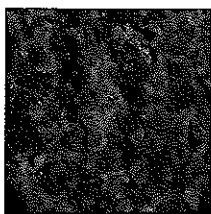
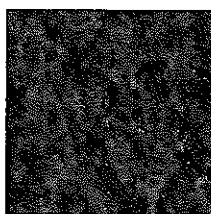
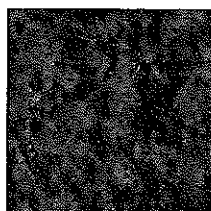




わが国における高レベル放射性廃棄物 地層処分の技術的信頼性

—地層処分研究開発第2次取りまとめ—

別冊 地層処分の背景



平成11年11月26日

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

〒319-1194 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, Naka-gun, Ibaraki 319-1194,

Japan

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

ま え が き

放射性廃棄物は、放射能レベルの高低、含まれる放射性物質の種類等により多種多様である。このため、この多様性を十分踏まえた適切な区分管理と、区分に応じた合理的な処理処分を行うとともに、資源の有効利用の観点から再利用についての検討も進め、これらに必要な研究開発を着実に進めることなどが国の基本的な考え方とされている。（原子力委員会、「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画(1994年（平成6年））」（以下、「原子力長計」という）。

原子力長計によれば、放射性廃棄物のうち、再処理施設において使用済燃料から分離される高レベル放射性廃棄物については、安定な形態に固化した後、30年間から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地下の深い地層中に処分（以下、「地層処分」という）することが国の基本的な方針とされている。地層処分の実施については、2000年を目安に事業の実施主体を設立し、その後、処分予定地の選定、サイト特性調査と処分技術の実証、必要な法制度などの整備と安全審査、処分場の建設などを進め、2030年代から遅くとも2040年代半ばまでを目途に処分場の操業を開始するという大筋のスケジュールが定められている。

地層処分の研究開発は、1976年度（昭和51年度）に開始され、国の重要プロジェクトとして、動力炉・核燃料開発事業団（核燃料サイクル開発機構の前身、以下、「動燃事業団」という）を中核に、関係研究機関が協力し、当面、対象とすべき地質環境を幅広く想定して進め、その進捗状況や成果を適切な時期に取りまとめ、その到達度を明確にしていくという方針のもとに進められている。この方針に沿って、動燃事業団は1992年（平成4年）に「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—」（以下、「第1次取りまとめ」という）を取りまとめ、「わが国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされた」とする国の評価を受けた。

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会は、1997年（平成9年）に取りまとめた「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」（「専門部会報告書」）の中で、核燃料サイクル開発機構（以下、「サイクル機構」という）が2000年前までに自らの成果及び関係研究機関における研究開発の成果などを取りまとめ、国際的なレビューを経て国に提出する報告書「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」（以下、「第2次取りまとめ」という）については、第1次取りまとめの成果を踏まえて、さらに処分の技術的な信頼性を示し、処分事業を進める上での処分予定地の選定や安全基準の策定に資する技術的な拠り所を与える極めて重要なものであると位置づけ、取りまとめに向けての基本的考え方と技術的重点課題を明らかにした。

第2次取りまとめ（総論レポートおよび各分冊）は、第1次取りまとめ以降の地層処分研究開発成果を取りまとめた技術的な報告書である。一方、本別冊は、高レベル放射性廃棄物の発生、対策の歴史、地層処分が選択されるまでの経緯や今後の見通しなどの基本的事項、ならびに極めて長期にわたる安全の確保など、高レベル放射性廃棄物対策に特有な課題などについての情報を整理し、第2次取りまとめ読者の参考に供するものである。なお、第2次取りまとめの「要約」については総論レポートの巻頭に、また「概要」については冊子として別途準備されている。

目 次

まえがき

序 論	1
第 I 部 高レベル放射性廃棄物対策に関する基本事項	5
1.1 高レベル放射性廃棄物とは	5
1.1.1 核燃料と再処理	
1.1.2 高レベル放射性廃棄物	
(1) ガラス固化	
(2) 発生場所と発生量	
(3) 成分と放射能	
(4) 放射線と熱	
1.2 高レベル放射性廃棄物対策の歴史	10
1.2.1 第 1 期（1940年代～1970年代中頃）	
(1) 国際的な経緯	
(2) わが国における経緯	
1.2.2 第 2 期（1970年代中頃～1980年代）	
(1) 国際的な経緯	
(2) わが国における経緯	
1.2.3 第 3 期（1990年代）	
(1) 国際的な経緯	
(2) わが国における経緯	
1.2.4 最近の国際的な動向	
1.3 地層処分の選択	23
1.3.1 国際的な検討	
1.3.2 オプションの対比	
(1) 長期的な対策の必要性	
(2) 対策の選択肢	
(3) どこに処分するのか	

1.4 地層処分コンセプト	29
1.4.1 地層処分コンセプトとは	
1.4.2 地層処分コンセプトの条件	
1.4.3 わが国の地層処分コンセプト	
(1) シナリオと安全確保の原則	
(2) わが国の地層処分コンセプト	
1.4.4 他の環境問題への応用	
1.5 今後のスケジュール	32
1.5.1 事業化の段階	
1.5.2 今後の研究開発	
1.6 地層処分の実施体制	35
1.6.1 諸外国の例	
1.6.2 わが国の実施体制	
(1) 国の責任と役割	
(2) 実施主体の責任と役割	
(3) 電気事業者の責任と役割	
1.6.3 国民の参加	
1.7 処分地の選定	40
1.7.1 諸外国の現状	
1.7.2 処分地の条件	
(1) 地層処分における地層の役割	
(2) 処分施設の広さ	
(3) 処分施設の深さ	
1.7.3 わが国における処分地の選定	
第II部 高レベル放射性廃棄物対策に特有の課題	45
2.1 放射線の影響	
2.2 地層処分システムの性能に関する長期予測	
2.3 安定な地質環境	
2.4 処分場の管理・廃棄物の再取り出し	
2.5 核種分離・消滅処理	
2.6 処分地の選定過程	
2.7 地層処分に必要な費用	

付 録

1. 関連ホームページ一覧
 2. 参考文献
 3. 用語の解説
 4. 地層処分研究開発等参加機関
-

図表目次

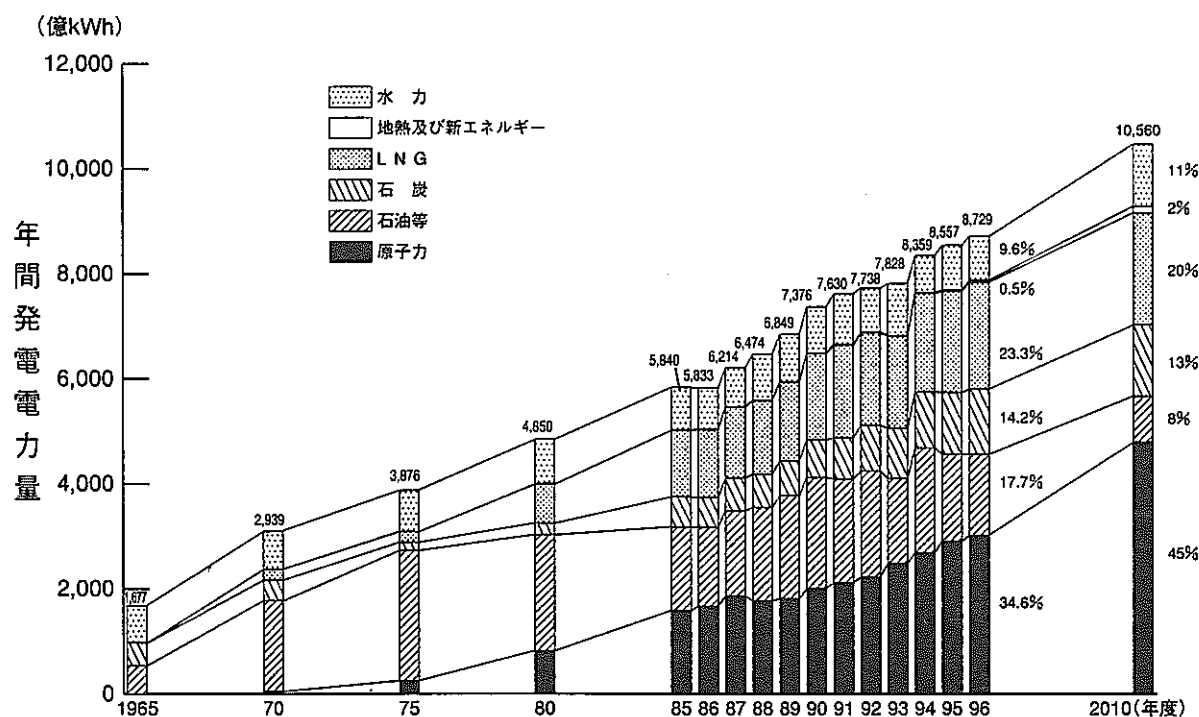
図1-1	電源別発電電力量の実績及び見通し	1
図1-2	ガラス固化体	6
図1-3	高レベル放射性廃棄物の放射能の経時変化	9
図1-4	高レベル放射性廃棄物の発熱量の経時変化	9
図1-5	高レベル放射性廃棄物対策の選択肢	28
図1-6	地層処分のスケジュール	32
図2-1	日常生活と放射線	47
図2-2	処分候補地選定プロセスの一案	53
表2-1	さまざまな危険性の比較	49
表2-2	試算ケースの設定条件	56
表2-3	処分費用試算結果	56

序

論

序 論

1998年（平成10年）12月末現在、世界には合計422基の発電用原子炉があり、さらに建設中のものと計画中のものが合計92基ある。これらのうち、わが国には52基の発電用原子炉があり、建設中のものと計画中のものが合計6基ある（世界の原子力発電、開発の動向1998年次報告、原子力産業会議）。1998年（平成10年）の実績によれば、原子力発電はわが国の総発電量の3分の1以上を担っている。また、将来については、2010年（平成22年）には原子力発電が総発電量の45%を担うことになるとの見通しがある（図1-1）。



(注) 1.石油等にはLPG、その他ガス及び歴青質混合物を含む。
2.構成比の各欄の数値の合計は四捨五入の関係で100%にならない場合がある。

出典：「電源開発の概要」(平成10年度)
「電気事業審議会需給部中間報告」(平成10年6月策定)

図 1-1 電源別発電電力量の実績および見通し

原子力発電の原理は、原子炉内で核燃料物質が起こす核分裂の連鎖反応を制御しながら維持し、その際に発生する熱エネルギーを水蒸気に換えて発電機を駆動するというものである。水蒸気の力を利用する発電には、このほかに、石炭、石油、天然ガスなどの燃料を用いる火力発電がある。火力発電では、燃料が燃焼する過程で、炭酸ガス、窒素酸化物、亜硫酸ガスなどが発生し、灰などの物質が残る。原子力発電では、燃料の核分裂の過程で炭酸ガスなどが発生することはないが、放射性物質を含む使用済燃料が残る。

使用済燃料については、米国のように、これを廃棄物として処分することとしている国と、わが国のように、その中から再び燃料として利用可能な物質を取り出す（以下、「再処理」という）こととしている国とがある。前者においては、使用済燃料そのものが高レ

ベル放射性廃棄物であり、後者における高レベル放射性廃棄物は、再処理の工程で分離される高い放射能をもつ廃液として発生する。本資料では、高レベル放射性廃棄物とガラス固化体の双方を高レベル放射性廃棄物と呼ぶ。

高レベル放射性廃棄物対策については、1976年度（昭和51年度）より研究開発が進められてきているが、この問題に対する社会の関心は高いとはいえない。このことについて、原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会（以下、「処分懇談会」という）は、1998年（平成10年）に取りまとめた報告書の中で以下のような認識を示している。

わが国では、原子力発電にともなって発生する高レベル放射性廃棄物やその処分について知らないという人々が多い。このことについて何らかの知識がある人でも、廃棄物からの放射線による環境への悪影響があるのではないかと不安や、安全な処分に対して不信感を抱いていることが多い。

このように、一般の人々の間では、原子力発電や廃棄物処分への漠然とした懸念持ちながらも、この問題はわれわれが解決しておかなければならない差し迫った問題であるという意識を持つような状況になっていないため、処分問題に対して積極的に発言することも少ない状況にある。

