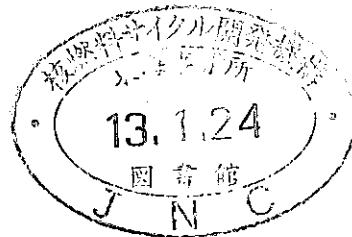


地層処分コンセプトの背景に係わる評価の取りまとめ

(核燃料サイクル開発機構 契約業務中間成果報告書)

1999年11月



財団法人 エネルギー総合工学研究所

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部または一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

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

Inquires 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

地層処分コンセプトの背景に係わる評価の取りまとめ

松井 一秋*、村野 徹*、蛭沢 重信*、河本 治巳*

核燃料サイクル開発機構（以下、機構という）は、地層処分研究開発の中核推進機関として、研究開発の成果を平成4年9月に第1次取りまとめとして公表し、これを受け、更に技術的な信頼性を示すとともに、処分予定地選定、安全基準の策定に資する技術的拠り所とすべく、第2次取りまとめを西暦2,000年前までに行い、国民の理解と信頼を得るべく公表する計画である。

第2次取りまとめは技術報告書群の色彩がつよく、限定された学術領域に係る情報の提供に主眼が置かれている。

しかし1990年代に世界的な傾向として地層処分の技術的側面に加えて社会との係わりがクローズアップされてきており、一般の方々に地層処分研究開発成果を説明し、その理解をより容易にするためには地層処分のコンセプトが形成されて来た背景情報を合わせて示すことは重要であると考えられている。

本「地層処分コンセプトの背景に係わる評価の取りまとめ」では、昨年度までに調査・収集した情報および諸外国の最新の動向等に基づいて、内容の整理・取りまとめを行い、第2次取りまとめで計画している背景情報の取りまとめに資するものである。具体的には、

1. 総論部分として高レベル放射性廃棄物（HLW）処分問題の位置づけ、およびHLWの処分対策の考え方や安全評価の基本的事項等を実際的な面および論理的な面の両方の視点からとりまとめた。
2. 各論部分として、特に専門以外の人々が地層処分について考える際の疑問、懸念の中からたびたび話題になる10項目を取り上げて、事実情報の整理、専門家のコンセンサスのまとめ、国際的な議論、等の記述を中心としたとりまとめを行った。

本報告書は、財団法人 エネルギー総合工学研究所が、核燃料サイクル開発機構の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：110C0212

開発機構担当部課室および担当者：2000年レポートチーム 情報普及グループリーダー

麻生 良二

*：財団法人 エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部

COMMERCIAL PROPRIETARY
JNC TJ1420 2000-006
NOVEMBER , 1999

Study on the Background Information for the Geological Disposal Concept

Kazuaki MATSUI*
Tohru MURANO*
Shigenobu HIRUSAWA*
Harumi KOMOTO*

Abstract

Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC) has published the first R&D progress report in 1992, in which the fruits of the R&D works were compiled. Since then the next step of R&D has been developing progressively in Japan. Now JNC has a plan to make the second R&D progress report until before 2000, in which information on the geological disposal of high level radioactive waste(HLW) will be presented to show the technical reliability and technical basis to contribute for the site selection or the safety-standard developments. Recognizing the importance of the social consensus to the geological disposal of international discussions in 1990's, understanding and consensus by the society are essential to the development and realization of the geological disposal of HLW.

For getting social understanding and consensus, it is quite important to present the broad basis background information on the geological disposal of HLW, together with the technical basis and also the international discussion of the issues.

In this report, the following studies have been done to help to prepare the background information for the 2nd R&D progress report, based on the recent informations and research and assessment works of last 2 years. These are,

- (1) As the part of general discussion, characteristics of HLW disposal and several issues to be considered for establishing the measures of the disposal of HLW were identified and analyzed from both practical and logical points of view. Those issues were the concept and image of the long term safety measures, the concept and criteria of geological disposal, and, safety assessment and performance assessment.
- (2).As the part of specific discussion, questions and concerns frequently raised by the non-specialists were taken up and 10 topics in relation to the geological disposal have been identified based on the discussion. Scientific and technical facts, consensus by the specialists on the issues, and international discussion have been plainly described.

Work performed by the Institute of Applied Energy under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute

JNC Liaison: Geological Isolation Research Project, Communication Co-ordination Group, Leader,
Ryoji ASO

* : Research and Development Division, The Institute of Applied Energy

目 次

1. はじめに	1 - 1
2. 高レベル放射性廃棄物の処分はどういう問題か	2 - 1
2.1 地層処分問題の発生と歴史的経緯	2 - 1
2.2 環境問題の発生とその歴史的経緯	2 - 8
2.3 廃棄物の処分問題の分析と展望	2 - 12
3. H L Wの処分対策	3 - 1
3.1 長期の安全対策：概念とイメージ	3 - 1
3.2 地層処分コンセプトとクライテリア	3 - 9
3.3 安全評価・性能評価	3 - 23
3.4 日本の政策と海外の状況	3 - 28
4. 個別的问题	4 - 1
4.1 長期予測について	4 - 2
4.2 処分対策プログラムの実施	4 - 9
4.3 倫理・環境面の配慮	4 - 14
4.4 処分場の管理	4 - 18
4.5 再取り出し性	4 - 22
4.6 地質環境	4 - 26
4.7 市民の参加	4 - 28
4.8 時間帶	4 - 32
4.9 核種分離・変換処理	4 - 38
4.10 サイト選定	4 - 43
5. おわりに	5 - 1

1. は じ め に

1. はじめに

地層処分は、高レベル放射性廃棄物によって代表される長寿命の放射性廃棄物を安全に処分するための有力な方法として、早くから注目され各国の研究者によって研究開発が行われてきた。わが国における地層処分の研究開発は、昭和51年度（1976年）に開始され、平成4年（1996年）には、動力炉・核燃料開発事業団（現在、核燃料サイクル開発機構）よりそれ迄の成果が、第1次取りまとめとして公表され国の評価が加えられた。これに引き続いて平成9年4月の原子力委員会専門部会報告書を指針にして、第1次取りまとめ以降の研究成果をも取り入れた集約が2000年前までに第2次取りまとめとして公表される予定である。この第2次取りまとめは、わが国の諸条件を考慮に入れた上で、（1）わが国において地層処分に適切な地質環境を確保できるか（2）長期に亘り安全な地層処分システムの構築が可能かについて主として技術的信頼性を示すことが目標とされており、技術的な段階で見た時、サイトを特定しないで進めて来たジェネリックな研究に区切りがつき、サイトを定めたスペシフィックな研究に進む準備が整うものと期待されている。このように、第2次取りまとめは技術報告書群の色彩がつよく、限定された学術領域に係る情報の提供に主眼が置かれている。

しかし1990年代に世界的な傾向として地層処分の技術的側面に加えて社会との係わりがクローズアップされてきた。これに対し、日本でも1995年に高レベル放射性廃棄物処分懇談会が設置され、高レベル廃棄物処分の具体的取り組みに向けた国民の理解と納得が得られるよう幅広い検討が開始された。1998年に公表された処分懇談会報告書では、放射性廃棄物の処分問題が一般の人々の意識からは遠いところにあること、およびその原因を分析して、関係者の努力が必ずしも十分でなかったことを指摘している。

こうした状況をも踏まえると、ここで地層処分の概念、長期に及ぶ対策の有効性や評価の時間枠等のような地層処分に関する基本的な事項や考え方を整理しておくことは第2次取りまとめを広く理解する上で極めて重要と考えられる。本「地層処分コンセプトの背景に係わる評価の取りまとめ」は「原則」、「考え方」、「合意」といった概念的なことからおよび一般的に疑問に思われる個別的问题に関する情報を客観的にバランスよく整えることによって、「全般的に難しい」と評されることの多い地層処分に関する理解に資するものである。

2. 高レベル放射性廃棄物処分とは どういう問題か

2 高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か

本章は、高レベル放射性廃棄物（HLW）の処分とはどのようなことかについて基礎的な情報を提供することを目的にする。

まず初めに、地層処分問題はどのような歴史的な経緯で発生してきて、どのような展開をして現在に至っているかを述べる。次に、地層処分と環境問題の関わりについて、経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）のワークショップで提出された興味深い意見や歴史的な経緯を概観する。最後に、HLWの処分は社会的課題のひとつとの視点から、その解決がどのような論理で展開されて地層処分を選択するに至っているかについて分析を行う。

2.1 地層処分問題の発生と歴史的経緯

2.1.1 はじめに

地層処分は高レベル放射性廃棄物等、長寿命放射性廃棄物の処分の方法として早くから国際的に注目され、各国で研究開発が行われてきたが、今日では一歩進んでそれを実際の処分対策として実施するプログラムが進められている。

わが国においても、地層処分の実施に至る大筋のスケジュールが定められ、研究開発に並行して、西暦2000年の実施主体の設立を目途に種々の検討が進められてきた。

このような段階を迎える、各国が共通して直面していることは、高レベル放射性廃棄物（HLW）の処分あるいは地層処分に対して、広い社会的理解と合意がどうしたら得られるかという課題である。わが国では、「地層処分とは放射性廃棄物の無責任な地下投棄である」と考える人々が、一般市民はもちろん、原子力に関係のある分野の専門家の中でも必ずしも少なくないのが現状である。

このような状況を前に、HLWの処分問題解決の道筋について長期的な見通しを得るために方策の一つとして、米国を中心にHLW対策に関する大筋の歩みを振り返り地層処分の歴史に改めて注目することには意味があると考えられる。

2.1.2 年代区分

便宜上、地層処分の歩みを次の3つの時期に分ける。

第1期（1940年代～70年代中頃）：HLW問題の認識、長期安全性分野への模索

第2期（1970年代中頃～80年代）：専門家が地層処分による包括的対策を確立、提案

第3期（1990年代～）：地層処分実施の準備、専門家と一般市民の信頼と協力が必須

2.1.3 地層処分 - 第1期の歩み

(1) HLW問題の発生

米国のHLW問題は1945年、軍事用原子炉の使用済み燃料を再処理した廃液の貯蔵から始まった。当初、廃液は、炭素鋼のタンクに貯蔵されたが、58年頃から、耐久年数を待たずにたびたび漏洩を起こし、73年にはハンフォードにおいて最大の漏洩事故が発生した。しかも、タンク貯蔵の責任者は、漏洩が発生して以後6週間もの間、この漏洩に気がつかなかった。この事故は関係者に衝撃と多くの教訓を残した。第1に、HLWを液体の状態で長期に貯蔵してよいのかどうか、第2に、長期的な人間の管理に全面的な信頼をおいてよいのかどうかを改めて検討する契機になった。

1955年9月、米国プリンストンにおいて記念すべき会議が開かれた。この会議（後にプリンストン会議と呼ばれた）は、放射性廃棄物の地層中への処分の可能性を明らかにし、さらに処分のためにいかなる研究が必要かを検討するため、米国科学アカデミーに委託して開催したものである。HLW処分のための本格的会議は、これ以前ではなく、世界的にみても、これが第1回の会議であった。

この会議の成果として出された最も重要な勧告は、放射性廃棄物を岩塩層の中に処分する方法が有望で、岩塩に関する研究を直ちに開始すべきであるということであった。「廃棄物を環境に捨てるのは当然である」と考えるのが常識であった当時の社会では画期的なものであったといえる。

プリンストン会議の勧告に基づき1965年、オークリッジ国立研究所（ORNL）の研究グループは、カンザス州ライオンズの岩塩鉱山において廃棄物の処分のための世界で最初の組織的な野外試験を開始した。ORNLは、地元の人々のために試験サイトの見学ツアーを行うなど、試験に対する地域社会の理解を得るために配慮した結果、試験は開放的で友好的な雰囲気のもとで行われた。また、ORNL側にはライオンズ・サイトは、岩塩の地下試験場ではあっても、処分場サイトとして適しているという認識は全くなく、いずれ処分場にするというような計画もなかった。

1969年、コロラド州ロッキーフラットにある軍事用Pu工場で火災があり、超ウラン元素で汚染された大量の低レベル廃棄物が発生し、それは、当時行われていた定常的な方法でアイダホ州の貯蔵所に運ばれた。しかし、アイダホ州がこの種の廃棄物の「投棄場（Dumping Site）」になることを恐れた州知事は、当時の原子力委員長に、80年までに同廃棄物を貯蔵所から撤去することを約束させた。

(2) 2つの計画の挫折

上述のような出来事を背景にして、AECは1970年、ライオンズ・サイトを米国での最

初のフルスケールの処分場とすることを公表した。この発表は、地元にも、さらにORN-Lの研究者さえにも事前に知らされることなく、突然行われた。しかし、この決定に対する地元および州政府の反対は強く、特にサイトで閉鎖しにくい石油やガス井が発見されたり水の分散が地質学的な不完全さを示唆するなどの技術的な問題点があることが明らかになってから、反対は激化した。72年、政府はライオンズ・サイトを放棄し、方針転換を目指して、1972年にHLWを再取り出し可能な地表施設で長期間貯蔵するというRSSF計画を発表した。しかし、この計画もRSSFがそのまま処分場になる可能性があるとして、広範なグループや人々および環境保護庁（EPA）の反対を受けることとなり、結局、政府は75年にこのRSSF計画も放棄した。

こうして初期における処分、長期貯蔵の2つの計画は中止され、HLWの管理のために、改めて根本的な検討が要請されることとなった。

2.1.4 地層処分-第2期の歩み

(1) 第2期の背景

地層処分-第2期の背景として、1970年代の半ば以降、「HLWの安全な処分が可能であるという見通しなしに、原子力の利用を継続することが果して許されるか」という世論が次第に大きくなってきたことが挙げられる。

このような動向を示す米国の例として、76年にカリフォルニア州の州法の制定をあげることができる。この法律では、州内での原子力発電所の立地の条件として、HLWの安全な処分技術の存在を連邦政府が保証することが要求された。また、ヨーロッパでも原子力発電所の許認可に際し、HLWの処分の安全性の保証を求めスウェーデンにおける条件法の成立などの動きがあらわれた。このような世界的な世論の動向のさらに背後には、1970年代に始まった環境問題の存在、あるいは環境や安全性に対する人々の認識の変化を見ることができる。

(2) 技術面の進展

1970年代の後半以降、HLWの様々な処分方法の比較を含め、地層処分に関する本格的かつ組織的な研究が活発となった。これらの研究成果により、今日世界で共有されている地層処分の技術面における骨格が確立されたといえる。それまでの地層処分は、岩塩層という特定な地層中に廃棄物を埋設しようというもので、処分の安全性について天然の地質環境のみに依存した方法であった。また、その方法でなぜ長期の安全性が保たれるかについて、改めて問われることはなかった。これに対し新しい地層処分は以下の特徴を持っている。

- (1) 要求される地質環境条件を満たすものであれば、どのような地層も、地層処分の候補として研究の対象になり得るとされた。
- (2) 地層処分に要求される廃棄物を隔離する性能は、天然の地質環境のみに依存するのではなく、地層処分システム全体により達成されるとする考え方を取り入れられた。
- (3) 地層処分システムの性能が、長期にわたり満足できるものか否かについては、合理的、科学的評価が厳密に要求されることになった。

1980年代になると、上述の骨格を支える基本的技術として、①長期的安全評価の方法②サイト特性調査技術の開発が、国際協力の最も重要な課題として採り上げられることになった。91年には、特に地層処分システムの長期的な安全評価の方法が、ほぼ満足できるレベルまで開発が進められたことを、この分野の世界の専門家の合意として示したO E C D / N E A の報告書が公表された。このことは、各国が地層処分の実現に向かって活動を進めるための技術面の準備が、大筋で整ったことを意味している。

(3) 制度面の進展

(イ) NWPAの成立、改正

米国において、第2期のH L Wの貯蔵および処分の対策は、大統領が変わることに変更されるという状況が続いた。このためH L W問題について、長期的、包括的かつ安定した対策を定め、その確実な実施を保証する必要があった。1982年に制定された「核廃棄物政策法」(NWPA)はそのような使命を持った法律である。

NWPAは所見として、まず「H L Wの処分についての米国の過去30年の対策は適切なものでなかった」とする反省を述べている点が注目される。

NWPAでは、①政府機関（この中には大統領も含まれる）の責任の分担、②地層処分場のサイト選定の詳細な手順とスケジュール、③処分対策等に必要な資金の調達、について極めて具体的かつ詳細な規定がなされている。

NWPAは画期的な法律と考えられたが、現実はNWPAの定めたスケジュール通りには進まなかった。1987年、議会はNWPAを見直した。これは核廃棄物政策修正法(NWPA A)と呼ばれている。

処分場サイトの選定部分が大きく見直されているが、その要点は次の通りである。

- (1) 第1処分場のサイトは、3つの候補サイトを平行して調査検討し、選定するのではなく、まず候補サイトの1つネバダ州のユッカマウンテン・サイトのみを調査し、適切ならばそこを処分サイトとして決定する。
- (2) 第2処分場を設置する計画は中止し、改めてその必要性を検討する。

このようなNWPAの見直しは、直ちに改悪とはいえないとしても、ネバダ州および地域の人々に強い不公平感を残したこととは明らかである。

(4) クライテリアの設定

地層処分がH L Wの包括的な処分対策になるためには、上述の技術および制度面に加えて、合理的で、広く社会的に合意される「地層処分のクライテリア」（以下、単に「クライテリア」という）が確立される必要がある。クライテリアの確立には特に国際的な議論が必要であるという考え方から、1980年代には I A E A、O E C D/N E A等の国際機関による検討が活発に行われた。その成果として、例えば、I A E Aの規準（1989）のような国際的に合意され得る原則や規準が作成された。この中で最も基本的な原則は、将来世代への責任に関するもので大筋は次の通りである。

(1) 将来世代への負担を最小にするために、現世代はH A Wを安全に処分しなければならないこと。

(2) 処分は、将来世代の介入に頼って長期の安全性が確保できるような方法ではいけないこと。

このように、地層処分-第2期では、第1期に比較して、専門家が地層処分による包括的な対策を技術面および基準面で提案し、世界的な検討・合意のもとに各国が地層処分の実現に向かっての活動に格段の進展が見られたことは明らかである。しかし、法的な裏付けのある米国のプログラムについてさえも実際の進行は必ずしも順調とはいえないかった。

2.1.5 地層処分-第3期

(1) 地層処分の再検討

1990年には、米国とフランスで2つの報告書が公表された。これらは、いずれも過去の地層処分計画の歩みを深く分析し、将来への提言を行ったものである。報告書は直接的にはそれぞれの国の処分対策を対象にしているが、その内容は極めて普遍的である。

第1の報告書は、米国科学アカデミー（N A S）の下に設置されている米国学術研究会議（N R C）の委員会が、「米国のH L W地層処分のプログラムはなぜ順調に進展しないのか、いかなる改善策があり得るか」について数年間にわたる検討を経て作成した文書である。この報告書（「高レベル放射性廃棄物処分の再検討」）では、地層処分という超長期の安全対策に含まれる基本的な問題として、① 分析の限界（不確実性についての対応）、② 倫理および価値観の問題、③ モデリングとその有効性を詳細に分析して、④ 戦略的計画（柔軟で実際的な対策）を提案し、これらの基本的項目について認識を誤ると、専門家と社会の間の正常な信頼関係が失われ、地層処分のプログラムの進展に支障が生じるとしている。

第2の報告書は、フランスの科学技術選定評価局が1990年12月、フランス国民議会に提

出した文書（「高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」）である。

「バタイユ報告書」とも呼ばれているこの報告書はいわゆる放射性廃棄物の専門家ではなく、国会議員が中心になって作成している点に特徴がある。フランスの放射性廃棄物管理局（ANDRA）による地下研究所の設置のための現地調査の活動が、関係住民の強い反対に遭遇し、90年2月、時の首相が調査活動を凍結した出来事を契機として、解決策を探るため、バタイユ報告書は作成された。フランスではバタイユ報告書を基礎に法律が制定され、新たに「第3期」のHLWプログラムが定められている。

バタイユ報告書の基本となる立場は、社会（具体的には議会）が廃棄物対策の最終的な決定を行うべきであるということで、報告書の結論として、次のような民主主義の基本が改めて強調されている。

- ① 責任と透明性と民主主義、この3つの言葉が、今後廃棄物処分および原子力平和利用政策に関する施策を導くものでなければならない。
- ② 原子力というエネルギー生産の洗練された手法には、開かれた決定手続きで臨むべきである。

（2）第3期への示唆

上述の2つの報告書は、それぞれの国第3期に、直接的な影響を与えるものと思われる。

一方で、米国やフランスを離れ、より一般的な視点から、報告書の示すところを要約すると以下のように表現できるだろう。

地層処分-第3期は、一般市民の参加が不可欠となる時代であり、専門家（行政の専門家を含む）とあるいは社会との間に、持続的な信頼関係が確立されるか否かが、最も重要な鍵となるといえる。バタイユ報告書は、上述の信頼関係が確立するための「原則」として、NRC報告書は、そのための「理論的な基礎」として、我々にも重要な示唆を与えていた。1990年代以降の10年間の進展はOECD/NEA最近の報告書でもレビューされているが、上記の一般的動向はなお続いている。地層処分の実現に向けて我々に以下の再確認を求めている。

- ① 科学・技術コミュニティは、地層処分の技術的的安全性に高い確信がある。
：世界中の研究所における多くの専門家による多年の研究の結果である。廃棄物管理専門家の技術コミュニティでは、地層処分の安全性と利点について幅広い合意がある。
- ② 公衆は科学・技術コミュニティの持つ高い確信を必ずしも共有していない。
：公衆の信頼がないことは、原子力の安全性の信頼の不足に結びつくことがあり、原子力と原子力関連組織に対する無条件の反対や科学的発展への全般的な信頼不足さえも招くことがある。

参考文献

- OTA, Managing the Nation's Commercial High-Level Radioactive Waste, 1985
- NAS/NRC, The Disposal of Radioactive Waste on Land, 1957
- Alternatives for managing wastes from reactor and post-fission operations in the LWR fuel cycle, ERDA-76-43, 1976
- Bredehoeft, J. D. et.al. Geologic disposal of high-level radioactive wastes-earth science perspectives, Geological Survey Circular #779, U.S. Geological Survey, 1978
- Report to the American physical Society by the Study Group on Nuclear Fuel Cycles and Waste Management (APS Report), Rev. Modern Phys., 50, 1978
- NAS/NRC, A Study of the Isolation System for Geologic Disposal of Radioactive Wastes, 1983
- OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991
- IAEA, Safety Series No. 99, Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes, 1989
- NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the Board of Radioactive Waste Management, 1990
- Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Raport sur la gestion des dechets nucleaires a haute activite, par M. Christian Bataille, Depute, 1990
- Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste : Where Do We Stand?
An International Assessment OECD/NEA(1999.Oct)

2.2 環境問題の発生とその歴史的経緯

2.2.1 環境・倫理面の国際的な討議

環境問題に関する一般市民の関心は、この数年、飛躍的に高くなつておひり、我々の社会が原子力の利用に伴つて不可避的に直面している高レベル放射性廃棄物の処分に対しても、適切な情報の伝達が求められているところである。特に、長寿命放射性廃棄物の処分の問題については、専門家と言われる人々と一般市民の間に意見の相違が大きく、特に処分地選定のプロセスを社会的な軋轢なく経過できるか否かの問題については、それを困難視する人が多いのが実情である。

もし、今日のような、環境問題に対する世界的な取り組みがなかつたら、HLWの処分問題への取り組みやそれに対する社会の反応は、今日の状況とは相当違つた性格のものになつていたかも知れないと思われる。その意味からすれば、放射性廃棄物の処分問題、さらに具体的に、地層処分問題と環境問題は、密接に関連した問題と考えてよさそうである。すなわち、地層処分問題の「背景」として、環境問題を想定し、地層処分問題の基本部分を環境問題と比較することにより、超長期の安全対策としての「地層処分」の輪郭を、より明確に理解する手がかりが得られるものと期待される。

このような時期に、OECD/NEAによって国際的討議が計画・実施されたが、これはまさに時宜を得た活動であったといえる。では次に、そのような活動の内部に若干踏み込んでみる。

OECD/NEAは、1994年、「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境および倫理的側面」をテーマとして取り上げて、ワークショップを組織した。HLWの地層処分は、各国の研究者によって早くから研究開発が行われてきたが、その殆どは技術面からの研究であった。しかし、今回の1994年から1995年にわたつて行われたNEAの活動は、倫理・環境というような、技術以外の側面をも包含する新しい領域への一つのアプローチとも考えられる。ワークショップの内容は、会議の報告書

(proceedings, 1995) に収録されているが、さらに、NEAの常設の委員会(RWMC)は、上述のワークショップの成果を、コレクティブ・オピニオン報告書の形の小冊子にまとめ、1995年に公刊している。これら2つの報告書は、今日の時点でなお、示唆に富む貴重な文書である。討議の大筋については、本報告書の第4章で再度取り上げる。

2.2.2 Bill Long氏の論文について

以下に Long氏がNEAワークショップ(1994年)に提出した論文を紹介するが、その前に、Long氏の周辺の事柄についても簡単に触れる。Long氏は、OECD/NEAの環境部門の長で、ワークショップには、OECD/NEAを代表する環境問題の専門家として参加している。同氏は、環境問題の専門家の立場から放射性廃

棄物の処分、特に地層処分に興味をもっており、NEA（原子力機関）と上述環境部門との公式な協力関係が不十分と考えており、この論文の冒頭で、「O E C Dの環境政策の決定を行う委員会が上述の協力関係の強化に必ずしも賛成でないことが残念だ」という趣旨の記述があるのが注目されるところである。なお、Long論文の標題は、「環境政策の変遷と今日的な考え方」となっており、Long論文の位置づけとして、長寿命廃棄物の管理の専門家を対象として行った環境問題の歴史的経緯に関するレクチャーの一つと考えることが出来るだろう。

2.2.3 環境問題30年の経緯

Long論文には、過去約30年の環境問題の歴史が簡潔に、かつ、興味深く述べられている。また、便宜上その内容の一部を表-1にまとめた。

(1) 1965年頃：

環境問題は、1960年代の中頃に発生したとされている。

(2) 1965年～1975年：

この時期の特徴は、(イ)汚染の分布が局所的であり、(ロ)汚染のレベルが高く、人間の感覚のみで感知できる点にあった。

(ハ)汚染対策の考え方は「清掃して癒す」で (clean up and cure) あり、

(ニ)汚染問題を解決する方法は、希釈 (the solution of pollution is dilution) すれば良いとされた。

(3) 1975年～1985年：

この時期の汚染は、(イ)人間の感覚だけでは、検知できないとされている。

また、この時期の汚染管理の特徴は、多媒体（マルチ メディア）を指向する移動 (multimedia approach) とされている。すなわち、この時期の初めには、汚染物質を単に、一つの媒体から他の媒体に移動するだけで足りると考えた時もあった。この時期の発生者サイドの汚染管理、廃棄物管理の根底にあるフィロソフィーの一つは、「去るものは日々に疎し」 (out of sight,out of mind) であり、社会の人々は廃棄物管理の対象が何であれ、この種のアプローチには強い反発を示した。

(4) 1994年までの約10年の動向：

最近の動向については、Long氏は、これまでの時間帯区分の枠組みを捨て、自由な形態で長寿命放射性廃棄物の地層処分が、長期の安全対策としての社会的受容が問われる際、人々の判断に影響すると考えられる、最近約10年間に見られる動向4項目を提示している。

(イ)より長期の時間枠が環境対策にも適用される動向がみられる。

- (ロ) 環境問題の解決は、技術革新によってのみ達成可能とする考えにより、技術革新への期待が復活する動向が見られる。
 - (ハ) 最低のコストで環境目標を達成する方法を確立することに、政府の高い優先度が与えられる動向が見られる。
- (二) 政府、産業界、環境グループの間に、新しい友好的な関係が進展する動向にある。

表1 環境問題約30年の変遷と動向

- 対策の根底にある考え方、フィロソフィー -

年代	当面する環境問題の特徴	対策の根底にある考え方、 フィロソフィー
1960年代の 中頃	・環境問題が出現する	-
1965-1975	<ul style="list-style-type: none"> ・汚染の性質 ・人間の感覚（視覚、嗅覚等）によって直接検出できる。 ・汚染は局所的である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・対策のフィロソフィー ・清掃して癒す。 (clean up and cure) ・環境汚染を解決する方法は希釈である。 (the solution of pollution is dilution)
1975-1985	<ul style="list-style-type: none"> ・環境の性質 ・人間の感覚では、直接、検出することはできない 	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチ・メディア（空気、水、地面）を指向するアプローチ ・去るものは日々に疎し。 (out of sight, out of mind) ・予想して予防する。 (anticipate and prevent)
最近10年間 の動向	<p>長寿命放射性廃棄物の地層処分対策に影響があり得ると考えられる4つの動向：</p> <p>(1) より長い時間枠が環境対策に適用される。</p> <p>(2) 環境問題は、技術面から解決されるという考え方から、技術革新への期待が復活しつつある。</p> <p>(3) 最低成本で環境目標を達成することが、政府の優先課題となりうる。</p> <p>(4) 政府、民間の関連グループの間に、より良い友好関係が生まれる期待がある。</p>	

2.3 廃棄物の処分問題の分析と展望

2.3.1 序

先に述べたように、放射性廃棄物を深い地層中へ処分する概念は、1950年代の後半に米国において提唱されたものである。その実現を目指して、1960年代から研究開発が本格的に行われてきて、米国以外の多くの国も高レベル放射性廃棄物については地層処分を基本とし、その実現を目指した研究開発が各国毎あるいは国際的に進められてきた。その結果、現在では、この領域の専門家は、現状の技術によって高レベル放射性廃棄物を安全に処分でき、しかもその安全性を事前に評価する方法も確立されたとのコンセンサスを得るに至っている。

一方、研究開発が相当の成果を上げるような段階になって、専門家が国際的な場で放射性廃棄物処分の原則について改めて検討するという作業を行っている。こうした活動の結果としてまとめられ、公表された有名な報告書としてOECD/NEAの「放射性廃棄物の処分、含まれる原則の全体像 (Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved, 1982 OECD/NEA)」がある。

この報告書では、「序論」において廃棄物処分問題に関し、「根底にあるフィロソフィー」について述べているが、こうした切り口は他で議論された例はほとんどなく、現在でも新鮮な内容となっている。

まず「序論」において報告書の目的について、以下のように述べ他の報告書との違いを強調している。

放射性廃棄物管理のストラテジーと実際については、いろいろな文書の中でレビューしてきたが、その多くは技術的なものであり、どのような行き方が選択されるべきか決める動機については余り議論されてきていない。そこでこのオーバービューでは、このように余り明確にされてこなかった面に集中し、放射性廃棄物の処分に至る技術的なアプローチの根底にあるフィロソフィーのレビューを提供する。

(下線はエネ総研)

(Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved, OECD/NEA 、 1982)

同報告書は、放射性廃棄物処分施設を特殊なものとみなさず、通常の社会的課題に対する解決にあたってとられる一般的方法の考察から始め、適切な資源配分、管理の目標などHLW処分に含まれる多くの課題を分析、整理した上で、地層処分の選択に至るという展開がなされている。同文書ではHLW処分問題が論理的によく分析、展開されているので、以下の節でその要点となるべく忠実に辿りつつ紹介する。

2.3.2 OECD/NEA報告書（1982）による廃棄物の処分問題の分析と展開

まず、報告書の序論でも述べられているように、この報告書は技術的なアプローチの基礎を形成するフィロソフィーに焦点を当てたという点で注目すべきものとなっている。それは、放射性廃棄物対策は（特に、高レベル放射性廃棄物対策は）、一つの世代ですべてが解決されず、意思決定が数世代にわたる可能性があるという意味において新しい課題であるため、倫理を含めた世代間の問題を正面から見据えた取り組みが必要とされるからである。従来、あまり人類が経験してこなかった性格の課題について、まずは、① 社会的通念等に照らして妥当であると一般的に考えられるフィロソフィーを考察すること、次に、② フィロソフィーを現実に実現するために行われる意思決定について検討し、最後に、③ 技術的なアプローチを含めた具体的な対策を選択するというプロセスを辿ることが、このような課題の解決のために必要であるとの認識が示されている。

以上の基本的な認識について、OECD/NEAの報告書（1982）から、対策を選択するに至るまでの要素を以下に示す。

（1）放射性廃棄物管理対策の考え方の道筋

まずははじめに、放射性廃棄物管理がどのような性格の問題であり、その解決のためにどのような視点からの考察をどのように行うことになるのかについて、考え方の道筋を示した。それらは、おおよそ次の通りである。

- ① 放射性廃棄物管理を現代社会が取り組むべき典型的な課題の一つとしてとらえた。
- ② 課題に対して解決策を探る際の「コスト・ベネフィット評価による資源配分」が通常の方法であることを示した。
- ③ 現代社会の課題の多くが持つ「受益者と負担者の特定の困難さ」を放射性廃棄物管理も内包していることを指摘。
- ④ 放射性廃棄物管理方法の選択に係わる意思決定におけるコスト・ベネフィット評価の実施者たる専門家と最終決定者の相違を指摘。
- ⑤ 対策を検討する際のポイントの一つとなる放射性廃棄物の特性を記述した。

（2）放射性廃棄物処分の目標

前述のような道筋を示した上で、放射性廃棄物処分の目標を次のように述べている。

放射性廃棄物処分の目標は、人間の健康および環境を保護し、同時に将来世代に課する負担を最小限にする方法で廃棄物が取り扱われることを、社会的および経済的ファクタを考慮して確実にすることである。

その上で、上記目標で考慮すべきとして指摘した3つの点、すなわち、

- ①健康の保護、
- ②環境の保護、
- ③将来の世代に対する責任

について、その視点を述べている。

(3) 倫理に関する考察

倫理に関する考察では、将来世代の幸福あるいは繁栄についての極めて一般的な原則について考察し、放射性廃棄物についても、このような一般的な原則が適用されることを提示した。要点を列挙すると次の通りである。

(a) 将来世代の幸福あるいは繁栄についての3原則

- ①防ぐことのできる害悪に、知っていて荷担するのは間違っている
- ②害悪を防ぐことができるのに、その対策を講じないことは間違っている
- ③受益者がコストを負担すべきである（「受益者負担」の原則）

(b) 将来世代に対する責任

(c) 世代内、世代間の公平性

- ①経済的負担
- ②技術開発の負担
- ③後世代に残す受け入れ可能なリスクレベル

(4) 意思決定

意思決定において検討されるべきものとして、特に次の3つのこと上げている。

- ①適切な資源配分
- ②コスト・ベネフィット評価
- ③世代間の意思決定

放射性廃棄物管理は現代の社会が取り組む典型的な課題の一つとして捉えられており、通常そのような課題の解決策を探る際には、コスト・ベネフィット評価に基づく適切な資源配分が行われることを示した。

放射性廃棄物管理に関する意思決定は、複数世代にわたり行われる可能性があること、さらに、多くの現代社会の課題が抱える、受益者と負担者を特定することが難しいことを指摘し、このような課題に関する意思決定のあり方について考察した。

(5) 処分オプションについて

処分を選択する前には考え得る代替案を検討する必要があるとして、次の3つの枠組みによって考察している。

- ①分散と封じ込め (Dispersal and Containment)
- ②受動的なシステムと永久の関与 (Passive Systems and Perpetual Care)
- ③再取り出し性 (Retrievability)

