決定されたもので、汚染された土地の浄化および整理、建屋内のラドン濃度の低減、市内における環境モニタリングの実施の基礎となっている。

政府による「ウクライナ原子力産業施設の放射線防護改善計画」も設定されている。この計画は、ウクライナにおけるウラン採掘・製錬に関連するすべてのサイトおよび環境問題を対象としており、予算は3億6,000万米ドルである。この計画は、汚染された土地の除染、環境モニタリング、必要に応じた従業員モニタリング・システムの導入、そして廃液、ウランを含む捨石、汚染された設備および土地の処理技術の向上を扱っている。また国の規制・規則の改善、計画に対する科学および設計面での支援、そしてこの計画に関する国際機関との連絡も扱っている。

ウラン必要量

ウクライナの原子炉関連ウラン必要量は、1995年の原子力発電設備容量(12,880 MWe)に基づくものである。設備容量は徐々に増加して、2010年には15,880 MWeに達することになる。しかし2015年に関する情報は入手していない。

これに伴い、年間ウラン必要量は1995年の2,310 tUから、1997年には2,640 tU、2010年には2,790 tUに増加すると予想される。

原子力発電設備容量

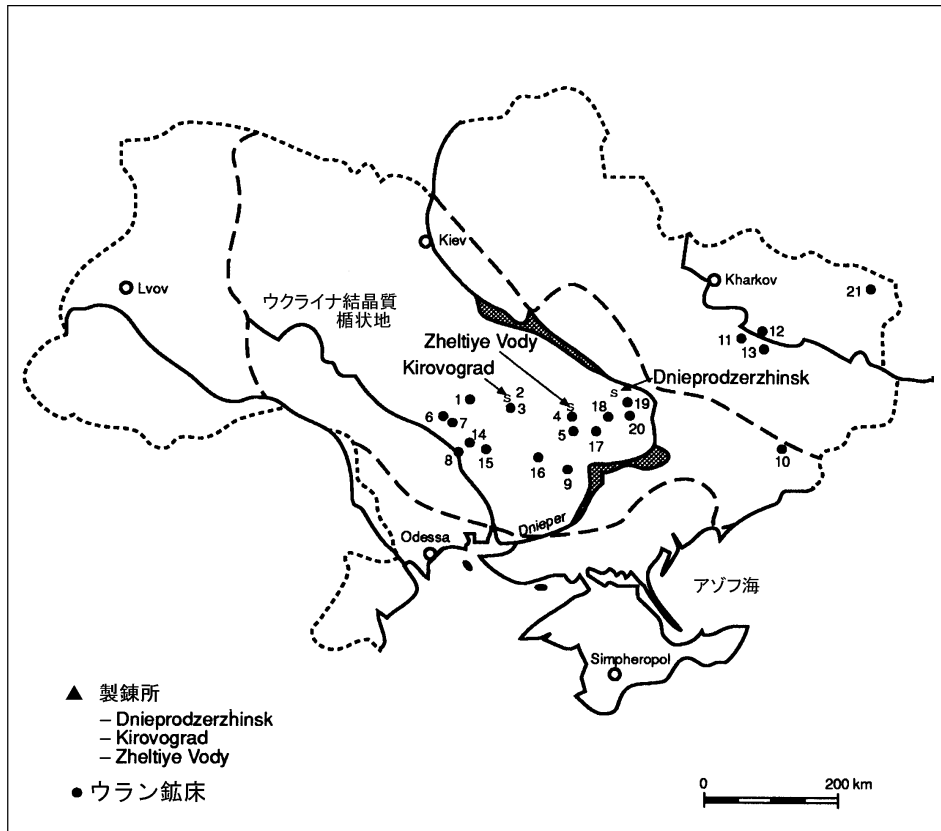
(MWe、定格)

1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2005年	2010年
12 880	13 880	13 880	14 880	15 880	15 880	15 880	15 880

原子炉関連年間ウラン必要量

(tU)

1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2005年	2010年
2 310	2 490	2 640	2 350	2 790	2 820	2 890	2 790



- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1. Vatutinskoye | 12. Krasnooskoye |
| 2. Severinskoye | 13. Adamovskoye |
| 3. Michurinskoye | 14. Sadvokonstantinovskoye |
| 4. Zheltorechenskoye | 15. Bratskoye |
| 5. Pervomaysskoye | 16. Safonovskoye |
| 6. Lozovatskoye | 17. Deviadovskoye |
| 7. Kalinovskoye | 18. Novoguryevskoye |
| 8. Yuzhnoye | 19. Surskoye |
| 9. Nikolokozelskoye | 20. Chervonoyarskoye |
| 10. Nikolayevskoye | 21. Markovskoye |
| 11. Berekskoye | |

ウクライナのウラン鉱床

供給および調達戦略

ウクライナで操業中のウラン生産施設は、同国の原子炉必要量の 50%を供給している。ウラン精鉱はすべて、ロシアに送られて転換、濃縮および燃料成形加工される。ウランの不足分はロシアからの購入によってまかなっている。

ウクライナはウラン必要量を 100%まかなえるよう、ウラン供給能力の増強を計画している。この計画には、ウラン探鉱から生産に至る様々な活動の大幅な増強が必要である。

さらにウクライナ政府は、2010 年までにウクライナに完全な燃料サイクルを確立することを目指した計画を発表した。これには、独自の燃料成形加工能力の確立も含まれる。

ウラン在庫

ウクライナにはウラン在庫はない。

イギリス

ウラン探鉱

最近および進行中の活動

過去の系統的な探鉱にもかかわらず、イギリスでは重要なウラン資源は発見されていない。1983 年以降、国内探鉱活動は停止している。外国では民間企業が当該国に設立した子会社や系列組織(例えば Rio Tinto グループのメンバー企業)を通じて探鉱活動を継続している。1988 年から 1996 年末までの国内探鉱に関する民間支出は報告されておらず、また国内または外国での探鉱に関する政府支出も報告されていない。

ウラン資源

1800 年代に Cornwall でスズの抽出に伴って副次的なウラン採掘が行われていたが、イギリスではウラン鉱床は発見されていない。しかしイングランド南西部の金属鉱床区とスコットランド北部の2地方には、ある程度のウラン資源が存在すると信じられている。イギリスのウラン資源に関するより詳細な情報については、1989 年版レッド・ブックを参照のこと。1980 年以降、イギリスのウラン資源の地質的な再評価は実施されておらず、この時点以降に顕著な発見はなされていない。確認資源(RAR)と推定追加資源-区分 I(EAR-I)は事実上皆無である。原位置の推定追加資源-区分 II(EAR-II)と期待資源(SR)は少量存在する。

ウラン生産

生産能力の現状

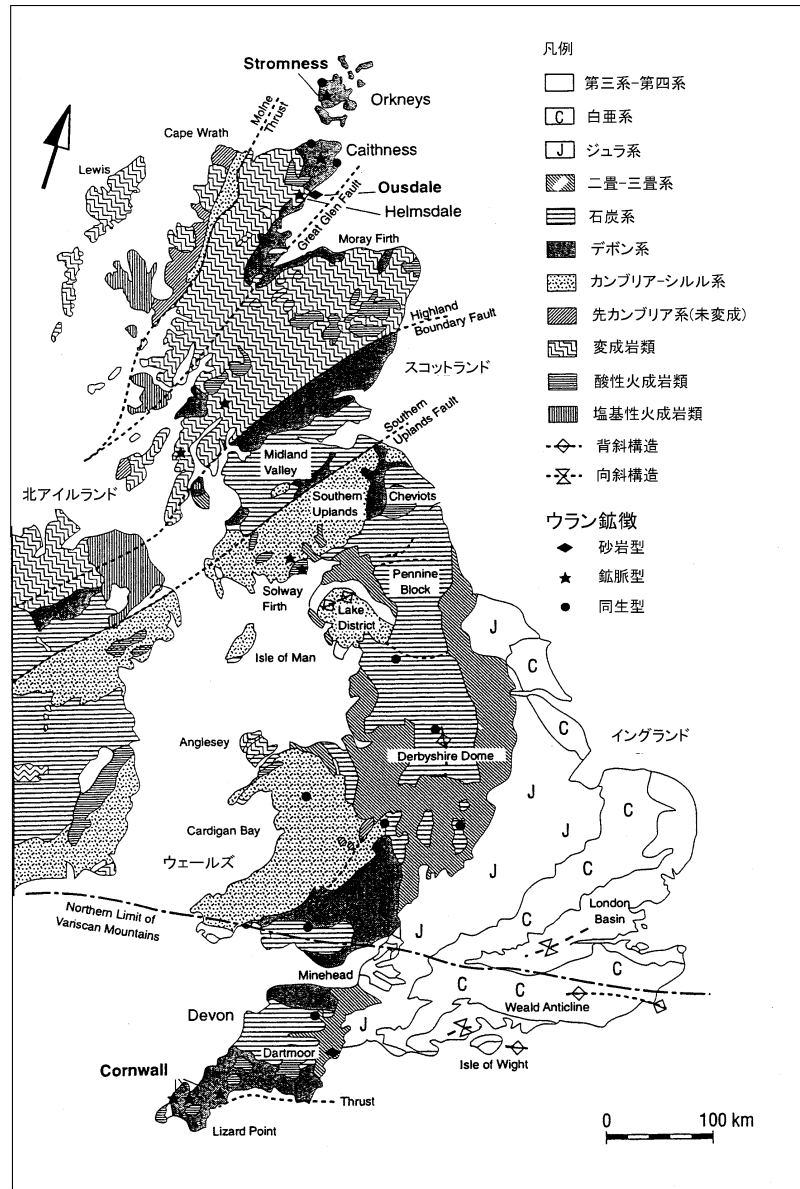
イギリスはウラン生産国ではなく、かつウラン輸出国となる可能性はない。

ウラン必要量

1996 年末現在、イギリスでは 35 基の原子炉が運転中であり、その合計定格発電容量は 12.8 MWe であった。1996 年には、約 86 TWh の発電が行われたが、これは 1995 年に対して約 6%増であり、イギリスで消費された総電力の約4分の1を超えている。

BNFL の Thorp 再処理コンプレックスはフル操業体制に向けて増強されており、現在、試運転段階からフル操業体制への移行過程にある。プラントのすべての部分に対して実際の操業条件下でのテストが完了しており、主要なすべての燃料タイプの再処理が行われている。BNFL は 1996 年 12 月 18 日に操業に関する最終承認を申請した。

Thorp に隣接した場所で Sellafield 混合酸化物(MOX)燃料プラント(リサイクルされたウランとプルトニウムを用いて燃料の成形加工を行う工場)の建設が進んでおり、1997 年末に完成の予定である。建設および土木工事は完了し、現在は主要プラント設備の据付が進められている。



イギリスのウラン鉱徴地

イギリスに本部を置く遠心分離濃縮業者である Urenco 社は、1975 年から引渡しを行っており、1996 年には引渡し量が 3,000 万 SWU に達した。注文量の増加に対応するため、Urenco 社は同社の Capenhurst サイトの容量拡張を進めている。完成時には、同サイトの容量は約 30% 増となる。開発の第1段階は 1997 年末に終了する予定であり、全面的に終了するのは 1999 年初めの予定である。

岩石特性調査を行う Nirex 地下研究施設の建設計画の許可申請に関する公聴会は、1996 年 2 月に終了した。この施設では、Nirex 調査の次の段階として、BNFL の Sellafield プラントに隣接したサイトが低・中レベル放射性廃棄物の深地層処分場候補地として適格かどうかを調査するはずだったが、1997 年 3 月に当時の環境相が「Sellafield に隣接したサイトに当該施設を建設する許可は発給しない」と発表している。現在の状況は評価が行われているところである。

供給および調達戦略

原子力産業に対する前政権のレビュー「イギリスにおける原子力発電の展望」(1995 年 5 月発行)では、その結論部分において、イギリスの改良型ガス冷却炉(AGR)および加圧水炉(PWR)を 1996 年中に民間部門に移管すべきだと述べている。また同書は、マグノックス原子力発電所は公共部門に残すべきだとしている。

この民営化の準備のため、1996 年 3 月 31 日に原子力発電産業の再編成が行われた。持株会社である British Energy(BE)社と、2つの子会社が設立された。それは、イングランドとウェールズで PWR および5基の AGR 発電所を運転する Nuclear Electric 社と、スコットランドで2基の AGR 発電所を運転する Scottish Nuclear 社からなる。

公共部門に残る6基のマグノックス発電所は、Magnox Electric 社が運営している。同社は別に経済的な供用寿命に達した3基の発電所のデコミッションングを行っている。「原子力レビュー」は、Magnox 社を最終的には BNFL と合併するよう提案しており、このための作業が進められている。

1996 年 9 月に政府は、イギリス原子力公社(UKAEA)の商業部門であった AEA Technology 社の民営化を無事完了した。この民営化の際に、UKAEA の原子力資産の所有権および安全管理責任、そして核融合研究など、政府が担当する方が適切ないくつかの職務は公共部門に残されている。

BNFL は 1996 年 4 月から Scottish Nuclear 社の調達責任を引き受けている。BNFL のために一定範囲のウラン事業(Scottish Nuclear 社および BNFL を対象とした調達責任を含む)の管理、開発を履行する目的で、BNFL Uranium Asset Management(UAM)社が設立された。UAM 社は BNFL の 100% 子会社である。一方 Nuclear Electric 社は、自社のウラン調達取り決めを自己責任で継続することになる。

イギリスの現政権は 1997 年 5 月に政策綱領を発表し、その中で、同政権は新規原子力発電所の建設に経済的な根拠はまったく存在しないものと考えており、また現在その建設のために公共資金を使用することは正当化されないとと思われると述べた。新規原子力発電所の建設というオプションは依然として残されているが、新規発電所が設置されるかどうかは、商業面での判断に基づき、民間部門が決定することになる。

供給および調達については、「余剰在庫が存在する間はこれを利用し、可能な限り低コストの供給を維持しながら供給の多様化を図る」という戦略が維持されている。

ウラン政策

イギリスのウラン政策に関する変更は報告されていない。民間および外国企業の参入についての現行政策に関しては、「1946 年英国原子力法」が国務大臣(運輸・産業相)にイギリス国内のウラン資源に関連する広範な権限を与えている。この権限としてはとくに、情報の収集(第4項)、代償を伴わない鉱物探掘権の取得(第7項)、代償の支払いを伴うイギリスで探掘されたウランの取得(第8項)、さらにウラン操業の管理または条件に関する許認可手続きの導入(第 12A 項)などが挙げられる。