このような状況の原因としては、従来、技術的な側面に議論が集中してきたため、専門家・技術者の間だけで専門的な議論がなされてきたということがある。また、国民の方々からの意見にあるように、広く各層の人々が議論するような場や議論をするための情報が提供されてこなかったという点がある。加えて、後に述べるように、廃棄物処分場については操業開始までに要する期間が長く、事業の終了までにさらに長い期間がかかるため、一般の人々には身に迫った問題として意識されにくいということがあるであろう。

さらに、これまで国や電気事業者は、現在稼働している原子力施設の安全性の確保や、電力を安定供給するという観点から、原子力発電所の立地に重点を置いてきたため、廃棄物処分問題に対する対応を十分にしていなかったことは否めない。

出典：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）

現在、わが国に存在する高レベル放射性廃棄物は、冷却のため地上の施設で安全に貯蔵管理されている。高レベル放射性廃棄物に関する今日の議論は、将来を見通した長期的な対策、いわば環境の予防保全に関するものであり、新たな化学物質が人々が認知しない間に引き起こした環境汚染の対策に関する議論などとは異なる。

高レベル放射性廃棄物に長期的な対策が必要とされる理由は、その放射能の存続する時間がきわめて長いというところにある。一例をあげれば、高レベル放射性廃棄物には放射

能の強さが2分の1に減衰するまでの期間（半減期）が一万年以上におよぶ放射性核種（たとえば、ジルコニウム-93は半減期約153万年、ネプツニウム-237は半減期約214万年）が含まれる。

高レベル放射性廃棄物のこのような特徴から、その対策については、人間が設計施工する工学的な構造物の耐久性、社会的な制度の永続性、さらには何世代にもおよぶ世代間の倫理など、従来は同時に扱われることのなかった複数の側面において、最新の科学的、技術的な基盤を踏まえた専門家による議論が重ねられ、様々な選択肢が検討されてきた。そのような検討の結果、国際的にも最も有効であるとされ、わが国においても基本的な方針とされた対策が地層処分である。

第2次取りまとめの目的は、研究開発の成果に基づき、わが国における地層処分の技術的な信頼性を示すことである。研究開発は、処分の場となる地下深部の条件（地質環境条件の調査研究）、地層処分に必要な工学的な技術（地層処分の工学技術）、および地層処分の安全性の予測的な確認（地層処分システムの安全評価）という3つの領域において進められた。さらに、地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究（「地層科学研究」）を並行して進め、その成果を地層処分研究開発に反映させてきた。このため、第2次取りまとめ総論レポートおよび各分冊は、多くの専門的な情報を含む技術報告書となっている。これに対し、本別冊は、地層処分とその研究開発の背景となる情報を整理し、第2次取りまとめの読者の参考にするものである。

別冊では、第I部に高レベル放射性廃棄物対策に関する基本事項として、高レベル放射性廃棄物の性状、その対策の歴史、地層処分が選択されるまでの経緯、地層処分のコンセプトおよび今後の事業展開などに関する情報を整理した。第II部には「長い時間における安全の問題」など高レベル放射性廃棄物対策に特有の課題のうち、第2次取りまとめの背景として重要と考えられる項目を整理した。別冊の作成にあたっては、原子力委員会、および同委員会の専門部会、懇談会、ならびに総合エネルギー調査会原子力部会などの報告書類を拠り所とするとともに、国際原子力機関(IAEA)や経済協力開発機構原子力機関(OECD/NEA)などにおいて集約された意見等を参考とし、重要な部分については、これらの記述を直接引用することとした。

また、巻末には高レベル放射性廃棄物や地層処分、さらにはその研究開発に関する情報にアクセスできるホームページの紹介、高レベル放射性廃棄物やその地層処分の背景を知る上で役立つと考えられる参考文献の紹介、および用語の解説を付した。

第 Ⅰ 部

高レベル放射性廃棄物 対策に関する基本事項

第 I 部 高レベル放射性廃棄物対策に関する基本事項

1.1 高レベル放射性廃棄物とは

1.1.1 核燃料と再処理

使用済燃料を再処理するか、そのまま高レベル放射性廃棄物として処分するかについての考え方は国により異なる。再処理しないことを基本方針としている国、たとえば米国では、再処理の採算性の不利や、プルトニウムを抽出することによる核拡散上の懸念などがその理由とされている。わが国では以下に引用するような考え方にに基づき、使用済燃料を再処理するという方針を明確にしている。

エネルギー資源に恵まれないわが国が、将来にわたりその経済社会活動を維持、発展させていくためには、将来を展望しながらエネルギーセキュリティの確保を図っていくことが不可欠です。化石エネルギー資源と同様にウラン資源も有限であり、軽水炉利用を中心としてこのまま推移すれば21世紀半ば頃にもウラン需給が逼迫することも否定できません。このため、使用済燃料を再処理して、回収したプルトニウム、ウランなどを再び燃料として使用する核燃料リサイクルの実用化を目指して着実に研究開発を進めることによって、将来のエネルギーセキュリティの確保に備えます。核燃料リサイクルは、資源や環境を大切に、また放射性廃棄物の処理処分を適切なものにするという観点からも有意義であり、将来を展望して着実に取り組んでいきます。

出典：原子力委員会(1994)：原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（平成6年）

再処理の工程において、使用済燃料は細かく切断されたのち硝酸で溶解され、ウランとプルトニウムが回収され、核分裂生成物や超ウラン元素を含む放射能のレベルが高い廃液が残る。廃棄物が液体のままでは貯蔵、輸送、処分など、その後の取り扱いに適さないことから、これを高温で溶かしたガラスの材料と混ぜてステンレス製の容器の中で固化し安定したガラス固化体とする。

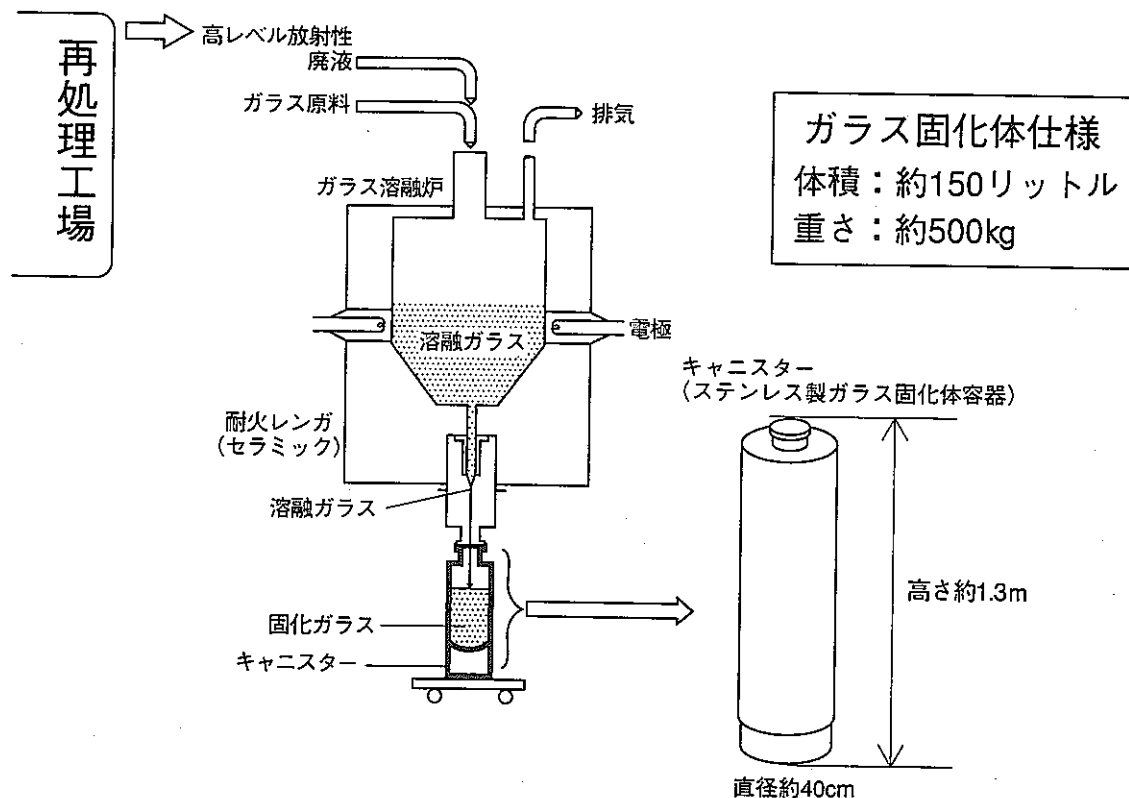
ガラス固化体と使用済燃料は、いずれも高いレベルの放射能を特徴とする。これらを対比すると、その形態が異なること、再処理によってウランやプルトニウムの大部分が分離された結果、ガラス固化体中には核燃料物質がほとんど含まれていないことなどの違いがある。これらの違いは処分施設の設計・施工や、一度処分された廃棄物を回収する可能性に関する議論、また核不拡散に関する議論などにおいて考慮されることが考えられるが、廃棄物としてみた場合、いずれについても、その対策として地層処分の概念が適用できるものと考えられている。

1.1.2 高レベル放射性廃棄物

(1) ガラス固化

再処理の過程で分離される液状の高レベル放射性廃棄物を固化するための材料にガラスが選ばれた理由としては、ガラスが、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を一様に溶かし込んで固めることのできる材料であることがあげられる。放射性核種は、ガラス固化体の成分として組み込まれ、たとえば色ガラスにおける着色材料のような状態にあるといえる。次に、ガラス固化に用いられるガラスには、強い放射線や高い熱に長時間さらされても変質しにくいという性質がある。これらの特徴に加えて、ガラス固化に必要な技術がすでに整っていること、工業分野においてガラスの耐熱性や耐衝撃性についての研究実績が積み重ねられていることなども、ガラスが固化の材料として選ばれた理由としてあげられる。図1-2にガラス固化体の一例を示す。

きわめて長い時間が経過する間に、ガラス固化体に閉じ込められた放射性核種が外に出る可能性のいずれについてもガラスは優れた耐性を備えている。また、再処理により大部分のウランやプルトニウムが回収されていることにより、ガラス固化体中には核分裂を起こしうる核種



出典：高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書参考資料より

図 1-2 ガラス固化体

の存在量が少ないことから、ガラス固化体が臨界状態に達することはない。このようにガラス固化されることにより、高レベル放射性廃棄物は、その発生時の液体と比べ安定な形態となる。

(2) 発生場所と発生量

わが国において高レベル放射性廃棄物が発生する場所は、使用済燃料の再処理施設に限定される。高レベル放射性廃棄物は発生の直後から厳しい管理のもとに置かれ、その安全が確保される。高レベル放射性廃棄物の発生量については、詳細な記録が残され、また将来の発生量についても電力需給の見通しとの関連において予測が可能である。これらのことは、高レベル放射性廃棄物対策を考える際に、それに必要な場所や施設の規模、技術や人員、資金等に関し、ある程度現実的な予測ができることを意味する。

100万キロワット級の原子力発電所1基を1年間運転することにより、100万人分の電気をまかなうことができる。これには、燃料として約30トンの濃縮ウランが必要とされ、使用済燃料の再処理に伴いガラス固化体にして30本前後の高レベル放射性廃棄物が発生する。これと同じ規模の石油火力発電所は1年間に220万トンの石油を消費する（通商産業省資源エネルギー庁「'98 原子力発電」）。

視点を変えて、日本人1人が1年間に発生させている全ての廃棄物の量をみると、一般廃棄物と産業廃棄物が合計で3,900キログラム、これに対して、放射性廃棄物は104グラムであり、そのうち4グラムが高レベル放射性廃棄物である（環境白書（平成11年版）、原子力白書（平成10年版）ほか）。

わが国における高レベル放射性廃棄物の発生量は、1998年（平成10年）9月時点の累積で、ガラス固化体に換算して12,600本である（総合エネルギー調査会原子力部会,1999）。今後の原子力政策がどのような方向に進められるにせよ、少なくともすでに存在する高レベル放射性廃棄物については、その処分を具体的に実施することが必要である。また今後についてみると、2030年までに最大で58,000本、前者を含めて約70,000本とする試算がある（高レベル事業推進準備会,1995）。

現在、わが国の電気事業者と英仏両国の再処理事業者の間には、使用済燃料の再処理に関する契約がある。これらの契約にもとづいて、英仏両国で再処理されるわが国の使用済燃料は約7,100トン、これにともない、ガラス固化体に換算して約3,500本の高レベル放射性廃棄物が返還されることになる。1999年（平成11年）6月末の時点で168本のガラス固化体が返還されており、青森県六ヶ所村の施設（日本原燃（株）高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター）において貯蔵管理されている。また、サイクル機構では、茨城県東海村の施設（ガラス固化技術開発施設）において、これまでに62本のガラス固化体を製造し、同施設において貯蔵管理している。

