

軽水炉再処理及びMOX加工技術の国際 競争力に関する調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年3月



株式会社 ペスコ

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4-49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
1999

軽水炉再処理及び MOX 加工技術の国際競争力に関する調査

報告者 山村修*¹湯本鏡三*¹横内洋二*¹久保和美*² 田中康博*³

要 旨

軽水炉再処理及び MOX 加工技術について、核燃料サイクル開発機構殿（以下「サイクル機構」という）が開発・所有する技術の適切な移転及び施設の活用方策の検討に資するため、これらの技術が国際競争力を持つために必要な諸課題の調査を行うと共に、軽水炉でのプルトニウム利用に関して、主にアジア地域を対象としたマーケットニーズを調査するものであり、次の3項目に分けて調査した。

(1) サイクル機構が開発した軽水炉再処理及び MOX 加工技術が国際競争力を持つための諸課題(技術的課題以外)の調査

(2) 軽水炉再処理技術が国際競争力を持つための技術的な課題の調査

(3) 軽水炉でのプルトニウム利用に関する海外マーケットニーズの調査

(1) について、輸出入及び核燃料輸送に関わる法的規制をサーベイし、次いで海外の再処理及び MOX 関連企業の取り組み状況の調査、再処理等の事業展開を図る際の基本的要件及び事業化方策の検討、さらに、国際競争力を確保するための課題を整理した。

(2) について、国内保有技術を基本として処理能力 400tU/年のモデルプラントを設定し、国際競争力の更なる向上を目指した技術的課題を抽出した。課題の抽出の考え方は、コスト低減化および安全性向上を年頭において、①プロセスの簡素化・装置の小型化、②廃棄物発生量の低減、③装置信頼性の向上、④廃棄物処分の考慮、⑤環境対策の考慮、の五つの観点から検討した。

(3) について、アジア地域のエネルギー需要と電力事情、原子力発電開発状況などを調査し、原子力発電に伴う使用済燃料の発生量及び蓄積量を検討し、使用済燃料の蓄積プレッシャーから潜在的な再処理需要を推定した。これから韓国、台湾、中国における再処理及び MOX 加工施設の導入時期及び規模を予測した。これらの調査・検討に当たって、海外に営業拠点を有する企業（富士電機㈱、日揮㈱）の協力を得た。

本報告書は、㈱ペスコが核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果に関するものである。

契約番号：10C4374

サイクル機構担当部課；システム技術開発部高速炉サイクル解析 Gr

*1) ㈱ペスコ、*2) 日揮㈱、*3) 富士電機㈱

Investigation of JNC's competitive position reprocessing plant design of light
water reactor fuels and MOX fuel fabrication plant design in world markets

Osamu Yamamura*¹, Ryoza Yumoto*¹, Yoji Yokouchi*¹
Yoshikazu Kubo*², Yasuhiro Tanaka*³

Abstract

Problems were picked up by investigating how to strengthen JNC's competitive position of the fuel cycle technologies (reprocessing and MOX fabrication) in world markets. Market needs in mainly Asian countries were also investigated about plutonium utilization in light water reactors (LWRs).

Legal regulations were surveyed on import, export and transport of nuclear fuels. Foreign enterprises involved in fuel reprocessing and MOX fabrication businesses were surveyed on their activities and company histories. Fundamental conditions required to a company which is going to commence and run a fuel reprocessing and MOX fuel fabrication were discussed.

Technical problems were picked up concerning strengthening JNC's competitive position of reprocessing technologies by making an image of 400 tons / year model plant. Cost reduction and improvement of safety are two basic indexes for pick up technical problems. Other indexes are simplification of process, cutting down of radioactive waste generation and so on.

Accumulated amount and generation rate of spent fuels discharged from LWRs in some Asian countries were analyzed from the date of electric power consumption and share of nuclear power plant generation. Latent reprocessing demand which is caused by the pressure of big accumulations of spent fuel storage were also estimated. Then timing of commencing fuel reprocessing and MOX fuel utilizing were forecasted for Korea, Taiwan and China based on the above results.

This work was performed by PESCO CO., Ltd. under contract with Japan Nuclear Fuel Cycle Development Institute.

Contract Number ; 1 0 C 4 3 7 4

JNC Liaison ; JNC O-arai Engineering Center Fast Reactor Cycle Analysis Group.

*1 PESCO CO., Ltd. *2 JGC CO., Ltd. *3 FUJI Electric CO., Ltd.

目 次

要 旨	
要 約	1
1 サイクル機構が開発した軽水炉再処理 MOX 加工技術が国際競争力を持つための諸課題（技術的課題以外）の調査	9
1.1 輸出入、核燃料輸送に関わる法的規制	9
1.1.1 はじめに	9
1.1.2 国際条約等	9
1.1.3 原子力機器の輸出管理規制	9
1.1.4 核物質の輸送規制	11
1.1.5 二国間原子力協力協定	12
1.1.6 海外相手と事業を行う場合の法的規制のまとめ	12
1.2 海外の再処理及び MOX 関連企業の取組み状況	14
1.2.1 再処理及び MOX 燃料に関わる国際動向	14
1.2.2 海外の MOX 関連企業の取組み状況	15
1.3 事業展開を図るための基本的要件	21
1.3.1 事業展開のケース	21
1.3.2 再処理及び燃料加工事業展開時の必要要件	21
1.3.3 エンジニアリング供給を行う場合の要件	22
1.4 サイクル機構殿の事業化検討	26
1.5 国際競争力を確保するための課題	30
1.5.1 国際競争力を確保するための課題の抽出	30
1.5.2 まとめ	30
2 軽水炉再処理技術が国際競争力を持つための技術的な課題の調査	34
2.1 技術的な課題の抽出・考え方	34
2.2 モデルプラント	35
2.2.1 基本方針	35
2.2.2 設計条件	35
2.2.3 主工程	37
2.2.4 低放射性液体廃棄物処理工程	43
2.2.5 低放射性固体廃棄物処理工程	44
2.3 技術的課題	46
2.3.1 プロセスの簡素化／装置の小型化	46

2.3.2	廃棄物発生量の低減	48
2.3.3	装置信頼性の向上	49
2.3.4	廃棄体最終処分の考慮	50
2.3.5	環境対策の考慮	51
3	軽水炉でのプルトニウム利用に関する海外(主としてアジア地域)	
	マーケットニーズの調査	63
3.1	アジア主要国のエネルギー需給と電力事情	63
3.1.1	アジア主要国のエネルギー需給	63
3.1.2	アジア主要国の電力事情	63
3.2	アジア諸国の原子力発電開発状況	65
3.2.1	中国	65
3.2.2	韓国	67
3.2.3	台湾	69
3.2.4	インド	70
3.2.5	パキスタン	71
3.2.6	北朝鮮	72
3.2.7	インドネシア	72
3.2.8	その他のアジア諸国	73
3.3	アジア諸国の核燃料サイクル開発状況	74
3.3.1	中国	74
3.3.2	韓国	74
3.3.3	台湾	75
3.3.4	インド	75
3.3.5	パキスタン	76
3.3.6	その他のアジア諸国	77
3.4	アジア諸国の原子力開発動向	78
3.4.1	中国	78
3.4.2	韓国	80
3.4.3	台湾	82
3.4.4	インド	82
3.4.5	パキスタン	83
3.4.6	北朝鮮	84
3.4.7	インドネシア/ベトナム	84

3.4.8	イラン	85
3.4.9	イラク	85
3.5	アジアにおける再処理及びMOX加工に関するニーズ	86
3.5.1	中国	87
3.5.2	韓国	88
3.5.3	台湾	90
3.6	再処理及びMOX燃料加工需要の発生規模と時期	91
3.6.1	使用済燃料の再処理需要による発生規模と時期	91
3.6.2	プルトニウム蓄積によるMOX燃料加工需要の発生規模と時期	91
3.6.3	まとめ	92
	参考資料	97

図 表 目 次

図一覧

図 1.1	サイクル機構殿による事業展開概念(海外市場考慮)	25
図 2.1	モデルプラント全体フォローシート	58
図 2.2	ヘッドエンド工程フォローダイヤグラム	59
図 2.3	化学処理工程フローダイヤグラム	60
図 2.4	低放射性液体廃棄物処理の基本系統図	61
図 2.5	低放射性固体廃棄物処理工程の基本系統図	62
図 3.1	軽水炉発電所から発生する使用済燃料蓄積量	95
図 3.2	軽水炉発電所からの使用済燃料年間発生量	96

表一覧

表 1.1	主要国のリサイクルとサービス提供状況	18
表 1.2	BNFL と COGEMA の取り組み状況	19
表 1.3	海外の使用済燃料を処理している商業用再処理工場の現状	20
表 1.4	サイクル機構殿の民営事業化のケース検討	28
表 1.5	JR 及び NTT の民営化に関わる経緯等	29
表 1.6	国際競争力を確保するための課題	33
表 2.1	処理対象燃料仕様	53
表 2.2	モデルプラントの処理能力	53
表 2.3	モデルプラントの貯蔵能力	53
表 2.4	提案項目一覧表	54
表 3.1	アジア主要国の一次エネルギー消費量	63
表 3.2	アジア主要国の発電電力量	64
表 3.3	アジアの原子力発電開発の現状(1998.1.31 現在)	65
表 3.4	中国の原子力発電開発状況	66
表 3.5	韓国の原子力発電開発状況	68
表 3.6	台湾の原子力発電開発状況	69
表 3.7	インドの原子力発電開発状況	70
表 3.8	パキスタンの原子力発電開発状況	71
表 3.9	北朝鮮の原子力発電開発状況	72
表 3.10	中国の原子力発電所からの使用済燃料発生量	87

表 3.11	韓国の使用済燃料の累積発生量	89
表 3.12	韓国の各原子力発電所の使用済燃料の貯蔵量	89
表 3.13	中国、韓国、台湾の原子力発電所から発生する使用済燃料推定量	93
表 3.14	中国、韓国、台湾の軽水炉発電所から発生する使用済燃料推定量	94

要 約

0. 目 的

軽水炉再処理及び MOX 加工技術について、サイクル機構が開発・保有する技術の適切な移転及び施設の活用策の検討に資するため、これらの技術が国際的に競争力を持つために必要な諸課題の調査を行い。さらに、軽水炉でのプルトニウム利用に関して、主としてアジア地域を対象としたマーケットニーズを調査するものである。本調査は、次の 3 項目に分けて調査した。

- (1) サイクル機構が開発した軽水炉再処理技術及び MOX 加工技術が国際競争力を持つための諸課題（技術的課題以外）の調査
- (2) 軽水炉再処理技術が国際競争力を持つための技術的な課題の調査
- (3) 軽水炉でのプルトニウム利用に関する海外マーケットニーズの調査

1. サイクル機構が開発した軽水炉再処理及び MOX 加工技術が国際競争力を持つための諸課題（技術的課題以外）の調査

調査の手順として、まず、輸出入及び核燃料輸送に関わる法的規制状況をサーベイし、次いで課題抽出の参考とするため、海外の再処理及び MOX 関連企業の取り組み状況を調査した。さらに、再処理等の事業展開を図るための基本的要件を検討し、サイクル機構の再処理等事業化について、ケースを分けてその利害得失を洗い出し、国際競争力を確保するための課題を整理した。

(1) 国際競争力を確保するための課題

サイクル機構が開発してきた再処理及び MOX 燃料加工技術は、世界的にみても遜色のないもので、これまでの再処理実績、MOX 燃料加工実績、さらに炉心での照射実績などから、技術の品質はレベルの高いことが知られている。このようなわが国の資産を、研究開発の範囲に留めず、広く民間技術として有効活用を図り、更にはわが国だけに留まらず、世界の市場のニーズに応え、技術的な貢献を図ることが期待される。

国際市場において事業を行い、競争力を確保するためには、コスト競争力が重要であることは言うまでもないが、海外で活躍している主要な企業を考慮すると、「民間企業」としての経営実績づくりが、競争力確保のために最大の課題であると認識できる。このためには、将来の市場ニーズを想定し、国レベルでの長期的な戦略のもとに、機能、組織、技術、戦略、企業間連携など種々の面からの「体制整備」を段階的に行っていく必要があるものとする。

今回調査・検討により抽出した、「サイクル機構が再処理及び MOX 燃料加工分野で国際競争力を確保するために必要な主要課題」は次のように整理できる。

- ① 国策として段階的な体制整備
- ② 事業のベース物量の確保
- ③ 実績（軽水炉燃料の製造実績、海外での EPC の実績）
- ④ プラントエンジニアリング力の育成
- ⑤ コスト競争力実現
- ⑥ 企業経営力（営業力、情報力 リスク評価・管理能力）の確保
- ⑦ 顧客ニーズへの対応力確保

(2) 事業展開を図るための基本的要件

再処理及び MOX 燃料加工分野において、国際競争力を確保し海外市場を相手とした事業を展開する場合、次の二つのケースが考えられる。

- ① 再処理及び MOX 燃料加工サービスの提供；海外企業からこれらの事業を委託されるケースで、国内の再処理及び燃料加工施設を拠点として、MOX 燃料加工までの一連の事業サービスを提供する。
- ② 設備・エンジニアリングの提供；海外の再処理及び燃料加工関連施設を対象として、設備（プラント構築物、施設、設備等）やエンジニアリングサービス（プラントの建設の「品質」、「コスト」、「納期」（QCD）管理、エンジニアリング等）の提供を行うケース。

ケース 1 について、海外の使用済燃料を日本国へ輸送し、再処理することを前提にするには、国内法規及び日本が絡む条約や協定などがまったく不備である。従って、事業を起そうとするには、まず、事業を実行する意思或いは海外から再処理を受託する意思を国レベルで表明を行い、IAEA 並びに関連諸国の同意を得ることが必要であると考えられる。現在、海外からの再処理受託を行っている国は、英国と仏国のみである。これらの国は核兵器保有国であり、あくまでも日本が非核兵器保有国である現状を鑑みれば、この点において日本のハンディキャップは極めて大きいものと判断され、関連諸国、関連機関の同意を得ることが、最大の要件であると判断される。

海外から使用済燃料を受け入れ、国内での MOX 燃料成型加工までの再処理、加工の委託・注文を受ける場合、当然ながら競合会社に負けられないためには、「安くて良い品質」を提供できることに尽きる。特に、厳しい競争に打ち勝つためには、幅広い顧客ニーズに応えられるようにすることも肝要である。このような観点から、民間企業と同様に競合会社や顧客を意識した取り組みが必要である。また、将来、かようなニーズが生じた場合に備え、取り組み可能な体制づくり（再処理及び燃料加工の事業化準備）を進めることも大切である。

ケース 2 について、サイクル機構がこれまで蓄積してきた技術を基に、海外市場での建設・エンジニアリング事業を展開するとした場合、当然ながら、これまでのサイクル機構の活動内容とは異なり実績も少ない。これらは、エンジニアリングメーカーが得意とするところであり、

国内の民間企業のと連携を図り進めることが肝要であると考えられる。英国BNFL社や仏国COGEMA社は、エンジニアリング部門を有しており、海外での建設・エンジニアリング活動を、幅広く展開できる体制ができている。

(3) サイクル機構の事業化検討

サイクル機構が、再処理、FBR燃料加工及びATR燃料加工分野で、これまで培ってきた実績に基づき、再処理及び軽水炉用MOX燃料加工分野で事業を行おうとするには、まず、民間相手の事業が展開可能な体制に構築する必要がある。事業化展開の検討ケースとして、次の3ケースが想定できる。

- ① ケース1：サイクル機構のプルトニウム燃料センターが分離独立し、民営事業化するケース。サイクル機構の再処理、燃料部門が一体となって、独立民営化し、燃料リサイクル事業を展開する。JR、NTTのように企業としての経営基盤が確立するまで、国営で運営し、徐々に完全民営化に移行する。
- ② ケース2：民間出資の第3セクターを設立するケース。日本原燃㈱と同様の民間出資で（場合により国が協力するケースもある）再処理及びMOX燃料加工会社を設立する。サイクル機構は、第3セクターに対して、技術、人材での協力を行う。
- ③ ケース3：サイクル機構の関係子会社を設立するケース。サイクル機構の経験者を集めたサイクル機構の関係会社(子会社)を設立し、プラント建設、エンジニアリング等を中心とした事業を展開する。

検討結果から、海外の主要企業と互して再処理及びMOX燃料加工事業を展開することを考えるならば、サイクル機構の資産の有効活用が可能であり、技術移管も容易であることから、ケース1が有力な事業化ケースであると考えられる。この場合、国策としての事業化が不可欠であり、官民一体としての支援が必要である。事業化のための法的手続等については今後の検討課題である。

ケース2では、第3セクターを設立するケースであり、民営化（企業化）が比較的容易である。特に、民間が持つ企業経営力、海外プラント建設、エンジニアリング力を短期間で十分に生かすことができ、サイクル機構の技術との補完的融合化を図りやすい。

ケース3では、関係会社設立のケースであり、これまで経験が豊富にあり、立ち上げも容易である。この場合、サイクル機構の資産である施設利用が課題となる。プラントエンジニアリングや建設コンサルタント等のサービスを中心とする場合は、この事業化形態が合理的であるといえる。

いずれのケースも、今後サイクル機構の民営化を考えた場合、日本原燃㈱との役割分担（すみわけ）が難しく、また、経営基盤とすべく、国内外の再処理及びMOX関連ニーズの有無が重要な鍵となる。

(4) 輸出入及び核燃料輸送に関わる法的規制

原子力エネルギー利用に当たっては、核不拡散、核物質防護及び安全性確保の観点から国際的な協力関係が幾重にも張り巡らされている。国際条約としては、核不拡散関係、保障措置関係及び核物質防護関係とに分けられる憲章、条約、ガイドライン等を調べあげ整理した。

原子力機器の輸出管理規制としては、核不拡散条約のもとに、「IAEA による保障措置」及び「原子力供給国会合 (NSG) に代表される輸出管理制度」が具体的手段となっている。核物質の輸送規制に関しては、国際的には IAEA の核物質防護に関わる国際基準に基づき、核物質防護上の配慮が求められる。核物質の防護に関する条約加盟国は使用済燃料等の核物質の輸送については、国際間の取り決め、国際協定の締結を前提とし、さらに、輸送の事前合意、事前取り決め、連絡体制の確保、常時監視義務等の要件を満たす必要がある。

二国間原子力協力協定は、当該国間での核不拡散、保障措置、核物質防護等に関連し、二国間での協力条件を取り決めたものである。再処理又は MOX 加工に関し、わが国が関係を持つようとする相手国が他国とどのような二国間協定を結んでいるかは、事前に調査しておくなければならない。法的規制に関する調査の結果を次の項目で整理した。

- ① 海外からの受託事業等の実施について
- ② 設備及びエンジニアリング等の供給について
- ③ 海外相手の取り組み上の課題

(5) 海外の再処理及び MOX 関連企業の取り組み状況について

海外の再処理企業としては、仏国 COGEMA 社及び英国 BNFL 社が主なものである。また、MOX 加工企業としても両者が主たる企業で、これにベルギーの BN 社が加わる程度である。英国 BNFL 社と仏国 COGEMA 社の企業概要と実績について概略調査を行った。

以上、核不拡散や核燃料輸送の問題は、顧客（核保有、受容性、地理的条件）にも依存するが、アジア市場を考えた場合、わが国の状況と海外主要国とでは、国際競争力の確保の観点からは遜色ないものであると考える。なお、今回の調査においては、技術以外の面での課題を抽出したが、米国等関係国の国内法の詳細、海外主要企業の取組み状況の詳細、民間事業化としての法的条件、各課題に対する施策の具体化等は、今後更に詳細な調査検討が必要であるものとする。

2. 軽水炉再処理技術が国際競争力を持つための技術的な課題の調査

ここでは、国内保有技術を基本として年間処理能力 400 トンのモデルプラントを設定し、国際競争力の更なる向上に向けた技術的課題を抽出した。技術的課題の抽出の考え方は、コスト低減化及び安全性向上を念頭において、①プロセスの簡素化・装置の小型化、②廃棄物発生量

の低減、③装置信頼性の向上、④廃棄物処分の考慮、⑤環境対策の考慮、の五つの観点から検討した。

(1) モデルプラントの設定

モデルプラントの設定にあたっては、国内保有技術を中心に次の方針でプロセスの選定を行った。

- ① 東海再処理工場の運転実績で特に問題がなく、処理燃料の高燃焼度化及びスケールアップへの対応が可能なものについては、実証度の高い現有プロセス及び機器を採用することとする。
- ② スケールアップが困難なもの、ならびに代替プロセス及び機器の採用が必要なものは、海外の再処理施設及び国内の原子力産業などで実績のあるもの、すでに確立していると判断されるものから選定する。
- ③ 溶解槽、酸回収蒸発缶など腐食により装置の故障が発生したものについては腐食環境の緩和、耐食性材料の選定、予備機の確保など安定運転を確保するために必要な措置を講じる。
- ④ せん断機などの機械的装置及びパルスフィルターなどのフィルター類については、補修、保守、交換などを考慮して、装置能力の裕度及び適切な予備機の確保を配慮する。
- ⑤ 廃棄物処理工程の負担を軽減するため、廃液発生量の低減化及び環境への放出放射能の低減化を目指したプロセス及び機器を選定する。

(2) プラント設計条件

- ① 処理対象燃料の仕様は、比出力 50MWd/tU、燃焼度 50,000MWd/tU までの使用済燃料とする。
- ② 処理能力は 2tU/day とし、運転体制は年間約 280 日を確保し、運転停止中の検査、保守、核物質実在庫調査のための停止期間は、年間約 85 日以内とする。
- ③ 貯蔵能力は、高放射性廃液及び低放射性固体廃棄物貯蔵は 2 年分、高放射性固体廃棄物及びアスファルト固化体貯蔵は 5 年分とする。
- ④ 製品仕様及び放出基準などについては、東海工場に準じるものとする。

(3) 技術的課題

上記検討方針及び条件に基づいて検討した結果は、次の項目に絞られる。

- ① プロセスの簡素化／装置の小型化
 - ・ Gd 添加による溶解槽の系列数削減
 - ・ 清澄プロセスの簡素化
 - ・ ヨウ素除去工程における乾式法の採用
 - ・ 抽出工程の 2 サイクル化
 - ・ プルトニウムの還元剤として HAN の使用

- ・ 混合抽出法妥当性の評価検討
- ② 廃棄物発生量の低減
 - ・ 余剰回収酸のリサイクル利用（電解法によるNO_x製造プロセスの採用）
 - ・ 溶媒再生工程のソルトフリー化に向けた検討
 - ・ ヨウ素除去工程における乾式法の採用
 - ・ 紫外線酸化による油分分離プロセス適用に係わる検討
- ③ 装置信頼性の向上
 - ・ 燃焼度モニターの信頼性向上
 - ・ 高放射性廃液濃縮蒸発缶の材料見直し
 - ・ 減圧蒸発法、減圧蒸留法採用の検討
- ④ 廃棄体処分の考慮
 - ・ 硝酸ナトリウム廃液の処理にSC（スーパーセメント）固化の採用
 - ・ 廃溶媒処理方式の検討
 - ・ 雑固体廃棄物の溶融処理の検討
 - ・ ハル・エンドピース処理法の検討
- ⑤ 環境対策の考慮
 - ・ 焼却炉ダイオキシン除去の適用
 - ・ 余剰回収酸のリサイクル利用（電解法によるNO_x製造プロセスの採用）
 - ・ 連続排気モニタリング設備の採用

3. 軽水炉でのプルトニウム利用に関する海外(主としてアジア地域)マーケットニーズの調査

海外、アジア地域のプルトニウム利用に関するマーケットニーズの調査に先立ち、まず、アジア主要国のエネルギー需要と電力事情を調べ、次に電力に占める原子力発電計画がどのようになっているのか、現状と将来を種々の文献・資料により調べた。

原子力発電に伴う使用済燃料の発生量及び蓄積量をより正確に把握し、潜在的な再処理需要を推定した。使用済燃料の蓄積量のプレッシャーから、再処理の導入時期と規模を大胆に推測し、再処理により回収されるプルトニウムを蓄積することなく軽水炉へリサイクルすると仮定して、MOX燃料加工工場の規模と導入時期を推定するなどして、マーケットニーズとした。

(1) アジア主要国のエネルギー需給と電力事情

世界のエネルギー消費量は着実に増え続けている。特に、中国を中心にアジア諸国は、人口増加と工業化の進展に伴って、依然として大幅な増加が続いている。1997年一年間におけ

るエネルギー消費の世界全体の順位は、アメリカ、中国、旧ソ連、日本、ドイツの順であり、アジアでは中国、日本、インド、韓国の順になっている。世界全体で最も多く使われているエネルギーは、石油で次に石炭、天然ガス、原子力、水力の順になっている。中国とインドは石炭、旧ソ連は天然ガスのウエイトが高くなっている。

1985年以降10年間の電力消費量は、米国で約1.3倍、日本で約1.5倍の伸びになっており、特に、経済発展が目覚ましい中国では約2.8倍と爆発的な伸びがある。中国の総発電設備容量は、米国について世界第2位であるが、国民一人当たりの発電設備容量は世界平均の3分の1以下である。アジアでの発電電力量は、中国が第1位であるが電源構成は石炭火力が80%を超え、原子力発電は僅か1.3%である。

(2) 原子力発電開発状況

アジアにおける原子力発電の開発状況は、現在運転中の観点から見ると、日本、韓国、台湾、中国、インド、パキスタンの順である。一方、建設中及び計画中を含めると、日本を除くと、韓国、中国、インドが大幅に伸びて、韓国、中国、インド、台湾、パキスタンの順になる。

韓国では、1978年に初の古里1号炉発電所が開通して以来、原子力発電利用が急速に進展し、1999年3月時点で14基が商業運転中であり、2015年までに運転に入る計画中のものを加えると28基、2,770kWに達するとされている。

中国では、1994年に泰山第1期1号炉が開通して以来、現在3基226.8kWの原子力発電所が運転中で、6基460kWが建設中で、その後の計画を含めると、原子力発電設備容量は、2010年には2,000万kWに拡大した後、2020年には4,000~6,000万kWにまでもっていく目標を立てている。

台湾では、1978年に金山1号炉を開通して以来、1985年にかけて5基を開通するなど積極的に原子力発電所を導入してきたが、その後の開通は途絶え、現在6基514.4kWが運転中で、近年に建設を控えた2基270kWの計画があるのみである。

インドでは、10基184kWが運転中で、建設中及び計画中を含めると26基860kWに達するが、大部分が小出力のCANDU炉又はPHWRの重水炉である。その他のアジア諸国において、原子力発電所で運転中の国はないが、建設中及び計画中の国として、パキスタンと北朝鮮がある。その他のインドネシア、フィリピンなどでは原子力発電に興味を示しているものの、原子力開発は研究炉やアイソトープ利用に留まっている。

以上により、マーケットニーズの対象となるアジア諸国は、当面、大型の軽水炉を設置している韓国、中国、台湾に絞られるものと考えられる。

(3) 使用済燃料の発生量及び蓄積量

原子力発電所の運転に伴い使用済燃料が発生し、蓄積されつつある。大部分が原子炉サイトの貯蔵プールに貯蔵されている。その蓄積量は、2010年時点で韓国が最も多く軽水炉型原

子力発電所からの使用済燃料で約 6,000 トン弱、台湾が約 5,000 トン、中国で約 2,000 トンに達する。

韓国では、1990 年代に発電所の多くが飽和状態になり、現有の貯蔵容量では 2006 年までで満杯になる見通しである。中国では、原子力発電所の各プールの貯蔵容量はおおむねその原子炉が搬出する使用済燃料の 10 年分である。

(4) 再処理需要の発生時期と規模

中国では再処理路線を踏襲していて、1970 年に軍事用再処理施設が完成しており、原子力発電所からの使用済燃料を対象とした再処理として、現在 50 トン/年のパイロットプラントが建設中である。さらに、400～800 トン/年規模の商用再処理工場の建設を 2010 年に完成する計画が立てられている。

韓国及び台湾はいずれも再処理施設は存在していなく、かつ再処理路線を表明していないが、使用済燃料の蓄積量から推測してみると、800 トン/年規模の再処理工場として、早くして韓国で 2007 年ごろ、台湾で 2010 年ごろの導入が考えられる(これは(再処理規模を年度に発生する使用済燃料量+蓄積量の 1/10)と仮定して算出した)。

(5) MOX 燃料加工需要の発生時期と規模

再処理工場の運転に伴いプルトニウムが回収される。これを蓄積することなく利用するとすれば、当面自国での軽水炉型原子力発電所での利用となる(プルサーマル利用)。需要発生時期として、再処理工場の運開の 1 年遅れとなり、早くして韓国で 2008 年ごろ、台湾と中国で 2011 年ごろの導入が考えられる。規模は、800 トン/年の再処理工場に相当するものとして、100 トン/年の MOX 加工施設が想定できる。

1 サイクル機構が開発した軽水炉再処理 MOX 加工技術が国際競争力を持つための諸課題（技術的課題以外）の調査

1.1 輸出入及び核燃料輸送に関わる法的規制

1.1.1 はじめに

核不拡散、核物質防護及び安全性確保等の観点から、原子力エネルギー利用に当たっては国際的な協力関係が幾重にも張り巡らされており、それぞれの協力は厳格なルールに基づいて運営されている。

日本において、海外の使用済燃料を再処理しようとした場合には、これらの国際的な関係を構築する必要があると同時に、国内法規で規制されている事項を明らかにしておく必要がある。

以下に、ここでは現状の国際関係及び国内関連法規で該当する事項を調べた。

1.1.2 国際条約等

核不拡散、保障措置、核物質防護を確保するために種々の条約、協定が結ばれている。

(1) 関係する条約や協定等

海外を相手とした再処理及び燃料加工事業を考えた場合、関連する主要な条約や協定等には次のものがある。

(a) 核不拡散関係

- ① IAEA憲章
- ② 核不拡散条約（NPT）
- ③ ロンドンガイドライン（INFCIRC/254）
- ④ 二国間の原子力協定（日米原子力協定等）

(b) 保障措置関係

- ① 機関の保障措置制度（INFCIRC/66）
- ② IAEA保障措置モデル協定（INFCIRC/153）
- ③ 日・IAEA保障措置協定（INFCIRC/255）