イギリスにおけるウランの探鉱、生産、マーケティング・調達および外国での探鉱活動に関して、外国および民間からの参入を規制する特別な政策は設けられていない。イギリスには国としての備蓄政策はなく、電力事業者は独自の政策を自由に展開できる。

ウランの輸出は、1939年「輸出入および関税権(保護)法」[the Import, Export and Customs Powers (Defense) Act 1939]の下で設定された「1970年修正商品輸出(管理)規則」[the Export of Goods (Control) Order 1970](SI No.1288)に従う。

ウラン在庫

先に述べたようにイギリスでの備蓄は、関連する各組織の責任において行われる。実際の在庫水準は企業秘密となっている。

ウラン価格

イギリスではウラン価格は企業秘密となっている。

米国

ウラン探鉱

歴史的概観

1947年から1970年にかけて、米国政府が必要とするウラン調達、軍事用の原子力開発の継続、原子力平和利用の研究開発の促進を担当する米国原子力委員会(AEC)によって、米国における民生分野のウラン探鉱および生産産業の発展が促された。しかし1957年後半には、民間企業が探鉱活動を増強して新鉱床からの生産を行うようになったため、AECのウラン探鉱活動は停止された。政府は国家政策オプションの評価や基本情報を確保する必要性に基づき、民間ウラン産業の探鉱および開発活動の監視と、ウラン埋蔵量および資源の定期的な評価計画を継続した。

米国産業界による探鉱活動は1970年代に急拡大した。その要因としては、ウラン価格の上昇、そして民生発電所用原子炉の建設または計画数が急増し、その燃料を供給するために大規模なウラン需要が実現すると予測されたことが挙げられる。1978年には地表試錐掘進長(探鉱および開発)がピークに達し、14,700 kmの掘削試錐が実施された。1966年から1982年に、米国内では新規ウラン鉱床を発見するために合計で約116,400 kmの地表試錐が実施されている。また1983年から1996年までに、さらに8,380 kmの地表試錐が行われた。地表試錐はウラン鉱床を明らかにする主要手段であり、年間総掘進長は探鉱活動の規模を知る上で恰好の尺度である。

米国における探鉱は、主として砂岩を母岩とする鉱床を対象として行われてきた。これらの鉱床は、コロラド高原地方のGrants Mineral BeltやUravan Mineral Belt、またWyoming堆積盆地およびテキサス州のGulf Coastal Plain地方に存在する。また鉱脈型およびその他の構造規制を受けた鉱床の開発が、コロラド州のFront Range、ユタ州のMarysvale周辺、ワシントン州北東部で行われている。1980年以降は、ネブラスカ州北西部で砂岩を母岩とする大規模な鉱床の探鉱が実施されている。またアリゾナ州北部でブレッチャパイプ構造に関連する比較的高品位の鉱床が採掘されている。1980年代初めにバージニア州で大規模な鉱床が発見されたが、同州がウラン探鉱を一時停止する措置をとったために、開発は行われなかった。

最近および進行中の活動

1996年に米国で行われた地表試錐(探鉱および開発)は合計で928 kmであり、1995年の合計と比較して126%増であった。1996年の合計には、インシチュリーチング、坑内採掘および露天採掘鉱山プロジェクトにおいてウラン生産管理のために実施された試錐は含まれていない。

1996年に関して米国企業が報告した探鉱費は1,010万米ドルをわずかに下回るレベルであり、1995年に報告された額より67%増加している。総探鉱費のうち、「その他の探鉱」が250万米ドル(25%)、「地表試錐」が715万米ドル(71%)、「土地購入」活動が40万米ドル(4%)を占めている。1996年に米国政府は探鉱費を支出しなかった。米国の探鉱活動に参加した外国からの探鉱費は442万米ドルで、これは総探鉱費の約44%に相当する。

1996年末現在、米国において国内外の企業がウラン探鉱に利用している土地の総面積は約1,166 km²である。1996年にウラン企業は探鉱のために約146 km²を購入した。これは1995年に購入された土地の合計のほぼ5倍に当たる。米国政府はウラン探鉱用の土地を保有しておらず、そのための財政的支援も提供していない。

ウラン探鉱費と試錐活動 - 国内

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
民間探鉱費	3 654	6 009	10 054	未入手
政府探鉱費	675	0	0	-
探鉱費合計(1,000 米ドル)	4 329	6 009	10 054	未入手
民間による地表試錐(m)*	200	411	928	未入手
民間による試錐孔数	996	2 312	4 695	
政府機関による地表試錐(m)	-	-	-	-
政府機関による試錐孔数	-	-	-	-
地表試錐合計(m)	200	411	928	未入手
試錐孔数合計	996	2 312	4 695	未入手

* 1,000m 単位で四捨五入。

ウラン資源

在来型既知資源(RAR)

1997 年 1 月 1 日現在の米国の \$80/kgU 区分に属する RAR の見積りは 11 万 tU であり、1995 年版レッドブックに記載されている同区分の資源量より約 2,000 tU 減少している。1996 年末における \$130/kgU 区分に属する RAR の見積りは 361,000 tU であり、1995 年版の報告より約 3,000 tU 減少している。

1996 年には、年間生産量を明確にし、更新されたコストおよび探鉱技術に関する情報を組み込むために、活動中のウラン鉱山およびその他のいくつかの事業地の再評価が行われた。その結果、すべてのコスト区分に示されていた確定資源が縮小された。1996 年の RAR 見積りは、探鉱および製錬損失に関して調整済みのものである。

未発見の在来型資源(EARおよびSR)

1997 年 1 月 1 日現在の \$80/kgU および \$130/kgU 区分の EAR の見積りは、それぞれ 839,000 tU および 1,270,000 tU であった。1997 年 1 月 1 日現在の \$260/kgU 区分の SR の見積りは 1,340,000 tU であった。これらの見積りは、見積り方式で用いられた経済指標値の毎年の変化を反映させるために、以前の見積りよりもわずかに下方修正されている。この EAR および SR の見積りは、米国地質調査所が準備したウラン資産見積りを用いて、エネルギー情報局が算出したものである。

(注:米国は EAR を EAR-I と EAR-II に分けていない)

ウラン生産

歴史的概観

米国政府のウラン調達必要量を満たすことを目的とした「1946 年原子力法」の成立に続いて、原子力委員会(AEC; 1947 年～1970 年)は、探鉱、開発および生産に関する様々な刺激策を通じて、国内のウラン産業(主として米国西部)の発展を促した。また AEC は 1948 年 4 月に、将来の必要量を十分に満たすウラン鉱石の供給

を確保するために、探鉱の奨励と国内ウラン産業の育成を目的とした国産鉱石調達計画を発表した。AEC は 1946 年および 1954 年の原子力法に則り、指定期間内に引き渡される原料物質の保証価格を伴う精鉱調達契約の交渉を行った。この契約では、製錬所を建設および操業する製錬企業が、それぞれの調達契約期間内にプラント・コストを償却する機会が得られるようになっていた。1961 年までに、民間が所有する製錬所が 27 ヶ所建設され、そのうち 23 ヶ所は米国西部で操業していた。様々な時期に合計で 32 ヶ所の在来型製錬所といくつかのパイロットプラント、コンセントレーター、アップ・グレーダー、ヒープリーチングおよびリーチング採鉱施設が操業した。AEC は、政府の唯一の調達機関として、米国におけるウラン市場を独占していた。AEC の調達契約で予定されていた引渡しが完了した直後に製錬所の多くが閉鎖されたが、いくつかの製錬所は、AEC との契約を履行した後も商業市場を対象に精鉱の生産を続けた。1954 年原子力法は、民間が商業的な発電用の原子炉を所有することを合法化した。そして 1957 年後半までに、国内の鉱石埋蔵量と製錬容量は、政府の必要量を十分満たせるものとなった。1958 年に AEC の調達計画は大幅に縮小され、原子力の平和利用を促進するために、国内の鉱石および精鉱生産者に対して、国内外の民間購入者へのウラン販売が許可された。また 1966 年には、米国における最初の商業市場契約が締結された。AEC は 1962 年に、政府が 1967 年～1970 年の期間、毎年一定量のウランだけを購入するという内容の調達計画「ストレッチ・アウト」を発表した。このことも、国内ウラン産業の維持に貢献した。米国政府の天然ウラン調達計画は 1970 年 12 月 31 日をもって終了し、ウラン産業は民間分野、すなわち、政府調達に依存しない商業的事業となった。

1970 年以降は、国内のウラン生産が商業市場を支えてきた。米国のウラン産業は 1980 年に 16,800tU という生産量の最高記録を達成したが、その後 1981 年～1993 年の年間生産量は、全体として縮小傾向を示した。しかし 1994 年～1996 年の米国の精鉱生産は毎年増大し続け、1996 年の生産量は 2,431tU に達している。これは 1995 年に報告された水準に対して約 5%増である。1991 年以降は、インシチュリーチング採鉱およびその他の非在来型ウラン回収技術が米国の生産の主流になっている。1996 年の非在来型生産(約 2,100tU)は、主としてネブラスカ州、テキサス州、ワイオミング州にある5つのインシチュリーチング・プラントによるものである。また 1996 年には、坑内水(ニューメキシコ州の1ヶ所の製錬所)やサイト浄化物質(ワシントン州の1ヶ所の製錬所)からもウランが回収されている。ユタ州の1ヶ所の在来型製錬所は 1995 年から備蓄鉱石を用いて生産を再開していたが、1996 年には再び待機状態に置かれた。

生産能力の現状

1996 年末現在、米国で操業している在来型製錬所はない。6 ヶ所の製錬所が待機状態にあり、その容量は合計で 13,060 鉱石トン/日である。1996 年末現在、米国内の 14 ヶ所の非在来型プラント(容量は合計で 4,180tU/年)の状態は次の通りである:インシチュリーチング・プラント5ヶ所(容量は合計で 2,290tU/年)と副産物プラント2ヶ所(容量は合計で 450tU/年)が操業中であり、残りのプラント(インシチュリーチングが5ヶ所、副産物が2ヶ所)は依然として待機状態に置かれている。

ウラン産業の所有構造

1996 年の時点で、国内の民間企業は、米国のウラン精鉱生産全体のかんりの部分を占めている。外国政府や外国の民間企業の管理下にある企業が残りを占める。

以下に、米国の 1996 年のウラン生産量を、生産施設を所有、運営している企業の所有権比率別に示す。

国内民間:	49%
国外政府:	36%
国外民間:	16%

ウラン産業の雇用状況

米国のウラン原材料産業における雇用(雇用人-年)については、年間雇用人員は 1988 年～1992 年には全体として減少していたものの、1993 年～1996 年には毎年増加を示している。「探鉱・採鉱・製錬・処理」活動全体に関連する総雇用者数は、1995 年には 535 人-年だったが、1996 年には 689 人-年と、29%の増加を示した。環境改善活動に伴う雇用人員は同時期に 25%の減少を示している(1995 年は 573 人-年、1996 年には 429 人-年)。

将来の生産センター

1992 年にワイオミング州の Rio Algom 社の Smith Ranch インシチュリーチング・プロジェクトの操業が許可された。このプロジェクトは待機状態に置かれており、生産開始期日はまだ発表されていない。また 1993 年に Pathfinder Mines 社は、ワイオミング州の North Butte-Ruth インシチュリーチング・プロジェクトのウラン生産許可を受けた。このプロジェクトの開始期日はまだ発表されていない。

環境への配慮

米国において、1996 年にウラン鉱石処理を行った1ヶ所の在来型製錬所(容量は 1,810 鉱石トン/日)が、同年後半に再び待機状態に戻された。1996 年末現在、6ヶ所の製錬所(容量は合計で 13,060 鉱石トン/日)が待機状態に置かれている。

「1992年エネルギー政策法」のタイトルX(公法102-486)は、米国エネルギー省(DOE)に新しい責任を課した。これによって DOE は、活動中のウランまたはトリウム処理サイトの許可を受けた業者に対し、国へのウランまたはトリウム精鉱の販売に付随して発生した副産物物質(製錬鉱さい)が原因で実施しなければならない環境修復活動の費用を払い戻すことになった。具体的には、該当する許可業者が受け取ることができる金額は、連邦に関連して発生した乾燥鉱さい1ショートトン当たり 5.50 米ドル(乾燥鉱さい 1 メトリックトン当たり 4.99 米ドル)(注: 原文のまま)までである。1996 年には、これらの許可業者に対する払戻総額の限度が 2 億 7,000 万米ドルから 3 億 5,000 万米ドルに増額され、またトリウム許可業者1件当たりの最大許容払戻額も 4,000 万米ドルから 6,500 万米ドルに増額された。

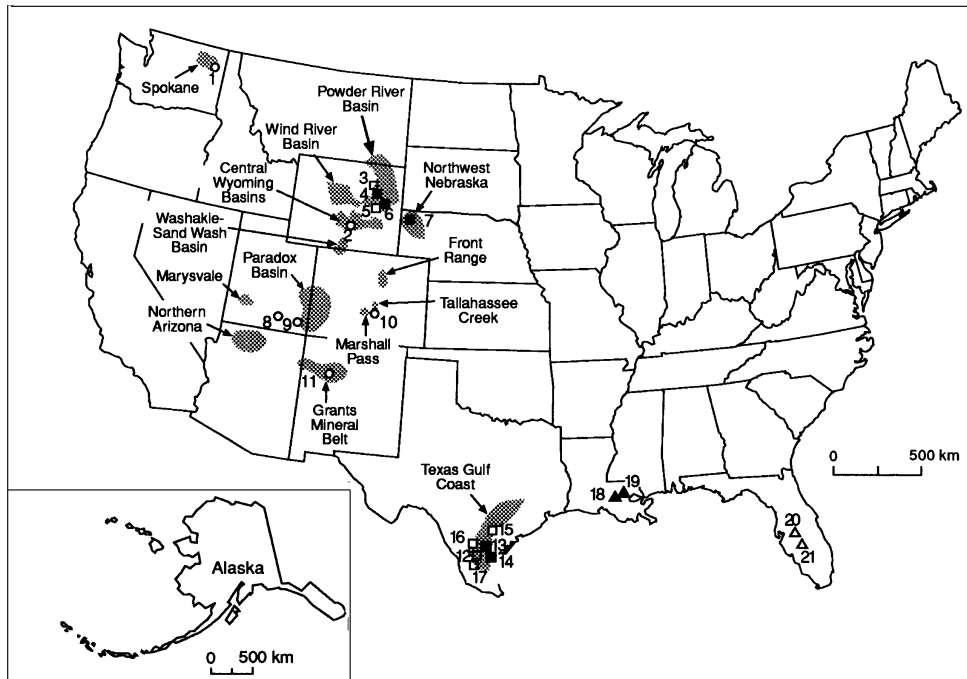
ウラン必要量

1994 年に Tennessee Valley Authority(TVA)は、Bellefonte 原子力発電所の1号基および2号基、そして Watts Bar 原子力発電所の2号基の完成を見合わせると発表した。TVA は現在、これらを核燃料以外を使用する発電所に転換するか、工事を完全に取りやめるかを検討している。Watts Bar 原子力発電所の1号基は完成しており、1996 年初めに電力系統に併入された。