(3) 成分と放射能

核燃料の原料となるウランは天然に存在する放射性物質である。ウランの中には核分裂しにくいウラン-238と、核分裂しやすいウラン-235がある。ウラン-235の量は全体の1%未満である。現在、わが国の原子力発電所の多くにおいては、ウラン-235の濃度を3～5%程度にまで高めた燃料を用いている。原子炉内で3年間から4年間程度使用された燃料の中には、燃え残りのウラン-235と、ウラン-238が炉内で中性子を吸収してできたプルトニウム-239が含まれる。これらはいずれも燃料として利用できるため再処理により回収される。

再処理の工程で分離される高レベル放射性廃棄物には、放射能レベルが高く、半減期が比較的短く、ベータ線やガンマ線を放出し、ガラス固化体の発熱の主要な熱源となる放射性核種（例えばセシウム-137（半減期約30年）、ストロンチウム-90（半減期約29年））と、放射能レベルが比較的低く、半減期が長く、生物への影響が比較的大きいとされているアルファ線を放出する放射性核種（例えばネプツニウム-237（半減期約214万年）、ジルコニウム-93（半減期約153万年））が含まれる。高レベル放射性廃棄物の放射能の量は前者によるものが支配的であるため、ガラス固化体のもつ放射能は30年後には約5分の1、千年後には約1万分の1に減少することがわかっている。

(4) 放射線と熱

ガラス固化体表面の放射線量は、製造された時には約14,000シーベルトである。この値は、放射線の防護に関する国際的な基準（国際放射線防護委員会（ICRP）Pub.60 他）によれば、その位置に人間がいて全身に被ばくした場合、ほぼ瞬時に生命に危機が及ぶとされている量を上回っている。ガラス固化体を30年間冷却すると、放射能は冷却前の5分の1程度に減衰し、放射線量も低下する。国際放射線防護委員会の勧告によれば、一般公衆の全身被ばくについて容認できる線量の限度は、年間1ミリシーベルト（0.001シーベルト）とされている。ガラス固化体の放射能は図1-3に示すように時間の経過とともに減衰する。放射線の影響については第II部を参照されたい。

ガラス固化体は放射線の影響で発熱するが、比較的高い放射能をもつ放射性核種が急激にその放射能を失うのに伴い発熱量も低下する。具体的には、ガラス固化体の製造から30年～50年程度経過すると、発熱量は約3分の1から5分の1に低下する。ガラス固化体の発熱量の経時変化を図1-4に示す。

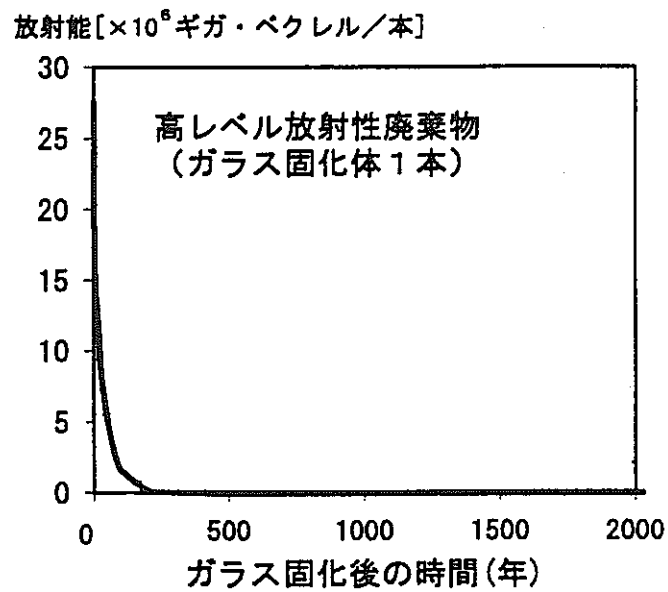


図 1-3 高レベル放射性廃棄物の放射能の経時変化

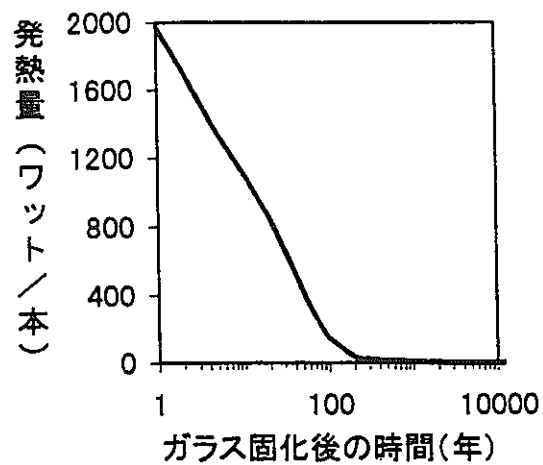


図 1-4 高レベル放射性廃棄物の発熱量の経時変化

(図 1-3, 4 とも、高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書 参考資料より抜粋)

1.2 高レベル放射性廃棄物対策の歴史

ここでは、高レベル放射性廃棄物への取り組みの歴史を3つの時期に分け、諸外国とわが国における経緯を振り返ることとしたい。ここでいう3つの時期とは1940年代～1970年代中頃（第1期）、1970年代中頃～1980年代（第2期）、1990年代（第3期）である。概括的にみると、第1期は高レベル放射性廃棄物問題が認識され長期的な対策への模索が始まった時期であったといえる。第2期は対策の基本的な概念が確立され、国際的に共有されていった時期であったといえる。第3期は地層処分の準備の段階であり、専門家と社会との間の信頼と協力が一層重要となる時期と位置づけられる。

1.2.1 第1期（1940年代～1970年代中頃）

(1) 国際的な経緯

はじめに、諸外国の中で最も早くからこの課題に取り組んだ米国の経緯を、米国原子力委員会の資料（U.S.NRC,1978,NUREG-0412）を参考にたどる。米国における高レベル放射性廃棄物対策は、1945年に軍用の再処理廃液の貯蔵から始まったとみられる。当時、この廃液は炭素鋼のタンクに貯蔵管理されていたが、1956年頃からたびたび漏洩が起これ、1973年にはワシントン州ハンフォードにおいて大規模な漏洩が発生した。漏洩が始まってから6週間にわたり、貯蔵管理の責任者が事態を認識しなかったことも重なり、この漏洩は関係者に大きな衝撃を与え2つの大きな疑問を投げかけることになった。第1には、高レベル放射性廃棄物を液体のまま長期にわたって貯蔵管理することへの疑問、第2には、長期的な安全確保に関し人間の関与に全面的な信頼を置くことへの疑問である。

1955年9月、米国原子力委員会（当時）が米国科学アカデミーに委託して技術的な会議を開催した。その目的は放射性廃棄物を地層中に処分することの可能性を明らかにするとともに、そのための研究開発の内容を検討することにあった。この会議は歴史的にみて、地層処分に関する最初の本格的な会議であったといえる。この会議の成果として、放射性廃棄物を岩塩層の中に処分する方法が有望であるとされ、岩塩に関する研究を開始すべきであるという提言がなされた。これを受けて、1965年にはオークリッジ国立研究所がカンザス州の岩塩鉱山において、高レベル放射性廃棄物の処分に関する試験を開始した。

1969年、コロラド州のプルトニウム工場で火災が発生し、放射能に汚染された大量の廃棄物が発生した。これらの廃棄物は、当時のきまりによってアイダホ州の貯蔵所に運ばれたが、同州がこの種の廃棄物の処分地とされることを懸念した州知事は、1970年代の末までにこの廃棄物を州内から撤去するという約束を米国原子力委員会から取り付けた。このような背景から、米国原子力委員会は1970年、上記のカンザス州の岩塩鉱山を米国で最初の処分場サイトとすることを発表した。

この決定が地元への事前説明なしに行われたことから、地元及び州政府の強い反対を招き、この計画は1972年に公式に中止されることとなった。その後、米国原子力委員会は高レベル放射性廃棄物を回収可能な地上の施設で長期間貯蔵管理するという計画を発表し方針転換を図った。しかし、この計画も地元及び環境保護庁の反対に遭い同委員会は1975年にこの計画についても公式に中止した。こうして米国では第1期における処分および貯蔵管理の計画がいずれも断念され、高レベル放射性廃棄物の対策について、抜本的な計画の見直しが求められることとなった。

(2) わが国における経緯

わが国における経緯を振り返ると、この時期（1956年（昭和31年））には原子力三法が施行されている。原子力委員会が設置されたのもこの年であり、科学技術庁、日本原子力研究所、原子燃料公社（のちに動燃事業団に統合）などもこの年に設置されている。1962年（昭和37年）に原子力委員会廃棄物処理専門部会は、前年より検討を進めてきた放射性廃棄物の処理処分についての基本的な方針を以下のように示している。

高レベルの放射性廃棄物の処分方式としては現状では閉じ込め方式を原則とすべきであることは前述のとおりであるが、現在各国が行なっているタンク貯蔵等の閉じ込め方式は常に監視を必要とするので最終的な処分とはいえない。したがって処分を行なった後は管理を要しない段階の処分方式すなわち最終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。

(i) 容器に入れて深海に投棄すること

(ii) 放射性廃棄物を人の立ち入ることの不可能な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

これらの方式については放射性廃棄物の最終処分の問題の重要性に鑑み、経済性、安全性について最も望ましい方法を確立するため、大きな努力を払って研究を進めなければならないが、国土が狭あい、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。

このため、海洋投棄を目標として処理方式および容器等についての総合的な研究開発を強力に行なう必要がある。

なお、現状では容器に入れ海洋に投棄する場合でも、廃棄物は低および中レベルのものに止めるべきで、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行なうべきでないと考える。

出典：原子力委員会廃棄物処理専門部会(1962)：中間報告（昭和37年）

1973年（昭和48年）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には以下のような記述がある。

高レベル固体廃棄物の処分方法としては、わが国では、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することとし、この面での国際的な技術の進展に注目しつつ研究開発をすすめることが適当であると考える。

出典：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(1973)：報告書
(昭和48年)

以上のように、わが国では1970年代の前半までは、地層処分が高レベル放射性廃棄物対策における基本的な方針となる以前の検討段階にあったといえる。

1.2.2 第2期（1970年代中頃～1980年代）

(1) 国際的な経緯

第2期を特徴づけるものとして、この時期に世界的に高まりを見せ始めた環境問題への認識、すなわち、地球環境の保全に対する人々の意識の高まりをあげることができる。このような動きと呼応して、高レベル放射性廃棄物の安全な処分に関する見通しを、原子力利用の条件として考えようとする世論が高まりを見せた。

この時期には、地層処分計画に関するいくつかの重要な報告書が国際機関により取りまとめられた。OECD/NEAが1977年に公表した「原子力発電により発生する放射性廃棄物の管理に係わる目的、概念及び戦略（OECD/NEA, 1977）」と題する報告書はその代表的な例であり、今日においても地層処分に関する議論の拠り所の一つとされている。

第1期における地層処分の考え方が、岩塩層という特定の地層に廃棄物を埋設し処分の安全性について天然の地質環境に大きく依存するものであったのに対し、この時期に確率された地層処分の考え方は、今日の地層処分概念の骨格となる以下の特徴を備えるものとなった。

- ・ 一定の条件を満たす地層であれば、その種類を問わず地層処分の場として検討の対象になり得る
- ・ 処分の安全性については天然の地質環境のみに依存するのではなく、工学的な対策を含むシステム（多重バリアシステム）全体によって確保する
- ・ 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、合理的で科学的かつ現実的な評価が要求される

1980年代を迎えると、各国において地層処分の研究開発が本格化し、国際的にもさまざまな領域において共同研究が実施された。その代表例として、国際ストリバ計画をあげることができる。OECD/NEAの国際共同研究として1980年に開始されたこの計画は、スウェーデンの旧鉱山を地下研究の場として、地層処分に必要な調査技術と基礎的な知見を確立し、計画に参加する各国がそれらを共有することによって国際的な技術レベルの確立と向上を図ることを目的とした。計画には、わが国を含む9カ国が参加し、1992年に終了するまでにさまざまな調査や研究開発が行われ、数々の新しい技術や知見が得られた。