(c) 核物質防護関係

- ① 核物質防護条約
- ② IAEAの核物質防護に関する勧告（INFCIRC/225）

1.1.3 原子力機器の輸出管理規制

輸出管理規制は、核不拡散条約（NPT）のもとに、国際的な核不拡散を確保のための「国際原子力機関（IAEA）による保障措置」及び「原子力供給国会合（NSG）に代表される輸出管理制度」が具体的手段となっている。

(1) NPT と保障措置

NPT では、条約参加の非核兵器国に IAEA の保障措置受け入れ義務を課す（第3条第1項）とともに、参加国が非核兵器国へ核物質等の原子力資機材を移転する際には、当該核物質に保障措置が適用されること（FSS：フルスコープ保障措置）を条件（第3条第2項）としている。

NPT の条文には移転の条件として保障措置を要する原子力資機材の定義がなく、従って、供給能力を有する国々が、規制対象となる原子力資機材のトリガー・リスト（ザンガー・リスト）を作成し、NPT 非加盟国へのこれらの資機材の移転条件（核爆発への使用禁止、保障措置の適用、再輸出規制等）を定めている。

わが国の場合は、日 IAEA 保障措置協定（INFCIRC/255）を締約しており、IAEA によるフルスコープ保障措置を受け入れている。

アジア諸国において、NPT を締約していない国は、インド、パキスタン、台湾であるが、インド、パキスタンは自国で再処理工場を保有しており、また、台湾、インドネシア、タイ等は、いずれも IAEA とフルスコープ保障措置協定を締約しており、保障措置に限定していえば、NPT を締約している国と相当であるといえる。

(2) 日・IAEA 保障措置協定

日・IAEA 保障措置協定は、わが国内に「領域内若しくは管轄下、又は管理下のもとで行われる平和的な原子力活動に係る全ての核物質等」を対象とするものであり（第1条）、従って、わが国へ使用済燃料を移転しようとする国側の如何を問うものではない。

むしろ、核物質等の受領国であるわが国の如何が問題となるが、この点についても、この保障措置協定が IAEA と締約されている点で、わが国側に受領国としての問題はない。

一方、再処理後の核物質等や廃棄物を返還する場合において、当協定より、IAEA への通告が必要となるが、「受領国がこの協定の定めるところに従い、その核物質等に関する責任を負った時」に、その核物質等に対するこの保障措置を終了させることができる。（第12条）

ただし、当事国同士の間において、何らかの二国間協定が必要になるものと考えられる。なお、この保障措置協定に基づき、国内の施設側として、施設付属書（FA）の改訂発効の協議を IAEA と行う必要があるが、これらの作業は、すでに構築されているルールに則り行われる。

(3) 原子力供給国会合（NSG）

核開発に用いられる資機材、技術を提供する能力のある原子力供給国が、協調の上輸出管理を行い、核不拡散を確保するために NSG がある。

NSG ロンドンガイドライン（INFCIR/254）は、規制対象とする品目、技術の

トリガーリストと移転のための条件を示したものである。また、この中で供給国の責任として核物質防護の重要性を認めている。

輸出規制管理品目は、原子力専用機材を規制するNSG part 1と原子力関連資機材（汎用品）を規制するNSG part 2がある。

輸出管理制度としては、先進国にみられる「Know 規制」やわが国の「補完的輸出規制」等も含まれる。

通常兵器等の輸出管理規制については、ワッセナー・アレンジメント（The Wassenaar Arrangement）が設立されている。

（４）輸出管理に関わる国内法体系

国内法規でみると、外国為替及び外国貿易法第 48 条第 1 項及び輸出貿易管理令（以下「輸出令」）第 1 条第 1 項の規定に基づき、国際的な平和及び安全の維持を妨げることになると認められるものについての輸出規制（貨物と技術について規制の枠組み、規制対象品目、規制対象地域等を規定）がある。

規制される貨物及び技術の詳細は、「貨物等省令」「貿易関係貿易外取引省令」及び「貨物の客観要件を定める省令」「輸出貿易管理規則」等の省令が定められており、さらに告示、通達等で詳細に規定されている。

規制物質には武器、大量破壊兵器関連汎用品及び通常兵器関連汎用品があるが、原子力品も大量破壊兵器関連汎用品として、規制対象であり、該当する核燃料物質、設備、機器を輸出する場合には、通商産業大臣へ許可申請し許可を受けなければならない。

1.1.4 核物質の輸送規制

核燃料物質等の海外輸送に関しては、IAEAによる核物質防護に関わる国際基準（IFCIR/225）に基づき、核物質防護上の配慮が求められる。また、実際の海上輸送の運用については、国際海事機関（IMO）による照射済燃料等海上輸送規則等も参酌される。

（１）核物質防護条約関連

わが国は、ロンドンガイドラインへの参加国として、適切な核物質防護措置が義務づけられている。また、国際条約である「核物質の防護に関する条約」に加盟しており、加盟国は、その国の責任においてIAEA 勧告の趣旨に基づき、核物質防護制度を設け、制定した規則等の履行、管理を実施する必要がある。

なお、アジア諸国の中でこの核物質防護条約の締約国は、中国、韓国、インドネシア、フィリピン等である。

使用済燃料等の核物質の輸送については、加盟国は、国際間の取り決め、国際協定の締結を前提とし、さらに、輸送の事前合意、事前取り決め、連絡体制の確保、常時監視義務等の要件を満たす必要がある。

(2) 国内関連法規

原子炉等規制法及び核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則等輸送関係に関わる 16 の政令、規則等が定められており、核物質防護条約への加入を考慮したものとなっている。

国内での再処理、MOX 加工のために海外の使用済燃料の受け入れを前提としたものではないが、新たな法整備が必要となるものではないと考える。

1.1.5 二国間原子力協力協定

二国間原子力協力協定は、当該国間での核不拡散、保障措置、核物質防護等に関連し、二国間での協力条件を取り決めたものである。

日本は、米国、英国、仏国、カナダ、豪州及び中国の 6 カ国と原子力協定を締結しているが、核物質防護に関わる規定があるのは、英、仏を除く 4 協定となっている。

日米原子力協定では、次のような点での規制が取り決められている。

- ① 第三国移転の規制
- ② 再処理の規制
- ③ 事前通告性
- ④ 核物質防護措置

これらの規制は、あくまで米国から輸入された核燃料物質の規制が前提となっていると思われるが、実際に事業を行う場合に、例えこれが自国で生産されたものであっても、全くの対象外として取り扱うことはできないであろう。

また、使用済燃料を移転する国においても、その使用済燃料の供給国との原子力協定があるはずであり、この協定が規制する事項について調査が必要であると思われる。

燃料加工等を受託する場合又は海外に対し設備やエンジニアリング等のサービスを提供する場合、事業開始に先立ち、当該国間又は IAEA を含めた 3 国間で協力協定を定め、これに従うことになる可能性が高い。

1.1.6 海外相手の事業を行う場合の法的制約のまとめ

(1) 海外からの受託事業等の実施について

上述のように、再処理及び MOX 燃料加工の受託事業等を実施する場合、取引相手国の違いにより制約条件は大きく異なり、相手国如何では事業の実現性にも影響すると考えられる。また、実施に際しては、次のような条件を満たす必要がある。

- ① 使用済燃料の受け入れ、再処理、燃料加工等を考えると相手国は NPT 加盟国であること。

- ② 核保有国でない場合は、保障措置の受入国であることが条件となる。
- ③ 特に、継続的な事業として行う場合には、相手国との間で二国間協定又は政府間取り決めを締結した上で、関係国の了解を得た上で進めることが必要になる。
- ④ 米国が当該国のウラン原産国である場合には、再処理、加工等を行う段階においても米国の了解を得る必要がある。ウラン原産国がカナダの場合は、現状その限りでないが、この場合でも米国等への事前確認を実施する可能性は高い。

米国等の圧力を無視すれば、核保有国でありかつ主要なウラン原産国である仏国は、ウラン供給国としての立場から、韓国、台湾等アジア諸国からの再処理、MOX 加工等の受託事業は日本と比較して実施しやすい環境にあるといえる。

(2) 設備及びエンジニアリング等の供給について

NSG は、元来 NPT の補完の役割として生まれたものであり、政府間の紳士協定で、国会による批准もなく、罰則規定もない。資機材の供給能力のある工業先進国による一方的規制といえる。実際の制度運用は各国の法制度に任されており、輸出の許可・不許可は一義的に各国の判断に委ねられている。NSG ガイドラインにおいても、最終需要者の誓約書をとることで規制対象資機材の用途を見極めることとしている。なお、中国をはじめアジア各国（日本、韓国を除く）は NSG に加盟していない。

上記(1)の MOX 燃料加工の受託事業も設備等の供給の場合も同様であるが、海外輸送については、輸送のみに限定すれば、技術的な面での制約はなく、核物質条約にもとづいた適切な核物質防護措置を講じることが必要となる。

特に、輸送に関連しても、核不拡散の観点から米国をはじめとした関係国の了解が必要となるが、わが国の国際競争力を妨げるものではないと考える。

(3) 海外相手の取り組み上の課題

海外主要企業との違いは、これまで海外との関連分野での事業経験がなく、国際的にも認知されていないことが課題と考えられる。特に、海外を相手に事業を行うに足る諸々の法的体制が整備されていないことや、わが国の場合、関係国や国内所管省庁等の了解をとるための手続に手間がかかること等が懸念される。しかしながら、基本的に、海外主要企業と比較した場合、これらは、わが国が国際競争力を確保していく上での支障となるようなものではなく、段階的に事業環境を整備していくことは可能であると考えられる。ただし、事業実施に際しては、国内外の理解と国（政府）レベルでの支援が必要である。

1.2 海外の再処理及び MOX 関連企業の取り組み状況

1.2.1 再処理及び MOX 燃料に関わる国際動向

(1) 市場ニーズ

現在、海外を相手として、商用を目的とした再処理あるいは MOX 燃料の加工やエンジニアリングを事業の柱としている国（又は企業）は、欧州の英国、仏国、ベルギー（MOX 加工のみ）の 3 カ国であり、米国やアジア諸国にはない。

再処理及び MOX 燃料加工やエンジニアリングの海外市場ニーズは、次のとおりである。

- ① プルサーマル炉用（軽水炉燃料のリサイクル用）
- ② ロシア、米国の核兵器解体プルの処理用（プルサーマル等）
- ③ FBR、ATR 等の軽水炉以外の炉用

欧米諸国の中で、軽水炉以外の MOX 燃料（FBR 用）の加工を行っているのは、仏国だけであり、従って、現在の MOX 燃料市場としては、上記①、②に関連するものであり、将来を考慮した場合、プルサーマル用燃料のニーズが重要となる。

世界の MOX 燃料関連市場としては、欧米で新規原子力発電所設置のニーズが減少していること及び核燃料リサイクル化を志向しない国が大半であることから、大きな MOX 市場ニーズが期待できず、サイクル機構の MOX 事業化を考慮すると、今後は、中国をはじめとしたアジア太平洋地域を中心とした MOX 燃料市場の拡大が期待される。

(2) MOX 燃料及び関連サービスの供給国

現在、商用 MOX 燃料加工技術を保有し、海外に対して、MOX 燃料加工やエンジニアリングをサービスとして提供可能な国（又は企業）は、米国、英国、仏国、独国、ベルギー等がある。

このうち、米国は、既に燃料リサイクル路線をしいておらず、また、独国も自国内での再処理及び MOX 燃料加工は中止されているため、将来想定されるアジア市場で、今後中心的な役割を担うのは、仏国 COGEMA 社（又はベルギー BN 社）と英国 BNFL 社であると考えられる。

わが国においては、青森県六ヶ所村に商業用の再処理工場を建設中であるが、商業運転の開始は、当面先であるために仏国及び英国に約 4,500 トンの軽水炉燃料の再処理を委託している。また、MOX 燃料加工に関しても委託する計画であるが、その一方で、国内の核燃料リサイクル化に向けて、プルサーマル燃料用商用 MOX プラントの建設も予定されている。

主要国のリサイクル及びサービス提供の状況を表 1.1 に示す。

(3) 核兵器解体プルトニウムの処分に伴う動向

(a) 米国内プルトニウムの処分

約 52.5 トンの余剰プルを軽水炉燃料として利用するものであり、DOE の計

画のもとに進められている。

1997年11月にDOEよりRFP原案が出され、入札募集が行われた。

COGEMA社、SIEMENS社及びBNFL社の各社がコンソーシアムを組んで、応札したが、COGEMA社を含むデューク・コジェマ・ストーン&ウェブスター・チームが受注した。

(b) ロシアのプルトニウムの処分

約50トンの余剰プルトニウムを処分する目的として、ロシア、仏国、独国の3国協定に基づき、COGEMA社、SIEMENS社、MINATOMによるDEMOXプロジェクトが開始された。

VVER、BN-600の燃料として利用するものであり、2002年運転開始を目標として進められている。

1.2.2 海外の主要MOX関連企業の取組み状況

(1) 英国BNFL

(a) 会社全般

国が100%資本を有する国営企業である。しかしながら、組織、経営、機能上も全て民間企業と同様である。他の国営企業と同様、対外政策的な位置付けだけでなく、国内雇用確保等の目的も考えられる。

BNFL社は、GCRを運転する他、カーペンハウストに濃縮施設、スプリングフィールドに燃料製造施設、セラフィールドに再処理施設と3つの主要工場を所有し、英国におけるウラン転換、濃縮、成型加工、再処理、廃棄物処理等の核燃料サイクル全般に関わるサービス及びエンジニアリングを提供している。また、最近では、ME（マグノックスエレクトリック）社の吸収合併やWELCO（WHの原子力部門）社の買収等原子力製造部門も有する総合原子力企業である。

(b) 軽水炉再処理の概況

英国では古くからマグノックス炉用の燃料再処理に力を入れてきたが、商業用発電炉が軽水炉に移行する趨勢の中、Windscaleに軽水炉燃料を再処理する目的として、年間の処理量1200トンのTHORP再処理工場を計画し、1995年に操業を開始している。

操業開始当時の工場稼働率が、低いことと、マグノックス炉燃料の再処理を優先してきており、現時点での再処理量は必ずしも多くはないようであるが、最近では軽水炉燃料再処理の稼働率を向上させつつある。

(c) 燃料成型加工等の概況

ウラン燃料の加工は、GCR用金属燃料ウラン、AGR、軽水炉（PWR用）UO₂燃料を対象として、スプリングフィールドの工場で行っている。

MOX 燃料の成型加工は、これまで、セラフィールドの実証施設（MDF）で行ってきたが、現在、大規模の全自動運転工場（SMP）を建設しており、来年度には運転を開始する予定である。

(d) 燃料の海外市場への取り組み

海外売上は、全体の約 33% を占めている。その中核をなすのが、再処理受託である。MOX 加工は、英国だけでなく、日本、独国、スイス、スペイン、イタリア、スウェーデン、オランダ、カナダ等を対象として、幅広い企業活動を行っており、燃料の再処理から加工までの範囲を受託している。

米国 DOE の核解体プルトニウムへの取り組みは、BNFL 社の米国人法人（BNFLInc.）中心に、バブコック&ウィルコックス社（B&W 社）、ベクテル・ナショナル社、ウェスチングハウス社（WE）等とコンソーシャム（MOX-USA）を結成し、DOE の RFP に応札した。

(e) MOX 加工技術の特徴

セラフィールドの MDF（MOX 燃料加工実証施設）で商業炉向け MOX 燃料加工を約 3 年間実施してきている。MOX 燃料加工技術としては、製品の品質向上を主体とし、稼働率向上、運転保守性向上、安全性確保に加え、特にコスト低減に力を入れた戦略的開発を実施してきた。

最新プラントである SMP（加工能力：120 トン/年）は、簡素な SBR プロセス（ショートバインダーレスルート）、全自動運転、優れた運転保守性等を特徴としている。

(2) 仏国 COGEMA

(a) 会社全般

仏原子力庁（CEA）による国営企業としてスタートし、一部民営化の後、1998 年より持ち株比率で CEA 81.5%、TOTAL 15%、TECHNIP 3.5% で、国策としての企業経営を行っている。

COGEMA 社は、子会社の COMURHEX、EURODIF を通じて、ウラン濃縮事業を実施し、世界第 2 のウラン生産会社である。

再処理は、ラアーグで濃縮ウラン燃料の再処理 UP2-400、UP2-800、UP3（海外再処理用）を有している。UP2-800 は、MOX 燃料の再処理が可能。

燃料の加工は、COGEMA 社、FLAMATOM 社及び関連子会社で行われている。一方、MOX 燃料の供給は、GIE COMEX 社（60% COGEMA、40% ヘルゴニュークリア）により行われている。

分社化された関連会社により COGEMA グループとして活動しており、ウラン採掘、精錬、転換、濃縮、成型加工、再処理、燃料輸送等の核燃料サイクル全般に関わるサービス及びエンジニアリングを提供している。

(b) 軽水炉再処理の概況

商業用軽水炉再処理の分野では、最も大きなキャパシティを有している。1989年に海外再処理専用の年間800トンのUP3再処理工場を操業開始し、その後UP2再処理工場を年間処理量800トンに改造を行い、合計年間処理量1,600体制を確保している。

工場の稼働率も好調で、日本からの委託再処理量も1,000トン程度を処理している。

(c) 燃料成型加工等の概況

ウラン燃料の加工は、軽水炉（PWR用）UO₂燃料を対象として、仏FBFCとベルギー（Dessel）工場で行っている。

スーパーフェニックスをはじめとした高速炉用MOXやプルサーマル用MOX燃料の成型加工は、ベルギーのBN（ベルゴニュークリア）との協力協定に基づき実施している。仏国内加工施設は、カダラッシュ（CFCa）とマルクールのMELOXで、ベルギー内加工施設は、（Desselプラント）である。

MELOXは、PWR用燃料加工を主体とし、120トン/年規模で現在運転中であるが、今後BWR用MOX燃料加工への対応等を含め、200トン/年への規模拡大を計画している。

(d) 燃料の海外市場への取り組み

海外での売上は全体の約38%を占めている。MOX加工は、仏国内だけでなく、日本、スイス、独国を主要顧客として、燃料の再処理から加工等のサービスを提供しており、近年には、中国、韓国等のアジア諸国には、技術提携を結んでプラントやエンジニアリングの受注につなげる戦略に基づき、幅広い企業活動を展開している。

米国DOEの核解体プルトニウムへの取り組みは、COGEMA Inc.、デューク・エンジニアリング&サービス社、ストーン&ウェブスター社を中心としたコンソーシウム（デューク・コジェマ・ストーン&ウェブスターチーム）を結成し、DOEのRFPに応札し、受注が確定した。

同コンソーシウムには、フランス電力公社（EDF）、ベルゴニュークリア社フラマトム・コジェマ・フュエル社や米国電力会社（デュークパワー社、バージニアパワー社）も参加している。

(e) MOX加工技術の特徴

燃料加工技術としては、製品の品質向上を主体とし、稼働率向上、運転保守性向上、安全性確保に加え、特にコスト低減に力を入れた開発を実施してきた。最新プラントであるMELOXは、MIMASプロセスを採用した全自動運転、優れた運転保守性等を特徴としている。

COGEMA社、BNFL社のMOX関連の取り組み状況を表1.2に示す。

また、両者が所有している再処理工場の主仕様を表1.3に示す。

表1.1 主要国のリサイクルとサービス提供状況

主要国	原子力発電量*	リサイクルの方針		燃料調達先	MOX燃料供給			再処理等のサービス提供先国	備考
	億kwh	オープン	クローズド		関連企業等	燃料施設名	供給燃料		
仏国	3760	—	○	自国	COGEMA	CFCa MELOX	PWR FBR	日本、スイス、独国、 オランダ、ベルギー他	BWR燃料加工可能な設備にMELOXを拡張中 UP2-800, UP3稼動中
ベルギー	451	—	○	自国	BN	P0 P1	PWR BWR FBR	日本、スイス、独国他	MOX加工で仏と連携しサービス提供 (再処理サービスは実施していない)
英国	893	—	○	自国	BNFL	MDF SMP	PWR BWR	日本、スイス、独国、 イタリア、オランダ他	AGR、GCR、SGHWR、PWRのU燃料の供給実績あり THORP再処理工場稼動中
米国	6294	○	—	—	—	—	—	—	再処理せず、貯蔵後処分 自国内の核解体プルの処分計画をDOEが担当
カナダ	779	○	—	—	—	—	—	—	再処理せず、貯蔵後処分
日本	3181	—	○	英、仏	日本原燃	J-MOX	—	—	J-MOXは、国内軽水炉用MOX燃料を対象
オランダ	23	—	○	英、仏	—	—	—	—	再処理、加工施設を保有しない
スイス	240	—	○	英、仏	—	—	—	—	再処理、加工施設を保有しない
イタリア		—	○	英、仏	—	—	—	—	再処理、加工施設を保有しない
スウェーデン	670	○	—	—	—	—	—	—	
スペイン	531	○	—	—	—	—	—	—	
独国	1614	○	○	英、仏	SIMENS	(Hanau) 中止	PWR BWR FBR	—	MOX加工技術を保有するが、再処理、加工は英、仏に 委託する方針
ロシア	997	○	○	自国	MINATOM	チェリャビンスク、 マヤク・パケット、 デミトワラート	PWR FBR	—	軍事用施設が中心 自国内の核解体プルの処分を計画中
中国	114	—	○	自国	—	—	—	—	
韓国	732	—	—	—	—	—	—	—	将来的には、リサイクル方針をとる可能性あり
インド	88	○	—	自国	—	—	—	—	軍事用が主体。民間用施設の計画がある
台湾	362	—	○	—	—	—	—	—	将来的には、リサイクル方針をとる可能性あり

注記) * 1997年12月現在の発電量

表 1.2 BNFL と COGEMA の取り組み状況

分類	項目	COGEMA	BNFL
会社概要 (MOX 加工関連)	1 事業範囲	精錬、転換、濃縮、燃料製造、再処理、燃料輸送、エンジニアリング、サービス、	原子炉 (GCR) 機器製造 燃料リサイクル (精錬、転換、濃縮、燃料製造、再処理、燃料輸送) エンジニアリング、サービス、
	2 売上高	全体売上は、326 億フラン、海外部門の売上は全体の 38%、開発費は、11.7 億フラン ('97)	全体売上 13.4 億ポンド、海外部門の売上は全体の 35%、開発費は、0.69 億ポンド ('98)
	3 従業員数	従業員数は、約 18856 人 (グループ全体) ('97)	従業員数は、約 16226 人 (グループ全体) ('98)
	4 資本と事業形態	フランス政府は当初 100%株式を所有。現在は、CEAインダストリー社を通じて、コジュマ社株式の 85%を所有、残り 15%は、民間会社が所有。 経営、機能、組織は、民間企業と同じ	英国政府が 100%株を保有する国営企業 経営、機能、組織は、民間企業と同じ 民間企業として事業経営 (採算性) を重視
	5 企業連合	COGEMA 社は、COMURHEX 社 (転換)、EURODIF 社 (濃縮) FBFC (燃料加工) トランスニュークリア (輸送) 等種々の企業連携による事業拡大を図るグループ企業である。 MOX 部門では、フラマトムとの連携 (FBFC 社) し、BN工場を所有	企業連携により、戦略的事業拡大を図る WELCO (WHの原子力事業部門) やME社の吸収合併や米国MK社との提携等により、発電及び機器製造から燃料リサイクルまで総合原子力企業として最大規模に拡大。 最近では、失敗に終わったが、シーメンスのKWU事業部とのJV設立の動きがあった。
	6 国策的運営 (経営)	官民一体となった国策事業 U燃料製造から再処理、MOX 製造とリサイクル事業全体を網羅する企業体として段階的に拡大してきた。	海外市場 (外貨) 獲得、国内雇用確保等を目的とした国際戦略のもとに運営されてきた。
	7 基本物量 (ベースロード) の確保と開発投資	欧州を中心とした国内外の再処理受託 (全体の 40%) により、基本物量を確保	10 年~15 年先までの将来海外からの再処理受託契約 (全体の 60%) を確保。経済性を考慮した施設計画 (償却) に基づき運営。
	8 海外戦略	アジア市場への進出については、相手国と関連分野での技術協力協定を締結することから徐々に浸透していく戦略をとっている。	営業拠点を中心とした顧客密着型展開及び地元 (相手国内) 企業との連携を主体とした海外戦略を標榜している
	9 地理的環境	欧州近隣国と陸続きで、欧州相手の燃料サイクル事業展開が容易 世界各国にU燃料関連での拠点を有する	欧州各国との連携を原子力に関わるあらゆる分野で進めてきており、企業間連携が容易に図れる環境にある。(独、オランダ等との協力)
	10 開発状況	U燃料の再処理、加工実績を有する。 U燃料、再処理と一体化した MOX 燃料加工開発 試験施設→CFCa (実証施設) →MELOX (商用工場) へと	U燃料の再処理、加工実績を有する。 U燃料、再処理と一体化した MOX 燃料加工開発 試験施設→MDF (実証施設) →SMP (規模拡大) へと
	11 核解体プル (DOE) への取り組み	デューク・エンジニアリング&サービス社、ストーン&ウェブスター社、バージニアパワー社、ベルゴニュークリア社、ニュークリア・フエルサービス社等とコンソーシアムを組んで取り組む	ベクテル・ナショナル社、バブコック&ウィルコックス (B&W) 社、WH 社等とコンソーシアムを組んで取り組む
	12 燃料加工とエンジニアリングの規模	燃料加工は、全体売上の 7.4%、エンジニアリングサービスは 9%	燃料加工は、全体売上の 6%、エンジニアリングサービスは 2%左記同様
	13 MOX 工場の組織	各施設の MOX 部門は、①管理部門、②製造部門、③サービス保守部門、④開発部門からなる	①技術 (管理、品質保証、製造) 部門、③保守サービス部門、④開発部門からなる
	14 MOX 技術及び実績	120t/年の MOX 燃料製造実勢実績あり、現在更に拡張中	MDF で 3 年の実績あり、現在 100t/年の近代化施設を言う SMP 建設中

表1.3 海外の使用済燃料を処理している商業用再処理工場の現状

国	イギリス		フランス	
事業者	BNFL		COGEMA	
場所	セラフィールド		ラ・アーグ	
工場名称	THORP		UP2-800	UP3
対象使用済燃料				
炉形式	AGR	LWR	LWR	LWR
濃縮度 (^{235}U %)	2.95%	3.30%	3.50%	3.50%
燃焼度 (MWd/tU)	40,000	37,000	45,000	33,000
比出力 (MW/tU)	30	40	40	40
冷却期間 (日)	90	180	270	270
処理量 (tU/y)	1,200		800	800
燃料プール容量 (tU)	6,300		2,000	4,000
工程				
切断	集合体剪断式		集合体剪断式	集合体剪断式
溶解	バッチ溶解		連続式溶解	連続式溶解
清澄	遠心分離		遠心分離	遠心分離
抽出	30%TBP		30%TBP	30%TBP
溶媒	ケロシン		ドデカン	ドデカン
希釈剤	ケロシン		ドデカン	ドデカン
抽出器	パルスカラム		パルスカラム	パルスカラム
酸回収	減圧蒸留		常圧蒸留	常圧蒸留
ウラン転換	流動脱硝		無し	無し
プルトニウム転換	蓚酸沈殿		蓚酸沈殿	蓚酸沈殿
操業開始年	1994		1994	1989

1.3 事業展開を図るための基本的要件

1.3.1 事業展開のケース

再処理及び燃料加工分野において、国際競争力を確保し、海外市場を相手とした事業を展開するとした場合、次ぎの2つのケースがある。

図 1.1 に再処理及び燃料加工事業の展開概念を示す。

① 再処理及び MOX 燃料加工サービスの提供

海外企業から再処理及び燃料加工を委託される場合であり、国内の再処理及び燃料加工施設を拠点とし、MOX 燃料への成型加工までの一連のサービスを提供する。海外市場において、直接、設備機器を販売したり、エンジニアリングサービスを行うことはない。

② 設備及びエンジニアリングの提供

海外の再処理及び燃料加工関連施設を対象として、設備（プラント構築物、施設、設備等）やエンジニアリングサービス（プラントの建設の「品質」、「コスト」、「納期」（QCD）管理、エンジニアリング等）の提供を行う場合であり、海外での活動が主要な役務となる。

上記①②の各ケースは、国際競争力という観点からは同様であるが、活動拠点、販売対象物が異なることから、ケースを分けて検討することとし、これらのケース毎に、国際競争力を確保するための要件を抽出する。

1.3.2 再処理及び燃料加工事業展開時の必要要件

(1) 事業実施の要件

核不拡散の観点から世界的に核物質等の扱いは極めて慎重であり、本邦の法律や日本が絡む条約や国際約束だけを調査した結果ではアジア地域の使用済核燃料を再処理できるかは不明である。むしろ、これらの協定、国内法規も、海外の使用済燃料を日本国に輸送し、再処理することを前提としてできていないのが現状である。

従って、これを実行するためには、事業を実行する意志、あるいは海外に再処理を委託する意志を国レベルで表明を行い、IAEA並びに関連諸国の同意を得ることが必要である。

現在、海外再処理を行っているのは、英国、仏国のみであるが、これらの国が核兵器保有国であり、あくまでも日本が非核兵器保有国である現状を鑑みれば、この点における日本のハンディキャップは極めて大きいものと判断され、技術的要件を満足するのはむろんであるが、関連諸国、関連機関の同意を得ることが、最大の要件であると判断される。

(2) 国際競争力確保の要件

海外から使用済燃料を受け入れ、国内での MOX 燃料成型加工までの再処理、

加工の委託・注文を受ける場合、当然ながら競合会社に負けないためには、「安くて良い品質」を提供できることに尽きる。特に、厳しい競争に打ち勝つためには、幅広い顧客ニーズに応えられるようにすることも肝要である。

このような観点から、民間企業と同様（ビジネスとして）、次のような競合会社や顧客を意識した取り組みが必要である。

また、将来、係るニーズが生じた場合に備え、取り組み可能な体制づくり（再処理及び燃料加工の事業化準備）を進めることも大切である。

(a) 製品の品質（技術力）、コスト、工期

MOX 加工においても、一般産業同様、競争力の基本要素としては、品質、コスト、工期となる。

最低限の品質を確保した上での受注コストの実現が求められる。

品質については、顧客仕様を満たすとともに、コスト実現の観点から、顧客ニーズを満たす最適な仕様を提案できるエンジニアリング能力も備わっている必要がある。

事業展開に際しては、競争力のある製品を提供できるよう、製造プロセス（生産ライン）の構築、製造データの蓄積、技術開発、体制整備、人員構成、競合社との差別化等を考慮し、企業経営戦略としての、目標品質、コスト、工期を三位一体として実現していく必要がある。