2010 年までの米国の年間ウラン必要量は、1997 年にピーク(21,300tU)に達した後、2010 年には 18,000tU にまで低減すると予想されている。さらに、運転許認可の更新意図のない発電所の閉鎖が予想されるため、2015 年までに年間必要量は 8,500tU まで低下すると予想されている(上記の必要量はすべて、1996 年 DOE/EIA 予測の基準ケースに対応したものである)。

供給および調達戦略

米国にはウラン供給または調達に関する国としての政策はない。ウランの生産、供給および販売・調達に関する決定は、国内のウラン産業および原子力発電産業を含めた民間が行っている。



1996 年末現在に操業中

- 4. Malapai Resources, Christensen Ranch
- 6. Converse County Mining Venture, Highland
- 7. Crow Butte Resources, Crow Butte
- 13. Uranium Resources, Rosita
- 14. Uranium Resources, Kingsville Dome
- 18. IMC-Agrico, Sunshine Bridge
- 19. IMCAgrico, Uncle Sam

1996 年末現在に休業中

- 1. Dawn Mining, Ford^a
- 2. Green Mountain Mining Venture, Sweetwater
- 3. Malapai Resources, Irigaray^b
- 5. Rio Algom Mining, Smith Ranch^b
- 8. U.S. Energy, Shootaring
- 9. Energy Fuels Nuclear, White Mesa^{c,e}
- 10. Cotter Corp., Canon City
- 11. Rio Algom Mining, Ambrosia^d
- 12. Malapai Resources, Holiday-EI Mesquite^{b,e}
- 15. Everest Minerals, Hobson
- 16. COGEMA Mining, West Cole^b
- 17. Malapai Resources, O'Hem^b
- 20. IMC-Agrico, Plant City
- 21. IMC-Agrico, New Wales

ウラン生産センター

操業中 休業中

- ○ 在来型の製錬所
- □ インシチュリーチング製錬所
- ▲ △ 磷酸塩処理からの副産物
- ← 主要なウラン鉱床地域

- a. 水処理プラントのスラッジ副産物を処理することによって回収されたウラン。
- b. インシチュリーチング坑井の現場地下水の修復に伴う水処理によって回収されたウラン。
- c. 鉱石およびその他の物質の処理によって回収されたウラン。
- d. 在来型鉱山からの水の処理によって回収されたウラン。
- e. 1996 年に通年操業されていない施設。
- f. \$130/kgU 以下の確認資源を含んでいる主要地域。

出典: 米国エネルギー省、Grand Junction Project Office(GJPO) の国家ウラン資源評価-暫定報告書(1979 年 7 月) の図 3.2. ; GJPO データ・ファイル; エネルギー情報局の Form EIA-858「ウラン産業年次調査(1996 年)」; および Office of Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels の Analysis and Systems Division のスタッフによるサイト実地調査に基づく。

**米国の主要ウラン鉱床地域と製錬所およびプラントの現状
(1996年12月31日現在)**

ウラン生産センターの規模・内容

(1997年1月1日現在)

	センター1	センター2	センター3	センター4
生産センター名	Ambrosia Lake	Canon City	Christensen Ranch	Crow Butte
生産センター分類	現存	現存	現存	現存
操業状態	待機中	待機中	操業中	操業中
操業開始	1958年	1979年	1989年	1991年
鉱石供給源 鉱床名 鉱床タイプ	複数 砂岩型	Schwaltzwalder 鉱脈型	Christensen Ranch, Irigaray 砂岩型	Crow Butte 砂岩型
鉱山 タイプ(OP/UG/ISL) 規模(日産鉱石t) 平均採鉱実収率(%)	坑内採掘 未入手 未入手	坑内採掘 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手
製錬所 タイプ(IX/SX/AL) 規模(日産鉱石t) (日産鉱石ST) 平均製錬実収率(%)	AL/SX 6 350 7 000 未入手	AL/SX 1 090 1 200 未入手	ISL 未入手 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手 未入手
定格生産容量 (tU/年) (ST U ₃ O ₈ /年)	3 300 4 290	620 810	250 330	380 500
拡張計画	不明	不明	不明	不明

ウラン生産センターの規模・内容 (続き)

	センター5	センター6	センター7	センター 8
生産センター名	Converse Co. Mining Vent.	Ford	Hobson	Holiday- El Mesquite
生産センター分類	現存	現存	現存	現存
操業状態	操業中	待機中	待機中	待機中
操業開始	1988 年	1957 年	1979 年	1979 年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Converse Co. Mining Vent. 砂岩型	Midnite 鉱脈・鉱染型	複数 砂岩型	複数、 El Mesquite 砂岩型
鉱山 ・タイプ(OP/UG/ISL) ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率(%)	ISL 未入手 未入手	露天採掘 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模(日産鉱石 t) ・(日産鉱石 ST) ・平均製錬実収率(%)	IX 未入手 未入手 未入手	AL/SX 410 450 未入手	IX 未入手 未入手 未入手	IX 未入手 未入手 未入手
定格生産容量 (tU/年) (ST U ₃ O ₈ /年)	770 1 000	200 260	380 500	230 320
拡張計画	不明	不明	不明	不明

ウラン生産センターの規模・内容 (続き)

	センター9	センター10	センター11	センター12
生産センター名	Irigaray	Kingsville Dome	New Wales	Plant City
生産センター分類	現存	現存	現存	現存
操業状態	待機中	操業中	待機中	待機中
操業開始	1978年	1988年	1980年	1981年
鉍石供給源 ・鉍床名 ・鉍床タイプ	Irigaray 砂岩型	Kingsville Dome 砂岩型	未入手 燐灰土型	未入手 燐灰土型
鉍山 ・タイプ (OP/UG/ISL) ・規模(日産鉍石 t) ・平均採鉍実収率 (%)	ISL 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	露天採掘 未入手 未入手	露天採掘 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ(IX/SX/AL) ・規模 (日産鉍石 t) ・ (日産鉍石 ST) ・平均製錬実収率(%)	IX 未入手 未入手 未入手	IX 未入手 未入手 未入手	DEPA/TOPO 未入手 未入手 未入手	DEPA/TOPO 未入手 未入手 未入手
定格生産容量 (tU/年)	130	500	290	230
(ST U ₃ O ₈ /年)	180	650	380	300
拡張計画	不明	不明	不明	不明

ウラン生産センターの規模・内容 (続き)

	センター13	センター14	センター15	センター16
生産センター名	Rosita	Shooting	Smith Ranch	Sunshine Bridge
生産センター分類	現存	現存	計画中	現存
操業状態	操業中	待機中	パイロットプラント	操業中
操業開始	1990年	未入手	1986年	1981年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	Rosita (Rogers) 砂岩型	Various 砂岩型	Smith Ranch 砂岩型	未入手 燐灰土型
鉱山 ・タイプ (OP/UG/ISL) ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率 (%)	ISL 未入手 未入手	坑内採掘 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	露天採掘 未入手 未入手
製錬所 ・タイプ (IX/SX/AL) ・規模 (日産鉱石 t) ・ (日産鉱石 ST) ・平均製錬実収率 (%)	IX 未入手 未入手 未入手	AL/SX 680 1 000 未入手	IX 未入手 未入手 未入手	DEPA/TOPO 未入手 未入手 未入手
定格生産容量 (tU/年) (ST U ₃ O ₈ /年)	380 500	380 -	100 130	160 210
拡張計画	不明	不明	不明	不明

ウラン生産センターの規模・内容 (続き)

	センター17	センター18	センター19	センター20
生産センター名	Sweetwater	Uncle Sam	West Cole	White Mesa
生産センター分類	現存	現存	現存	現存
操業状態	待機中	操業中	待機中	待機中
操業開始	1981年	1978年	1981年	1980年
鉱石供給源 ・鉱床名 ・鉱床タイプ	複数 砂岩型	未入手 燐灰土型	複数 砂岩型	複数 砂岩型
鉱山 ・タイプ(OP/UG/ISL) ・規模(日産鉱石 t) ・平均採鉱実収率 (%)	露天採掘/ 坑内採掘 未入手 未入手	露天採掘 未入手 未入手	ISL 未入手 未入手	坑内採掘 未入手 未入手
製錬所 タイプ (IX/SX/AL) ・規模 (日産鉱石 t) ・ (日産鉱石 ST) ・平均製錬実収率(%)	AL/SX 2 720 3 000 未入手	DEPA/TOPO 未入手 未入手 未入手	IX 未入手 未入手 未入手	AL/SX 1 810 2 000 未入手
定格生産容量 (tU/年) (ST U ₃ O ₈ /年)	350 -	290 380	80 100	1 650 2 140
拡張計画	不明	不明	不明	不明

注:

換算係数 : 1 ショートトン U₃O₈ = 0.769 メトリックトン U

UG : 坑内採掘

OP : 露天採掘

AL/SX : 酸浸出/溶媒抽出

ISL : インシチュリーチング

DEPA : ジ(2-エチルヘキシル)燐酸

TOPO : トリオクチル・ホスフィンオキサイド

日産鉱石 t : 1日当たりの鉱石メトリックトン、10トン単位で四捨五入

日産鉱石 ST : 1日当たりの鉱石ショートトン、10トン単位で四捨五入

tU/年 : 1年当たりのメトリックトン・ウラン、10トン単位で四捨五入

ST U₃O₈/年 : 1年当たりのショートトン U₃O₈、10トン単位で四捨五入

- : 適用できない。もともとの値はSI単位。

ウラン関連政策

米国ではウラン探鉱、生産および市場取引などの活動は民間(国内企業および外国所有企業)が行っており、これらの活動に関する連邦の規制は存在しない。米国では、民間所有の外国企業および外国政府の関連企業が、米国のウラン産業における様々な財政上の権益と所有権を有している。ウランの輸入に関する連邦政策については、以下で説明する。

1993年7月1日までは、米国政府がすべてのウラン濃縮役務を顧客に提供していたが、同日付で、政府のウラン濃縮事業は米国濃縮公社(USEC; 1992年エネルギー政策法によって設立された)に移管された。USECは、効率的かつ収益性のある方法で濃縮役務を顧客に提供する営利企業として活動するために設立されたものである。このUSECは、最終的には、議会と大統領による売却契約の審査および承認を待って、民間事業者への売却という形で完全に民営化されることになっている。

1992年エネルギー政策法で定められたその他の計画は次の通りである。(a) 操業中のウランおよびトリウム処理サイトの環境修復活動、(b) 米国ウラン産業の再活性化計画、(c) 米国原子力規制委員会によるウラン濃縮工場の許認可および規制、(d) ウラン濃縮施設の除染・デコミッションング基金の創設。

エネルギー情報局は、『1996年ウラン産業年鑑』において「原子力におけるトリウムの役割」という文書を発表している。

外国での活動に関する政策

米国政府には、米国企業の国外でのウラン探鉱および生産を制限する政策は存在しない。

ウラン輸出政策

天然または濃縮ウラン物質の輸出には、原子力規制委員会(NRC)の許可が個別に必要である。輸出許可規準としては、「輸出が米国の全体的な国防および安全保障に反しないこと」や、「輸出品が、最終的に原子力利用を意図されている場合、核物質保障措置の適用を含めた協力協定の条項および条件に則ったものであること」が挙げられる。協力協定で特に規定された場合を除き、米国から輸出されるウランは、米国の事前許可がない限り、(1) 濃縮または再処理によって形態または内容を変えることや、(2) 1つの協力協定国から別の協力協定国への再移送は認められない。

ウラン輸入政策

米国は1991年から、旧ソ連(FSU)に属する諸国からのウラン輸入によって国内の核燃料産業が被る悪影響を抑制する措置を取っている。さらに1994年と1995年には、カザフスタン、ロシアおよびウズベキスタンとの間に1992年に結ばれた当初の停止協定が修正され、米国市場へのより現実的なアクセスと、各国別の割当量が定められた。カザフスタンおよびウズベキスタンとの修正協定は、いわゆる「濃縮迂回オプション」を対象としたものであり、またロシアからの輸入に対してはマッチドセールス要件が設定された。この濃縮迂回オプションは、カザフスタンまたはウズベキスタンで採掘されたウランが、米国に輸入される前に第三国でLEUに濃縮された場合に適用される。当初の訴訟停止協定では、この濃縮国は、 U_3O_8 供給材の原産国ではなく、むしろ濃縮製品の原産国と考えられていた。1994年と1995年の修正により、現在では、カザフスタンまたはウズベキスタンで採掘され、米国で販売されるウランは、当該物質が天然ウランとして輸入されたか、第三国で濃縮された製品の供給物部分として輸入されたかにかかわらず、両国の割当量に組み込まれる。ロシアとの修正協定では、指定された割当量の範囲内において、米国市場で取引されるロシア産ウランまたは分離作業単位(SWU)の輸

入量は、新たに生産された米国産のウランまたは SWU と同じ量でなければならない。

HEU 協定

米国およびロシア政府は 1992 年 8 月に、旧ソ連の核兵器の解体によって得られる HEU を米国が購入する協定に署名した。1993 年に枠組みを明確にするための作業が行われ、HEU はロシア国内で LEU に混合希釈されてから米国に送り出されることになった。この LEU の利用は、ウラン市場の混乱を最小限に抑え、協定締結国の経済的利益を最大にする形で実行されることになる。

1994 年に米国とロシア当局者は最終協定に署名し、これによって米国濃縮公社がロシア産 HEU に由来する LEU を米国に移送するための資金を負担することになった。この 20 年協定では、米国がロシアに対して少なくとも 500 メトリックトン HEU と交換に、119 億米ドル(未調整の 1993 年ドル価値)を支払うことになる。この HEU を濃度が 1.5%²³⁵U の LEU と混合希釈することにより 4.4%²³⁵U の濃縮製品が得られ、その結果として約 15,259 メトリックトン LEU が入手されることになる。これは、濃縮廃棄濃度を 0.30%²³⁵U と想定した場合、天然ウラン約 153,100tU および 9,200 万 SWU に相当する。またウクライナの核兵器解体によって得られる 50 メトリックトン HEU も、米国の購入契約に含まれている。