(2) わが国における経緯

第2期には、わが国においても高レベル放射性廃棄物対策として地層処分が基本的な方針となった。1976年（昭和51年）に原子力委員会が示した方針を以下に引用する。

(1) 基本的考え方

再処理施設から発生する高レベル放射性廃棄物は、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。

このため、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。

処分については、各国とも各種の調査研究を進めているが、我が国としても今後早期にその見通しを得ることを目途として、これに必要な調査及び研究開発を推進するものとする。

高レベル放射性廃棄物の処理（固化処理及びこれに伴う一時貯蔵）については再処理事業者が行い、国は技術の実証を行うものとする。また処分（永久的な処分及びこれに代る貯蔵）については、長期にわたる安全管理が必要であること等から、国が責任を負うこととし、必要な経費については、発生者負担の原則によることとする。これらの具体的内容及び方策については、今後の研究開発等の進展に応じて検討するものとする。

(2) 高レベル放射性廃棄物対策の目標及び推進方策

固化処理及び貯蔵については、試験施設の建設に係る期間を考慮し、今後10年程度のうちに実証試験を行うことを目標とする。また処分については、当面地層処分に重点をおき、我が国の社会的、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。

このため、研究開発の中核となる動力炉・核燃料開発事業団及び日本原子力研究

所の体制の強化及び人材の確保を図り、国立試験研究機関等の協力を得て、放射性廃棄物対策技術専門部会の策定した研究開発計画に沿って、総合的計画的に対策を推進することとする。

出典：原子力委員会(1976)：放射性廃棄物対策について（昭和51年）

1980年（昭和55年）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では、地層処分の研究開発手順を以下の5段階とすることが示された。

第1段階：可能性ある地層の調査

第2段階：有効な地層の調査

第3段階：模擬固化体現地試験

第4段階：実固化体現地試験

第5段階：試験的処分

出典：原子力委員会 放射性廃棄物対策専門部会(1980)：高レベル放射性廃棄物処理処分に関する研究開発の推進について（昭和55年）

この決定に基づき、動燃事業団は第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（1984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。同部会はその結果を踏まえ以下の評価結果を示した。

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。即ち、同一種類の岩石においても、それが賦存する地質条件によって地層処分に対する適性にはかなりの差が認められることから、岩石の種類を特定するのではなく、むしろその地質条件に対応して必要な人工バリアを設計することにより、地層処分システムとしての安全性を確保できる見通しが得られた。この結果、処分予定地等の選定に当たっては、自然的条件、社会的条件等に柔軟に対応する余地があるものと評価される。

出典：原子力委員会 放射性廃棄物対策専門部会(1984)：放射性廃棄物処理処分方策について（中間報告）（昭和59年）

さらに、この中間報告では5段階による地層処分研究開発の手順が見直され、翌1985年（昭和60年）に公表された専門部会報告書では、第2段階以降の進め方が以下のように改められた。

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。

第4段階で建設される処分場においては、動力炉・核燃料開発事業団の再処理工場及び民間再処理工場で分離された高レベル放射性廃棄物並びに海外再処理委託に基づく返還高レベル放射性廃棄物が処分されることになるものと考えられる。

出典：原子力委員会 放射性廃棄物対策専門部会(1985)：放射性廃棄物処理処分方策について（昭和60年）

また、処分予定地の選定については動燃事業団が電気事業者など関係者の協力を得て行うものとされ、選定の結果については、国が所要の評価等を行って、その妥当性を確認するものとされた。報告書は処分を実施する主体について以下のように記述している。

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。

出典：原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会(1985)：放射性廃棄物処理処分方策について（昭和60年）

1980年代の後半に入ると、動燃事業団を中核とする様々な研究開発が、引き続き地層の種類を特定することなく進められた。1988年（昭和63年）には、岩手県の釜石鉱山における原位置試験が開始され、前出のストリバ計画で開発された研究手法などが活用されることとなった。また、地層処分の安全性を評価するための手法の相互検討などを目的とした国際共同研究なども開始された。

制度的な側面では、1987年（昭和62年）の原子力開発利用長期計画において、それまで動燃事業団が行うこととされていた処分予定地の選定に関する方針が以下のように見直された。

処分予定地の選定は、第2段階の最終的な目標であり、輸送も含めた経済性にも配慮しつつ、地元の理解と協力を得て慎重に行うこととし、処分事業の実施主体に行わせることとする。選定の結果については、国が、所要の評価等を行って、その妥当性を確認する。また、国は、処分予定地の地質環境に求められる技術的な条件を明らかにするとともに、処分施設の立地に至る今後の計画

出典：原子力委員会(1987)：原子力開発利用長期計画（昭和62年）

同計画はさらに、高レベル放射性廃棄物の処分に関する国の責任と、実施主体のあるべき姿に関する見通しを以下のように示している。

高レベル放射性廃棄物の処分が適切かつ確実に行われることに関しては、国が責任を負うこととし、この一環として、国は、今後の研究開発及び調査の進展状況を見極めた上で、処分事業の実施主体を適切な時期に具体的に決定することとする。その際、実施主体としての責任の所在が明確であり、かつ、その責任が長期にわたり継続されること、研究開発及び調査の成果が活用されること、効率的な運営が行われること等に十分配慮することとする。

出典：原子力委員会(1987)：原子力開発利用長期計画（昭和62年）

1.2.3 第3期（1990年代）

(1) 国際的な経緯

1990年代に入ると「資源、環境、エネルギー」が時代のキーワードとなり「地球温暖化」や「環境影響評価」などといった話題が日常的なものとなった。中でも環境保全に対する関心や懸念は、個人的なものから地球的なものまで様々な規模で広がりを見せるようになった。

1990年には、時を同じくして、米国とフランスにおいて放射性廃棄物の処分に関する報告書が公表された。これらはいずれも、地層処分の実施主体や規制当局とは別の有識者のグループが、それまでの地層処分計画の経緯と問題点を分析したうえで、計画が必ずしも順調に進んでいない原因を考察し、将来への提言を行ったものである。報告書は、いずれも直接的にはそれぞれの国における地層処分計画に関するものであるが、その内容には普遍的なものがある。

米国の報告書は『高レベル放射性廃棄物処分の再検討』と題されるもので、米国科学アカデミー(NAS)の下部に設置された米国学術研究会議の放射性廃棄物管理委員会(NRC)が「米国の地層処分計画が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、専門家による数年間にわたる検討を経てとりまとめたものである。

この報告書では、地層処分という極めて長い時間にわたる安全対策に含まれる基本的な問題として、不確実性への対応、地質学的なモデリングの役割と限界、倫理及び価値観などを取りあげ、分析と提言を行っている。その内容は多岐にわたるが、この報告書が米国の地層処分計画について行った改善勧告を以下のように整理することができる。

- ・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
- ・地層処分の長期にわたる安全性が、科学を適切に活用して解決すべき問題であると同時に、その一部は社会的な判断により決まる問題であることを認識すること
- ・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と明確に区分すること
- ・地層処分に関する公平性、信頼性等についての道義的、倫理的な要求を、地層処分の本質的な要素として認識すること

出典：NAS(National Academy of Sciences)/NRC(National Research Council) (1990) :
Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of
the Board of Radioactive Waste Management,

この報告書は、広い意味の学術的な視点から、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する長

期の安全性のような問題の解決について、科学をどのように活用すべきか、またその最終的な判断に際して、科学はどのような役割を果たすべきかといったことについて、有識者の見解を集約したものと考えられる。

一方、フランスでは、政府の科学技術選定評価局が「高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」を国民議会に提出した。この報告書の特徴は、専門家の手によるものではなく、国會議員が中心となって作成したものであることである。報告書が作成されることとなった直接の契機は、フランスの放射性廃棄物管理局が、地層処分研究計画の一環として、地下の研究施設の建設を目指して開始した調査に、関係住民が激しく反対し、首相がその調査計画の凍結と再検討を決断したことにある。

この報告書の記述は、①放射性廃棄物は恐れる必要があるのか、②どうしたら安全に処分できるのか、③なぜ調査計画が凍結されたのか、④放射性廃棄物の処分は避けられるのか、⑤地層処分は本当に危険なのか、⑥現在の袋小路からいかにして抜け出すのか、といった論点に関するものである。報告書の中から特徴的であると思われる記述を以下に引用する。

・処分の必要性

処分の必要性については、①消滅処理等の方法が実用化されるまで廃棄物を貯蔵しておいても問題ないと思いたくなるのも頷ける、②地下研究所と処分場との関係についての当局の説明は不適切であった、③地層処分の再取り出し性に関する責任者の答えは明瞭さと一貫性に欠けていた、④再取り出しの条件と方法は地下研究所での試験を経て処分場開設の際の規則には明記される必要がある。

・今後の対策

放射性廃棄物管理の問題は、これまで技術的な問題とされ、専門家の間で秘密裏に行われるものとされてきたが、現実はこの誤りであることを示した。

近代民主主義では、ある種の制約を伴うことがらを、市民のコンセンサスなしに行うことはできない。

今日の問題は『現状を維持、すなわち貯蔵を続けるべきか』あるいは『廃棄物を発生させた世代が最終的な処分の方法を見いだすべきか』の選択に帰着することとなり、その判断は議会が下すべきである。

出典： Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, (1990) Rapport sur la Gestion des Dechets Nucleares a Haute Active, par M.Christian Bataille, Depute,

この報告書は、高レベル放射性廃棄物対策に関する意志決定者としての、議会あるいは政治家の責任を明確にすべきであるとしている。これは、この報告書の出発点が廃棄物の問題につ

いての社会的な意志決定システムの不備にあり、そこから脱出するためには、民主的な方法に依らざるを得ないという認識であったことを思えば、当然の帰結であったとみられる。

ここに紹介した2つの報告書は、1990年代が社会の人々の理解と参加が地層処分を実施するに当たっての必須条件であり、人々と専門家とが持続的な信頼関係のもとでそれぞれの役割を担うことにより、課題への適切な対応が求められる時代となることを予感させるものであった。

第3期には、国際的な研究交流が新たな拮がりを見せることとなった。第2期までは、特定の要素技術の共同開発や、情報の共有化を目指したものが多く見られたことに対し、第3期の研究交流は、①特定の地質環境や現象のより詳細な解明を目指すもの、②地層処分に必要な工学技術の開発と実証を目指すもの、③地層処分に関する研究開発の進捗状況を相互に確認し次の段階に進むための国際的なコンセンサスの形成を目指すもの、④地層処分に対する社会的な受容を目指すもの、というように多面的な展開をみせた。特に前述の③、④に分類される交流は第3期の特徴であり、以下に例示するOECD/NEAの2つの報告書は、このような交流の成果である。

第1の報告書は「放射性廃棄物の処分、長期にわたる安全性は評価できるか？国際的集約意見」と題されたものである。ここではOECD/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が共同で、高レベル放射性廃棄物処分システムの安全評価に用いられる科学的な手法について詳細に評価し、その時点における当該領域の専門家の共通認識を国際的な集約意見としてとりまとめている。報告書の結論を以下に紹介する。

- ・ 注意深く設計された放射性廃棄物処分システムが、人間及び環境に与える長期の放射線学的影響を適切に評価する安全評価の手法は今日得られていることを確認し、
- ・ 地層処分の場合として提案された場所から得られる十分な情報と併せて、安全評価の手法を用いることで、特定の処分システムが現在と将来の世代にとって、満足すべきレベルの安全を社会に提供できるか否かを決定する技術的な基礎を用意し得るものと考察する。

出典：OECD/NEA,IAEA,CEC(1991):Disposal of Radioactive Waste, Can Long-term

第2の報告書は『長寿命放射性廃棄物の管理、地層処分の環境的及び倫理的基礎、集約意見』と題されたものである。この報告書はOECD/NEAの放射性廃棄物管理委員会(RWMC)が加盟各国における研究成果や国際会議などにおける議論に基づき、技術的な側面を離れ、環境及び倫理に関する側面から、高レベル放射性廃棄物に代表される寿命の長い放射性廃棄物の処分について体系的に考察し、国際的な集約意見として取りまとめたものである。放射性廃棄物の管理について、環境の側面から考えることとなった背景について、報告書は次のように述べている。