「受動的なシステムと永久の関与」では、以下の点が指摘されている。

- ① (地層処分の選択は、長期間の問題として、「人間の関与に信頼を置かない」という考え方と「制度的管理による継続的バックアップを要求する」という考え方の間で選択されるものである。
- ②「永久の関与」には、将来の技術開発は間違いなく進むので、より良い方法が見つかる。早い時期に対策を決めてしまうことは、新しいオプションの採用の可能性をなくしてしまうことになる、との意見が根底にある。
- ③「受動的なシステム」には、二つの面があるとしている。
 - ・将来の世代が廃棄物の面倒を見続ける負担を避けようという思い。
これは、少なくとも、合理的な時間を超えてまで人間の関与を要求しない方法を考えるべき、ということである。
 - ・制度的な管理の継続性に悲観的であり、最終的には忘れ去られるであろう、ということ。
- ④ 継続的なサーベイランスの信頼性に反対の人々でも、ある期間の制度的管理には同意する。この場合、どのくらいの期間かを決めることが問題なのである。
- ⑤ 結局、制度的管理は、その存在と効果が信頼できる期間のみ、処分方法の基本的な構成要素として用いられる。

(6) 具体的な対策の選択

上述のようなフィロソフィーの検討、意思決定の問題の考察の結果、高レベル放射性廃棄物の管理についてどのような選択が望ましいかに関し、具体的な対策を選択する際にどのような視点からの検討が必要か検討し、次の二つを抽出した。

- ① 「受動的なシステム」と「永久の関与」

地層処分は本来受動的なシステムであるが、その具体的な選択は、地層処分の長期性を考えると、現実的な選択は、「人間の関与に信頼を置かない」という考え方と「制度的管理による継続的バックアップを要求する」という考え方の間で選択されるものである、としている。

②制度的管理の有効性と限界の見極め

制度的管理については、ある期間については有効であろうことを認めつつも、問題はどのくらいの期間であれば認められるかということであるとして、無制限な制度的管理の議論は不毛に終わることを指摘した。結論として、制度的管理は、その存在と効果が信頼できる期間のみ、処分方法の基本的な構成要素として用いられるとした。

(7) 原則を実施に移す

以上述べてきたような原則に基づき、同報告書では、具体的な実施に移すことについて具体的な方法の提案という形で述べている。それらは、

①排出物の放出 (Release of Effluents)

②陸地環境での固体廃棄物の処分

(The Disposal of Solid Waste in the Terrestrial Environment)

③海洋環境での 固体廃棄物の処分

(The Disposal of Solid Waste in the Marine Environment)

深層処分が含まれる「陸地環境での固体廃棄物の処分」については次のように述べている。

- ① 長寿命廃棄物の処分として、深地層に掘削した処分場への処分が近年最も注目されている。
- ② この処分方式が望ましいと考えられる最も重要な理由は、注意深く立地した処分場は、地質バリアが非常に長期にわたり廃棄物を封じ込めることができると期待されるということである。
- ③ これに関する例証が、多くの天然鉱物の鉱床が存在するということから得られる。
- ④ 深い地層中の位置は、計画的な人間の侵入の可能性を減らすとともに、不注意による人間の侵入の可能性を本的に除外する。
- ⑤ このシステムは本質的に「受動的」である。なぜなら、一旦密封した後は人間の関与に依存しないシステムだからである。
- ⑥ 放射性核種の漏出に関する唯一ありそうなものは地下水の動きである。
- ⑦ 従って、深い地層中への処分は、地下水の動きが殆ど無いあるいは全く無いところへの設置ということからおそらくベストである。
- ⑧ 現在の検討状況からいうと、そのような処分場は地表から少なくとも数百メーター地下になる。
- ⑨ より深い処分場は、放射性核種の漏出の可能性と人間の侵入の機会の可能性をさらに減らすことになる。

⑩ 最終的な状態は、ベネフィットとコストのバランスを通して達成される。

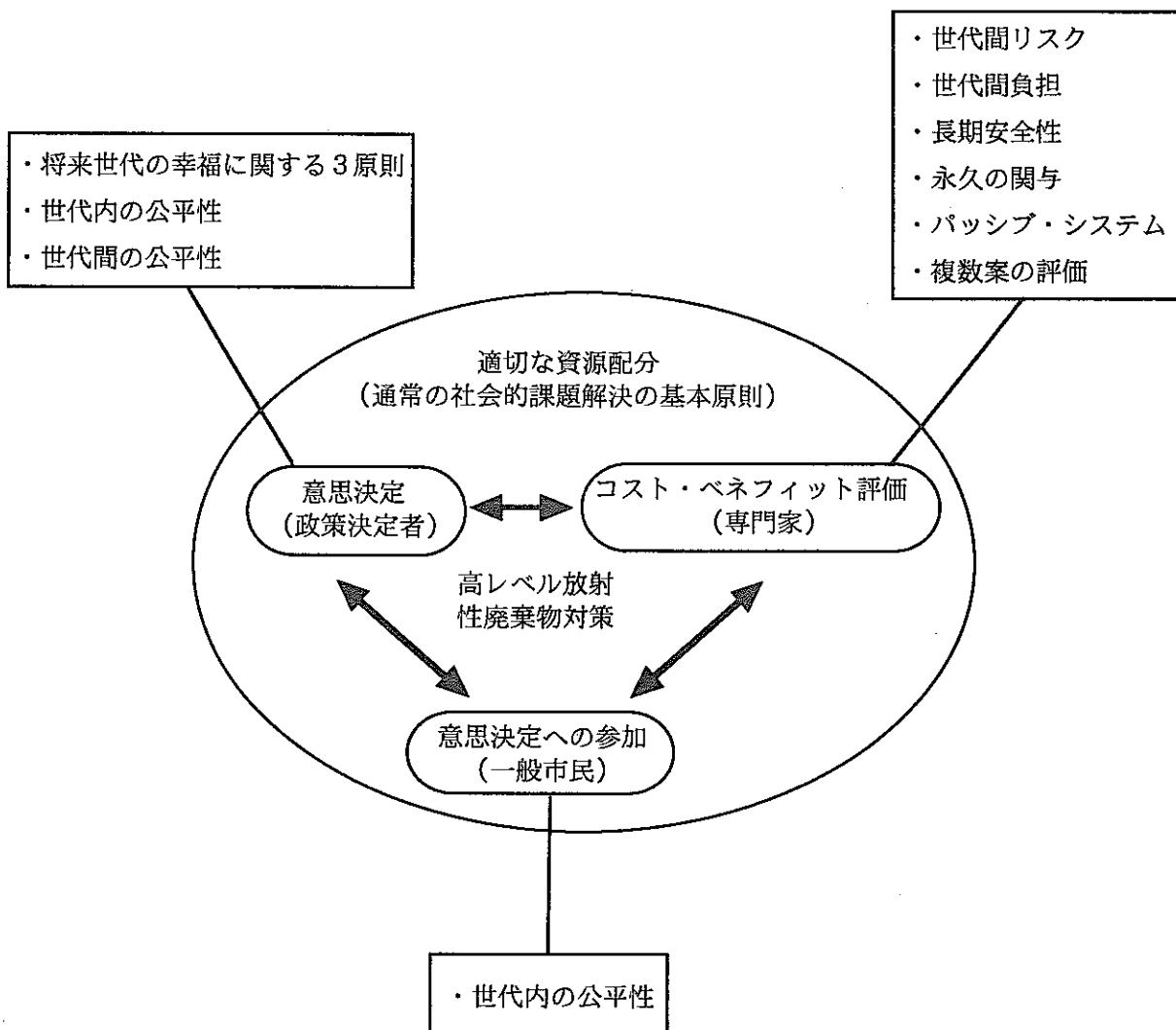


図1 高レベル放射性廃棄物対策の検討の枠組み

3. HLWの処分対策

3. HLWの処分対策

3.1 長期の安全対策：概念とイメージ

3.1.1 廃棄物の処分とは注1)

(1) 処分は管理の総仕上げ

廃棄物管理の分野では、処分（Disposal）と並んで、処理（Treatment）、管理（Management）が用語としてよく使われる。ここでは、相互の関連の点から、処分とはどういう意味になるかについて述べる。

(a) 廃棄物の処理

放射性廃棄物中の特定の放射性核種を化学的に濃縮したり、廃棄物を圧縮して、容積を小さくしたりするような操作を、広く廃棄物の処理と呼ぶ。高レベル廃棄物の場合、液状の廃棄物をガラスに封じ込める、ガラス固化という処理を行うが、その処理（特に調整と言うこともある）は、その後に行う貯蔵や処分の安全性を飛躍的に高める働きをする。

(b) 廃棄物の管理

廃棄物の管理には、いくつかの段階がある。すなわち、① 廃棄物の発生、② 処理、③ 調整、④ 輸送、⑤ 貯蔵、⑥ 処分である。廃棄物の好ましい対策では、上述の各段階の方策が互いによく関連するように計画され、着実に実施されることが、重要である。廃棄物の発生から処分まで、一貫して行われる活動の全てを廃棄物の管理と呼ぶ。

(c) 廃棄物の処分

以上のように、廃棄物の管理は、発生量を如何に最小にするかというような、廃棄物の発生についての対策から出発し、適切な処理等を経て、最終的に、安全な処分が行われて初めて完結することになる。すなわち、廃棄物の処分とは、廃棄物管理の最終段階で行われる、管理の総仕上げであると言うことが出来る。

注1) 3..1.1 および 3.1.2(1)は「高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か」

(平成4年1月(材)エネルギー総合工学研究所)の該当箇所に若干の訂正を加えて作成したものである。

(2) 投棄から責任ある処分へ

(a) 処分についての国際的合意

放射性廃棄物、特に高レベル放射性廃棄物については、その技術面だけでなく、処分の基本的な考え方、あるいは、処分の原則について、早くから国際的な検討が行われてきた。そのような検討の成果として、1989年には、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全の原則が、国際原子力機関（IAEA）から公表された。この中で最も基本的な原則は、将来の世代への責任に関するもので、大筋の内容は次のとおりである。

- ① 第1の原則は、将来の世代への負担を最小にするために、現世代は高レベル放射性廃棄物を安全に処分しなければならないということであり、
- ② 第2の原則は、処分をする場合、将来の世代の介入に頼って、初めて長期の安全性が確保できるというような他人任せではいけないということを定めている。

(b) 最後まで責任をとる処分へ

従来、廃棄物は人間の周辺の環境あるいは生活環境に捨てられてきた。今日では、廃棄物の再利用の努力もなされるようになってきたが、廃棄物の全てを再利用できないとすれば、処分は今後も避けることはできない。しかも無責任な投棄は許されなくなってきたおり、過去のそのような行為が社会問題化している。今や、廃棄物の処分をどうすべきかは社会の大きな課題になってきている。

このように考えると、先に挙げた高レベル放射性廃棄物の処分の安全の原則は、投棄あるいは捨てる処分から、最後まで責任をとる処分への変革を、各国共通の目標として明確に宣言したものと言うことが出来る。

3.1.2 地層処分とは

(1) 地層処分の基にある発想

地層処分がどのような発想を基にしているかを見ることにより、地層処分とはおよそどのようなものかについて概略のイメージを持つことが出来る。米国科学アカデミーが公刊した地層処分に関する報告書の中に、次のような記述がある。ここで地質隔離（Geological Isolation）という言葉は、地層処分と全く同義に使われている。

地質隔離とは、一つの鉱山を作ることに相当します。ただし、その場合は、鉱石は採るのではなく、地中に後から入れ込むことになります。

(NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, 1990)

地下に有用な地下資源あるいは鉱床が眠っているという表現をすることがよくある。鉱床には、金、銀、銅、鉛、亜鉛というような金属鉱床、ウラン鉱床、石油のような液体の鉱床など様々な種類がある。これらの何れの鉱床も、人間が採掘しない限り、殆ど永久に眠り続けるものと考えられている。また、考古学的に貴重な遺物が地下に埋没して、極めて長期にわたり殆ど完全に保存されていることが発見されることがあるが、このことから、地下には、物を非常に長期にわたり閉じ込める機能があると考えることが出来る。そのような機能を使って、放射性廃棄物を閉じ込めることができ、地層処分の発想の元になっている。

改めて地層処分の基になっている発想とは何かと言えば、地下という空間と、そこに広く存在している、物を長期に閉じ込めるメカニズムを活用して、高レベル廃棄物のように長寿命の放射性廃棄物を安全に処分しようということである。言い換えると、地層処分とは、地下資源を採掘するのとは逆のやり方で行う、新しい地下利用の一つと言うことが出来る。

(2) 国際的な議論と1990年代初期までの専門家のコンセンサス

(a) OECD/NEAの1982年の報告書

OECD/NEAの1982年の報告書、「放射性廃棄物の処分、含まれる原則の全体像 (Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved, 1982 OECD/NEA)」では、研究開発が相当の成果を上げるような段階になって、専門家が国際的な場で放射性廃棄物処分の原則について改めて検討し、その結果をとりまとめた。報告書では、おおよそ次の流れに従って議論が行われた。

- ① 倫理に関する考察
- ② 意思決定の方法に関する考察
- ③ 具体的な対策の選択

倫理に関する考察では、将来世代の幸福あるいは繁栄についての極めて一般的な原則について考察し、放射性廃棄物についても、このような一般的な原則が適用されることを提示した。その具体的な内容については既に述べた通りであるが、大きく分けると次の三種類の原則である。

- ① 将来世代の幸福あるいは繁栄についての3原則
- ② 将来世代に対する責任
- ③ 世代内、世代間の公平性

次に、意思決定において検討されるべきものとしては、特に次の3つのこと上げている。

- ① 適切な資源配分
- ② コスト・ベネフィット評価
- ③ 世代間の意思決定

放射性廃棄物管理に関する意思決定は、複数世代にわたり行われる可能性があることを指摘し、このような課題の意思決定のあり方について考察した。

具体的な対策の選択では、上述のようなフィロソフィーの検討、意思決定の問題の考察の結果、高レベル放射性廃棄物の管理についてどのような選択が望ましいかに関し、具体的な対策を選択する際にどのような視点からの検討が必要か検討し、次の二つを抽出した。

① 「受動的なシステム」と「永久の関与」

地層処分は本来受動的なシステムであるが、その具体的な選択は、地層処分の長期性を考えると、現実的な選択は、「人間の関与に信頼を置かない」という考え方と「制度的管理による継続的バックアップを要求する」という考え方の間で選択されるものである、としている。

② 制度的管理の有効性と限界の見極め

制度的管理については、ある期間については有効であろうことを認めつつも、問題はどのくらいの期間であれば認められるかということであるとして、無制限な制度的管理の議論は不毛に終わることを指摘した。結論として、制度的管理は、その存在と効果が信頼できる期間のみ、処分方法の基本的な構成要素として用いられたとした。

現在では当時より議論が進み、地層処分の段階的な実施と合わせ、世代間の負担と将来世代の選択権をも配慮した形で制度的管理の有り様が議論されている。

次節では、1995年にOECD/NEAから発行された報告書における議論と結論の一つを紹介する。

(b) OECD/NEAの1995年の報告書

報告書「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎、経済協力開発機構（O E C D）／原子力機関（N E A）の放射性廃棄物管理委員会（R W M C）の集約意見」は、環境的および倫理的な視点から長寿命放射性廃棄物の処分を体系的に考察した文書である。技術的実現可能性が明らかになってきた段階で、地層処分を公正と公平の点から改めて考察したものである。特に、次の二点からの考察に焦点が当てられた。

- 将来世代にリスクの可能性と負担を残すであろう現世代の責任に関して、世代間の公平（世代間の公平性）、および

- 実施されることになる廃棄物管理の解決方法に関する資源配分のバランスおよび公正で開かれた意思決定過程に現在社会の様々な層の参加を得ることに関して、世代内の公平（世代内の公平）。

(OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, 1995)

報告書では、委員会の集約意見として、次の結論を述べている。

- ・地層処分方策は、基本的な倫理的および環境的考察に対して敏感であり、即応的であるように計画され実施され得ることを確認し、
- ・環境的にも倫理的にも、数百年以上にわたって生物圏から隔離されるべき長寿命放射性廃棄物に対する地層処分場の開発を続けることは正当化されると結論し、
- ・地層処分計画を段階的に実施することにより、科学の進歩と社会の受容性に照らし合わせて、数十年にわたって状況の変化に適応できる余地が残り、将来他の選択肢が開発され得る可能性を排除しないことを結論する。

(OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, 1995)

このように、地層処分の方法による長寿命放射性廃棄物の隔離の開発の正当性を認める一方で、段階的に進められる地層処分は、制度的管理も含む柔軟な対応が可能な方法であるとの認識を示している。

3.1.3 隔離概念と制度的管理の議論

1990年代になって特に注目されてきた論点の一つは、隔離の概念に基づく地層処分は、専門家が考えていたほどには必ずしも社会に容易に受け入れられるものではないということである。そこで浮上してきたのが、廃棄物の再取り出しの可能性も含む制度的管理を導入した地層処分の具体的な議論であるということができるであろう。この関係を端的に示しているのが、先にも紹介した、1995年のOECD/NEAの報告書である。次のように簡明に記述している。

- ・長寿命の放射性廃棄物を地下深く、安定な地層に処分する技術的利点に関して、広範な国際的意見の一一致がある。多重バリアシステムによって、極めて長期間にわたって生物圏から廃棄物を隔離し、数千年後に生物圏に到達する放射性物質は、例えば自然の放射能バックグラウンドと比較して些細な濃度であることを保証し、不注意な人間が処分場に侵入するリスクを許容できる程小さくするであろう。このよう

な最終処分解決策は、人間による更なる介入や制度的管理を必要とせず、本質的に受動的でかつ永続的なものである。

- ・多くの国の廃棄物の処分に関する要件では、安全性以外の見地からは長期管理について特に規定を設けておらず、従って、禁止もしていない。
- ・地層処分の概念である受動的な安全性、それに関連した公衆の意見、また規制要件を勘案すると、地層処分システムとしてモニタリングや廃棄物の再取り出しなどの制度的管理を適切に組み込むことを最初から排除すべきではないと考えられている。
- ・このようにすることによって、将来の決定者は、そのような管理を導入することもしないことも選択しうる柔軟性のある概念が提示されることになる。
- ・以上のような選択の余地のある柔軟な概念と決定のプロセスが用意されていることが、公衆の信頼を高めていく可能性は大いにある。

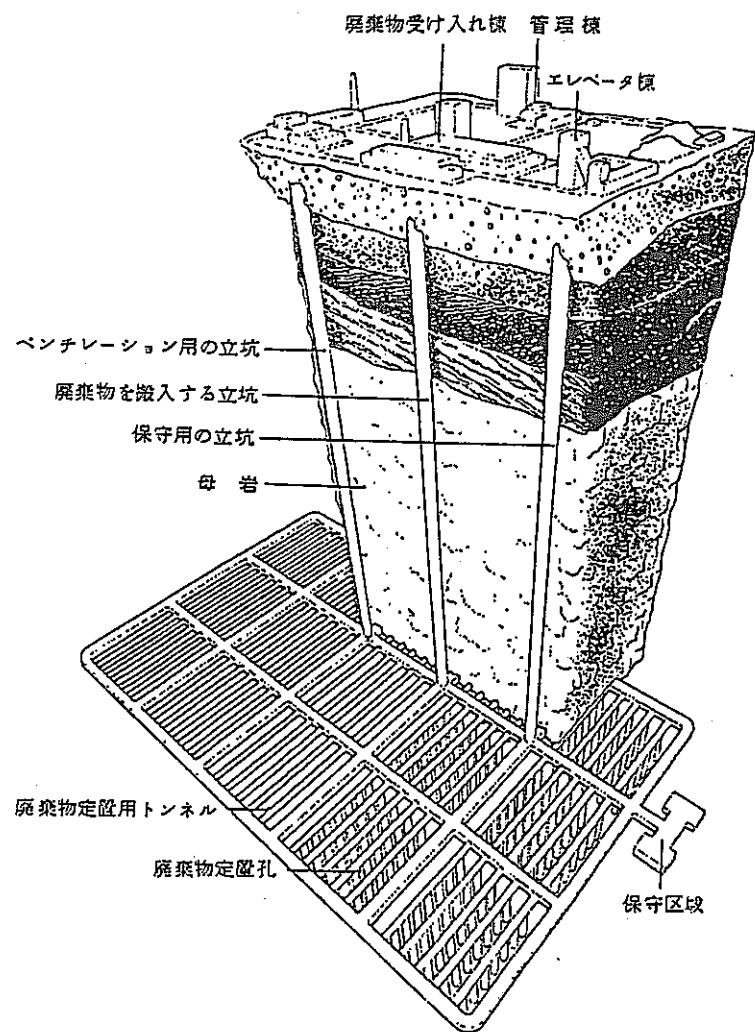


図2 地層処分場の概念を示す例
(OECD/NEA 1988 による)

参考文献

- NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, 1990
- OECD/NEA, Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved, 1982
- OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency, 1995

3.2 地層処分コンセプトとクライティリア

3.2.1 地層処分コンセプト

(1) 地層処分コンセプトの定義

始めに地層処分コンセプトには一般的に次のような定義が考えられている。

地層処分という大枠を前提とし、特定の地層処分の方法を特徴づける技術および社会の両面からの「構想」あるいは「基本構想」

(2) 地層処分コンセプトと研究開発：専門家と一般市民の関係

技術的には地層処分コンセプトはその後の設計の元になる基本構想であるが、それとはまた別の役割を持つことも期待される。それは、専門家と一般の人々との間の対話を可能にするという役割である。

専門家：技術面、行政面を問わず、地層処分に直接関係している人々

一般市民：専門家以外の全ての人々

専門家は、自らの研究の内容をコンセプトとして表現し、一般市民に提示することができる

一般市民は、コンセプトのレベルでは専門家に対して意見を伝達できる

→ 専門家と一般市民は、コンセプトを媒介として対話できる

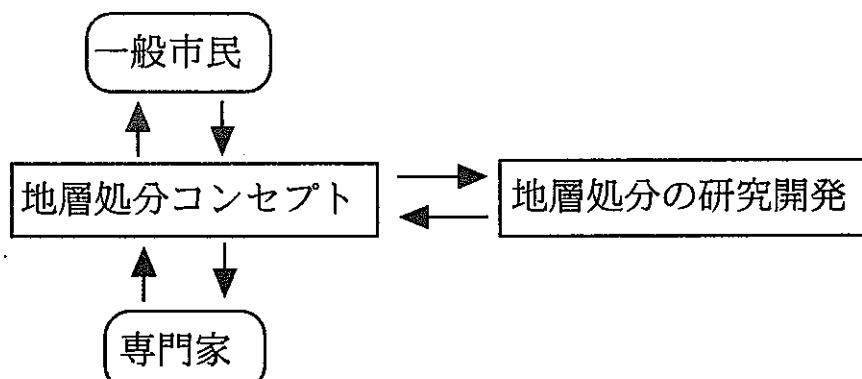


図3 地層処分コンセプトと研究開発

(3) 地層処分コンセプトに対する要請

前述したコンセプトに対し、米国NRCの報告書、フランスのバタイユ報告書およびOECD/NEAの「環境と倫理的基礎」の報告書は、それぞれの立場からであるが、コンセプトに対する要請とでもいうべき内容を示している。

(a) 米国NRC報告書

第1－公平性

- ・廃棄物プログラムの目標は、安全な処分を、大きな不公平なしに達成すること
- ・公平な手続きを重視すると同時に、影響を受ける人々が自らの価値観に照らして公正と判断できる解決策を追求するアプローチが必要

第2－処分技術の信頼性

- ・処分技術の信頼性の基礎となる要因、・遠隔性、・工学的設計、・数学的モデリング、・性能評価、・ナチュラル・アナログ、・予期しない事象が発生した場合に補修措置をとる可能性

第3－安心のできる要件

その要件とは、長期的安全性を指向する慎重な工学的アプローチに、柔軟性と補修的措置を受け入れ得る制度的な仕組みを結合すること

(b) フランス・バタイユ報告書

「核のごみ捨て場」のイメージを克服すること：

- ・放射性廃棄物のごみ捨て場というイメージと一緒にでは、住民が気持ちよく処分場を受け入れるとは思われない。
- ・処分場はごみ捨て場ではないと言うだけでは十分ではない

(c) OECD/NEA報告書「環境と倫理的基礎」

「公正さと公平性」：

放射性廃棄物の長期的管理の対策が受容されるかどうかの評価では、世代間および世代内の「公正さおよび公平性」が考慮されなければならない

「2種類の倫理問題」：

第一：世代間の公平性を達成すること

原子力の場合、既に廃棄物は存在するので、原子力の将来がどうなっても、廃棄物管理の問題には直面せざるを得ない

今日の世代に許される時間枠の中で、達成することが望ましい対策は、技術開

発と処分場の立地である

第二：同一世代内の公平性を達成すること

公平性が問われるのは、財源の分配、意思決定の過程に公衆が参加できるかというような問題である

「計画を段階的に進める」：

地層処分計画を段階的に進めることにより、科学の進歩と社会的な受容性に適応する可能性を数十年にわたり保持するとともに、遅い段階においても地層処分以外の処分方法を開発する可能性を開いておくことができる

3.2.2 地層処分クライテリア

(1) 「H L W地層処分の放射線防護と安全規準」に関するO E C D / N E A ワークショップ(1991)

O E C D / N E A に常設されている2つの委員会、放射性廃棄物管理委員会(RWM C)および放射線防護と公衆の健康委員会(C R P P H)が合同で、1990年11月にパリで開催したこのワークショップのテーマは、「高レベル放射性廃棄物地層処分の処分場閉鎖後における放射線防護と安全の規準」であった。目的は、この分野における国際的進展と各国の進展の最近の状況について情報交換および討論を行うことによってこの分野の最新の動向を明らかにすることであった。

このワークショップの中で討論の対象候補として取り上げられた個別的なテーマは：

- (イ) 安全の指標(線量とリスク)
- (ロ) 安全の指標(その他)
- (ハ) 最適化原則(A L A R A)の適用
- (ニ) サブシステム規準の活用
- (ホ) タイム・スケール(時間枠、カットオフ)
- (ヘ) 規準適合の実証
- (ト) その他(人間侵入、集団線量/リスクの活用)

であった。

このワークショップに各国が提出した個別的報告書、および、ワークショップで行われた議論を基に得られた一般的知見(General Observation)として以下の3点が挙げられている。すなわち、(イ) 国際放射線防護委員会(I C R P)の放射線防護の原則、(ロ) 各国の安全規準、および、(ハ) 規準適合の実証である。

この中で、(イ) および(ロ) は、ある程度まで予測されていた事柄の再確認とも言えるが、(ハ) の「規準適合の実証」は、このワークショップの最も重要な結論とされている。この3点について若干の補足的説明を加えると次の通りである。

(イ) 放射線防護の原則

極めて長期の安全対策である「地層処分」についても、ICRPの放射線防護の原則を受け入れていること、

(ロ) 各国の安全規準

一般的な放射線防護の原則を適用するという点で、各国のアプローチは殆ど同じであるが、これらの原則を定量的な安全規準に置き換えるところで国による相違が出てくるとされていること、

(ハ) 規準適合の実証

放射性廃棄物の処分の安全性に関する安全規準の検討が行われているが、『問題の核心は、規準ではなく、特定の地層処分システムがその規準に適合していることを如何にして実証するかにある』という点で専門家の意見が一致したことが述べられている。

(2) クライテリアの考察

一般に、クライテリアは、各国の政府機関によって行われる許認可の過程で使用されるものと考えられているが、地層処分クライテリアには、その他の利用価値も考えられる。

各国における地層処分の研究開発においても、またその国際協力の分野でも、なるべく相互に理解されやすいクライテリアの表現を求めて、十分な時間をかけて努力がなされているように思われる。また、各国のクライテリアについての主張の中には、それぞれの「利害関係」に関する意向が内包されていることも考え得ることである。

そこでこのような視点にたって、次の7項目をクライテリアとして考え、以下、それぞれの項目の考察を行う。

- ・規準適合の実証
- ・処分とゴミ捨て
- ・科学の罠
- ・市民の参加
- ・コミュニケーション
- ・分かり易さ
- ・インクレメンタル・アプローチ

(a) 規準適合の実証

(イ) 「規準適合の実証」は、NEAワークショップ（1991）から取り上げたものである。このワークショップは、文字どおり性能評価等の専門家の会議であり、地層処分クライテリアそのものが討議の対象となっている。会議の結論は「HLWの地

層処分クライテリアの核心となる問題は、規準に対して特定の地層処分システムが規準に合致していることをどうして実証するかにある」としている。

(ロ) 地層処分という超長期の対策が、我が国の社会で広く理解され実施されるためには、地層処分システムの廃棄物の隔離機能に関する技術規準とともに、その規準が十分長期に満たされたことが、予め実証されなければならない。その際、関係者は、①実証の意味、②実証の方法、③実証の成果の解釈等についても大筋の理解が必要である。この分野を専門としない人々にとって、これは容易な問題とは言えない。専門家にはこの分野に関する適切な情報を配布する努力が求められている。日本のクライテリアの検討には、上述の問題に適切な考慮がなされる必要がある。

(b) 処分とゴミ捨て

(イ) バタイユ報告書は、もし地層処分が「ゴミ捨て」と言うようなイメージをもととして人々に理解されているとしたら、地層処分に賛成する人はいないことを強い表現で述べている。

(ロ) バタイユ報告書は、処分について人々の持つイメージがどんなに重大な結果をもたらし得るかを改めて示したものと言える。

一方、わが国の状況を見れば、「処分のイメージ」はフランスの一般市民のそれは、必ずしも大きな相違があるとは言えない。

(ハ) すなわち、我が国では、多くの一般市民は、「廃棄物の処分」と「ゴミ捨て」との区別を明確にしているとは思われない。廃棄物問題が身近にクローズアップされている今日、新しい処分概念が、「ゴミ捨て」といかに違ったものであるか、クライテリアは明快に説明していく必要がある。

(c) 科学の罠

米国の科学アカデミーは、米国のH L Wの地層処分プログラムが順調に進展しない実態を多面的（技術的、非技術的の両面を考慮）に分析し、今後の進め方について提言をしているが、「科学の罠」は、その中で出てくる警告の一つである。N R Cの報告書は、それを次のように説明している。

この罠は、一般市民を促し、処分場の安全性について1万年間の絶対的な保証を期待させ、米国のD O Eの責任者には、そのような保証が可能であるかのように装うことを促すのである。

(NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, 1990)

それは、関係者の誰でもが陥る可能性を秘めた危険な罠であると言える。

(d) 市民の参加

H L Wの処分対策を確立し、それを円滑に実施してゆくためには、少なくとも重要な決定に際して「市民の参加」が必要であるとする主張が広く存在している。今回参照した資料の中でも、(イ) バタイユ報告書、(ロ) N R C 報告書、(ハ) N E A 報告書「環境、倫理面」(1995)、(二) パーカー論文は、一致して市民参加の必要性を述べている。

(e) コミュニケーション

本調査研究で参照した「オリビエ論文」では、地層処分の実施者と規制を行う立場の人（規制者）との間のコミュニケーションの問題が取り上げられ、これが必ずしも容易な問題ではないという認識から、具体的な対応策が提案されている（たとえば、実施者と規制者との間には継続的な対話が必要等）。しかし、このようなコミュニケーションの問題は、(イ) 専門家と一般市民、(ロ) 専門分野を異にする専門家相互等の間にも存在すると考えたほうがよいだろう。

H L Wの処分対策のように、広範な層の人々が参加するプログラムにおいては、コミュニケーションが欠落しないよう工夫が必要である。これもまた、日本の地層処分クライテリアに対する要件としての対応が求められる。

(f) 分かり易さ

地層処分クライテリアは極めて特殊な問題であり、事実上、クライテリアが一般市民の目に触れるることは極めて少なかったと考えられる。しかし今後は、一般市民も H L Wの処分問題に対する関与が不可欠であるとすれば、「地層処分クライテリア」について正確さと分かり易さが要請されるのは当然である。

「北欧諸国のクライテリア(1993)」を地層処分クライテリアの一つの実例として分析し、そこで見られる幾つかの特徴を「クライテリアの分かり易さ」と結びつけて考察した結果、以下のような特徴が挙げられる。

(イ) 報告書の序論

- ・報告書が対象としている人々の中に一般市民、政治家を明確に入れている。
- ・北欧諸国が処分方法として「地層処分」以外を選択する余地を残している。
- ・環境中での滞留時間の長い有害な化学物質と H L Wは共通の処分問題に当面していると言う認識を示している。

(ロ) 長期的側面について

H L Wの処分が、他の核燃料サイクルと異なる重要な点が、「問題の長期的側面」であることから、改めて一つの章を「長期的側面」の説明に当てている。

(g) インクレメンタル・アプローチ

OECD/NEAが組織した「環境および倫理面から地層処分を再検討する」プロジェクトで、改めて注目された事柄は、「インクレメンタル・アプローチ」であったと言える。インクレメンタル・アプローチとは、ここでは地層処分のプログラムを段階的に進める、プロジェクトの一つの進め方を意味している。特に強調されていることは、意思決定もインクレメンタル（段階的）に行われることである。すなわち、処分対策の一つの段階が終わり、新しい段階に進むのは、関係者の納得の上で行われるのである。ちなみに、このアプローチの反対は、Decide, Announce and Defend とされている。

一方、倫理面の考察からの要請は、（イ）世代間の公平性、および、（ロ）同一世代内の公平性であり、後者の（ロ）は、一般市民の意思決定への参加の根拠となっている。

参考：参照した報告書の概要

1. NEAワークショップ（1991）報告書

（OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991）

経済協力開発機構（O E C D）／原子力機関（N E A）の放射性廃棄物管理委員会（R W M C）と国際原子力機関（I A E A）の国際放射性廃棄物管理諮問委員会は共同で、放射性廃棄物処分システムの安全評価について科学的方法について詳細にわたり評価し、その時点におけるこの領域の専門家の共通認識が国際的な集約意見としてまとめられた。さらに、両委員会は、多くの国や国際的枠組みのもとでに行われていた安全評価についての経験などについても評価を行い、その結果が報告書の中では参考としてまとめられた。なお、両委員会がこのような集約意見をまとめるきっかけになったのは、1990年にパリで開催された「放射性廃棄物処分場の安全評価」と題する国際シンポジウムで、各国からの専門家による発表やレビュー、議論などがおこなわれたことである。

同集約意見では、専門家の検討の結果得られたコンセンサスとして次のようなまとめを行った。

N E Aの放射性廃棄物管理委員会とI A E Aの国際放射性廃棄物管理諮問委員会は、

- ・提案されている処分システムの正しい十分な理解は、意味のある安全評価を実施するための基礎的な必要条件であることを認め、
- ・提案された処分サイトからのデータの収集と評価はさらなる進展が必要とされる主要な課題であることに注目し、
- ・安全評価を実施する能力に大きな進展があったことを認め、
- ・定量的な安全評価は定性的な証拠によって常に補われるであろうことを認め、かつ、
- ・安全評価の方法は、進行している研究の結果によってさらに発展しうるし、されるであろうことを注目する。

このような考察に留意し、両委員会は、

- ・注意深く設計された放射性廃棄物処分システムが人間および環境に与える潜在的な長期の放射線学的影響を適切に評価する安全評価の方法は今日得られていることを確証し、かつ、
- ・提案された処分サイトから得られる十分な情報と合わせ安全評価方法を適切に用いることは、特定の処分システムが現在と将来の両方の世代に対する満足す

べき安全のレベルを社会に提供するかいなかを決定する技術的な基礎を用意し
うるものと考察する。

(OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991)

2. バタイユ報告書

(Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Raport sur la
gestion des dechets nucleares a haute activite, par M. Christian Bataille, Depute, 1990)