1994 年 1 月に米国大統領とロシア大統領は、「大量破壊兵器およびその運搬手段の不拡散に関する米ロ共同声明」を発表した。この点に関する米国の不拡散活動は次の 5 点にまとめられる。(1)旧ソ連内にある核物質の安全性の確保、(2)兵器に利用可能な余剰核分裂性物質の安全かつ確実な長期貯蔵、(3)透明性が高く不可逆的な核兵器削減、(4)核不拡散体制の強化、(5)核の輸出の管理。上記の目標に対する米国の意欲を示すために大統領は 1995 年 3 月に、兵器に利用可能な米国産の核分裂性物質約 200tU(約 162 メトリックトン HEU と 38 メトリックトン兵器級プルトニウムからなる)を、米国の国防用途にとって余剰であると宣言した。またエネルギー長官は、米国が上記の 200 メトリックトンを含め、約 213 メトリックトンの余剰核分裂性物質(174.3 メトリックトン HEU、38.2 メトリックトン兵器級プルトニウム)を保有していると述べた。1995 年に米国は、兵器への利用が可能な余剰 HEU およびプルトニウム物質の安全かつ確実な貯蔵および処理を達成するための様々な提案の作成および評価を続けている。

ウラン備蓄政策

1992 年エネルギー政策法(EPA、1992 年)によって、エネルギー長官の管理下に National Strategic Uranium Reserve(国家戦略的ウラン・リザーブ)が設置された。このリザーブは、現在米国が国防目的で保有している天然ウランおよびウラン相当物で構成されるものである。濃縮ウラン備蓄を含めたその利用は、同法の成立から 6 年間は、軍事および政府による研究活動に限定される。

ウラン在庫

1996 年末現在、米国のウラン(ウラン相当物)の商業在庫は全体で 31,200tU であり、1995 年末の在庫総量より 12%増加している。1996 年末現在に電力事業者が保有する在庫は約 26,000tU であり、1995 年末に比べて 15%増となる。供給者の保有する在庫は約 5,300tU であり、1995 年末に比べて 1%弱低下している。1996 年末現在、供給者が保有している濃縮ウラン在庫は 300tU で、1995 年より 37%の増加、また電力事業者の保有在庫は約 9,700tU で、1995 年の水準から見て 44%の増加である。米国政府および米国濃縮公社のウラン在庫の合計は、1996 年末現在で約 41,400tU(1995 年末の水準より 3%減)であり、この中には 31,700tU の天然ウランと 9,700tU の濃縮ウランが含まれる(1995 年の水準より 12%減)。

ウラン価格

米国の平均ウラン価格:1990年～1996年 (米ドル/kg U 相当量)		
年	国内供給者から国内事業者へ	外国の供給者から 国内の事業者/供給者へ
1996年	35.91	34.19
1995年	28.89	26.52
1994年	26.79	23.27
1993年	34.17	27.37
1992年	34.96	29.48
1991年	35.52	40.43
1990年	40.82	32.63

上の表に示した価格は、価格の報告があったすべての一次取引(国内産および外国産ウラン)の数量加重平均(額面米ドル)である。取引には米国産のウランと外国産ウランの両方が含まれる。

ウズベキスタン¹

ウラン生産

歴史的概観

ウズベキスタンにおけるウラン探鉱は、ウズベキスタン東部 Ferghana Valley の Taboshar 鉱床のウラン鉱山の操業を開始した 1952 年以前に遡る。1950 年代後半にウズベキスタン中央部の Kyzylkum 砂漠で行われた探鉱活動(エアボン物理探査、地上放射能測定、坑道探鉱等)により、Uchkudukt 地域でウランが発見された。試錐調査で当初の発見が確認された後、1961 年に最初の露天採掘鉱山の開発が始まった。

中生代-新生代の未固結酸化堆積層内に含まれるウラン鉱床を対象としたモデル開発に続き、岩芯試錐および地球物理学的試錐孔検層法が、この堆積環境を探査するための主な探鉱ツールとなった。鉱床の特徴に関する知識に基づき、また改良された試錐技術を用いて、Bukinai 地域にある Karakata 凹地や Zirabulak-Ziaetdin 山脈の南縁部の広い地域で探鉱が行われた。この活動は、Bukinai、Sabyrsai、Yuzhny Bukinai、Sugraly、Lavlakan および Ketmenchi など、主要な砂岩型ウラン鉱床の発見につながった。さらに Auminza-Beltau および Altyntau 地域の変成片岩内にあるウラン鉱床の探鉱が、1961 年に始まった。これによって Rudnoye および Koscheka ウラン-バナジウム-モリブデン鉱床が発見されている。

1970 年代の初めに砂岩型鉱床からのウラン回収を目的としたインシチュリーチング(ISL)探鉱技術の開発が進められた結果、Lavlakan や Ketmenchi など、それまで無視されていた鉱床の再評価が行われ、Kyzylkum 砂漠中央部の堆積環境でも探鉱活動が強化されることになった。

探鉱活動の中心は、Nurata 山脈の北西部や、Zirabulak-Ziaetdin 山脈の南東部に置かれた。これらの地域で発見された鉱床としては、Alendy、Severny(北部)および Yuzhny(南部)、Kanimekh 鉱床(Nurata 山脈)、そして Shark および Maizak 鉱床(Zirabulak-Ziaetdin 山脈)などが挙げられる。

この時期に得られた技術的な成果の一つとして、砂岩型ウラン鉱床の多金属性が認識されたことが挙げられる。これによって、副産物としてのセレン、モリブデン、レニウムおよびスカンジウムが回収できることになった。

ウラン探鉱は組織化され、既知鉱床の内部および周辺部における探鉱は生産企業の地質局の責任で進められることになっている。そして新たな地域での探鉱は Krasnokholms 探鉱組織に委任された。

1990 年代の初め以降、試錐は既知鉱床の範囲確定と既知鉱床の延長部の発見を目的とした調査に限定されている。

現在および進行中の活動

1994 年以降、すべてのウラン探鉱活動の資金は Navoi Mining and Metallurgical Complex(NMMC)から拠出されている。こうした活動の中には、Krasnokholms 探鉱組織(後にはその後継機関である国営地質企業 Kyzyltepageologia)による既知の鉱床およびその周辺部での探鉱と、新鉱床の発見を目的とした調査が含まれる。

1995 年～1996 年には、Kyzyltepageologia によって Severny(北部) Kanimekh、Alendy、Kendykijube および Tokhumbet 鉱床の既知資源が開発された。これに加えて、Kyzylkum、Bukhara-Khiva および Fergana 地方で未発見資源の評価が実施された。

1997 年の計画には、Kendykijube および Tokhumbet 鉱床での試錐計画および鉱量計算の継続が含まれている。Kyzylkum および Bukhara-Khiva 地方の有望地域では、未発見ウラン資源の評価が継続される。

¹ 以下の報告は、1997 年のレッドブック質問状への回答に基づき、ウズベキスタン共和国を全面的に更新したものである。

以下に示す表には、1994年～1997年に実施されたウラン探鉱に関する統計データを示す。これには、民間組織であるNMMCと政府の探鉱部門であるKyzyltepageologiaの両方の活動および探鉱費が含まれる。

ウラン探鉱費と試錐活動

	1994年	1995年	1996年	1997年 (予測)
民間探鉱費(×1000 スム)	8 204	24 748	49 655	78 905
政府探鉱費(×1000 スム)	9 742	137 000	204 000	398 000
探鉱費合計(×1000 スム)	17 946	161 748	253 655	476 905
探鉱費合計(×1000 米ドル)	427	6 197	7 026	8 671
民間による地表試錐(m)	119 293	65 939	40 537	54 000
民間による試錐孔数	576	271	116	155
政府機関による地表試錐(m)	103 970	127 715	114 768	119 090
政府機関による試錐孔数	447	740	639	650
地表試錐合計(m)	223 263	193 654	155 305	173 090
試錐孔数合計	1 023	1 011	755	805

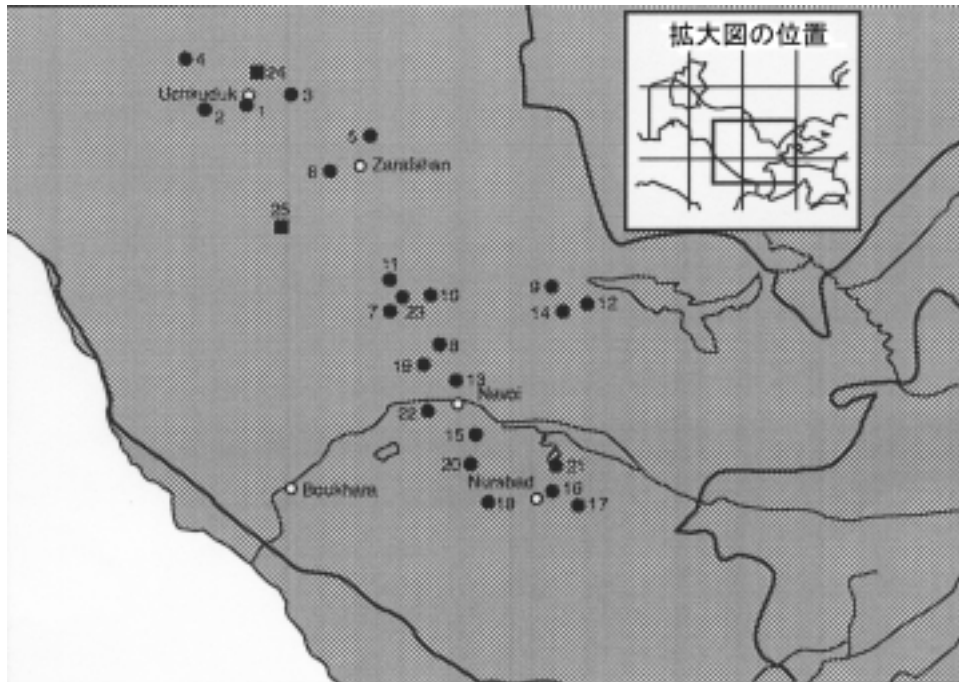
民間地表試錐(NMMC によるもの)が減少したのは、主としてウラン生産計画に合わせて探鉱活動を調整したためだと報告されている。1997年の予測に示されているように、NMMCの試錐は再び増加するものと考えられている。

ウラン資源

ウズベキスタンのウラン資源は多数のウラン鉱床中に産出するが、その一部はすでに枯渇している。重要な資源はすべて Kyzylkum 中央地域に胚胎しており、北西部の Uchkuduk から南東部の Nurabad にかけて幅 125km、延長約 400km の帯状に広がっている。鉱床があるのは4つの地区、すなわち Bukantauky(または Uchkuduk)、Auminza-Beltausky(または Zarafshan)、West Nuratinsky(または Zafarabad)、Zirabulak-Ziaetdinsky(または Nurabad)である。

ウランは、砂岩型と「角礫岩複合型」の2つの鉱床タイプに胚胎する。砂岩型鉱床は中生界-新生界の凹地内に胚胎し、この凹地は厚さ 1,000m におよぶ白亜紀、古第三紀、新第三紀の碎屑性堆積物によって満たされている。鉱化作用は(一部のコフィン石を含む)ピッチブレンドによる。平均鉱石品位は 0.026～0.18%U である。随伴する元素としては、商業濃度のセレン、バナジウム、モリブデン、レニウム、スカンジウムおよびランタニドが挙げられる。鉱体の深さは 50～610m である。このタイプに属する 24 のウラン鉱床が報告されており(添付図参照)、その多くにおいて ISL リーチング技術を適用することができる。

「角礫岩複合型」鉱床は、先カンブリア系から下部古生界の黒色炭質および珪質の片岩中に胚胎している。鉱化作用はウラン-バナジウム-リンを含む鉱石による。平均ウラン品位は 0.06～0.132% であり、最高で 0.024%Mo、0.1～0.8%V、6～8gY/t および 0.1～0.2gAu/t が含まれている。鉱体は深度 20～450m の範囲にある。このタイプの既知鉱床は Rudnoye および Koscheka である(添付図参照)。「角礫岩複合型」鉱床からの生産は、露天採掘、そしてヒーブリーチングによって行われた。



砂質-粘土質堆積岩中の鉱床

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1. Uchkuduk | 14. Varadzhn |
| 2. Meylisai | 15. Sabyrsaj |
| 3. Kendykljube | 16. Ketmenchi |
| 4. Bakhaly | 17. Shark |
| 5. Aktau | 18. Agron |
| 6. Sugraly | 19. Severny Kanlmekh |
| 7. Severny Buklnal | 20. Tutly |
| 8. Yuzhny Buklnal | 21. Nagornoe |
| 9. Beshkak | 22. Severny Maizak |
| 10. Alendy | 23. Tokhumbet |
| 11. Aulbek | |
| 12. Terekuduk | |
| 13. Yuzhny Kanimekh | |

結晶質岩中の鉱床

- | |
|------------------------|
| 24. Altyntau 鉱床区 |
| 25. Auminza-Beltau 鉱床区 |

ウズベキスタンのウラン鉱床

在来型既知資源(RAR & EAR-I)

ウズベキスタンは、今回のレッドブックにおいて初めて、NEA-IAEA が設定した基準にしたがってウラン資源の報告を行った。したがって前回のレッドブックに示された資源見積りとは直接比較することはできない。

1997年1月1日現在、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な既知ウラン資源(RAR+EAR-I)は、枯渇分を調整した回収可能資源として、合計 130,200 tU である。これには\$130/kgU 以下で回収可能な 83,700 tU の RAR も含まれる。このうちの 66,210tU、すなわちほぼ 80%が\$40/kgU 以下のコストで回収可能なものである。EAR-I 区分に属する資源は、\$130/kgU 以下で回収可能なものが 46,500 tU であり、そのうち 39,360tU、すなわち 85% が\$40/kgU 以下のコストで回収可能なものである。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
66 210	66 210	83 700

* 枯渇分を調整した回収可能資源。

推定追加資源 - 区分 I *

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
39 360	39 360	46 500

* 枯渇分を調整した回収可能資源。

\$40/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源のうち、合計で 65%が操業中の生産センターに属するものである。

以下の表に、\$130/kgU 以下のコストで回収可能な在来型既知資源を、ウラン鉱床地区および鉱床タイプ別にまとめて示す。この表は、全体の約 75%に相当する 97,290 tU を占める砂岩型鉱床の重要性を示すものである。