現代社会の発展と繁栄は、発電と電気の広範な利用といった技術や産業プロセスの寄与に大きく依存している。これらの過程は、一般的に廃棄物の発生を伴い、その廃棄物の一部はその発生が不可避であり、再利用できず、有害である。このような廃棄物については、人間と環境の適切な防護を確実なものとする慎重な管理が必要である。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はるかに超え、数千年におよび得る。したがって、将来世代について注意を払い、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。発展途上の世界における人間の健康と環境の保護に対するそのような関心事は、1987年の環境と開発に関する世界委員会「ブラントラント委員会」によって提唱された「持続可能な開発」の概念で説明されてきた。これは主に倫理的概念であり、「将来世代が彼ら自身の必要性を満たす能力を傷つけることなく、現世代の必要性を満たすこと」と定義された。「持続可能な開発」の概念は、1992年のリオデジャネイロの「環境と開発に関する国際会議」の主題とされ広範囲にわたる議論が行われた。この概念を、潜在的に危険な廃棄物の発生から生じるような複雑な環境問題に適用することは適切である。最近の環境保護政策は、オゾン層破壊や気候変動等の長期的な影響に係る地球の自然問題にますます強く関係するようになっていく。この中で、高まる環境意識は、強い倫理的関心の出現とあいまって、「道義的に正しい人のふるまい」に重きを置くことを示している。この流れは、現在及び将来において、産業開発の利益を最大にし潜在的な逆効果を抑える技術的及び倫理的考察を統合する公の秩序の採用に寄与するはずである。したがって、倫理的問題が、現在、環境の議論に組み入れられつつあることは、歓迎すべきことである。

出典：OECD/NEA(1995):The Management of Long-lived Radioactive Waste.
The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived
Radioactive Waste, A Collective Opinion of the NEA Radioactive Waste
Management Committee

次にこの報告書の結論を紹介する。

- ・地層処分という方策は、倫理や環境の側面における基本的な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の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、将来において他の選択肢

が採用される可能性を除外しないことを結論する。

出典：OECD/NEA(1995):The Management of Long-lived Radioactive Waste.
The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long
-Lived Radioactive Waste, A Collective Opinion of the NEA Radio-
active Waste Management Committee

(2) わが国における経緯

第3期に入ると、わが国の研究開発の成果はさらに蓄積され、1992年（平成4年）には動燃事業団が『高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書（第1次取りまとめ）』を国に提出し「わが国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされた。」とする評価を受けた。

原子力委員会は、1995年（平成7年）に、原子力バックエンド対策専門部会および高レベル放射性廃棄物処分懇談会を設置した。これらの組織はわが国の地層処分計画の技術的な側面、社会的な側面に関する検討に着手し、1997年（平成9年）には『高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方』（専門部会報告書）が、1998年（平成10年）には『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』（処分懇談会報告書）が取りまとめられた。これらの報告書は、原子力長計などとともに、わが国の地層処分計画およびその研究開発計画の指針となっている。

1.2.4 最近の国際的な動向

最後に、地層処分を巡る最近の国際的な動向の中から2つの動きについて触れておきたい。第1の動きは、処分場の操業が終了した後における、制度的な管理の継続に関する議論が活発になっていることである。諸外国の中には処分場操業終了後の制度的管理の期間を、定量的に設定している例もあるが、これらについても、地層処分はその長期の安全確保に関して、制度的管理を前提にしない安全確保の対策であるという原則に立つことに変わりはない。

最近、フランスなどにおいて活発になってきている議論も、この原則を見直そうというものではなく、この原則を踏まえた上で、社会が一定期間における地層処分の安全性の直接的な確認を選択する場合は、安全性に影響しない範囲で、それを不可能とするものではないという方向に進んでいる。国際原子力機関や経済協力開発機構原子力機関などにおいても、専門家会議を開催したり、書籍の出版を準備するなど、このことについての意見の集約に積極的な姿勢を見せている。

技術的側面においては、たとえば、処分場に対してどのようなパラメータを、いつから、ど

ここで、どのように測定（モニタリング）するのかということが議論されている。さらに、測定によって得られたデータと地下で生じている現象をどのように結びつけるのか、また、その結果を何を拠り所としてどのような判断につなげていくのかといったことについても活発な議論がある。

わが国における高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方について検討している総合エネルギー調査会原子力部会は、その中間報告書の中で、地層処分の合理的な費用の見積もりの前提として、処分のスケジュールを以下のように設定している。

原子力長期計画において、2000年目途に実施主体を設立し、2030年代から遅くとも2040年代半ばまでに処分を開始するとしていることを踏まえ、ここでは、2035年から操業を開始し、2095年に坑道を閉鎖し、その後 300年間、モニタリング等の閉鎖後の措置を実施するとの前提を置いた。

出典：総合エネルギー調査会原子力部会(1999)：中間報告 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（平成11年）

第2の動きは、処分場を国際的に共有するという構想である。現時点において、この動きは民間レベルの構想であり、第1の動きのように、国際的に認知され議論されるレベルには達していない。この構想は、国別の処分場の計画を否定するものではなく、新たな選択肢を加えるものであるとしているが、廃棄物を発生させた国の領土内で実施できることが、地層処分を選択する条件の一つとして広く共有されていることに変わりはない。

1.3 地層処分の選択

1.3.1 国際的な検討

技術的な側面において、地層処分が最も安全で実現性の高い方法であるとの認識は、専門家の間で国際的にも共有されており、その実現に向けた研究開発が進展をみせている。ここではこのような認識の背景をOECD/NEAの報告書を軸に確認しておきたい。

ここで参照する報告書は『放射性廃棄物管理の基礎、含まれる原則の全体像（OECD/NEA, 1982）』と題するもので、いささか古いものではあるが、地層処分の選択に至る過程が示されるとともに、地層処分の背景を理解する際に必要な情報が広く取り上げられている。

放射性廃棄物管理の方針と実施については、いろいろな文書の中でレビューされてきたが、その多くは技術的なものであり、いかなる選択肢をとるべきかという意志決定の動機についての議論は希薄である。そこでこの報告書では、これら従来あまり明確にされなかった側面に留意し、放射性廃棄物の処分に至る技術的アプローチの根底にある考え方のレビューを目指す。

出典：OECD/NEA(1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved

報告書は放射性廃棄物処分の目的について次のように述べている。

放射性廃棄物処分の目標は、人間の健康及び環境を保護し、同時に将来世代への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、社会的及び経済的要件を考慮して確実にすることである。

出典：OECD/NEA(1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved

報告書はさらに、上記の目標の達成にあたっては、「健康の保護」「環境の保護」ならびに「将来の世代に対する責任」という観点が重要であるとしている。これらのうち、「将来の世代に対する責任」については以下のような考え方が示されている。

○将来世代の幸福と繁栄について

- ・防ぐことのできる害悪に承知の上で加担することは間違っている
- ・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
- ・当該事象の受益者がコストを負担すべきである

○将来世代に対する責任について

- ・世代間のバランスに関する論点は「将来世代に残し得るリスクのレベル」に集約される
- ・絶対的な安全の保証はいつの時点においても不可能である
- ・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に努めるという姿勢は一般的に理解されやすい

出典：OECD/NEA(1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved

このような基本的な考え方を実現させていくことについて、同報告書は最終的に以下のような意見の集約を行っている。

- ・長寿命廃棄物の対策として、地下深部に建設した処分場への処分が近年最も注目されている。
- ・その理由は、注意深く立地された処分場においては、地質環境が極めて長期にわたり廃棄物を封じ込めることが期待されることである。
- ・このことに関連する例証は多くの天然資源（鉱床）の存在により裏付けられる。
- ・地下深部は、人間による計画的な侵入の可能性を大きく制限するとともに、不注意による人間の侵入の可能性を本来的に除外する。
- ・地層処分システムは本質的に『受動的(passive)』である。なぜなら、一旦閉鎖された後には人間の関与に依存しないためである。
- ・放射性核種の漏出に関与して唯一起こりそうなことは地下水の動きである。
- ・このため深い地層への処分には、地下水の動きの小さい場所が適している。
- ・現在の検討状況から、地質構造によって様々ではあるが、そのような場所は少なくとも地表から数百 下となる。
- ・より深い処分場は、放射性核種の漏出の可能性と、人間侵入の可能性をさらに低いものとする。
- ・最終的な判断は、便益とコストのバランスに基づいて行われることになる。

出典：OECD/NEA(1982): Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved

1.3.2 オプションの対比

(1) 長期的な対策の必要性

高レベル放射性廃棄物対策についてはさまざまな考え方があるが、いずれも「すでに高レベル放射性廃棄物が発生しており、今後の原子力政策がどのような方向に進められるにせよ、少なくともすでに存在するものについては、その処分を具体的に実施することが必要である」という考え方に立つものである。

先に述べたように、現在、わが国の高レベル放射性廃棄物は、工学的な施設において安全に貯蔵管理されている。貯蔵管理の技術と制度が所期の機能を果たしていることから、長期の安全確保についても現状の対策を継続的に延長していくという選択肢があるようにもみえる。しかしながら高レベル放射性廃棄物の放射能が存続する期間を考えると、一時的な貯蔵管理を目的とした技術や制度を無期限に継続することには限界がある。文明の歴史を振り返っても、このような期間にわたり機能を維持してきた工学システムの例はなく、このような期間にわたり有効であり続けた社会制度の例もない。

一方には、将来の科学技術の発展に期待しつつ、管理を続けるという考え方もある。必ずしも将来を悲観する必要はないが、この問題の解決をただいたずらに先送りすることは、結果的に原子力発電の便益を享受した世代がその責任をとらず、将来世代に経済的な負担をも含めて廃棄物の管理に伴う負の遺産のみを引き継ぐこととなる。このことについて、専門家の間では国際的にも以下に例示するような意見の集約をみている。

- ・ 廃棄物発生者は、将来世代に過度の負担を課さないように、これらの物質について責任をもつとともに、そのための方策を準備すべきである。
- ・ 廃棄物については、人間の健康と環境に対して容認できる防護水準を保証し少なくとも今日容認されている安全水準を将来世代に与えるように管理すべきであり将来世代の健康や環境へのリスクを軽視する理由はない。
- ・ 廃棄物管理の方策は、不明確な将来に対して安定した社会構造や技術の進展を前提としてはならず、能動的な制度的管理に依存しない受動的に安全な状態を残すことを目指すべきである。

出典：OECD/NEA(1995):The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal,
A Collective Opinion of the NEA RWMC

(2) 対策の選択肢

① 長期貯蔵管理

この方法は、工学的な施設において、高レベル放射性廃棄物を監視しながら長期にわたって貯蔵管理し続けて行こうというものである。この選択肢は、将来の人々が代々、貯蔵施設を管理する責任を継承することを前提とする。フランスのように、法令により長期貯蔵管理が高レベル放射性廃棄物対策の選択肢の一つと位置づけられ、一定期間の後それらに対比することを目的に研究開発が進められている例もあるが、この選択肢には、高レベル放射性廃棄物を発生させた原子力発電の恩恵を受けていない世代に、現世代同様の負担をかけることになるという側面がある。

② 核種分離・消滅処理

核種分離・消滅処理は、高レベル放射性廃棄物に含まれる長い半減期を持つ放射性核種を、半減期のより短い核種または安定な核種に変換することを目指す技術である。このような処理の技術が実用化できれば、廃棄物の放射能をより短い時間で低減させることが可能となり、処分に伴う環境への負荷を低減することなどが現実のものとなる。現在は要素技術を開発する段階にあり、今後、実用化に向けての開発が進むことが期待されている。ただし、高レベル放射性廃棄物の放射能がなくなるわけではないので処分の必要性は残る。この手法については第II部を参照されたい。

③ 処 分

処分は、高レベル放射性廃棄物の人間に対する潜在的な危険性がなくなるまでの期間、廃棄物を人間の環境から十分に離れた場所に隔離しておくという選択肢である。この方法の最大の特徴は、社会が経験したことのない長期にわたる安全の確保を人間による制度的管理から切り離し、自然の手に委ねるところにある。この背景には、高レベル放射性廃棄物対策のような長い期間の安全に関わる課題について「人間の関与に信頼を置かない」とする考え方が「制度的管理による継続的な確認が必要」とする考え方よりも確実であるとする専門家の共通認識がある。処分場の管理については第 II 章を参照されたい。

(3) どこに処分するのか

① 宇宙空間

高レベル放射性廃棄物を隔離するという意味において、宇宙空間は適切な場所ではあるが、高レベル放射性廃棄物対策を検討している国の中で、現在、この選択肢の実現性を技術的に検

討している国はない。その理由としては、廃棄物を宇宙に運ぶ宇宙関連技術の信頼性、不測の事態における影響の拡がり、経済性、宇宙技術を有する国が限定されることなどをあげることができる。