フランスの科学技術選定評価局派は、1990年12月に、「高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」（以下、「バタイユ報告書」という）を、フランス国民議会に提出した。バタイユ報告書は、フランスにおいて地下研究施設建設のための現地調査が、地域住民の強い反対に遭遇して中断したことを契機として行われた、過去の活動の反省をもとに作成された報告書である。フランスにおける、高レベル放射性廃棄物の処分に関する過去の活動を分析し将来の対策を示す点では、バタイユ報告書は、後述する米国NRC報告書と性格を一にしているが、それが、国会議員、すなわち、政治家が中心になって作成された文書であるため、廃棄物処分の今日的な問題点をNRC報告書とは違ったより国民的な視点から明らかにしており、我が国にとって、極めて貴重な示唆となっている。

バタイユ報告書は、一般企業のビジネス活動の要素、技術、セ-ルス、およびマーケティング、と対比した場合、原子力界におけるマーケティングの一つの雛形であるという見方もある。これは、原子力あるいはさらに広く「技術」の社会的受容の問題を解決しようとする場合、従来の原子力分野の活動には欠けていた新しいアプローチが、バタイユ報告書の中に認められることを指摘したものである。この根底にある考え方は、「技術の価値を決めるのは技術自身にあるのではなく、ユーザーあるいは社会である」ということにある。

バタイユ報告書が改めて提出した最も根本的な事柄は、高レベル放射性廃棄物の処分問題についての意思決定者として、議会あるいは政治家の責任を明確にした点である。これは、この報告書のそもそもの出発点が、廃棄物問題についての意思決定の既存のメカニズムの故障にあり、それから脱出する手段としては、正常な民主的決定方法に依らざる得ないという認識から来る一つの帰結であったと言える。

同報告の序論と結論を除く六つの章には、次のようなタイトルが付けられて、それぞれ論じられている。

- ① 放射性廃棄物は恐れる必要があるのか
- ② H L Wをどうしたら安全に最終処分することができるか
- ③ 何故フランスではANDRAの調査作業が凍結されたのか
- ④ 放射性廃棄物の処分を避けることは可能か
- ⑤ 真の問題：地層処分は本当に危険なのか

⑥ 実際の袋小路から如何にして抜け出るか

3. 米国科学アカデミーの「rethinking」報告書

(NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the Board of Radioactive Waste Management, 1990)

米国学術研究会議 (National Research Council) 1990年、「高レベル放射性廃棄物処分の再検討」と題する報告書を公表した。米国においては、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発が世界に先駆けて開始され、地層処分の実施に向けてのプログラムが進行中であったが、近年、プログラムの円滑な進展に支障があることが明らかになった。この報告書は、このような米国の過去の経過を反省、分析し、根本的には今後何を改めるべきかを提言したものである。NRC報告書は、米国について述べてはいるが、その内容には普遍性があり、我が国にとっても極めて重要な示唆に富む報告書であると言える。

NRC報告書に含まれる内容は非常に豊富であるが、同報告書が要請する、新しい地層処分の枠組みは、次のように理解できる。

- ① 地層処分システムが、通常の工学システムとは異なることを認識すること、
- ② 地層処分の長期的安全性が、科学を適切に活用して解決すべき技術の問題であると同時に、その一部は社会的判断によって決まる技術以外の問題であることを認識すること、
- ③ 地層処分の安全評価を、地層処分システムの挙動についての長期的予測（通常の工学システムの長期予測と同義）と明確に区別すること、
- ④ 地層処分に対する公平性、信頼性等についての道義的、倫理的欲求を、地層処分の本質的要素として認識することである。

報告書の内容構成は次の通りである。

- ① 米国の現行の政策とプログラム
- ② 地質的隔離に関する科学的合意
- ③ 不確実性の取り扱い
- ④ 地質的過程のモデリング
- ⑤ 道徳的、倫理的な問題
- ⑥ 一つの代替的アプローチ
- ⑦ 対策しないことの危険性

4. NEA報告書「環境、倫理面」(1995)

(OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management

Committee of the OECD Nuclear Energy Agency, 1995)

この報告書は、タイトルを「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎」とい、「経済協力開発機構（O E C D）／原子力機関（N E A）の放射性廃棄物管理委員会（R W M C）の集約意見」という形で1995年にまとめられた。環境的および倫理的な面からみた長寿命放射性廃棄物の最終処分の方策を示したものである。報告書は、N E A参加国から提出された研究成果と1994年9月にパリで開催されたN E Aのワークショップでの広範な議論に基づいて作成された。

部分的な議論や記述などは別の場でもあったが、環境的および倫理的な視点から長寿命放射性廃棄物の処分を体系的に考察した文書はそれまでになく、技術的実現可能性が明らかになってきた段階で、地層処分を公正と公平の点から改めて考察したものである。特に、次の二点からの考察に焦点が当てられた。

- 将来世代にリスクの可能性と負担を残すであろう現世代の責任に関して、世代間の公平（世代間の公平性）、および
- 実施されることになる廃棄物管理の解決方法に関する資源配分のバランスおよび公正で開かれた意思決定過程に現在社会の様々な層の参加を得ることに関して、世代内の公平（世代内の公平）。

(OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, 1995)

報告書では、委員会の集約意見において、次の結論を述べている。

- ・地層処分方策は、基本的な倫理的および環境的考察に対して敏感であり、即応的であるように計画され実施され得ることを確認し、
- ・環境的にも倫理的にも、数百年以上にわたって生物圏から隔離されるべき長寿命放射性廃棄物に対する地層処分場の開発を続けることは正当化されると結論し、
- ・地層処分計画を段階的に実施することにより、科学の進歩と社会の受容性に照らし合わせて、数十年にわたって状況の変化に適応できる余地が残り、将来他の選択肢が開発され得る可能性を排除しないことを結論する。

(OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, 1995)

5. パーカー論文

論文の正式なタイトルは、「核廃棄物処分の技術的、哲学的論点」である。これは、米

国オークリッジ国立研究所で長年放射性廃棄物の処分研究室の責任者を務め、米国科学アカデミー／学術研究会議（N A S ／ N R C）の放射性廃棄物評議会（B R W M）の議長も務めたFrank L. Parkerが、1993年にフランスのアヴィニオンで開催された放射性廃棄物に関する国際会議 "Safewaste 93" に提出した論文である。

この論文で同氏は、（1）高レベル放射性廃棄物の処分問題の歴史を、約40年前から振り返り、（2）この問題の技術的論点と、（3）哲学的論点とを指摘し、広い意味での学術的視点から、処分問題を展望している。

同氏は、先に紹介した、米国科学アカデミーの「rethinking」報告書の作成にもあたったため、重複する部分もあるち、視点は「rethinking」報告書と同じである。処分問題の解決にあたって次のような提言を行っている。

- ① 如何なる決定が行われたか、その決定の理由について、透明性と公開性が保持されなければならない。
- ② 政府が、100万年も先の事柄について正確に予測できるとするには、逆効果である。
- ③ 民主的システムについての私の考え方からすれば、成功する唯一の道は、公衆の参加である。
- ④ 社会政策の分野で、技術的な解決方法が有効に働くことは無かったし、今後もないだろう。

6. オリビエ論文

論文の正式なタイトルは、「高レベルおよび長寿命廃棄物の各国規制措置の比較」である。これは、経済協力開発機構（O E C D）／原子力機関（N E A）のJ. P. Olivie（当時の、放射性廃棄物管理の分野における国際協力の責任者）が、1993年にフランスのアヴィニオンで開催された放射性廃棄物に関する国際会議 "Safewaste 93" 提出した論文である。この論文は、高レベル放射性廃棄物の地層処分の規制を対象としているが、その焦点を、次の二つにおいている。すなわち、（1）安全規準の問題と、（2）それに伴う規準適合の実証の問題である。

同論文の結論において、クライテリア問題を次のように表現している。

- ① 多くの国は、既に、一般的な地層処分の安全規準をもっているが、一部の国は近く、規準の改訂を予定している。しかし、その改訂理由は、（1）長期的な安全評価の論理的な道筋と、（2）規準適合の実証プロセスによりよく適合するようにならざるを得ない。そこで、安全性レベルの見直しは予定されてはいない。従って、近く行われる改訂は、本質と、安全性に関するものではなく、むしろ、表現上の問題である。
- ② 放射性廃棄物に対する規準は極めて厳しいものであるが、それにも係わらず、今

日では、そのような規準に合致し得る見込みが得られている。

- ③ 研究開発の継続と、懸案事項として、人間の侵入、および制度的管理の諸問題の研究は、この分野の信頼性の強化に役立つものと思われる。
- ④ 廃棄物処分のために発展してきた規制面のアプローチが、いずれは、他の環境防護の分野でも、専門的で責任あるアプローチの促進に役立つことを、我々は念願している。

7. 北欧諸国のクライテリア（1993）

(The Radiation Protection and Nuclear Safety Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway, and Sweden, Disposal of High Level Radioactive Waste Consideration of some Basic Criteria, 1993)

本書は、使用済み燃料を含む高レベル放射性廃棄物の処分の原則を取り扱ったものであり、北欧5カ国（デンマーク、フィンランド、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン）の放射線防護および原子力安全に係わる当局のために作成されたものである。しかし、処分施設を計画している機関にとっても興味深い内容になっている。さらに、政治家や一般公衆が、高レベル廃棄物に関する問題およびそのような問題を解決するための原則に関する情報源としても用いることができるようになっている。本書がこのような幅広い用途を持つことについて、次のように理由を述べている。

「高レベル廃棄物の処分は、放射線防護や原子力安全ばかりでなく、倫理、社会および政治的考察といった側面を含むからである。」

ちなみに、北欧5カ国は、デンマーク、フィンランド、アイスランド、ノルウェーおよびスウェーデンである。この報告書では、高レベル放射性廃棄物の処分に係わる基本的なクライテリア、特に処分に伴う放射線防護のクライテリアに、また、長期の局面についても重点が置かれている。

北欧クライテリア報告書を分かり易さという視点からみると、以下の例に見られる特徴を識別することが出来る。

- ① 地層処分クライテリアは、通常、専門家の問題と考えられてきたが、報告書は、公衆や政治家にも活用されるようにという意図で作成されている。
- ② HLWを、廃棄物の広い枠組みの中で理解できるように関連記述が行われている。
- ③ スウェーデンに適した、地層処分コンセプトとその包括的安全評価を基礎として、クライテリアの説明、処分計画を提出している。
- ④ 数1000年、数万年という超長期の世界について、北欧諸国の自然を特定した具体的イメージを人々に与えた上で、長期のクライテリアの説明を行っている。
- ⑤ サイト選定、研究開発についての全体的な展望を与え、クライテリアとの関係を明確に示している等である。

報告書は次の6つの章から構成されている。

- 第1章 序論
- 第2章 核燃料サイクル
- 第3章 高レベル廃棄物（H L W）処分の方法
- 第4章 規制面の要請とガイドライン
- 第5章 サイト選定
- 第6章 研究

参考文献

- NAS/NRC, Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the Board of Radioactive Waste Management, 1990
- Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Raport sur la gestion des dechets nucleaires a haute activite, par M. Christian Bataille, Depute, 1990
- OECD/NEA, The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency, 1995
- OECD/NEA Disposal of High-Level Radioactive Waste - Radiation Protection and Safety Criteria, Proceedings of a NEA Workshop, Paris 1991
- OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991
- The Radiation Protection and Nuclear Safety Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway, and Sweden, Disposal of High Level Radioactive Waste Consideration of some Basic Criteria, 1993
- Parker, F. Technical and Philosophical Issues of Nuclear Waste Disposal, Proceedings of International Conference, Safe Waste 93, 1993
- Olivier, J-P., The Comparison of National Regulatory Practices for High-Level and Long-Lived Waste, Proceedings of International Conference, Safe Waste 93, 1993

3.3 安全評価・性能評価

3.3.1 安全評価・性能評価とはどのようなことか

地層の奥深く安定と思われる場所に高レベル放射性廃棄物は処分される予定であるが、処分された廃棄物が将来人間や環境に対して悪影響を及ぼさないことを処分事業の実施に先立って確認し、社会がそのことを納得する必要がある。このために必要になる作業が安全評価と呼ばれているが、これには高レベル放射性廃棄物処分の実施に伴う危険度（リスク）を解析し、結果（安全解析結果）を規準、評価、およびシステムの受け入れ性について検討した結果としての判断と比較する形が取られる。

高レベル放射性廃棄物に含まれるいくつかの核種は、ある種の化学物質の毒性が永久になくならないという種類のものでないにしても、長い半減期を持ち、放射線的毒性が長く続く。従って、高レベル放射性廃棄物の処分の場合には、将来の数千年とか数万年に亘る長い時間を視野に入れた安全性の予測評価を行うことが必要とされる。

一般の人々が、高レベル放射性廃棄物処分の長期の安全性の予測の問題を考えるために、安全評価の内容や手法の詳細について理解することは難しく一般的でもない。

しかし、安全評価がおおよそどのようなステップで行われるかということは、人々がこの問題を考える際のきっかけを与えてくれるものと思われる。OECD/NEAの報告書「長期安全性は評価できるか？　NEA放射性廃棄物管理委員会の集約意見」（1991年）では、附属資料において安全評価手法の概要について一般的アプローチを以下のように紹介している。

（1）安全評価手法の現状の概要

一般的アプローチ

安全評価の一般的アプローチは相互に関連する次の要素で構成される。

- ・選定された処分システムで将来起きる可能性のある事象を広くリストアップする（シナリオ開発）
- ・シナリオに基づく適切なモデルを開発、適用し、事象の結果を定量化する
- ・総合評価により潜在的な放射線影響を評価する
- ・遠い将来事象のモデル化に関する不確実性およびその影響をみる感度解析
- ・評価における全ての構成要素の確証と評価
- ・結果の規準との比較により受け入れ可能性の検討
- ・評価の文書化

これらの構成要素間のフィードバックと全ての構成要素を通じた反復は安全評価の重要な面である。

この一般的アプローチに関して広い国際的なコンセンサスがあるが、安全評価

に用いられるモデルとデータは、廃棄物、コンセプトおよびサイト固有のそれぞれの条件によって異なる。また、処分する廃棄物、および処分システム全体の夫々について明確にし特性を把握することが、安全評価を意味のあるものにするために必要である。

(OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991)

3.3.2 安全評価・性能評価の特徴

新たな人工物は何らかの手続きを経て国民に認知されねばならないが、高レベル放射性廃棄物処分場の場合には社会が認知するに至る吟味の手続きが従来の人工物とは大きく異なる特殊性を持っている。従来の人工物に対しては、社会は利便性と失敗を秤にかけ、さらに失敗が進歩につながる事を期待して失敗をある程度容認しているが、詳細な安全基準の技術的内容に立ち入って興味を示すことは稀で、もしあるとすれば、それを策定した専門家の中立性、学問的良心、または安全基準を実施に移す監督官庁の良心に関心を示すということが多いと思われる。

これを高レベル廃棄物処分場の場合で考えてみると、廃棄物の寿命が個人の寿命を遥かに越えるものであることや評価の対象に天然の地層という不均質でかつ大きな領域が含まれていることから、処分場の試作やテストを繰り返し行って安全性を向上・実証するという従来の経験的な方法論は踏襲できない。こうした事情を考慮すると、最初の処分場が建設される以前に何らかの安全基準を策定しこれを基に詳細な安全評価を行う必要があること、またその結果が国民に受け入れられなければならないことが必要になる。処分場建設以前のさまざまな研究開発の結果定められるであろう安全基準は、直接的な経験の蓄積に乏しい点を考慮して柔軟なものにする必要が指摘されているが、国民の合意を取り込みながら策定することが求められ、そのためには策定過程の透明性と策定する組織の信頼性が極めて重要と考えられている。

このように、高レベル放射性廃棄物処分においては、処分場の建設に先だって、安全基準の策定、安全評価、国民の合意形成を段階的に行う必要があり、しかも基礎となる安全評価は上記の通り、放射性廃棄物が長寿命であることや不均質で大きな領域が評価の対象になることにより間接的な論理の積み重ねにならざるをえないという、これ迄の人工物への対応とは大きく異なった特徴を含んでいることがわかる。

3.3.3 一般的疑問とこれに対する専門家の検討結果

高レベル放射性廃棄物処分の是非について議論される場合、議論の多くの出発点には長い時間の問題があり次のような疑問がしばしば出される。

(1) 超長期の安全性の予測はどのようにして行うか

(2) 遠い将来の不確実性は避けられない。評価結果の信頼性はどのように得られるのか

(3) 遠い将来とはどのくらいの時間を考へているのか

(4) 安全性の判断基準はどのようなものか

以上の課題に関して、専門家はどのように考へているかについて、専門家のおおよそのコンセンサスを、OECD/NEAの報告書「長期安全性は評価できるか？ N E A放射性廃棄物管理委員会の集約意見」（1991年）に基づいて紹介する。

(1) 超長期の安全性の予測、評価結果の信頼性に関する国際的な場での専門家の検討

(a) OECD/NEAの報告書「長期安全性は評価できるか？ N E A放射性廃棄物管理委員会の集約意見」（1991年）

まず第一に、長期にわたる潜在的な放射線学的危険性が十分に把握され、将来の世代が少なくとも我々が受け入れているものと同等のレベルで防護されることを確実にする責任は広く認められている。第二に、この要請の直接の結果として、提案される解決策の長期間の安全性は、処分に先立ち確信を持って示されなければならない。

(OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991)

ここでは、長期の安全評価に関して専門家が共有する見解が述べられており、この問題に対する最も信頼できる内容を含んでいると理解される。

一方同文書ではまた、先に示した2番目の課題；長期安全性を事前に示すことに関して、次の3つの疑問があると指摘している。

それらは、将来の状況の評価に不可避的に伴う不確実性を含め、その評価の可能性と信頼性に関するものである。

- ・ 処分システムのふるまいおよびその人間と環境への潜在的な放射線学的影響が（高レベルで長寿命の廃棄物に対し）数千年以上にわたって（低レベルで短寿命の廃棄物に対しては）数百年以上にわたって良く理解され得るであろうか。
- ・ 専門家および当局者は、予測したふるまいが實際におこるであろうことを代表していると確信できるであろうか。
- ・ 潜在的な放射線学的影響とこのような影響を評価する方法は、広く公衆に対し明確に示し得るであろうか。

(OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991)

このような疑問に対し、専門家の検討の結果得られたコンセンサスとして次のようなまとめを行っている。

NEAの放射性廃棄物管理委員会とIAEAの国際放射性廃棄物管理諮問委員会は、

- ・提案されている処分システムの正しい十分な理解は、意味のある安全評価を実施するための基礎的な必要条件であることを認める。
- ・提案された処分サイトからのデータの収集と評価はさらなる進展が必要とされる主要な課題である。
- ・安全評価を実施する能力に大きな進展があったことを認める。
- ・定量的な安全評価は定性的な証拠によって常に補われるであろうことを認める。かつ、
- ・安全評価の方法は進行している研究の結果によってさらに発展しうるしされる。

このような考察をもとに、両委員会は、

- ・注意深く設計された放射性廃棄物処分システムが人間および環境に与える潜在的な長期の放射線学的影響を適切に評価する安全評価の方法は今日得られている。
- ・提案された処分サイトから得られる十分な情報と合わせ安全評価方法を適切に用いることは、特定の処分システムが現在と将来の両方の世代に対する満足すべき安全のレベルを社会に提供するか否かを決定する技術的な基礎を用意しうる。

ものと判断する。

参考文献

- ・OECD/NEA, Can Long-Term Safety be evaluated ?, An International Collective Opinion, 1991
- ・Waste Management: <http://tauon.nuc.berkeley.edu/tetris/wastemain.html>

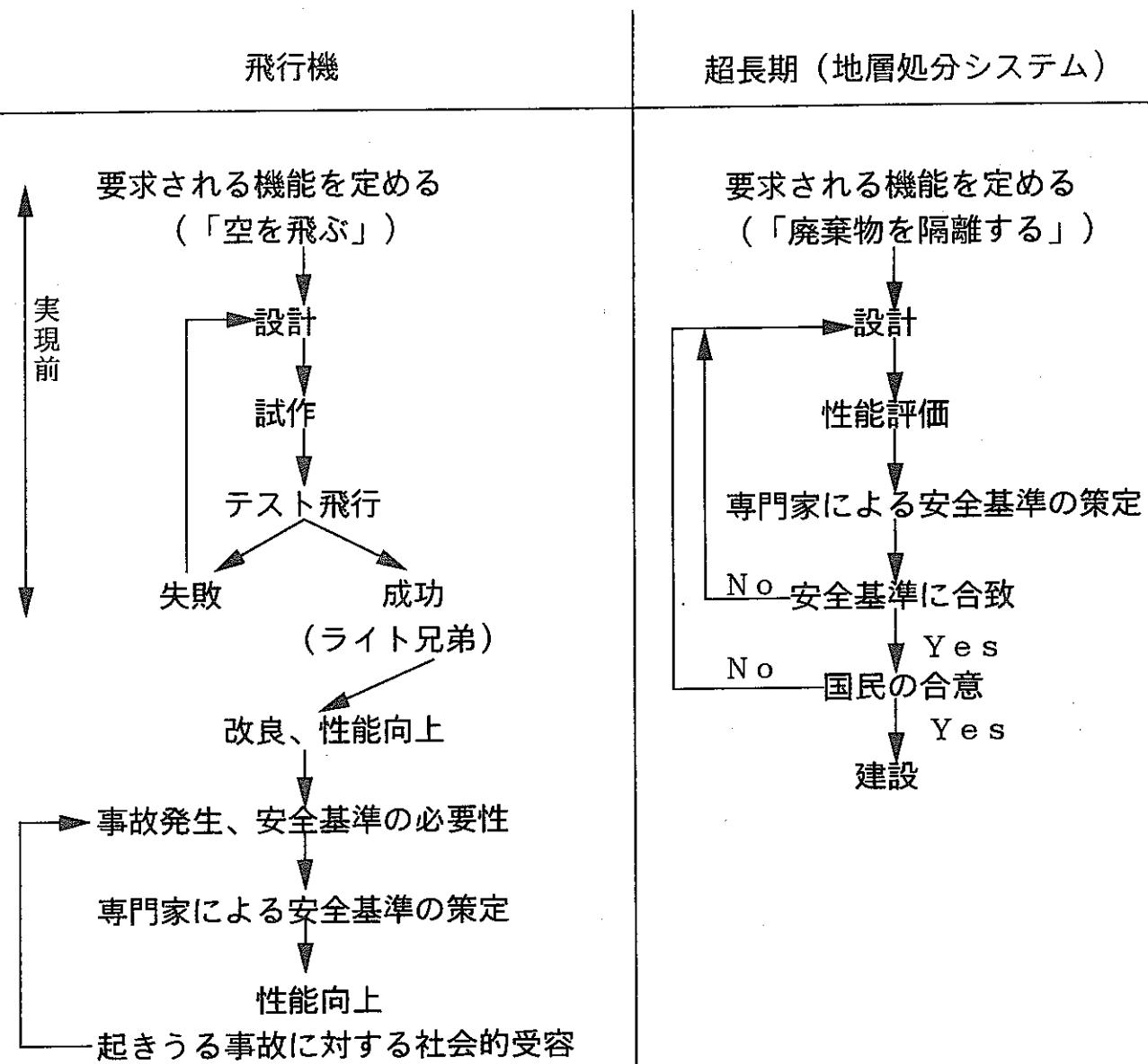


図4 従来型人工物と地層処分システムに対する安全評価の比較
(Waste Management: <http://tauon.nuc.berkeley.edu/tetris/wastemain.html> より)

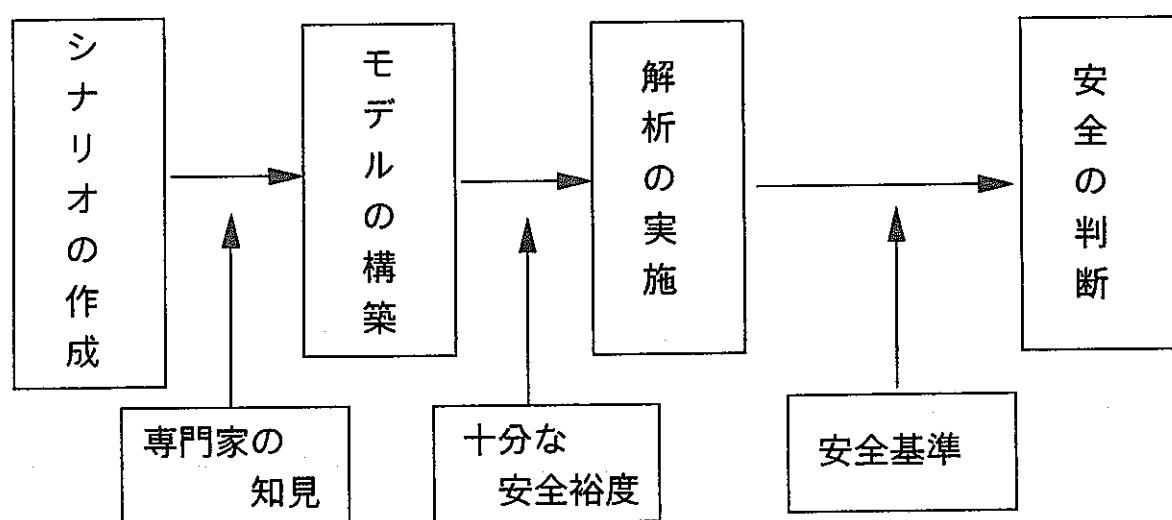


図5 安全評価の流れ

3.4.1 日本の政策

わが国における高レベル放射性廃棄物（H L W）処分に係わる検討は、原子力委員会の専門部会が中心になって進められてきている。

昭和37年（1962年）4月に公表された原子力委員会、廃棄物処理専門部会の中間報告において、わが国で初めて高レベル放射性廃棄物の処分の考え方と具体的な方法の検討が行われた。

1970年代に入ると、米国等諸外国における状況も参考にしつつ、より具体的な検討がみられ、昭和51年（1976年）に公表された原子力委員会、放射性廃棄物対策技術専門部会の中間報告において、「地層処分」が有望であるとの考えが示された。

1980年代には、1970年代半ばから開始されたガラス固化処理に関する研究開発の成果を受けて、地層処分を具体的にどのように進めるかを検討する段階にまで達した。

1990年代になると、1970年代から進められてきた地層処分に関する基礎的な研究開発の成果をとりまとめるとともに、地層処分の実現化を目指した研究開発が展開されることとなった。そのような研究開発の進展を踏まえ、この年代になると、処分の事業化のための具体的な検討が始められた。

以下、年代毎に、主要な検討概要について述べる。

（1）1960年代

初めて検討結果が公表されたものは、昭和37年（1962年）4月の原子力委員会、廃棄物処理専門部会の中間報告である。同報告書では、H L Wの処分方式について次のように述べている。

処分を行なった後は管理を要しない段階の処分方式を確立する必要がある。この最終処分方式としては次の2方式があげられる。

- (1) 容器に入れて深海に投棄すること。
- (2) 放射性廃棄物を人の立ち入ることの不可能かつ漏洩の恐れのない土中に埋没したり、天然の堅牢な洞窟あるいは岩石層に入れること。

-----、国土が狭あいで地震のあるわが国では、最も可能性のある最終処分方式としては深海投棄であろう。

（昭和37年4月、原子力委員会、廃棄物処理専門部会の中間報告）

用語の使い方には現在とは若干違いがあるものの、最終処分を、「処分を行なった後

は管理を要しない段階の処分方式」としており、取り扱いに対する基本的な考え方がすでに見られる。ただし、その方法は深海への投棄を第一に目指していたことがわかる。

1960年代の初期には、専門家の間では、低・中レベル放射性廃棄物の処分方法として、海洋への投棄が一般的であった。しかし、高レベルのものについては、「その研究の進展により、安全性が確認されるまでは行うべきではないと考える。」として、慎重に対処することを述べている。

さらに、現在の地層処分に近い概念ではないかと思われる「人の立ち入ることの不可能かつ漏洩の恐れのない土中に埋没したり、天然の堅牢な洞窟あるいは岩石層に入ること」については、「放射性廃棄物の処分の可能な場所の調査発見には努力すべきであろう」（昭和37年4月、原子力委員会、廃棄物処理専門部会の中間報告）として、調査研究の必要性を述べている。

一方で、昭和39年（1964年）の原子力委員会、廃棄物処理専門部会の中間報告では、放射性廃棄物全般の処分方式として、「閉じ込め方式」、「拡散方式」、および「準閉じ込め方式」が考えられるとし、高いレベルの廃棄物を永久貯蔵地域等に廃棄貯蔵する場合は閉じこめ方式であるとしている。

（2）1970年代

1971年には、東海村において再処理工場の建設が開始され、再処理に伴って発生するH L Wの処理、処分方法について海外諸国の状況も参考にしつつ具体的な検討が開始された。

昭和48年（1973年）6月に公表された、原子力委員会、環境・安全専門部会放射性固体廃棄物分科会の報告書では、放射性廃棄物の陸地処分の方法として、具体的に検討された3つの方法が提言された。

- ① 回収または再処分を前提とした、人間の管理下における陸地の保管施設を用いた保管（以下陸地保管という）
- ② 地中施設への永久処分
- ③ 地中への直接永久処分（地中埋没）

（昭和48年6月、原子力委員会、環境・安全専門部会放射性固体廃棄物分科会の報告書）

次に原子力委員会は、昭和51年（1976年）10月に、放射性廃棄物対策技術専門部会の検討結果等に基づき、高レベル放射性廃棄物対策についての方針を示した。その基本

は、

量的には極めて少ないが、半減期が長くかつ高い放射能を有しているので、環境汚染を防止する見地から、半永久的に生活圏から隔離し、安全に管理することが必要である。 (昭和51年10月、放射性廃棄物対策技術専門部会報告書)

として、初めて「隔離」の概念を明確に打ち出している。また、基本的な進め方は、

高レベル放射性廃棄物は安定な形態に固化し、一時貯蔵した後、処分するものとする。 (昭和51年10月、放射性廃棄物対策技術専門部会報告書)

として、現在に至る基本方針を定めた。

処分の具体的な推進方策については、

当面地層処分に重点をおき、わが国の社会的、地理的条件に見合った処分方法の調査研究を早急に進め、今後3~5年のうちに処分方法の方向付けを行うものとし、さらに昭和60年代から実証試験を行うことを目標とする。

(昭和51年10月、放射性廃棄物対策技術専門部会報告書)

として処分の実現に向けた具体的なマイルストーンを示すとともに、実証試験を昭和60年代から行うとする目標を掲げた。

1970年代は、従って(1)高レベル放射性廃液の固化方法に関する研究開発が進み、ガラス固化についての基礎的な知見を蓄積する一方、(2)HLWの処分概念として生活圏からの隔離を明確にするとともに、(3)高レベル放射性廃棄物は安定な形態に固化し、一時貯蔵した後、処分するものとする、現在に至る基本方針が定められた年代であったと整理することができる。

一方、この年代の海外の状況に目を転じると、米国においては、1970年から72年にかけて、カンザス州のライオンズにおいて岩塩処分プロジェクトの動きがあった他、1978年には、ヤッカ・マウンテンにおいても最初のボーリング調査が行われており、地層処分を前提とした処分場開発を目指した調査活動が開始されている。ヨーロッパではスウェーデンにおいて、1977年に閉山したストリーパ鉄鉱山の廃坑を利用して、地層処分の成立性を技術的に示すことなどを目的とした調査研究がスタートし、1980年からはOECD/NEAを幹事とした国際共同研究に発展している。

(3) 1980年代

1980年代には、いくつかの国で地下研究施設を設置しての研究開発がスタート（ベルギー、カナダ、など）するとともに、それまでの調査研究の成果をとりまとめて、地層処分の技術的成立性等（スウェーデン1983年、スイス1985年、など）が示され始めた。米国においては、複数の処分場候補地から、最終的にヤッカ・マウンテンが法により指定され（1987年）、処分場開発に向けた活動が大きく動くこととなった。

わが国では、1984年に地下研究施設を中心とする幌延貯蔵工学センター計画の誘致が幌延町で決議された。また、釜石鉱山においては、1988年から原位置試験が開始されている。

わが国の政策は、昭和55年（1980年）12月に公表された、原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の報告書において、地層処分の基本的考え方以下のように示された。

地層処分の意図するところは、地層中に埋設した放射性廃棄物からの放射能の人間環境に対する影響が放射能の減衰によって充分小さくなるまでの間、人間環境から放射性廃棄物を隔離することであり、その手段として「障壁（バリア）」と「人間環境からの距離」を利用することである。

（昭和55年12月、原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の報告書）

また、研究開発の手順を、（1）可能性ある地層の調査、（2）有効な地層の調査、（3）模擬固化体現地調査、（4）実固化体現地調査、（5）試験的処分、の5段階を経て行うことを定めた。

これに基づき、動力炉・核燃料開発事業団（当時）は第1段階の「可能性ある地層の調査」を進め、その結果を昭和59年に原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会に報告した。同専門部会は、その結果を検討し、同年8月の中間報告において、我が国における「有効な地層」としては、未固結岩等の明らかに適性に劣るものは別として、「岩石の種類を特定することなくむしろ広く考え得るものであることが明らかとなった」との評価結果を示した。

さらに、同中間報告では翌昭和60年（1985年）に公表された専門部会報告書では、5段階による地層処分の研究開発手順を見直し、第2段階以降の進め方を次のように改めた。

高レベル放射性廃棄物の処分の実施に向けての今後の進め方は、先の中間報告を踏まえ、処分予定地の選定（第2段階）→処分予定地における処分技術の実証（第3段階）→処分場の建設・操業（第4段階）という段階を踏むこととしている。

(昭和60年10月、原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の報告書)

さらに、改められた手順に合わせ、処分予定地の選定は、動力炉・核燃料開発事業団が電気事業者など関係者の協力も得て行うものとする一方で、処分を行う主体についての検討も行い、次のように結論している。

国の責任の下に処分の実施を担当していく主体については、開発プロジェクトとの連続性の確保にも配慮しつつ、開発プロジェクトの今後の進展状況を見極めた上で、適切な時期に具体的に決定するものとする。

(昭和60年10月、原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の報告書)

このように、1980年代は、70年代を通じて蓄積されてきた研究開発の成果に基づき、まず、実固化体による試験的処分を目指した研究開発手順が示され、(昭和55年(1980年))。その後、第1段階である「可能性のある地層の調査」結果が原子力委員会の専門部会に報告・評価され、その結果に基づき、研究開発の手順が見直され、実際の処分場の開発の手順を示す方向へと大きな転換が行われると共に(昭和60年(1985年))処分の実施主体について、研究開発の主体とは別に、別途適切な時期に具体的に決定することとされ、処分の実施に向けた制度作りのための検討がスタートした。

なお、この時期は、北海道幌延町において、地下研究施設を含む貯蔵工学センター計画の受け入れ決議(昭和59年(1984年))を踏まえて、地表での調査など具体的な活動が一部進行した時期でもあった。

(4) 1990年代

1990年代は、処分計画の見直しと新たな方向へ歩を進めた年代とみることができる。

具体的な事例は、まず海外において見られる。一つは、フランスにおける地下研究施設立地に端を発したモラトリアムと新しい法律の制定である。ここでは、地層処分に係わる研究の他、長期貯蔵、核種変換の代替方法についても研究開発を並行して行い、15年後に最終的な進むべき方向を選択をするように定められた。また、研究開発の成果については毎年議会に報告し、議会によるレビューを受けることとされた。二つ目は米国の科学アカデミーの国家研究協議会による地層処分を「再考(Rethinking)」したレポートの公表であり、それまでの米国の硬直化した進め方に反省を促すとともに、意思決定においては市民の参加が不可欠であることも指摘した。

一方で、国際機関では、地層処分研究開発の進展（例えば、OECD/NEA, 1991）をまとめる一方で、環境問題に対する社会の意識の高まりを受ける形で、OECD/NEAは、放射性廃棄物処分に係わる環境と倫理に関する報告書を公表した（OECD/NEA, 1995）。