在来型既知資源(鉱床地区およびタイプ別)

(tU)*

ウラン鉱床地区	鉱床タイプ	既知資源
Bukantausky (Uchkuduk)	砂岩型	14 890
	角礫岩複合型	23 190
Bukantausky 計		38 080
Auminza-Beltausky (Zarafshan)	砂岩型	31 930
	角礫岩複合型	9 740
Auminza-Beltausky 計		41 670
West-Nuratinsky (Zafarabad)	砂岩型	41 310
	角礫岩複合型	0
West Nuratinsky 計		41 310
Zirabulak-Ziaetdinsky (Nurabad)	砂岩型	9 140
	角礫岩複合型	0
Zirabulak-Ziaetdinsky 計		9 140
小計	砂岩型	97 290
	角礫岩複合型	32 910
合計		130 200

* 回収可能な資源として。

未発見の在来型ウラン資源(EAR-IIおよびSR)

未発見資源は全体で 174,170 tU である。そのうち 72,570tU が\$130/kgU 以下のコストで回収可能な EAR-II

であり、残りの 101,600tU がコスト区分されていない SR である。いずれの見積りも、採鉱および製錬損失を考慮して調整した回収可能資源として示されている。未発見資源全体のうちほぼ 80%が砂岩型ウラン鉱床に分類されており、これらの鉱床は、Bukantausky(Uchkuduk)、Auminza-Beltausky(Zarafshan)、West Nuratinsky (Zafarabad)および Zirabulak-Ziaetdinsky(Nurabad)の 4 つのウラン鉱床地区にほぼ均等に分布している。角礫岩複合型鉱床のうち最良のポテンシャルは Auminza-Beltausky (Zarafshan)にあるものと考えられている。

推定追加資源 - 区分II*

(tU)		
コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
52 510	52 510	72 570

* 回収可能な資源として。

期待資源*

(tU)		
コスト区分		
<\$130/kgU	コスト区分に入れていない	合計
—	101 600	101 600

* 回収可能な資源として。

ウラン生産

歴史的概観

ウズベキスタンにおけるウラン生産は 1952 年に、Fergana 渓谷の Taboshar 鉱床で開始された。この鉱山はすでに操業しておらず、鉱床は枯渇している。

1958 年に Uchkuduk において、露天採掘鉱山および坑内採掘鉱山の開発により、商業規模のウラン採鉱が開始された。1964 年に Uchkuduk の南東約 300km に位置する Navoi に湿式製錬所が完成するまで、鉱石は備蓄されていた。製錬所とすべての鉱山は、Navoi Mining and Metallurgical Complex(NMMC)によって運営されてきた。この鉱床での ISL 試験は 1963 年という早い時期に開始され、1965 年には商業規模での利用が始まった。

従来法による坑内採掘操業は、Sabyrsaj および Sugraly 鉱床でそれぞれ 1966 年および 1977 年に開始された。1975 年には、Sabyrsaj 鉱山において ISL 技術が坑内採掘法の代わりに使用されるようになった。Sabyrsaj 鉱山での従来法による坑内採掘は、1983 年に完全に終了している。Ketmenchi ISL プラントは 1978 年に操業を開始した。1994 年には、ウラン需要の減少に伴い、Uchkuduk の露天採掘鉱山と Sugraly の坑内採掘および ISL 鉱山が閉鎖された。

Kyzylkum 地域でのウラン生産は 1980 年代にピークに達して、3,700~3,800 tU/年が生産された。

ウラン生産量の推移

(tU、精鉱中)

生産法	1994年以前	1994年	1995年	1996年	1996年までの合計	1997年(予測)
従来法						
・露天採掘	35 979	270	0	0	36 249	0
・坑内採掘	19 609	110	0	0	19 719	0
小計	55 588	380	0	0	55 968	0
インシチュリーチング	27 175	1 635	1 644	1 459	30 454	2 050
合計	82 763	2 015	1 644	1 459	86 422	2 050

生産能力の現状

1994年以降、NMMCはISL技術のみを利用してウランの生産を行っている。生産施設はUchkuduk、Sabyrsaj、Ketmenchi、North Bukinai、Beshkak にあり、1995年からはKendykijube 鉱床でも操業している。これらのISLセンターは、Uchkuduk およびKendykijube センターを管轄する「北部鉱山局」(所在地はUchkuduk)、Sabyrsaj およびKetmenchi センターを管轄する「南部鉱山局」(所在地はZafarabad)、そしてNorth Bukinai、South Bukinai およびBeshkak を管轄する「第5鉱山局」(所在地はNurabad)という、NMMCの3つの部局に属している。

この3つの鉱山局による生産物は、鉄道によってNavoiの中央製錬プラントに運ばれる。このプラントの定格生産容量は3,000 tU/年である。

下表に、活動中の3つの鉱山局と、休止中の東部鉱山局について、技術的な詳細をまとめる。

ウラン産業の所有構造

NMMCは、政府所有の企業Kyzylkumredmetzelotoの一部門である。したがって、NMMCによるウラン生産のすべてはウズベキスタン政府が所有している。

ウラン産業の雇用状況

ウラン生産活動を基盤として、Uchkuduk、Zarafshan、Zafarabad、Nurabad およびNavoiの5つの町が建設された。これらの町は、合計50万人の住民に必要なインフラストラクチャー(道路、鉄道、電気など)を備えている。この50万人が、安定した、高度な技能を持つNMMCの労働力の源である。

将来の生産センター

ウズベキスタンの将来のウラン生産は、すべてISLによってなされることになる。操業中のISLプラントの予想寿命についての情報はない。しかしNorth Kanimekh 鉱床において、近い将来に新しいISLセンターが操業を開始すると報告されている。また、ウズベキスタンは2040年まで約3,000tU/年のペースでのウラン生産を継続する予定であると報告されている。

環境への配慮

NMMC の 30 年以上にわたるウラン関連活動は、ウズベキスタンの自然環境に影響を与えてきた。この中には在来法による採掘、ウラン鉱石の処理およびインシチュリーチング施設の運転による影響を受けた地域が含まれる。これらの活動の影響を直接受ける地域に加え、推定 242 万 m³ の準経済的なウランを含む捨石が地表に積み上げられている。この種の捨石のウラン含有量は 2~5mg/kg(0.002~0.005%U)と見積られている。またこの他にも Navoi 第 1 湿式製錬所近くにある 6,000 万トンの鉱さいや、インシチュリーチングの影響を受けた地下水がある。インシチュリーチングの影響を受けた地域の総面積は 1,300 万 m² である。これらの事業用地の地表から回収された関連汚染物質は約 350 万 m³ である。

汚染の範囲を完全に評価し、環境改善計画を立てるために NMMC は、ウズベキスタンの指導的な専門家、独立国家共同体、国際機関のスペシャリストと協力している。

NMMC のウラン採鉱および処理活動に関する放射線モニタリングの結果により、これらの地域に住むグループの平均年間実効線量当量は、放射線の危険要素全体について 1mSv/年を超えないことが示されている。

NMMC はウラン生産活動に関する環境政策を設定している。この政策とは次のようなものである。

- 全ての NMMC の事業について環境にやさしく、クリーンなインシチュリーチング技術を使用することで、エコロジー面での安全性を強化する。
- 経済および環境面で比較的効率の悪い採鉱および処理事業を閉鎖する。
- 蓄積された放射性廃棄物の全てを隔離し、適切に処分する。
- 同社のウラン生産活動により影響を受けた土地の改善を行う。

これらの目的を達成するために、NMMC はその 30 年以上にわたるウラン生産事業の影響を受けた可能性のある環境を評価するとともに、必要に応じて改善措置を講じる段階的なプログラムを設定し、実施している。

Navoi 湿式製錬所には、鉱さい貯留場から発生する可能性のある地下水汚染をモニタリングし、管理するために一連の井戸が掘削されている。回収された水はプラントに戻されて処理に使用される。この鉱さい貯留場の埋設方法の選定と開発に必要なデータ収集を目的とした調査が実施されている。この貯留場周辺(プラントから貯留場に至るパイプライン・ルートを含む)の汚染された土地の放射能除染と修復作業の後、2000~2005 年には鉱さいサイトを覆う計画が立てられている。

長期的な生産能力

内部の計画では、2040 年まで約 3,000 tU/年の規模でウラン生産を継続することになっている。生産量をこの規模より高める予定はない。

ウラン関連政策

ウズベキスタンは IAEA の加盟国として、その国土内で生産されるウランの平和利用に関連するすべての国際協定を遵守している。

ウラン生産物はウズベキスタン共和国が所有しており、国内外の企業および個人を含む民間組織は、法律により、ウラン採鉱および生産活動への関与を許されていない。

ベトナム

ウラン探鉱

歴史的概観

ベトナムでは、特定地域に対するウラン探鉱が 1955 年以來行われている。1978 年以降、国土全域で系統的な広域探鉱が実施されている。

地表放射能調査と地質調査により、国土の 95% に相当する約 300,000km² が、縮尺 1/200,000 で調査された。また国土の 7% に相当する 25,000km² 近くにおいて、縮尺 1/25,000 のエアボーン放射能/磁気調査が実施された。特定の鉱徴地と異常点では、全長 75,000m の試錐調査と坑道探鉱により、より詳細な調査が行われている。

最近および進行中の活動

ウラン探鉱は、重工業省地質局第 10 部と地球物理部が行っている。ウラン探鉱活動に従事するスタッフの総数は 300～500 人であり、いくつかの地域事務所に配属されている。

1995 年と 1996 年の探鉱は、Quang Nam 州の Nong Son 堆積盆地のウランポテンシャル評価に集中して行われた。探鉱活動は、次の 2 つのプロジェクトに絞られている。

- ・ Nong Son 堆積盆地の西部にある Tabhing 地域の砂岩層の探鉱。
- ・ ウラン鉱徴が火山性地質環境内に存在している An Diem 地域の探鉱。

次に示す表に、1994 年から 1997 年までの探鉱費と試錐に関する統計を示す。

探鉱費と試錐に関する統計

	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年 (予測)
政府支出 米ドル(×1,000)	136	160	208	227
政府機関による地表試錐(m)	0	0	800	未入手
政府機関による地表試錐孔数	0	0	未入手	未入手

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

\$130/kgU 以下で生産できる RAR が、Khe Hoa-Khe Cao 鉱床に、原位置資源として 1,337 tU 存在することが新たに報告された。1997 年 1 月 1 日現在の EAR-I は、1995 年の 544 tU から、6,744 tU に増えている。この RAR と EAR-I の追加は、Nong Son 堆積盆地の Khe Hoa-Khe Cao 鉱床を対象とした探鉱が継続された成果である。

確認資源*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
未入手	未入手	1 337

*原位置資源として。

推定追加資源 - 区分 I*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
未入手	491	6 744

*原位置資源として。

未発見在来型資源(EAR-IIおよびSR)

EAR-II と期待資源(SR)は、1995 年版レッド・ブックに示した報告と変化していない。\$130/kgU 以下で回収可能な EAR-II は、主として Nong Son 堆積盆地の Tabhing 鉱徴の 5,000 tU である。

推定追加資源 - 区分 II*

(tU)

コスト区分		
<\$40/kgU	<\$80/kgU	<\$130/kgU
未入手	未入手	5700

*原位置資源として。

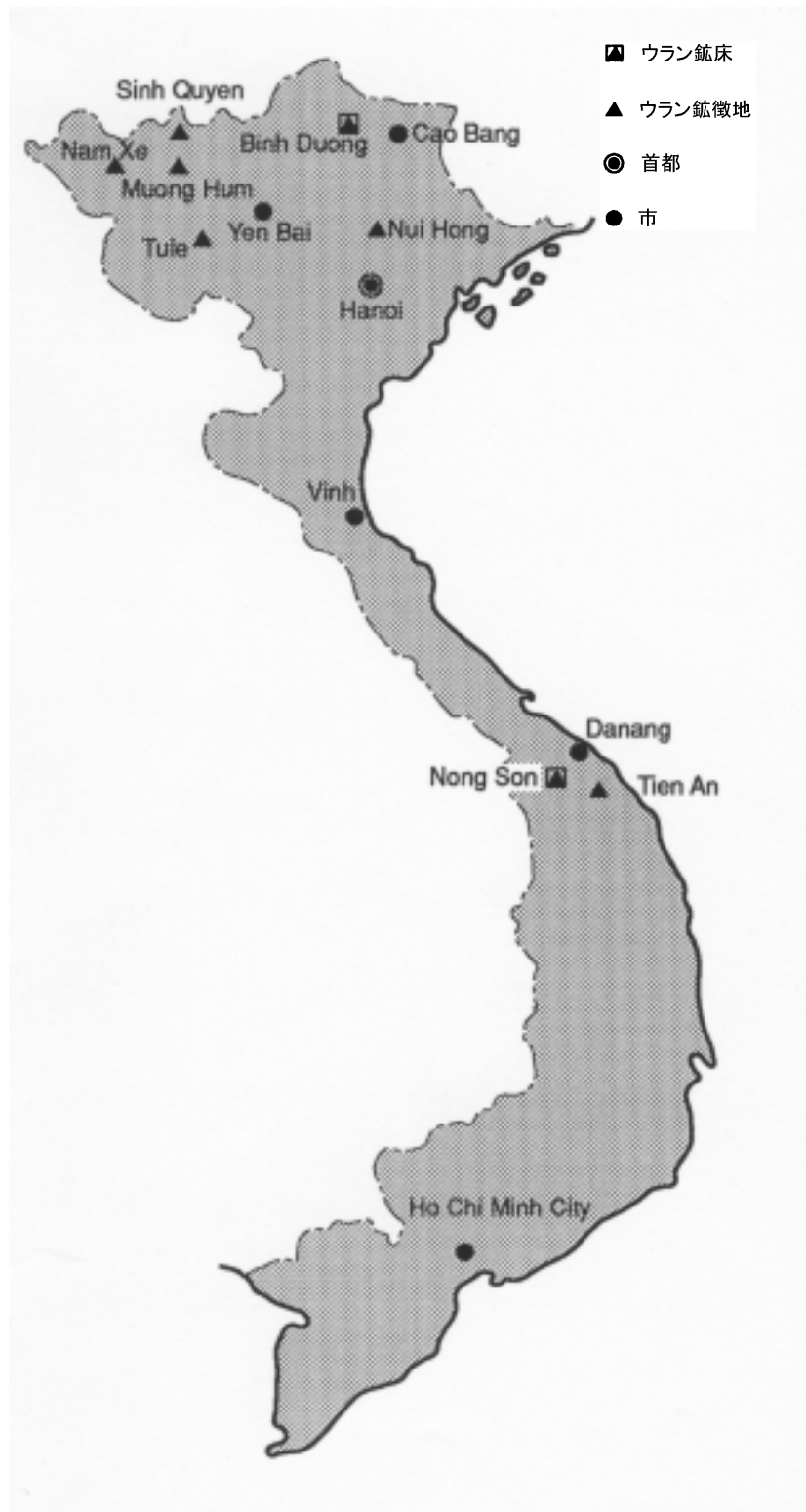
期待資源は、1997 年 1 月 1 日現在、230,000 tU と見積られており、そのうちの 130,000 tU はコスト区分に割り当てられていない(表参照)。