(b) 顧客ニーズの多様化対応

将来、欧米だけでなく、中国、韓国をはじめとしたアジア地域での市場、顧客を考慮した場合、燃料仕様、契約条件、契約形態、輸送条件等種々のニーズに応えられるようにする必要がある。

このような多用化する顧客ニーズに対して、フレキシブルなメニューを取り揃えられることも重要である。

(c) 体制整備（営業販売、情報網、技術開発等）

国内の再処理及び燃料加工施設を拠点とするが、市場や顧客のニーズを迅速かつ正確に把握し、対応可能なように体制を整えていく必要がある。特に、MOX 燃料加工分野においては、新規技術の開発だけでなく、基盤技術開発や各種データ（製造、運転、品質管理等）の蓄積等が重要であり、このために顧客や競合他社の動向等も踏まえ、戦略的に進められる体制となっている必要がある。

1.3.3 エンジニアリング供給を行う場合の要件

サイクル機構のこれまで蓄積してきた技術をもとに、海外市場での建設・エンジニアリング事業を展開するとした場合、当然ながら、これまでのサイクル機構の活動内容とは異なり実績も少ない。これらはエンジニアリングメーカが得意とするところである。

英国BNFL社や仏国COGEMA社は、エンジニアリング部門を有しており、海外での建設・エンジニアリング活動を、幅広く展開できる体制ができています。

建設・エンジニアリングにおいて、国際競争力確保の施策は、(財)エンジニアリング振興協会が平成6年に完成した「海外エンジニアリング企業と国際経営比較」にあるべき姿として提言されている。

この他、一般産業での国際競争力確保やグローバル化等のスキルや戦略本については、多数発刊されている。従って、これらの中から特に、再処理、MOX燃料加工分野ということを考慮せず、近年注目されている国際競争力確保のための要件について、次のとおり整理する。

(1) エンジニアリング力

設計、建設、施工等の「設備技術」と設備の品質、価格、工期を満足しながら完成させるための設計、調達、プロジェクト管理、工事、建設、試運転の技術及び受注のためのノウハウ等も含めた「エンジニアリング技法」とがある。

これらは、競争力確保の基本要素である「品質」、「価格」、「工期」に直結するものであり、海外メーカーもエンジニアリング部門を強化している。

(2) コスト競争力

海外市場においても設備やエンジニアリングの価格は、競争力の重要な要素になってきている。価格を決める要因は、設備やエンジニアリングの品質、仕様、工期、実績、開発力、契約形態、エンジニアリング機能立地、プロジェクト実施体制、設備や役務の調達方法、エンジニアリング技術力等種々の要因が複雑に絡みあっている。その中でも会社の優位性、差別化をもたらす影響力の大きい要因に注力する必要がある。

(3) 事業範囲の拡大化、国際協力

海外市場で設備、エンジニアリングのサービスを行う場合、顧客ニーズだけでなくリスクヘッジ、相手国の環境、受注戦略上等により、エンジニアリングの質、範囲の拡大にも対応可能なようにしておく必要がある。また、より付加価値の高い分野を核として、範囲拡大や収益拡大を図る国内枠を越えた企業間協力も考慮する必要がある。

(4) 実績の確保

製品実績、顧客実績、地域実績等があるが、国によっては、実績が受注を決定づける大きな要素になる場合もあり、プロジェクト成否の要である。

(5) リスクマネジメント力

エンジニアリングにおいて、所定の品質、コスト、工期を実現するためには、そのプロジェクト遂行上の各種技術、政治経済上、資金調達上、契約上等各種リスクを予測、評価し、管理していくリスクマネジメント力が求められる。MOX燃料加工分野では特に、経験実績によるリスクマネージに加え、企業能力

を越えるリスクに対応可能なように国としての支援体制も必要である。

(6) ベースロードの確保

健全な企業経営の維持のためには、基本物量の確保が必要であり、特に、海外での事業の成立性を考慮すると、国内での再処理及び燃料加工に基づく、ベースロードが確保される必要がある。

- ① 市場の安定性
- ② プロジェクト実施上の各種リスク
- ③ 受注物量の安定性

(7) 顧客（対象国）に対応可能な柔軟性

海外相手での事業実施においては、地域、国情の文化、民族、言語、社会習慣、商慣習、労働観、価値観、技術水準、法制、経済状況、政治情勢等の違いが、国際競争力に影響を及ぼす。海外との交渉、海外情報の取得、相手国内での作業、海外労働力や技術の活用等の場面において、相手国（顧客）の状況、ニーズに柔軟に対応できる力が必要である。

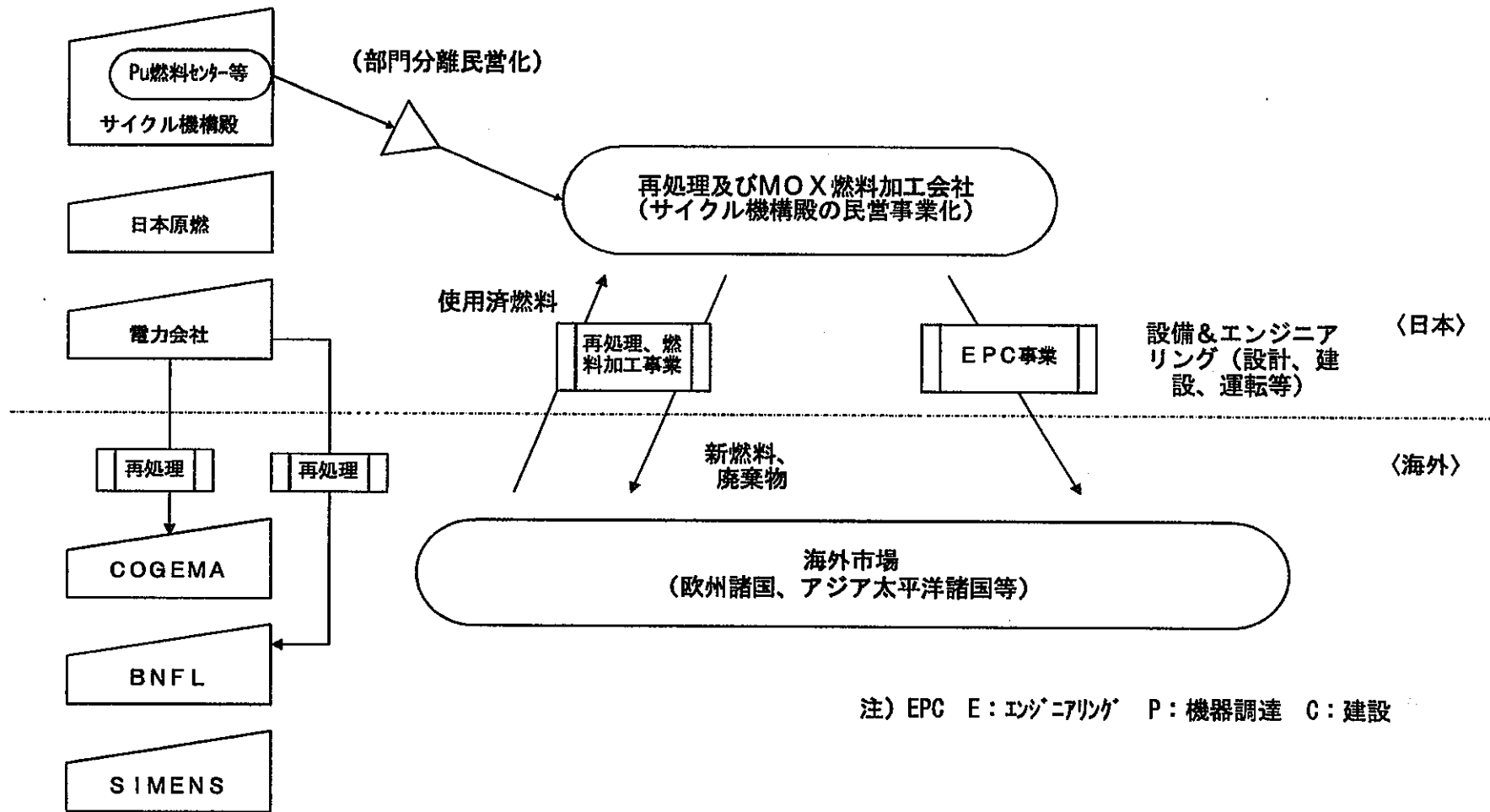


図1. 1 サイクル機構殿による事業展開概念 (海外市場考慮)

1.4 サイクル機構の事業化検討

(1) 目的

サイクル機構が、再処理、FBR燃料加工及びATR燃料加工分野で、これまで培ってきた実績に基づき、再処理及びプルサーマル炉用 MOX 燃料加工分野で事業を行うためには、先ず、民間相手に事業を展開可能な体制を構築する必要がある。

そこで、サイクル機構の再処理及び MOX 加工分野を事業化する方法として、代表的なケースについて検討し、各ケースの特徴を整理する。

(2) 検討条件

(a) 検討ケース

サイクル機構が再処理及び MOX 燃料加工分野を事業化する方法として次の3ケースを想定する。

① ケース1：サイクル機構のプルトニウム燃料センターが分離独立し、民営事業化するケース

サイクル機構の再処理、燃料部門が一体となって、独立民営化し、燃料リサイクル事業を展開する。

JR、NTTのように企業としての経営基盤が確立するまで、国営で運営し、徐々に完全民営化に移行する。

② ケース2：民間出資の第3セクターを設立するケース

日本原燃(株)と同様の民間出資で（場合により国が協力するケースもある）再処理&MOX燃料加工会社を設立する。

サイクル機構は、第3セクターに対して、技術、人材での協力を実施する。

③ ケース3：サイクル機構の関係子会社を設立するケース

サイクル機構の経験者を集めたサイクル機構関係会社（子会社）を設立し、プラント建設、エンジニアリング等を中心とした事業を展開する。

(b) 事業領域と範囲

① 事業領域：海外主要企業と競合可能なこと及びサイクル機構が保有する現状の再処理及び MOX 燃料加工技術を活かし得る領域であることを考慮し、再処理及び MOX 燃料加工サービス、再処理及び MOX 燃料加工プラントの建設、設備、機器の供給及びエンジニアリング等全てを事業領域として考慮する。

② 事業範囲：燃料受入れ～再処理～MOX 燃料加工～燃料払い出し、燃料輸送、廃棄物処理までの燃料リサイクル事業全体を範囲として考慮する。

(c) サイクル機構と日本原燃(株)の役割

- ① 日本原燃(株)の役割 : 民間 MOX 燃料製造 (J-MOX) は、国内の MOX 燃料供給を行うものとする。
再処理事業としては、国内で発生する使用済燃料を処理するものと、既に位置付けられている。
- ② サイクル機構の役割 : 本来業務として実施する FBR、ATR 燃料加工の他に、海外向け軽水炉用 MOX 燃料用の再処理及び加工を行うものと仮定する。

(3) 検討結果

検討結果を表 1.4 に示す。

海外の主要企業と互して再処理及び MOX 燃料加工事業を展開することを考えると、サイクル機構の資産を有効活用可能であり、技術移管も容易であることから、ケース 1 が有力な事業化ケースであると考ええる。

この場合、国策としての事業化が不可欠であり、官民一体としての支援が必要である。国内での類似例として、JR と NTT があげられ、その民営化へのステップを表 1.5 に参考までに示す。また、事業化のための法的手続等については今後の検討課題である。

ケース 2 では、第 3 セクターを設立するケースであり、民営化（企業化）が比較的容易である。特に、民間が持つ企業経営力、海外プラント建設、エンジニアリング力を短期間で十分に生かすことができ、サイクル機構の技術との補完的融合化を図りやすい。

ケース 3 では、関係会社設立のケースであり、これまで経験が豊富にあり、立ち上げも容易である。この場合、サイクル機構の資産である施設利用が課題となる。プラントエンジニアリングや建設コンサルタント等のサービスを中心とする場合は、この事業化形態が合理的であるといえる。

いずれのケースも、今後サイクル機構の民営化を考えた場合、日本原燃(株)との役割分担(すみわけ)が難しく、また、経営基盤とすべく、内外の再処理及び MOX 関連ニーズの有無が重要となる。

表 1.4 サイクル機構殿の民営事業化のケース検討

検討項目	ケース1	ケース2	ケース3
1 想定ケース	JNCPu燃センターの分離民営化	民間出資の第3セクター設立	JNCの関係(子)会社設立
2 概要	JNCのPu燃料センターが、再処理センターと一体となって分離独立し、再処理燃料加工関連会社を設立し、再処理から燃料供給までの一連のリサイクル事業を展開する。	民間共同出資（電力、燃料メーカ、機器メーカ）により、民間再処理燃料加工会社（第3セクター）を設立する。JNCは、第3セクターに対しては、技術、人材の協力を行なう。	JNCの関係（子）会社として、再処理からMOX加工までのエンジニアリングを中心とした関係会社を設立する。海外業務は、設計、建設、施工、運転管理等の技術役務の供与が主となる。
3 事業形態概念			
4 業務範囲	燃料リサイクル（燃料受入～再処理～燃料加工～払出、廃棄物処理等）及びプラントエンジニアリング	燃料リサイクル（燃料受入～再処理～燃料加工～払出、廃棄物処理等）及びプラントエンジニアリング	プラントエンジニアリング（設計、製作、据付、試験、試運転等）
5 事業拠点	東海事業所：再処理センター及びPu燃料センター	特に規定なし（東海事業所か下北近傍が望ましい）	特に規定なし
6 特徴	<ul style="list-style-type: none"> ①国の後押し（政治的事業支援、資金提供等）を受けて部門の事業化が図れる。 ②JNC資産（人、物、技術）の有効活用が可能 ③JNC技術の民間技術移転が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ①民間出資の第3セクターであり、民間企業としての運営が容易。 ②JNCの既存事業との共存性が図りやすい。 ③民間技術及びJNC技術の融合が図りやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ①施設を保有しないため、エンジニアリング、役務提供が業務の中心となる。 ②関係（子）会社設立は実例があり、比較的容易 JNCの本来業務に制約されず、企業としての活動が可能。 ③JNCのOBや出向者等の人材活用が容易
7 課題	<ul style="list-style-type: none"> ①法的な制約や事業化手続等についてはさらに検討が必要。 ②JNFLと事業範囲とのすみわけが必要 ③現状のマンパワー、設備規模を考慮した場合JNCの開発役務（FBR、ATR燃料加工）との共存が可能か検討必要 ④民間企業としてノウハウ等の吸収が難しい ⑤電力会社やU燃料会社との連携が容易でない 	<ul style="list-style-type: none"> ①JNFLと事業範囲とのすみわけが必要 ②第3セクター設立の検討（法的、資金調達方法、出資会社、運営方法等）が必要 ③出資会社形態、運営方法等の如何により製品のコストアップの懸念有り 	<ul style="list-style-type: none"> ①施設を持たないため再処理、燃料加工等の事業ができない（JNCの施設活用は困難） ②再処理、加工事業を自社で行なわないことから、国際競争力確保できる技術力の維持が難しい
8 備考	当初は国の資本の元に国営企業の形態で事業を開始し、経営基盤ができてから民営化に移行するのが望ましい。	JNFLとのJNCが連携することも1案である	JNC再処理センターあるいはPu燃センターの既存施設を買い受け、加工事業等を行なうことも1案である。
実現性の順位等	1◎	2△	3×

表 1.5 JR及びNTTの民営化に関わる経緯等

JR民営化に関わる出来事

項番	年月	国鉄改革関連事項	政府保有株式の売却 (売却済/発行済)
1	昭和56年3月	第2次臨時行政調査会発足	62-4-1 政府保有 東日本：400 (万株) 東海：224 (万株) 西日本：200 (万株) 北海道：18 (万株) 四国：7 (万株) 九州：32 (万株) 貨物：38 (万株) その後 東日本：H5-10 250 (万株) 売却 東海：H9-10 135.4 (万株) 売却 西日本：H8-10 200 (万株) 売却
2	昭和57年7月	第2次臨時行政調査会「第3次答申」で「分割・民営化」方針を提示	
3	昭和58年5月	「事業再建推進に関わる臨時措置法」公布	
4	昭和58年6月	再建監理委員会発足	
5	昭和60年7月	再建監理委員会から「国鉄改革に関する意見」提出	
6	昭和60年10月	旅客部門を6分割化し、国鉄出資の特殊会社にする 「国鉄改革のための基本方針について」を閣議決定	
7	昭和61年5月	「緊急に講ずべき特別措置に関する法律」公布	
8	昭和61年12月	「国鉄改革関連8法」公布	
9	昭和62年4月	6旅客鉄道会社及び日本貨物鉄道株式会社設立 国鉄は国鉄清算事業団に移行	
10	昭和63年		

NTT民営化に関わる出来事

項番	年月	NTT民営化関連事項	政府保有株式の売却 (売却済/発行済)
1	昭和52年	日本電信電話公社設立	S61年度 195/1591 (万株) S62年11月 390/1591 (万株) S63年10月 540/1591 (万株)
1	昭和55年	臨時行政調査会により民営化方針	
2	昭和59年	日本電信電話株式会社法の公布	
3	昭和60年4月	日本電信電話公社解散 日本電信電話会社発足、 「公衆電気通信法」が「電気通信事業法」に改正	
	平成8年3月	「規制緩和推進計画の改定について」の閣議決定	
4	平成9年6月	日本電信電話株式会社法の一部改正 100%持株会社として地域会社2社(東及び西日本電信電話株式会社)と長距離通信会社に再編成	
5	平成9年12月	郵政省より「事業の引継ぎ並びに権利及び義務の継承に関する基本方針」の告示	

1.5 国際競争力を確保するための課題

1.5.1 国際競争力確保のための課題の抽出

上記 1.1 項～1.3 項での調査結果「法的規制状況、海外主要企業の取組状況や事業展開時の必要要件」及び 1.4 項の事業化検討結果を踏まえ、サイクル機構殿が再処理、MOX燃料加工分野を事業化し、海外市場に対して事業を展開するとした場合における「国際競争力確保のための課題」を整理すると、次のとおりとなる。

また、課題抽出の詳細を表 1.6 に示す。

(1) 国策としての段階的な体制整備

国策つまり国際戦略として、わが国が有する再処理、MOX技術の活用方法を明確にし、英国 BNFL 社や仏国 COGEMA 社のように、企業としての位置付け（営利、雇用確保等）を明確化し、戦略（事業戦略、市場戦略、開発戦略等）をたてて事業運営開始に向けて体制を整備する必要がある。

特に、海外は、国営（資本は国）といいながら、組織、経営、機能といった観点からは、100%民営化（民間企業と同じ）という事業形態で進めてきており、この点からすると、改めて事業化を図るサイクル機構殿と企業経営としての経験的な差異が大きいといえる。

国策としての方向付けに際しては、民間 JNFL との協力、競合の在り方、相互の事業範囲等を明確化する必要がある。

(2) 事業化に向けての基本物量（市場）の確保

国際競争力を確保する上でも、事業化運営を維持発展させるために、企業として経営及び採算性を考慮した基本物量の確保が不可欠である。

このためには、適当な市場を開拓し、長期的な商談を確保する（又は契約を見込む）ことで、事業化後の経済性を見通しをつけておく必要がある。

特に、MOX分野においては、開発規模の大きさ、海外との商談リスクの大きさ等を考慮すると、上記（1）項の国によるバックアップを含めた形での運営を考慮する必要がある。

(3) 実績（事業としての軽水炉燃料の製造実績、海外市場での EPC の実績）

国際競争力を確保するために、実績も重要な要因になる。特に、燃料輸送～再処理から燃料製造までの一連のリサイクルを商売ベースで実施できるという実績が必要である。

また、海外相手に設備やエンジニアリングの提供を事業として実施する場合も関係会社との協力のもとに、相応規模のプラント建設、エンジニアリングサービスを事業として実施した実績が必要となる。

(4) プラントエンジニアリング力の育成

海外市場でのニーズを考えた場合、設備やエンジニアリング等のニーズもあり、顧客ニーズに応じうる能力が求められる。

海外企業もエンジニアリング部門を備え、これまでの受注を通じて、コスト低減化のためのエンジニアリング力強化策を講じてきている。

サイクル機構は、国内での実績が主であり、海外での事業としてのエンジニアリング経験をつみ、体制整備、ノウハウ取得、技術者育成を行う必要がある。

(5) コスト競争力の実現

わが国の人件費単価は、再処理、MOX 関連主要企業のある英国、仏国と比べて高い状況にある。また、欧米の一般産業でのエンジニアリング企業では、サブコントラクターを選ぶ場合、労働力として比較的単価の安い英国企業を選定する等の状況も生まれている。

コストの要因は、品質、工期、エンジニアリング等あらゆるアクティビティに関わるものであるが、競合者を差別化可能なコストの実現が必要である。エンジニアリングコストとしては、間接人件費の低減がコスト競争力を高める上で重要となっている。

(6) 企業経営力（営業力、情報力、リスク評価・管理能力）の確保

対象市場において受注を確実なものにするためには、市場、顧客、競合、製品等の種々の情報を迅速に、正確に把握し、会社経営としての施策を講じていく体制、システムを構築する必要がある。また、各種情報や国内外の力（企業間協力等）を活用して受注に結びつける営業力が必要である。海外との入札、契約や海外への設備やエンジニアリングサービスの提供では、種々のリスク評価が必要であり、リスクを最小限に抑えるリスクマネジメント（例えば他企業との連携や協力等）が必要であり、このような企業としての経営力を確保する必要がある。

(7) 顧客ニーズへの対応力の確保

技術開発を通じた事業範囲の拡大や関連企業との連携等を通じて、多用化する顧客のニーズに柔軟に対応できるようにする。また、海外相手の取引においては、国情の違い、契約形態、要求仕様等種々に対応できるような体制整備、エンジニアリング力強化、人材育成等も考えていく必要がある。

1.5.2 まとめ

サイクル機構の再処理及び MOX 燃料加工技術は、これまでの再処理、燃料加工実績及び炉心での照射実績等からみても、世界的にみてもトップレベルにあり、燃料品質も高いことが知られている。

このようなわが国の資産を、研究開発の範囲に留めず、広く民間技術として有効活用し、更には、わが国だけのものでなく、世界の市場ニーズに応え、技術的な貢献を図ることが期待されている。

国際市場で事業を行い、競争力を確保するためには、コスト競争力が重要であることは言うまでもないことであるが、海外で活躍している主要企業を考慮すると、「民間企業」としての経営実績づくりが、競争力確保のための最大の課題であると認識する。

このためには、将来市場ニーズを想定し、国レベルでの長期的な戦略のもとに、機能、組織、技術、戦略、企業間連携等種々の面からの「体制整備」を段階的に行っていく必要があると考える。

今回抽出した、「サイクル機構が再処理及び燃料加工分野で国際競争力を確保するために必要な主要課題」は次のとおりである。

- ① 国策として段階的な体制整備
- ② 事業のベース物量の確保
- ③ 実績（LWR燃料の製造実績、海外でのEPCの実績）
- ④ プラントエンジニアリング力の育成
- ⑤ コスト競争力実現
- ⑥ 企業経営力（営業力、情報力、リスク評価・管理能力）の確保
- ⑦ 顧客ニーズへの対応力確保

核不拡散や燃料輸送の問題は、顧客（核保有、受容性、地理的条件）にも依存するが、アジア市場を考えた場合、わが国の状況と海外主要国とでは、国際競争力の確保の観点からは遜色ないものであると考ええる。

なお、今回の調査においては、技術以外の面での課題を抽出したが、米国等関係国の国内法の詳細、海外主要企業の取組み状況の詳細、民間事業化としての法的条件、各課題に対する施策の具体化等は、今後、更に詳細な調査検討が必要であると考ええる。

表 1.6 国際競争力を確保するための課題

項番	国際競争力確保のための要件	国際競争力確保のためのあるべき姿	主要企業の特徴と最近の動向	MOX 分野での課題
1	国策として民間事業化	①国際戦略としての企業の位置付け、方針が明確 ②開発段階から企業として成立するまで国策として支援	①国が株式を保有するが、経営は民間企業と同様 ②国際戦略的な事業経営、施設運用 ③国策として経営保護（政治的事業支援、雇用確保、開発リスク） ④「研究開発機構」→「民間企業体」への変遷ではない（当初から企業体として事業経営）	①民間企業化（戦略的事業化）の実現 ②国策としての段階的且つ戦略的体制整備（国の政治的、資金面での援助、加速的計画実現）
2	コスト競争力	国際競争に勝てる目標コストの実現が可能 ①安く良い品質 ②設計、調達、製造、建設、据付、試験等において、競争力あるコストを実現可能な手段、体制	①コスト戦略の推進 ②加工委託等は、品質より実績、コスト重視 ③調達力、リスク管理力の充実、トータルコストとしての目標コストの実現	①コスト戦略確保 ②目標コスト実現体制の整備
3	企業としての健全経営	①健全な企業経営の成立 ②技術開発や新規施設建設は採算性重視	①海外顧客を中心とした安定な基本物量を確保 ②企業として経営実績	①基本物量（市場）の確保及び採算性確保 ②民間企業としての実績拡大（民間企業経営、LWR 燃料加工、プラントエンジニアリング）
4	高品質及び技術力	①品質面、安全面、技術面で競合他社を差別化	①計画的な技術開発の実施（施設、体制、資金の充実） ②品質、安全性、運転性重視の技術 ③セールスポイントを抑えた開発	差別化可能な特徴ある技術の戦略的開発
5	営業力、情報力、管理力	①対象市場で事業展開可能な営業力保持 ②情報収集・伝達、管理が合理的に実施できる体制、システムを保有	①営業戦略、営業拠点、営業体制（資金、人材、素材）の充実 ②情報力確保のシステム構築（情報集約管理システム、迅速対応可能なグローバルなネットワーク網）	企業の経営力（営業力、情報力、経済力）と体制確立
6	顧客ニーズ対応	拡大する多様な顧客ニーズにフレキシブルに対応可能	①再処理、加工だけでなく、エンジニアリング等幅広い顧客ニーズに応えられる組織、体制ができている ②リサイクル事業全体を網羅	① U 燃料加工、再処理と MOX 加工の一体化 ② JNFL と JNC の一元化/役割分担 ③プラントエンジニアリング力の育成
7	国際協力体制	臨機応変にグローバルな企業間連携が取れる体制、環境を整備	①核解体プルの対応ではコンソーシウムで対応 ②対アジア戦略は、相手国との技術協力を優先する方式を採用 ③関係企業との連携（競争力、リスクヘッジ、顧客ニーズ）と融通性	①国内外企業間（パートナー企業、傘下企業、協力企業等）の連携強化
8	相手国の国情や環境風土等	対象国の文化、風土、環境に応じた事業活動	①法規制、技術レベル、社会受容性、等国毎に相応する戦略を考慮	①顧客ニーズ対応力の確保（サービス範囲の拡充） ②市場（顧客）に対応した戦略展開

2. 軽水炉再処理技術が国際競争力を持つための技術的な課題の調査

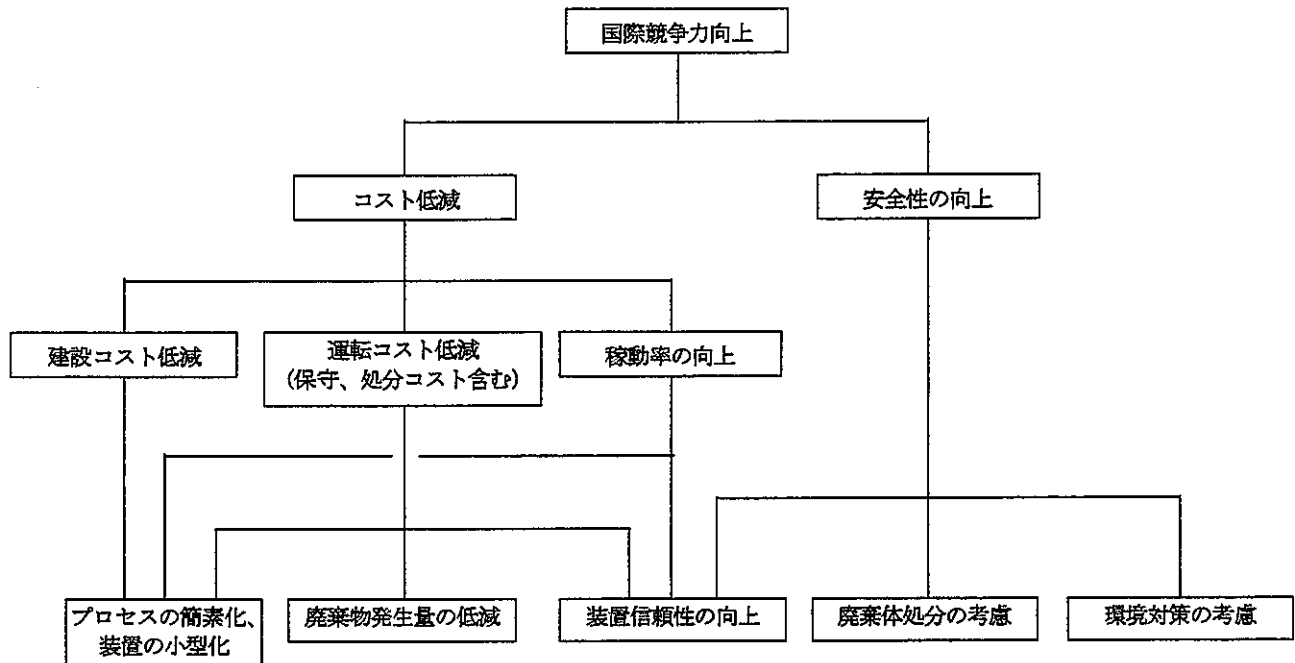
2.1 技術的な課題の抽出・考え方

本章では、国内保有技術を基本として年間処理能力 400tU のモデルプラントを設定し、このプラントをもとに国際競争力の更なる向上にむけた技術的課題を抽出する。

課題は下図に示す考え方により、

- ・ プロセスの簡素化、装置の小型化
- ・ 廃棄物発生量の低減
- ・ 装置信頼性の向上
- ・ 廃棄体処分の考慮
- ・ 環境対策の考慮

の5つの観点から検討することとする。



2.2 モデルプラント

2.2.1 基本方針

モデルプラントの設定にあたっては、国内保有技術を中心に下記の方針でプロセス選定を行う。

- ①東海工場の運転実績で、特に問題がなく、処理燃料の高燃焼度化及びスケールアップへの対応が可能なものについては、実証度の高い現有プロセス及び機器を採用することとする。
- ②スケールアップが困難なもの、並びに代替プロセス及び機器の採用が必要なものは、海外の再処理施設及び国内の原子力産業などで実績のあるもの、すでに確立していると判断されるものから選定する。
- ③溶解槽、酸回収蒸発缶など腐食により装置の故障が発生したものについては腐食環境の緩和、耐食性材料の選定、予備機の確保など安定運転を確保するために必要な措置を講ずる。
- ④せん断機などの機械的装置及びパルスフィルタなどのフィルタ類については、補修、保守、交換などを考慮して、装置能力の裕度及び適切な予備機の確保を配慮する。
- ⑤廃棄物処理工程の負担を軽減するため、廃液発生量の低減化及び環境への放出放射能の低減化を旨としたプロセス及び機器を選定する。