このような例に見られるように、1990年代に入ると、技術的側面に加えて、地層処分と社会との関わりが具体的な形で論じられるようになったのが特徴的と言える。

わが国でも、技術的には1992年に動燃事業団が地層処分研究の中核推進機関としてそれまでの成果の第1次取りまとめを行い、地層処分の安全な実施が可能である事を示し、これを国に報告し概ね妥当との評価を得た。次の段階としては、原子力委員会が作成した指針に基づき、その後の進捗を取り込んで地層処分の技術的信頼性を示すと共に安全基準の策定に資する目的の第2次取りまとめを2000年前迄に作成し国に提出することになった。

一方で、社会的側面に関して、1995年の原子力委員会決定により、高レベル放射性廃棄物処分懇談会が設置され、以下のような検討を行うこととされた。

「高レベル放射性廃棄物処分懇談会」を設け、国民各界、各層より英知を集め、来るべき21世紀を迎える時に際し、高レベル放射性廃棄物処分の円滑な実施への具体的取組に向けた国民の理解と納得が得られるよう、社会的・経済的側面を含め、幅広い検討を進める。（平成7年9月、原子力委員会決定）

平成10年（1998年）5月に公表された同懇談会の報告書では、放射性廃棄物の処分問題が一般の人々の意識からは遠いところにあること、その原因を分析して（差し迫った問題意識の欠除、専門家の議論の偏重、議論の場・情報の少なさ、処分問題の長期性の馴染み難さ等）、関係者の努力が必ずしも十分でなかったことを指摘した。この報告書は、地層処分に關係する専門家によって作成されてきた従来の報告書とは異なり、広く社会的、経済的視点から、この問題を検討することに注意を促したという意味において、時代の要請に即した新しい方向を示すものである。

3.4.2 海外の状況

3.4.2.1 欧米主要国

(1) カナダ

カナダにおける地層処分オプションの開発は、1977年の国家諮問委員会（通称ヘア委員会）の報告書で始まった。ヘア委員会報告書の勧告を踏まえて、カナダ連邦政府とオンタリオ州は（カナダにおける原子力開発の中心）、カナダで発生する使用済燃料の「安全で恒久的な処分を確保するために」、1978年に核燃料廃棄物管理計画を策定した。ここでは、政府所有のカナダ原子力公社（AECL）は、「火成岩層内への深地層処分」に関する研究開発を、また、オンタリオ州所有の電力会社であるオンタリオ・ハイドロ社は、使用済燃料の貯蔵と輸送に関する技術開発を分担した。研究の対象地層は、オンタリオ州とカナダ中央部のほとんどを覆って広範囲に存在するカナダ楯状地の花崗岩層である。

深地層処分概念は、カナダ楯状地の地表から500mから1,000mの深さの安定した地層にヴォールトを建設し使用済燃料を処分するというものである。使用済燃料は、耐食性のコンテナの中に格納して密閉し、このヴォールトに定置される予定となっていた。当初は、ヴォールト内の処分室内側に掘られた縦穴にチタニウム製のコンテナを定置する想定であったが、AECLは後にこれら処分室の床に銅製のキャニスターを定置する方法、すなわち、回収の容易な代替策も含める方向に拡張した。「立穴内への定置」あるいは「処分室の床への定置」のいずれの様式においても、この定置キャニスターの周りには特別のバッファ一材と埋め戻し材が配置され、それらが処分室や縦穴に充填されることになる。

カナダ連邦政府とオンタリオ州政府とは、研究施設の立地問題を踏まえた1981年の共同声明の中で、この処分概念が政府と一般公衆の両者により受け入れられないかぎり、処分サイトの選定作業には入らないことを発表した。この決定は、この処分概念が受け入れられた後になるまで、処分サイトの選定とその後の運用に対して、どの機関が責任を負うのかを決定する必要がないことを意味している。

連邦政府は、核燃料廃棄物処分概念の安全面、環境面および社会経済面への影響を評価するために、1989年に核燃料廃棄物管理・処分概念環境影響評価パネルを設置した。同パネルでは、1992年にAECLが廃棄物処分概念に対する環境影響評価書（EIS）を作成するまでの指針を策定している。

このEISは、AECLが開発した処分概念の概要を示すと共に、その実現性や安全性について判断をすることになる文書である。処分サイトの選定は処分概念に対する承認が得られるまでは行われないことから、このEISでは、如何なる個別のサイト、あるいは、サイト特定の設計も評価しなかった。AECLでは、想定したシステムに対する評価として2つのケーススタディ、すなわち、閉鎖前の期間を対象にした評価と閉鎖後の期間を対象にし

た評価とを実施した。AECLには、その処分概念がたとえ受け入れられたとしても、その概念を実行に移す役割は与えられていない。しかし、このEISでは、この処分概念の実施についてAECLがどのように提案するかも検討している。

AECLは、15年の研究開発成果を集約したEISを1994年9月に評価パネルに提出した。パネルは、この処分概念自体とEISにおいて示されたAECLの見解の両者に関して、1996年3月から1997年3月にかけて公聴会を開催し、一般市民、産業界の代表および技術的専門家からの意見を聴取した。広範な公衆によるレビュー・プロセスの後に、環境影響評価パネルは、1998年3月に処分概念の安全性と受け入れ可能性、さらにカナダにおける核燃料廃棄物長期管理の次の段階に関する勧告をまとめた報告書をカナダ連邦政府に提出した。パネルが示した結論は、結局のところAECLが開発した処分概念は、技術的には安全であるものの広範な公衆の支持は得られていないというものであった。

カナダ連邦政府は、環境影響評価パネルの報告を受けて、AECLが提案した処分概念を現実の立地プロセスに進めていくかどうかについて検討し、1998年12月に対応を発表した。所管の天然資源相はパネルの勧告を尊重しつつ、1996年に設定した長期的核燃料廃棄物管理の3つの基本政策目標（廃棄物基金の設立、廃棄物管理機関の設立、政府の監督）を達成するため、関係者と協議を重ね1年内に優先オプションを提示するとしたものである。

一方、カナダ国民は、核燃料廃棄物の管理を含む原子力活動の規制に対して、保険、安全性、保安および環境保護に関する厳格な基準の適用を期待している。1997年3月に裁可された「原子力安全および管理法」(NSCA)によって、1946年の原子力管理法が近代的なものと置き換わることとなる。この新しい法律は、核燃料廃棄物管理を含む原子力産業のより明確で効率的な規制を規定するものである。この法律によって、原子力管理委員会(AECB)後継機関であるカナダ原子力安全委員会(CNSC)が、廃棄物発生者に対し許認可条件の一つとして、財政的な保証を要求することができるようになり、これによって原子力施設のデコミッショニングや廃棄物管理の費用が許認可保持者によって確実に負担される用になろう。カナダ原子力安全委員会は処分場要件を改正する見込みであり、他の規制もより明確なものにするために、その全てを全面的に見直す作業も行っている。このカナダ原子力安全委員会は、米国の原子力規制委員会により近い機能を有したものと考えられている。

(2) 米国

高レベル放射性廃棄物を地下深くの地層中に処分する構想は、米国原子力委員会(AECA)の依頼により、1955年にプリンストンで地質学者、地球物理学者らが集まって開催された会議で始めて議論され、1957年9月に米国科学アカデミーの報告書「陸地における放射性廃棄物の処分(The Disposal of Radioactive Waste on Land)」で提唱され

た概念を公表している。

1960年代には岩塩層への処分に関する検討が続けられ、1970年代にはより系統的な研究開発が進められた。1970年代に始まった全国規模での、処分場として有望なサイトを選定する過程で、1976年に米国地質調査所よりネバダ州のユッカ・マウンテン地域が指名されている。1980年代に入ると、1982年に核廃棄物政策法が制定され米国における地層処分計画に大きな転換が起った。同法は現在まで続いている包括的な処分計画の骨格を提示するものであるが、ここでは、二つの処分場を選定するためのプロセスとスケジュールが定められ、エネルギー省（DOE）は候補サイトの選定作業に着手し、9つのサイトを第1処分場の候補として特定した。DOEは、1986年にこれら9サイトについて最終環境評価書を作成し、大統領に対してこの内の3サイトを第1処分場の選定のための特性調査を実施すべきとする勧告を行った。その3サイトとは、テキサス州のデフ・スミス（岩塩）、ワシントン州のハンフォード（玄武岩）、およびネバダ州のユッカ・マウンテン（凝灰岩）であった。その後、サイト特性調査には当初よりも時間がかかること、それに伴い経費が増大することが明らかになったことなどがあり、1982年核廃棄物政策法は制定5年後の1987年に修正されることとなった。ここでは、議会により、第1処分場としての適性を調査するサイトを3つのサイトから唯一ユッカ・マウンテンのみとするとの決定が行われた。

DOEは、1988年に最終的なサイト特性調査計画を作成し、1992年から調査坑道の掘削を開始し、1997年の4月には、主要な研究施設を含め4.9マイルの長さの地下トンネルを完成させた。DOEはユッカ・マウンテン計画で米国の意思決定に関する短期目標として3つの戦略を示して開発を集中している。1つはサイトの適合性（Suitability）評価に関する規制枠組みの更新であり、2つめは1996年のプログラム計画書において提案したユッカ・マウンテンの適合可能性評価書（viability assessment）を1998年中に完成することであり、3つめは2001年に大統領にサイトの勧告を行うことであり、適正であれば2002年にNRCに許認可を申請することとしている。

以上がユッカ・マウンテンの最近の状況に至る、米国の地層処分に関する全体的経緯である。以下、関係機関の役割、処分場の規制枠組みに関する状況、さらに、ユッカ・マウンテンの今後の予定などについて概略を示す。

DOEは処分サイトの適合性の決定、処分場の開発および最終的な操業に対する責任を持っている。環境保護庁（EPA）は、DOEが提案する処分場の安全性を評価する環境基準を策定する。米国原子力規制委員会（NRC）はDOE処分場の許認可を担当し、その発給手順の中でEPA基準やNRCの技術基準を適用し、許認可取得者にこれを実行させる。

EPAは高レベル放射性廃棄物の管理については一般基準のみ制定することができると言われている。EPAは現在、ネバダ州のDOEのユッカ・マウンテンサイトにおける高レベル廃棄物の処分に関するもう一つの放射線防護基準を策定中である。これらの基準は

ユッカ・マウンテンサイトのみに適用され、1992年のエネルギー政策法により、全米科学アカデミー（NAS）がEPAとの契約により実施した防護基準に関する研究結果に従つたものでなくてはならない。ユッカ・マウンテンを対象にした放射線防護基準は、40 CFR Part 197として1999年中に提案される予定である。高レベル廃棄物に関する本来のEPA基準は、1985年に40 CFR Part 191として発行されており、ユッカ・マウンテンを除いた処分場での高レベル廃棄物処分に対して適用されていくこととなっている。

なお、現行のNRC規制は、本来はNRCが許認可を発行した全処分場に対して一般的に適用されるためのものであるため、ユッカ・マウンテン向けの新たなEPA基準が完成した後に、見直さなければならないこととなっている。

ユッカ・マウンテン処分場計画の進展に関しては、1998年12月に適合可能性評価書（viability assessment）が作成され、大統領と議会に提出された。評価書には、処分場の設計、その機能、どのように許認可を取得するか、さらに費用見積もりなどが含まれている。この適合可能性評価書は研究開発プログラムの節目として作成されたもので、1982年の核廃棄物政策法によって規定されたDOEによる公式のサイト勧告書ではない。その後のスケジュールとしては、公衆のコメントを求めて1999年中に環境影響評価書（ドラフト版を1999年8月に公表）が作成され、2000年に最終版が作成される。2001年にはサイト適合性に基づき大統領へのサイト勧告が予定される。サイト勧告が承認されれば、2002年に米国原子力規制委員会（NRC）にたいして処分場建設の許認可申請がなされる。2005年の建設許可取得を経て、2010年に処分場操業開始が予定されている。

（3）ベルギー

ベルギーでは、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究は、深地層処分場の母岩として粘土層が妥当か否かを評価することを主に、1974年に開始された。

地層処分場として可能性のある候補地層に関する研究が実施され、モルーデッセル地域にあるブーム粘土層を対象にして調査を行うとの決定がなされた。

1984年までに、ベルギー原子力研究センター（SCK/CEN）は対象となっている粘土地層へのパイロット地下研究施設の建設を終了し、1984年以降処分研究をHADESプロジェクトの名称で進めてきた。この地下研究施設は、実際の処分場が予定されている深さ250mにほぼ相当する地下224mに建設されている。実際の処分場の設計は、現状の概念では、最低限2本の立ち入り用の立坑、立ち入り用通路となる坑道、各タイプの廃棄物を定置する固有の処分用坑道から構成されている。

1980年には、経済省の管轄下の公共機関として、国内で発生する全ての放射性廃棄物の管理に責任を負うベルギー放射性廃棄物・濃縮核分裂性物質機関（ONDRAF

/NIRAS) が設立されている。その活動は廃棄物発生者の資金に依存し、1989年には基金制度が設置されここから支えられている。

ベルギーにおける放射性廃棄物処分計画では、ブーム粘土層にマルチバリアを配置する処分コンセプトを採用している。人工バリアの耐用年数は数千年以下と見込まれており、その後は地層の天然バリアが封じ込め機能を果たすことが考えられている。このため、人工バリアは、周辺地層に対して最小限の影響しか与えないように設計されてきている。

モルの地下研究施設HADESプロジェクトでは、地質学的および水文地質学的な調査研究、廃棄物と母岩との相互作用、粘土層による放射性核種の保持能力、安全評価に係わる評価研究などを実施してきた。また、現在PRACLAY計画として、実際の処分場と同じ規模まで既存の地下研究施設（HADES）の水平坑道を拡張して、粘土層の熱による挙動をモニタリングする計画が進められている。

ONDRAFでは、PAGISおよびPACOMA計画の名称でなされた研究を基に安全評価の中間報告書（SAFIR）を作成して1990年に国際専門家委員会から評価を得、深地層処分はHLWにとって非常に有効でありモニタリングがほとんど不可能になる処分方法であるとの見方をしているが、更に詳細な評価研究を進め予備的安全評価（SAFIR-）を、1998年末までに完了することを目指している。なお、ONDRAFはまたSAFIR委員会からの勧告に従って、1997年にDoel原子力発電所周辺で見られるYpresクレイの研究を開始している。

深地層処分場の優先目標は、処分システムを受動的に運用することである。サイト閉鎖後に、地表や地表下の環境における土壌、空気および水の状況をモニタリングすることは、処分場の性能を確認するというよりは、むしろ、一般公衆に安心感を与えるために寄与するものと考えられている。

ONDRAFは、一般公衆からの信頼を得る上で、処分場の操業を段階的に実施することが重要であると考えている。そのアプローチの一つとして、単一の地下定置坑道に廃棄物を定置するパイロット計画の可能性がある。このパイロット計画の一環として、地下に計装を配置して、廃棄物定置坑道の性能をモニタリングすることになろう。この計画が当初の目標を達成した後には、全処分容量の5%に相当する廃棄物が、処分場の全操業開始前に処分される予定である。このように段階的に作業を進めていくことにより、世論と政策決定者が、受動的な処分システムをより容易に受け入れる方向に変化していくことが期待されている。ONDRAFはヨーロッパ連合内の放射性廃棄物管理を説明する素材作成計画の調整する役割も担っている。

(4) ドイツ

放射性廃棄物の取り扱いは原子力法により規制され、全ての種類の放射性廃棄物を安全

に処分する責任は、連邦放射線防護庁（BfS）にある。連邦政府の主要監督機関は、連邦環境・自然保護・原子炉安全省（BMU）であり、放射線防護委員会（SST）と原子炉安全委員会（RSK）から技術的助言を受けている。BfSには、許認可申請者としての役割があるが、ドイツの州政府は独自の原子力許認可権限をもっている。BfSの機能を実行するため1979年に処分場建設・運転会社DBEが設置されている。

ドイツでは、廃棄物を発熱性および非発熱性の2つに分類して地層処分することとし、計画が進行している。適切な地層を選定する研究は1960年代に始まった。1965年からは、上記2種類の廃棄物に対する処分場の建設と操業に関する技術的、科学的課題を解決する目的で、アッセ岩塩鉱において研究開発が進められた。アッセでは、低・中レベル放射性廃棄物の試験的処分も行われ、1978年までにドラム缶で夫々約124500本、約1300本が処分された。

一方、鉄鉱山跡のコンラッドは1976年から1982年まで行われたサイト調査の結果、非発熱性の放射性廃棄物のサイトの適合性を確認した後、1982年8月に計画の承認申請がなされた。1991年から1993年の公聴会を経て、計画が進められているが未だ許認可はおりていない。

発熱性の放射性廃棄物に対しては適切な岩塩ドーム中に処分場を開発する計画とされ、1979年にドイツ北部ニーダーザクセン州のゴアーベンが唯一の候補地として選定され、掘削計画がスタートした。第一段階の調査計画ではボーリングとともに水文学的調査が実施された。1994年からは、引き続き水文学的調査を実施するとともに、地震探査、延長掘削の実施、地下水計測のための掘削、などが実施されている。高レベル放射性廃棄物（1994年の法改正で直接処分藻あり得る）の深地層処分場候補サイトでは、廃棄物は地下880mにおいて、鋼製および鉄製のキャニスターに定置され、岩塩層は廃棄物を封入することに伴う放射能崩壊熱と圧力勾配により時間とともに変形していくであろうと見込まれている。二番目の定置レベルは地下約900mになるものと考えられている。開発に遅れが生じているが、目標は2008年の処分場の操業開始に置いてきた。

コンラッド、ゴアーベンとも、調査結果が処分場としての適性を示している結果が得られ、許認可等が順調に進めば、そう遠くない将来に処分場としての建設が開始される予定となっていたが、1998年秋の選挙による政権交代により、処分場計画は再検討が行われ、その先行きは一段と不透明になっている。

ドイツ社会民主党・緑の党の間で1998年に締結された連立協定に従い、ゴアーベンでの調査は停止状態にあるが、コンラッドについては同連立協定では何も触れていないため、今後の調査は見込まれる。いずれにせよ、現在考えられている処分場計画の変更があれば高レベル廃棄物の中間貯蔵をどうすべきかが短期的課題として浮かび上がる。

上述の通り、放射性廃棄物の地層処分は、一連の国の法律と規制の適用を受けている。原子力法と放射線防護令は、処分場での廃棄物処分の防護目標を規定している。鉱山への

放射性廃棄物の処分に係わる安全基準には、これら目標を達成するために講じるべき手段が示してある。連邦鉱山法は、処分鉱山の操業に係わる全ての側面を規制している。

(5) フィンランド

現在フィンランドでは2基PWRと2基のBWRの原子炉が稼動しており（計266万Kw）、電気設備容量の16%を、また総発電電力量の約30%をまかなっている（1998年）。これらのうち、TVO（民間電力会社）はオルキルオト（Olkiluoto）にあるBWRを運転し、IVO（政府系電力会社）はロビーサ（Lovisa）のロシア型PWRの運転を行っている。排出される使用済燃料は発電所サイトに約40年間貯蔵し、その後結晶質母岩に処分することになっている（法改正により、1996年以降は全ての使用済燃料をフィンランド国内で処分）。使用済燃料の累積発生量は2000年でTVOで1077トンU、IVOで655トンU（内330トンは法改正以前にロシアに移送）、の計1402トンUが見込まれている。

使用済燃料を処分するため、1995年電力会社は合弁会社であるポシバ社(Posiva Oy)を設立した。Posiva社の使命は安全な最終処分の解決策を準備することを主に中低レベルの廃棄物管理の仕事も含められており1996年に活動を開始した。

原子力法によれば廃棄物発生者がそれらが最終的に処分されるまで責任を持つことになっている。貿易産業省（KTM）はこの責任を実行するための原則を決定し放射性廃棄物の研究開発、計画と実行を監督する。放射線/原子力安全機関（STUK）は廃棄物管理操業の安全性と関連の研究の実行を制御する。

最終処分場には原則として閣議の決定が必要であり、その条件としてSTUKによる安全確認、処分場立地自治体の承認が必要である。なお、閣議の決定は議会で承認されて発効することになる。1994年の法改正により、閣議へ原則決定を求める前に最終処分計画に関する環境影響評価書（EIS）を作成し、評価の手続きを実施する必要がある。

フィンランドでは深度数百mの母岩中に使用済燃料を処分することとしており、最終処分場に関する技術的解決策を主に、処分場サイトの母岩調査および最終処分に関する安全解析が行われてきた。Posiva社の設立前にオルキルオト原子力発電所から発生する使用済燃料を地層処分するための調査研究としてTVOにより、1980年から85年まで実現可能性調査が行われ、102の潜在的に適性を有する地域の選定がなされた。1987年に5つの地点（Romuvaara, Veitsivaara, Syry, Kivetty, Olkiluoto）に絞り込み、ボーリングを含む予備的なサイト特性調査が1992年まで実施された。その結果、1992年の終わりに詳細なサイト特性調査を行う適切な場所として、3つの地点（Romuvaara, Kivetty, Olkiluoto）が選定された。Posiva社の発足を契機に1996年の終りには、技術的概念、サイト調査および安全解析に関する研究開発の改訂が行われ、規制当局に提出してレビューが行われた。1997年の始めには、先の3つのサイトに加え、ロビーサ原子力発電所のサイト（Hastholmen）での調

査が開始された。また、同年には、4つの自治体において、環境影響評価のプロセスがスタートしている。1999年Posiva社は最終処分場のサイトとしてOlkiluotoを選択し、政府に決定の申請を提出した。最終的に処分場サイトとしてのサイト特性調査を行う地点での詳細なサイト特性調査は2000年に終了し、処分場サイトを選定する。処分場の建設開始は2013年を、操業開始を2020年頃に予定している。

なお、フィンランドには地下研究施設はないが、1996年にポシバ社は、スウェーデンのSKBとの間で、AspoのHRLでの研究を継続する共同取り決めを行っている。

(6) フランス

放射性廃棄物を含む全ての種類の廃棄物に関する1975年の環境保護及び廃棄物の回収、処分の法律により、廃棄物の発生者は、廃棄物の処分に対する責任をもちそれに関する全ての費用を負担することが定められた。放射性廃棄物の発生者は、放射性廃棄物管理機関（ANDRA）の定める技術的仕様に合致するように廃棄物の特性を管理する責任を持っている。

ANDRAは、原子力庁（CEA）の下部に独立した廃棄物管理機関として、政令により処分施設の設計、建設、運転と必要な研究開発に責任を持つ機関として1979年に設立された。高レベル放射性廃棄物の深地層処分に関するANDRAの初期のサイト選定計画が公衆の反対により1990年に凍結された。問題を再検討した後の1991年12月30日に放射性廃棄物の研究開発に関する法が制定され、新たな活動が開始されるに至った。この法の中でANDRAはCEAからは独立した公的な産業および商業機関として再編され、産業省、研究省および環境省に対して報告を行ってきている。

1991年12月30日に公布された法律では、フランス政府は以下に示す3種類のHLW処分研究オプションを実施すべきであるとしている。

1. 放射性廃棄物に含まれる長寿命核種の分離と核種変換（CEA分担）
2. 地下研究施設の建設を経た地層への深地層処分（ANDRA分担）
3. 放射性廃棄物の前処理(conditioning)と地上での長期貯蔵（CEA分担）

この法律では、放射性廃棄物管理に対する国家評価委員会（CNE）を設置し、3種類のHLW処分オプションに係わる研究の進捗状況について政府に毎年報告すると共に、15年後の2006年に最終的な評価を行う責任を負わせている。

今までのHLW管理オプションに係わる研究は、3つの研究分野の内の深地層処分に重点をおいていた。1997年6月に政権についていた社会党主導の政府は、HLW管理オプションの研究を、よりバランスのとれたものにしたいとの意向である。産業相は、1997年10月末に、他の2つのオプションである長寿命核種の分離・変換および前処理と長期地上貯蔵に関する研究に対して、より重点を置く方向にすべきであるとの指示を行った。

ANDRAの地層処分関連の研究では、管理研究法の生みの親のバタイユ議員が廃棄物調停官としての活動により1993年末に4ヶ所の地下研究所候補サイト発表したことでスタートした。その後の調査で近接サイトの統合があり東部サイト、ガール県、ビエンヌ県の3ヶ所になったが、その後の地質調査の結果、1996年の半ばに、3つの地下研究施設を建設、操業すべく、許認可申請がなされた。公聴会、政府の検討などを経て、1998年12月に、東部サイトの粘土層への地下研究施設の建設が承認された。他の2ヶ所の候補サイトでは、それぞれ地下研究施設の建設は却下された。しかし、フランス政府はANDRAに対して、2番目の地下研究施設建設を想定した新たな花崗岩層の候補サイトを探すようにも指示した。1999年東部サイトの8月に建設・運営のデクレが公布された。

一方、廃棄物の再取り出し、あるいは回収可能性は、ここ数年世界的な場でも議論の対象になって来ている。CNE自身も述べているが、最終処分が安全性にとって最善の「技術的」保証を与えるものであるが、この議論は、「一般公衆が信頼又は支持していないのであれば、「技術的安全性」だけでは十分とはいえない」ということがベースにある。

CNEは1998年6月に廃棄物の回収可能性に関する報告書を公表している。CNEによる検討は、処分場の閉鎖後の期間にではなく、処分場が閉鎖される前の段階に対して重点が置かれている。CNEでは、処分場閉鎖後における廃棄物の回収は、廃棄物パッケージと工学バリアがまだ正常に機能していれば従来の採掘技術を、それらが正常に機能していなければ最新採掘技術を使用して行うことが可能であろうとだけしか述べていない。処分場閉鎖前に廃棄物の回収可能性を取り入れるという段階的なアプローチを採用することにより、処分場サイトの選定にあたって社会的な受容性の面でメリットがあるということも、議論の背景にあることが理解される。

しかし、回収可能性への要件と安全性は相互に矛盾する問題になる可能性があるため、今後の議論の展開が難しい方向に進む可能性も指摘されている。

(7) スウェーデン

スウェーデンでは4サイトに12基の原子力発電所があり、エネルギー需要の約半分を供給している。1980年の国民投票をへて政府の原子力発電所の新設禁止と2010年迄の廃炉方針が決定され、これに沿って計画が進められている。原子力発電所を所有する4電力会社は発生する放射性廃棄物の管理に責任を持つ、スウェーデン原子燃料・廃棄物管理会社を1972年に設立し1985年にSKBに変更した。SKBは法により3年毎に研究開発計画を政府に提出し、承認を得ることとなっており、その活動は政府機関のスエーデン原子力検査庁(SKI)およびスウェーデン放射線防護庁(SSI)によって監督、評価される。

放射性廃棄物管理に関する基本は、研究開発計画86(R&D Programme 86)においてガイドラインとして整えられ、使用済燃料を中間貯蔵した後に地層に最終処分する進め方が

明記され、以後地下研究施設を中心とした研究開発が進められている。

スウェーデンの地層処分概念では、使用済燃料を鋼製／銅製のキャニスターに格納し、それを地下約500mの結晶岩層に埋設することとされている。キャニスターの定置後に処分場はベントナイト粘土と破碎岩で埋め戻される予定となっている。

1998年9月にSKBは最新の研究開発計画を政府に提出したが、ここでSKIのレビューも受けて地層処分がスエーデンにとって最良のオプションである事を確認している。

放射性廃棄物管理システムについては、オスカーシャム原子力発電所にある使用済み核燃料の中央中間貯蔵施設（CLAB）中間貯蔵が、原子炉廃棄物最終処分場（SFR）においては放射性操業廃棄物の最終処分が既に操業している。さらに、オスカーシャム原子力発電所近傍にあるAspo硬質岩石研究所（HRL）では、地層処分の実現に向けた研究開発が進められている。HRLは、1986年のR&D Programme86の作成過程で検討が開始された施設である、1988年末にオスカーシャムの北約2kmの南Aspo島がサイトとして選定され、1990年から掘削が開始された。HRLには、それまで蓄積されてきた知見に基づき処分技術の実証を行うとの位置づけもあり、SKBのそれまでの計画R&D Programmeは、1992年に作成された第3次3ヶ年計画からR&D Programmeとなり、実証（D : Demonstration）が加えられることになった。

また、1998年11月には、オスカーシャムのCLABに隣接して、使用済燃料を銅製キャニスターに収納し、溶接処理するための密封・試験技術開発施設が建設され運転した。

使用済み核燃料およびその他の長寿命放射性廃棄物の処分施設の立地は、SKBの廃棄物管理計画における今後の中心課題の一つである。処分場の立地に関する作業は段階的に実施されていくことされており、これはスウェーデンの進め方の特徴にもなっている。

具体的にSKBとしては、適切なサイトを選び、放射性廃棄物処分の実証を目的とする処分場（実証処分場）を建設することにより、その研究開発作業の目的を達成しようと計画している。実証処分場の規模は、放射性廃棄物全体の約10%を搬入できる容量を想定している。実証処分場の建設や操業などを通じて得られる知見を評価した後、将来の世代の人々が、その施設の容量を実物大にスケールアップするかどうかの決定を行なう。この段階では、廃棄物の回収可能性を確保し、一時保管した廃棄物を取り出して、別の方法で管理するという選択ができる余地も残している。SKBでは、このような深地層処分場の立地と建設を1990年代から21世紀の数年間にかけて段階的に行なうことを計画している。実証処分場の開始は、2012年頃が想定されている。

スウェーデンでは、永年の調査研究の結果、安全な処分場を建設するために必要な地質学的および技術的な条件を備えたサイトが多数存在することが明かにされた。一方、処分場の候補サイトを指定して適切なシステム設計を選定し、候補サイトの特性を調べ、処分場を当該地域の地質等の条件に適したものとするのには、現在の知識で十分である、との結論を得るに至っている。このようなことから、具体的な候補サイト選定のためのフィー

ジビリティ調査を、オスカーシャム、ニーチェピング、フォルスマルク、ティーエルプなどで進め、2001年にはサイト調査に移行できる少くとも2サイトを選定する計画である。

一方、使用済燃料を含む放射性廃棄物の処分に対する規制は、スウェーデン原子力発電検査局（S K I）とスウェーデン放射線防護研究所（S S I）が分担している。S S Iでは、原子力施設からの全ての影響を含み、スウェーデンにおける全ての環境モニタリングに対して主たる責任を負っているが、S K Iでは全ての原子力発電施設における安全性、研究および開発の審査と監督をしている。政府はR D & D プログラム95に関する政府決定（1996年12月）の中で、「S K Bは、使用済燃料封入施設の建設許可申請およびサイト調査の開始に先立って、深地層処分場の長期的な安全性を評価すべきである」と述べたが、S K Bはこれに応じて1999年12月に新しい安全評価報告書「使用済燃料の最終処分場--S R 97：処分場閉鎖後の安全評価」を発表した。この安全評価報告書に対しては、S S IおよびS K Iの国内レビューの他国際的な専門家による評価も開始されている。

（8）スイス

スイスでは現在5基の原子力発電所が稼動しているが、国民投票の結果2000年迄は新設計画はない。原子力発電会社と医療、産業および研究活動からの放射性廃棄物に責任をもつ連邦政府は共同で1972年に廃棄物の最終処分と関連の活動を実施する放射性廃棄物貯蔵全国組合（NAGRA）を設立した。

スイスにおける放射性廃棄物処分に関する最初の構想は、電力会社と放射性廃棄物貯蔵全国組合（NAGRA）によって1978年に作成され、公表された。

その構想では、すべての放射性廃棄物を適切な地層中に埋設処分することが計画され、各種のタイプの最終処分場が提案された。最終処分に対する最大の要求事項と考えられたのは、処分場を最終的に密封したとの長期的安全性を如何に保証するかという課題であった。処分の対象は使用済核燃料を外国で再処理することに伴って発生し、スイスに返還される廃棄物（返還廃棄物）であり、使用済核燃料の直接処分は留保されていた。

この構想の実現のため研究開発が引き続き実施された。1979年に政府は原子力発電所の運転許認可更新の条件として、廃棄物の安全処分の保証計画を要求した。これに応えてNAGRAは、1985年に処分の実現可能性を評価した報告書（保証計画'85、Projekt Gewehr '85）を作成し、公表した。その後の技術的発展や社会的要請に適合させて細部については変更も加えられてきているが、基本的な部分は1978年の構想を基礎にして現在も進められている。

ここでは、二つのタイプの最終処分場が予定されている。

- (1) 原子力発電所の運転および廃炉に伴う、ならびに医学、工業および研究分野からの短寿命の低レベルおよび中レベル放射性廃棄物のための最終処分場
- (2) 使用済核燃料の再処理で発生する高レベルおよび長寿命の中レベル放射性廃棄物

のため、および再処理なしで使用済核燃料を直接処分するための最終処分場スイスにおける深地層処分場概念は、以下に示す方法で放射性廃棄物を処分するというものである。

- ① 長期間にわたり人間の健康と環境を保護する
- ② 将来の世代に不必要的負担を強いない
- ③ 処分システムの安全性は、能動的な閉鎖後モニタリングあるいは監視を通じてではなく、多重の受動的安全バリアの利用を通じて確保する
- ④ 廃棄物の再取り出しは、要求も禁止もしない

高レベル放射性廃棄物あるいは使用済核燃料は、その崩壊熱を減少させるために、最終処分の前に約40年間暫定貯蔵される。そのための集中暫定貯蔵所が準備される。

時間的に優先されるのは、短寿命廃棄物の集中暫定貯蔵施設の建設と最終処分場の実現である。高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する調査は、適切なサイトの解明と選定（立地証明）の期限を第一に念頭に置いて継続される。

優先的に進めるものとした、短寿命廃棄物の集中暫定貯蔵施設の建設と操業に関しては、連邦暫定貯蔵所BZLの操業を続けるとともに、あらたに原子力発電所等からの廃棄物用の集中貯蔵施設（ZWILAG）を建設し、1999年末あるいは2000年はじめに操業を開始する予定である。また、同様に優先すべきものとした、短寿命の低レベルおよび中レベル放射性廃棄物用の最終処分場（Wellenberg）に関しては、1993年に候補サイトの自治体で施設受け入れの住民投票がなされたものの、その後カントン（州）での住民投票で否決されたことにより、現在足踏み状態にある。

高レベル廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物、あるいは使用済核燃料の処分に関しては、サイト選定等の具体的な作業は低・中レベル廃棄物処分場後の予定とされているが、地域的な堆積岩調査、堆積岩と結晶質岩に関する調査結果の評価、さらに局地的調査などを実施し、立地証明が西暦2000年までに可能になるように行うことを目指している。スイスの当局者は、処分場の閉鎖後管理の実施に関しても、処分施設の安全性を損なうことになるような措置の実施は許容されないとする一般的なアプローチを表明している。しかし、施設の安全性を損なわないことを条件とし、広範な管理措置の検討を禁止するものではないとしている。

処分場の母岩層としては、結晶質岩系の地層とオパール粘土層（Opalinus Clay）とを検討してきている。近年になって、オパール粘土層が好ましい地層として浮上してきている。廃棄物はキャニスターに格納され、地下約800mの処分孔に埋設するものと想定されている。

（9）スペイン

スペインでは現在、9サイトで7基のPWRと2基のBWRが稼動しており（計740万Kw）発電設備容量の約16%をしめている。1991年のモラトリアムにより原子力発電所の新規建設はなく、現状の発電規模が維持されて来ている。燃料サイクルはワンス・スルー政策で国内の再処理はもとより海外への委託再処理の意図はない。使用済燃料の累積発生量は1995年で1800トンUで2000年には2000トンUが想定されている。原子力計画は産業エネルギー省が3つの国有会社（CIEMAT：研究開発,ENUSA：フロントエンド,ENRESA：廃棄物をそれぞれ担当）を通して管理、監督を行っている。