期待資源*

(tU)

コスト区分		合計
<\$130/kgU	コスト区分に入れていない	
100 000	130 000	230 000

*原位置資源として。



ベトナムの主要なウラン鉱床と鉱徴地

非在来型資源と副産物資源

非在来型資源は、Tien An 黒鉛鉱床に加え、Nong Son 堆積盆地の石炭鉱床、レア・アース鉱床、Binh Duong 堆積層の磷酸塩鉱床中に産すると報告されている。

ウラン関連政策

ベトナムは、化石燃料が乏しい国である。このため政府は 21 世紀に向けた新エネルギー政策において、原子力を代替エネルギーの一つに含めている。政府は 2015 年以前に原子力発電所を1基建設する計画を立てている。しかし国内でのウラン供給のための長期計画は設定されていない。

ザンビア

ウラン探鉱

最近および進行中の活動

1990年頃に開始されたウラン評価プロジェクトが現在も継続されている。ウラン地化学マップを作成中である。1994年のウラン探鉱費は300万クワッチャであった(米ドル換算で4,380ドル)。1995年と1996年に関する情報は入手されていない。

ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

ザンビアは既知ウラン資源を報告していない。

未発見在来型資源

ウラン地化学マップの編集によって、ウランポテンシャルのある2つの新しい鉱床区が明らかになった。これらは河川堆積物中のウラン異常値の存在に基づいて明らかにされたもので、ザンビア北部のBangweuluブロックと中央部のKabwe-Mkushi地域である。さらにカッパーベルトとZambezi峡谷中部に既知ウラン鉱徴が存在する。

Bangweuluブロックは、20億年から18億年前に形成された結晶質基盤岩、酸性変火山岩類および花崗岩類で構成される剛塊である。またKabwe-Mkushi地域は、13億年±4,000万年前から6億2,000万年±2,000万年前に堆積したKatanga層群の変堆積岩類からなる。

この2つの鉱床区のウランポテンシャルは、\$130/kgU以下のコストで回収可能な22,000tUのEAR-IIと見積られている。この総量のうち3,000tUは鉱脈型鉱床に、残りの19,000tUは砂岩型ウラン鉱床に産するものと判断される。

過去2年間については、ザンビアのウラン資源情報の変更はなかった。

ウラン関連政策

ウランの探鉱はザンビアの地質調査機関によって実施されることになる。しかし現在のところ、資金面での制約により、探鉱活動は実施されていない。

ジンバブエ

ウラン探鉱

歴史的概観

ジンバブエにおける近代的なウラン探鉱は、Zambezi 峡谷全域で固定翼航空機を用いたエアボーン・スペクトロメーター調査が行われた 1981 年に開始された。この調査の目的は Karoo 系の堆積岩のポテンシャル評価であった。エアボーン調査で確認された異常点の検証と選別を行うための追跡調査として、1982 年にヘリボーン調査と地表調査が実施された。1983 年から 1987 年にかけて、検証された全ての異常点の補足的な調査が完了した。Kanyemba-1 鉱床の発見に続き、詳細な評価が開始された。1985 年から 1990 年には、水理地質学、岩盤力学、鉱石処理、採鉱その他を含む技術的調査のほか、探鉱および評価試験が完了した。さらにこの情報を用いた予備的な企業化調査も完了している。

Kanyemba-1 鉱床に関する探鉱活動は 1991 年末までに完了した。1991 年と 1992 年の間に、この鉱床に関する技術的な企業化調査が完了した。当該地域の水理地質学、ラドン・フラックス、線量測定および微気象に関する基準データの収集を含む環境影響調査が開始されている。

Kanyemba プロジェクトの企業化調査も国際ウラン市場の低迷の影響を受け、全ての活動は 1992 年末に終了した。1996 年に支出された探鉱費はない。また 1997 年にも支出される予定もない。

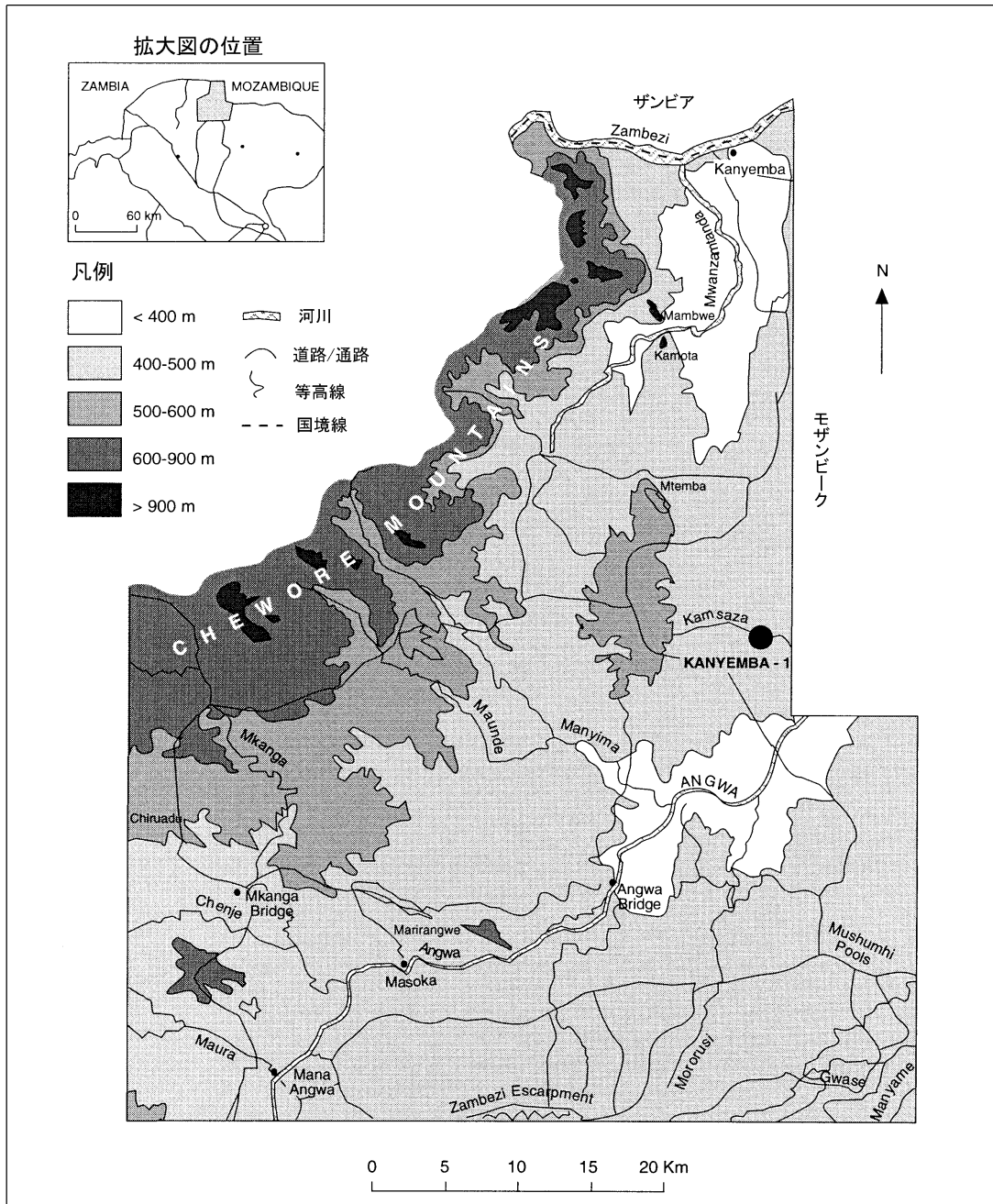
ウラン資源

既知在来型資源(RARおよびEAR-I)

ジンバブエの\$80/kgU までのコストで回収可能な在来型既知資源は 1,800 tU であり、その平均品位は 0.6% である。この資源はジンバブエ北部のモザンビークとの国境に近い Kanyemba-1 鉱床のものである。この鉱床は厚さが 0.20~3m、幅が 20~100m、長さが 600m までの複数のレンズ状鉱体からなり、上部 Karoo 系の Upper Pebbly Arkose 累層(上部三畳系)の砂岩中に産する板状鉱床である。母岩である砂岩は蛇行河川成堆積物である。

未発見在来型資源(EAR-IIおよびSR)

ジンバブエは EAR-II の見積りを報告していない。しかし\$130/kgU 以下のコスト区分で回収可能な期待資源を 25,000 tU 報告している。これは二畳系~下部ジュラ系の Karoo 系の堆積岩に伴うものである。



ジンバブエのKanyemba-1ウラン鉱床の位置

ウラン生産

Kanyemba-1 鉱床に存在する\$80/kgU 以下のコストで回収可能な既知資源 1,800 tU は、市場条件が有利になった場合に、一つの生産センターを支えるのに十分なものである。350 tU/年の生産能力を持つセンターを建設する試案があるが、詳細については明らかにされていない。

ウラン関連政策

ジンバブエにおけるウラン探鉱は、国内企業でも外国企業でも行うことができる。ウラン探鉱活動は鉱山省の監督および監視下であり、卑金属や貴金属の探鉱と同じ要件を満たさなければならない。ジンバブエにおけるウランの生産および販売に関する国家政策はまだまとまっていない。

付録 1

NEA ウラングループ委員名簿

<i>Argentina</i>	Mr. A. CASTILLO	Comisión Nacional de Energía Atómica Unidad de Proyectos Especiales de Suministros Nucleares, Buenos Aires
<i>Australia</i>	Mr. I. LAMBERT	Department of Primary Industries and Energy, Bureau of Resource Sciences Canberra
	Mr. A. McKAY	
	Mr. R. JEFFREE	Australian High Commission, London
<i>Belgium</i>	Ms. F. RENNEBOOG	Synatom, Brussels
<i>Brazil</i>	Ms. E.C.S. AMARAL	Instituto de Radioproteção e Dosimetria (CNEN/IRD), Rio de Janeiro
	Mr. S. SAAD	Comissão Nacional de Energia Nuclear (COMAP/CNEN), Rio de Janeiro
	Mr. H.A. SCALVI	Indústrias Nucleares do Brasil S/A – INB, Poços de Caldas
<i>Canada</i>	Mr. R.T. WHILLANS	Uranium and Radioactive Waste Division Natural Resources Canada, Ottawa
<i>China</i>	Mr. R. ZHANG	Bureau of Mining and Metallurgy China National Nuclear Corporation (CNNC), Beijing
<i>Czech Republic</i>	Mr. J. ŠURÁN (Vice-Chairman)	DIAMO s.p. Stráž pod Ralskem
	Mr. J. BADAR Mr. J. MAKOVICKA	
	Mr. R. MAYER	Ministry of Industry and Trade, Prague
<i>Egypt</i>	Mr. A.B. SALMAN	Nuclear Materials Authority (NMA) El-Maadi, Cairo
<i>Finland</i>	Dr. K. PUUSTINEN	Department of Economic Geology Geological Survey of Finland, Espoo

France	Mr. J-L. BALLERY (Vice-Chairman) Mrs. F. THAIS	Commissariat à l'Énergie Atomique Centre d'Études de Saclay Saclay
Germany	Dr. F. BARTHEL (Chairman)	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
Greece	Mr. D.A.M. GALANOS	Institute of Geology and Mineral Exploration, Athens
Hungary	Mr. G. ÉRDI-KRAUSZ	Mecsekuran Ltd., Pécs
India	Dr. C.K. GUPTA	Bhabha Atomic Research Centre Mumbai, Bombay
	Mr. K.K. DWIVEDY	Atomic Minerals Division Department of Atomic Energy Hyderabad
Iran	Mr. A.G. GARANKANI Mr. S.M.R. AYATOLLAHI Mr. M.H. MASHAYEKHI	Atomic Energy Organisation of Iran Tehran
Japan	Mr. H. MIYADA	Geotechnics Development Section Tono Geoscience Centre Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corp.(PNC),Toki-shi, Tokyo
	Mr. K. NORITAKE	PNC Paris Office, Paris
Jordan	Mr. S. AL-BASHIR	Jordan Phosphate Mines Company Amman
Kazakhstan	Mr. G.V. FYODOROV	Atomic Energy Agency of Kazakhstan Almaty
Lithuania	Mr. K. ZILYS	Acting Resident Representative of Lithuania, Vienna, Austria
Mongolia	Mr. T. BATBOLD	Uranium Co., Ltd. Ulaanbaatar
Morocco	Mr. D. MSATEF	Centre d'Études et de Recherches des Phosphates Minéraux, Casablanca

<i>Namibia</i>	Mr. H. ROESENER	Geological Survey Ministry of Mines and Energy Windhoek
<i>Netherlands</i>	Mr. J.N. HOUDIJK	Ministry of Economic Affairs The Hague
<i>Pakistan</i>	Mr. M.Y. MOGHAL	Atomic Energy Minerals Centre Lahore
<i>Philippines</i>	Ms. P.P. GARCIA	Philippine Embassy Pretoria
<i>Portugal</i>	Mr. R. DA COSTA	Instituto Geologico e Mineiro Lisbon
<i>Russian Federation</i>	Mr. A.V. BOITSOV	All-Russian Research Institute Chemical of Technology, Moscow
	Mr. S.S. NAUMOV	Geologorazvedka Moscow
	Mr. A.V. TARKHANOV	Ministry of the Russian Federation on Atomic Energy, Moscow
<i>South Africa</i>	Mr. B.B. HAMBLETON-JONES (Vice-Chairman) Mr. L.C. AINSLIE Mr. R.G. HEARD	Atomic Energy Corporation of South Africa Ltd. Pretoria
<i>Spain</i>	Mr. J. ARNÁIZ DE GUEZALA	Empresa Nacional del Uranio S.A. (ENUSA) Madrid
<i>Sweden</i>	Dr. I. LINDHOLM	Swedish Nuclear Fuel & Waste Management Co., Stockholm
<i>Switzerland</i>	Mr. R.W. STRATTON	Nordostschweizerische (NOK) Kraftwerke AG, Baden
<i>Turkey</i>	Mr. Z. ERDEMIR	Turkish Electricity Generation Ankara
<i>Ukraine</i>	Mr. A.Ch. BAKHARZHIEV	The State Geological Enterprise "Kirovgeology", Kiev