2.2.2 設計条件

(1) 処理対象燃料仕様

モデルプラントの処理対象燃料仕様を表 2.1 に示す。これらの条件を基に ORIGEN-2 コードで求めたウラン及びプルトニウム含有率と放射エネルギーは次のとおりとなる。

①ウラン及びプルトニウムの含有量

- ・ウラン=9.36×10²kg/tU
- ・プルトニウム：1.13×10kg/tU

②内蔵放射能

- ・放射化生成物及び核分裂生成物の放射能：8.65×10⁵Ci/tU
- ・アクチノイドの放射能：1.66×10⁵Ci/tU

(2) 処理能力

モデルプラントの処理能力を表 2.2 に示す。設計処理能力は、東海工場の運転実績から工程の稼働率を考慮して決定した。

また、キャンペーンは年 2 回とし、稼働日数として年間アクティブフィード 200 日を確保することとする。このためには、

① 運転体制は年間約 280 日を確保する。

② 運転停止中の検査、保守、核物質実在庫調査のための停止期間は年間約 85 日以内とする。

ことが必要である。稼働率の確保のため、セル内機器などの保守は上記期間を考慮して行えるものとする。

(3) 貯蔵能力

モデルプラントにおける貯蔵能力を表 2.3 に示す。

(4) 製品仕様

モデルプラントの製品仕様は東海工場に準ずる。

(5) 放出基準

モデルプラントにおける放出放射量は東海工場に準ずる。

(6) 臨界設計

臨界安全については、合理的な設計を図るべく燃料の燃焼度を考慮し、現実に近い核分裂性物質組成を用いることとする。

この場合、受入燃料の燃焼度確認が臨界安全上大きな制約要因になり、このためには操作上の管理に加えて燃焼度モニタのハードウェアによる管理が必要となり、今後の R & D が期待される。

本モデルプラントと 1985 年に PNC が実施した 400 トプラントの概念設計時の主な違いは、次のとおりである。

	<u>本プラント</u>	<u>1985 年概念設計</u>
① 溶解槽材料	Zr 又は Ti・5% Ta	Zr
② プル蒸発缶	Zr 又は Ti・5% Ta	Zr
③ 混合転換	スコープ外	スコープ内
④ 固 化	アスファルト固化	ペレット中間減容

2.2.3 主工程 (図 3.1～図 3.3 参照)

(1) 機械処理工程 (U232)

- ・型 式 ; 横型集合体せん断機/水平せん断方式
- ・処理能力 ; 3 tU/日
- ・基 数 ; 2基 (交互運転)
- ・保 守 ; 遠隔保守方式 (片系列運転)

機械処理工程は東海工場と同じプロセス、即ちせん断は横型集合体せん断機を用いた水平せん断方式、溶解槽への装荷方法は分配器・シュートパイプ方式とする。東海工場で使用しているせん断機の処理能力は3 tU/day 相当のため、モデルプラントでこのまま採用可能である。東海工場にはせん断機は1基しか設置されていないため、プラント稼働率に影響を及ぼしている。従って、モデルプラントではせん断機を2基設置し、通常は2基のせん断機 (232-21-1,2) の交互運転を行うシステムとする。また、1基のせん断機が故障した場合でも残りのせん断機で運転可能なようにし、運転しながら故障したせん断機を遠隔保守できるものとする。一方、せん断機への燃料導入工程は、東海工場の経験から直接保守が容易な専用セルとし、遠隔保守セルと分離する。

(2) 溶解工程 (U242)

- ・型 式 ; 回分式 (1バレルー1スラブタイプ)
- ・処理能力 ; 0.5 tU/基
- ・基 数 ; 6基 (うち2基予備)
- ・臨界管理 ; 形状寸法制限
- ・材 料 ; ジルコニウム
- ・保 守 ; 遠隔保守方式

溶解工程のプロセス選定に当たっては、溶解槽腐食対策、保守性の改善を最優先課題とする。溶解槽 (242R10～R15) の臨界管理は形状寸法制限 (中性子毒の使用は行わない) とし、1バレル・1スラブ型の小型回分溶解槽 (0.5tU/基) の多系列設置方式、保守は遠隔方式を採用する。1バッチ当たりの溶解時間 (せん断開始か

ら次のせん断開始までの時間) は約 16 時間で、溶解槽 4 基を用いて 1 日 6 バッチの運転を行うことで、最大 3tU/day (通常 2.4tU/day) の処理能力を確保する。溶解槽 (242R10~R15) の故障 (腐食、詰まりなど) による稼働率低下を防止するため予備機を 2 基設置し、使用材料としてはステンレス鋼に代わる新材料ジルコニウムを採用する。

(2) 清澄工程 (U243)

- ・方 式 ; 遠心清澄機+パルスフィルター+スラッジフィルタ
- ・基 数 ; 清澄機 2 基 (うち 1 基予備)
パルスフィルタ 3 基 (うち 1 基予備)

東海工場では清澄機器としてパルスフィルタを採用しているが、高燃焼度燃料を処理する場合、フィルタの洗浄・交換頻度が多くなるため、安定運転を維持することは困難であると予想される。さらに、パルスフィルタは、逆流・洗浄時間が長く廃液発生量が多いことが短所として挙げられる。一方、遠心清澄機は洗浄時間が短く廃液発生量は少ないが、ろ過効率が低くまたモータの故障時に不溶性残渣が下流工程へ通過するなどの問題がある。

このため、遠心清澄機 (243F12,F13) を粗フィルタとして使用して大部分の不溶性残渣を除去し、パルスフィルタをバックアップとして直列に組合わせる方式を採用する。遠心清澄機 (243F12,F13) は可動部分を有すること、パルスフィルタ (243F16~F18) はフィルタエレメントの交換が必要となることから、それぞれ必要な予備機を設置するとともに、保守を容易に行えるよう遠隔保守セル内に設置する。

なお、遠心清澄機 (243F12,F13) 及びパルスフィルタ (243F16~F18) で捕集したスラッジは、配管などの詰まりを防止するため可能な限りスラッジフィルタ (243F25,F26) で捕集し、ハルと同様に高放射性固体廃棄物として一時貯蔵する。

(4) せん断・溶解オフガス処理工程 (U244)

・方 式 ; 凝縮器+NO_x スクラバ
 吸収酸は放散塔でヨウ素追出後溶解で再使用
 追出ヨウ素はアルカリ吸収
 アルカリ吸収後の微量ヨウ素はフィルタで除去

東海工場では、せん断・溶解オフガスは凝縮器及び酸吸収塔でNO_xガスを吸収し、吸収酸は酸回収工程へ送液して回収を行っている。モデルプラントでは吸収酸中のヨウ素をヨウ素放散塔(244T13)にて気相中へ追出し、ヨウ素追出し後の吸収酸は溶解槽で再使用する。

追出されたヨウ素はアルカリ洗浄塔(244T15)で除去し、ヨウ素合有アルカリ廃液は低放射性液体廃棄物処理工程で処理する。アルカリ洗浄後の気相中に含まれている微量なヨウ素はヨウ素除去フィルタ(244F181~P184)で除去する。

(5) 調整工程 (U251)

東海工場では、調整槽(3m³)と供給槽(3.5m³)1基ずつで構成しているため、運転裕度が小さい。従って、モデルプラントでは運転上の裕度を大きくするため調整槽(251V10, V11)は、6m³/基×2基、供給槽(251V12, V14)は20m³/基×2基とする。

(6) 抽出工程 (U252, 253, 265, 261, 265, 266)

・抽出器型式 ; ミキサセトラ
 ・サイクル数 ; 3サイクル
 ・Pu/U分離 ; 第2サイクル分離
 ・還元剤 ; 硝酸ウラナス

東海工場の運転実績に基づき、全サイクルとも抽出器としてミキサ・セトラを採用する。ウランとプルトニウムは分離第二サイクルで分離し、また、プルトニウムの還元剤としては硝酸ウラナスを採用する。また、東海工場のフローシートに対して、モデルプラントでは以下の変更を行うこととする。

- ①酸回収工程(U273)への負荷低減化を図るため、分離第二サイクル(U255)とウラン精製第三サイクル(U261)間にウラン中間濃縮蒸発缶(261E26)を追加設置する。また、これに伴い供給硝酸ウラニル溶液中のTBPを除去するた

めの希釈剤洗浄器 (25SR18) 設置する。

②硝酸プルトニウム溶液中に含まれている TBP を除去する希釈剤洗浄器を設置する。

③プルトニウム濃縮工程 (U266) の負荷を軽減するため、プルトニウム精製第三サイクル (U265) の製品溶液の一部をプルトニウム精製第三サイクル (U265) へリサイクルし、プルトニウム精製第三サイクル (U265) の製品プルトニウム濃度を高くするリフラックスフローシートを採用する。

④ウラン精製第三サイクル (U261) は抽出廃液量の低減化のため、供給液ウラン濃度を 200gU/l へ増加させた濃縮フローシートを採用するとともに、洗浄部は酸濃度の低減化を図るためダブルスクラブ方式を採用する。

(7) ウラン濃縮、脱硝工程 (U263, 264)

・方 式	； 直接脱硝プロセス (2 段蒸発+流動層脱硝)
・処理能力	； 1 tU/基
・基 数	； 3 基 (うち 1 基予備)
・材 料	； 第 1 濃縮 ; SUS304L、第 2 濃縮 ; Ti
・改良点	； 脱硝塔の運転操作性向上のため下部抜き出し方式からオーバーフロー方式へ

ウラン濃縮、脱硝工程 (U263, 264) は、東海工場と同じく 2 段の蒸発缶 (263E11, E30) による硝酸ウラニル溶液濃縮と流動層脱硝塔 (264R11~R31) による直接脱硝プロセスを採用する。脱硝塔は運転操作性を改善するため、下部抜き出し方式からオーバーフロー方式に変更するとともに、フィルタの保守などを考慮して処理能力 1 tU/基の脱硝塔を 3 基 (内 1 基予備) 設置することとする。脱硝塔 (264R11~R31) からの UO_3 粉末はポットに収納してバードケージに入れウラン製品貯蔵庫で一時貯蔵する。

(8) プルトニウム濃縮 (U266)

- | | | |
|-------|---|-----------|
| ・方 式 | ； | 連続濃縮 |
| ・出口濃度 | ； | 250 gPu/l |
| ・材 料 | ； | ジルコニウム |

東海工場でのプルトニウム溶液蒸発缶の運転は、蒸発缶内でのヒドラジンの蓄積による突沸を防止するため、初期敷水液として 5N 硝酸を蒸発缶に張込み、その後硝酸プルトニウム溶液を供給しながら濃縮する方法を採用している。このため、濃縮液の酸濃度が 8~9N と高くなり、プルトニウム溶液蒸発缶の腐食を引起こしている。

このため、モデルプラントでは、プルトニウム精製第三サイクルの硝酸プルトニウム受槽 (265V25) に NO_x ガスを吹込むことによりあらかじめヒトラジンを分解し、プルトニウム蒸発缶 (266E20) 内の酸度を低下させることとする。また、プルトニウム蒸発缶 (266E20) の使用材料は加熱部及びカラム部とも新材料ジルコニウムを採用するとともに、運転方式は運転操作の省力化並びに処理量の増加に対応するため、半回分式 (連続供給、回分抜出し) から連続式に変更する。

プルトニウム蒸発缶 (266E20) の濃縮係数は、プルトニウム精製第三サイクル (U265) でリフックスフローシートを採用したことにより約 1/3 に低減する。プルトニウム蒸発缶 (266E20) で濃縮した溶液のプルトニウム濃度は 250gPu/l とする。

(9) 混合転換工程 (U267)

- | | | |
|------|---|---------------|
| ・方 式 | ； | マイクロ波加熱直接脱硝方式 |
| ・基 数 | ； | 2系列 (うち1系列予備) |

濃縮した硝酸プルトニウム溶液はウラン溶液の一部と混合したのち脱硝転換する。脱硝転換はマイクロ波加熱直接脱硝法を採用する。

本方式では、プルトニウムとウランの混合溶液をマイクロ波加熱により脱硝して粉末にした後、ばい焼炉・還元炉でそれぞれ空气中、窒素・水素混合ガス中で加熱処理してMOX粉体とする。MOX粉体は粉碎して粒度調整を行ったのち保管容器に充填する。

本工程は、故障に備えて2系列(うち1系列予備)設けるものとする。

(10) 高放射性廃液濃縮、貯蔵工程 (U271, 272)

- | | | |
|-------|---|-------------------------|
| ・方 式 | ； | ホルマリン分解による半回分式蒸発 (回分抽出) |
| ・型 式 | ； | 内部加熱ケトル型蒸発缶 |
| ・材 料 | ； | SUS310Nb |
| ・系 列 | ； | 2系列 (1基予備) |
| ・保守方式 | ； | 遠隔保守方式 |

高放射性廃液濃縮工程 (U271)は、東海工場と同じホルマリン分解による半回分式 (連続供給、回分抽出) とし、高放射性廃液蒸発缶 (271E10, E20) は内部加熱ケトル型蒸発缶を採用する。また、万一の腐食上のトラブルに備えて予備機を1基設置する。なお、線量が高いため、直接保守は困難なため遠隔保守セル内に配置し遠隔保守可能とする。

高放射性廃液蒸発缶 (271E10, E20) への供給系には中間貯槽 (271V40) を1基追加するとともに、配管の詰まりを考慮してエアリフトとスチームジェットの2つの異なった送液システムを併用することとする。高放射性廃液蒸発缶 (271E10, E20) の運転時に突沸が発生し高放射性廃液の一部が凝縮液側へ流出した場合、酸回収工程 (U273) の放射能濃度上昇を引起すので、これを防止するため中間貯槽 (271V31)に γ 線モニタを設置するとともに、 γ 線モニタの指示値が上昇した場合、自動的に送液先を前段の中間貯槽 (271V40) へ切換えることとする。

濃縮後の廃液は貯蔵した後、ガラス固化工程にて固化する。

(11) 酸回収工程 (U273)

- | | | |
|--------|---|---------------------------------------|
| ・方 式 | ； | 常圧方式 |
| ・系 列 | ； | 2系列 (1基予備) |
| ・材 料 | ； | ジルコニウム |
| ・そ の 他 | ； | 酸濃度が8N以上にならないように運用
独立セルに設置 (保守のため) |

東海工場の経理を踏まえて腐食対策を最優先課題として必要な処置を講ずることとする。酸回収蒸発缶 (273E30, E35) の使用材料は新材料ジルコニウムとし、予

備機を1基設置することとする。腐食などにより故障が発生した場合に運転と並行して保守作業を可能とするため、酸回収蒸発缶（273E30, E35）はそれぞれ独立したセルに設置する。

酸回収蒸発缶（271E30, E35）の酸度については、腐食上及びルテニウムの除染係数などを考慮して8N以上とならないように供給液中の酸度を分析し、酸濃度が上昇した場合、精留塔（273T40）凝縮液をリサイクルできることとする。

2.2.4 低放射性液体廃棄物処理工程

(1) 基本方針

主工程及びその付帯設備から発生する低放射性液体廃棄物（以下「廃液」という）は廃液の特性（放射能レベル、化学成分など）により次の5種類に区分する。

- ・ 中レベル廃液
- ・ 低レベル廃液
- ・ 極低レベル廃液
- ・ アルカリ廃液（ヨウ素を含む低レベル放射性廃液）
- ・ 除染廃液（特殊除染剤を含む慶抜）

プロセス選定は、以下の方針に従うこととする。

- ①東海工場の運転実績でとくに問題のないプロセスは現状のプロセスを採用する。
- ②アルカリ廃液（ヨウ素含有廃液）の処理プロセスの選定に当たっては、アルカリ廃液中に含まれるヨウ素を将来にわたり安全に閉じ込めておくため、安定な固化体（アスファルト固化体）へ閉じ込める。
- ③除染廃液の処理プロセスの選定に当たっては、除染剤などの特性（化学成分、危険性など）を考慮し、安全かつ安定に処理する。
- ④再処理施設から発生する放射性廃棄物は長期間にわたり管理することが要求され、その特性に応じて処分を前提とした安定な廃棄体とする必要がある。従って、現在の固化処理技術の開発動向を踏まえ、将来にわたり固化体の信頼性が担保できる固化体を選定する。

(2) 系統構成（図3.4参照）

液体廃棄物処理工程には廃液の放射能レベル（中レベル廃液、低レベル廃液、極

低レベル廃液)及び性状(アルカリ廃液、除染廃液など)に応じて次の処理工程を設けることとする。

- ①中低レベル廃液蒸発処理工程 (U321)
- ②アルカリ廃液蒸発処理工程 (U322)
- ③化学処理工程 (U323)
- ④極低レベル廃液蒸発処理工程 (U324)
- ⑤逆浸透膜処理工程 (U325)

さらに、一般公害物質の環境放出基準を満足するため、中和処理工程 (U326)及び油分除去処理工程 (U327)を設ける。濃縮減容された二次廃棄物(蒸発缶濃縮廃液、化学沈殿スラッジなど)はアスファルト固化処理工程 (U329A:エクストルーダプロセス、U329B:ポットプロセス)において固化体とする。

主工程から発生する廃溶媒(TBP)、廃希釈剤(ドデカン)は廃溶媒処理工程(U328)で処理し、再生したドデカンは主工程で再利用するか、又は焼却処理する。

2.2.5 低放射性固体廃棄物処理工程

(1) 基本方針

東海工場では、低放射性固体廃棄物処理のうち $\beta\gamma$ 可燃性廃棄物は焼却炉で処理しているが、他の廃棄物は適切な仕分け分類を行ったのち貯蔵庫内に保管している状況にある。

これは東海工場に付帯している低放射性固体廃棄物処理工程の処理プロセスの能力が一次処理の範囲に留まっており、廃棄物の減容が現状の設備では十分に期待できないことによる。これらを解決すべく東海工場から発生する低放射性固体廃棄物を効果的に処理し、また、将来の処分技術などを配慮した技術開発が行われてきた。

本モデルプラントでは、低放射性固体廃棄物の処理プロセスとして、現時点で実用化レベルに達している一次処理(切断技術、解体技術、圧縮技術、焼却技術など)については採用し、熔融処理などの開発中の二次処理については、将来対応することとする。

これらの基本的考えを踏まえ、次の設計方針に従って低放射性固体廃棄物の処理プロセスを選定する。

- ①再処理施設から発生する低放射性固体廃棄物の発生量は、再処理施設の運転

状況によって変動する。このため、低放射性固体廃棄物の処理プロセスは、再処理施設の運転状態に左右されることなく安定して処理が行える能力を備えるプロセスを選定する。

- ②低放射性固体廃棄物の特性に応じた処理プロセスを選定する。
- ③可能な限り減容効果の大きいプロセスを採用する。
- ④ α 固体廃棄物と $\beta \gamma$ 固体廃棄物は処理工程を分離し、互いに独立したプロセスで処理する。
- ⑤低放射性固体廃棄物の保管貯蔵量を低減するため、除染プロセスで可能な限り除染を行う。

(2) 系統構成 (図 3.5 参照)

低放射性固体廃棄物処理工程は、プルトニウム (^{239}Pu) に代表される長半減期核種を長期間にわたり管理する必要がある、また非 α 固体廃棄物へのクロスコンタミを防止するため、 $\beta \gamma$ 固体廃棄物と α (Pu) 固体廃棄物とに分類し、各々に固体廃棄物処理工程を設置する必要がある。

$\beta \gamma$ 固体廃棄物と α (Pu) 固体廃棄物を構成する廃棄物の種類 (可燃性、難燃性、不燃性) がほぼ同種であるため、 $\beta \gamma$ 固体廃棄物及び α (Pu) 固体廃棄物の処理工程は基本的には同様の処理装置が適用される。2つの工程で異なる点は、 α (Pu) 固体廃棄物処理工程が、 α タイト構造で設計されることである。

一方、再処理施設から発生する非放射性固体廃棄物の処理は一般廃棄物の処理と同様に取扱うことが可能であり、モデルプラントでは設計対象外とする。

2.3 技術的課題

先に示したモデルプラントに対して、国際競争力向上の観点から次の5つの課題を設定し、それぞれについて技術的提案を検討する（表 2.4 参照）。

- ・プロセスの簡素化／装置の小型化
- ・廃棄物発生量の低減
- ・装置信頼性の向上
- ・廃棄体処分の考慮
- ・環境対策の考慮

2.3.1 プロセスの簡素化／装置の小型化

(1) G d 添加による溶解槽の系列数削減

モデルプラントでは臨界形状制限のために1基当たりの処理能力が 0.5tU/日となり、このために6基の溶解槽が必要となった。

これに対して、中性子毒（G d）による臨界管理を採用することによって1基当たりの容量を増やし、基数を低減することを提案する。

ラハグ UP2-800 の例では2系列で 6.4tU/日の処理能力を有するため、3tU/日の処理能力のためには1系列で対応可能である。つまり、予備を含めて2基に削減可能である。

(2) 清澄プロセスの簡素化

モデルプラントでは、下流側へ細かい粒子が通過することを防ぐため、遠心清澄機とバックアップ用のパルスフィルタを設けることとし、さらに、逆洗スラッジの補集用にスラッジフィルタを設けることとした。

しかし、パルスフィルタは、①閉塞による定期的な交換、②出口弁の保守が必要、③多量の洗浄水が必要、といった欠点があり、設けずに済めば望ましい。一方、ラハグ実績ではパルスフィルタは設けておらず、遠心清澄機のみで下流側のトラブルは生じていない。

このことから、パルスフィルタ及びスラッジフィルタを削除することを提案する。ただし、抽出器におけるスラッジ蓄積を防ぐため、とくに分離工程の抽出器にはラハグと同様にパルスカラムを採用することを前提とする。

(3) ヨウ素除去工程における乾式法の採用

モデルプラントでは東海工場の延長としてアルカリ吸収によりヨウ素を除去する方式を選定した。

しかし、その後の開発でヨウ素フィルタの性能が確証されていることから、ここでは乾式法の採用を提案する。つまり、吸収液中のヨウ素を全てガス側に追い出し、ヨウ素フィルタで除去する方式の採用を提案する。

このことにより、アルカリ吸収工程が削除できる上に、アルカリ廃液発生量の低減も図ることができる。

(4) 抽出工程の2サイクル化

モデルプラントでは東海工場と同様に抽出工程は3サイクルとした。

一方、ラハグ実績では2サイクルで十分な製品仕様を確保できたことから、ここでは抽出工程の2サイクル化を提案する。ウランとプルトニウムの両系統の第3サイクルのほかウラン中間濃縮蒸発缶も削除できるため、コスト削減効果は大きいと思われる。

これに伴い、ウラン/プルトニウムは第1サイクルで分配することになり系統構成の見直しが必要となる。

(5) プルトニウムの還元剤としてHANの使用

モデルプラントでは東海工場と同様に、還元剤として硝酸ウラナスを採用した。

ここでは、ウランの取り扱い量を減らすことで装置を小型化するために、硝酸ウラナスの代わりにHANの使用を提案する。

なお、微量プルトニウムの逆抽出のためには硝酸ウラナスの方が優れているため、HANと硝酸ウラナスとを併用することとする。

(6) 混合抽出法妥当性の評価検討

核拡散防止法によりプルトニウムの単独製品を得ることは不可能なため混合抽出法が考えられ、この方式の採用の検討を提案する。

ただし、混合抽出法を採用するとプルトニウム蒸発缶にウランも混入するため処理量が多くなり、必ずしも有利でない場合がある。従って、採用を決定するためには、抽出工程では完全にプルトニウムを分離しておいて転換工程にてウランと混合

する方法と比較評価が必要となろう。

2.3.2 廃棄物発生量の低減

(1) 余剰回収酸のリサイクル利用（電解法によるNO_x製造プロセスの採用）

主工程から発生する低放射性液体廃棄物のうち、余剰硝酸の割合は大きい。これはプルトニウムの酸化、ヒドラジンの分解のために系外からNO_xガスの形で硝酸分を補給しているため、最終的にその硝酸分が排出されるためである。つまり、現状の再処理プロセスのように系外からNO_xガスを供給する限り、余剰回収硝酸の発生は避けられないと言える。

これを避けるために考案されたのが“電解法によるNO_x製造プロセス”である。当プロセスでは、余剰回収硝酸を電気分解することによりNO_xを製造し、それを主工程にリサイクルしてプルトニウムの酸化やヒドラジン分解のために利用する。このことにより、主工程から発生する低放射性液体廃棄物が大幅に削減できる。

本プロセスは現在のところ長時間確証試験中で、実用化のレベルに達している。

(2) 溶媒再生工程のソルトフリー化に向けた検討

アルカリ廃液の発生元の多くを占めるのが溶媒再生工程から発生する洗浄廃液である。現有のプロセスではアルカリ洗浄による溶媒再生が主流であるが、炭酸ヒドラジン洗浄に代替することにより、アルカリ廃液の発生量低減が可能となる。

従って、今後ドラジン洗浄採用に当たっての検討を進めることを提案する。なお、洗浄廃液中のヒドラジンはNO_xガスを吹き込むことにより分解される。NO_xガス吹き込みにより硝酸廃液は増加するが、既述の“電解法によるNO_x製造プロセス”の採用により廃棄物発生量増加にはつながらない。

(3) ヨウ素除去工程における乾式法の採用

前述のとおり、本方式の採用によりアルカリ吸収工程が削除できる上に、アルカリ廃液発生量低減も図ることができる。

(4) 紫外線酸化による油分分離プロセス適用に係わる検討

東海工場では、海洋放流前の排水中の油分はC施設において活性炭吸着によって除去されている。

この代替法として、“紫外線酸化による油分分離プロセス”の適用が考えられる。本プロセスを採用すると、有機物は分解されるため2次廃棄物が発生せず、廃活性炭発生を防ぐことが可能となる。

本プロセスは、TBPを含む廃液処理としてすでに実績もあるが、TBPとともに含まれるドデカンの除去については今後試験検証が必要である。

2.3.3 装置信頼性の向上

(1) 燃焼度モニターの信頼性向上

2.1.2(6)で述べたように、合理的な臨界設計のためには燃料の燃焼度を正しく測定することが前提となる。このためには操作上の管理に加えて燃焼度モニターのハードウェアによる管理が必要となり、燃焼度モニターの更なる信頼性向上に向けてR&Dを続けることを提案する。

(2) 高放射性廃液濃縮蒸発缶の材質見直し

モデルプラントでは使用材質をSUS310Nbとしたが、ここでは耐食性の点でより優れるURANUS S1Nの採用を提案する。URANUS S1Nは腐食速度が多少大きいですが、粒界腐食でないことが利点である。

東海工場の高放射性廃液濃縮蒸発缶はコイル及びジャケット加熱であるが、伝熱面上に気液界面がない方が耐食上有利なため、ラハーグプラントのようにジャケット加熱のみとすることを合わせて提案する。

(3) 減圧蒸発法、減圧蒸留法採用の検討

高放射性廃液濃縮又は酸回収工程で減圧法を採用すると、低温で運転できるためにジルコニウムではなくステンレス鋼の使用が可能となり、コスト的に有利となる可能性がある。

よって、全システムを含めて常圧法と減圧法とのコスト比較検討を行い、より有利な方式を選定することを提案する。

2.3.4 廃棄体最終処分の考慮

(1) 硝酸ナトリウム廃液の処理にSC（スーパーセメント）固化の採用

モデルプラントでは東海工場と同様にアスファルト固化を選定したが、次の利点を重視してSC（スーパーセメント）固化の採用を提案する。

- ・最終処分に対応できる。
- ・無機物の廃棄体が得られる。
- ・高い圧縮強度が得られる。
- ・高い減容性が得られる。

SC（スーパーセメント）固化とはアルカリ活性スラグセメントを使用する固化処理で、主成分である非結晶の高炉水砕スラグ（ SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 、 MgO ）がアルカリ剤と反応することにより活性化され、水和反応が生じて硬化するものである。工学規模の確証は終了している。

(2) 廃溶媒処理方式の検討

モデルプラントでは、東海工場での開発の延長として廃溶媒残渣はプラスチック固化、回収ドデカン焼却処理する方式を選定した。

ここでは、無機化プロセスとして、熱分解処理→水熱固化→セメント充填方式採用について検討することを提案する。熱分解処理→水熱固化は国内でもすでに商業化されており、セメント充填と組み合わせることにより最終処分に対応した廃棄体を作製できると考えられる。

(3) 雑固体廃棄物の溶融処理の検討

モデルプラントでは、切断・解体・圧縮・焼却処理などの一次処理については採用することとし、溶融処理については二次処理技術として位置づけ将来導入することとした。

従って、将来導入に向けて、不燃性廃棄物・難燃性廃棄物・廃活性炭・焼却灰などを溶融処理することに係る検討の実施を提案する。

難燃性廃棄物発生量が少量であれば可燃性廃棄物と混合溶融するなどの処理が考えられるため、発生量を想定し処理運用を含めたシステム検討を行うものとする。また、ガス化溶融が完成すれば可燃物の発熱により不燃物の溶融も可能となるため、ガス化溶融の開発進捗も考慮しながら検討するものとする。