1984年にスペインの全ての放射性廃棄物管理に責任を有する国家放射性廃棄物管理会社（ENRESA）が設立された。その活動は一般放射性廃棄物計画（PGRR）に規定されるが、これは毎年産業エネルギー省（MIE）に提出し承認を得なければならない。その第4回目は1995年の1月に公表された。スペインでは廃棄物を2つの範疇に分類している。1つはL/ILWで低比放射能、短寿命 β - γ 放出核および少量の長寿命 α 放出核を含み、2つめはHLWで高比放射能を持ち、長寿命核の濃度が高く、かなりの熱発生を伴っている（使用済燃料と長寿命のILWを含む）。

LLWと短寿命のILWの処分のための浅地中コンクリート・ヴォールト施設は1992年以降稼動している。El Cabrilの名前で知られる当施設はMadridの南400Km、Sevilleの北方100Kmのコルドバ・プロヴィンスの元ウラン鉱山跡に位置し、ここでは1961年来放射性廃棄物が貯蔵されて来た場所である。El Cabrilはフランスのオープ処分場とセル構造、クレーンや処分場建物など設計が非常に類似している。

使用済燃料の中間貯蔵施設（ATC）の建設が予定されている。原子炉の寿命を30年と想定すると、2003年に必要になる。スペインは使用済燃料を深部地下に直接処分する考えである。長寿命のILWも同じ施設に処分する。処分場の立地計画が1986年に始まり、2000年頃までに最終候補サイトを特定し、2025年頃に処分場の運転開始を予定している。しかし、1996年末にENRESAは処分場の運転開始時期を無期限延期とし、中間貯蔵施設（ATC）の開発に努力を集中すべきであると発表した。

処分場サイティング計画は以下に示す幾つかの段階に分かれている：

IFAプロジェクト：有用な地層（岩塩、結晶質、粘土）の賦存度把握-1986-1987

ERAプロジェクト：有名領域の特定指向：1990末までに、3岩種ごとで25,000

AFAプロジェクト：有望な領域の絞り込み、現在完了、3岩種で約30ヶ所の研究領域

ZOAプロジェクト：選択領域内の候補サイトでの詳細調査を含む。1995-1999に予定。AFAの知見からの30サイト毎に最低1本の深部ボーリング

一般管理計画によれば、同じサイトに作るのが良いであろうが、最終処分場の建設に先立って地下研究所を建設する予定となっている。実験施設を1サイト以上にまた1岩種以上で作る（フランスのように）かどうかは現在明らかでなかった。

1997年の初めにスペイン上院は廃棄物管理と処分の全ての側面を検討するレビュー委員

会を設立し、委員会に1997年末までに検討結果を報告するよう指示した。レファレンス処分場概念は考慮した3岩種（岩塩、粘土、花崗岩）全てに対して出来ている。第5次廃棄物管理計画は1996年末までに発表が期待されたが遅れ1999年7月になって政府が承認した。これによると、スペイン政府は少なくとも2010年まで長期的な高レベル廃棄物管理に関するいかなる決定をも延期するとの計画に変更されている。1994年に出された第4次計画は社会党が政権を持っていた時のもので、2000年に地下研究所建設のために2～3サイトを選定し、最終的には深地層処分場の建設を想定していた。しかし、今春超党派の上院委員会が策定した最終的廃棄物管理に関する報告書が上院で承認されるに至らなかつたのを受けて、政府と廃棄物管理機関Enresaは選択をする前にいろいろな選択肢に関する研究開発にさらに10年をかけておこなうことを決定したものである。上院委員会は西側諸国のHLWの研究所や施設を訪問し、意見を交わして廃棄物の技術的側面は皆合意していた。

1999年7月31日の声明では閣議は第5次計画は全ての炉サイトで使用済燃料の貯蔵容量の拡張を、先ずは貯蔵ラックの超密化により、次に中間貯蔵施設でのキャスク貯蔵により行う事を明らかにしている。

現在世界中で研究されている分離・消滅のような新技術、一方で中間貯蔵という安全な対策および国際的な計画の全体的な低迷を勘案して、延期の決定に向かったものである。なお、低／中レベル放射性廃棄物管理計画については変更は見られない。

3.4.2.2 近隣アジア諸国

(1) 中国

1. 序

中国では1970年代初頭から、プルトニウム生産炉からの照射済燃料の再処理や回収ウランのリサイクルも含め、軍事目的での燃料サイクルの確立に力が注がれて来た。その後、1979年以降、中国の原子力産業は国家経済への寄与の観点から民需転換が始まり、燃料サイクル事業の目的にも変更が加えられた。また、1980年代半ばには中国が炉型として加圧水型炉（PWR）を採用するとともに、燃料サイクル戦略として国内で対処することを原則として、再処理路線をとることが決定されている。このため、中国の核燃料サイクルのバックエンドは、使用済燃料の輸送、貯蔵、再処理および放射性廃棄物管理の全てを対象としている。

2. 原子力発電開発と使用済燃料の発生

現在秦山および大亜湾の2ヶ所に商業用発電サイトで計3基の原子力発電所（合計出力：210万Kw）が稼動し、年間60トンHMの使用済燃料が発生している。この年間発生量は2002年までは変化ないと見られている。1998年の半ば時点では、使用済燃料の累積発生量は300トンHM近くに達している。現在の第九次5ヶ年計画（1996年～2000年）では、計8基（合計出力：660万Kw）の原子力発電所の建設着工することになっており、2000年代に相次いで運転を開始する予定である。このため2005年までに、PWRからの使用済燃料の年間発生量は168トンHMと急増し、累積発生量も940トンHMに達する見込である。これに加えて導入されるCANDU炉からも年間176トンHMが累積も440トンHMに達すると見られる。さらに現在、複数の大型炉と中型炉の建設プロジェクトが準備されており、中国の原子力発電設備容量は、2010年までに合計2010万Kwに達すると予測されている。このため、2010年時点では、使用済燃料の年間発生量は約600トンHMとなり、発生累積量は3800トンHM近くになると見られている。

3. 使用済燃料の貯蔵および再処理

中国の原子力発電所は、ほとんど全ての発電所で10年間の使用済燃料の所内貯蔵が可能となっているが、ほとんどが南東部の沿海地区に立地している。1980年代の半ばに多目的再処理パイロット・プラント（RPP）の建設が決定され、550トンの使用済燃料湿式貯蔵施設は1994年に工事着工して以来順調な進展で2000年にも燃料の受け入れが始まる見通しである。100～400KgLEU/dの処理容量を持つ再処理パイロット・プラント自体は2000年代初頭の運転開始が見込まれている。なお、中国では産業規模での再処理路線（クローズド・サイクル）を確立するために、2020年頃にも大規模な商業用再処理工場の操業がスタートするものと見られている。

4. バックエンドの行政管理体制

これまで中国では、中国核工業総公司（CNNC）が燃料サイクル全般の行政及び実際の事業に責任を持って来た。しかし、1998年4月よりCNNCの行政管理部門は、中国国家原子能機構（CAEA）の原子力外交部門も含めて新たに設置された科学・技術・国防産業委員会（COSTIND）に移管された。現在、この移管作業がすすめられており、CNNCは行政部門が分離された国営企業グループへと再編される。さらに、国家核安全局（NNSA）は国家環境防護局（NEPA）に統合され、NEPAが原子力分野のモニタリングおよび原子力安全規制を行う。CNNCの中では、核燃料部と傘下の企業グループが、燃料サイクル・バックエンドに関する全ての活動に責任を有している。高レベル廃液はガラス固化し、深地層処分施設を1ヶ所建設し集中処分する方針となっている。

5. 高レベル放射性廃棄物処分研究開発計画

CNNCは1985年に、高レベル放射性廃棄物深地層処分研究開発計画（DGD）を策定した。この計画の目的は、花崗岩を母岩戸下地層処分場を2040年に建設することで、ここにガラス固化体、TRU廃棄物および少量のCANDU炉使用済燃料を処分するものである。同計画は、①技術的準備段階（1986-1995年）、②地層研究段階（1996-2010年）、③原位置試験段階（2011-2025年）、④処分場建設段階（2025-2040年）の4つに区分される。

高レベル放射性廃棄物の地層処分研究のため、1986年に4つの研究所（北京地質研究院（BRIUG）、北京核工程研究設計院（BINE）、中国原子能研究院（CIAE）、中国輻射防護研究院（IRP））の専門家で構成される調整専門家グループ（CEG）が設立された。このグループは、研究開発プログラム、サイトの選定、サイト特性に関する研究業務、処分場の設計、環境評価、安全解析、性能評価を担当する。現在までに処分場サイト候補地として5つの地域（西南地方、広東地方、内蒙ゴ、東部地方、西北地方）を選定しており、第9次5ヶ年計画（1996-2000年）では、西北地方の甘粛省北山地域に重点をおいて、精密調査を行う予定となっている。

（2）韓国

1. 原子力発電開発と使用済燃料の発生

韓国の改訂原子力発電開発計画が1998年8月に、韓国通商産業動力省（MOTIE）から公表された。現在は原子力発電所14基（4サイトで計1201.6万Kw）が稼動し、全発電設備容量の約27.5%を占めている。計画によると、2015年までに新たに16基（このうち4基は現在建設中）が加わることになっている。2015年時点の原子力発電所総基数は2基が解体撤去（2008年、2013年）される予定から合計28基（2760万Kw）となり、総発電設備容量の34%を占めるものと考えられている。この計画は1995年に発表された開発計画を改定するものであるが、経済成長・エネルギー需要成長を見込んだ「調整」を行い、短期計画に変更はないが長期的に建設計画を僅かに遅らせるものとなっている。なお、この計画には3ヶ所の新規サイトの決定が盛り込まれている。1998年6月現在、使用済核燃料は4ヶ所

の原子力発電所サイトに、計3365トンが貯蔵されており、2010年には約1万1000トンが累積する見通しである。現在の所内貯蔵容量としては、2006年頃まで貯蔵が可能であり、貯蔵能力を拡張する場合は2016年頃まで貯蔵が可能とされる。

2. 放射性廃棄物管理事業計画

放射性廃棄物監理対策の基本的政策は、安全で効率的な放射性廃棄物管理により原子力事業の円滑な推進基盤を構築することで、国の責任下での管理、安全最優先、発生量の最少化、費用の発生者負担および国民の信頼下での推進があげられている。放射性廃棄物管理事業の基本方針は、（1）放射性廃棄物総合管理施設を収容できるサイトを公開・民主的手続きにより確保する。（2）中・低レベル放射性廃棄物は原子力発電所サイト内貯蔵管理の後、浅地層または洞窟式処分施設を建設して永久処分する。（3）使用済核燃料は、処理処分に対する国家政策方針を考慮して、原子力発電所サイト内の貯蔵施設拡充および所外中間貯蔵施設建設を通して段階的に貯蔵管理する となっている。（1）のサイトは立地条件および処分方式に基づき規模を決定することとするが、中・低レベル廃棄物処分施設が2008年までに完成する（第1段階としてドラム缶10万本規模、後80万本規模まで段階的に増設）ように確保する。ここには、前述の処分施設、使用済核燃料の中間貯蔵施設および関連の研究施設等を収容する予定である。

使用済核燃料の中間貯蔵施設建設は2016年完成を目標とするが、使用済核燃料処理処分政策の決定時期およびその方向を考慮して2008年までに建設に着手する。貯蔵方式（湿式貯蔵/鑑識貯蔵）は立地条件や技術開発状況等、制約要因を勘案して建設着手時期までに決定することとするが、施設規模として、第1段階は2000トン規模とし、以降必要時に増設（計2万トン規模）することが考えられている。

3. 放射性廃棄物管理技術開発の体制

放射性廃棄物管理技術を適切な時期に確保することにより原子力発電技術の完全な国産化を達成することを目標に、使用済核燃料管理に対する既存の貯蔵・輸送技術の改善・高度化および国内に適した新概念の貯蔵技術開発を対象分野にして、廃棄物管理事業者（韓国電力公社）の技術開発力を中心にして、中長期計画を樹立・推進する。

（3）台湾

1. 原子力発電開発と廃棄物管理計画

台湾では現在、3サイトで4基のBWRと2基のPWRが台湾電力会社（TPC）によって運転（計510万Kw）されており全発電設備容量の約25%を占めている。原子力発電所を第4のサイト（Lungmen）に立地する計画が1992年に復活し、現在その安全審査が進められている。電力需要の急激な伸びに対して原子力発電の着実な寄与を期待し全発電電力の約1/5レベルを保持する計画となっている。2006年には原子力発電設備容量で780万Kwが予定されている。使用済核燃料の累積発生量は1999年で3090トンUに2000年で3226トンUと

想定されている。

原子力協議会（AEC）が原子力産業全体の規制組織であり、1981年にAECの下部機関として放射性廃棄物管理機関（RWA）が設立された。台湾政府は1990年に放射性廃棄物管理指針を発行している。なお、台湾電力自身が放射性廃棄物管理と処分活動に対して責任を持っている。

2. 放射性廃棄物管理計画

原子力発電所からの液体および気体の低レベル廃棄物はサイトで処理/減衰の後に定期的に環境に放出されるが、セメント固化した固体廃棄物は現在200 ドラム缶で発電所当たり年間2000-4000本を蓄積してきている。1992年以降これらの廃棄物はLan-Yu島に貯蔵してきたが1997年に満杯になったため台湾電力は2002年までにこれらの廃棄物を全て撤去することに合意し、その結果最終処分場サイトを探す必要に迫られている。

1996年に5つのコミュニティが処分場立地のための研究に応じる意思を示したが、地元の強い反対のために1997年末までに全てが撤退した。台湾電力は特に軍の管理下にある沖合いの島の調査に乗り出し、1998年2月にWuchiu島を選定した。サイト特性の初期の調査は地元の強硬な反対に逢い、調査チームを保護する軍関係者との間で激しい衝突が起った。そうこうする内に、台湾電力はDPRK廃棄物の処分のために既に利用している石炭廃坑に20万バレルの放射性廃棄物を運びこむ契約を北朝鮮との間で締結した。この計画に対して地域の強い反対が起り、台湾電力が計画続行の意思を持っているにもかかわらず、1999年初めにロシアに最初5000バレルを輸送し、北朝鮮には契約の破棄に対して補償を行うとの代替の通り決めがなされると報道されている。

3. 高レベル放射性廃棄物管理計画

台湾では原子力発電所の規模に依存するものの、2040年には(5-10),000 MtUの使用済燃料管理が必要になる見込である。この使用済燃料を再処理するかどうかはまだ最終的に決まっていない。Chinshanでは2000年までに、またKuoshengでは2004年までに貯蔵が満杯になる見込である。近い将来(2003年頃)、乾式の中間貯蔵施設の建設が計画されている。現在の計画では高レベル廃棄物処分場は2032年までの運転開始が見込まれている。最近のサイト絞り込みプロセス(1990年に開始)に続いて、すべて結晶質岩であるが14(本土)および17(沖合いの島)にのぼる有望サイトを特定している。予備的なサイト調査が2000年に開始される予定であり、他の堆積岩サイトは後に追加される可能性がある。

参考文献

「3.4.2 海外の状況」に関する参考文献

カナダ

- AECB Staff Response to the Environmental Impact Statement on the Concept for Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste (Report, July 25, 1995)
- AECB, Regulatory Guide: Geological Considerations in Siting a Repository of Underground Disposal of High-Level Radioactive Waste (Regulatory Document R-72, September 21, 1987)
- AECB, Regulatory Policy Statement: Deep Geological Disposal of Nuclear Fuel Waste: Background Information and Regulatory Requirements Regarding the Concept Assessment Phase (Regulatory Document R-71, January 29, 1985)
- AECB, Regulatory Policy Statement: Regulatory Objectives, Requirements and Guidelines For The Disposal Of Radioactive Wastes -- Long-Term Aspects (Regulatory Document R-104, June 5, 1987)
- AECL, Feasibility of Retrieval of Nuclear Fuel Waste from a Sealed Disposal Vault, (Report by Acres International for AECL's Whiteshell Laboratories, June, 1996)
- AECL, Long-Term Preservation of Information About A Repository For Disposal of High Level Nuclear Waste (Undated Briefing Charts for Environmental Assessment Panel)
- AECL, Long-Term Remote Monitoring of a Disposal Vault (Briefing Charts for Environmental Assessment Panel, June, 1996)
- AECL, Response to Canadian Environmental Assessment Agency re: postclosure retention of hierarchies of information (June 27, 1996)
- AECL, Retrieval of Disposal Containers (Briefing Charts for Environmental Assessment Panel, June, 1996)
- AECL, Summary of the Environmental Impact Statement on the Concept for Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste (September 1994)
- AECL, The Concept for Disposal of Canada's Nuclear Fuel Waste, NFWMP9401E, 1994.
- AECL, "Principles for Implementing the Disposal Concept."
- AECL, "The Proposed Disposal Concept."
- AECL, "Stages of Implementation of the Disposal Concept."
- AECL, "Terms of Reference for the Nuclear Fuel Waste Management and Disposal Concept Environmental Assessment Panel.
- The Nuclear Safety and Control Act, Bill C-23, March 20, 1997.
- Nuclear Waste Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

アメリカ

- US Department of Energy(DOE), Draft Civilian Radioactive Waste Management Program Plan, Revision 1, May 1996
- Environmental Protection Agency (EPA), EPA's Final Certification Decision for the Waste Isolation Pilot Plant, May 1998
- EPA, 40 CFR Part 194, Criteria for the Certification and Recertification of the Waste Isolation Pilot Plant's Compliance with the Disposal Regulations: Certification Decision; Final Rule, May 18, 1998
- EPA, 40 CFR Part 191, Environmental Standards for the Management and Disposal of Spent Nuclear Fuel, High-Level and Transuranic Radioactive Wastes; Final Rule, September 19, 1985
- US Nuclear Regulatory Commission(NRC), 10 CFR Part 60, Disposal of High-Level Radioactive Wastes in Geologic Repositories
- Environmental Protection Agency (EPA), "Background on 40 CFR Part 197 Environmental Radiation Protection

- Standards For Yucca Mountain," Information Paper, March, 1997.
- EPA, "Compliance Application Guidance for 40 CFR Part 194," March 29, 1996.
- EPA, "Final Rule: Criteria for the Certification and Recertification of the Waste Isolation Pilot Plant's Compliance with the 40 CFR Part 191 Disposal Regulations," 61 Federal Register, February 6, 1996.
- EPA, "Proposed Rule: Criteria for the Certification and Recertification of the Waste Isolation Pilot Plant's Compliance with the 40 CFR Part 191 Disposal Regulations," 62 Federal Register, October 30, 1997.
- National Research Council, National Academy of Sciences, Technical Bases for Yucca Mountain Standards, National Academy Press, Washington, DC, 1995. (Executive Summary, Chapter 4: Human Intrusion and Institutional Controls, Chapter 5: Implications of Our Conclusions, Appendix B: Congressional Mandate.
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes
No.13, (Dec,1998)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

ペルギー

- OECD/Nuclear Energy Agency, Radioactive Waste Management in OECD/NEA Member countries, Belgium, 1998.
- J.P. MINON, Directeur general adjoint, ONDRAF/NIRAS, Considerations generales relatives a la reversibilite des d'evaluation, Audition du 8 janvier 1997.
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes
No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

ドイツ

- Brennecke 1991. Brennecke, Peter. Radioactive Waste Management Systems Description, Federal Republic of Germany: Status Report. Salzgitter, June 1991.
- Brennecke 1997. Brennecke, Peter W. Post-Closure Policies in HLW Deep Geological Repositories, the German Approach. Salzgitter, 1997
- GRS84. Geselleshaft fuer Reaktorisicherheit (GRS), English Translationn of "Safety Criteria for the Final Disposal of Radioactive Waste in a Mine (Federal Minister of the Interior)." Koeln, 1984
- GRS89. Geselleshaft fuer Reaktorsicherheit (GRS), English Translation of "Ordinance on the Protection Against Damage and Injuries Caused by Ionizing Radiation (BMU)," Koeln, 1989.
- IEAL. International Energy Associates Limited, "Regulatory Strategies for High-Level Radioactive Waste Management in Nine Countries," prepared for Pacific Northwest Laboratory, Department of Energy, December, 1987
- IAEA. "Requirements for the Sale Management of Radioactive Waste," IAEA TECDOC 853, Vienna, December, 1995.
- Kocourek, J, Current Status of the Nuclear Energy Field in Europe, 1999, prepared for a IAE periodical
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes
No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

フィンランド

- OECD/Nuclear Energy Agency, Radioactive Waste Management in OECD/NEA Member countries, Finland, 1998.
- Posiva Oy, Final Disposal of Spent Nuclear Fuel: Why? Where? How? When?
- Posiva Oy, Nuclear Waste Management in Finland.
- Posiva Oy, Nuclear Waste Management of the Olkiluoto and Loviisa Power Plants Annual Review 1996.
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes

No.13, (Dec,1998)

- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)
- Olkiluoto Signs Exclusive Agreement To Take Finnish Spent Fuel Repository. Nuclear Fuel (May.31,1999)

フランス

- La Recherche sur la Gestion des Dechets Radioactifs, Loi du 30 Decembre 1991.
- Service de Presse du Premier Minstre, Politique nucleaire et diversification energetique: orientations gouvernementales, 2 fevrier 1998.
- Commission Nationale d'Evaluation, Rapport d'Evaluation NO 3, Septembre 1997. See also the first two reports, dated Juin 1995 and Juin 1996.
- Regle N° III.2.f, Stockage Definitif de Dechets Radioactifs en Formation Geologic Profonde, 1 Juin 1991.
- P. Rimbault and C. Valentin-Ranc, How to Mark Repositories in Geological Formation?, ANDRA.
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

スウェーデン

- Treatment and final Disposal of Nuclear Waste, Siting a Deep Repository, Background Report to RD&D - Programme 92, SKB, Sept.,1992
- Claes Thegerstrom, SKB, The Swedish Approach to Spent Fuel Disposal-Stepwise Implementation and the Role of Retrievability
- C. Svemar, Svensk Kärnbranslehantering AB, SKB, Alternative Retrieval Methods Considered by SKB
- Claes Thegerstrom, SKB, Status of the Swedish Programme for Deep Geological Disposal of Encapsulated Spent Nuclear Fuel, Technical Paper presented at Institute of Nuclear Materials Seminar in Washington, DC, January 1998.
- Andersson et al. Andersson, Johan; Hogberg, Lars; Norrby, Sorren. "Safe Management and Disposal of Nuclear Waste: A Prerequisite for a Nuclear Power Program." International Conference on the Nuclear Power Option, Vienna, Austria, September 5-8, 1994.
- Dverstorp et al, 1997a. Dverstorp, B; Kautsky, F; Norrby, S; Toverud, O; Wingefors, Sig. (SKI) "Management of Performance Assessments in the Swedish Waste Disposal Program: SKI's views and experiences," SKI, Stockholm, 1997.
- Dverstorp et al, 1997b. Dverstorp, Bjorn; Norrby, Sorren Wingefors, Sig. "SKI Memorandum 97017: Premises for Regulations concerning Safety in Connection with the Final Disposal of Spent Nuclear Fuel, etc." SKI, Stockholm, 1997.
- IEAL. International Energy Association Limited, "Regulatory Strategies for High-Level Radioactive Waste Management in Nine Countries." prepared for Pacific Northwest Laboratory, Department of Energy, December 1987.
- IAEA "Requirements for the Safe Management of Radioactive Waste" IAEA TECDOC 853, Vienna, December, 1995
- KASAM. KASAM (Consultative Committee for Nuclear Waste Management), "SKN Report Number 29: Ethical Aspects of Nuclear Waste," Stockholm, 1988.
- SKB. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, "Technical Report 96-25: SKB Annual Report 1996," Stockholm, May 1997.
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

スイス

- HSK. Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (HSK) HSK R-21: Protection Objectives for the Disposal of Radioactive Waste, Villigen, November 1993.
- IEAL. International Energy Association Limited, "Regulatory Strategies for High-Level Radioactive Waste Management in Nine Countries." prepared for Pacific Northwest Laboratory, Department of Energy, December 1987.
- Kocourek, J, Current Status of the Nuclear Energy Field in Europe, 1999, prepared for a IAE periodical
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

スペイン

- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)
- Spanish Waste Plan Puts Off Long-Term Decisions Until At Least 2010 Nuclear Fuel (Sept 6,1999)

中国

- Yunging JIANG ,CHINA's SPENT FUEL TREATMENT:THE PRESENT STATUS AND PROSPECTS IAEA-TI-AG-4/7,19(1998)
- 中国の核燃料サイクル・バックエンド戦略と今後の見通し、原産マンスリーNo.37, 12(1998) China's Backend of Nuclear Fuel Cycle: Strategy and Prospects より
- 中国における高レベル放射性廃棄物処分の研究開発（体制と計画） Xu et al, Winter Meeting of US NWTRB,January 10-12,1996
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

韓国

- 韓国の放射性廃棄物管理対策、原産マンスリーNo.37、12(1998)、韓国産業資源部 発表資料(1998.9.30)
- International Waste Management (<http://etd.pnl.gov:2080/fac/south korea/factsheet.htm>)
- Nuclear Wsate Bulletin Update on Waste Management Policies and Programmes No.13, (Dec,1998)
- 1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

台湾

- Introduction to the Fuel Cycle and Materials Administration of the Atomic Energy Council (<http://www.fcma.aec.gov.tw/english/skbr.htm>)
- Radwaste Management Policy (<http://www.fcma.aec.gov.tw/english/policy.htm>)
- Current Status of Radwaste Administration in Taiwan (<http://www.fcma.aec.gov.tw/english/tony.htm>)
- The Virtual Repository of Radwaste Information by Geosciences for Development and the Environment National Profiles (<http://ourworld.compuserve.com>)

—1998 Global Nuclear Waste Management and Disposal NUKEM Market Report(1999,Feb)

分離・消滅

- (1) Status and Assessment Report on Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation OECD/NEA (1999,May)
- (2) 向山武彦：長半減期核種と消滅処理、放射性廃棄物研究、Vol2、15 (1996、Feb)

総括的報告書

—Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?
An International Assessment OECD/NEA(1999,Oct)

—Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories
Its Development and Communication OECD/NEA(1999,Oct)

表2 地層処分研究開発の経緯一覧

年 代	年	日本の政策	日本の研究開発	アメリカ(事例、計画)	アメリカ(レポート)	ヨーロッパ諸国/カナダ	国際機関	
1940年代				☆最初の高レベル廃液タック設置 (ハンフォード、カーボンスチール)				1940年代
1950年代				☆プリンストン会議(地中11分を議論、1955) (初のHLW処分の本格会合)	☆NASレポート(1957) (:岩塙層への処分有望)		☆モナコ会議(1959年)	1950年代
1960年代	62	HLW処分方式:処分を行った後は管理を要しない段階の処分方式を確立する。二つの処分方式:(1)深海に投棄、(2)土中埋設、天然の堅牢な洞窟あるいは岩石層(原子力委、廃棄物処理専門部会中間報告1962年4月)						1960年代
	64	放射性廃棄物の処分:閉じ込め方式、拡散方式、車寄せ込め方式。閉じ込め方式の例:高いレベルの廃棄物を永久貯蔵地等に廃棄貯蔵する場合。(原子力委、廃棄物処理専門部会中間報告1964年6月)		☆インタンク固化の試み (ライオングラス岩塙層での野外試験)	☆Asse mine(1965):独岩塙層での処分研究			
1970年代	70			☆ロッキーフラットのPu火災 (TRU廃棄物発生/貯蔵の必要)	☆AECサイト(ライオングラス) ☆AECサイト(ライオングラス) 拒否、中止			1970年代
	71			☆RSSF計画				71
	72	放射性廃棄物の陸地における処分方法:(1)回収または再処分を前提とした陸地保管、(2)地中施設への永久処分、(3)地中への直接永久処分(地中埋没)。 HLW固体廃棄物の処分方法:アメリカ等と同様人造の保管施設を用いた保管方式を採用。(原子力委、放射性固体廃棄物分科会)		☆ハーフオーバーダンクの大リーケ(液体の長期貯蔵? 人間の長期管理?)				72
	73							73
	74							74
	75	処分については、地層処分が有望と考えられる。わが国の地層が処分に適さない場合のことを考慮し、処分で最も最終貯蔵の必要性も想定し、処分の代替方法の調査研究も必要(原子力委、放射性廃棄物対策技術専門部会) 処分の要件を満たす可能性のある地層の調査研究実施	ガラス固化体の組成と物性評価検討を開始	☆RSSF計画中止 (HLWの取り出し可能、地表施設貯蔵)	☆パワル報告	☆OECD/NEA発足	75	
	76				☆TAD報告書(ERDA-76-43)			76
	77				☆USGSサーキュラー(米地質調査所)	☆アリバ地下研究施設建設(1972年まで研究実施)鉄鉱山跡での原位置試験	☆OECD/NEA "Polvani" レポート	77
	78	基本的なガラス原料組成を確立	☆ヤッカ・ウツデ最初のボーリング調査		☆IRG	☆核燃料廃棄物管理計画開始(カナダ) (放射性廃棄物管理の目標/概念/戦略)	78	
	79	高レベル放射性廃液は、安定な形態に固化し、二次貯蔵した後、処分する。 固化体:ホウケイ酸ガラス固化を目指。処分:当面地層処分に重点を置く。 5段階による地層処分研究開発。(原子力委、放射性廃棄物対策専門部会)			☆IRG発行 (省庁間レビューグループ)			79
1980年代	80							1980年代
	81	ガラス固化体物性評価を実施				☆IAEA "ハニーランカイアソリポート"	81	
	82			☆NWPA(核廃棄物政策法)	(処分の予備的安全評価書)	☆OECD/NEA 処分原則オハビュート	82	
	83	第1段階「可能性ある地層の調査」の成果を評価。未固結岩等は別にして、岩石の種類を特定することなく広く考えうる。5段階方式を見直し、4段階の開発方式を採用。当面、2000年頃に処分技術の実証を目指す。 (原子力委、放射性廃棄物対策専門部会中間報告)	☆処分場候補地6地点選定	☆NAS隔離システム研究レポート ☆立地ガイドライン(10 CFR 960)発行(DOE)	☆KBS-3(スウェーデン) ☆モルの地下研究施設研究開始(ベルギー)	☆OECD/NEA "テモストレーション" レポート	83	
	84							84
	85	4段階の開発方式を再確認・提示。処分予定地の選定(第2段階の目標)では、社会的、経済的情報等に対する配慮も不可欠。処分費用検討にあたっては世代間負担の公平性を考慮。(原子力委、放射性廃棄物対策専門部会)			☆Projekt Geweih 85(スイス)	☆ICRP Pub.46(固体廃棄物処分に関する放射線防護の諸原則)	85	
	86		☆特性調査3候補地選定					86
	87	☆ヤッカマウンテン特性調査候補地に指名		☆サイト(ヤッカ・ウツデ含)の環境評価書 ☆NWPAA(核廃棄物政策修正案)				87
	88	釜石鉱山にて原位置試験開始			☆PAGISレポート			88
	89					☆IAEA 安全基準99(原則と基準)	89	
1990年代	90			☆Rethinking 報告書(NAS/NRC) : HLW処分の再検討	☆パダイゴ報告書(フランス) ☆HRL建設開始(スウェーデン)			1990年代
	91	技術報告書(第1次取りまとめ)の公表。 ガラス固化技術開発施設(TVF)建設			☆放射性廃棄物管理研究法(フラン西ス) ☆TVF92: フィンラント処分場安全評価	☆OECD/NEA "Can Long-Term Safety-レポート(長期安全は評価可能か)" ☆ブジルザミット	91	
	92	CPPで高容量ガラス固化ボット下試験を開始。地層処分基盤研究施設(ENTRY)完成						92
	93	処分事業の実施主体を2000年を目標に設立する。2030年代から遅くとも2040年代半ばまでの操業開始を目指す(原子力長計)			☆Kristallin-1(アゼルバイジャン) ☆環境影響評価書(EIS)作成・公表(カナダ)			93
	94	高レベル放射性廃棄物処分懇談会(社会的・経済的側面等幅広い検討) 原子力パッケージ対策専門部会の設置(処理処分に係る技術的事項等の調査・審議): (原子力委員会決定)	超深地層研究所構想を瑞浪市議会等に説明。東濃地科学センターにおける地層科学研究にかかる協定締結。TVF、本格的ガラス固化体製造運転開始。	☆Technical bases for Yucca Mountain Standards(NAS/NRC)		(放射性廃棄物管理の原則) ☆IAEA原則レポート(SSTIP) (放射性廃棄物管理の原則) ☆OECD/NEA "環境と倫理" レポート(地層処分の環境/倫理的基礎)	94	
	95	第2次取りまとめに盛り込まれる事項と第2次取りまとめに向けて実施すべき技術的重點事項を審議(原子力委、パッケージ対策部会報告)						95
	96	「なぜ」「いま」高レベル放射性廃棄物処分問題を議論するのか?等、原子力委、処分懇談会報告書	☆金石鉱山における原位置試験終了	☆Viability Assessment(DOE): Yucca 山での最終処分場の実現可能性評価書	☆EIS評価パネル報告、政府方針発表=加☆仮地下研サイト決定			96
	97							97
	98		第2次取りまとめドラフト公表	☆WIPP操業開始(DOE)		☆最終処分場サイト決定(フィンランド)	98	
	99							99

4. 個 別 的 問 題

4. 個別的課題

本章では高レベル放射性廃棄物の処分について、専門以外の人々がしばしば

- ・関心を抱くこと、
- ・疑問に感じること、
- ・懸念していること、

などを取り上げ、一つ一つを単独にとりあげても内容がおおよそ把握できるような資料の作成を行い、理解を容易にするため、なるべく図表類の挿入をも試みた。

取り上げた課題は、以下の通りである。

4. 1 長期予測について
4. 2 処分対策プログラムの実施
4. 3 倫理・環境面の配慮
4. 4 処分場の管理
4. 5 再取り出し性
4. 6 地質環境
4. 7 市民の参加
4. 8 時間帯
4. 9 核種分離・変換処理
4. 10 サイト選定

4.1 長期予測について

4.1.1 課題に対する典型的疑問

高レベル放射性廃棄物は長期的に安定な深い地層中に処分することが想定されているが、人間環境への有意な影響がないことを処分事業の開始に先立って証明する必要がある。高レベル放射性廃棄物処分に伴う危険度（リスク）の解析と計算の結果（安全解析結果）を、別途策定される規準と比較するという安全評価が必要とされている。

ある種の化学物質の毒性が永久になくならないという性質に照らすと、放射性核種の放射線による毒性は半減期があるため減衰してゆく。しかし、高レベル放射性廃棄物に含まれるいくつかの核種は長い半減期を持ち、毒性が長く続く。高レベル放射性廃棄物処分の是非について議論される場合、議論の多くの出発点には長い時間の問題があり、一般的に次のような疑問が繰り返される。

- (1) 超長期の安全性の予測はどのようにして行うか？
- (2) 遠い将来の不確実性は避けられない。評価の信頼性はどのように得られるのか？
- (3) 遠い将来とはどのくらいの時間を考えているのか？
- (4) 安全性の判断基準はどのようなものなのか？

4.1.2 典型的疑問に対する専門家の検討とコンセンサス／合意

- (1) 超長期の安全性の予測はどのようにして行うか？

地層処分システムの安全性の評価が、通常の工学システムと大きく異なるのは、

– 極めて長い時間枠を考慮しなければならないこと、
– 天然の地層という不均質で大きな空間領域を有するシステム要素を含むこと、
の2点である。このため従来の工学的アプローチのように設計に基づいて試験的にシステム全体を組み立て、実際に機能させてその安全を実証するという直接的な方法をとることはできない。