	Mr. A.P. CHERNOV	The Ukrainian State Committee on Nuclear Power Utilisation, (Goscomatom), Kiev
	Mr. B.V.SUKHOVAROV-JORNOVYI	Scientific, Technological and Energy Centre, Kiev
<i>United Kingdom</i>	Mr. N. JONES	Rio Tinto Mineral Services Ltd. London
<i>United States</i>	Mr. J. GEIDL (Vice-Chairman)	Energy Information Administration US Department of Energy Washington
	Mr. W. FINCH	US Geological Survey Denver
<i>Uzbekistan</i>	Mr. N.S. BOBONOROV	State Committee on Geology and Mineral Resources of the Republic of Uzbekistan Tashkent
	Mr. S.B. INOZEMTSEV	Navoi Mining and Metallurgy Combinat Navoi
<i>European Commission</i>	Mr. J-P. LEHMANN	Directorate General XVII (Energy) Nuclear Energy Brussels, Belgium
<i>IAEA</i> Nuclear Fuel Cycle and Technology		Dr. D.H. UNDERHILL Division of (Scientific Secretary) Waste Vienna, Austria
<i>OECD/NEA</i>	Dr. I. VERA	Nuclear Development Division (Scientific Secretary) Paris

付録 2

報告があった機関のリスト

Argentina	Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Proyectos Especiales de Suministros Nucleares, Avenida del Libertador 8250, 1156 Buenos Aires
Australia	Department of Primary Industries and Energy, GPO Box 858, Canberra, ACT 2601
Belgium	Ministère des Affaires Économiques, Administration de l'Énergie, Service de l'Énergie Nucléaire, 54 Boulevard Emile Jacqmain, B-1210 Brussels
Brazil	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rua General Severiano, 90, 22294-900, Botafogo, Rio de Janeiro
Bulgaria	Committee of Energy, 8, Triaditza Street, Sofia
Canada	Uranium and Radioactive Waste Division, Energy Resources Branch, Natural Resources Canada, 580 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E4
Chile	Comisión Chilena de Energía Nuclear, Departamento de Materiales Nucleares, Amunategui No. 95, Santiago
China	Bureau of Mining and Metallurgy, China National Nuclear Corporation, P.O. Box 2102-9, Beijing 100822 Bureau of Geology, China National Nuclear Corporation, P.O. Box 762, Beijing 100013
Colombia	INEA, Dirección General, Avenida El Dorado Carrera 50, Santafé de Bogotá
Cuba	Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear, Calle 30 # 502 esq. 5ta Ave. Miramar, Municipio Playa, Ciudad de La Habana
Czech Republic	DIAMO s.p., 471 27 Stráz pod Ralskem CEZ, a.s., Nuclear Fuel Cycle Section, Jungmannova 29, 111 48 Praha 1
Denmark	Ministry of Environment and Energy, Mineral Resources Administration for Greenland, Slotholmsgade 1, 4th floor, DK-1216 Copenhagen K
Egypt	Nuclear Materials Authority, P.O. Box 530, El Maadi, Cairo
Estonia	Ministry of Environment, Toompuiestee 24, 0100 Tallinn

Finland	Ministry of Trade and Industry, Energy Department, P.O. Box 37, SF-0131 Helsinki
France	Commissariat à l'Énergie Atomique, Centre d'Études de Saclay , F-91191-Gif-sur-Yvette Cédex
Gabon	Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (COMUF), B.P. 260, Libreville Ministère des Mines, de l'Énergie et du Pétrole, B.P. 874 et 576, Libreville
Germany	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D-30655 Hannover
Greece	Institute of Geology and Mineral Exploration (I.G.M.E.), 70, Messogion Street, GR-115 27 Athens
Hungary	Mecsekurán Ltd., P.O. Box 65, H-7614 Pécs
India	Atomic Minerals Division, Department of Atomic Energy, 1-10-153-156, Begumpet, Hyderabad 500 016 Uranium Corporation of India Ltd., Jaduguda Mines P.O., Bihar, Singhbhum (East), India 832 102
Indonesia	Nuclear Minerals Development Centre, National Atomic Energy Agency (BATAN), Jl. Cinere Pasar Jumat, P.O. Box 6010 Kbyb, Jakarta 12060
Iran	Atomic Energy Organisation of Iran, P.O. Box 14155-1339, Tehran
Ireland	Nuclear Safety Division, Dept. of Transport, Energy and Communications, 44 Kildare Street, Dublin 2
Italy	Italian Delegation to the OECD, 50, rue de Varenne, F-75007 Paris
Japan	Science and Technology Agency, 2-1 Kasumigaseki, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100
Jordan	Natural Resources Authority, P.O. Box 7, Amman Jordan Phosphate Mines Co., P.O. Box 30, Amman
Kazakhstan	Atomic Energy Agency of the Republic of Kazakhstan (KAEA), 13 Republic Square, Almaty, 480013
Korea, Rep. of	Atomic Energy International Co-operation Division, Ministry of Science and Technology, Government Complex Building II, Gwachun, Rep. of Korea 427-760

Lithuania	Ministry of National Economy, Gedimino pr. 38/2, 2600 Vilnius
Malaysia	Geological Survey of Malaysia, 19th-21st Floor, Bangunan Luth, Jalan Tun Razak, 50736 Kuala Lumpur
Mexico	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, Dr. Barragan No. 779, Col. Narvarte, 03202 Mexico, D.F.
Mongolia	Uran Co. Ltd., Baga troiru-6, Ulan Bator
Morocco	Centre d'Études et de Recherches des phosphates minéraux, Casablanca
Namibia	Geological Survey of Namibia, Ministry of Mines and Energy, P.O. Box 2168, Windhoek
Netherlands	Ministry of Economic Affairs, Coal and Nuclear Energy Division, P.B. 20101, NL-2500 EC The Hague
Niger	Ministère des Mines, Direction des Mines, B.P. 11700, Niamey
Norway	Norwegian Radiation Protection Authority, P.O. Box 55, N-1345 Østeraas
Pakistan	Atomic Energy Minerals Centre, Ferozepur Road, P.O. Box 658, Lahore - 16
Peru	Instituto Peruano de Energía Nuclear, Avenida Canada 1470, San Borja
Philippines	Philippine Nuclear Research Institute, Don Mariano Marcos Avenue, Diliman, Quezon City
Portugal	Ministério da Indústria e Energia, Instituto Geológico e Mineiro, Rua Almirante Barroso, 38, P-1000 Lisbon
Romania	Regie Autonome for Rare and Radioactive Metals, 68, Dionisie Lupu Street, Bucharest
Russian Federation	Ministry for the Russian Federation of Atomic Energy, JSK "Atomredmetzoloto", Bolshaya Ordynka st. 24/26, Moscow, 109017 Concern "Geologorazvedka", Marshala Rybalko 4, Moscow, 123436
Slovak Republic	Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic, Bajkalská 27, P.O. Box 24, 820 07 Bratislava 27
Slovenia	Rudnik Zirovski vrh, p.o., Todraz 1, 4224 Gorenja Vas
South Africa	Atomic Energy Corporation of South Africa Limited, P.O. Box 582, Pretoria 0001

Spain	Departamento de Materiales, División de Uranio, ENUSA, Santiago Rusiñol, 12, E-28040 Madrid
Sweden	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Box 5864, S-102 40 Stockholm
Switzerland	Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Parkstrasse 23, CH-5401 Baden
Thailand	Department of Mineral Resources, Economic Geology Division, Rama IV Road, Bangkok 10400
Turkey	Turkish Atomic Energy Authority, Alaçam Sokak No. 9, Çankaya, Ankara
Ukraine	The State Committee of Ukraine on Geology and Utilization of Mineral Resources, The State Geological Enterprise "Kirovgeology", 8 Kikvidze Street, 252103 Kiev
United Kingdom	Department of Trade and Industry, London SW1H OET Nuclear Electric plc, Barnett Way, Barnwood, Gloucester GL4 7RS British Nuclear Fuels plc (BNFL), Risley, Warrington, Cheshire WA3 6AS Scottish Nuclear, 3 Redwood Crescent, Peel Park, East Kilbride, Scotland, G74 5PR
United States	Energy Information Administration, Coal, Nuclear, Electric and Alternate Fuels (EI- 50), U.S. Department of Energy, Washington, D.C. 20585
Uzbekistan	The State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources, 11 Shevchenko st., 700060 GSP, Tashkent The State Geological Enterprise "Kyzyltepageologia", Tashkent, 7a Navoi st., 700000 Tashkent The Navoi Mining and Metallurgical Complex, 27 Navoi st., 706800 Navoi
Viet Nam	Viet Nam Atomic Energy Commission, 59 Ly Thuong Kiet, Hanoi
Zambia	Geological Survey Department, P.O. Box 50135, 15101 Lusaka
Zimbabwe	Zimbabwe Geological Survey Department, P.O. Box CY 210, Causeway, Harare

付録 3

ウラン鉱床の地質環境¹

世界のウラン資源はその地質学的な環境に基づき、そのおおよその経済的重要性に従って以下の15の主要なウラン鉱床タイプに分けることができる。

1. 不整合関連型鉱床
2. 砂岩型鉱床
3. 石英中礫礫岩型鉱床
4. 鉱脈型鉱床
5. 角礫岩複合型鉱床
6. 火成岩型鉱床
7. 燐灰土型鉱床
8. プレッチャパイプ型鉱床
9. 酸性火山岩型鉱床
10. 表成型鉱床
11. 交代岩型鉱床
12. 変成岩型鉱床
13. 褐炭型鉱床
14. 黒色頁岩型鉱床
15. その他のタイプの鉱床

これらの鉱床の主要な特徴を以下に示す。

1. 不整合関連型鉱床

不整合関連型鉱床は空間的には大規模な不整合に近い場所に産するものであり、約18億年前～8億年前の地質時代に剛塊内の堆積盆地で発達するのが普通だが、顕生代に形成されたものもある。この型の例としてはカナダのサスカチワン州北部のCluff Lake、Key Lake、Rabbit Lakeやオーストラリア北部のAlligator Rivers地域の鉱体がある。

2. 砂岩型鉱床

このタイプの鉱床の大部分は、河川または縁海成の環境で堆積した砂岩中に存在している。湖成および風成の砂岩もまた鉱化作用を受けているが、これらの岩石中にウラン鉱床が存在することはまれである。母岩はほとんどの場合あまり分級されていない中粒～粗粒の砂岩で、黄鉄鉱や植物起源の有機物を含んでいる。堆積物は一般に凝灰岩を伴っている。このタイプの非酸化鉱床はアルコース質および石英質の砂岩中のピッチブレンドとコフィナイトからなっている。風化作用を受けるとカルノー石、ツヤムナイトおよびウラノフェーンなどの二次ウラン鉱物が形成される。

米国のウラン生産量の大部分がCordillera山系西部の第三系、ジュラ系、三畳系の砂岩からもたらされている。アルゼンチンでは白亜系および二畳系の砂岩が重要な母岩である。その他の重要なウラン鉱床はニジェールの石炭系のデルタ成砂岩、フランスの二畳系の湖成シルト岩、更にアルプス地方の二畳系の砂岩中で発見されている。ガボンの先カンブリア系の縁海性砂岩中の

1. この分類はIAEAが1988/89年に設定したものであり、1986年、1988年、1990年および1992年版レッドブック等で定義、および使用された分類に代わるものである。

鉱床も砂岩型鉱床に分類されている。

3．石英中礫礫岩型鉱床

既知の石英中礫礫岩の鉱床は地質年代の特定の時期のものに限られている。この種の鉱床は花崗岩または変成岩からなる始生界の基盤岩の上位に不整合で接する下部原生界の基底部に産する。商業的な鉱床はカナダおよび南アフリカにあり、ブラジルおよびインドで準経済的な鉱徴が報告されている。

4．鉱脈型鉱床

鉱脈型ウラン鉱床はウラン鉱物が割れ目、裂罅、間隙、角礫、網状構造のような空隙を充填している鉱床である。開口部の大きさは様々であり Jachymov(チェコ)、Shinkolobwe(コンゴ)および Port Radium(カナダ)鉱床などのピッチブレンド塊状鉱脈から、ヨーロッパ、カナダ、オーストラリアに産する一部の鉱体のように、ピッチブレンドが幅の狭い割れ目、断層および裂罅を満たすものまでである。

5．角礫岩複合型鉱床

このタイプの鉱床は非造山期に原生代の大陸で発達したものである。母岩は、珪長質の火山砕屑岩と堆積岩類である。ウラン鉱化作用は花崗岩質の基盤複合岩類直上の層準中に見出される。鉱石は一般に2段階の鉱化時期(初期の層準規制の鉱化作用と後期の地層を斜交する鉱化作用)を含む。代表的な鉱床は南オーストラリア州の Olympic Dam 鉱床である。ザンビア、コンゴそしてカナダの Labrador 地方の Allik 層群の鉱床もおそらくこの分類に属するものと考えられる。

6．火成岩型鉱床

このタイプに属する鉱床は様々な化学的組成を持つ貫入岩またはアナテクタイト質岩(アラスカイト、花崗岩、モンゾナイト、過アルカリ閃長石、カーボナタイトおよびペグマタイト)に伴う鉱床である。例としてはナミビアの Rössing 鉱床、米国の Bingham Canyon および Twin Butte などの斑岩銅鉱床中のウラン鉱徴、グリーンランドの Ilimaussaq 鉱床、南アフリカの Palabora 鉱床ならびにカナダの Bancroft 地域の複数の鉱床などが挙げられる。

7．燐灰土型鉱床

堆積性の燐灰土は細粒の燐灰石中に低濃度のウランを含む。本報告書の目的からこのタイプのウランは非在来型資源とみなす。例として、米国フロリダ州の複数の鉱床(ウランは副産物として回収される)や北アフリカおよび中東諸国の複数の大規模鉱床などがある。

8．ブレッチャパイプ型鉱床

このタイプの鉱床は崩落した岩屑で満たされた円形かつ垂直の筒(パイプ)中に産する。ウランは透水性の高い角礫岩基質とパイプをとり囲む緻密な破碎帯に濃集する。例として、米国アリゾナ州の Arizona Strip の複数の鉱床がある。