(4) ハル・エンドピース処理法の検討

ハル・エンドピースは当面は貯蔵することとしたが、将来の処分に向けた処理技術の開発が必要である。

現在考えられている処理技術は次の3方式である。

- ・圧縮 → キャニスター充填又はセメント充填
- ・HIP → キャニスター充填又はセメント充填
- ・溶融 → セメント充填

各方式を評価し、最も望ましい方式に絞り込むための検討の実施を提案する。

2.3.5 環境対策の考慮

(1) 焼却炉ダイオキシン除去の適用

わが国のダイオキシン排出基準は小型の焼却炉には適用されないため、再処理工場の焼却設備には必ずしも適用されない。

しかし、法的制約がなくとも、環境対策並びにPAの点ではダイオキシン対策を講じることが望ましく、再処理施設の焼却設備にもダイオキシン対策を適用することを提案する。

具体的には、ダイオキシン発生を防止し、さらに、排ガスの最終処理としてダイオキシン除去を行う。ダイオキシン発生防止のためには、適切な廃棄物分別と適切な温度条件の設定が重要となる。また、排ガスの最終処理としては吸着除去又は酸化触媒などによって分解除去する。

(2) 余剰回収酸のリサイクル利用（電解法によるNO_x製造プロセスの採用）

現有のプロセスではNO_xガスは亜硝酸ナトリウム法で製造されている。この方法では非放射性的硝酸ナトリウムが廃棄物として発生し、東海工場のようにVLA廃液として処理するか、又は海洋放出することになる。しかし、排水基準のうち全窒素濃度が規制の対象となり、本廃液の海洋放出は困難であると考えられる。

これに対して、前述の“電解法によるNO_x製造プロセス”を採用すると非放射性的硝酸ナトリウム廃棄物は発生しないため、当該問題は回避される。

以上の理由からも、余剰回収酸のリサイクル利用（電解法によるNO_x製造プロセスの採用）を提案する。

(3) 連続排気モニタリング設備の採用

東海工場では溶解オフガスの排気モニタリング（とくにヨウ素、トリチウム、C14）はバッチ管理されているが、今後はP Aの観点から連続モニタリングされることが望ましい。

このことに対応して、排ガス中のヨウ素、トリチウム、C14を連続的にモニタリングできるシステムがほぼ完成レベルに達しており、本システムの採用を提案する。

本システムでは、ヨウ素は吸着捕集した後にGe半導体検出器にて、トリチウムは選択透過膜によりKr, Cから分離した後に比例計数管で、また、C14は選択透過膜によりKrから分離した後にプラスチックシンチレーション計測器にて連続測定するものである。

表 2.1 処理対象燃料仕様

項 目		モデルプラント	東 海 工 場
対象燃料		軽水炉用使用済燃料 (PWR、BWR、APWR、ABWR)	軽水炉用使用済燃料 (PWR、BWR、JPDR)
集合体仕様	全 長	4.7m	4.7m
	断 面	26cm×26cm	26cm×26cm
初期濃縮度		4.0wt%	4.0wt%
燃 焼 度		50,000MWd/tU	平均 28,000MWd/tU 最大 35,000MWd/tU
比 出 力		50MW/tU	35MW/tU
冷却日数		4 年	180 日

表 2.2 モデルプラントの処理能力

項 目		モデルプラント
プラント処理能力		2tU/day
設 計 処 理 能 力	可動部を有する機械装置が多く比較的保守頻度の高い工程 (機械処理～調整工程)	3tU/day
	連続運転主体の比較的保守頻度の少ない工程 (分離工程以降)	2tU/day

表 2.3 モデルプラントの貯蔵能力

項 目		施 設	モデルプラント
廃 棄 物	高放射性固体廃棄物	高放射性固体廃棄物貯蔵庫	5 年分
	低放射性固体廃棄物	低放射性固体廃棄物貯蔵庫	2 年分
	アスファルト固化体	アスファルト固化体貯蔵庫	5 年分
	高放射性廃液	主工場	2 年分

表 2. 4 (1) 提案項目一覧表

課 題	提 案 項 目	提 案 内 容	備 考 ()内は下北再処理
1. プロセスの簡素化 /装置の小型化	(1) G d 添加による溶解槽系列数削減	<ul style="list-style-type: none"> ・中性子毒による臨界管理を採用することにより基数低減 ・UP2-800の例では2基で6.4 t U/日 → 3 t U/日であれば1基 (+1 基予備) に削減可 ・モデルプラント同様に燃焼度測定による管理は実施し、中性子毒使用量の低減化を図る。 	— (燃焼度に応じて G d を添加)
	(2) 清澄工程の簡素化	<ul style="list-style-type: none"> ・パルスフィルタ、スラッジフィルタの削除 ・ラハグ実績により遠心清澄機のみで問題なし ・但し、分離工程でパルスカラムを用いることが前提 (界面のスラッジ蓄積防止) 	ラハグで 実績あり (遠心清澄機)
	(3) ヨウ素除去工程における乾式法の採用	<ul style="list-style-type: none"> ・アルカリ洗浄塔が不要でシステム簡素化 ・アルカリ廃液発生量も低減 	ラハグで 実績あり (乾式プロセス)
	(4) 抽出工程の2サイクル化	<ul style="list-style-type: none"> ・ラハグ実績により2サイクル化で十分なDF確保 ・ウラン系、プルトニウム系のそれぞれ1サイクル分の機器が削除可能 ・付帯設備 (中間濃縮) も削減 	ラハグで 実績あり (2サイクル)
	(5) Pu 還元剤としてHANの採用	<ul style="list-style-type: none"> ・ウランの使用量低減により装置の小型化が図れる ・微量Puの逆抽出に限界あり、酸度に制限あるため (2N)、硝酸ウラナスと併用 	ラハグで 実績あり (HAN併用)
	(6) 混合抽出法妥当性の評価検討	<ul style="list-style-type: none"> ・混合抽出法採用の妥当性について評価検討する。 (混合抽出ではプルトニウム濃縮工程の容量がアップする) 	—

表 2. 4 (2) 提案項目一覧表

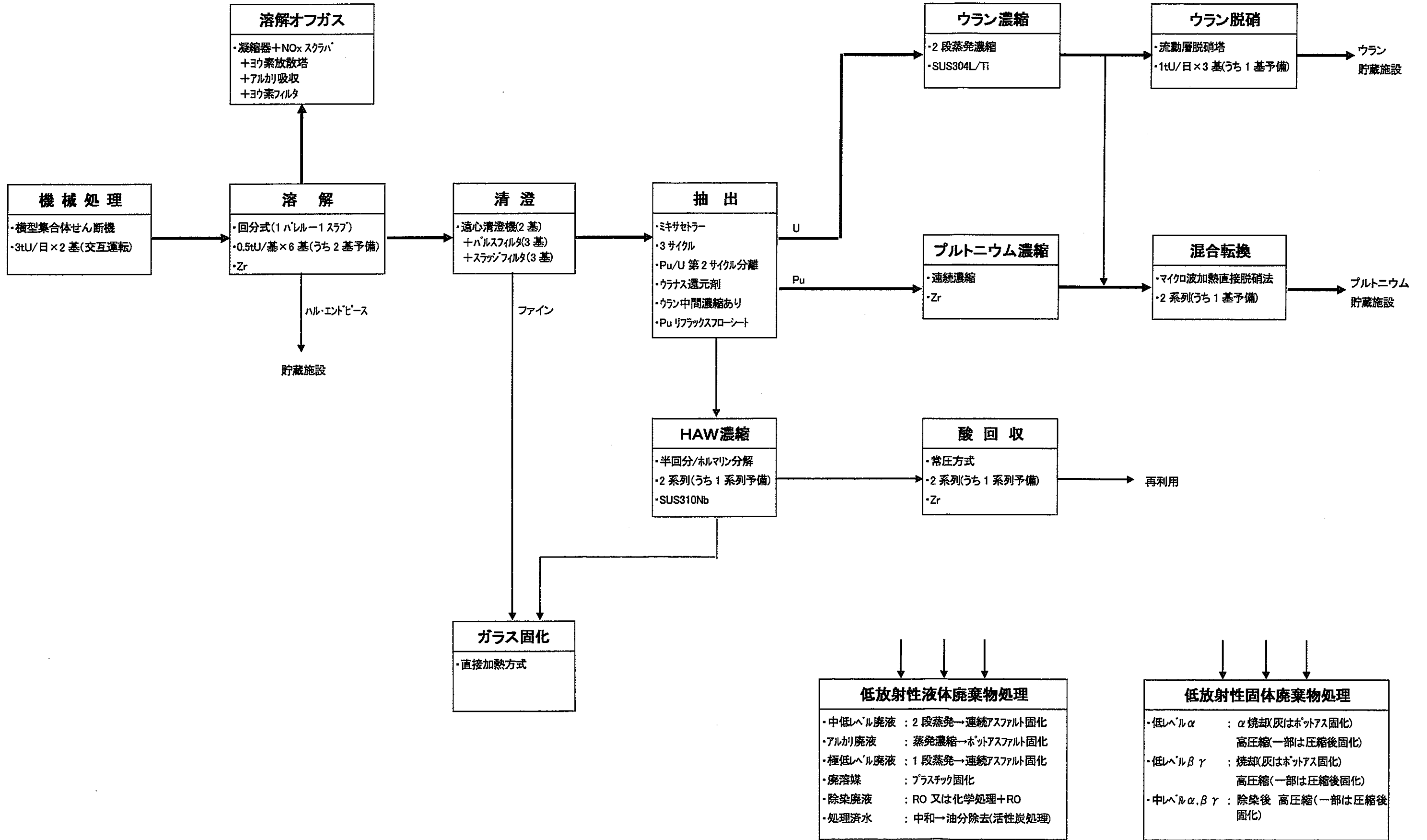
課 題	提 案 項 目	提 案 内 容	備 考 ()内は下北再処理
2. 廃棄物発生量の低減	(1) 余剰回収酸のリサイクル利用 (電解法によるNO _x 製造プロセスの採用)	<ul style="list-style-type: none"> ・余剰回収酸を電気分解してNO_xを製造してリサイクル利用 ・本プロセスの採用により主工程からの余剰回収酸発生がなくなるため廃棄物発生量大幅低減 ・従来法で発生した非放射性硝酸ナトリウム廃棄物も発生しない 	工学規模確証中で実用化段階 (将来可能性)
	(2) 溶媒再生工程のソルトフリー化に向けた検討	<ul style="list-style-type: none"> ・アルカリ洗浄を炭酸ヒドラジン洗浄に変更することを検討 ・洗浄廃液中のヒドラジンはNO_xガスで分解 → アルカリ廃液発生量低減 ・NO_xにより硝酸廃液は増えるが、電解法NO_x製造プロセスの採用でリサイクル利用出来るため廃棄物発生量増加とはならない 	開発段階 (-)
	(3) ヨウ素除去工程における乾式法の採用	<ul style="list-style-type: none"> ・前出のとおり ・廃棄物発生量低減の方策としても位置付け 	ラハーグで実績あり (乾式プロセス)
	(4) 紫外線酸化による油分分解プロセス適用に係わる検討	<ul style="list-style-type: none"> ・C施設の代わりとして紫外線酸化法の適用性を検討 ・廃活性炭の発生量低減 ・TBP分解の実績あり ・ドデカン分解への適用性については試験確認が必要 	確証試験が必要 (-)

表 2. 4 (3) 提案項目一覧表

課 題	提案項目	提案内容	備 考 ()内は下北再処理
3. 装置信頼性の向上	(1) 燃焼度モニタの信頼性向上に向けた研究	<ul style="list-style-type: none"> 合理的な臨界安全設計のためには燃焼度測定信頼性が重要な要件 よって、より信頼性の高い燃焼度モニタの開発を提案 	実用化段階であるが信頼性向上のために更なる開発が必要
	(2) 高放射性廃液濃縮蒸発缶の材質見直し	<ul style="list-style-type: none"> 従来の SUS310Nb を高シリカ・ステンレス鋼 (URANUS SIN) にグレードアップ 腐食速度 (全面腐食) は多少大きい粒界腐食ではない点がメリット 加熱コイルはなしとしジャケット加熱のみの方が望ましい (伝熱面に気液界面がないので有利) 	- (ステンレス鋼、但し、減圧法)
	(3) 減圧蒸発、減圧蒸留の採用に係わる評価検討	<ul style="list-style-type: none"> 減圧法では低い温度で運転出来るのでジルコニウムでなくステンレス鋼が使用可 全システムを含めて常圧法と減圧法のコスト比較評価を実施 	- (減圧法)
4. 廃棄体処分の考慮	(1) 硝酸ナトリウム廃液の処理に SC (スーパーセメント) 固化の採用	<ul style="list-style-type: none"> 高い圧縮強度が得られる。 高い減容性が得られる (1ドラム当りの硝酸ナトリウム収納量は約 200kg)。 作製固化体は無機物 	工学規模の確証を終え実用化段階 (-)
	(2) 廃溶媒の無機化処理の採用	<ul style="list-style-type: none"> 無機化処理として下記プロセスを採用 * 熱分解処理→水熱固化→セメント充填プロセスの採用 	実用化段階 (熱分解と水熱固化を採用)

表 2. 4 (4) 提案項目一覧表

課 題	提 案 項 目	提 案 内 容	備 考 ()内は下北再処理
4. 廃棄体処分の考慮 (続き)	(3) 雑固体廃棄物の熔融処理の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下記廃棄物を熔融処理することの評価検討 <li style="padding-left: 20px;">不燃性廃棄物/難燃性廃棄物/活性炭/焼却灰 <li style="padding-left: 20px;">(難燃性廃棄物は発生量に応じて混合処理) <li style="padding-left: 20px;">(ガス化熔融が完成すれば可燃物の発熱で不燃物の熔融可能) 	開発段階 (-)
	(4) ハルエンドピース処理法の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下記方式を検討 <li style="padding-left: 20px;">* 圧縮→キャニスター充填/セメント充填 <li style="padding-left: 20px;">* 熔融 → セメント充填 <li style="padding-left: 20px;">* H I P → セメント充填 	" " (当面貯蔵)
5. 環境対策の考慮	(1) 焼却炉ダイオキシン対策の適用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 焼却設備にダイオキシン対策を付加する <li style="padding-left: 20px;">* ダイオキシン対策を考慮した焼却炉運転条件の設定 <li style="padding-left: 20px;">* ダイオキシン除去システム (吸着など) の追加 	一般産業では実績あり (-)
	(2) 電解法によるNO _x 製造プロセスの採用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前 出 ・ 従来の亜硝酸ナトリウム法で発生したINACTIVE硝酸ナトリウムが発生しない ・ このため硝酸ナトリウムの海洋放出を回避 	工学規模確証中で実用化段階 (将来可能性)
	(3) 連続排気モニタリング設備の採用 (ヨウ素、トリチウム、炭素14)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放出管理上重要なヨウ素、トリチウム、炭素14の連続モニタリングを実施 	システムはほぼ完成レベル (-)



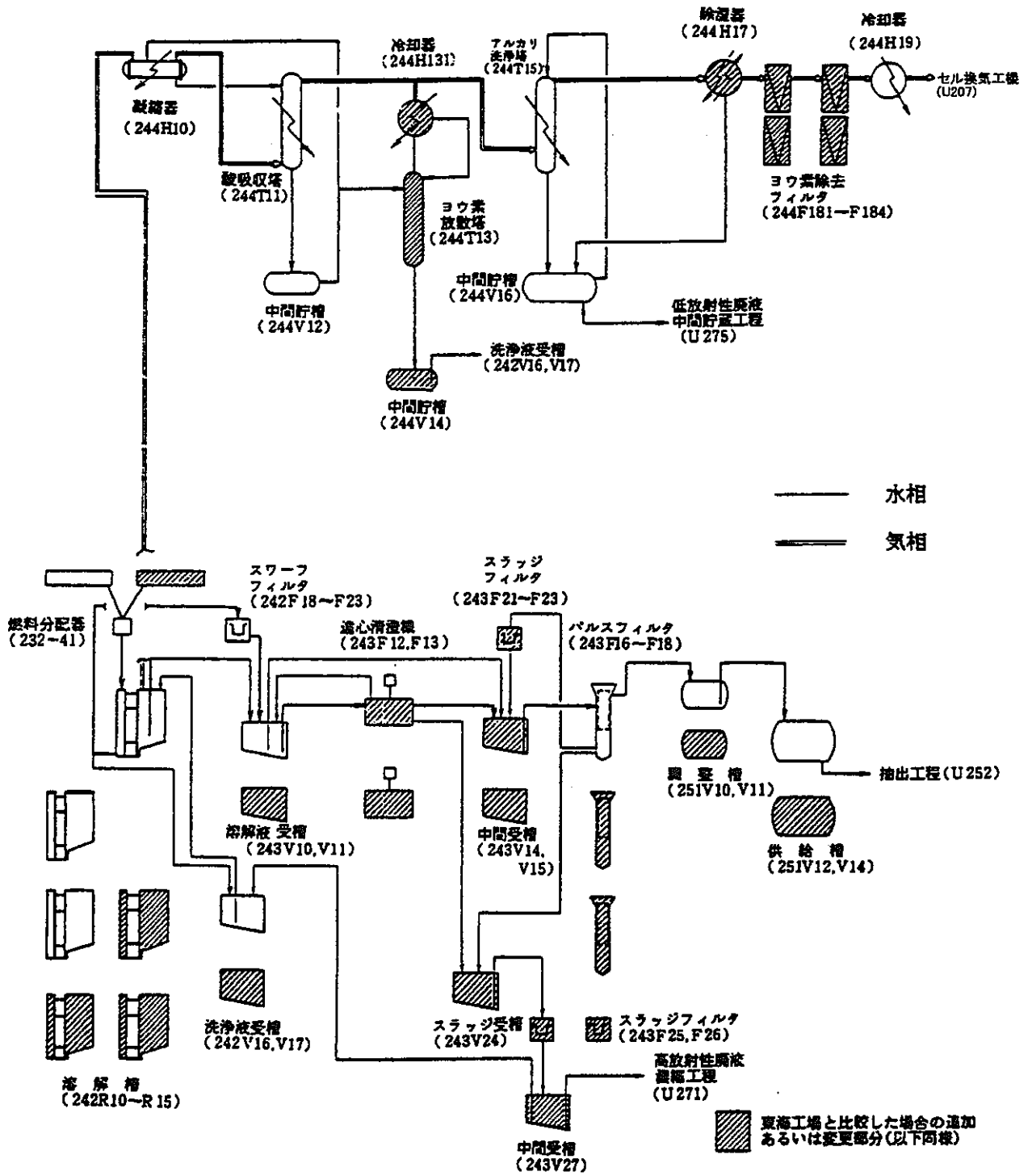


図 2. 2 ヘッドエンド工程フローダイアグラム

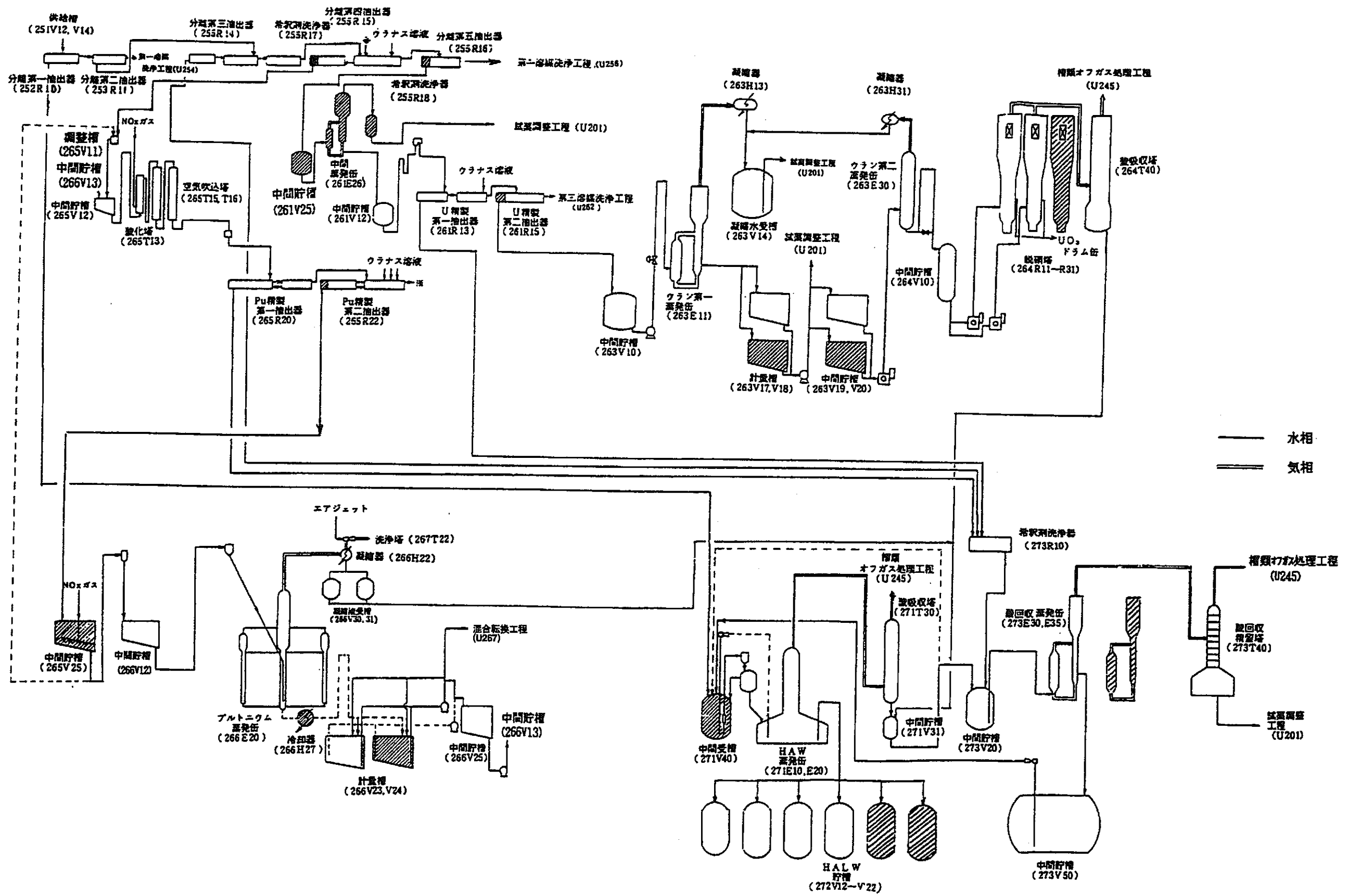


図 2. 3 化学処理工程フローダイアグラム

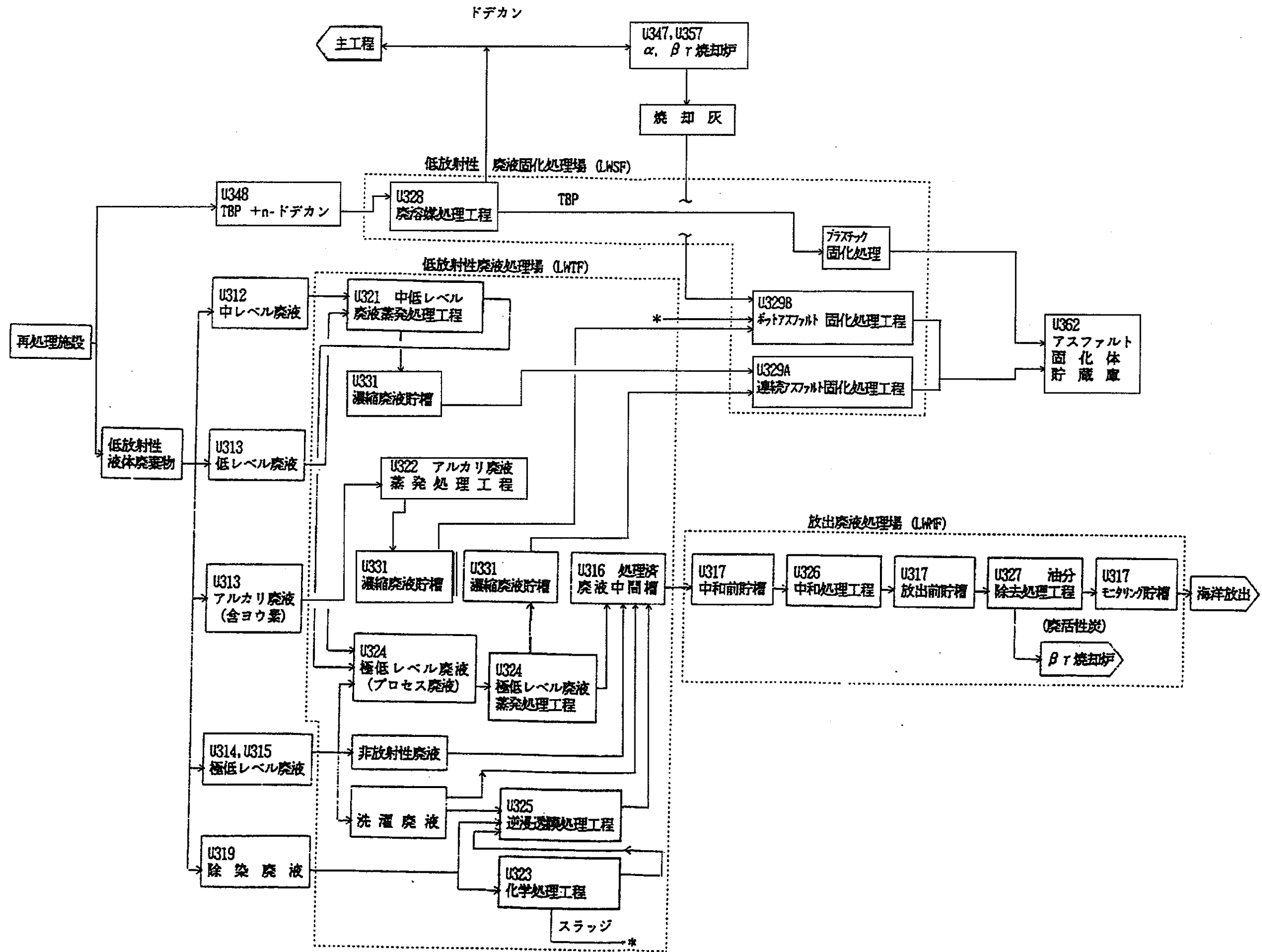


図 2. 4 低放射性液体廃棄物処理の基本系統図

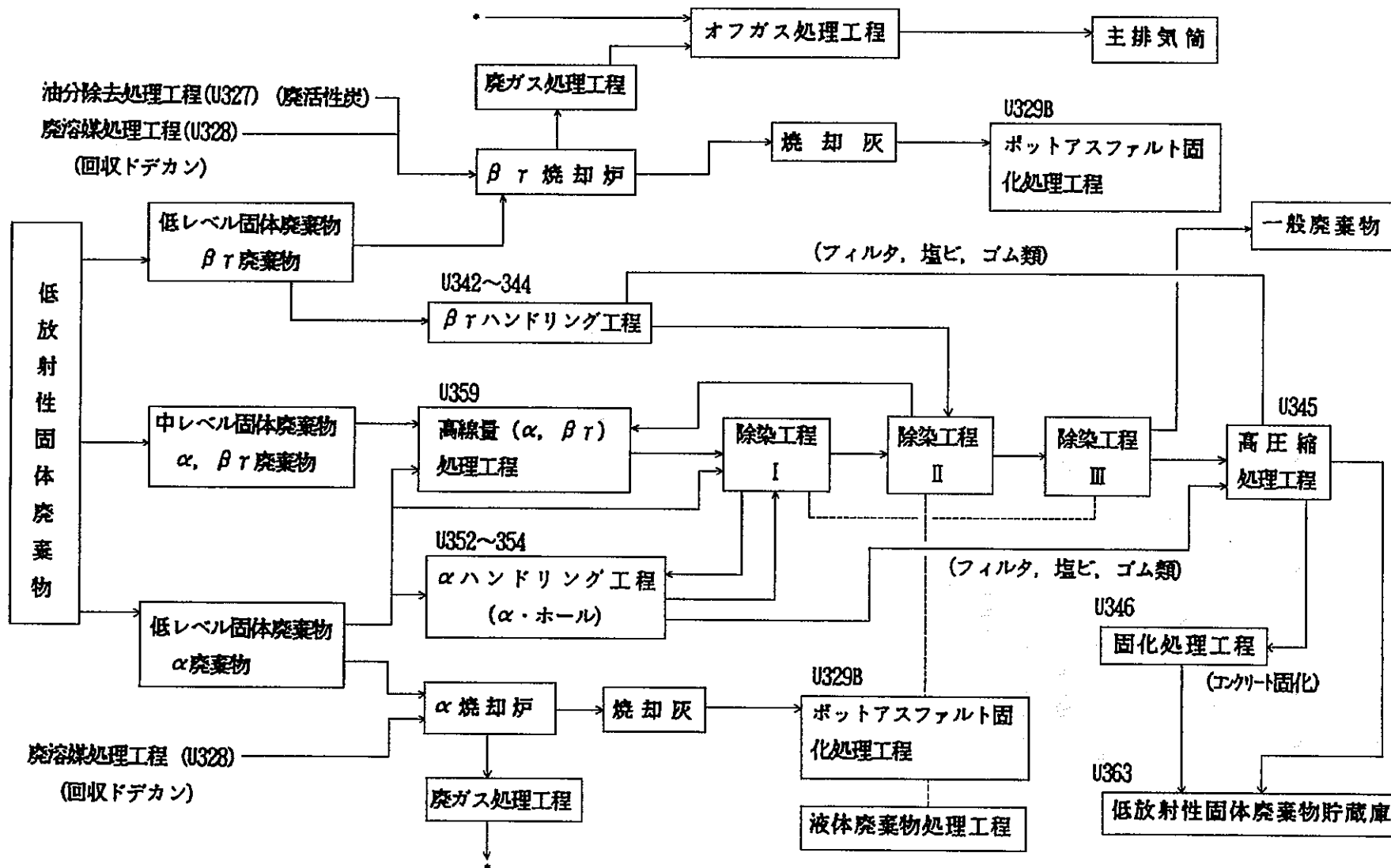


図 2. 5 低放射性固体廃棄物処理工程の基本系統図

3 軽水炉でのプルトニウム利用に関する海外（主としてアジア地域）マーケットニーズの調査

3.1 アジア主要国のエネルギー需給と電力事情

3.1.1 アジア主要国のエネルギー需給

(1) 世界のエネルギー需要

世界のエネルギー消費量は着実に増え続けている。その内のほぼ半分は北米・欧州が占めているが、増加率で見ると、比較的低い伸びになっている。一方、中国やその他のアジア諸国、中東諸国などは、人口増加と工業化の進展に伴って、依然として大幅な増加が続いており、今後もこれらの国々を中心として世界のエネルギー消費量は、ますます増えていくものと考えられる。