安全評価での「予測」は将来の人間への影響を言いあてるのではなく、地層処分の安全性の判断材料を提供するためのものであり、予測に用いるシナリオ、モデル、データについて充分議論が尽くされているかどうかが重要となる。

OECD/NEAは、専門家による国際的な検討の結果として、安全評価の一般的アプローチに関し一連の要素の構成を示している。

- ・ 処分システムの将来の可能性のある展開の広範な把握（シナリオ開発）
- ・ 適切なモデルの開発と適用
- ・ 総合評価による潜在的な放射線影響の評価
- ・ 不確実性および感度解析

- ・評価における全ての構成要素の確証と評価
- ・結果の規準との比較
- ・評価の文書化

これらの構成要素相互のフィードバックと全ての構成要素を通じた反復は安全評価の重要な面である。

この一般的アプローチに関する広い国際的なコンセンサスがあるが、評価の目的や適合すべき安全基準の種類に応じて別の特定の手法が用いられることに注意することが重要である。(OECD/NEA, Can Long-Term Safety be Evaluated ? An International Collective opinion, 1991) としている。

(2) 遠い将来の不確実性は避けられない。評価の信頼性はどのように得られるのか？

地層処分の安全性は、シナリオに基づくモデル予測によって示されるが、安全評価の結果が妥当なものとして受け入れられるためには、処分システムの将来の状態、処分場の予測モデル、および処分システムの評価データに関して発生する不確実性を特定し、低減化することが求められる。この点で安全性評価の信頼性は、安全評価の実施に対する適切な品質保証と品質管理手順の確立を通して高められる。信頼性は、また、安全評価で用いられた予測モデルが実際のシステムの挙動を適切に表していることを確認（あるいは、確認）するプロセスを通じて達成される。安全性を示さなければならぬ長期間にわたって、処分システムの実際の挙動と予測による挙動を直接比較することは不可能である。そのような確認を得るために、ウラン鉱山のような代表的なナチュラルアナログ研究から得られるデータとともに、実験室およびフィールドの実験から得られるデータに対してモデル化の結果を体系的に評価する必要がある。最後に、専門家の判断と注意深い評価も、信頼性構築プロセスの一部である。このような全ての活動が、評価結果の信頼性を高めるために貢献するものである。（OECD/NEA, Can Long-Term Safety be Evaluated ?, 1991）

(3) 遠い将来とはどのくらいの時間を考えているのか？

ここでは、国際原子力機関（IAEA）およびいくつかの国で行われた時間枠の具体的な議論を示すことにする。

(a) 国際原子力機関（IAEA）

長期にわたり放射線防護規準に適合することに関し、国際原子力機関（IAEA）の安全シリーズNo.99「高レベル放射性廃棄物の地層処分に対する安全原則と技術規準」において時間枠の議論がなされている。

将来の人類に対する環境条件を記述することは、考慮する期間が今から数万年も先のことになれば、より思弁的になる。このことは、そのような長い期間に対する評価はす

べきでないことを意味するのではなく、不確実性が増加する期間については、その他の独立した方法で、線量およびリスク評価の結果を補強する必要があるかも知れないと示唆している。

(IAEA Safety Series No. 99, Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes, 1989)

これらを箇条書きに整理すると次のようになる。

- ① 将来の自然環境、社会環境の予測
- ② 合理的に意味のある将来予測（自然環境と社会環境）ができる時間
- ③ 厳密な意味での線量評価やリスク評価は、数千年より長い期間に対しては意味がなくなるであろう
- ④ 不確実性が増大する期間については、線量評価やリスク評価の結果を補強する別の独立した方法が必要である。

(b) 論理的考察 — SKI, Technical report 90:15 (SKI)

スウェーデンとスイスの原子力規制機関が共同で作成した諮問文書「放射性廃棄物処分のための規制のガイドライン」には、廃棄物処分の安全性の長期の局面について、体系的な検討を行っているが、ここでは時間を切るアプローチについて 2つの欠点：

- ① 生態系の時間枠である 10^4 年オーダーであっても、人間社会の特徴など処分システムのある部分の進展を予測することは不可能
- ② ある時間後、安全性は終わるべきではない、また人がいるであろうと仮定して、そのような将来の人々が無視されるべきではない と指摘した。

このような議論に基づいて、同文書は時間枠について次の提案を行っている。

安全評価において時間を切ってはならない。線量は、少なくともピーク値に達するまでは計算される。

(SKI Technical Report 90:15, Regulatory Guidance for Radioactive Waste Disposal - an Advisory Document)

(c) カナダの規制文書；R-104の場合 (AECB, 1987)

放射性廃棄物処分の安全性に関し、規準において時間区切りを定めている例として、カナダ原子力管理委員会 (AECB) の「放射性廃棄物処分のための規制の目標、要件およびガイドライン — 長期の局面」がある。ただし、昨年の放射性廃棄物管理の規制を含めた体制の見直しの政府勧告を受けて、将来見直される可能性も否定できない。

- ① 個人のリスク要件への適合性を証明する期間として 10^4 年
- ② 10^4 年までに予測リスクがピークにならない場合、 10^4 年以降について、次の合理的な議論が必要である。
 - ・ 環境への放射性核種の放出の割合が、突然かつ劇的に増加しないだろうこと
 - ・ 個人が激しい放射線学的リスクに遭遇しないであろうこと

(d) ドイツの RSK と SSK による 1988 年の共同声明 (RSK/SSK, 1988)

ドイツでは、放射性廃棄物の処分のための規制に、時間枠を設けるか否かの議論が 1980 年代の後半に行われた。1998 年の 6 月に原子炉安全委員会 (RSK) と放射線防護委員会 (SSK) の共同声明として「放射性廃棄物の最終処分の長期安全性の評価のための時間枠」が出され以下の考え方が示された。

(イ) 証明期間－時間枠

- ① 安全な隔離を確かめるべき時間枠を証明期間とした
- ② 証明期間については、個人線量が自然放射線被曝の変動幅を越えないことが要求されている

(ロ) 証明期間の決め方

- ① 人類の定住や文明化の歴史にそって決められた。それらは、地質学的变化に関連している。
- ② 人類の定住と文明化は、氷河期との関係で出現してきている。最後の氷河期（約 1 万年前に終了）後、人類の文明化が始まっている。
- ③ ドイツにおける将来の人類の定住の予測は、地質学的および文明の变化の程度に適応していくなければならない。と述べ、

処分場の安全性の証明は、 $10,000$ 年にわたる安全解析によって達成されるべきである。 $10,000$ 年以降の評価は信頼性が低下する。と結論している。

(4) 安全性の判断基準はどのようなものなのか？

規準の意味

判断規準は、処分システムの安全のレベルを判断するために策定されるものである。それは原子力分野で一般に適用される、放射線防護システムに基づいて決められる。

国際原子力機関 (IAEA) の安全シリーズ No.99 「高レベル放射性廃棄物の地層処分のための安全原則と技術規準」は、高レベル放射性廃棄物処分の深地層処分場の設計

のための、国際的に合意された原則と規準を述べている。ここで、放射線安全に関する原則の意味について次のように述べている。ある時間経過後、あるいは低確率で放射性核種の放出が起こるメカニズムがあることが認識されており、それは安全解析によって考慮しなければならない。そのような安全解析の結果を判断する規準を設定することが必要である。

規準の指標

安全基準の基本指標としては、線量、あるいはリスクのいずれか、または両方を採用しているのが一般的である。その基本的な考え方は、国際放射線防護委員会（ICRP）に基づいている。一方、OECD/NEAが1990年に開催したワークショップ「高レベル放射性廃棄物の処分における放射線防護と安全規準」では、リスクおよび線量とも、安全についての妥当な指標ではあるが、放射性廃棄物処分の安全性を判断する目的に使用するには、両者とも完全ではなく、限界があるという指摘もしている。

(OECD/NEA, 1991c)

基準適合の実証

OECD/NEAのワークショップ「高レベル放射性廃棄物の処分における放射線防護と安全規準」（1990年）では、規準適合の実証を重要視し、一つのアウトラインを示している。（OECD/NEA, 1991c）

- ① 安全規準とは、安全評価の結果が満足すべき要件を決めたものであるが、
- ② その規準をたとえ詳細に作成したとしても、それを実証する評価の作業は殆ど同じである。
- ③ 問題の核心は、如何にして安全規準に適合しているかを実証し、判断するかにあるといえる。それが、規準適合の実証の問題である。しかし、
- ④ その規準適合の実証とは、単に、評価結果が安全基準に合致していることを形式的に示すことではなく、それより遙かに複雑な問題である。すなわち、
 - (a) 評価によって示される処分システムの理解のレベルが問題になるととともに、
 - (b) 予測モデリングの中で使用されているデータとモデルの質が問われる。

規準適合に関する各国のアプローチには、多くの共通した要素が含まれていることが明らかにされ、それらは、一般的な知見として次の3つに整理することができる。

(OECD/NEA, 1991c)

①現実的感覚での安全性

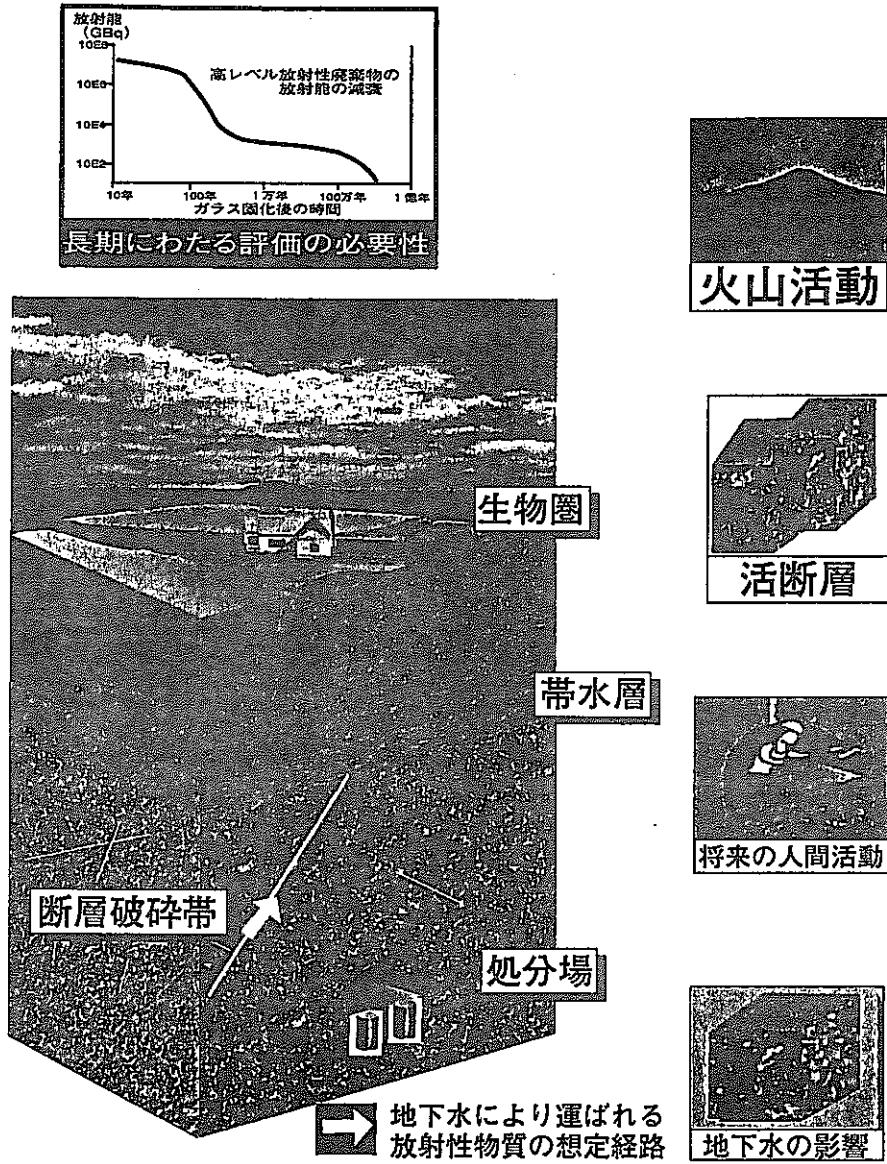
規制によって安全性を明らかにするためには、規制の一部として、放射性廃棄物の処分場の(a)設計、(b)立地、(c)建設、(d)操業、(e)閉鎖、の過程の全体をとおして、質の高い良好な工学的な対策が行き渡っていることを確認しなければならない。

②定量的安全評価

処分場の長期的性能を理解するための中心手段は、① 重要な現象と重要なプロセスの全てについて適切な科学的理解がなされ、それに基づいた予測モデル化を活用し、② 特定のサイトについてのデータを基礎とした定量的な安全評価でなければならない。安全評価、あるいは性能評価の科学的基礎と評価の方法は、国際協力の枠組みの中で、今後も継続して研究が行われ、改善されてゆくものと考えられる。

③安全評価を補強する必要性

定量的で、詳細な安全評価は、常に、① 定性的な証拠と、② 長期的安全性に関する不確実性側面について行われる専門家の判断によって補強されなければならない。



地層処分の安全性を確保するためには、処分された高レベル放射性廃棄物がわたくしたちの生活環境に危険をもたらす可能性が考えられるさまざまなケースを考慮する必要があります。そのためには、①火山活動などの自然現象や人間活動により高レベル放射性廃棄物が直接生活環境に近づくようなシナリオ（接近シナリオ）と、②放射性廃棄物が地下水に溶け出して生活環境に影響を及ぼす可能性に関するシナリオ（地下水シナリオ）について安全性を評価しなければなりません。現在これらのシナリオに基づき、地層処分の安全性を評価する研究が進められています。

図6 地層処分の安全性を評価するための研究

4.2 処分対策のプログラムの実施

4.2.1 課題に対する典型的な疑問

高レベル放射性廃棄物処分の特質の一つは、将来の極めて長い時間を対象にし、かつ地下という基本的には実際に掘り進まないことにはその特性が正確には把握できない条件のもとで、その実現可能性や安全性を事前に明らかにして事業を進めるということである。通常の工業施設などは、小規模な研究開発から始めて、次第にスケールを大きくして実現可能性を示す開発を成功したところで、研究開発は基本的な役割を終了する。その対象とする時間スケールは比較的短期なものに制限され、その次の段階は技術的信頼性を持って、実現化に入ることになる。実用化の段階に入ってからは初期の計画が確立されれば、その後は大きな計画の変更がなくプロジェクトが進行する例が多い。

これに対して、高レベル放射性廃棄物処分の場合では、対象にする時間スケールが極めて長く不確実な事柄を考慮せざるを得ないこと、地層を対象にすることから、実現化の段階に至っても、不測の事態に備える必要があることの2点に十分配慮した対策が求められることになる。

一般的に、処分事業を構成するステップは、「処分候補地の選定」、「処分予定地の選定」、「サイト特性調査」、「サイト選定」、「許認可」、「建設・操業」、「閉鎖」、および「閉鎖後の制度的管理の時期」と想定されている。（原子力委員会、処分懇談会,1998）

このようなステップは、事業規模や国の事情にもよるが、処分候補地の選定から建設・操業の期間まででも数十年以上見積もられているのが一般的である。このように、100年にも及ぶ長期の事業が継続した事例は、過去に余り例を見ない。一国というよりも、ある程度各国共通の新たな課題と見られるが、数世代にわたる意思決定に対し、どのような対策や計画を立てていくべきかを検討する必要性から以下の点が指摘されて来ている。

- (1) 事業の開始時点で決まる事業計画の継続性をどのように考えておくべきか？
- (2) 計画の見直しの可能性を事業開始時点でどのように考えておくべきか？

4.2.2 典型的疑問に対する専門家の検討

- (1) 事業の開始時点で決まる事業計画の継続性をどのように考えておくべきか？

OECD/NEAの報告書（1995年）は、放射性廃棄物管理委員会（RWMC）の議論をまとめた集約意見において、地層処分の段階的な実施の提案と、この期間における世代内の公平性の考慮について、

特に、科学の進歩の結果を考慮しながら、数十年にわたる段階的実施による処

分の実施を提案することにより、現世代内の公平問題を考慮するものであること；この手順により、全ての段階で公衆を含む利害関係者との協議が可能になるであろう。

環境的にも倫理的にも、数百年以上にわたって生物圏から隔離されるべき長寿命放射性廃棄物に対する地層処分場の開発を続けることは正当化される。

地層処分計画を段階的に実施することにより、科学の進歩と社会の受容性に照らし合わせて、数十年にわたって状況の変化に適応できる余地が残り、将来他の選択肢が開発され得る可能性を排除しない。

と結論している。

さらに、段階的な実施の時期において、処分場および周辺の地質環境などについての理解が実際に進むとともに、より詳細な性能評価の実施に寄与することができるとしている。また場合によってはこの段階的な処分の過程のある段階で操業をやめて、廃棄物を再取り出しすることも可能になるとし（OECD/NEA, 1995）、

地層処分の他の重要な要素は、廃棄物の定置に至る段階的実施の時期であるが、多くの国では来世紀のしかるべきときまで起こらないであろう。

主要な一連の段階とは、「概念的および技術的開発」、「サイト候補地の選定」、「サイト特性調査研究」、「サイトの選定」、「地下研究施設の建設と操業」（廃棄物の定置）、「全ての接近通路の埋め戻し」、「地表施設の解体」、「施設の閉鎖」から成る。

各段階は長年にわたって続き、公衆の議論と規制当局の精査をうけなければならず、次の段階に移る承認を得る前に規制当局に提出された結果は満足すべきものでなければならない。

技術的安全性は、段階的実施による進展のいかなる特別な速度にも依存しないことに注目することが重要である。というのは廃棄物の管理貯蔵は、長年にわたり許容できる方策ではないが、それ自身は非常に安全な中間的手法であるからである。

段階的実施の間、科学的情報が連続的に収集され、地域や局所的地質のよりよい理解と次第に詳細化される性能評価の両方に寄与する。

研究計画および公衆との協議から得られる情報を組み込むために柔軟でなければならないが、見直しのための十分な機会を提供する。

この過程で、もし安全な処分の目標が満たされえない場合は、処分の操業を止

め、廃棄物を再取り出しすることも可能である。

4.2.3 典型的疑問に対する専門家のコンセンサス/合意

(1) OECD/NEAの報告書「地層処分の環境的および倫理的基礎 放射性廃棄物管理委員会の集約意見」(1995年)の中には、処分対策のプログラムを考察する上で参考になる多くのことが含まれている。それらを抽出してみると次の通りである。

- ・現世代内の公平問題を考慮する
- ・計画を段階的に実施する
- ・科学の進歩と社会の受容性に照らし合わせる
- ・状況の変化に適応できる余地
- ・将来他の選択肢が開発され得る可能性を排除しない
- ・公衆の議論
- ・規制当局の精査
- ・地域や局所的地質のよりよい理解
- ・次第に詳細化される性能評価
- ・過程は研究計画および公衆との協議から得られる情報を組み込むために柔軟で
- ・見直しのための十分な機会
- ・いかなる時点でも、処分の操業を止め、廃棄物を再取り出しがることも可能

(2) このような事項を整理して処分対策プログラムを考えると、つぎのような姿が一つの例として浮かび上がってくる。

処分対策プログラムは、

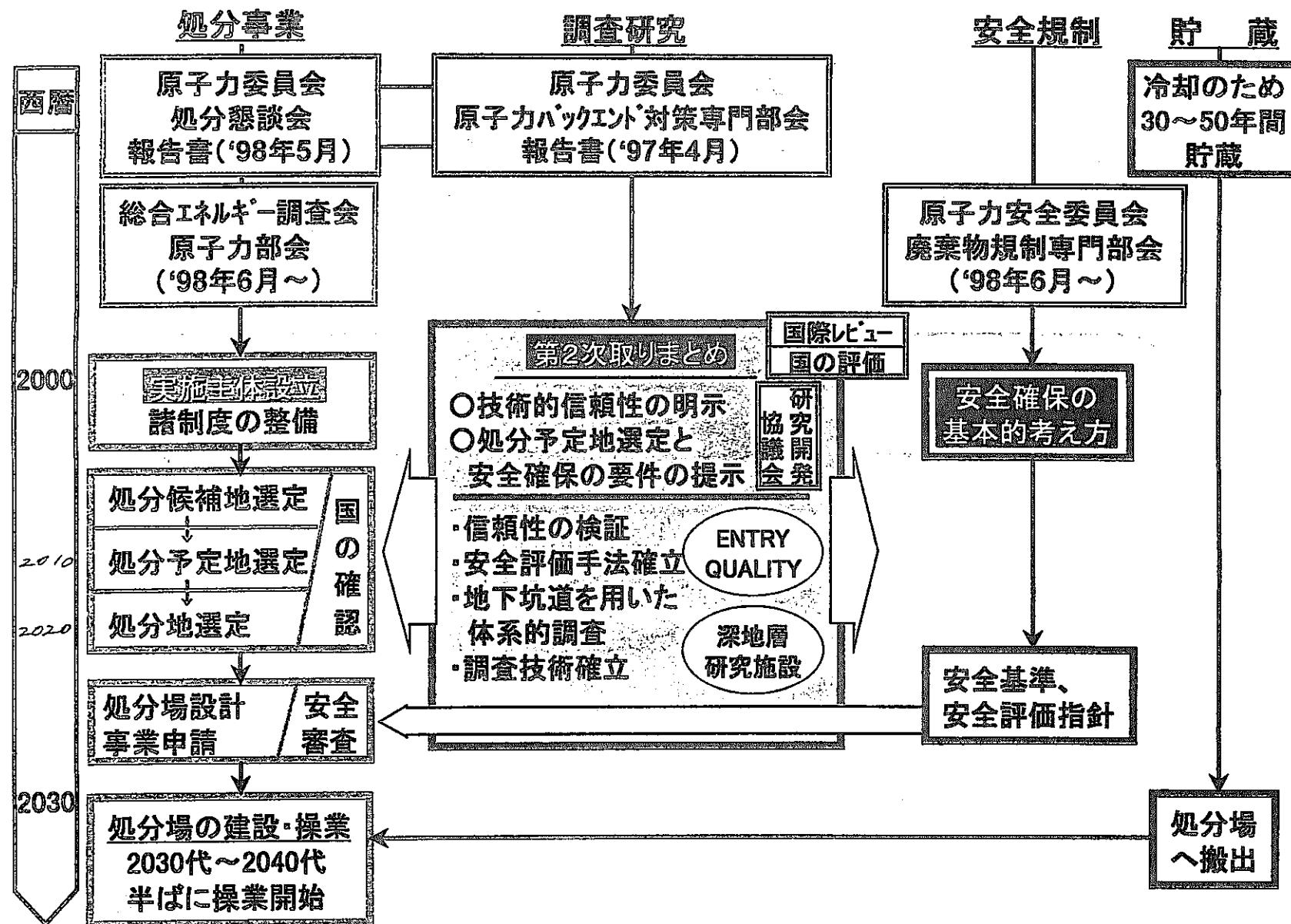
- ・公平性問題に配慮したものであること
- ・その意思決定の過程は段階的なプロセスになっていること
- ・科学の進歩と社会の受容性に照らして柔軟性を持っていること
- ・公衆が参加するシステムを含んでいること
- ・見直しができる機会を十分に内包していること
- ・後戻りができる余地を残していること

これらは、地層処分を進める上でプログラムが持つべき基本的な要件と捉えることもできる。具体的なプログラムは、このような基本的要件に基づいて構築されていくされていくものと思われる。

参考文献

- 原子力委員会、高レベル放射性廃棄物処分懇談会（1998）：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について
- OECD/NEA (1995) : The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency

図7 高レベル放射性廃棄物の最終処分への取組み



4.3 倫理・環境面の配慮

4.3.1 課題に対する典型的疑問

現代の人間活動の結果発生し長期間にわたり適切な管理を必要とする高レベル放射性廃棄物の処分については、世代間および同世代内の公平、人間の健康や自然環境の保護といった環境面の観点からどのように捉えていかなければならないかという問題を含んでいる。これらは、地層処分コンセプトの根幹に係わる問題であるとの認識がなされ、国際的な場では、たびたび議論されてきている。

1980年代に地球環境問題が大きく取り上げられるようになり、子孫への影響ということに関し、大きな関心が払われるようになってきた。そのような流れの中で、放射性廃棄物処分の分野でも、世代を超えて長期にわたる影響と負担を及ぼす可能性があるとの視点から、専門家の間では、世代間問題等の倫理的な見方が重要であるとされるようになった。これに関しOECD/NEAは1994年に放射性廃棄物処分の環境と倫理に関するワークショップを開催し、翌年コレクティブ・オピニオンをまとめた。この報告書では、「世代間および同世代内の公平という倫理的原則は、放射性廃棄物の長期的管理の方策の受容可能性を評価する際に、考慮しなければならないことを配慮し、」という表現で、倫理的考察の必要性を述べた。

OECD/NEAのコレクティブ・オピニオン（1995）によれば、長寿命の放射性廃棄物の管理問題は、倫理的考察と不可分ではあり得ないと認識に立ったものと理解される。

H LWにおける倫理的考察は、以下の2つを重点課題として示している。

- (1) 世代間の公平性（世代間公平）：将来世代にリスクの可能性と負担を残すであろう現世代の責任に関して
- (2) 世代内の公平（世代内公平）：実施されることとなる廃棄物管理の解決方法に関する資源配分のバランスおよび公正で開かれた意志決定過程に現代社会の様々な層の参加を得ることに関して

4.3.2 典型的疑問に対する専門家の検討

(1) OECD/NEA、1982年の報告

OECD/NEAが1982年にとりまとめた報告書、「放射性廃棄物の処分、含まれる原則の全体像」では、世代間の公平性について次のような検討を行った。

- (a) 将来世代の幸福あるいは繁栄について、一般論としての原則を確認した。
 - ① 防ぐことのできる害悪に、知っていて加担するのは間違っている。
 - ② 害悪を防ぐことができるのに、その対策を講じないことは間違っている。
 - ③ 受益者がコストを負担すべきである（「受益者負担」の原則）。
- (b) 「原子力利用によって得られるベネフィットは、将来の世代にも続くものだ」とす

る問題についての議論を展開した。

- ①放射性廃棄物処分の場合には、リスクをイメージすることよりベネフィットを定量化することは難しい問題である。
 - ②ベネフィットよりリスクを探すのにより多くの時間がかけられている現実がある。
 - ③従って、現在の世代が、将来世代に対し廃棄物処分に絡む問題を最小にすべきであるとの考えが受け入れられる理由の一つになっている。
- (c) 将来世代への責任に対しては、「どのような表現で問いかけるのが適切か?」ということに関しては次のような視点を議論している。
- ①残していく受け入れ可能なリスクレベルは何か?
 - ②絶対の安全確保はいつの時点においても不可能である。
 - ③今の社会が受け入れているよりも悪くない状況を将来の世代に残していくよう努力していくべきである。

(2) IAEA,1995年の報告

国際原子力機関 (IAEA) の安全シリーズでは、世代間の負担の原則を次のように述べている。 (IAEA, 1995) :

放射性廃棄物は、将来世代へ過度の負担を強いないような方法で管理されなければならない。

(3) OECD/NEA,1995年の報告

OECD/NEAの放射性廃棄物管理委員会 (RWM C) は、1995年3月の特別分科会において環境的および倫理的な面から地層処分方策に対する基礎を再評価した。特に重点が置かれたのは、世代間と世代内の公正と公平の考察であった。

同報告書本文の冒頭において、このような検討を行うことになった背景が述べられている。 (OECD/NEA, 1995)

有害な化学成分や長寿命の放射性同位元素を含む廃棄物の場合、そのような防護が必要な期間は、現在や次の世代の一生を遥かに超え、数千年におよび得る。従って、将来世代について注意をはらい、将来世代が地球の資源を享受しその利益を受けるために、彼らの選択肢を可能な限り保護するように活動するという倫理規範が存在する。

4.3.3 倫理・環境面に対する専門家のコンセンサス/合意

1982年にOECD/NEAから公表された報告書、「放射性廃棄物の処分、含まれる原則の全体像」は、放射性廃棄物の管理方法を選択するにあたり考慮すべき原則の全体像を示すという中で、放射性廃棄物管理における倫理的側面の検討をも行った。その

上で、その他の原則とも合わせて総合的に判断すると高レベル放射性廃棄物について
は地層処分が最も好ましい選択であるとの結論を確認した。

一方で、OECD/NEAが1995年に取りまとめた「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的および倫理的基礎」と題する報告書は、地層処分を倫理的および環境の視点から捉えて再評価したものであり、検討結果を、以下のようにまとめている。

(1) 長寿命放射性廃棄物の地層処分に関する環境および世代間・世代内の公平に関する基準

放射性廃棄物の長期管理方策が、社会的に受け入れられるものであるかどうかについては、世代間および同世代内の公平の確保という原則が考慮されなければならない。この観点からは、将来世代に対する現世代の責任は、貯蔵よりも最終処分によって適切に果たされる。なぜなら、貯蔵はオプションを将来にわたって残すが、その一方で将来世代に対し長期にわたる管理の責任を残すものである。そして、将来社会において社会構造が安定であるとは限らず、貯蔵が軽視される可能性があるからである。

他方、地層処分は生物圏から高レベル放射性廃棄物を隔離するためには、現在最も好ましい方策である。なぜなら、現在と同じリスク基準を将来にも適用し、また将来世代への負担を制限することにより、世代間の公平の問題を解決することが可能であるからである。また、技術の進展にあわせて数十年にわたって段階的に地層処分の手順を実行することにより、全ての段階で公衆を含む利害関係者との協議が可能となり、世代内の公平の問題を解決することも可能となる。更に、たとえ地層処分をした後であっても、高レベル放射性廃棄物の回収は不可能ではないと考えられる。

(2) 廃棄物の管理に対する環境的、世代間・世代内の公平という背景

現代社会の発展と繁栄の基となる産業プロセスでは、廃棄物の発生は避けられない。このうち、有害化学成分や放射性廃棄物の場合には、人間と環境の防護が必要な期間が人間の一生に比べてはるかに長いため、将来世代が可能な限り地球の資源を享受し、その利益を受けることを可能にする選択肢を残すように、現世代が活動することが世代間・世代内の公平という観点から望まれる。長期的廃棄物管理の関心からは、

世代間の公平の達成に関しては、潜在的な将来への影響が安全性の観点からも容認できるように、廃棄物を管理することが重要であり、そのためには、現世代の内に技術開発と処分場立地を達成することが求められる。

世代内の公平の達成に関しては、資源の配分と意志決定過程に公衆が参加することについて適切な対応を取ることが重要であり、地層処分場のような施設の建設と操業によって影響を受ける地域社会に対する公平と公正の考察が重要である。これらに基づき世代間・世代内の公平の観点から選択を行う際の原則を以下の様に結論している。

廃棄物管理の責任は、新しい計画に着手する際に考慮されるべきであること。

廃棄物発生責任者は、将来世代に過度の負担を課さないようその管理に責任を持

ち、資源を用意するべきであること。

人間の健康と環境に対して容認できる防護基準を保証し、少なくとも今日許容されている安全水準を将来世代に与えるべきであること。

廃棄物管理方策は能動的な制度的管理に依存しない受動的安全状況を引き継ぐことを目指すべきであり、将来の安定した社会構造や技術の進展の仮定に基づくべきではないこと。

(3) 放射性廃棄物に対する地層処分戦略

長寿命の放射性廃棄物を深く安定な地層に処分する技術的長所については、国際的に専門家の意見は一致している。それは、このような方法での最終処分は、人間による介入や制度的管理を必要とはせず、本質的に受動的であり永続性があるからである。

長期にわたる生態圈からの隔離を目指す放射性廃棄物の処分には種々の代替案（氷床処分、宇宙処分、海洋底処分等）が考えられていたが、実現されていない。しかしながら、地層処分以外の選択肢に関する研究も適時評価する必要がある。

地層処分という選択肢では、人間活動に影響を与えないように隔離するという観点と、その効果が十分長い期間持続させることができるという観点を満たすことが可能であり、さらには必要に応じて処分した廃棄物を再度管理し処理することが可能である。また、地層処分の概念は原理的には処分場閉鎖後は介入は不要であるが、極端な場合には、再取り出しも可能である。さらに、地層処分の頑丈で受動的な安全システムが将来の社会の活動によって損なわれる可能性も非常に小さい。

意志決定過程には、世代間・世代内の公平を考慮することを保証することが必要であり、技術分野の代表、国の規制当局、地方・地域の意志決定者、様々な公衆の関係団体の代表が参加することが必要である。

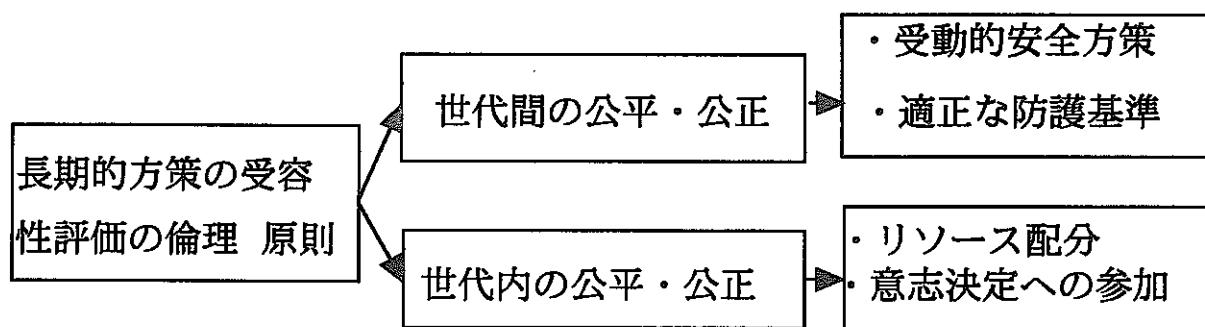


図8 OECD/NEAコレクティブ・オピニオン の主要枠組み

参考文献

- OECD/NEA (1982) : Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Principles Involved
- IAEA (1995) : Safety Series No.111 - F, The Principles of Radioactive Waste Management
- OECD/NEA (1995) : The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency

4.4 処分場の制度的管理

4.4.1 課題に関する典型的疑問

地層処分の発想は、倫理的観点からも、将来何の手当もしなくて良い方法で処分を実施することにより、廃棄物管理を完結するものである。これを目標にして世界的に研究開発が進められ、専門家の間では、その技術的可能性は実現できるとの見通しが得られる段階にまでできているが（OECD/NEA, 1991）、研究開発を通して得られた対策について、一般の理解を得る努力とともに、社会からの意見をどのような形で対策に反映させるかが重要である。

いくつかの国は、処分場の安全性はモニタリング等の制度的管理に依存すべきものであってはならないとしつつ、処分場の性能を乱さない範囲で行われるモニタリング等は実施される可能性があるとしている（例えば、HSK, 1993）。専門家の結論と一般の人々が抱く懸念の間の距離は、その殆どが地層処分の長期にわたる安全性の確保の理解の難しさに起因し、これから、制度的管理の要請となって現れないと見られる。この管理については、環境および人間に安全上何の影響も及ぼさないようにするという発生者の責任を、現世代ばかりでなく将来世代に対しても完結させることが含まれている。

このような状況は世界的にほぼ共通であり、各国とも今後の議論が予想される。処分場の管理は技術を始め様々な問題が絡み合った問題であるが、一般的に以下のようないくつかの疑問にしばしば遭遇する。

- (1) 制度的管理とは何か、またどのようなことが考えられているのか？
- (2) 人間の管理から離れる地層処分は本当に安全か？
- (3) 地層処分概念と制度的管理は相容れないものではないか？