9．酸性火山岩型鉱床

このタイプのウラン鉱床は酸性火山岩中の層準規制および構造規制鉱床であり、ウランは一般にモリブデンやフッ素などを伴う。この例としてはカナダの Michelin ウラン鉱床、メキシコの Chihuahua の Napol I 鉱床、ペルーの Macusani 鉱床そして中国や CIS の多数の鉱床などが挙げられる。

10．表成型鉱床

含ウラン表成型鉱床は、広義には通常第三系から現在の含ウラン堆積物として定義され、深部へ埋没されなかったもので、ある程度まで石灰化を受けている場合と受けていない場合がある。カルクリートに伴うウラン鉱床はオーストラリア、ナミビア、ソマリアの半乾燥地域（水の移動が主として地下で行われる地域）に産する。ウラン鉱床生成の補足的環境としてはピートおよび泥炭沼、カルスト洞窟ならびに土壌生成および構造埋積物等がある。

11．交代岩型鉱床

このタイプの鉱床に含まれるものとして、一般に微斜長石花崗岩の貫入があるアルカリ交代変成岩類（曹長岩、aegirinites、アルカリ角閃石岩類）中のウラン鉱床がある。例としてはブラジルの Espinharas 鉱床、米国アラスカ州の Ross Adams 鉱床ならびにウクライナの Krivoy Rog 地域の Zheltye Vody 鉱床がある。

12．変成岩型鉱床

これに属するウラン鉱床は一般に後変成期の鉱化作用の直接的な証拠がない変堆積岩類あるいは変火山岩類の中に産する。例として、オーストリアの Forstau 鉱床がある。

13．褐炭型鉱床

このタイプの鉱床は一般に非在来型ウラン資源に分類され、褐炭または褐炭に隣接する粘土あるいは砂岩中に産する。例として、ギリシャの Serres 堆積盆地中や米国の North および South Dakota、CIS の Melovoe の含ウラン鉱床がある。

14．黒色頁岩型鉱床

低濃度のウランが炭質海成頁岩中に産する。本報告書ではこの種の資源も非在来型資源とみなす。例としてはスウェーデンの含ウラン・アラム頁岩、米国の Chatanooga 頁岩があるが、他にも中国の広西壮族自治区の「炭質 - 珪質 - 泥質岩類」型の劇子坪 (Chanziping) 鉱床やドイツ東部の Gera-Ronneburg 鉱床がある。

15．その他のタイプの鉱床

すでに述べたいずれの鉱床タイプにも分類できない鉱床である。この中には米国ニュー・メキシコ州の Grants 地方のジュラ系の Todilto 石灰岩中にある複数のウラン鉱床が挙げられる。

Zaire	1967	1973	1977			1988							
Zambia						1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	
Zimbabwe					1982		1988		1992	1994	1996	1998	

1965 年以降に発行されたレッド・ブック

- OECD/ENEA: World Uranium and Thorium Resources, Paris, 1965;
 OECD/ENEA: Uranium Resources, Revised Estimates, Paris, 1967;
 OECD/ENEA-IAEA: Uranium Production and Short-Term Demand, Paris, 1969;
 OECD/ENEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1970;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1973;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1975;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1977;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1979;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1982;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1983;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1986;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1988;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1990;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium 1991: Resources, Production and Demand, Paris, 1992;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium 1993: Resources, Production and Demand, Paris, 1994;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium 1995: Resources, Production and Demand, Paris, 1996;
 OECD/NEA-IAEA: Uranium 1997: Resources, Production and Demand, Paris, 1998.

付録5

エネルギー換算係数

近年になって様々な原子炉タイプに適用される換算係数についての要請がますます増加してきたため、ウランの量を通常のエネルギー単位に換算するための係数を確立する必要が生じてきた。

このため NEA はその加盟国の機関に対し本報告書に掲載する目的でこの種の係数を提出するよう要請した。

次の表に示したのはこれらの機関から提供されたデータである。

様々な原子炉タイプで使用されるウランのエネルギー価値⁽¹⁾

国	カナダ	フランス		ドイツ		日本		スウェーデン			イギリス			米国	
		CANDU	N4PIWR	BWR	PIWR	BWR	PIWR	BWR	PIWR	BWR	PIWR	MAGNOX	AGR	BWR	PIWR
原子炉タイプ															
燃焼度 [MWD/t]															
a) 天然ウランまたは天然ウラン相当量	7 770	5 848	5 665	5 230	5 532	4 694	6 250	5 780	5 900	4 996	4 888				
b) 濃縮ウラン	-	42 500	40 000	42 000	33 000	43 400	40 000	42 000	-	33 000	40 000	24 000	33 000	40 000	
ウラン濃縮	未入手	3.6	3.2	3.6	3	4.1	3.2	3.6	-	3.02	3.66	2.9	3.02	3.66	
[% ²³⁵ U]	未入手	0.25	0.3	0.3	0.25	0.3	0.25	0.25	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
廃棄濃度 [% ²³⁵ U]															
熱エネルギーの電気への転換効率	30%	34.60%	33.50%	34.20%	33%	34%	34.00%	34.50%	26%	32%	32%	40%	32%	32%	
天然ウラン1トンの熱エネルギー相当量	0.671	0.505	0.49	0.452	0.478	0.406	0.54	0.5	0.512	0.432	0.422	0.36	0.432	0.422	
[10 ¹⁵ ジュール] ⁽²⁾															
天然ウラン1トンの電気エネルギー相当量	0.201	0.175	0.164	0.155	0.158	0.14	0.184	0.173	0.133	0.138	0.135	0.144	0.138	0.135	
[10 ¹⁵ ジュール] ⁽²⁾															

(1) PuとUのリサイクルは含まれていない。また、原子炉寿命を約30年、設備利用率を70%とした場合に等価値を約6%低減する初期装荷燃料の必要量も考慮されていない。

(2) LWRおよびAGR(改良型ガス冷却炉)燃料の場合、²³⁵Uの濃縮に当たって消費されたエネルギーは考慮されていない。²³⁵Uの濃縮率が3%で、廃棄濃度が0.2%の場合に、エネルギーに適用される係数に0.9を乗じる必要がある。

化石燃料に関する換算係数とエネルギー等価量
(比較のため)

1 cal (カロリー)	=	4.1868 J
1 J (ジュール)	=	0.239 cal
石油 1 トンの等価量 (ネット、低熱値)	=	42 GJ ¹ = 1 TOE
石炭 1 トンの等価量 (標準、低熱値)	=	29.3 GJ ¹ = 1 TCE
天然ガス 1,000m ³ (標準、低熱値)	=	36 GJ
液化天然ガス 1 トン	=	46 GJ
1,000kWh (一次エネルギー)	=	9.36 GJ
1 TOE	=	10,034 Mcal
1 TCE	=	7,000 Mcal
天然ガス 1,000m ³	=	8,600 Mcal
液化天然ガス 1 トン	=	11,000 Mcal
1,000kWh (一次エネルギー)	=	2,236 Mcal ²
1 TCE	=	0.697 TOE
天然ガス 1,000m ³	=	0.857 TOE
液化天然ガス 1 トン	=	1.096 TOE
1,000kWh (一次エネルギー)	=	0.223 TOE
燃料用木材 1 トン	=	0.380 TOE
ウラン 1 トン (軽水炉、ワンスルー)	=	10,000 ~ 16,000 TOE
	=	14,000 ~ 23,000 TCE

1 世界エネルギー会議 (WEC) 基準の換算係数 (Standards Circular No.1、1983 年 11 月)。

2 1,000kWh (最終消費) = 860 Mcal (WEC の換算率)。

付録6

為替レート*

(米ドルを1とした場合の各国通貨)

国名	1994年6月	1995年6月	1996年6月	1997年1月
Argentina(ARS)	0.998	0.998	0.998	0.998
Australia(AUD)	1.360	1.390	1.260	1.260
Austria(ATS)	11.700	9.600	10.900	10.900
Belgium(BEF)	33.900	28.300	31.500	32.000
Brazil(BRE)	2150.000	0.900	0.987	1.045
Bulgaria(BGL)	53.900	65.800	135.000	500.000
Canada(CAD)	1.380	1.360	1.370	1.360
Chile(CLP)	425.000	375.000	405.000	420.000
China(CNY)	8.510	8.410	8.280	8.280
Colombia(COP)	820.000	897.000	1050.000	994.000
Costa Rica(CRC)	153.000	171.000	201.000	213.000
Cuba(CUB\$)	0.740	0.740	1.000	1.000
Czech Republic(CZK)	27.800	26.200	27.300	27.400
Denmark(Greenland)(DKK)	6.470	5.400	5.920	5.950
Egypt(EGP)	3.390	3.370	3.370	3.370
Finland(FIM)	5.410	4.240	4.730	4.650
France(FRF)	5.630	4.890	5.200	5.250
Gabon(GBF)	563.000	489.000	520.000	525.000
Germany(DEM)	1.650	1.390	1.530	1.550
Greece(GRD)	237.000	226.000	243.000	241.000
Hungary(HUF)	104.000	120.000	146.000	159.000
India(INR)	321.200	31.200	34.000	35.500
Indonesia(IDR)	2144.000	2220.000	2330.000	2330.000
Italy(ITL)	1590.000	1650.000	1560.000	1530.000
Japan(JPY)	104.000	83.000	107.000	115.800
Jordan(JOD)	0.702	0.668	0.708	0.708
Kazakhstan(KZR)	31.000	62.000	66.000	72.500
Korea(Republic of)(KRW)	786.000	762.000	785.000	839.000
Lithuania(LIL)	4.000	4.000	4.000	4.000
Malaysia(MYR)	2.710	2.450	2.500	2.500
Mauritania(MRO)	124.000	129.000	136.000	140.000
Mexico(MXP)	3.300	5.800	7.350	7.800
Mongolia(MNT)	408.000	448.000	495.000	689.000
Morocco(MAD)	9.450	8.480	8.610	8.810
Namibia(NMR)	3.600	6.370	4.340	4.670

* 出典：国連開発計画財務部(ニューヨーク)

国名	1994年6月	1995年6月	1996年6月	1997年1月
Netherlands(NLG)	1.850	1.540	1.710	1.750
Niger(XOF)	563.000	489.000	520.000	525.000
Norway(NOK)	7.150	6.190	6.550	6.450
Peru(PEN)	2.170	2.250	2.350	2.580
Philippines(PHP)	27.300	25.700	25.900	26.200
Portugau(PTE)	171.000	145.000	158.000	155.000
Romania(ROL)	1570.000	1920.000	2880.000	3920.000
RUssian Federation(SUR)	1805.000	5080.000	5010.000	5510.000
Slovak Republic(SKK)	32.700	29.100	30.100	30.800
Slovenia(SLT)	129.000	111.000	130.000	138.000
South Africa(ZAR)	3.600	3.670	4.340	4.670
Spain(ESP)	137.000	121.000	129.000	131.000
Sweden(SEX)	7.480	7.260	6.750	6.870
Sweizerland(CHF)	1.430	1.140	1.260	1.350
Syria(SYP)	26.600	26.600	26.600	26.600
Thailand(THB)	25.300	24.700	25.100	25.400
Turkey(TRL)	33000.000	44100.000	77050.000	105000.000
Ukraine(UKK)	45800.000	153000.000	189000.000	1.830
United Kingdom(GBP)	0.645	0.620	0.650	0.594
United States(USD)	1.000	1.000	1.000	1.000
Uruguay(UYP)	4.840	6.120	7.710	8.610
Uzbekistan(UZR)	3800.000	26.100	36.100	55.000
Viet Nam(VND)	11000.000	11000.000	11000.000	11130.000
Yugoslvia(YUP)		1.390	5.050	5.120
Zambia(ZMK)	685.000	853.000	1240.000	1280.000
Zimbabwe(ZWD)	7.890	8.250	9.800	10.500

付録 7

国々と地域のグループ分け*

各グループに含まれる国々や地理的な地域を以下に示す。

1. 北米

Canada	Mexico	United States of America
--------	--------	--------------------------

2. 中南米

Argentina	Bolivia	Brazil
Chile	Colombia	Costa Rica
Cuba	Dominican Republic	Ecuador
El Salvador	Guatemala	Guyana
Panama	Paraguay	Peru
Uruguay	Venezuela	

3. 西欧およびスカンジナビア

Austria	Belgium	Denmark
Finland	France	Germany
Ireland	Italy	Netherlands
Norway	Portugal	Spain
Sweden	Switzerland	United Kingdom

4. 中欧および東欧

Armenia	Belarus	Bulgaria
Croatia	Czech Republic	Estonia
Greece	Hungary	Lithuania
Poland	Romania	Russian Federation
Slovak Republic	Slovenia	Turkey
Ukraine	Yugoslavia	

5. アフリカ

Algeria	Botswana	Cameroon
Central African Republic	Democratic Republic of the Congo (formerly Zaire)	Egypt
Ethiopia	Gabon	Ghana
Ivory Coast	Lesotho	Liberia
Libyan Arab Jamahiriya	Madagascar	Mali
Mauritania	Morocco	Namibia
Niger	Nigeria	Rwanda
Senegal	Somalia	South Africa
Sudan	Togo	Zambia
Zimbabwe		

* このリストは、地理的な面からのグループ分けである。

6 . 中東、中央アジアおよび南アジア

Bangladesh	India	Iran, Islamic Republic of
Jordan	Kazakhstan	Kyrgyzstan
Pakistan	Sri Lanka	Syrian Arab Republic
Uzbekistan		

7 . 東南アジア

Indonesia	Malaysia	Philippines
Thailand	Viet Nam	

8 . 太平洋地域

Australia	New Zealand
-----------	-------------

9 . 東アジア²

China	Democratic People's Republic of Korea	Japan
Korea, Republic of	Mongolia	

2. 台湾を含む。

付録 8

技術用語

採鉱および鉱石処理に関する技術用語について、一部の表において以下の略語を用いた。

	タイプ	略語
採鉱	露天採掘	OP
	坑内採掘	UG
製錬	破碎・粉碎 破碎 - 湿式粉碎 半自生粉碎	CWG SAG
	選鉱 放射能選別 重選 磁選 浮選	Rad-Sort Dens-Sep Mag-Sep Flot.
	浸出リーチング 酸浸出 二段階酸浸出 アルカリ加圧浸出 インシチュリーチング インプレイスリーチング ヒープリーチング 浸透浸出	AL 2 AL ALKPL ISL IPL HL Perc L
	抽出 イオン交換 溶媒抽出	IX SX