(2) 一次エネルギーの消費量構成

世界全体のエネルギー消費量は、1997年の1年間に約84億ト(石油換算)にも達しており、国別ではアメリカ、中国、旧ソ連、日本、ドイツの順になっている。アジアでは中国、日本、インド、韓国の順になっている。エネルギー源別に見ると、次のようなことがいえる。アジア主要国の消費量構成を次表に示す。

- ①世界全体で最も多く使われているエネルギーは石油で、次に石炭、天然ガス、原子力、水力の順になっている。
- ②中国、旧ソ連は、石油への依存度が比較的低く、中国とインドは石炭、旧ソ連は天然ガスのウエイトが高くなっている。

表3.1 アジア主要国の一次エネルギー消費量

(1997年BP統計)

	石油	石炭	天然ガス	原子力	水力	合計(石油換算)
中国	20.5%	75.3%	1.9%	0.4%	1.8%	9.05億ト
日本	52.6%	17.7%	11.6%	16.5%	1.6%	5.06億ト
インド	31.9%	56.2%	8.5%	1.0%	2.4%	2.60億ト
世界合計	39.9%	27.0%	23.2%	7.3%	2.7%	85.09億ト

3.1.2 アジア主要国の電力事情

(1) 電力消費量

各国の電力消費量は着実に増えており、1985年以降10年間の電力消費量はアメ

リカで約 1.3 倍、主要西欧諸国でも 1.2 ～1.4 倍、日本は約 1.5 倍の伸びとなっている。また、特に経済発展の目ざましい中国においては、電力消費量は約 2.8 倍と爆発的な伸びを見せているが、潜在的な電力不足は解消されないのが現状であり、今後も電源開発促進と省エネルギーのための技術革新が必要になっているようである。

	電力消費量 (億 kWh)		一人当たりの電力
	1986 年	1996 年	消費量 (kWh/人)
・ 中 国	3,797	10,570	864
・ 日 本	5,168	7,757	6,154

〔海外電気事業統計 (1998 年) より〕

(2) 発電電力量

中国の総発電設備容量は、約 2 億 5,000 万 kW を上回り、米国に次いで世界第 2 位であるが、国民一人当たりの発電設備容量はわずか 0.18kW と世界平均の 3 の 1 以下である。日本の総発電設備容量は約 2 億 1,000 万 kW で、国民一人当たりだと 1.68kW である。

1996 年のアジア主要国の発電電力量を表 3.2 に示し、比較した。

表 3.2 アジア主要国の発電電力量

(単位：億 kWh)

	火力	水力	原子力	新エネ	合計
中国	8,720	1,840	140	—	10,700
	81.5%	17.2%	1.3%	—	100%
日本	4,857	838	3,021	13	8,729
	55.6%	9.6%	34.6%	0.1%	100%
韓国	1,264	52	739	—	2,055
	61.5%	2.5%	36.0%	—	100%
台湾	796.3	90.0	363.7	—	1,250
	63.7%	7.2%	29.1%	—	100%

(出典：原子力年鑑'98/99、韓国電力ホームページ、台湾電力公司年報等)

これから分かるように、アジアでは中国が第 1 位であり、発電電力量の電源別割合は、石炭火力が 81.5% で、原子力発電は僅か 1.3% である。原子力発電

から見ると、日本、韓国、台湾、中国、インドの順になる。

3.2 アジア諸国の原子力発電開発状況

日本原子力産業会議は、世界の原子力発電所の動向調査を毎年取りまとめている。その調査は、世界 33 カ国・地域の約 85 の電力会社等から得られたアンケートの回答などに基づいている。1997 年末現在のデータ集計によると、世界の運転中の原子力発電所は 429 基、合計出力は 3 億 6469 万 7000kW である。建設中は 43 基・3526 万 1000 kW で、計画中は 51 基・3916 万 8000 kW となり、いずれも前年より減少した。アジアにおける原子力発電の開発の現状をまとめて表 3.3 に示す。これから分かることは、原子力発電設備容量の運転中から見ると、日本を除いて、韓国、台湾、中国、インド、パキスタンの順位となる。一方、建設中及び計画中を含めた順位は、韓国、中国及びインドが大幅に伸びて、韓国、中国、インド、台湾、イラン、北朝鮮、パキスタンの順となる。

表 3.3 アジアの原子力発電開発の現状 (1998.1.31 現在)

(万 kW, グラス 電気出力)

国・地域	運転中		建設中		計画中		合計	
	出力	基数	出力	基数	出力	基数	出力	基数
日本	4,524.8	53	110.5	2	466.3	4	5,101.6	59
韓国	1,031.6	12	540.0	6	1,120.0	10	2,691.6	28
中国	226.8	3	220.0	3	840.0	9	1,286.8	15
インド	184.0	10	88.0	4	588.0	12	860.0	26
台湾	514.4	6	—	—	270.0	2	784.4	8
パキスタン	13.7	1	32.5	1	—	—	46.2	2
イラン	—	—	229.3	2	152.0	4	381.3	6
北朝鮮	—	—	—	—	200.0	2	200.0	2
インドネシア	—	—	—	—	0.0	—	0.0	0

以下に、アジア主要国の概況を各国別に記す。各国・地域に設置されている各原子力発電所の運転中、建設中及び計画中の原子力発電所を分けて示した。

3.2.1 中国

1997 年 12 月末、中国の総発電設備容量は約 2 億 5000 万 kW であり、同設備容量に占める原子力発電設備容量は 226 万 8000 kW であり、その割合は 0.84% である。泰

山原子力発電所1号機 (PWR:30万kW) と広東・大亜湾原子力発電所1、2号機 (PWR:98万4000kW×2基) の3基が運転中で、この3基により1997年の総発電量 (1兆1350億kWh) の1.27%に相当する144億kWhを供給した。中国の第9次5カ年計画 (1996年～2000年) の中には、①泰山第Ⅱ期計画 (PWR:60万kW×2基) ②広東・嶺澳 (PWR:100万kW×2基) ③泰山第Ⅲ期計画 (CANDU:70万kW×2基) ④連雲港 (PWR=VVER-1000:100万kW×2基) の4サイト合計8基が盛り込まれている。これまでに、泰山第Ⅲ期計画1号機が'96年6月に、2号機が'97年4月に着工している。広東・嶺澳発電所でも1号機が'97年5月に、2号機が'98年1月に基礎コンクリート打設開始し、建設中は4基となっている。

表3.4 中国の原子力発電開発状況

(1998年1月末現在)

名 称	電気出力 MW(万kW)	炉型	着工	運開	現況
泰山(Qinshan) I-1	30.0	PWR	1985.3	1994.4	運転中
広東・大亜湾(Daya Bay)-1	98.4	PWR	1987.8	1994.2	運転中
広東・大亜湾(Daya Bay)-2	98.4	PWR	1988.4	1994.5	運転中
泰山(Qinshan) II-1	60.0	PWR	1996.6	(2002.6)	建設中
泰山(Qinshan) II-2	60.0	PWR	1997.4	(2003.6)	建設中
広東・嶺澳(Lingao)-1	100.0	PWR	1997.5	(2002.4)	建設中
広東・嶺澳(Lingao)-2	100.0	PWR	1998.1	(2002.12)	建設中
泰山(Qinshan) III-1	70.0	CANDU	(1998.6)	(2003)	計画中
泰山(Qinshan) III-2	70.0	CANDU	(1998)	(2003)	計画中
連雲港(Lianyungang)-1	100.0	PWR(VVER)	(1999.6)	(2004)	計画中
連雲港(Lianyungang)-2	100.0	PWR(VVER)	—	(2005)	計画中
広東・嶺澳(Lingao)-3	100.0	PWR	—	—	計画中
広東・嶺澳(Lingao)-4	100.0	PWR	—	—	計画中
連雲港(Lianyungang)-3	100.0	—	—	—	計画中
連雲港(Lianyungang)-4	100.0	—	—	—	計画中

最新の情報で、1999年3月10日に東京で開催された第10回アジア地域原子力協力国際会議によると、1998年末の総電力設備容量は2億7000万kWを超え、1998年の総発電量は前年比2.5%増の1兆1600億kWhに達した。原子力発電の割合は全体の1.26%となり、前年と横ばい状態であった。また、第9次5カ年計画の泰

山第三期計画の700MW CANDU 炉はカナダ AECL とのターンキー契約により、'98年6月に着工した。連雲港プロジェクトでは、ロシアからの導入で VVER-1000 改良 91 型の PWR 2 基で、1号機が '99年10月にコンクリート打設着工となり、1号機が2004年、2号機が2005年に運開する予定である。

この連雲港プロジェクトは '97年12月に、中国の李鵬首相とロシアのネムツォフ第一副首相との間で、連雲港原子力発電所の建設契約が調印された。同プロジェクトは「原発建設とロシアの対中借款供与に関する中ロ協定」に基づくもので、ロシアのバラコボ原子力発電所と同型の VVER-1000 型炉が、江蘇省北部の連雲港市高公島地区に建設されるものである。

中国は、今後大規模な電源開発計画を進めていく方針を固めており、同国政府は2000年時点の総発電設備容量を2億9000万kW、総発電電力量を1兆4000億kWh、また、2010年時点の総発電設備容量を6億kW、年間の総発電電力量を2兆7500億kWh、さらに、2020年時点の総発電設備容量を8億kWに拡大する計画をもっている。この内、原子力発電については、2010年に2,000万kWに拡大した後、2020年には4,000万~6,000万kWにまでもっていくという目標を立てている。今後20年間、同国が世界最大の原子力市場となることは、間違いないものといわれている。

3.2.2 韓国

韓国では、1978年に初の古里1号炉原子力発電所が商業運転を開始して以来、原子力発電利用が急速に進展しており、1999年3月時点で14基が商用運転中であり、2015年迄に運開に入る計画中の原子力発電所を加えると全部で28基になり、その発電設備容量は2,770kW に達するとある。

韓国の '97年の原子力発電電力量は、前年より32億kWh増加し、過去最高の771億kWhを記録した。しかし、総発電電力量2,244億kWhに占める原子力の割合は34.3%となり、対前年比で1.7ポイントの低下であった。なお、第10回アジア地域原子力協力国際会議による動向から、'98年の原子力による発電量は900億kWhに達し、総発電電力量の42%を占めるに至った。とある。

'97年末現在、韓国で建設中の原子力発電所は、蔚珍3、4号機、月城3、4号機、靈光5、6号機の6基であったが、'98年1月には、13基目の発電所となる蔚珍3号機が '98年3月には、14基目の月城3号機が相次いで送電を開始した。蔚珍3号機は、米国のPWRを韓国の国情に合わせて100万kW級にスケールダウンさせた韓国標準型炉(KNSP)の初号機である。一方、月城3号機は、初の韓国製CANDU炉。両発電所ともに '84年から進めてきた原子炉の国産化・標準化の第一段階が達成されることことになる。この韓国標準型炉は、現在北朝鮮への軽水炉供給プロジェクトで採用されることになっている。

表 3.5 韓国の原子力発電開発状況

(1998年1月末現在)

名 称	電気出力 MW(万 kW)	炉型	着工	運開	現況
古里(Kori)-1	58.7	PWR	1971.8	1978.4	運転中
月城(Wolsong)-1	67.9	PHWR	1977.6	1983.4	運転中
古里(Kori)-2	65.0	PWR	1978.7	1983.7	運転中
古里(Kori)-3	95.0	PWR	1979.6	1985.9	運転中
古里(Kori)-4	95.0	PWR	1979.6	1986.4	運転中
靈光(Yonggwang)-1	95.0	PWR	1980.10	1986.8	運転中
靈光(Yonggwang)-2	95.0	PWR	1980.10	1987.6	運転中
蔚珍(Uljin)-1	95.0	PWR	1981.1	1988.9	運転中
蔚珍(Uljin)-2	95.0	PWR	1981.1	1989.9	運転中
靈光(Yonggwang)-3	100.0	PWR	1989.6	1995.3	運転中
靈光(Yonggwang)-4	100.0	PWR	1989.6	1996.1	運転中
月城(Wolsong)-2	70.0	CANDU	1991.10	1997.7	運転中
蔚珍(Uljin)-3	100.0	PWR	1992.5	(1998.6)	建設中
蔚珍(Uljin)-4	100.0	PWR	1992.5	(1999.6)	建設中
月城(Wolsong)-3	70.0	CANDU	1993.8	(1998.8)	建設中
月城(Wolsong)-4	70.0	CANDU	1993.8	(1999.6)	建設中
靈光(Yonggwang)-5	100.0	PWR	1996.9	(2002.4)	建設中
靈光(Yonggwang)-6	100.0	PWR	1996.9	(2002.12)	建設中
蔚珍(Uljin)-5	100.0	PWR	1998.10	(2003.6)	計画中
蔚珍(Uljin)-6	100.0	PWR	1998.10	(2004.6)	計画中
KNU-21	100.0	PWR	—	(2005.6)	計画中
KNU-22	100.0	PWR	—	(2006.6)	計画中
KNU-23 (次世代炉)	130.0	PWR (KNGR)	—	(2007.6)	計画中
KNU-24 (次世代炉)	130.0	PWR (KNGR)	—	(2008.3)	計画中
KNU-25 (次世代炉)	130.0	PWR (KNGR)	—	(2008.6)	計画中
KNU-26 (次世代炉)	130.0	PWR (KNGR)	—	(2009.3)	計画中
KNU-27	100.0	PWR	—	(2009.3)	計画中
KNU-28	100.0	PWR	—	(2010.3)	計画中

韓国では、2年ごとに長期電源開発計画を改訂しており、通常ならば'97年12月

までに最新の開発計画案が発表される予定であったが、延期された。'97年後半からの経済危機により、産業活動によるエネルギー消費、特に電力消費が減少している。この景気後退が数年あるいはそれ以上続くとの見通しのもとに、原子力研究開発の優位性も再構築することが求められている。これまでの好調な経済成長をベースで策定されてきた電源開発計画の内容について、修正を余儀なくされたことが背景にあるようである。

第4次長期電力需給計画によると、新たに10基920万kWの原子力発電所設置計画があり、2010年までに全部で28基になる予定である。新しい長期計画では、建設中の6基のスケジュールは現行のままと見られているが、計画中の10基(合計出力:1,120万kW)については、蔚珍5、6号機以外の2005年～2010年にかけて運開が予定されている8基(同920万kW)の運開が先送りされる可能性がある。という。

3.2.3 台湾

台湾では、現在3サイトで合計6基の原子力発電所が運転中である。'97年12月末現在、台湾の総発電設備容量2,574万kWに占める電源別シェアは、原子力発電が20.0%、火力が63.3%、水力が16.7%である。現在の長期電源開発計画によると、2006年時点の電源構成では、総発電設備容量を4,282万kWとし、その内訳は原子力18.1%、火力68.0%、水力13.9%となり、特に天然ガス火力発電(24.7%)の増設に重点を置く計画である。

表3.6 台湾の原子力発電開発状況

(1998年1月末現在)

名 称	電気出力 グワ(万kW)	炉型	着工	運開	現況
金山(Chinshan)-1	63.6	BWR	1972.2	1978.12	運転中
金山(Chinshan)-2	63.6	BWR	1973.8	1979.7	運転中
国聖(Koosheng)-1	98.5	BWR	1975.8	1981.12	運転中
国聖(Koosheng)-2	98.5	BWR	1975.1	1983.3	運転中
馬鞍山(Maanshan)-1	95.1	PWR	1978.5	1984.7	運転中
馬鞍山(Maanshan)-2	95.1	PWR	1978.11	1985.5	運転中
龍門(Lungmen)-1	135.0	ABWR	(1998.1)	(2003)	計画中
龍門(Lungmen)-2	135.0	ABWR	(1999.1)	(2004)	計画中

4番目の原子力発電サイトとなる龍門1、2号機(ABWR;各135万kW)の安全調査

は終了し、原子能委員会の審査は、'98年10月頃に終了する見通しで、その後、直ちに着工する予定。計画では、1号機が2004年7月、2号機が2005年7月に運転を開始する予定である。このABWRは、東電柏崎刈羽原発と同型で原発プラントは米国GE社が主契約者になり、日本から日製、東芝、三菱重工が発電機、部品の供給などで参加している。一方、東京電力は台湾電力に原発の運転、保守、安全管理部門の技術を提供する有償契約を結ぶことを明らかにした(99/1/28朝日新聞)。

3.2.4 インド

インドの原子力発電設備容量は10基・184万kWで、発電シェアは僅か2%に過ぎない。電力不足が深刻な同国では、外資を導入してでも原子力発電を拡大する考えであることを明らかにしている。

表3.7 インドの原子力発電開発状況

(1997年12月末現在)

名 称	電気出力 グロス(万kW)	炉型	着工	運開	現況
タラプール(Tarapur)-1	16.0	BWR	1964.10	1969.10	運転中
タラプール(Tarapur)-2	16.0	BWR	1964.10	1969.10	運転中
ラジャスタン(Rajasthan)-1	10.0	CANDU	1965.8	1973.12	運転中
ラジャスタン(Rajasthan)-2	20.0	CANDU	1968.4	1981.4	運転中
マドラス(Madras)-1	17.0	PHWR	1971.1	1984.1	運転中
マドラス(Madras)-2	17.0	PHWR	1972.10	1986.3	運転中
ナロナ(Narora)-1	22.0	PHWR	1976.12	1991.1	運転中
ナロナ(Narora)-2	22.0	PHWR	1977.11	1992.7	運転中
カクラパル、クヰャラト(Kakrapar)-1	22.0	PHWR	1984.12	1993.5	運転中
カクラパル、クヰャラト(Kakrapar)-2	22.0	PHWR	1985.4	1995.9	運転中
ラジャスタン(Rajasthan)-3	22.0	PHWR	1990.2	(1998.11)	建設中
ラジャスタン(Rajasthan)-4	22.0	PHWR	1990.10	(1999.5)	建設中
カイガ、カナカ(KIGA)-1	22.0	PHWR	1989.9	(1998.11)	建設中
カイガ、カナカ(KIGA)-2	22.0	PHWR	1989.12	(1998.11)	建設中
タラプール(Tarapur)-3	50.0	PHWR	(1999)	(2009.3)	計画中
タラプール(Tarapur)-4	50.0	PHWR	(1998)	(2007.3)	計画中
カイガ、カナカ(KIGA)-3	22.0	PHWR	—	—	計画中
カイガ、カナカ(KIGA)-4	22.0	PHWR	—	—	計画中

カイガ、カクカ(KIGA)-5	22.0	PHWR	—	—	計画中
カイガ、カクカ(KIGA)-6	22.0	PHWR	—	—	計画中
ラジャスタン(Rajasthan)-5	50.0	PHWR	—	—	計画中
ラジャスタン(Rajasthan)-6	50.0	PHWR	—	—	計画中
ラジャスタン(Rajasthan)-7	50.0	PHWR	—	—	計画中
ラジャスタン(Rajasthan)-8	50.0	PHWR	—	—	計画中
クダンクラム(Kudankulam)-1	100.0	PWR(VVER)	—	—	計画中
クダンクラム(Kudankulam)-2	100.0	PWR(VVER)	—	—	計画中

インド原子力発電公社(NPC)によると、現在建設中の4基の原子力発電所の内、カイガ1、2号機(PHWR;各22万kW)はそれぞれ'98年11月、'99年5月に営業運転を開始する予定である。

クダンクラム原子力発電所建設計画は、'97年12月にロシアとの間で契約に大筋合意。'98年にも契約が結ばれる見通しである。'88年に交渉が開始されたこの建設計画は、ソ連から2基のVVER-1000型炉(ロシア型PWR;100万kW)を輸入し、ソ連の協力を得て建設することになっていたが、'92年のソ連崩壊以来中断されていた。同計画はターンキー方式(完成品引き渡し)で行われ、ロシア政府がインド政府に約25億ドルの信用を供与する方針と見られている。

3.2.5 パキスタン

パキスタンの原子力発電開発は、'72年にカナダから導入した13.7万kWのCANDU炉、カラチ原子力発電所が稼働している。2基目の原子力発電所であるチャシュマ原子力発電所1号機(PWR;32万5000kW)は、'93年8月に着工し、予定どおりに建設作業が進んでおり、'99年5月の初臨界、'99年10月の営業運転開始を予定している。

表3.8 パキスタン原子力発電開発状況

(1997年12月末現在)

名 称	電気出力 gross(万kW)	炉型	着工	運開	現況
カラチ(KANUPP)	13.7	CANDU	1966.8	1972.10	運転中
チャシュマ(CHASNUPP)	32.5	PWR	1993.8	(1999.10)	建設中

同発電所はターンキー契約の下、中国核工業総会社が請け負っている。採用される原子炉は、中国独自の設計によるPWRで、泰山1号機の改良型である。

パキスタン原子力委員会が計画しているチャシュマ2号機(PWR; 30万kW)を中国が供給することで合意した。その後、計画具体化のための交渉が進められているが最終的には建設資金の融資問題解決が契約締結のカギと見られている。

パキスタンの総発電設備容量は、約1,300万kWであり、水力が37%、石油・ガスが61%、石炭と原子力発電がそれぞれ1%という電源構成になっている。電力需要は2010年まで約4,000万kW、2020年までに約8,000万kWに達すると見られている。

3.2.6 北朝鮮

朝鮮半島エネルギー開発機構(KEDO)が進めている北朝鮮へ軽水炉2基(各100万kW級PWR)を供給するプロジェクトは、韓国電力公社が主契約者、米国のデュークエンジニアリング社が技術支援コンサルタントを請け負っている。供給される原子炉は、韓国で建設中の蔚珍3、4号機で採用されている韓国標準型炉相当で、2003年に完成する予定になっている。

表3.9 北朝鮮の原子力発電開発状況

(1997年12月末現在)

名 称	電気出力 グワ(万kW)	炉型	着工	運開	現況
寧辺地区-1	0.5	GCR	1979	1986	凍結
寧辺地区-1	5.0	GCR	1986	—	凍結
泰川	20.0	GCR	1986	—	凍結
新浦・琴湖(UNNAMED)-1	100.0	PWR	—	—	計画中
新浦・琴湖(UNNAMED)-2	100.0	PWR	—	—	計画中

KEDOと北朝鮮は1995年12月、軽水炉供給協定に調印した。協定は、軽水炉供給プロジェクトに関する基本的な事項を定めたもので、詳細については今後、KEDOと北朝鮮との間で詰めを行う。協定によると、KEDOは北朝鮮に対し、ターンキー・ベース(完成品引き渡し)で2基の軽水炉を供給する。軽水炉供給プロジェクトの起工式は'97年8月19日、北朝鮮新浦市琴湖地区の建設サイトで行われた。

3.2.7 インドネシア

インドネシアでは、'96年、同国での原子力発電所建設のための5年間にわたるフイージビリティ・スタディの最終報告書がまとまった。また、'96年より審議されていた新原子力法案が'97年2月26日、議会で承認され、スハルト大統領も4月10日

に署名し、同法案は正式に成立した。21世紀初頭までに合計700万kW程度の原子力発電所を建設する計画である。なお、インドネシア初の原子力発電所の導入について、同国政府はあくまでも「原子力発電は最後の選択」との公式見解を繰り返している。

当初の原子力発電所建設計画は、'98年に着工し、2003年に180万kW規模(90万kW×2基又は60万kW×3基)の発電所を建設し、その後、段階的に増やし、合計720万kWとすることになっていた。しかし、新たな油田・天然ガス田の発見や、政治情勢の急激な変化、国内調整の遅れ、さらに'97年後半から続く通貨危機等により、原子力発電導入は大幅に遅れる模様である。

3.2.8 その他のアジア諸国

第9回アジア地域原子力協力国際会議(ICNCA) (オーストラリア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム、日本の合計9か国が参加)の動向から、

- (1) マレーシアにおいては、1970年代には原子力発電計画があったが、石油、ガス資源が発見されたため、非発電分野での利用に重点が移された。現在、研究機関の原子力技術研究所(MINT)はあるが、原子力は放射線利用が中心である。
- (2) フィリピンにおいては、原子力発電所が1基あるが、TMIとチェルノブイリの事故の影響により、ほぼ完成状態であったものを1986年に閉鎖してしまった。一方、政府のエネルギー30年計画では、2025年までに240万kWの原子力発電導入を選択肢の一つとして提言している。
- (3) タイにおいては、1967年に原子力発電所建設計画を立案後、シヤム湾の天然ガス海底油田発見により計画を中断したが、近年、科学技術環境省の原子力庁(OAEP)がフィジビリティ・スタディを開始している。最近の経済危機のなか、原子力発電については未だ方針を検討している段階である。
- (4) ベトナムにおいては、現在は、研究炉や放射線利用に限られているが、科学技術環境省傘下の原子力委員会(VINATOM)はフィジビリティ・スタディの結果等から、2010年ごろの導入の必要性を予測している。最もコスト効率の良い電力源は容量80～120万kWの原子力発電を導入することにあるとしている。
- (5) バングラデシュでは、原子力発電開発計画は、旧東パキスタン時代から構想があり、1963年に中西部にサイトを決定し、68年、70年、78年及び87～88年に掛けてフィジビリティ・スタディが行われ、技術的及び経済的に成立するとの結論が出された。しかし、同国のGNPが開発途上国の中でも最貧国に属し、資金調達問題をはじめ多くの課題を抱えており、導入はかなり先になる見通しである。

3.3 アジア諸国の核燃料サイクル開発状況

アジア諸国の核燃料サイクル開発状況を、特にウラン濃縮、再転換、燃料加工、再処理、廃棄物処理・処分について、以下に記す。

3.3.1 中国

核燃料開発については、ウラン濃縮、燃料加工、再処理を含む核燃料サイクルの自給を心掛けているようである。(第9回アジア地域原子力協力国際会議発言)

(1) ウラン濃縮

中国には、甘粛省蘭州にガス拡散法、陝西省漢中にロシア製遠心分離法(建設中)、四川省楽山(詳細不明)の3つのウラン濃縮工場がある。これにより21世紀初頭のPWRのウラン所要量を十分賄えるものとなっている。

UF₆の転換は蘭州で行っている。

(2) 再転換・燃料加工

四川省宜賓核燃料工場に、75ト/年の処理能力を有する新鋭転換施設がある。

燃料加工は、四川省宜賓核燃料工場で原子力発電用燃料(泰山及び大亜湾PWR用)を製造している。既存の燃料製造ラインの技術的改善、拡張により、今後の原子力発電開発計画に対応できるようし、2000年までに製造能力は年間150トンになる。重水炉用とVVER用燃料も導入を計画中である。

(3) 再処理

ゴビ砂漠の甘粛省酒泉に1970年4月に軍事用再処理施設が完成している。原子力発電所からの使用済燃料の再処理については、パイロット工場が甘粛省蘭州に建設中で、処理能力が50ト/年(400kg/日)で2000年に運開する予定である。商業用再処理工場の建設は、年間400~800トの能力で2010年に完成の予定である。

(4) 廃棄物処理・処分

中・低レベル放射性廃棄物の処理方法は、アスファルト固化・セメント固化を実証し、西北、華南、華東に放射性廃棄物の処分場を各1ヵ所建設している。

高レベルは、ガラス固化・地層処分を研究中である。

3.3.2 韓国

(1) ウラン濃縮

活動はない。ウラン濃縮は主に米国と仏国から濃縮役務を受けているが、1990年より旧ソ連からも比較的廉価な濃縮ウランを購入しており(1999年までに390トUを購入予定)、供給源の多様化が図られている。また、海外濃縮工場への出資も検討されている。

(2) 再転換・燃料加工

韓国原子力研究所(KAERI)が自主的に二酸化ウラン転換と核燃料の成形加工技術を開発して、1988年から国内の重水炉用燃料の全量を供給している。

軽水炉用燃料は、ドイツのジーメンス社との技術提携により、燃料設計はKAERIが担当し、製造・加工は韓国核燃料㈱(KNFC)が実施している。製造・加工は年間生産200トUのラインが完成し、1989年初頭からフル生産に入った。PWRの燃料をすべて供給している。再転換では、年間200トU生産工場が1990年3月に商業運転を開始している。

また、KNFCでは年間400トUの重水炉燃料と年間200トUの軽水炉燃料を生産できる成形加工工場を新たに建設する計画であり、1997年6月の完成を目指し、1993年から建設が着工している。

(3) 再処理

活動なし。

(4) 廃棄物処理・廃棄物処分

廃棄物処理は研究開発段階である。

放射性廃棄物処分場は、1994年12月に仁川から約65km南西の西海(黄海)に位置する掘業島に選定したが、同地域に活断層が存在し、地震が発生する可能性の懸念が起きたため、1995年12月に計画を撤回している。

3.3.3 台湾

(1) ウラン濃縮

特に、活動はない。

(2) 再転換・燃料加工

いずれも研究開発段階である。

(3) 再処理

活動はない。

(4) 廃棄物処理・廃棄物処分

低レベル廃棄物を収納する施設を蘭嶼島に建設、セメント固化体ドラム缶の形で低レベル廃棄物を収納している。2002年に撤去の予定である。

台湾政府は、1988年9月、放射性廃棄物管理政策を発表。低レベル廃棄物処分場は1996年までにサイト選定を行い、2002年までに操業を開始する計画であったが、サイト選定作業は難航しており、1998年3月時点で6カ所が候補地として挙げられている。この他、台湾電力は北朝鮮で現在使用されている最終処分場で処分するという契約を同政府と結んでいる。

3.3.4 インド

(1) ウラン濃縮・重水

重水製造工場のうち、ナンガルは電解蒸留法、ハロダ、ツチコリン、タルチャー、タルの4工場はアンモニア水素交換法、コタ、マングルの2工場は硫化水素・水素交換法によっている。合計生産能力は600ト/年余であるが、電力供給が不安定なため、なかなか所定の生産ができない模様である。