② 大陸氷床

高レベル放射性廃棄物を隔離するという意味において、極地の氷床も有望な場所である。南極大陸を覆っている氷の厚さは、平均でも4 kmに達することが知られており、十分な隔離が期待できる。しかしながら、技術的には氷床の地球物理学的な特性などに関する情報が限られているといった問題、経済的には輸送や処分に要する費用の問題、制度的には南極大陸への放射性廃棄物の持ち込みや投棄を禁止している南極条約の存在などがあり、現在、この選択肢の実現性を検討している国はない。

③ 深海底

深海の底は、高レベル放射性廃棄物を隔離するための場として適切な条件を備えていると考えられる。仮に廃棄物中の放射性核種が長い時間の間に環境中に出たとしても、深海底の堆積物による吸着が期待できることや、核種の濃度が海水により大きく希釈されることが期待されるなど数多くの利点がある。一方で、制度的には、廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）によって、放射性廃棄物の海洋投棄が国際的に禁止されていることなどがある。技術的には有望と評価する根拠はあるものの、現在、この選択肢を現実的に考慮している国はない。

④ 地下深部

地下深部の地層の大部分は、極めて長い時間にわたり物理的にも化学的にも十分に安定した場所である。加えて、地下深部の地層では物質の移動が極めて緩やかであることも知られている。そこでは、地下資源など特定の物質が長期にわたって保存されてきた多くの実例がある。わが国には、その陸地面積が地球上の陸地の総面積の0.3%に満たないにもかかわらず、世界中の火山の約十分の1が存在するといわれているが、これらの現象に関する情報は整っており、現状の知見と技術により、これらの現象が発生したりその影響が及んだりする場所を特定することが可能である。さらに、地下資源などが長い時間にわたって保存されてきた多数の実例があること、自国で発生した高レベル放射性廃棄物を自国内で処分できることなどの特徴もある。

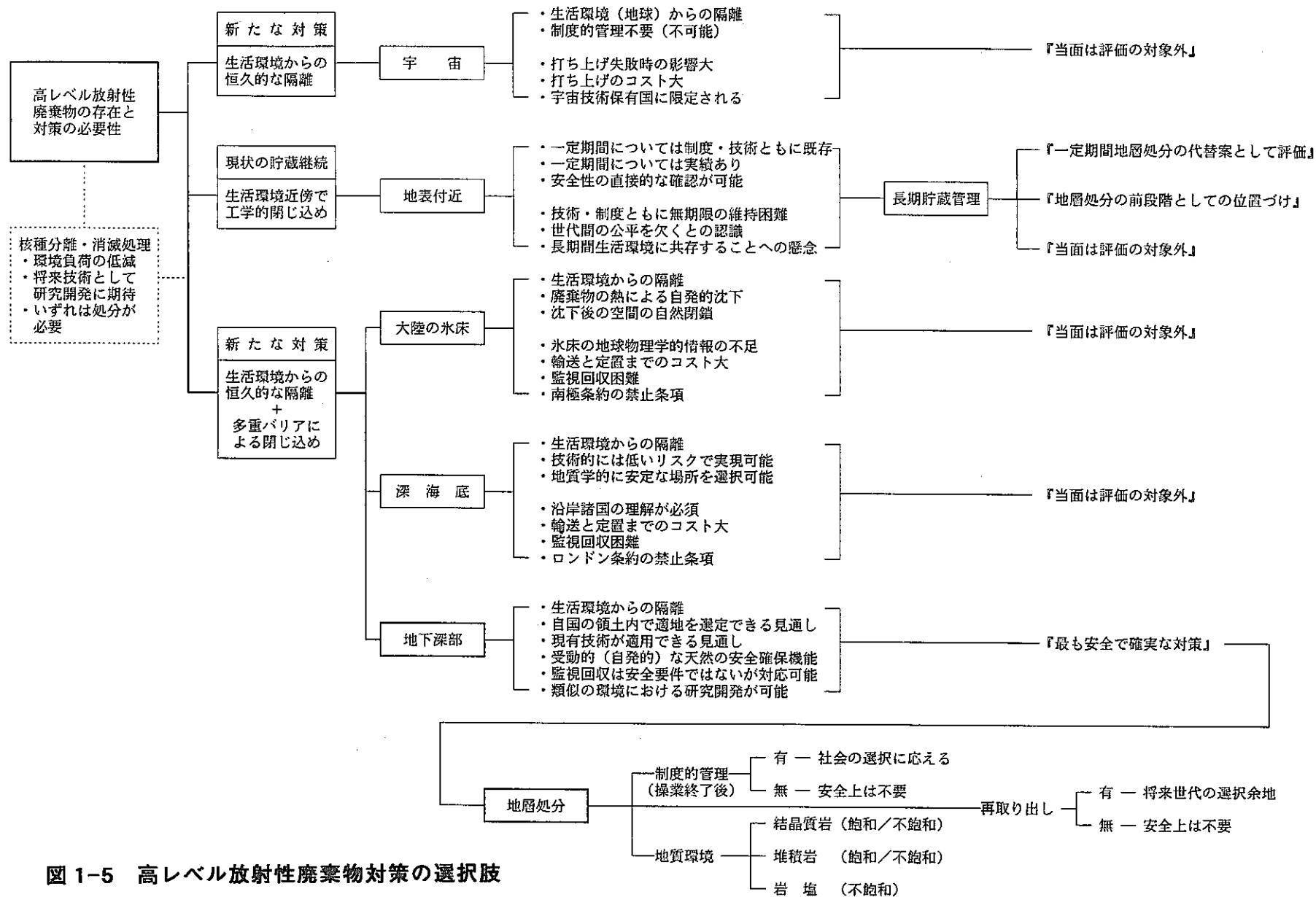


図 1-5 高レベル放射性廃棄物対策の選択肢

1.4 地層処分コンセプト

1.4.1 地層処分コンセプトとは

多重バリアシステムにより、人間の関与によらず長期の安全を確保するという国際的に共有されている地層処分の基本的な考え方（概念）を骨格として、各国に固有の自然条件や社会条件を考慮して具体性を与え、その国に適した構想としたものを、ここでは地層処分コンセプトと呼ぶ。多重バリアシステムは、研究開発や調査の進捗に伴って順次具体化されていくが、地層処分コンセプトそのものは一貫性を備えている。

技術的な側面において、地層処分コンセプトは研究開発や設計施工などの基盤となり、それぞれの分野を担当する技術者や研究者の間における調整や確認の拠り所ともなる。その一方、社会的な側面において、地層処分コンセプトには、地層処分に関係あるいは関心をもつ全ての人々に対話の場を提供する役割が期待される。

地層処分コンセプトの社会的な側面における役割は重要である。地層処分およびその研究開発に関する専門的な情報は、それらがいかに詳細で正確であったとしても、その分野を専門としない人が予備知識なしで十分理解することは難しい。このような状況において、地層処分コンセプトのレベルでの対話を持つことができれば、専門知識や経験の有無にかかわらず、関係者各自が、高レベル放射性廃棄物や、その対策としての地層処分とその研究開発について、幅広く意見を交換することが可能であり、それらを踏まえて、より詳細な議論に進むことも期待できる。

1.4.2 地層処分コンセプトの条件

地層処分コンセプトは、まず、その国における地層処分の安全性に対する懸念に、ゆるぎない科学技術的基礎の上に立って応えられるものでなければならない。また、安全な処分が、世代間及び世代内における公正さと公平性を大きく乱すことなく実現可能であることが同様に重要である。このようなことから、わが国の地層処分コンセプトの条件としては以下のような項目が考えられる。

- ・わが国は地質学的にみて変動帯に属し、地震や火山の活動が比較的活発であることは、専門家のみならず社会一般の人々に広く認識されている。このためわが国には、地層処分の安全性との関連でこのことについての懸念が広く存在すると考えるべきである。このため、わが国においても地層処分に適した安定な地層が広く存在することを示すことが極めて重要である。
- ・わが国の地下深部においては地下水の存在が一般的である。このため安定な地層においても、長い時間が経過するうちには、地層処分された廃棄物に地下水が接触し、やがて

は生活環境に達することが可能性として考えられる。このため、地下水に対する配慮が十分になされていることが重要である。

- ・わが国の工学技術は世界的にも高い水準にあることは広く認識されているが、地層処分という未経験の事業に対し、これらの技術が十分に適用可能であることを示すことが重要である。また人工バリアについては、ガラス、鉄、粘土など昔からよく知られ、自然界にも広く存在する素材が用いられることを示すことが重要である。
- ・わが国の社会にある原子力の安全に対する懸念に配慮し、地層処分により、高レベル放射性廃棄物が人間による管理から離れても長期にわたって安全を保ち続けることができる 対策であることについて、人々が十分納得できる保証を示すことが重要である。

1.4.3 わが国の地層処分コンセプト

(1) シナリオと安全確保の原則

数千年、数万年といった時間の中で、地層処分された高レベル放射性廃棄物が人間環境に影響をおよぼす可能性としては、両者を隔てている距離が短縮されることにより廃棄物による影響が懸念される。その原因としては、天然現象により廃棄物そのものが地表に接近する場合と、地下資源の調査などの目的で人間の方から偶然に地下の廃棄物に接近する場合とがあり、これらの可能性とそれに連なる展開は、接近シナリオと呼ばれる。接近シナリオに対する安全確保の原則は、国土の自然や地質に関する知見や情報が整備され、火山活動や地震などに関する研究事例に恵まれ、地下深部を知るための技術と経験が豊富なわが国の特色を十分に活用して「そのような可能性がある場所を避ける」ことである。

安定な地層においても、処分された高レベル放射性廃棄物が人間環境に影響を及ぼす可能性としては、長い時間の中で、廃棄物中の放射性物質が地下水中に溶け出して人間環境に近づく場合が考えられる。この可能性とそれに連なる展開は、地下水シナリオと呼ばれる。わが国の地下深部には地下水が存在するため、いかなる場所を選んだとしても、地下水シナリオの可能性は残る。このため、地下水シナリオに対する安全確保の原則は、地下水の量や動きが大きい場所を避け、多重バリアシステムによって、地下水が廃棄物に接触することを妨げ、廃棄物と接触して放射性物質を含んだ地下水が人間環境に至ることを妨げることである。

(2) わが国の地層処分コンセプト

上記の条件と安全原則及びシナリオを前提とした研究開発の結果、「安定な地質環境に性能に余裕を持たせた人工バリアを含む多重バリアシステムを構築するもの」と表現されるわが国の地層処分コンセプトが構築された。このコンセプトを、要素に分割すると以下

のようになる。

- ・地層処分場として長期的に安定であると評価できる場所と深さに、
- ・地下水の動きや性質、岩盤の圧力、温度などを幅広く想定しても長期にわたる安全確保が可能な仕組みが現有の技術と材料で設計・施工でき、
- ・この仕組みが安全確保のために十分な機能を受動的に維持することにより、
- ・制度的管理によらず人間の生活環境の安全を確保できること、
- ・さらにこれらのことが科学的な予測により明らかにできる処分方法であること

安定な地質環境については、第II部を参照されたい。

1.4.4 他の環境問題への応用

地層処分に関わる研究開発の成果には、他の廃棄物問題の解決手段としても適用可能なものが多く含まれるため、現代社会が直面している様々な廃棄物問題の解決に寄与する可能性が高い。特に、有害廃棄物の処分には、環境保全の視点から地層処分と同様に長期的な安全の確保が重要であり、放射性であるか否かを問わず『長期的な隔離』のための原則や技術には汎用性があるものと考えられる。また、地層処分を目指した取り組みは、技術論以外にも、倫理や社会、制度など多くの側面において総括的に実施されており、これらについても、他の廃棄物対策への応用が可能であると考えられる。

さらに、第2次取りまとめに集約されているように、幅広い地質環境を前提として、安定な地質環境に性能に余裕を持たせた人工バリアシステムを設置するという地層処分コンセプトを念頭に置いたわが国の研究開発のアプローチや、研究開発の成果には汎用性があり、近隣アジア諸国をはじめ諸外国における環境問題においても活用できる可能性がある。