4.4.2 典型的疑問に対する専門家の検討

（1）制度的管理とは何か、またどのようなことが考えられているのか？

制度的管理（institutional control）は、処分場の健全性や環境防護を確認したり処分場の健全性を維持するために監視をしたり、場合によっては修復措置を施すなどの人間の積極的な関与と、土地利用制限のような制度による人間の受動的な関与のことを意味している。

このような制度的管理について、将来世代が、例えば、放射性廃棄物処分場をモニタしたり閉鎖後に放射性廃棄物を再取り出しするような措置を取ることを決めるかもしれないが、必要な安全機能として長期の制度的措置または活動に頼るべきではない。放射性廃棄物処分施設の存在、位置とインベントリは、適切に記録し保持すべきである。

（IAEA安全シリーズ）

(2) 人間の管理から離れる地層処分は本当に安全か？

OECD/NEAの1995年のコレクティブ・オピニオンは、地層処分コンセプトにつき、地層処分コンセプトは、処分場からの廃棄物の再取り出しのための周到な準備は必要としないが、閉鎖後でも、費用はかかるが廃棄物の再取り出しは不可能ではないことに注目し、

放射性廃棄物の地層処分方策によるリスクの低減に取り組む中で、現世代は、人間や環境に対しより大きなリスク低減の可能性のある他分野への資源配分を勘案し、より効果的に資源を使えるかどうか考えるべきことに注意を促すとした上で、

環境の面からも倫理の面からも、数百年以上にわたって生物圏から隔離するべき長寿命放射性廃棄物に対して、地層処分場の開発を続けることは正当化されると結論付けている。

(3) 地層処分概念と制度的管理は相容れないものではないか？

長寿命の放射性廃棄物を地下深く、安定な地層に処分する技術的利点に関して、広範な国際的意見の一一致がある。多重バリアシステムによって、極めて長期間にわたって生物圏から廃棄物を隔離し、数千年後に生物圏に到達する放射性物質は、例えば自然の放射能バックグラウンドと比較して些細な濃度であることを保証し、不注意な人が処分場に侵入するリスクを許容できる程小さくするであろう。このような最終処分解決策は、人間による更なる介入や制度的管理を必要とせず、本質的に受動的かつ永続的なものである。ただし、社会が安定な状態で発展するならば、立地記録や定常的監視は実際には長年にわたり維持されることが予測される。

(OECD/NEAの1995年のコレクティブ・オピニオン)

ここでは、地層処分コンセプトの特徴は人間による更なる介入など制度的管理を必要としない、本質的に受動的かつ永続的なものであると強調する一方で、社会が安定な状態で発展するとの前提にたてば、制度的管理の継続性を予測することはできるとしている。この裏返しとして、社会が安定な状態で発展しないことも想定して、「このような最終処分解決策は、人間による更なる介入や制度的管理を必要とせず、本質的に受動的であり永続的である。」ことがあくまでも地層処分の基本であるとしている。

4.4.3 典型的疑問に対する専門家のコンセンサス/合意

(1) 制度的管理とは何か、またどのようなことが考えられているのか？

専門家によって合意された地層処分コンセプトは、本質的に制度的管理は必要のない

ものとされている。しかし、処分場の閉鎖後、社会の要請により行われる制度的管理については、処分場の性能に影響を与えるものでなければ排除するものではない、というのが一般的認識である。ある種の制度的管理を要求する一般の意見は少なくないと理解されている。

(2) 人間の管理から離れる地層処分は本当に安全か？

国際的な議論の場において、専門家は、評価することのできない不確実性を含む人間の手による貯蔵などの管理によるより、安全確保の対策が適切にほどこされた方法によって処分する方が安全であると考える方が合理的であるとの結論に達している。さらに、専門家は深地層処分場の長期間にわたる受動的安全性は事前に評価可能であるとの見解を示している（例えば、NEA/IAEA共同総合見解「長期的な安全性は評価可能か（Can Long-Term Safety Be Evaluated）」）。

しかし、依然として地層処分に対する一般の人々の意見がおおよそ懐疑的であることは事実であり、その背景には、地層処分が一般廃棄物や産業廃棄物のような単なる投棄のイメージと重ねあわせて見られていることもあるのではないかと想像される。地層処分の概念は、それ自体で完結する対策を提示するものである。いくつかの国は、処分場の安全性は、モニタリング等の制度的管理に依存すべきものであってはならない、としつつ、処分場の性能を乱さない範囲で行われるモニタリング等は実施される可能性があるとしている。

(3) 地層処分概念と制度的管理は相容れないものではないか？

欧米諸国において、研究者や技術者が目指したのは、処分場を閉鎖し人間環境から隔離すればその後は、特に人間の関与が必要とされない、それ自体で完結した処分システムを構築であった。

1980年代は、「このような隔離の概念に基づく地層処分の安全性を数千年以上もの長期にわたって評価することは可能か？」という疑問に回答を出すべく、安全性を評価するための研究が進んだ時期でもあった。1983年にはスウェーデンにおいてKBS-3、1985年にはスイスにおいてProjekt Gewahr 1985などの総合的な評価書が出され、以降、現在まで地層処分の安全性を含めた総合評価書が、ベルギー、フィンランド、カナダなどで作成されてきている。このような研究開発の進展を背景にして、国際的な場での専門家による検討も活発になった。1989年にパリで開かれた安全評価に関するOECD/NEAのシンポジウムでは、技術的に安全な処分の可能性を評価することができるであろうとの専門家の意見がまとめられた。1990年代の初めには、専門家の意見を集約した文書がOECD/NEAから発表されている。このような大きな流れにそってみると、「高レベル放射性廃棄物を深い地層中に処分することにより人間環境から隔離する技術は既に得られ

ている。かつ、地層処分が数千年以上にわたって人間および環境へ与える影響の観点からも安全であり、それを示す技術的方法も得られた。」というのが、地層処分の直接の関係者が1990年頃に到達した結論の一つであった。

これに対し、特に、処分場の操業を終えた後の比較的近い将来に関しては、処分場へ人間が近づくことによる潜在的な危険性は大きいため、定常的な監視や記録が不注意による人間の浸入に対して効果的である。

このように考えると、必ずしも地層処分概念と制度的管理は相容れないというものではなく、あくまでも隔離の概念を前提としつつ、特に初期の期間については、それを補う形で制度的管理が有効に働くと考えることができるのではないか。残る課題は、それぞれの制度的管理が、どの程度有効と考えられるかという技術と社会の両面からの判断を現時点でどのように考えるかということであろう。

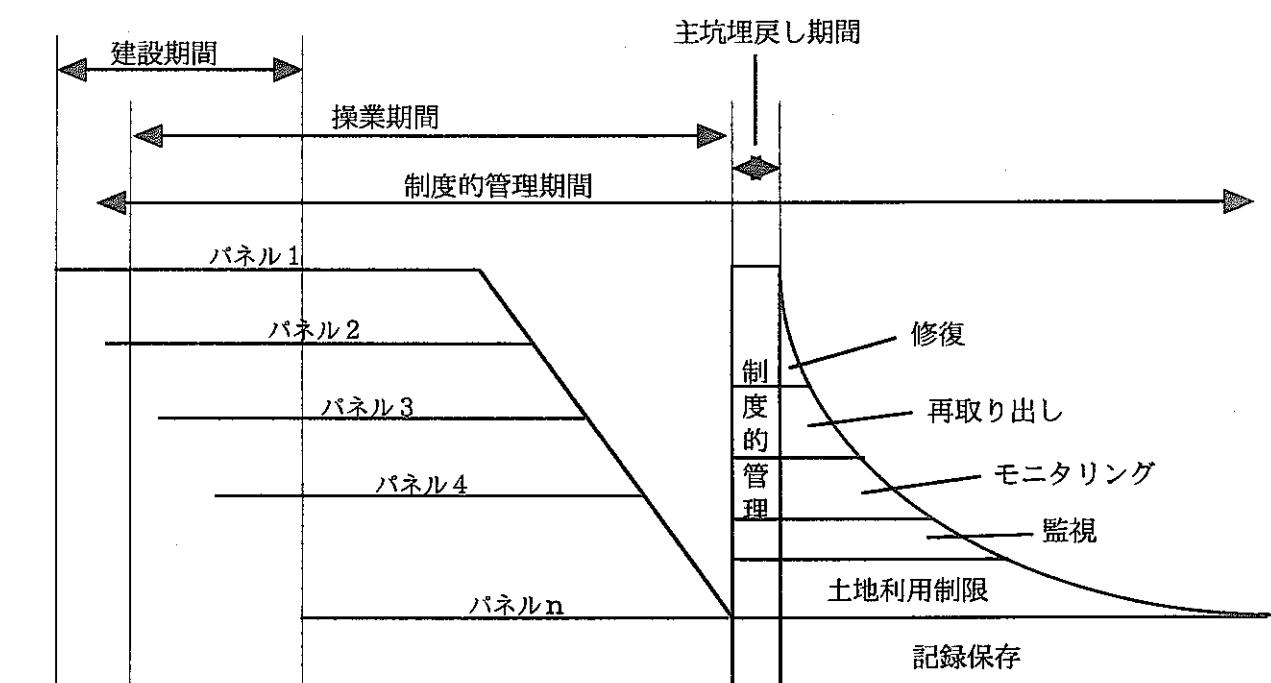


図9 処分と段階的に軽減する制度的管理

4.5 再取り出し性

4.5.1 課題に対する典型的疑問

地層処分は、廃棄物を人間環境から隔離し、サイト閉鎖後の廃棄物の再取り出しのための周到な準備を求める、という概念に基づくシステムである。

これに対し、一般に「地層処分によって、廃棄物が人間の手を離れることへの不安」から地層処分の長期安全性に対して不信感があるのも事実である。このような一般の人々の意見に配慮して、廃棄物の再取り出し性の検討を行っている国もある（例えは、仏：CNE, 1998）。

処分施設から環境へ放射性核種が漏出したと想定されるような兆候が観測された場合、確認や場合によっては修復するため、処分した廃棄物を再度取り出すような事態を想定することを不合理だとすることは難しい。地層処分を選択するにしても、可逆的プロセスを対策の中に組み込むことがしばしば提唱される。

また、高レベル放射性廃棄物に含まれる有用資源に着目して、将来の世代がそれらを取り出して再利用することもあり得ることである。わが国は今のところ想定していないが、使用済み燃料を直接処分する場合には、UやPuの資源保護の観点から使用済燃料の再取り出し性を保持すべきであるという意見もある。

さらに、例えば群分離・消滅処理のような技術が、現在では難しくとも、将来実用化される可能性に備えて、将来の世代が再取り出しできるようにしておくべきであるとする意見もある。

以上が、おおよそ再取り出しが議論される際の動機となっている。これらを整理すれば、再取り出し性に関する疑問は以下の3つに表現することができる。

- (1) 地層処分の長期の安全性への疑問、トラブル対応、制御への疑問
- (2) 将来世代が有用物質を再利用する可能性を遮断することへの疑問
- (3) 将来技術による処分技術の最適化を考慮しないことへの疑問

4.5.2 典型的疑問に対する専門家の検討

IAEAによれば、処分は、「再取り出しを意図することなしに、廃棄物を処分場に定位すること。」とされている（IAEA, 1981）。また、OECD/NEAによれば、「地層処分概念は、処分場からの廃棄物の再取り出しのための周到な準備は必要としないが、たとえ処分場閉鎖後であっても、費用はかかるものの廃棄物の再取り出しは不可能ではないことに注目し、--」とされている（OECD/NEA, 1995）。

いずれにしても、地層処分はその計画において廃棄物の再取り出しを想定しない対策

である。この基本的な処分概念と再取り出しに対する要請はどのような関係になるか。

(1) 「地層処分の長期の安全性への疑問、トラブル対応/制御への疑問」

確認や修復を目的とした再取り出しの場合についてであるが、地層処分の概念はもともと、サイト閉鎖後の廃棄物の再取り出しを想定しないことが特徴である。そのため、廃棄物が忘れられても安全に処分された状態が続くことを確実にするため高いレベルの規準が設定され、環境および人への影響がないことを事前に安全評価において確認することが行われる。しかし、長期の安全性を直接的に実証することは本来不可能であるため、人々がその結果の信頼性について理解するのが難しいというのも理解できる。

国際的議論の場で専門家は、評価することのできない不確実性を含む人間の手による貯蔵などの管理によるより、安全確保の対策が適切にほどこされた方法によって処分する事の方が安全であるとの結論に達している（OECD/NEA,1995）。さらに、専門家は深地層処分場の長期間にわたる受動的安全性は事前に評価が可能であるとの見解を示している(OECD/NEA,1991)。この安全性の確認が一般の人々に理解されるとすれば、処分場閉鎖後に廃棄物を再取り出すなどの制度的管理に対する考え方は、多少変わるかもしれない。

いくつかの国では、処分場操業の終了と同時に殆ど時期を同じくして閉鎖後段階に移行するのではなく、地層処分を段階的に実施する、即ちある一定期間いわゆる貯蔵の状態を設けた後処分場閉鎖に移行する方法が提案/検討されている（USNRC,1997, USDOE, 1998）。この場合には、いわゆる「貯蔵」期間中に、ある程度の安全な処分の実証が行われることになる。

(2) 「将来世代が有用物質を再利用する可能性を遮断すること及び将来技術による処分技術の最適化を考慮しないことへの疑問」

一つは将来の世代が廃棄物中の有価物質を取り出して再利用するかもしれないので、それが可能になるようにしておくべきとする意見であり、もう一つは将来の世代が地層処分より好ましい技術選択を可能にしておくということである。これは本来、将来世代の選択の問題であり、地層処分を実施する世代の責任の範囲外の問題であると考えることができる。

地層処分の代替技術として考えられているものの一つが、群分離・消滅処理（P & T）である。専門家のコンセンサスとして、（P & T）は、原理的および技術的には実現可能な技術であるが、経済的に意味があり商業的に成立することに関しては疑問視されている。

技術開発は、それに必要な資源さえ投入すれば基本的には際限なく続けられるであろうが、多くの場合、現実の様々なシステムをみるとそのようにはなっていない。現実的

な意味での実現可能性の見通しの明らかでない技術の開発の間、中間貯蔵などにより期限を決めずに人の手によっていわゆる管理することが、適切な選択であるかという問題も含んでいる。

先にも述べたように、幾つかの国では地層処分を段階的に実施する、即ちある一定期間いわゆる貯蔵の状態を設けた後処分場閉鎖に移行する方法が提案/検討されている。この場合にはいわゆる「貯蔵」期間中に、より容易な再取り出しが可能になる。

(3) サイト閉鎖後の廃棄物の再取り出しのための周到な準備を求める地層処分概念との論理的な整合性

地層処分は廃棄物管理を完結させる最後の対策であるとの位置づけを持っている。このことからすると、廃棄物の再取り出しは、地層処分の概念からはみ出す行為になるよう見える。しかし、地層処分システムが再取り出しを前提にしないことと、それが可能であることは別の議論であるとみることもできる。

地層処分の実施を計画/実施する者の責任の範囲としては、再取り出しを前提にしない安全な処分を計画するとともに、将来の世代の判断によって再取り出しを行うことがあることも想定してその技術的可能性を示しておくあるいは再取り出しのための技術を用意することであるとみることもできる。責任の議論においては、再取り出しに伴うコストを誰が負担するかという課題が残る。再取り出しは将来の世代の選択の問題であると考えるならば、将来世代がコストを負担するのは当然とする考え方もあるであろう。一方、再取り出しに要するコストから再取り出しをした廃棄物の貯蔵施設の建設にかかるコストを現在の世代が負担すべきであるとする議論もある。将来の世代が再取り出しの選択ができるようにする中には、技術的にも経済的にも可能な方法であることを示しておくこと（SKB,1992）が必要であるとの意見に関しては、具体的な内容を含めた議論が必要であろう。

4.5.3 典型的疑問に対する専門家のコンセンサス/合意

(1) 再取り出しは長期安全性に対する公衆の懸念に応えうる対策かどうか

本来地層処分は、廃棄物を人間環境から隔離し、サイト閉鎖後の廃棄物の再取り出しのための周到な準備を求める、という概念に基づくシステムであるが、専門家以外の人々が地層処分の長期の安全性を理解することはなかなか難しいことである。

廃棄物の再取り出しを期限を切らずいわば「永遠」に可能である、と言うことを根拠もなく述べることは倫理に反することになるであろう。米国の例のように、考えても良いと社会が判断する期間についてはその実現可能性を示しておくことが、通常の社会の問題に対する決定の方法かもしれない（USDOE, 1998）。

地層処分の実施を計画あるいは実施する者が、再取り出しを前提にしない安全な処分

を計画するとともに、補完的な意味で、将来の世代の判断によって再取り出しを行うことがあることも想定してその技術的 possibility を示しておくあるいは再取り出しのための技術を用意することが、この問題に対する一つの答えになりうるのではないだろうか。

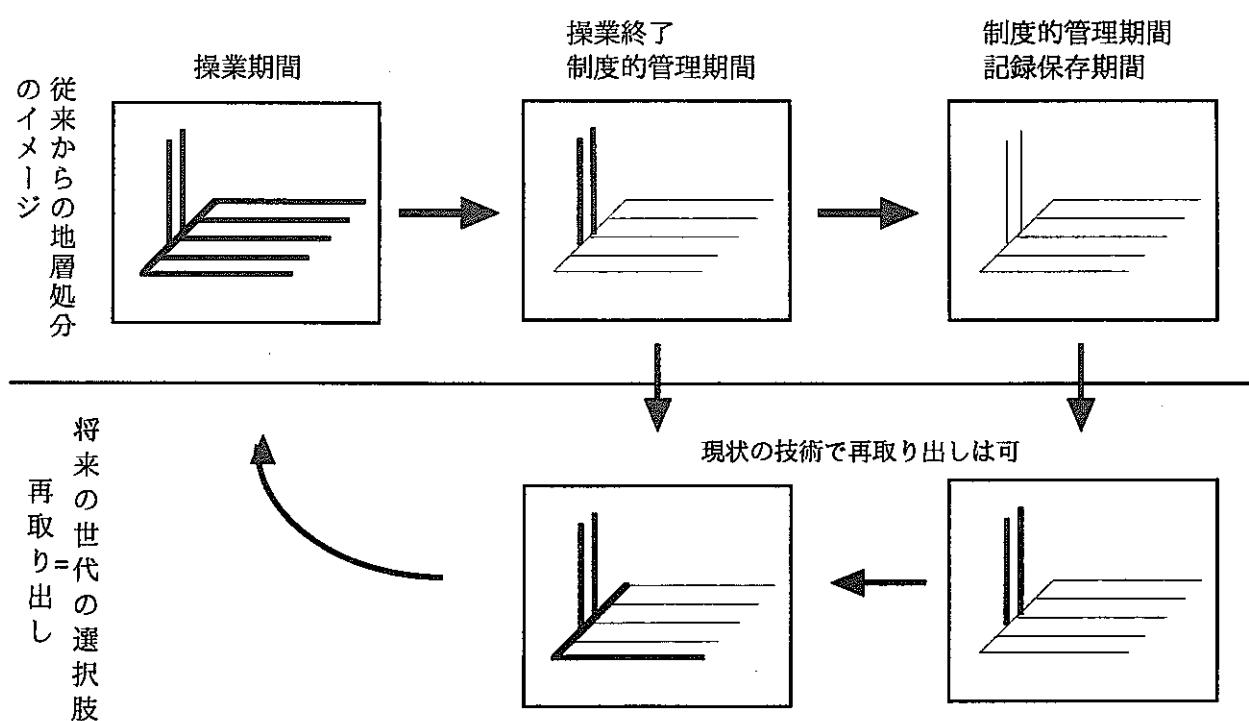
(2) 技術的に可能な方法はあるか

どのような時点で再取り出しを行うかにもよるが、地層処分場を一つの鉱山と類似したものであるとみれば、基本的には現状の鉱山技術をもってすれば再取り出しは不可能ではないというものが地層処分の研究開発を行っている専門家の一般的な認識である (SKB, 1992, ANDRA, 1998)。処分後の比較的早い段階で廃棄物容器が健全であると想定される時期の再取り出しが容易である。処分場を埋め戻す以前の段階であれば、再取り出しがなお一層容易である。

(3) 再取り出しが有効な期間

議論の上では無期限に再取り出しについて検討することは可能であるが、現実の対策として考える際には期限を区切らないで検討することは、遠い将来になればなるほど意味がなくなる可能性がある。米国のエネルギー省と環境庁は、WIPPの環境基準への適用性の評価において再取り出しを含め能動的な制度的管理が有効な現実的期間として処分後の 100 年を認識した (USEPA, 1997)。期間をどのくらいにするかを定めるために、現実的に意味のある期間を検討することが必要であろう。

図 10 地層処分と廃棄物再取り出しのイメージ



4.6. 地質環境

4.6.1. 基本的用語の意味

本報告書では、個別的な問題の第6番目として「地質環境」(Geological Environment)をとり上げた。「地質環境」とは、我が国では、

- (イ) 地層処分の観点から見た地下の環境、あるいは、
- (ロ) 地層処分の「場」としての地下の環境 と説明がなされている。

一方、国際的には、IAEAが放射性廃棄物管理の用語の定義あるいは説明をまとめた用語集を過去3回(1982年、1988年、1993年)、IAEAの出版物として公刊している。しかし、たまたま、「地質環境」はこの中には含まれていなかった。我が国の場合、一見明らかに見える基本的な用語についても、分かり易い説明がなされることが望ましいと考えられる。

4.6.2 「地質環境」の位置付け

IAEAは、地下処分(Underground Disposal)のクライテリア(Criteria)について安全シリーズNo. 60(1983)、高レベルの地下処分のための安全原則と技術規準について安全シリーズNo. 99(1989)と2つの報告書を公刊している。

ここでは、どのような文脈あるいは論理構成の中で「地質環境」が顔を出すかに注目することとする。

(1) 地下処分(Underground Disposal)について

上述の2つの報告書の中では、「地下処分」という用語が使用されているが、その意味は、地下の適切な深さに処分することで、この中には「地層処分」を含むより広範囲の処分方法が一括して示される。特に言及しない場合、本報告書では地下処分と地層処分の区別はしない。

(2) システムズアプローチ(Systems Approach)

上述の報告書の一つの安全シリーズNo. 60では、地層処分について技術規準を定める際、いわゆる「システムズアプローチ」を採用するのが得策であることを一般論として提案するとともに、「地質環境」の技術規準として、以下のような8つの規準を示している。

- (イ) サイト内の配置規準、
- (ロ) 地質媒体に関する規準、
- (ハ) 水理地質に関する規準、
- (ニ) 地質環境の性質として放射性核種の移行特性に関する規準、
- (ホ) テクトニクスと地震に関する規準、
- (ヘ) 処分場の立地に関する、人工および天然に由来する特性の規準、
- (ト) 潜在的資源に関する規準、
- (チ) 処分場の地表面に関する配慮についての規準、

である。

ここで、「地質環境」は、例えば上述の規準によって適切と判断できれば、処分場サイトの選定に進むのである。

4.7 市民の参加

4.7.1 課題に対する典型的な疑問

高レベル放射性廃棄物の地層処分対策を確立し、それを円滑に実施していくためには、市民の参加が必要であると言う意見が広く存在している。高レベル放射性廃棄物は、長い期間、放射能や重金属としての毒性を持っているため、人間の手当（制度的管理）に頼ることなく、人間の生活環境から廃棄物を隔離しようとしたものが地層処分の発想である。

技術的な研究成果から「放射性廃棄物が人間の管理を外れても、人間環境には有為な害を与えることはない」と、いくら説明されても、数千年あるいは数万年という長い期間を対象としているので、厳密な意味での実証ができず、その安全性に多くの人が不安を抱くことを合理的でないと言うことはできない。技術的な説明のみでは、その不安を取り除くことができないかも知れない。

また、地層処分は、他のいくつかの事例でも見られるが、以下のような今日的な課題を象徴的に含んでいる。

- ① 地層処分を完了するまで、少なくと2世代以上の世代が関与する可能性が高く、原子力エネルギーの利用で直接利益を受ける世代と、これにより発生した廃棄物で不利益を受ける世代の間を公平にする必要があること
- ② また、原子力エネルギーの利用で利益を受けている国民と処分場立地地域の住民との間を公平にする必要があること

上記の①については「世代間の公平」、②については「世代内の公平」と表現され、これらの公平を実現するためには「市民の参加」が不可欠であるとの議論が地層処分の関係者で広く行われるようになってきた（OECD/NEA, 1995）。

4.7.2 典型的な疑問に対する専門家の検討

地層処分は、処分地の選定、処分施設の建設・操業、処分場の操業（ガラス固化体の定置）、地下処分施設の埋め戻し（閉鎖）というプロセスが考えられ、閉鎖後の制度的管理については、安全性の見知からは不要である、というのが地層処分の専門家のコンセンサスである（OECD/NEA, 1995他）。しかし、社会の要請があれば、処分システムの安全性に影響を与えず、技術的に可能かつ有為な範囲で実施することを具体的に検討し始めた国もある。

これらのプロセスのうち、特に、地層処分地の選定、地下処分施設の埋め戻し（閉鎖）、閉鎖後の制度的管理を決定するためには技術的な課題ばかりではなく、前に述べた「世代間の公平」や「世代内の公平」など、技術以外の領域が中心になって解決策が

示されるべき課題が含まれている。

これらの問題を解決するための有力な案として、OECD/NEA（OECD/NEA,1995）は、次のように述べ、市民の参加により地層処分を進めていくことを提案している。

地層処分において、何か決定しなければならない場合は、国レベルの技術的分野の代表者、地層処分を熟知した規制当局の代表者、地方ないし地域レベルの意志を決定できる代表者、および地層処分に興味を持つ様々な団体の代表者が参加し、議論する。公開で行われる議論では、倫理や社会を適切に配慮することが必ず求められると考えられるため、広い範囲にわたる地層処分の関係者を必要とする。全ての国の計画は、このような手順の必要性を認識し、特に、サイト選定によって直接影響を受ける社会の人々意見を良く聞き、これらの人々が地層処分を進めていくための決定事項に関与することが重要である

地層処分を進めていくための1つの方策として、わが国では、下記の趣旨の方針（高レベル放射性廃棄物処分懇談会,1998）を示し、国民各層の間で広汎に議論が行われ、国民の間に合意が形成されると認識されてきている。

われわれが発生させた廃棄物については、われわれの世代がその処分に関する制度を確立する必要がある。後世代に影響を及ぼす可能性のある廃棄物の処分について、後世代に負担を残さないことが責務である。

また、原子力発電によって電力供給を受けている電力消費地域の住民と処分場立地地域の住民との間の「公平」を確保することが必要である。

しかし、これらの事柄に公平と公正を図るという問題は、本来専門家の間での技術的な議論だけでは解決できる問題ではない。こういった問題をどのように解決していくかについては、国民各層の間で広汎に議論が行われ、国民の間の合意形成が求められるべき重要な問題である。

これまででは、国における重要な問題の解決に当たっては、多くの場合、専門家集団の討議により解決案を出し、討議し、それを参考にして国が方針を決定するという方法が採られてきた。

しかし、最近、地層処分においては国際的にも国内的にも「市民の参加」により、プロジェクトを段階的に進めていくべきであるというのがほぼ共通した認識になって来た。

わが国では近い将来、地層処分を主体的に進めて行く「実施主体」が設立され、処分候補地の選定が進められることが予定されている。国や実施主体は「市民の参加」を前提とした地層処分の実現を目指していくものと思われる。

4.7.3 課題に対する海外諸国的具体例

海外では、地層処分を進めるにあたって、地層処分について地域住民の理解や協力が得られるように、公聴会や説明会が持たれている。ここでは、市民の参加に関する、先進諸国の具体的な事例について紹介する。

(1) カナダの現状

カナダでは、地層処分の概念が国や一般の公衆に認められない限り、処分サイトの選定を開始しないことが定められている。

地層処分を実施するカナダ原子力公社が提案した地層処分の概念に係わる環境影響評価書に対し、原子燃料廃棄物管理・連邦処分環境評価委員会（パネル）は、3年間の審査を経て1998年の2月に、天然資源相と環境相に勧告を提出した。その要旨は、以下の通りである。

- ・技術的な安全性は大筋では認められるものの、社会的な合意や一般の公衆の理解が十分に得られていない。

このような状況から、社会的な合意や一般の公衆の理解が十分に得られるように、今後も公聴会や説明会が行われることになっている。

(2) アメリカの現状

アメリカでは、ネバダ州のユッカマウンテンでサイト特性調査を実施している。1982年に定められた放射性廃棄物政策法において「処分場の計画および開発に州および公衆が参加することは、高レベル放射性廃棄物および使用済み燃料の処分の安全性について公衆の信頼性をえるために不可欠である」と規定されており、一般の公衆、関係諸団体、関係自治体、マスメディアの地層処分に対する理解と信頼を得るためにコミュニケーションを図っている。

具体的には、関連施設の見学と研究者・技術者による解説・質疑応答、中高生やその教師を対象とした教育プログラムの作成、学校や団体からの要請に応じた研究者・技術者による説明会が行われ、インフォメーションセンターが3ヶ所設置されている。

(3) フランスの現状

フランスでは、1996年に3つの候補地（4県）のそれぞれについて、処分地としてその場所が適切かどうかを調査するための地下研究施設の建設許可申請書が出されている。

地域情報監視委員会（CLI）が、国、地元、処分事業者（ANDRA）の三者間の情報伝達、地元意見の聴取と調整を目的として、法律に基づき候補地のある4県に設置され

た。メンバーは、政府、国民議会・元老院の議員、地域圏・県・コミューンの議員、環境保護団体、科学者、農協、地区労組、およびANDRA代表者である。メンバーは、独自に調査を実施し、ANDRAの調査結果と比較し検討している。

表3 市民の参加の具体的な内容

市民の参加が想定される事柄		具体例	わが国で考え得る内容
1	処分システムの検討、構築	—	広く社会の意見を求める
2	研究施設サイト（主に地下研究施設）の選定	フランス、スウェーデン	—
3	調査（サイト特性調査など）	米国	一部地元が参加
4	調査結果のレビュー	米国	地元も参加するレビュー委員会
5	環境影響評価書のレビュー	カナダ	同上
6	候補地or予定地の選定	スイス（住民投票）	公募と申し入れ
7	処分サイトの選定	—	地元の事前了解

参考文献

- OECD/NEA (1995) : The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Waste, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency.
- AECL (1994) : The Canadian Approach to Interaction with the Public in the High-Level Radioactive Waste Management Program.
- NAS/NRC (1990) , Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the Board of Radioactive Waste Management, 1990
- バタイユ報告書 (1990) Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Raport sur la gestion des dechets nucleaires a haute activite, par M. Christian Bataille, Depute, 1990
- 高レベル放射性廃棄物処分懇談会 (1998) : 高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について, 平成10年5月26日.