(2) 再転換・燃料加工

ハイデラバードの核燃料コンプレックス(NFC)は、UCIL からジウラン酸マグネシウムで受け取ったウランを CANDU 用の酸化ウラン燃料に加工し、また、輸入した六フッ化濃縮ウランを軽水炉用のウラン燃料に加工している。CANDU 用カランドリアや、FBTR 用燃料、高速炉用トリアペレットも製作しており、タンタル、セレン、イリジウム等の高純度品も製造している。

(3) 再処理

インドには、ボンベイとタラプールに二つの再処理施設がある。最初のトロンベイ再処理工場(30t/y)は天然ウランを対象として、1964年に運転を初め、機器の更新後1984年に運転を再開し、ドルーバとサイラス研究炉の燃料を再処理している。次のタラプール再処理工場(100t/y)は、1979年に運開し、1982年末から CANDU 炉燃料の再処理を開始している。MAPS の燃料再処理のためにカルバッカムに建設中の再処理工場は1996年3月26日に完成。トロンベイではトリウム燃料からU-233を回収する施設、インデラガンジー原子力研究所(IGCAR)にはFBTR燃料の再処理施設が建設されている。

(4) 廃棄物処理

タラプールに廃棄物固化工場があり、再処理工場からの酸性廃棄物溶液が処理されている。ステンレスキャニスターに充填されたガラス固化体は試験建屋に収納され、ドイツが提供した測定器を用い、貯蔵中の挙動をドイツと共同研究中である。

3.3.5 パキスタン

(1) ウラン濃縮・重水

ウレンコからの遠心分離機の図面の持ち出し、欧米各国での部品の買集め等、ウラン濃縮工場建設を示唆する情報は多い。立地はカタフと言われているが、詳細は不明である。

ムルタンにベルゴニュークレール社が供給した13ト/年の重水製造工場がある。1980年から稼働していると見られる。

(2) 再転換・燃料加工

原子力発電用燃料は天然ウランなので再転換の工程はない。研究用あるいは兵器用の濃縮を行っていれば、必要になるが詳細は不明である。

CANDU 炉に対するカナダからの燃料供給が1976年に停止したため、急遽燃料

加工工場を建設した。1980年、国産燃料が供給できるようになったと言明した。しかし、発電所の稼働率から見ると満足できる状況とは思われない。

(3) 再処理

1973年仏国のサンゴバン社と100ト/年の再処理工場について基本設計に合意、1974年、詳細設計と建設援助に関する契約に調印した。1976年3月パキスタンと仏国は政府レベル協定に調印し、IAEA、パキスタン、仏国の3者による保障措置協定に調印した。米国の強固な反対に仏国は1978年に契約破棄をパキスタンに通告したが、この間に図面と技術情報はパキスタン側に渡ったと見られる。パキスタンは独力で建設したのではないかと考えられている。これとは別に再処理のパイロットプラントがPINSTECHにサンゴバンとベルゴニュークレールの協力で建設されている。

(4) 廃棄物処理・廃棄物処分

廃棄物処理は研究開発段階である。廃棄物処分については活動はない。

3.3.6 その他のアジア諸国

北朝鮮については、燃料サイクル全般にわたって詳細は不明である。インドネシアは再転換・燃料加工、廃棄物処分については研究開発段階であり、ウラン濃縮、廃棄物処分については活動はない。マレーシア、フィリピン、スリランカ、タイ、ベトナム、バングラデシュについては核燃料サイクル全般にわたって活動はない。

3.4 アジア諸国の原子力開発の動向

前節までに記述したアジア諸国の原子力発電開発及び核燃料サイクル開発状況は、纏まった形では主として 1997 年版としてのものであった。その後のアジア諸国の動きを見るために、種々の情報誌から見出しのみを、1998 年 1 月から最近までについて、新しいニュース順に、国別に、ダイジェスト式に羅列した。

3.4.1 中国

- ・政府、電力需要が予想を下回り原子力計画棚上げの可能性も [NWJ, 99/3/4]
- ・中国への PWR 売り込みにパナソニック企業と WH・三菱工業が提携 [NWJ, 99/2/18]
- ◎ '98 年 1 年間の総発電電力量が 1 兆 1600 億 kW 時に [中国通信、原産新聞' 99/2/25]
- ・ロシア、中国にウラン濃縮工場 朱首相あす訪露 [産経新聞' 99/2/23]
- ・三菱重工業、泰山原発向け原子炉容器出荷へ [日経産業 99/2/1]
- ・米国 WH 社が中国への輸出許可を取得 [NWJ, 99/1/28]
- ・仏フラマトム社、大亜湾原発の運転サイクル延長契約を受注 [NWJ, 99/1/21]
- ・中国による原発建設は現金払いに限定 [NWJ, 99/1/7]
- ・泰山 1 号、RHR 系クラックが更に発見される。[NWJ, 12/10]
- ・泰山 1 号、炉容器貫通部破損の解決策を探る [NWJ, 12/10]
- ・大亜湾原発、香港政庁の燃料取替調達手続きに苦慮 [NWJ, 11/26]
- ・西北廃棄物処理・処分工場の工事に関する検収を通過 [中国核工業報、11/11; 北京だより]
- ・中国、大電力網の接続加速 [中国通信、11/12; 北京だより]
- ・2000 年に中国の風力発電設備容量 100 万 kW に [中国通信、11/12; 北京だより]
- ・泰山原発 II 期工事の 1 号機原子炉建屋上部ドーム据付けに成功 [人民日報海外版、11/11; 北京だより]
- ・中国の高温ガス冷却炉、三つの中核設備が完成 [中国通信、11/10; 北京だより]
- ・中国、原子力圧力容器検査機を自力開発 [中国通信、11/10; 北京だより]
- ・多くの当事者が外国炉の選定は大型 PWR に移行しつつあると発言 [NWJ, 11/5]
- ・広東電力、計画中原発に対する大幅な価格削減を要求 [NWJ, 11/5]
- ・米国 WH 社、中国に大型原子炉の建設を提案 [NW, 11/5]
- ・蔣心雄総経理、泰山原発基地を視察 [中国核工業報、10/14; 北京だより]
- ・泰山原子力発電所、4 回目の燃料交換/点検保守を実施 [中国核工業報、10/14; 北京だより]
- ◎大亜湾原発の発電量、122 億 kWh 予想 [中国通信、10/12; 北京だより]
- ◎広東・嶺南原発の建設、順調 [中国通信、10/12; 北京だより]
- ・農村電力網改革計画策定、中国国家電力公司 [中国通信、10/12; 北京だより]
- ・CNNC の解体が進み企業体の形成に向かう [NWJ, 10/8]

- ・高速原型炉の開発に着手…2003年にも完成 [Enerpresse, 9/30]
- ・E C、対中国協力協定の交渉開始へ [NWJ, 9/24]
- ・連雲港原子力発電所、本格的な土木工事を間もなく開始 [中国通信、8/20; ウラン]
- ・米 NRC、機器の対中国輸出許可を初めて発行 [NWJ, 8/13]
- ・中国における原子力地質経済の形成と発展 [中国核工業報、7/29; ウラン]
- ・中国福建省、台湾の放射性廃棄物処分場建設に反対 [中国通信、7/27; ウラン]
- ◎連雲港原発向けの計装制御系、ジーメンズ社が供給へ [NWJ, 7/23]
- ・WH社と中国 CNNC、原子炉開発に関する覚書を締結 [NWJ, 7/23]
- ・WH社・中国核工業総公司、原子力開発の覚書に調印 [China Daily, Bus. Weekly, 7/19-25; ウラン]
- ・ジーメンズ社、連雲港原子力発電所向け制御システムを受注 [Power in Asia, 7/13; ウラン]
- ・原子力技術の平和利用協力で米国と調印 [中国通信、7/1; ウラン]
- ・中国のウラン探査活動と資源量 (レッドブック 1997年版) [Red Book 1997, June; ウラン]
- ・中国のウラン生産状況と 1996 年生産量 [Red Book 1997, June; ウラン]
- ・中国のウラン必要量とウラン調達方策 [Red Book 1997, June; ウラン]
- ・ロシア原子力大臣、中国との原子力協力拡大を求む [Itar-Tass, 6/24; ウラン]
- ・フランスが対中原発取引の拡大を要請、中国は各国の提案待ち [NWJ, 6/18]
- ・軍民両用原子力関連設備・技術輸出管理条例を公布 [China Daily, 6/18; ウラン]
- ・ロシアミナトム大臣、ロシア駐在中国大使と会談 [Post-Soviet Nuclear & Defense Monitor, 6/15; ウラン]
- ・中国における高速 (実験) 炉開発体制 [動燃北京事務所調べ; 6月]
- ◎嶺澳原子力発電所、順調な建設進捗で予定どおり 2002 年運転開始 [Nuclear Europe Worldscan, May/June; ウラン]
- ◎連雲港原子力発電所、土木工事を開始 [Chins Daily, 5/20; ウラン]
- ・原子力発電所製造の国産化を加速 [Chins Daily, 5/18; ウラン]
- ・エネルギー自立のため原子炉輸入と合わせ技術導入を図る [NWJ, 5/14]
- ・中国高官、原子力の自立化には設計国産化が第一と語る [NW, 5/14; ウラン]
- ・中国の高速実験炉開発の進捗状況 [31st Ann. Meet. of IWGFR, 5/12-14; ウラン]
- ・WH社、中国への核燃料輸出許可を申請 [Nuclear Fuel, 5/4; ウラン]
- ・中国の省・都市の代表団、原子力発電の重要性・安全性について NEI と意見交換 [Nuclear Energy Overview, 5/4; ウラン]
- ・韓国・月城原発、泰山訓練生受け入れ [NWJ, 4/30]
- ・中国の原子力発電開発における留意点 [31st JAIF Ann. Conference, 4/20-22; ウラン]
- ・米国政府、すべて話だけ [NWJ, 4/16]
- ◎新規 4 基の原発計画 (海陽、陽江)、発注は 1999 年か [NWJ, 4/9]
- ・原子力機器メーカー、技術移転によりシェア拡大へ [NWJ, 4/9]

- ・WH社、米中取引のからみで原子力部門は米企業に売却か [NWJ, 4/2]
- ・核不拡散認証問題に対応して賠償責任保険の増額へ [NWJ, 4/2]
- ◎中国の核燃料サイクル戦略 [IAEA INFCIRC/549/Add. 7, 3/31 ; ウェン]
- ◎中国のプルトニウム管理計画 [IAEA INFCIRC/549/Add. 7, 3/31 ; ウェン]
- ・原子力部門の再編に向け CNNC 廃止へ [NWJ, 3/26]
- ・原子力協力協定、阻止行動もなく発効 [NWJ, 3/26]
- ・北京で中国国際原子力産業展、10カ国の80社が出展 [中国通信、3/25 ; ウェン]
- ・ロシア、中国への第2期濃縮工場建設で25億・の収入を見込む [The Ux Weekly, 3/23 ; ウェン]
- ・米中原子力平和利用協力協定、正式に発効 [China Daily, 3/21 ; ウェン]
- ・中国、イランへのフッ化水素の輸出を中止 [The Ux Weekly, 3/16 ; ウェン]
- ・南アから中国へのジルコニウム管製造工場の輸出、3月に決定か [Nuc. Fuel, 3/9]
- ◎泰山第3期第1号原子力発電所(CANDU)、予定どおり6月にコンクリート打設 [NW, 3/5]
- ◎中国の原子力発電長期開発目標 [第9回アジア地域原子力協力国際会議, 3/3 ; ウェン]
- ・中国の原子力発電所建設に対する国産化・標準化目標 [第9回アジア地域原子力協力国際会議, 3/3 ; ウェン]
- ・中国の核燃料サイクル開発の現況 [第9回アジア地域原子力協力国際会議, 3/3 ; ウェン]
- ◎連雲港原子力発電所、建設開始 [China Daily, 2/28 ; ウェン]
- ・米中、原子力協力協定に基づく相互視察に合意 [Nuc. Energy Overview, 2/17 ; ウェン]
- ・東芝社長、中国原子力市場への強い期待を語る [NWJ, 2/5]
- ・フィラント IVO 社、連雲港原子力発電所の設計契約に調印 [ENIS Report, Feb. ; ウェン]
- ・米大統領、中国向け認証に署名し、議会提出 [Atomic Energy Clearing House, 1/16 ; ウェン]
- ・中国、初のウラン濃縮会社を設立 [中国通信、1/13 ; ウェン]
- ・中国、原子力開発速度を加速 [Nuc. Energy Overview, 1/12 ; ウェン]
- ・中国核工業 1997年10大ニュース (中国核工業報紙選定 [中国核工業報、1/7 ; ウェン])

3.4.2 韓国

- ・ABB-CE社、韓国標準型炉の性能を宣伝 [NWJ, 99/1/14]
- ・過去の秘密軍事核計画に拘り、米国は対韓協力を消極的 [NWJ, 99/1/7]
- ・月城1号、他のCANDU-6型炉と同様の給水管減肉問題見つかる [NWJ, 12/10]
- ・月城1号の運転寿命延長計画にKEPCOとKINSが協力 [NWJ, 12/10]
- ・重工業界と与党、KEDO出資のための電気料金値上げに抵抗 [NWJ, 12/10]
- ・蔚珍1号、漏洩増加により近く運転停止し、スリーブ施工 [NWJ, 12/3]
- ・カナダ政府、逆風下でCANDU炉の対韓売り込みに奮闘 [NWJ, 11/26]
- ・政府、韓電新社長の原発拡大案修正を支援か [NWJ, 11/19]

- ・政府、原子力研究開発計画見直しに着手 [NWJ, 11/19]
 - ・EU、KEDOの資金分担に合意 [NWJ, 11/12]
 - ・韓国重工業の買収札に欧州企業が虎視眈々 [NWJ, 10/29]
 - ・KEPCO 新社長、原発新設候補地を全面見直し [NWJ, 10/22]
 - ・韓国、中国への CANDU 炉技術売り込みを狙う [NWJ, 10/22]
 - ・京都 CO2 会議議定書への政府調印に遅れも [NWJ, 10/22]
 - ・新原子力法により、規制当局の独立性が高まる [NWJ, 10/22]
 - ・古里原発の SG 取替え、今週末に完了 [NWJ, 8/27]
- ◎プルトウミウム利用計画、KEDO の建設遅れで足かせ [NWJ, 8/13]
- ・EU 幹部、KEDO への融資保証説を否定 [NWJ, 8/6]
 - ・金大統領の進める KEPCO 民営化に債務の壁 [NWJ, 7/30]
 - ・KEDO、費用分担協定、合意に達する [NWJ, 7/30]
 - ・KEDO プロジェクトに 3 億ドル余の資金不足 [NWJ, 7/23]
- ◎月城原発 3 号機運転開始 [NWJ, 7/9]
- ・韓国電力公社など 9 国営企業の民営化を公表 [Financial Times, 6/23; ウォン]
 - ・韓国の CANDU 炉購入案、再処理絡みで米国が不支持か [NWJ, 6/4]
 - ・証券アナリスト、KEPCO の電力需要回復予測を批判 [NWJ, 5/21]
 - ・政府筋、統一後の廃棄物サイトとして平山に注目 [NWJ, 5/14]
 - ・韓国の PNC(環太平洋原子力協議会) 公式化提案、却下される [NWJ, 5/7]
 - ・アジア地域原子力協力、日韓両国の意見一致せず [NWJ, 5/7]
 - ・KINS 院長、安全規制に経済危機の影響なしと言明 [NWJ, 5/7]
 - ・KEPCO の新社長に張氏 [NWJ, 5/7]
 - ・退任の KEPCO 社長、世界の原子力指導者に KEDO 支援を要請 [NWJ, 5/7]
 - ・新政権、KEPCO の分割と株式の対外売却の可能性も [NWJ, 4/23]
- ◎130 万 kW 級 PWR、経済危機で CANDU より有利か [NWJ, 4/23]
- ・韓国電力の今後の炉型、PWR のみか [Nuclear Fuel, 4/20; ウォン]
 - ・韓国電力、資金難からウラン在庫量を削減 [Nuclear Fuel, 4/20; ウォン]
 - ・月城原子力発電所に中国の訓練生を受入れ [Atomic Energy Clearing House, 4/17; ウォン]
- ◎韓国原電燃料、PWR 用燃料製造施設を増設 [UI;BAF/98/5, 4/14; ウォン]
- ・KEPCO、社債発行で資金繰り問題の解決を図る [NWJ, 3/19]
 - ・奉吉プロジェクトの正式決定は 1 年先送りか、AECL 予測 [NWJ, 3/5]
 - ・韓国、米国に KEDO 炉輸出の便法を要請 [NWJ, 2/26]
 - ・日本政府、KEDO 原子炉建設に負担増をほのめかす [NWJ, 2/19]
 - ・韓国とドイツの原発、1997 年の最高運転記録を樹立 [NWJ, 2/12]
 - ・奉吉原発は受注競争中とカナダ AECL が主張 [NWJ, 2/12]

- ・米国 ABB-CE 社、KEDO への原子炉輸出申請が撤回 [NWJ, 2/12]
- ・カナダ AECL 副社長、韓国への輸出見通しにつき沈黙 [NWJ, 2/12]
- ・BNFL 社、CANDU 用回収ウラン燃料集合体を試作 [NW, Feb. ; ウラン]
- ・KEPCO、将来炉として ABB 社の PWR 選択へ [NWJ, 1/29]
- ・韓国の原子力発電所開発路線、今後は PWR のみで [NW, 1/29 ; ウラン]
- ・日米の反対を押しきり KEDO への拠出額削減か [NWJ, 1/8]
- ・KEDO の資金調達、次期大統領の最初の難問となるか [NWJ, 1/1]
- ・KEPCO 債、経済破綻により再度格下げ [NWJ, 1/1]

3.4.3 台湾

- ・東電、原発管理を輸出・台湾で有償契約へ [朝日新聞'99/1/28]
- ・LLW 処理技術に関し、VVER 市場に期待 [NWJ, 10/29]
- ・龍門原発の契約承認 [NWJ, 9/3]
- ・台湾電力、オランダ(Urenco)から濃縮ウランを購入か [Atomic Energy Clearing House, 6/26 ; ウラン]
- ・低レベル放射性廃棄物処分場候補地を公表 [NW, April ; ウラン]
- ・中国からの燃料販売と低レベル廃棄物の引取り申入れを拒否 [Nucl. Fuel, 4/20; ウラン]
- ・原発の実績改善に保守的文化がブレーキに [NWJ, 4/16]
- ・台湾電力、民営化でさらに原子力拡大は可能と見込む [NWJ, 4/16]
- ・龍門原発、地元住民との交渉期限近づく [NWJ, 4/2]
- ・LLW の対北朝鮮輸出、外交圧力で停頓 [NWJ, 3/26]
- ・台湾電力、原子力部門も民営化対象事業に [Power in Asia, 3/23 ; ウラン]
- ◎コジエマ社やミナトム、台湾電力に再処理受託を打診 [Nucl. Fuel, 3/23 ; ウラン]
- ・原子能委員会、龍門原発の安全を審査 [NWJ, 3/19]
- ・AEC、北朝鮮への LLW 輸出申請を引き続き審査 [NWJ, 3/19]

3.4.4 インド

- ・ベトナムの原子力研究援助へ [NWJ, 99/1/28]
- ・インド/パキスタン 核施設リストを交換/対米協議を継続 [NWJ, 99/1/14]
- ・インド政府、水爆実験の成功を繰り返し主張 [NWJ, 12/24]
- ・原子核物理学者に報奨 [NWJ, 12/10]
- ・米関係者、インドによる水爆の再実験を懸念 [NWJ, 11/26]
- ・インド原子力発電公社、原子力開発プログラムを推進へ [NW, 11/19]
- ・民族主義政府が原子力発電予算を倍増 [NWJ, 11/19]
- ・首相、米政府による経済制裁の差別的解除を非難 [NWJ, 11/12]
- ・インド/パキスタン/日本の労組連合、核兵器廃止キャンペーンを展開 [NWJ, 11/12]

- ・東大教授が印パ両国との交渉に日独の参加を主張 [NWJ, 10/29]
 - ・インドとパキスタン、総会で核実験はIAEAに関係なしと語る [NWJ, 9/24]
 - ・チダンバラム原子力委員長、米国入国ビザを断念 [NWJ, 7/30]
 - ・インドの原子力予算、'98年度ほぼ倍増 [Power in Asia, 7/27; ウェン]
 - ・IMF、対ロ緊急援助にVVERのインド輸出問題を絡ませず [NWJ, 7/23]
 - ・IMFのロシア支援、ロシアの対インド原発融資と衝突か [NWJ, 7/2]
 - ・原子力発電所建設でロシアと調印 [NucNet News Focus, 6/25; ウェン]
 - ・VVER-1000プロジェクトの融資契約に調印 [NWJ, 6/25]
 - ・制裁措置に対し、パキスタン・インドそれぞれに反論 [NWJ, 6/25]
 - ・米国政府、インドとパキスタンに交換条件提案の意志なし [NWJ, 6/4]
 - ・インドの重水炉(RAPS-2)、4年振りに運転を再開 [NucNet News No210/98, 6/3; ウェン]
 - ・ロシア、インドへの原発建設計画を中止せず [Post-Soviet Nuclear & Defense Monitor, 6/1; ウェン]
 - ・米国NRC委員長、核実験直前のインド訪問につき釈明 [NWJ, 5/28]
 - ・インド電力専門家、インドに2000万kWの原子力発電増設が必要と語る [Dow Jones Newswires, 5/25; ウェン]
 - ・首相ら、孤立化を恐れパキスタン核実験の願望気運も [NWJ, 5/21]
 - ・インド/パキスタン 両国高官、米国には驚くことではなかったはずと発言 [NWJ, 5/21]
 - ・核爆発試験を1996年からすでに準備 [NWJ, 5/14]
 - ・インド政府、「熱核」爆弾は高効率核分裂装置と言明 [NWJ, 5/14]
 - ・IAEA前首脳、保障措置の見返りにインドとパキスタンの軽水炉提供を提案 [NWJ, 4/30]
 - ・仏国大統領、インドへの原子力安全支援の方策を探る [NWJ, 1/29]
- ◎カルパッカム再処理プラントが1998年に運転を開始 [NF, 97/12/1]

3.4.5 パキスタン

- ・原子力委員長、原発建設のための諸技術の取得を言明 [NWJ, 99/2/18]
- ・チャシュマ原発の運開予定、泰山1号の貫通部問題の影響うけず [NWJ, 99/1/14]
- ・インド/パキスタン 核施設リストを交換/対米協議を継続 [NWJ, 99/1/14]
- ・チャシュマ原発、予定どおり4月に運転開始へ [NWJ, 12/10]
- ・カーン氏、著書でインド-イスラエルの脅威が核実験を惹起と主張 [NWJ, 12/3]
- ・CTBT署名見通しを踏まえ、両国が関係修復へ [NWJ, 11/26]
- ・クシャープ原子炉責任者、CTBTの調印に反対して引退へ [NWJ, 11/26]
- ・インド/パキスタン/日本の労組連合、核兵器廃止キャンペーンを展開 [NWJ, 11/12]
- ・中国の援助なし [NWJ, 11/12]
- ・東大教授が印パ両国との交渉に日独の参加を主張 [NWJ, 10/29]
- ・インドとパキスタン、総会で核実験はIAEAに関係なしと語る [NWJ, 9/24]

- ・パキスタン外相、制裁が解除されない限り CTBT に署名しないと発言 [Power in Asia, 9/21]
- ・米国タルボット国務副長官との会談継続 [NWJ, 7/30]
- ・米国、クシャープ炉で生産されるプルトニウムの兵器利用を懸念 [NWJ, 7/16]
- ・制裁措置に対し、パキスタン・インドそれぞれに反論 [NWJ, 6/25]
- ・核実験野実施、米国の監視抑制活動に疑問の声 [NWJ, 6/4]
- ・米国政府、インドとパキスタンに交換条件提案の意志なし [NWJ, 6/4]
- ・パキスタン 首相、「性急な核実験は命令しない」と言明 [NWJ, 5/21]
- ・インド/パキスタン 両国高官、米国には驚くことではなかったはずと発言 [NWJ, 5/21]
- ・IAEA 前首脳、保障措置の見返りにインド とパキスタン への軽水炉提供を提案 [NWJ, 4/30]
- ・米大使、大統領訪問を前に新友好関係を語る [NWJ, 4/30]
- ・カナップ炉、複水器に問題 [NWJ, 4/30]
- ・「研究開発用」の中距離弾道ミサイルを試験 [NWJ, 4/16]
- ・CNS (原子力研究開発センター) が改名 [NWJ, 4/16]
- ・カナップ原発の発電容量回復 [NWJ, 4/2]
- ・元原子力委員長、誇張された核疑惑を慨嘆 [NWJ, 3/19]
- ・チャシュマ原発 2号機増設で中国と協議 [NWJ, 2/26]
- ・カフタ研究所長、濃縮以外の諸活動を語る [NWJ, 2/26]
- ・トップ級の科学者、元原子力委員長との確執を語る [NWJ, 2/19]
- ・中国、協力に変化なし [NWJ, 2/19]

3.4.6 北朝鮮

- ・IAEA、北朝鮮による疑惑トンネルの査察申し出を期待せず [NWJ, 12/24]
- ・北朝鮮、イランへのミサイル売却と KEDO への資金供給増を狙う [NWJ, 9/10]
- ・米国、北朝鮮の原子炉への支援約束を欧州諸国に要請 [NWJ, 8/27]
- ・北朝鮮の核活動再開の報道を巡り、諸説紛々 [NWJ, 8/20]
- ・米国の禁輸撤回を要求 [NWJ, 4/2]
- ・北朝鮮、施設運転記録の IAEA への引き渡しを拒否 [NWJ, 3/12]
- ・情報筋、核開発凍結遵守は疑問と分析 [NWJ, 3/5]
- ・米国、北朝鮮が保障措置の譲歩をせず、KEDO 輸出は暗礁に [NWJ, 2/19]

3.4.7 インドネシア/ベトナム

- ・ロシア船用炉による発電計画、経済危機から中止へ [NWJ, 4/9]
- ・ロシア、移動式原発をインドネシアに売り込みか [NucNet News ・73/98 ; ウェブ]
- ・東芝、ベトナムに原子力発電所建設の可能性を調査 [Power in Asia, 1/12 ; ウェブ]

3.4.8 イラン

- ・核兵器計画に AEOI 長官の影、米国内で疑惑深まる [NWJ, 99/1/14]
- ・ロシア MINATOM、ブシェール発電所で更に 3 基の原発建設へ [NWJ, 12/3]
- ・欧州諸国、イランへ保障措置と引換えに原子炉取引を提案 [NWJ, 10/8]
- ・AEOI、ブシェール原発完成に欧州の支援も期待 [NWJ, 10/1]
- ・ブシェール原発工事、完成を急ぎロシアが指揮 [NWJ, 5/21]
- ・ロシア、核兵器転用可能物資の対イラン輸出を禁止 [NWJ, 1/29]

3.4.9 イラク

- ・独法務省、イラクへの遠心機情報密通者を反逆罪で告発 [NWJ, 99/2/18]
- ・ドイツ人遠心機専門家、イラクへのスパイ容疑で裁判へ [NWJ, 10/8]
- ・IAEA と UNSCOM、イラクの核爆発装置保有を確証できず [NWJ, 10/1]
- ・密輸業者の「レッドマーキュリー」売り込み先はイラクか [NWJ, 2/26]
- ・飛び交う核爆弾材料取引と爆弾模型の情報 [NWJ, 2/19]
- ・国連と IAEA の核査察担当者、イラクの模擬原爆に困惑 [NWJ, 2/12]

以上の出典は、主として「ニュークオックス・ウィーク日本語版」(・日本原子力産業会議)、「ウランー今日と明日」(核燃料サイクル開発機構)、「原子力情報データバンク月刊情報ファイル」(・アイ・イー・エー・ジャパン)等、他「一般新聞誌」等による。

3.5 アジアにおける再処理及び MOX 加工に関するニーズ

アジア地域は、現在人口増加による食料問題、高度経済成長によるエネルギー需要の増大、地球温暖化や飲料水の不足など様々な問題に直面している。アジア経済危機の影響で、一時後退しているものの、将来、アジアのエネルギー需要を賄うため、原発増設は不可欠との見方が強く、中国、台湾、インドネシアなどでも原発計画がある。

急成長が見込まれるアジア市場において、中国へは米国、フランスなど外国勢が首脳外交で有利に受注合戦を展開している。日本では、原発立地の先細りから、原発の運転技術の海外供給や重電メーカーの海外展開の動きが加速している。日本は遅れをとっていたが、政府、電力、メーカーの官民一体となった輸出環境づくりが整ったといえる。

しかし、原発を持つ中国や台湾などで今後、原発増設で増大する使用済燃料の処分問題に直面する可能性が高い。使用済燃料の再処理事業は軍事転用などの安全保障上の問題もある。アジア地域原子力協力国際会議(ICNCA)において、昨年3月3～5日に開かれた第9回会議は、基調テーマを「アジア地域協力の新しい展開を目指して」と設定。各国の閣僚クラスが参加し、地域内の中長期的な経済発展と温暖化防止など地球規模の環境問題を考慮した場合、原子力開発利用が重要な意味合いを持つとの認識で一致している。

アジアは、将来の原子力開発の中心になる可能性が最も高く、2010年までの世界の原子力発電容量増加量の4分の3以上を占めるものと予想されると、最近の調査が結論づけている。アトランティックカウンシルの調査によると、今後20～30年にかけてアジア経済は、最近の経済危機にもかかわらず、他地域よりも急速に成長することが予想され、この経済成長は人口増加と相まって、エネルギーの需要の大幅な増大をもたらすと予想している。

アジアの原子力発電は、1971年から1993年にかけて年間18%成長してきた。しかし、1997年から2010年までは4%程度の成長と予想されている。それでもアジアにおける成長率は世界の他地域に比べてかなり高い。世界の原子力発電のうちアジアが占める率は、1993年における16%から2010年には26%に、そして2020年には30%近くまでに成長し続けると予想される。30%近くまで増える一つの理由として、米国や西欧で原子力発電所の廃炉が予想されることにある。[Nuclear Energy Overview、Feb.17,1998]