1.5 今後のスケジュール

ここでは、以下に示す国の報告書を拠り所として今後のスケジュールの概略を追うこととする（図1-6）。

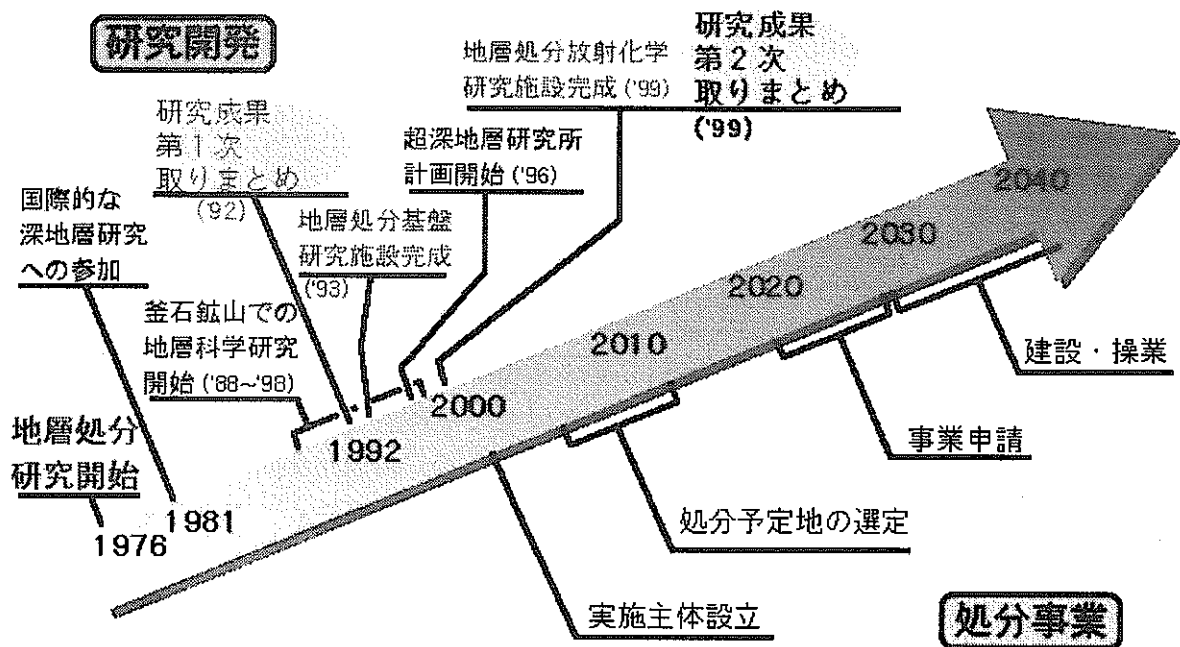


図1-6 地層処分のスケジュール

- ・「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」原子力委員会、1994年（平成6年）
- ・「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」
原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、1997年（平成9年）
- ・「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」
原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会、1998年（平成10年）
- ・「高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方」
総合エネルギー調査会原子力部会中間報告、1999年（平成11年）

1.5.1 事業化の段階

処分事業には、処分場の建設、操業、終了といった段階が含まれるが、これらに先立ち、処分地の選定から許認可に至るプロセスがあり、処分場の操業が終了した後についても、社会の選択により一定期間にわたり地層処分システムの性能を確認するためのモニタリングなどが継続される可能性がある。わが国では、2000年（平成12年）を目安に処分事業の実施

主体が設立され、地元の了承と国の確認を得つつ、候補地、予定地と段階を踏んで処分地が選定されることになる。さらに処分場の操業開始は2030年代から遅くとも2040年代の半ばまでを目途としている。

総合エネルギー調査会原子力部会では、高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方を検討する際の前提として、処分場の操業開始を2035年、坑道の閉鎖を2095年とし、その後300年間にわたり、モニタリング等の閉鎖後の措置を実施するとしている。

1.5.2 今後の研究開発

動燃事業団は1992年（平成4年）に「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—」を取りまとめ、原子力委員会に報告した。原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会はこの報告書について、わが国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされているとの評価を下すとともに、地層処分研究開発に関する「共通課題と今後の進め方」を明確に示した。参考までにその主要な部分を以下に引用する。

総合的評価

今後、さらに所要の研究開発及び調査を行うことにより、地質環境条件をより精緻に把握するとともに、技術の高度化や解析の詳細化などを図り、より信頼性の高い評価を行っていく必要があるものの、「技術報告書」においては、①人工バリアと処分施設の設計や施工等に必要な技術については、基本的には既存技術が適用できること、②多重バリアシステムの性能については、ニアフィールド（人工バリアとその近傍の地層とを併せた領域）の性能評価を中心とした包括的解析手法が整備されたこと、③変動幅を考慮しつつ例示的に想定した地質環境条件について解析した結果、人工バリア及び処分施設を地質環境条件に対応して適切に設計し施工すれば、多重バリアシステムの性能を長期的に保持し得ることが示されており、我が国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされている。

以上を総合的に評価すると、「技術報告書」に示された地層処分の研究開発は、「重点項目とその進め方」（平成元年に放射性廃棄物対策専門部会がとりまとめた報告書）に沿って適切かつ着実に進められており、また、地層処分の安全確保に関し、多重バリアシステムの有効性を示唆する知見が得られ、あわせて具体的な技術的方法が明確になってきていることを考慮すれば、現段階にあっては、概ね妥当なものと結論できる。

出典：原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会(1993)：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について（平成5年）

共通課題と今後の進め方

今後の研究を進めるにあたっては、「技術報告書」に示されているこれまでの成果をより一層深める必要があることから、地質環境をより精緻に把握し、技術の高度化を図り、さらに解析手法の精度向上を図る等、各研究領域において、より信頼性の高い成果が得られるよう配慮することが肝要である。そのためには、研究施設・設備の充実、人材の育成等を進めていくことが重要である。特に深地層の研究施設は、地質環境条件の調査研究、処分技術の研究開発、性能評価研究の共通的な基盤となる施設として必要であるとともに、我が国における地質学、水文学、地球化学、岩盤工学等の学術的研究にも寄与する深地層に係る総合的な研究の場として有用である。

動燃事業団においては、我が国の地質環境に適合する地層処分技術の確立を図るための研究開発が進められているが、この研究開発は長期にわたるものであるため2000年までに予定されている動燃事業団による第二次取りまとめ、国によるその評価等を通じ、研究開発の進捗状況を見極め、研究方策をさらに評価検討することが必要である。なお今後とも、研究開発を総合的かつ効果的に推進するためには、中核推進機関である動燃事業団を中心に、日本原子力研究所、地質調査所等の国立研究機関、大学の協力、関連する民間の技術力の活用及び国際協力の効率的推進を図っていく必要がある。

出典：原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会(1993)：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について（平成5年）

2000年以降の地層処分研究開発については、第2次取りまとめに対する国の評価（提出後約1年を要するとされている）の結果と併せて新たな指針が示されるものと考えられる。サイクル機構では、国の基本方針として2000年（平成12年）を目安に処分事業の実施主体の設立が予定されていること、第2次取りまとめに処分予定地の選定と安全基準の策定に関する技術的拠り所となる情報が含まれていることなどから、2000年（平成12年）以降の研究開発については、処分事業の安全かつ円滑な推進に資する現実的で実用的な技術と情報を整えていくことが、研究開発を分担する者の役割であると認識している。

そのような技術の例としては、任意の地質環境を対象に、地層処分の場としての適性を的確に評価するための要素技術の組み合わせや調査手順、任意の地質環境に適した処分施設の設計施工技術、ならびに任意の地質環境を対象に、地層処分システムの長期にわたる安全を科学的に予測するための方法などの信頼性が一層高められること、さらに、これらの成果を広く社会に普及を図っていくための情報伝達手段の整備などが考えられる。また、欧米諸国では、今後、処分予定地の選定やサイト特性調査の段階に進む国が多くなること、近隣アジア諸国でも、今後地層処分に向けた動きが本格化することなどが予測される。このため、それらの国々との研究交流を活発にし国際的な役割を果たしていくことも重要である。

1.6 地層処分の実施体制

1.6.1 諸外国の例

諸外国の例をみると、処分事業の実施主体、安全規制当局、監督機関などが役割を分担しているという状況が一般的である。このうち、実施主体については電気事業者を中核としている例と公的な機関が主導している例があり、いずれの例においても研究開発の中核を兼ねている場合が多い。安全規制当局については公的機関がこれにあたる例が一般的であり、環境保全全般を担う機関と原子力関連の規制を担当する機関がそれぞれの立場から規制を行っている例もある。ここでいう監督機関は、事業の許認可権限をもつ安全規制当局とは別の機関であり、以下に述べる米国の例のように、地層処分計画全般について政府や議会对して、中立的な立場から検討し、助言を行う機関を意味する。

米国では、国のエネルギー政策を担うエネルギー省（DOE）の民生部門が実施主体とされており、地層処分の研究開発についても同省が傘下の国立研究機関などにおいて進めている。一方、環境保護庁（EPA）と原子力規制委員会（NRC）が、それぞれの安全基準を定量的かつ詳細に定め、地層処分の安全規制に関する責任を分担している。また、これらとは別に中立的な立場から、エネルギー省長官および合衆国議会に対し、地層処分計画の進捗状況を客観的に評価し、問題点を指摘し、その解決手段を提言するため、大統領から直接任命される学識経験者から構成される放射性廃棄物技術評価委員会（NWTRB）などの評価機関が存在する。さらに特定の事項に関する評価を行うために全米科学アカデミー（NAS）などの第三者機関が活動する場合もある。

スウェーデンにおいては電気事業者によって設立されたスウェーデン核燃料廃棄物管理会社（SKB）が実施主体とされており、地層処分の研究開発及び実証についてもSKBが担当している。一方、安全規制と放射線防護は、スウェーデン原子力発電検査局（SKI）とスウェーデン放射線防護研究所（SSI）が分担している。スウェーデンの地層処分計画に関する体制の特徴の一つとして、地層処分の安全評価などの実施に関し、SKIがSKBと同等な実務能力を持つ点をあげることができる。

1.6.2 わが国の実施体制

わが国における地層処分の研究開発は、原子力委員会の指針に沿って、サイクル機構が中核となり関係機関の協力を得て進められてきている。研究開発の成果は、サイクル機構が適切な時期に取りまとめて国に報告し、国は、その内容を評価するとともに、引き続き取り組むべき技術的な課題を示し、研究開発全体としての方向性を明らかにしてきており、第2次取りまとめについても、提出後約1年間をかけて国による評価と、その後の研究開発の指針が示されることになる。

諸外国と比べると、わが国における地層処分の実施体制の整備は遅れており、処分懇談会もその報告書（平成10年）の中で「廃棄物処分問題に対するわが国の取組みはすでに具体的な施策が開始されている諸外国に比べて10年ないし20年余り遅れていると言わざるを得ない」という認識を示している。目下、総合エネルギー調査会原子力部会において、高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方についての検討が進められている。

ここでは、総合エネルギー調査会原子力部会中間報告（平成11年3月）を引用して、今後の地層処分の実施に関する体制の考え方を紹介する。この報告書は、高レベル放射性廃棄物処分事業に求められる要件として以下の3項目を示している。

- ① 長期にわたる事業の安定的な遂行（長期安定性）
- ② 長期にわたる安全性の確保（長期安全性）
- ③ 国民及び地元からの信頼性の確保（社会的信頼性）

出典：総合エネルギー調査会原子力部会(1999)：中間報告 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（平成11年）

報告書は次に「役割及び責任の分担と協力体制」として以下の考え方を示している。

(1) 国の責任と役割

長期安定性及び長期安全性を確保するため、国は事業の時間的推移に従って以下のよう
な制度を措置すべきである。

- ① 基本計画の策定
- ② 資金確保制度の制定
- ③ 技術的能力、経理的基礎等、実施主体の要件を法的に担保
- ④ 実施主体の事業計画の承認
- ⑤ 安全規制等に関する技術開発
- ⑥ 安全審査・設置許可
- ⑦ 安全管理監督
- ⑧ 地下利用制限等その他規制
- ⑨ 事業終了後の安全責任の継承
- ⑩ 不測の事態における制度的対応
- ⑪ 記録の保持

上記の制度的担保に併せて、事業推進全体を通じて、社会的信頼性の確保のために
国は、以下のような役割を果たすべきである。

- ① 政策的位置づけの明確化
- ② 国が前面に立った政策の説明及び情報提供
- ③ 地域との共生策（財政的支援等）
- ④ 事業推進に係る立地自治体との緊密な連絡調整

以上の国が果たすべき役割の中において、特に、地域共生策については、実施主体及び電気事業者と十分な連係をとって、国が適切な支援措置を講じていくことが極めて重要である。地域共生策は、施策が広範な分野にわたることから、政府一体となった対応が求められる。