4.8 時間帯

4.8.1 課題に対する典型的疑問

高レベル放射性廃棄物（HLW）地層処分の基本的概念は、HLWを長期間にわたり人間の生活環境から隔離するというものである。この長期間という時間に関する問題を解決するため、技術的、社会・経済的にさまざまな研究開発が行われてきた。特に安全評価の領域では、多くの場合、千年以上、1万年、場合によっては10万年以上という極めて長い時間にわたって評価結果が示される。このような時間帯は、一般の人々には日常殆ど接することがなく、地層処分を初めて聞く人にとって、「地層処分」＝「一万年の安全」という、通常の理解を越えるものとして強烈な第一印象が残ることは容易に想像できる。地層処分が通常の感覚で捉えられるシステムであるということを、注意深く提示することが大切である。それは、例えば、処分事業がどのように行われていくかという現実的なプロセスを示すことでもある。処分事業自体長期にわたることも含め、時間帯に関しては多くの人は以下のようないどころに关心が高いと考えられる。

- ① 地層処分事業の時間帯：処分事業の開始から地層処分施設の埋め戻し終了までは、場合によっては埋め戻し終了後のモニタリングなどの制度的管理の実施を含めて長い期間がかかるが、その期間はどのくらいか？
- ② HLWが危険である時間帯：HLWは長い期間、熱を発生し、放射線を放出するが、その期間はどのくらいか？
- ③ 地質環境が安定である時間帯：処分施設を建設する地質環境は、HLWを安全に閉じ込めるため、長期間、安定でなければならないが、その期間はどのくらいか？

4.8.2 典型的疑問に対する専門家の検討/結果

（1）地層処分事業の時間帯

処分サイトの選定（サイト特性調査）、処分施設の建設・操業、処分終了後の管理などの段階を経て地層処分が完了するに要する時間について一つの例を示す。

① 処分サイトの選定

サイト選定については、選定を開始してから20～30年位は掛かるものと想定されている。

② 処分施設の建設・操業

処分施設の建設は、10年程度あればガラス固化体を定置できるような施設が建設できると考えられている。しかし、地下処分施設に定置する操業段階では、数万本という量のガラス固化体の定置には、地下処分施設のある一定の部分が建設できたら定置を開始し、一方で地下処分施設を拡大していく方法が一般に考えられてお

り、最終的に建設と操業が終わるまで50～60年位は掛かるのではないか考えられている（高レベル放射性廃棄物処分懇談会、1998）。

処分施設の建設・操業から埋め戻し、閉鎖まで

処分施設の操業中は、いわゆる制度的管理状態が維持されているのに対し、処分場の閉鎖以降は、基本的には人の関与に頼らない隔離の状態が実現する。人による制度的管理から人の管理によらない隔離に徐々に移行していくと言う意味で、移行期間として捉えることができる。

この移行期間では、処分場の性能に関するデータをモニタリングする等して、安全性の検証を行うことも可能であろう。そのような確認作業を通じて、その時点の人々が確信を持った上で、いわゆる隔離の状態へ進むことが可能になると考えられる。

埋め戻し・閉鎖

地下処分施設の埋め戻し・閉鎖、および地上施設を解体するための期間は10年程度であると考えられている。したがって処分予定地の選定を開始してから埋め戻しをして閉鎖するまで少なくとも、100年以上は掛かるものと想定される。

閉鎖後の管理

地層処分は、地下深部に高レベル放射性廃棄物を埋設し処分施設を閉鎖すれば、その後のいかなる制度的管理も不要である、さらに、人による管理に頼らないとのコンセプトから研究が始まられたが、近年では、社会の要請から閉鎖後の制度的管理が検討されている。閉鎖後の制度的管理として、モニタリング、再取り出し、処分サイトに関する記録の保管、標識の設置などが考えられている。

（2）高レベル放射性廃棄物が危険である時間帯

HLWは多くの放射性核種を含み、大きく2つのグループに分類される。

1つは核分裂生成物であり、この分類に入る放射性核種の大部分は、 β 線、 γ 線を出し半減期が比較的短い。他はアクチニド元素で、この分類に入る放射性核種の大部分は、 α 線を出し、半減期が長い。

HLWの放射能は、時間の経過とともに減衰するが、その様子はおおよそ以下の通りである。なお、高レベル放射性廃棄物は、数10年間貯蔵されることになっており、地層処分において有為な熱を発生しなくなると考えられている。

- ① 強い放射線を発生する期間は、約1000年間で、半減期の比較的短い大部分の核分裂生成物の放射能は減衰する。

- ② その後、数1000年経過すると、ウラン鉱石とほぼ同じ程度の放射線しか発生しなくなる。
- ③ さらに、数100万年以上の期間、残った核分裂生成物とアクチニドは、弱い放射線を出しつつ減衰する。

(3) 地質学で用いられる時間的概念

地層処分は、処分サイトの選定（サイト特性調査）により安定な地層が選定され、処分施設の建設・操業、処分場の解体・閉鎖、閉鎖後後の管理などの段階を経て終了する。各段階で地質環境に安定性が求められる。地質学における時間の概念を下記に示す

先プレカンブリア紀	46億年前（地球の形成）～5億7千万年前
古生代	5億7千万年前～2億4千5百万年前
中生代	2億4千5百万年前～6千5百年前
新生代	
第三紀　古第三紀	6千5百年前～2千3百万年前
新第三紀　中新世	2千3百万年前～520万年前
鮮新世	520万年前～170万年前
第四紀	170万年前～現代

(平凡社, 1996)

地層処分では、地質環境の安定性に関する断層活動、火山活動や氷河期など人間の感覚からすると極めて長期間の天然現象を扱っているが、上記のような地質学における時間枠からは、これらの現象はごく最近の短い時間を扱っていると言える。

①断層活動

断層には、今後も活動する可能性のある活断層と活動を停止した地質断層に区分される。活断層は、第四紀に活動したもの、おおむね第四紀の後半（約70万年前）から反復して活動しているもの、というようにその活動している期間の範囲は研究者によって異なる（動燃事業団, 1992）。

②火山活動

現在の火山の分布は、新第三紀の火山岩が分布している地域とほとんど一致しているか、その近傍に限られている。新第三紀の火山岩が分布には地域性があり、これまでの地質学的な研究により、その分布範囲は把握され火山が発生する理由も明らかになっている（動燃事業団, 1992）。

③氷河期

現在は間氷（河）期といわれているが、第三紀末の250万年前頃から氷河の拡大（氷期）と縮小（間氷期）が繰り返し発生し、過去70万年は明瞭な約10万年の周期

性が認められる。最新の気温のサイクルは、12～13万年前の温暖期から次第に寒冷化が始まり約2万年前位に寒冷期のピークに達し、その後1.5万年位前から急激な温暖化に転じ、5～7千年前位に最温暖期に達している。現在は、最新の氷期と次にくると予想される氷期の間の温暖な気候である間氷期にあたり、これまでの気候サイクルからは氷期に向かっていると想定される（核燃料サイクル開発機構, 1999）。

参考文献

- 核燃料サイクル機構（1999）：地層処分研究開発第2次取りまとめ，第2ドラフト，総論レポート，JNC TN 1400 99-006 .
- 原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会（1998）：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について，平成10年5月26日.
- 動力炉・核燃料開発事業団（1992）：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書－平成3年度－，PNC TN 1410 92-081 .
- 平凡社（1996）：地学事典、地学団体研究会編.
- 財団法人工エネルギー総合工学研究所（1996）：高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か.
- DOE（1998）：DOE/RW-0508, Viability Assessment of a Repository at Yucca Mountain, Overview, December 1998
- USNRC（1997）：10 CFR PART 60-- DISPOSAL OF HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES IN GEOLOGIC REPOSITORIES, January, 1997
- USEPA（1998）：Compliance Application Review Documents, CARD No. 43 Passive Institutional Controls, May 1998

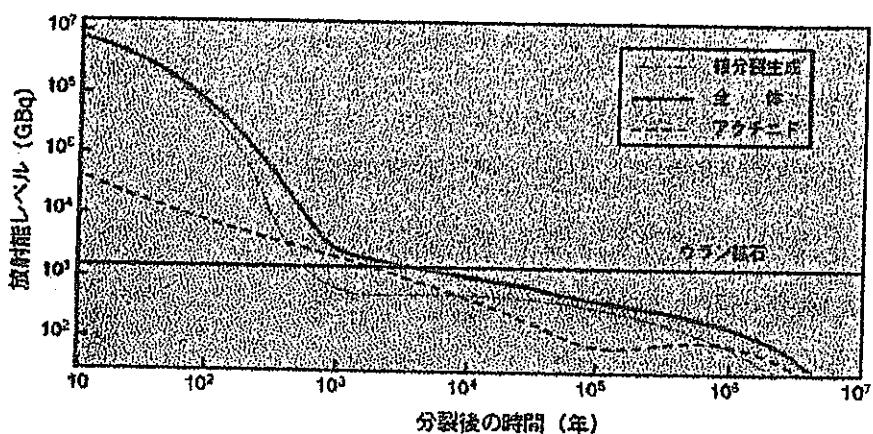


図11 高レベル廃棄物の放射能減衰

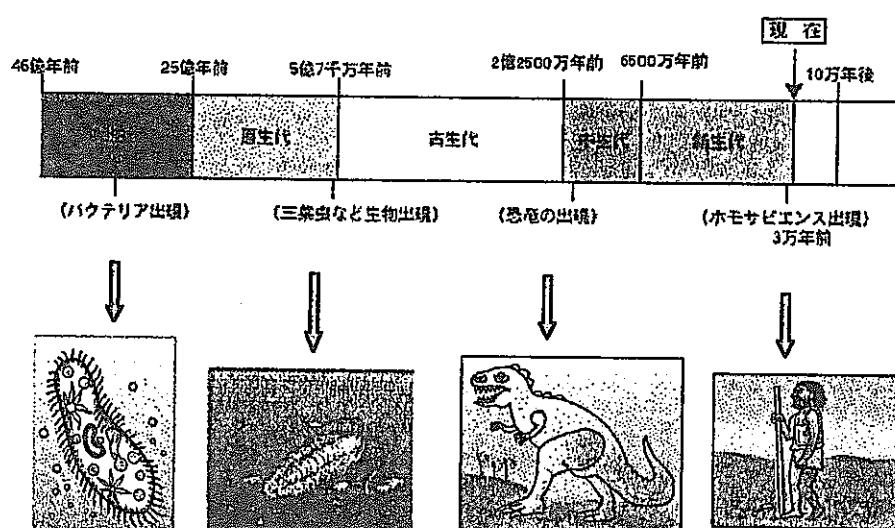


図12 地質年代

人間挙動、社会



生態系



地質学的



放射性物質（放射性壊変）



0 10 10 10 10 10 年

図13 挙動予測可能時間枠スケール (SKI)

表4 時間についての考察：諸外国の例

課題	IAEA安全シリーズNo. 99	SKI, Technical report 90:15	カナダの規制文書；R-104	ドイツ, RSKとSSKの 1998年の共同声明
将来の予測の基礎	将来の自然環境、社会環境の予測	処分システムにおける4つの構成要素を考察 ① 放射性物質の時間枠（放射性壊変） ② 地質学的時間枠 ③ 生態系の時間枠 ④ 人間の振る舞い、社会の時間枠	—	自然環境（氷河期）とそれに対応する定住、文明化人類の出現を考察した。
有意な時間の考察	合理的に意味のある将来予測（自然環境と社会環境）ができる時間	①放射性物質の時間枠（放射性壊変）：制限なし ②地質学的時間枠： 10^6 年のオーダー ③生態系の時間枠： 10^4 年のオーダー ④人間の振る舞い、社会の時間枠： $10^2 \sim 10^3$ 年のオーダー	—	約1万年前に終了した最終氷河以降、人類の定住と文明化が進んだ。約1万年後の次の氷河期以降の人類の状況については予測が極めて難しい。
評価基準と長い時間	厳密な意味での線量評価やリスク評価は、数千年より長い期間に対しては意味がなくなるであろう	安全評価は、線量が上昇している時点では終わりにすべきではない。	個人のリスク要件への適合性を証明する期間として 10^4 年	処分場の安全性の証明は、1万年にわたる安全解析によって達成されるべきである。
不確実性の増大と評価	不確実性が増大する期間について、線量評価やリスク評価の結果を補強する別の独立した方法が必要	—	10 ⁴ 年までに予測リスクがピークにならない場合、10 ⁴ 年以後について、次の合理的な議論が必要。 ・環境への放射性核種の放出の割合が、突然かつ劇的に増加しないだろうこと ・個人が激しい放射線学的リスクに遭遇しないであろうこと	1万年以降の核種移行条件の仮定および地質条件の評価は、適切な処分場サイトの選定や、処分戦略のオプションを開発する場合にのみ用いられるものである。
時間枠の考察	参考として1万年を考察	安全評価において時間を切ってはならない。線量は、少なくともピーク値に達するまでは計算される。	個人のリスク要件への適合性を証明する期間として 10^4 年	証明期間として 10^4 年

4.9 分離・消滅

4.9.1 課題に対する典型的疑問

(1) 核種分離・消滅 (P/T) とは

原子力発電により使用済燃料が発生する。これには寿命の短い核分裂生成物 (F.P.) の他に放射線的毒性が強く寿命の長いアクチニド核種と長寿命F.P. (Tc-99,I-129) が含まれる。これらの核種は極めて長期に亘って環境に影響をおよぼす可能性を持っている。通常の再処理では、アクチニド元素の主要な部分であるウランとブルトンウムを再利用する一方で、マイナー・アクチニド (MA : 主としてネプチニウム (Np) 、アメリシウム (Am) およびキュリウム (Cm) からなる) は200万年にのぼる半減期を持っており、F.P.とともにガラスに固められ高レベル廃棄物として深地層に処分されることとなっている。MAと特定のF.P.を分離すれば残った廃棄物の放射線的毒性を減少させることが出来る。回収したMAは燃料サイクルにリサイクルし原子炉等に入れ核反応によって安定または短寿命核種へ変換して徐々にMAと特定の長寿命のF.P.が減少する。原理的にはこの技術により高レベル廃棄物の長期の汚染の危険性を減少させ、深地層処分場にアクチニドを含む廃棄物を閉じ込める期間を短縮することが期待できる。分離・消滅 (P/T) はそのゴールが廃棄物処分オプションの改善であるため本質的にバックエンドプロセスと言うことが出来るが、実現するためには多くの克服すべき難問が残されている。分離操作が再処理燃料サイクル内で持つ意味合いはこれらの核種が運ばれる製品／廃品の流れに従って多様なものである。分離手順の変更はどんなものであれ分離製品の品質と性質に広範な影響を及ぼすこととなる。MAおよびF.P.の分離に起因する分析にはリサイクルによる廃棄物への影響や安全性の検討などのシステム分析が必要になる。

一旦MAおよび長寿命F.P.を分離すると、この製品は長期貯蔵か中性子等の照射のためにターゲットへの加工にまわされる。ターゲットの照射によって非放射性またはより短寿命の核種に変換される一方で中寿命の放射性核種が生成することもある。

(2) 廃棄物処分観点からの議論点

分離・消滅 (P/T) の実行は現行の燃料サイクルを改良する、先進燃料サイクルの側面を持つが、高レベル廃棄物管理の観点からは以下のような疑問がしばしばされる。

地層処分の代わりに分離・消滅の研究を加速し、導入すべきではないか？

実用の時期はいつごろか？（スケジュール、コスト、リスク）

将来実用化された時に既存の処分体に適用できるのか？

4.9.2 典型的疑問に対する専門家の検討

(1) 研究開発の歴史と進展

核種分離・消滅処理の研究開発の歴史は古く、1960年代に遡ることができる。欧米諸国では、1970年代初めから10数年間にわたって精力的な研究開発が進められた。これらの成果を基に、1980年代初めに核種分離・消滅処理のコスト／ベネフィット評価が行われたが、結果は否定的なものでほとんどの研究開発は中止された。我が国では1973年に原産会議が長寿命核種の分離と消滅処理研究の重要性を指摘したのを受けて国内研究期間で基礎研究が進められて来た。1987年の「原子力開発利用長期計画」に沿って取りまとめられた「群分離・消滅処理研究開発長期計画」が原子力委員会で了承されて、新たにオメガ(OMEGA)計画として推進されるに至った。この計画では核種分離・消滅処理技術は高レベル放射性廃棄物の最終処分における負担の低減化、資源の有効利用のみならず、現在の再処理プロセスや高レベル廃棄物の処理・貯蔵・処分システムを高度化し、積極的な安全性の向上に資するものと位置付けられた。計画はまた将来世代に有益で若い研究者達が廃棄物管理の科学的側面を考えるインセンティブを提供する長期の基礎研究計画でもあった。日本政府の提案によって1990年からOECD/NEAのもとで、核種分離・消滅処理に関する国際技術情報交換計画が開始された。この情報交換計画は開始時点で、再処理、ガラス固化およびガラス固化体または使用済燃料の地層処分の有無に関する既定のバック・エンド政策に干渉するものでないことが明らかであった。これを契機として、核種分離・消滅処理に対する世界各国の関心が高まり、IAEA, CECのもとにおいても国際協力が開始された。

(2) 専門家の検討状況

第1回国際情報交換会議は1990年11月に日本の水戸市で開催された。政策の方向付けおよび科学的側面両方の挑戦的な論文が提出されたが、議論の結果、種々の湿式・非湿式の化学分離、ならびに幾つかの異なる原子炉や加速器をベースにした核種消滅スキームを含めて既に幾つかの取り組みがなされていることを確認し合った。第2回は1992年11月にアメリカのアルゴンヌ国立研究所で開催され、研究ニーズと優先度に関する手引きの必要性が指摘された。会議では法的な背景も含めて異なる原子力政策を持つ諸国での燃料サイクル全体に対する、分離・消滅(P/T)のインセンティブと意義等重要な課題が特定された。結果として既にP/T分野で進められているシステム研究の比較をNEA活動の中心課題にすべきであるとされた。第3回国際情報交換会議は1994年12月フランスのキャダラッセで開かれた。11ヶ国の参加にロシアとIAEAを加えこの問題に対する国際的に幅広い関心があることが示された。会議では、燃料サイクルにP/Tを追加するコスト／ベネフィットの全体的バランスを比較検討する際の基礎的な要素が議論された。第4回国際情報交換会議は1996年9月に水戸市で開催され、OECD/NEA

加盟国から11ヶ国、ロシア、IAEA、ECから約100名の参加を得て、前回と同様にP/Tのシステム研究に焦点が当てられると共に、研究の方向性に関する確認がなされた。また、システム解析報告書の必要性が強調された。第5回国際情報交換会議は1998年11月にベルギーのモルで開催され約130名の参加者があった。この会議の中心は核種分離技術の進展であり、実験室条件でのLn/An分離とAmの単離が報告された。核種消滅についてもより全般的な観点から議論され、軽水炉、高速炉および加速器システムでの核変換が議論された。

(3) 全般的な結論

核種分離・消滅（P/T）を実施するための基盤的な研究開発は長いリードタイムが必要で、このための速中性子スペクトル装置（運転中の軽水炉を補足するか代替する高速炉や加速器システム）、再処理プラントの拡張および遠隔操作での燃料/ターゲット加工プラントの建設には大きな投資が求められる。

マイナーアクチニド（MAs）および長寿命の核分裂生成物（LLFP）の分離施設は設計可能で、既存の再処理プラントに増設が可能である。

長寿命の放射性元素の分離は実験室規模で開発されて来たが、これを産業規模の再処理に組み込むためには、分離技術についてなお多くの改良とスケールアップが必要である。

核種分離の短期的な効果は、関連する原子力施設をより多く運転する必要はあるものの、発生する高レベル廃棄物中には長期の放射線的毒性を持つ放射性物質量を、減少させることが出来る。

速中性子スペクトルを持つ装置（高速炉または加速器システム（ADS））は長寿命放射性核種をリサイクルまたは核種変換するのに、現在の軽水炉よりも効率が良い。ADSは廃棄物中の長期放射性毒性を有する物質を減少させるためにMOX使用済燃料中のアクチニドや特定のFPを燃焼させるのに重要な役割を持つだろう。

Pu+MAのリサイクルは原子力発電所パークのTRUインベントリーを安定化する。

分離した長寿命放射性核種を、地質環境でガラスより溶けにくいままたは後の核種変換のために適切なマトリックス中に処理することは将来の課題となろう。

核種分離・消滅処理（P/T）は複合原子炉パークより発生する高レベル廃棄物、TRU濃縮物および使用済燃料に対する適切な地層処分を代替するものではないだろう。

4.9.3 典型的疑問に対する専門家のコンセンサス/合意

専門家による現状の評価結果：

この新しい技術に関する、核種分離・変換処理の専門家や廃棄物管理の専門家の主要な意見を挙げると、次のようになると思われる。

- (1) これは、将来、高レベル放射性廃棄物の地層処分の負荷を軽減する可能性を秘めた夢のある技術であると考えられる。
- (2) しかし、これを、近い将来実現可能な、いわゆる明日の技術と考えてはいけない。すなわち、高レベル放射性廃棄物の実際の処分対策を確立しようとする場合、この技術の活用を前提として考えてはいけない。
- (3) 核種分離・変換処理がたとえ実現できたとしても、高レベル放射性廃棄物の地層処分を省くことは出来ない。
- (4) 核種分離・変換処理の研究開発は、より長期的な観点に立ち、かつ、目的を明確にして実施する必要がある。

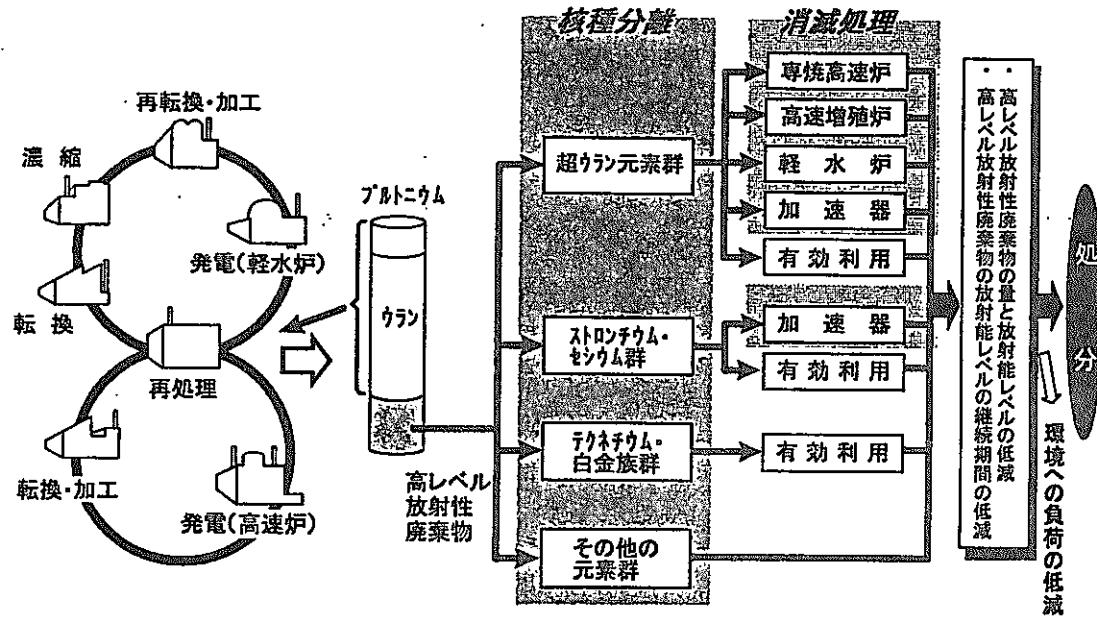


図 14 核種分離・消滅処理の概念

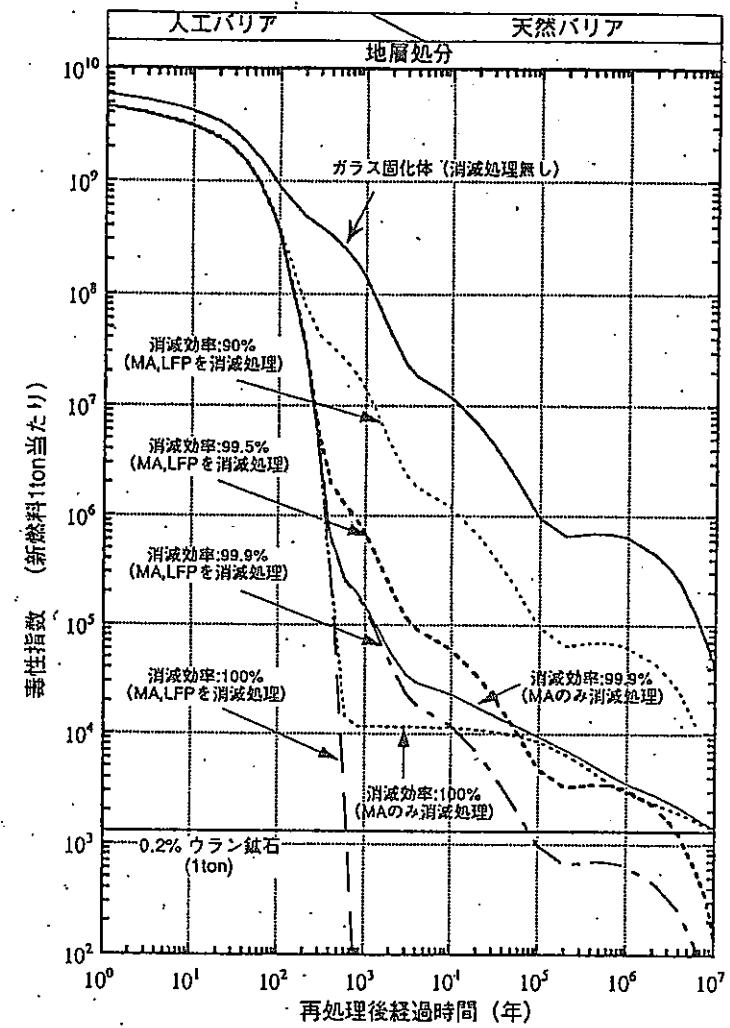


図 15 高レベル放射性廃棄物の潜在的経口摂取放射能毒性の時間変化、およびマイナーアクチニドならびに長半減期核分裂生成物の核変換による毒性低減の効果

(向山武彦：長半減期核種と消滅処理、
放射性廃棄物研究、2、15 (1996))

4.10 サイトの選定

4.10.1 課題に対する典型的な疑問

地層処分を実施する場所を処分サイトといい、処分サイトを選定することをサイト選定と言う。

国際原子力機関（IAEA）は、安全シリーズ99においてサイト選定の目的を次のように述べている。

適切に設計された処分施設と人工バリアに従い、国の規制当局によって設定された要求事項に対応する放射線防護が提供できる処分サイトを選定すること

また、サイトの基準として「サイトの地質」と「天然資源の考察」をあげ、それぞれの要件を次のように述べている。

- ・サイトの地質：処分施設は、定置された高レベル放射性廃棄物を地表での色々なできごとから守ることができる十分な深さに位置しなければならないし、その岩盤は、物理的なバリアとして適切な性能と劣化しない性質を持ち、放射性核種が処分施設から外部へ移動するのを阻止するものでなければならない。
- ・天然資源の考察：処分施設のサイトは、地層処分が実施できる広さを持ち、可能な限り天然資源が存在せず、他から簡単に得られないような物質が賦存しない地域から選定しなければならない。

我が国の処分サイトの選定は、IAEAなどの国際的に認められているサイト選定のガイドラインに示された項目を配慮して進められると考えられる。このガイドラインは、大きく分けてサイト周辺の地質環境の調査、技術的可能性の調査、社会影響の調査、環境影響の調査などを行うべきこと述べている（IAEA, 1994）。

サイト選定に関する次のような一般的な問い合わせについて、IAEAが1994年に発行した「安全シリーズ No.111-G-4.1 地層処分施設の立地、安全指針」を中心に、専門家の検討とコンセンサスを次節で紹介する。

- (1) サイト選定とは、何か
- (2) サイト選定は、誰が、いつ、どのように行うのか

4.10.2 疑問に対する専門家の検討とコンセンサス

(1) サイト選定とは、何か

地層処分計画の中で、最も重要なことの一つが処分サイトの選定である。IAEAの文書（IAEA、1994）は、技術的観点からサイトの選定の重要性とどのような視点でそれが重要であるかについて次のように述べている。

高レベル廃棄物や他の長寿命廃棄物の処分に係わる非常に重要な行為は、適切な地下処分サイトの選定である。そのようなサイトは、想定している廃棄物のタイプに有利な自然の閉じ込め特性を有し、処分システムから影響の受けやすい環境への放射性核種の移動可能性を妨げたり遅らせたりするのに必要となる全ての人工バリアを施すために適していなければならない。サイトの自然の特性は処分コンセプトにおいて重要な役割を果たすことから、サイト選定行為は適切な処分システム開発全体において力を入れて対処すべき事項である。

（Safety Series No.111-G-4.1, SITING OF GEOLOGICAL DISPOSAL FACILITIES, A Safety Guide, IAEA, 1994）

さらに、安全などの要件に合致した処分システムの構築において、立地が重要なステップであるとして、次のように述べている。

放射性廃棄物処分施設の立地（siting）は、その国の原子力計画から生ずる廃棄物の収容設備のニーズに適合し、同時に、国あるいは国際的なさまざまな指針において設定されるすべての安全上、技術上、そして環境上の要求事項を満足する廃棄物処分システムを策定する上で重要なステップである。立地が適切に実施されたとき、地層処分システムは、長期にわたり将来世代が地下処分システムの健全性を維持することなく環境からの放射性廃棄物の隔離を提供することが期待される。また、現在国際的に合意されている放射線防護の原則（放射線安全）に従って、人間や環境に対する長期間の放射線防護を保証することも期待される。

（Safety Series No.111-G-4.1, SITING OF GEOLOGICAL DISPOSAL FACILITIES, A Safety Guide, IAEA, 1994）

立地は、長期の安全性に係わる要件に合致する地層処分システムを構築する際の一部として重要であることを述べている。地層処分の安全性は、適切に選定される処分サイトの地質環境とそれに対応して設計される人工バリアを組み合わせたシステムによって確保される。このことは、期待される条件を満たすような地質環境を選ぶということと、システム全体が安全性を確保できるように人工バリアを設計することができるということから、地層処分システムは種々のバリエーションを持つことが可能であることを

意味している。

(2) サイト選定は、誰が、いつ、どのように行うのか

サイト選定の方法に関しては、IAEAの文書（IAEA、1994）は次のように述べて、多数の調査サイトから候補地を選定していく方法や指定されたサイトにおいて評価を実施して処分地を特定していく方法などがあることを述べている。いずれにしても、サイトの選定は、必ずしも「最良の」サイトを探すことではなく、前述したように、処分システム全体として判断されることを述べている。

適切な処分サイトは、多数のサイトから候補地の絞り込みを行ったり、指定されたひとつ以上のポテンシャルサイトを目標サイトとして評価を行ったりして同定されることになる。どちらの方法によっても、最も可能性のあるサイトを選定することが必須ではなく、安全と環境防護の要求に適合することを確信を持って示すことができる天然バリアと人工バリアからなる処分システム全体を提供することにある。安全性のレベルを評価することへの取り組み方は、処分場のサイトを同定する方法に係わりなくどちらも同じである。

(Safety Series No.111-G-4.1, SITING OF GEOLOGICAL DISPOSAL FACILITIES, A Safety Guide,
IAEA,1994)

サイトの選定は、多くの国が苦労している課題であるが、IAEAの文書（IAEA、1994）は、一般的に、調査の実施の結果に基づき次第に明らかにして行く方法と自治体などが自発的に誘致する方法があることを次のように述べている。

また、IAEAは、地層処分のサイト選定プロセスを4段階があり、

1. 概念および計画の段階、2. 地域調査の段階、3. サイト特性調査の段階、4. サイト確認の手順で進め、実際の調査にあたっては、サイト選定のガイドラインを考慮するようにと述べている（IAEA, 1994）。

サイティング・プロセスの初期段階の概略計画の過程において、適切なアプローチを考えるのか、可能性のあるものをすべて考えるのか、どちらの考えをとるかの選択がある。もし、とくに既設の制約がなければ、広範囲の地域から特定のサイトへと範囲を狭め、これらの特定サイトの特性調査と確認を実施する系統的なプロセスを経ることが可能となる。これらの特定サイトは、地方または国家当局により検討することが指定がされる。代わりになるものとして、公共の土地だけが検討の対象となる。既存の原子力サイトや原子力施設に隣接し

た土地は、とくに廃棄物の輸送に関する要求を軽減する関係で、共存することの潜在的な恩恵のために、特別に考慮する価値があるとされる。加えて、地域社会や土地所有者に自発的にサイトを提供してもらうように懇請することも可能であろう。いかなる方法とろうと、いかなる方法を組み合わせようと、その目的は最良のサイトを探し当てることではなく、設定された安全と環境の要求に合致することをしっかり説明できる処分システムを提供することである。

(Safety Series No.111-G-4.1, SITING OF GEOLOGICAL DISPOSAL FACILITIES, A Safety Guide, IAEA, 1994)

我が国では、国によりサイト選定のプロセスが提案されている。IAEAの文書が述べた方法と同様に、実施主体が当該自治体に申し込む方法と自治体からの誘致による二つの方法を示している。また、処分サイトの候補となる地域で十分な技術的、社会・経済的な調査が行われ、国による安全性の確認、地域住民の合意や国民的なコンセンサスを得つつ、進めることとしている。

国により提案されている処分サイトの選定のプロセスは、処分候補地の選定、処分予定地の選定、処分地の選定（処分サイトの選定）というものである。社会的な選定（地域住民が誘致する場合）又は技術的な選定（技術的に自然的な条件や社会・経済的な条件を調査する場合）により処分候補地とする方法などが考えられている。

処分候補地が選定された後は、これについて予備的調査を行い、適切と判断した場合は処分予定地として選定する。処分予定地では詳細な調査（サイト特性調査）を行う。その結果を基づき、適切と判断すれば処分地（サイト）として選定する。（高レベル放射性廃棄物処分懇談会, 1998）。

社会的に受け入れられ、安全が保証される地域から地域住民、地方自治体や国民の合意のもとに処分サイトが選定される（高レベル放射性廃棄物処分懇談会, 1998）。

我が国では、2000年を目途に地層処分を実施する「実施主体」が設立されることになっており、この実施主体が国により提案されたサイト選定のプロセスに沿って進め、2020年頃に処分サイトを選定する予定となっている（高レベル放射性廃棄物処分懇談会, 1998）。

参考：サイト選定のガイドライン

IAEAでは、以下のようにサイト選定のガイドラインを示している（IAEA, 1994）。

1) 地質条件

処分場の地質条件は、必要と考慮する期間、処分場から周囲へ放射性核種の移動を防止するために、幾何学的、物理学的、科学的に結合された特性を持っていなければならない。

2) 将来の自然変化

処分システム全体の隔離能力が、容認できないほど損なうような範囲の将来の地質現象（気象変化、ネオテクトニクス、地震活動、火山活動、ダイアピリズム）によって、影響を受けない母岩でなければならない。

3) 水理地質

水理地質的な特性と地質環境条件は、処分場内の地下水水流を抑制し、要求される期間、安全な廃棄物隔離を保持するものでなければならない。

4) 地球化学

地質学的、および水理地質環境下での物理化学・地球化学的特性は、処分場から地表環境への放射性核種の放出を抑制するものでなければならない。

5) 人間活動により生ずる事象

処分施設のサイティングは、サイトとサイト周辺での、実際と潜在的な人間活動を考慮して実施されなければならない。そのような活動が処分システムの隔離能力に影響し、許容できない結果を引き起こす可能性を最小化しなければならない。

6) 建設とエンジニアリング条件

サイトの地表と地下の特性は、掘削の範囲を遵守する全ての掘削建設作業、地下での作業、および地上施設の最適化された計画の適用を容認するものでなければならない。

7) 廃棄物の輸送

サイトは、公衆への放射線被ばく、および廃棄物のサイトへの輸送における環境への影響が、許容限度内にあるような位置を選定されなければならない。

8) 環境の保護

サイトは、技術的、経済的、社会的、環境的因素を考慮して、環境の質が適切に防護され、潜在的に不利な影響が許容できる程度に低減されるような位置になければならない。

9) 土地の利用

適切なサイト選定において、土地の利用と土地所有権は、関心のある地域での起こりうる将来の開発と地域計画と結びつけて考慮しておかなければならぬ。

10) 社会的影响

処分場システムを設置することによる境全体に与える影響が許容されるように、サイト位置は選定されなければならない。地方または地域に処分場を立地することによる有利な影響は、将来起こりうるあらゆる否定的な社会的影响を最小化しなければならないときには、常に強調されなければならない。

参考文献

- IAEA (International Atomic Energy Agency)(1989) : Safety Principle and Technical Criteria for the Underground Disposal of High-Level Radioactive Waste, IAEA Safety Series No.99
- IAEA(1994) : Safety Series No.111-G-4.1:Siting of geological disposal Facilities, A Safety Guide, A Publication within the RADWASS Programme
- 核燃料サイクル開発機構（1999）：地層処分研究開発第2次取りまとめ、総論レポート、JNC TN 1400 99-006
- 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会（1997）：高レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発等の今後の進め方について
- 原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会（1998）：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について、平成10年5月26日
- 動力炉・核燃料開発事業団（1992）：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書－平成3年度－PNC TN 1410 92-081

5. お わ り に

5. おわりに

環境問題に関する一般市民の関心は、この数年、飛躍的に高くなっています。我々の社会が原子力の利用に伴って不可避的に直面している高レベル放射性廃棄物の処分に対しても、より適切で不足のない情報の伝達が求められているところである。特に、長寿命放射性廃棄物の処分の問題については、いわゆる専門家と言われる人々と一般市民の間に意見の相違が大きく、特に処分地選定のプロセスを社会的な軌跡なく経過できるか否かの問題については、それを困難視する人が多いのが実情である。

世界的に見ても、カナダAECLが開発してきた高レベル放射性廃棄物地層処分概念に対する環境影響報告書（EIS）への評価パネルの結果は「安全性は技術的な見地から見ると適切に実証されてきたが、社会的な見地からみると未だ実証されていない」として、次段階であるサイト選定に移る前に社会的な評価の枠組みの中で各種の長期管理オプションを作成、比較することが必要と結論している。本事例は、各国のナショナルプロジェクトで等しく指摘される、一般市民の参加が不可欠となる時代を端的に示しているものである。専門家（行政の専門家を含む）と一般市民（あるいは社会）との間に、持続的な信頼関係が確立されるか否かが、今後、最も重要な鍵となるといえる。

地層処分研究開発成果の第2次取りまとめは技術報告書群の色彩がつよく、限定された学術領域に係る情報の提供を主眼に、（1）わが国において地層処分に適切な地質環境を確保できるか？（2）長期に亘り安全な地層処分システムの構築が可能か？について主として技術的信頼性を示すことが目標とされている。

上述の専門家と一般市民の間の意見のギャップの高まりに関して、地層処分の技術的側面に加えて社会との係わりがクローズアップされ、日本でも具体的取り組みについて国民の理解と納得が得られるよう幅広い検討が開始された。

こうした状況をも踏まえて、本「地層処分コンセプトの背景に係わる評価の取りまとめ」では、地層処分の概念、長期に及ぶ対策の有効性や評価の時間枠等のような地層処分に関する基本的な事項や考え方を、地層処分問題を考える際の背景にある情報として整理し、客観的な状況を示した。構成として、本「評価の取りまとめ」では第1章から第3章までの前半総論部分を地層処分に特徴的な、「原則」、「考え方」、「合意」といった概念的な事項の解説にあて、第4章では、各論部分として一般的に疑問に思われている個別的问题に関する情報を客観的に整えた。いずれも、なるべく関連の図表類を加えて「全般的に難しい」と評されることの多い地層処分がより身近に理解できるように努めた。

高レベル放射性廃棄物処分場は世界中でまだ実現しているものはないが、米DOEが、

1998年5月13日に超ウラン廃棄物（TRUW）を安全に処分するためのWIPP処分場の許認可をEPAから得て後、10ヶ月後の1999年3月26日に最初のTRU廃棄物がWIPPに到着し、今後35年にわたる廃棄物の受け入れ処分活動を開始した。WIPP処分場の許認可取得とその運転開始は24年に亘るサイトを定めた研究開発活動が実を結んだ歴史的なマイルストーンであり、ここで得られた経験はTRU廃棄物処分開発は言うまでもなく、世界の同様な計画にとって、意思決定や公衆の参加計画を含めて事例研究の対象として意義深いものとなろう。