アジアにおける再処理及びMOX加工のニーズは、前述の原子力開発状況から、当面は中国、韓国、台湾の3国に限られる。その他に相当数の原子力発電所を所有するインドが考えられるが、表3.6に見られるように、大部分が重水炉であり、軽水炉は少なく発電規模も小さいものである。従って、中国、韓国、台湾それぞれについて、これらのニーズを掘り下げる意味で、使用済燃料の発生量及び貯蔵につい

て検討し、再処理及び MOX 加工のニーズを分析した。

3.5.1 中国

中国では、総合経済開発計画によると、原子力発電における開発要件を満たすため、核燃料産業は主として「核燃料供給における自力更正」と「対外開放政策」を原則として、近代化された新型の産業規模核燃料サイクルシステムの実現を目指そうとしている。その一貫として、使用済燃料の再処理法を開発し、抽出したプルトニウムを MOX 燃料としてリサイクルし、核燃料リサイクルを確立するとしている [IAEA INFCIRC/549/Add.7 March 31, 1998]。要するに、中国はバックエンド戦略として、再処理路線（クローズド・サイクル路線）をとっている。

(1) 使用済燃料の発生量

中国の既設原子力発電所から出る使用済燃料は、現在原子炉サイトの貯蔵プールに貯蔵されている。各プールの貯蔵容量は、おおむね当該原子炉からの使用済燃料の約 10 年分である。

表 3.10 中国の原子力発電所からの使用済燃料発生量 (ト HM)

		1998 年	2005 年	2010 年
PWR	年間	60	168	—
	累積	300	940	—
CANDU	年間	—	176	—
	累積	—	440	—
合計	年間	60	344	—
	累積	300	1380	3800

(出典：RECD '98)

現在、運転中の 3 基（合計出力：210 万 kW）の原子力発電所から、年間 60 ト HM の使用済燃料が発生している。この年間発生量は、少なくとも 2002 年までは変化ないものと見られている。1998 年時点、使用済燃料の累積発生量は 300 ト HM 近くに達している。その後の原子力発電計画に基づく使用済燃料発生量は次表のように予測されている。

(2) 使用済燃料貯蔵及び再処理

中国の原子力発電所は、ほとんど全てが 10 年間の使用済燃料の所内貯蔵が可能である。

再処理については、1970年代の半ばから、発電炉の再処理に関する研究開発活動を複数の研究所で実施してきている。その後'80年代の半ばには、多目的再処理パイロット・プラント(RPP)の建設が決定された。同パイロットプラントには、大型キャスクの受入れが可能な集中湿式貯蔵施設(CWSF)がある。CWSFは、1994年5月に着工、'98年10月現在、土木工事が終了し、貯蔵プールのステンレス鋼製の溶接及び機器の据付けが行われている。2000年にも使用済燃料の受入れを開始する見通しである。

発電炉燃料専用の再処理パイロット・プラント(50ト/年)は、当初の予定どおりの2000年末には建設を完了し、運転に入る予定である。さらに、今後の原子力発電の進捗、使用済燃料の累積量の増加に応じて、2010年頃に商業規模の再処理工場(400～800ト/年)を完成させる予定である。

(3) プルトニウム利用

21世紀初頭には、再処理により分離されたプルトニウムが研究開発あるいはFBR実験炉へのMOX燃料として使われ、同時に軽水炉への使用可能性についても検討されるであろう。[IAEA INFCIRC/549/Add.7 March 31, 1998]

中国では、在庫プルトニウムを軍事用と民需用とに区別していないが、民生用使用済燃料から分離されたプルトニウムの在庫はない。'98年4月にIAEAから公表された「プルトニウム管理ガイドライン」(INFCIRC/594)によると、中国はプルトニウム在庫を4分類いずれも「ゼロ」と報告している。

プルトニウム管理に関する法・規制が整備されて、次のような条例・規則が政府や管轄当局より制定されている。

- ① 中華人民共和国核物質管理条例
- ② 国際輸送核物質に関する中華人民共和国核物質防護規則
- ③ 中華人民共和国原子力輸出管理条例

3.5.2 韓国

1975年に仏国のサンゴバン社と再処理技術契約を締結するとともに、IAEA及び仏国政府と保障措置協定を結び、再処理パイロット・プラントを建設することになっていた。しかし、米国とカナダがこれに強く反対し、当時建設を進めていた原子力発電所の進展に支障をきたしかねない事態になったため、再処理の計画を断念した。その後、盧前大統領が「朝鮮半島の非核化と平和構築のための宣言」の中で、再処理、濃縮施設の保有を正式に放棄した。

(1) 使用済燃料の発生量

1998年6月末現在、使用済燃料は4か所の原子力発電所サイトに、計3,365トが貯蔵されている。2010年に約11,000ト、2040年に約34,000トが累積する見通しである。使用済燃料の累積発生量を次表に示す。

表 3.11 韓国の使用済燃料の累積発生量 (ト HM)

	1998年6月末	2000年度	2010年度	2025年度	2040年度
PWR	1,888	2,376	5,067	11,861	19,344
CANDU	1,477	2,256	6,016	10,528	14,758
合計	3,365	4,632	11,083	22,389	34,102

(出典；韓国産業資源部 '98.9)

(2) 使用済燃料貯蔵及び再処理

使用済燃料は、各発電所の敷地内に貯蔵可能な施設が備えられているが、1990年代にはそれらの多くが飽和状態になる見込であり、現在の貯蔵容量としては、2006年頃まで貯蔵可能であり、貯蔵能力を追加拡大する場合は、さらに2016年頃まで貯蔵可能である。各原子力発電所の貯蔵容量を次表に示す。

使用済燃料管理として、原子力発電所別に、高密度貯蔵ラックを設置して、サイト内原子力炉間での運搬貯蔵、乾式貯蔵所の追加設置等により貯蔵能力を確保し、2016年までの原子力発電所サイト内での管理を目指す考えである。

表 3.12 韓国の各原子力発電所の使用済燃料の貯蔵量

	炉型	ユニット数	貯蔵容量	貯蔵量(98/6)	貯蔵可能期間
古里	PWR	4基	1,533ト	968ト	～2006年
靈光	PWR	4基	1,271ト	566ト	～2006年
蔚珍	PWR	2基	709ト	354ト	～2007年
月城	CANDU	2基	3,076ト	1,477ト	～2006年
合計		12基	6,589ト	3,365ト	

(出典；韓国産業資源部 '98.9)

(3) プルトニウムの利用

プルトニウム利用に関する見解や資料は見当たらない。再処理を断念していると

ころから、韓国政府の政策変更や米国政府の友好国への政策転換がない限り、当分の間プルトニウム利用は考えられない。

3.5.3 台湾

台湾では、台湾電力の担当者が語ったところによると、コジェマ社やミナトムから使用済燃料の再処理、及びその再処理に関する米国政府との事前承認に関する仲介話が盛んに持ちかけられているという。米国の政策や米台原子力協定の下では、米国政府は台湾が使用済燃料を再処理することを明確に拒否している。[Nuclear Fuel '98/3/28]

(1) 使用済燃料の発生量

台湾では、現在のところ3か所の原子力発電所6基の原子炉が運転中で、それから発生する使用済燃料の蓄積量などについての資料が見当たらないので、計算により推定することにした。

計算により求めた使用済燃料発生量を表 3.13 に示す。また、軽水炉のみについての使用済燃料発生量を表 3.14 に示す。これらの表には併せて、中国と韓国についても同様な計算条件で求めて示した。これらの計算から求めた発生量と前述の資料による発生量とを対比してみると、中国については表 3.10 との対比で、計算値はやや低めに、表 3.11 の韓国での対比では若干高めに推定しているが、その差はわずかでかなりの精度で一致し、計算による推定は妥当なものと考えられる。

この表から、台湾の原子力発電所から発生する使用済燃料量は、2000年時点で年間約160ト、累積で約2,800ト、2005年時点で年間約230ト、累積で約3,700ト、さらに、2010年時点では年間約230ト、累積で約4,900トが推定できる。

(2) 使用済燃料貯蔵及び再処理

台湾では、現在のところ3か所の原子力発電所の6基の原子炉から出る使用済燃料はすべて原子炉サイトのプールに保管されている。それらのプールは、それぞれ2001年、2007年、2016年に満杯になると言われている。2001年に満杯が予想される金山発電所(BWR2基)はプールの貯蔵格子組み替え(リッキング)を進めているので、満杯になるのは、2017年に延びることになる。[Nuclear Fuel '98/3/28]

他の原子力発電所も同様な対策がとられるものと、推定できる。また、米国の政策や米台原子力協定の下では、米国政府は台湾が使用済燃料の再処理を認めていないので、当面は再処理はないものと考えられる。

(3) プルトニウム利用

再処理同様に、米国政府の政策転換がないかぎり、当面プルトニウム利用は考えられない。

3.6 再処理、MOX 燃料加工需要の発生規模と時期

3.6.1 使用済燃料の再処理需要による発生規模と時期

表 3.14 に示す中国、韓国、台湾の軽水炉発電所から発生する使用済燃料の蓄積量を西暦年毎に、図 3.1 にグラフ化した。

アジア諸国を取り巻く政治情勢を抜きにして、使用済燃料の貯蔵・蓄積量から再処理発生規模と時期について、以下のように分析し、推測した。

- (1) 中国においては、国策として、発電炉燃料用の再処理パイロットプラント（50 トン/年）が 2000 年末には建設を完了し、次いで、商業規模の再処理工場（400～800 トン/年）が 2010 年頃に完成させる予定である。従って、新たに海外からの再処理技術の導入の考えはなく、中国で発生する使用済燃料は自国で再処理していく方針である。
- (2) 韓国においては、米国政府の政策の影響で、再処理を放棄しているが、使用済燃料の蓄積は現実的な問題であり、アジアの中では日本を除くと、最も多くの使用済燃料の発生及び蓄積がある。表 3.14 の使用済燃料の発生量及び蓄積量をベースとして、〔年度に発生する使用済燃料量＋蓄積量の 1/10〕を再処理ニーズの発生規模とする考え方を条件にして、再処理需要の発生規模と時期を大胆に推定してみると、次のようなニーズが発生する。
 - ① 600 トン/年の規模では、2003 年に運開が必要。（建設時期を考えると無理）
 - ② 800 トン/年の規模では、2007 年に運開が必要。
 - ③ 900 トン/年の規模では、2010 年に運開が必要。
- (3) 台湾においては、韓国の次に使用済燃料の発生量及び蓄積量が多く、韓国の場合と同様な考え方で検討すると、次のようなニーズが推定できる。
 - ① 600 トン/年の規模では、2005 年に運開が必要。
 - ② 800 トン/年の規模では、2010 年以降に運開が必要。

3.6.2 プルトニウム蓄積による MOX 燃料加工需要の発生規模と時期

上記、再処理需要に応じて、再処理事業が行われると、プルトニウムが発生することになる。プルトニウムの蓄積を避ける考え方から、プルサーマル利用にて順次使用し、プルトニウムの蓄積をなくすことを前提にして、MOX 工場の発生規模と時期を推論してみる。

軽水炉燃料（特に PWR）をベースとすると、再処理規模に対応する MOX 燃料加工工場規模は、次のようなマスバランスになる。

- ① 再処理工場 600 トン/年の規模では、75 トン/年の MOX 工場に対応。
- ② 再処理工場 800 トン/年の規模では、100 トン/年の MOX 工場に対応。
- ③ 再処理工場 1000 トン/年の規模では、125 トン/年の MOX 工場に対応。

従って、MOX 工場の運開を再処理工場運開の 1 年遅れと考えると、

- ① 中国では、2011年頃に、50～100ト/年規模のMOX燃料工場が必要。
- ② 韓国では、2008年頃に、100ト/年規模のMOX燃料工場が必要。
- ③ 台湾では、2012年頃に、100ト/年規模のMOX燃料工場が必要。

3.6.3 まとめ

使用済燃料の蓄積量から、韓国、台湾、中国において、再処理及びMOX加工の潜在的なニーズが存在する。軽水炉発電所から発生する使用済燃料の蓄積量は、2010年時点で、韓国が最も多く約6,000ト弱、台湾が約5,000ト中国が約2,000トに達する。従って、

- (1) 再処理については、韓国、台湾が使用済燃料の蓄積量から推定すると、800ト/年規模の再処理工場が2000年を前後（2007年から2011年）にして操業開始のニーズが予測される。中国は、韓国、台湾ほど使用済燃料の蓄積はないが、再処理を自国で行う計画で進行している。
- (2) MOXについては、再処理工場から回収されるプルトニウムを余すことなく軽水炉発電所にてリサイクルすると考えると、再処理工場800ト/年規模がMOX工場100ト/年規模に相当するので、100ト/年規模のMOX工場が韓国では、2008年頃に、台湾では2012年頃に操業を開始するという需要が発生しそうである。中国では、再処理工場の規模に合わせて50～100ト/年規模のMOX工場の2011年頃の操業開始のニーズが、出てくることが予測される。

表 3.13 中国、韓国、台湾の原子力発電所から発生する使用済燃料推定量 (計算値:単位トU)

国	発電所名	電気出力 (Mwe)	炉型	運転開始年月	西 暦 年																				
					~96累計	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010						
中国	大亜湾-1	98.4	PWR	1994.2.	49.2	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6			
	大亜湾-2	98.4	PWR	1994.5.	49.2	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6		
	泰山 -1	30.0	PWR	1994.4.	17.6	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8		
	広東・嶺南-1	100.0	PWR	2002.7								27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3		
	泰山 -1	60.0	PWR	2002.6								17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6		
	泰山 -2	60.0	PWR	2003.6									17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6		
	広東・嶺南-2	100.0	PWR	2003.3										27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3		
	広東・嶺南-3	100.0	PWR	-																					
	広東・嶺南-4	100.0	PWR	-																					
	連雲港-1	100.0	PWR	2004											20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		
	連雲港-2	100.0	PWR	2005												20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		
	連雲港-3	100.0	-	-																					
	連雲港-4	100.0	-	-																					
	泰山 -1	70.0	CANDU	2003											87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6		
	泰山 -2	70.0	CANDU	2003											87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6		
			年度合計	116.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	102.9	323.0	343.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0	363.0		
			累積量		174.0	232.0	290.0	348.0	406.0	464.0	566.9	889.9	1,232.9	1,595.9	1,958.9	2,321.9	2,684.9	3,047.9							
韓国	古里-1	58.7	PWR	1978.4.	275.4	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	45.9	0		
	古里-2	65.0	PWR	1983.7.	215.8	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	
	古里-3	95.0	PWR	1985.9.	269.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	
	古里-4	95.0	PWR	1986.4.	245.0	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	
	蔚珍-1	95.0	PWR	1988.9.	192.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
	蔚珍-2	95.0	PWR	1989.9.	168.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	月城-1	67.9	CANDU	1983.4.	1103.7	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	
	月城-2	70.0	CANDU	1997.7.			87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	
	靈光-1	95.0	PWR	1986.8.	225.0	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
	靈光-2	95.0	PWR	1987.6.	202.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
	靈光-3	100.0	PWR	1995.3.	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	
	靈光-4	100.0	PWR	1996.1.		22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	
	蔚珍-3	100.0	PWR	1998.6				20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-4	100.0	PWR	1999.6						20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	月城-3	70.0	CANDU	1998.6				87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	
	月城-4	70.0	CANDU	1999.8					87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	
	靈光-5	100.0	PWR	2002.4								20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	靈光-6	100.0	PWR	2002.12									20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-5	100.0	PWR	2003.6										20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-6	100.0	PWR	2004.6											20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
			年度合計	2,919.8	304.6	392.2	499.8	587.4	607.4	607.4	627.4	667.4	687.4	687.4	687.4	687.4	687.4	687.4	687.4	687.4	687.4	718.0	672.1		
			累積量		3,224.4	3,616.6	4,116.4	4,703.8	5,311.2	5,918.6	6,546.0	7,213.4	7,900.8	8,588.2	9,275.6	9,963.0	10,681.0	11,353.1							
台湾	金山-1	63.6	BWR	1978.12.	347.4	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3		
	金山-2	63.6	BWR	1979.7.	328.1	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	
	国聖-1	98.5	BWR	1981.12.	460.5	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	
	国聖-2	98.5	BWR	1983.3.	399.1	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	
	馬鞍山-1	95.1	PWR	1984.7.	355.2	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	
	馬鞍山-2	95.1	PWR	1985.5.	325.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	
	龍門-1	135.0	ABWR	2003											34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	
	龍門-2	135.0	ABWR	2004												34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	
			年度合計	2,215.9	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	193.9	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6		
			累積量		2,375.1	2,534.3	2,693.5	2,852.7	3,011.9	3,171.1	3,330.3	3,524.2	3,752.8	3,981.4	4,210.0	4,438.6	4,667.2	4,895.8							

<計算条件>
 ①設備利用率; 80%
 ②運転より1年後に
 取替燃料排出
 ③計画中のPWR
 ・熱効率; 34%
 ・燃焼度; 43,000MW d/t

表3.14 中国、韓国、台湾の軽水炉発電所から発生する使用済燃料推定量 (計算値:単位トU)

国	発電所名	電気出力 (Mwe)	炉型	運転開始年月	西 暦 年																
					~96累計	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010		
中国	大亞湾-1	98.4	PWR	1994.2.	49.2	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	
	大亞湾-2	98.4	PWR	1994.5.	49.2	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6	24.6
	泰山 -1	30.0	PWR	1994.4.	17.6	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
	広東・嶺澳-1	100.0	PWR	2002.7								27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
	泰山 -1	60.0	PWR	2002.6								17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
	泰山 -2	60.0	PWR	2003.6										17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
	広東・嶺澳-2	100.0	PWR	2003.3										27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3
	広東・嶺澳-3	100.0	PWR	-																	
	広東・嶺澳-4	100.0	PWR	-																	
	連雲港-1	100.0	PWR	2004											20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	連雲港-2	100.0	PWR	2005												20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	連雲港-3	100.0	-	-																	
	連雲港-4	100.0	-	-																	
				年度合計	116.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	102.9	147.8	167.8	187.8	187.8	187.8	187.8	187.8	187.8	
				累積量		174.0	232.0	290.0	348.0	406.0	464.0	566.9	714.7	882.5	1,070.3	1,258.1	1,445.9	1,633.7	1,821.5		
韓国	古里-1	58.7	PWR	1978.4.	275.4	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	45.9	0	
	古里-2	65.0	PWR	1983.7.	215.8	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	
	古里-3	95.0	PWR	1985.9.	269.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	
	古里-4	95.0	PWR	1986.4.	245.0	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	
	蔚珍-1	95.0	PWR	1988.9.	192.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
	蔚珍-2	95.0	PWR	1989.9.	168.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	
	靈光-1	95.0	PWR	1986.8.	225.0	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
	靈光-2	95.0	PWR	1987.6.	202.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	
	靈光-3	100.0	PWR	1995.3.	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	
	靈光-4	100.0	PWR	1996.1.		22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	
	蔚珍-3	100.0	PWR	1998.6				20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-4	100.0	PWR	1999.6						20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	靈光-5	100.0	PWR	2002.4								20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	靈光-6	100.0	PWR	2002.12									20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-5	100.0	PWR	2003.6										20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
	蔚珍-6	100.0	PWR	2004.6											20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
				年度合計	1,816.1	219.7	219.7	239.7	239.7	259.7	259.7	279.7	319.7	339.7	339.7	339.7	339.7	339.7	370.3	324.4	
				累積量		2,035.8	2,255.5	2,495.2	2,734.9	2,994.6	3,254.3	3,534.0	3,853.7	4,193.4	4,533.1	4,872.8	5,212.5	5,582.8	5,907.2		
台湾	金山-1	63.6	BWR	1978.12.	347.4	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	
	金山-2	63.6	BWR	1979.7.	328.1	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	
	國聖-1	98.5	BWR	1981.12.	460.5	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	
	國聖-2	98.5	BWR	1983.3.	399.1	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7	
	馬鞍山-1	95.1	PWR	1984.7.	355.2	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	
	馬鞍山-2	95.1	PWR	1985.5.	325.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	
	龍門-1	135.0	ABWR	2003										34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	
	龍門-2	135.0	ABWR	2004											34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	
				年度合計	2,215.9	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	159.2	193.9	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	228.6	
				累積量		2,375.1	2,534.3	2,693.5	2,852.7	3,011.9	3,171.1	3,330.3	3,524.2	3,752.8	3,981.4	4,210.0	4,438.6	4,667.2	4,895.8		

<計算条件>
 ①設備利用率; 80%
 ②運転より1年後に
 取替燃料排出
 ③計画中のPWR
 ・熱効率; 34%
 ・燃焼度; 43,000Mwd/t

図3.1 軽水炉発電所から発生する使用済燃料蓄積量

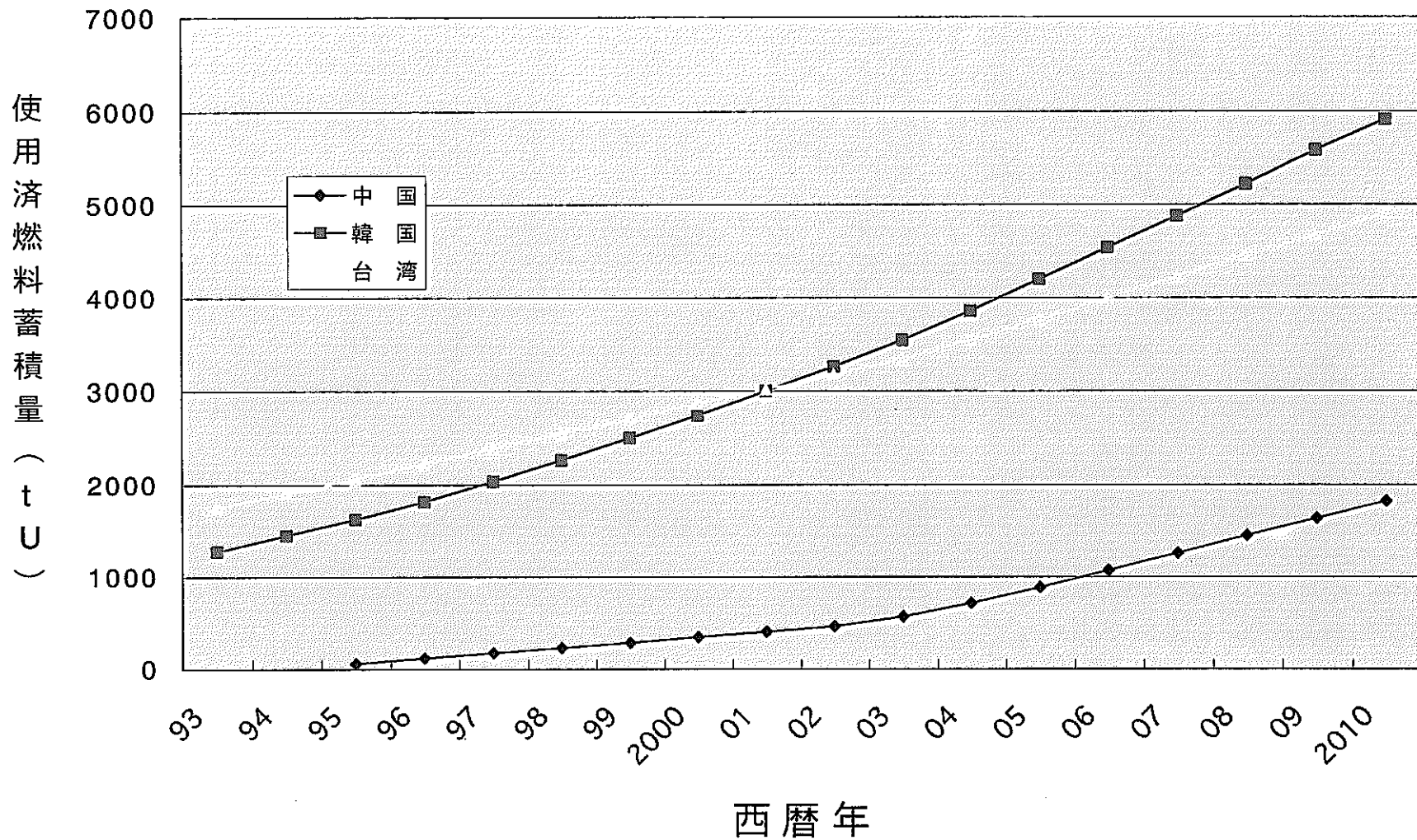
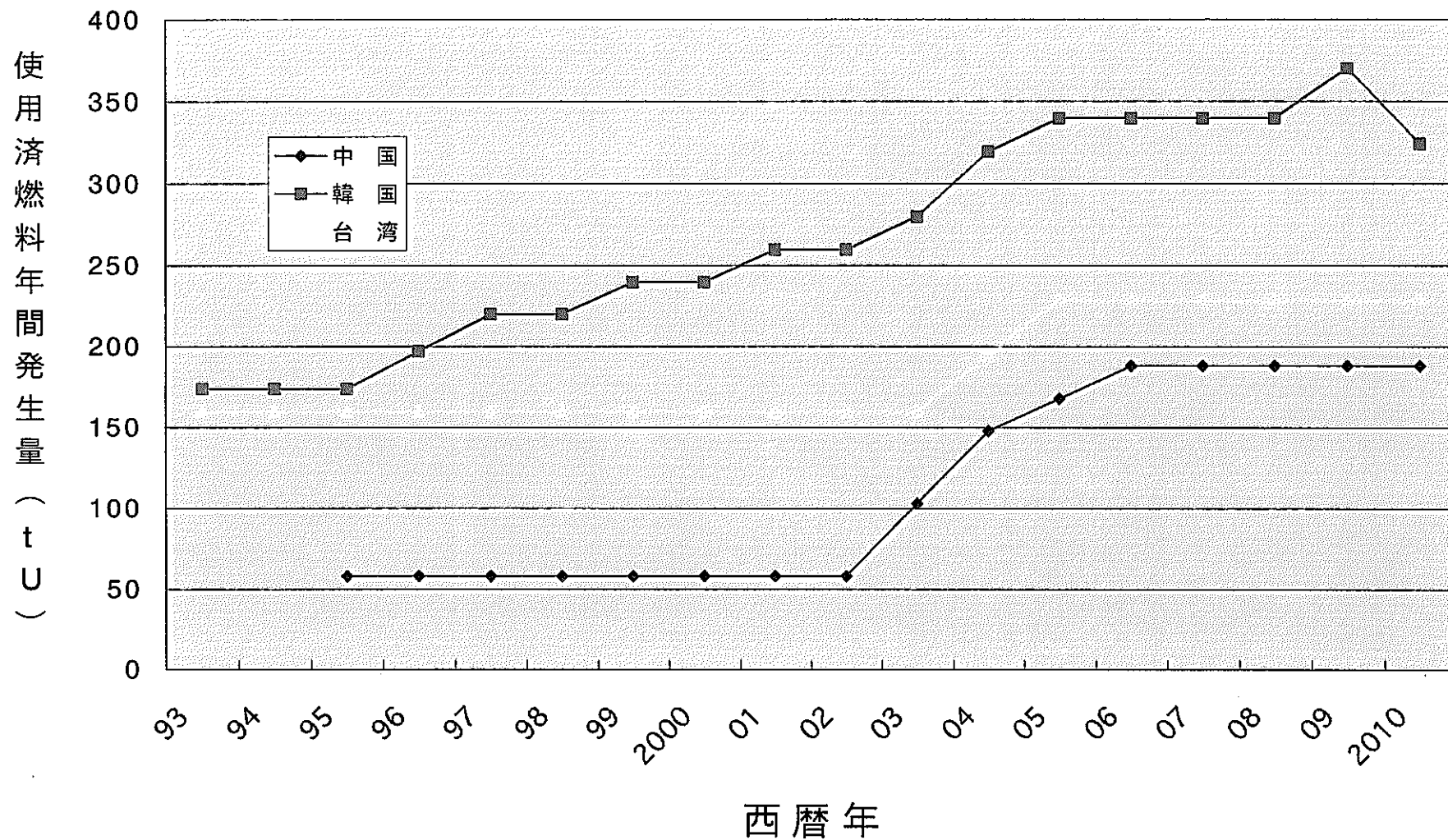


図 3.2 軽水炉発電所からの使用済燃料年間発生量



参考資料

第1章関係

- (1) 「世界の原子力発電開発の動向；1997年次報告」 日本原子力産業会議
平成10年5月20日
- (2) 「原子力ポケットブック1998年版」 日本原子力産業会議
- (3) Nucleonics Week 誌 日本原子力産業会議
- (4) BNFL 1998 Annual Report&Accounts
- (5) COGEMA 1998 Annual Report
- (6) 日本機械輸出組合「安全保障貿易管理ガイダンス」(財)安全保障貿易情報センター
- (7) 「安全保障貿易管理関連貨物・技術リスト及び関係法令集(改訂第5版)」同上
- (8) 「海外エンジニアリング企業との国際経営比較」(財)エンジニアリング振興協会
- (9) 藤本三喜男「現代日本企業の国際競争力」税務経理協会
- (10) 目代洋一「グローバルビジネス」工業調査会
- (11) 浅野 徹「グローバリゼーションと企業経営戦略」同文館出版

第3章関係

- (1) 「世界の原子力発電開発の動向；1997年次報告」 日本原子力産業会議
平成10年5月20日
- (2) Nucleonics Week 誌、「ニュークノクス ウィーク日本語版」'98年1月～'99年2月
- (3) 「原子力年鑑'98/'99」 日本原子力産業会議 1998.12.14
- (4) 「アジア諸国原子力情報ハンドブック」 日本原子力産業会議 1998年3月
- (5) 「平成9年度地域協力構想調査報告書」 日本原子力産業会議 平成10年3月
- (6) 「原子力国際協力のあり方及び方策について—新たな展開に向けて—」原子力委員会原子力国際協力専門部会 平成10年9月7日
- (7) 「ウラン—今日と明日—」動力炉・核燃料開発事業団国際部資源開発室
'98年1月～'98年8月
- (8) 藤井晴雄、森島淳好「詳細原子力発電プラントデータブック 1994年版」日本原子力情報センター、1994年8月31日
- (9) 「エネルギー統計資料(海外編)1997年版」日本エネルギー経済研究所 1998年4月
- (10) その他、新聞一般紙等