また、処分施設閉鎖後における安全確保については、国は、モニタリング等の実施主体による措置を経て安全に処分が行われていることを最終的に確認し、当該施設に係る事業終了後の安全責任を継承することが適当である。この事業終了後の安全責任の継承に加え、不測の事態における制度的対応について国の責任を明確化することは、立地地域の住民を始めとして国民の処分事業に対する信頼と安心を得ていく上でも、極めて重要である。

出典：総合エネルギー調査会原子力部会(1999)：中間報告 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（平成11年）

(2) 実施主体の責任と役割

実施主体は、国が法的に進める制度の下で、あらかじめ手当てされた事業資金を計画的かつ合理的に支弁し、事業を確実かつ安全に遂行する責務を有する。また、本事業を進める法人として設立される実施主体は、社会的信頼性を確保する上で最も重要な役割を担っているといっても過言ではないため、所要の制度の下で設立以後、事業推進全体を通じて、情報公開、透明性確保等に十分配慮し、国民及び地元から信頼される組織となることに自ら努めることが極めて重要である。特に、地域との共生においては、実施主体が地域社会の一員として認知され安定的な信頼関係を築くとともに、地域経済への貢献にも配慮しつつ事業を進めることが肝要である。

出典：総合エネルギー調査会原子力部会(1999)：中間報告 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（平成11年）

(3) 電気事業者の責任と役割

電気事業者は、事業活動に伴って生じた高レベル放射性廃棄物が、処分施設の立地、建設、輸送、操業等を通じて安全に処分されるまで、廃棄物の発生者としての基本的な責任を有する。

処分費用を確保するに当たっては、国が法的に定める資金確保制度の下で、原子力発電の費用として確実に手当てすべきである。

実施主体の設立に際しては、国が法的に定める制度の下で、電気事業者が中心となり、備えるべき要件を考慮しつつ、適切な人材の確保、組織の形成等を進めることが適当である。

また、実施主体設立後も、実施主体への人的・技術的支援、安全確保面での協力等を通じて、実施主体の事業を適切に支えていくことが重要である。特に、電気事業者は、地域との共生について豊富な経験を有しており、実施主体と一体となって真の地域共生の実現に向けて取り組むことが求められる。

出典：総合エネルギー調査会原子力部会(1999)：中間報告 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（平成11年）

地層処分に必要な費用の試算については第II部を参照されたい。

1.6.3 国民の参加

地層処分が専門家による研究開発を中心とする段階から、事業の段階に進もうとする時期になると、社会一般の人々の参加が、地層処分に関する意思決定において、ますます重要になるという認識が国際的にも共有されている。OECD/NEAが取りまとめた報告書『長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的及び倫理的基盤(OECD/NEA, 1995)』は、国際的な集約意見として社会一般の人々の参加が不可欠とし、地層処分の環境的及び倫理的側面における問題を解決するための有力な手段として次のように記述し、人々の参加を提案している。

地層処分につ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体现できる代表者、及び地層処分に関心を持つ様々な団体の代表者が参加する。公開で行われる議論では、倫理や社会に関する事柄への適切な配慮が必ず求められると考えられることか

ら、広い範囲にわたる地層処分の関係者が必要とされる。全ての国の計画は、このような手順の必要性を認識し、特に処分地の選定による影響を受ける地域の人々の意見を十分に聴き、これらの人々が地層処分に係わる意志決定に関与することが重要である。

出典：OECD/NEA(1995):The Management of Long-lived Radioactive Waste,
The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal
A Collective Opinion of the NEA Radioactive Waste Management
Committee

わが国においても、地層処分を実現していくための方策の一つとして、国民各層の間で広範な議論が行われ、合意が形成されることの必要性が下記のように認識されている。

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。(中略)

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』を確保することも必要である。(中略)

しかし、世代間および地域間の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べきかについては、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。

出典：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

なお、処分地選定のプロセスにおける住民の参加については次章に述べる。

1.7 処分地の選定

1.7.1 諸外国の現状

これまでの経緯を振り返れば、1950年代の米国の例にみられるように、岩塩層という特定の地層を前提として地層処分を考える時期もあったが、その後、長期にわたる地層処分の安全を地層にのみ求めるのではなく、工学的な措置と地層を組み合わせた多重バリアシステムに委ねるという考え方により、幅広い地層を念頭に置くことが可能となった。現在、世界各国において数種類の地層が地層処分の対象とされている。

諸外国の現状をみると、米国のように、処分予定地が選定され、その場において地下の施設による地層の適性の確認や技術の実証が進んでいる国、スウェーデンのように、早くから地層の種類が特定され処分地の選定段階にある国、あるいはカナダのように、地層の種類がすでに特定されているが処分予定地選定の段階には至っていない国、フランスやスイスのように、複数の地層が研究開発の対象とされている国などがある。

1.7.2 処分地の条件

(1) 地層処分における地層の役割

多重バリアシステムを基本とする地層処分コンセプトにおいて、地層は以下の3つの役割を果たす。

- ・第1の役割は廃棄物と人間の生活環境との距離を保つこと
- ・第2の役割は人工的なバリアの性能が発揮されるような環境を維持すること
- ・第3の役割は天然のバリアとして地下水による核種の移行を妨げること

処分地の選定に関する技術的な視点に立てば、第1の役割については選定の過程において、地質環境の安定性を阻害する要因の存在する場所を避けること、第2、第3の役割については地下深部の地下水の量が少なく、動きが遅く、化学的には還元的な雰囲気にあることなどを確認することが重要となる。

(2) 処分施設の広さ

地層処分場は地表の施設と地下の施設からなる。これらのうち、地表の施設は、廃棄物の受け入れ、処分のための容器への封入や、最終的な確認などを行うとともに、廃棄物の地下への搬入、地下施設における作業の安全を保障するインフラの提供などがその主たる役割である。地下の施設は、廃棄物が実際に定置される坑道群からなる。その建設の開始から操業の終了までは地表の施設と坑道により連結されるが、最終的には操業時に用いられた地表との連絡坑道は閉鎖されるというのが基本的な考え方である。地下施設の広がり

を決定する基本的な要素は、廃棄物の側では、その量と発熱量であり、地層の側では関連する地質環境条件であるといえる。ここでいう地質環境条件の一例としては、廃棄物の埋設間隔の決定条件となる処分坑道周辺岩盤の熱的な性質をあげることができる。参考までに、このことについて検討した動燃事業団の第1次取りまとめによると、廃棄物を埋設する地下施設の広さは、岩盤の種類、埋設する深さ、定置方式（廃棄物を縦にするか横にするか）等によって異なるが、処分される廃棄物を4万本とすれば全体として約3.2～4平方キロメートル、7万本とすれば全体として約5.6～7平方キロメートルとなる。

(3) 処分施設の深さ

高レベル放射性廃棄物を埋設する深度の決定も技術的な検討を要する課題である。このことについても、その場所の地質環境条件を考慮して決定されることになる。廃棄物を人間やその生活環境から遠ざけるという観点では、深いほどよいとも思われるが、専門家の間では、処分地が決まれば、地下数百から千メートル程度までの間で適切な深さが設定できると考えられている。その背景には、浅すぎる場合、場所によっては地表からの外因（天然事象や人間の活動）による影響を受ける可能性が懸念されること、深すぎる場合、場所によっては温度や圧力が地層処分システムの設計や施工に影響する可能性が懸念されること、及び地質環境に関する地表からの調査が項目によっては難しくなることなどがある。

1.7.3 わが国における処分地の選定

わが国は変動帯に位置していることから、安定大陸にある諸国と対比して、地震・断層活動、火山・火成活動などが活発である。これら局地的で地層処分システムへの影響が比較的急激であると考えられる事象については、活動と影響の範囲が限定されることから、原則的にはこれらを避けることができると考えられる。

他方、隆起・沈降など、広域的で地層処分システムへの影響が比較的緩慢であると考えられる事象については、その規則性が科学的に類推できることから、任意の場所について長期にわたりこれらの影響や範囲を推定することができる。処分地の選定に関する項目としては、これらの天然事象の他、将来における人間活動が想定される。これについても、資源の存在などその動機となるものが存在しない場所であることが重要であり、このことについても現有の技術と情報で対応が可能であるといえる。

処分懇談会は、わが国における処分地選定プロセスと留意点について以下のように示している。

処分地選定に関する制度を整備するうえで、(1)に示す選定プロセスが一案として考えられるが、それぞれの段階で留意すべきおもな点を(2)～(5)に示した。

(1) 処分地選定プロセス

① 処分候補地の選定

実施主体は、処分予定地選定に必要な予備的調査を行うため、処分候補地を選定する。このため、個別の処分候補地選定プロセスに入る前に、あらかじめ処分事業の全体構想、処分地の立地および処分施設にかかる安全確保の基本的考え方、実施主体と国の地域共生方策などを作成し公表しておく。実施主体は、これに基づいて地元から誘致のあった地点の中から処分候補地を選定する（公募方式）とともに、処分候補地として適切であると判断する地点について地元に応し入れること（申入方式）も考えておく必要がある。

② 処分予定地の選定

実施主体は、処分候補地が選定された後これについて予備的調査を行い、この結果に基づいて適切と判断した場合には、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。

③ 処分地の選定

実施主体は、サイト特性調査の結果に基づき、適切と判断すれば処分地として選定する。処分地の選定後、実施主体は処分場の設計を行うとともに処分に係る事業申請を国に行い、国の安全審査が始まることとなる。

(2) 国の確認と第三者による検討

国は、選定の各段階において、事業計画や選定過程の妥当性などについて、技術的観点および社会的・経済的観点から確認する。そのさい、公正な第三者によるレビューの仕組みを考えておく必要がある。

(3) 関係自治体や関係住民の意見の聴取と反映

選定の各段階において地元の意見を反映するため、関係自治体および関係住民の意見を聞く機会を設けることとする。また、実施主体や関係住民など当事者が参加して検討する場を設けることが重要である。

(4) 安全確保の基本的考え方の明示

国は、あらかじめ処分地の立地および処分施設について安全確保の基本的考え方を作成し、これを明らかにしておくことが必要である。その作成にあたっては外部の意見や評価を反映する必要がある。

(5) 情報の開示

地元が、誘致について検討し、また実施主体からの申し入れへの対応を検討するにあたっては、検討材料として十分な情報が必要であり専門的な知識が必要になることも考えられる。このため自治体や住民に、処分事業でいつ何が行われるのかという事業の全体構想、安全確保の基本的考え方、実施主体および国の地域共生方策などについて十分な情報を的確に伝えることができるような体制を整備することが重要である。

出展：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）

処分地選定プロセスについては第II部を参照されたい。

第Ⅱ部

高レベル放射性廃棄物 対策に特有の課題

第II部 高レベル放射性廃棄物対策に特有の課題

- 2.1 放射線の影響～高レベル放射性廃棄物の潜在的な危険性とは
- 2.2 地層処分システムの性能に関する長期予測～地層処分は遠い将来にわたって安全といえるのか
- 2.3 安定な地質環境～わが国において大地震の影響は避けられるのか
- 2.4 処分場の管理・廃棄物の再取り出し～地層処分に人間の監視は不要なのか
- 2.5 核種分離・消滅処理～高度な技術による解決策はあるのか
- 2.6 処分地の選定過程～処分場はどのようにして決まるのか
- 2.7 地層処分に必要な費用～電気料金による負担はいくらになるのか

2.1 放射線の影響～高レベル放射性廃棄物の潜在的な危険性とは

放射線には、アルファ線、ベータ線、中性子線、宇宙線のような粒子線と、エックス線、ガンマ線のような電磁波放射線がある。地球が誕生して以来、放射線は宇宙から地表に降り注ぐとともに、大地からも、あるいは食品からも放出されてきた。住んでいる場所や職業などによる差はあるが、人は誰もがこの自然放射線を受けており、そのことはこれまでに生きた人にも今後生きる人にも共通している。

放射線の影響を定量的に表す単位・ミリシーベルトは、放射線の人体への影響の程度を示すもので、放射線を受けた量（吸収線量）に生物学的効果比（人体への影響の場合は20）を乗じた値で表される。われわれは1人当たり年間で平均1.1ミリシーベルト、空気中のラドンの影響を考慮すると2.4ミリシーベルトの自然放射線を浴びている。また、胃のエックス線検診では1回に約0.6ミリシーベルト、東京～ニューヨークの往復の航空機による旅行では0.19ミリシーベルトの放射線を浴びることになる（図2-1）。

同じ量の放射線を受けても障害が発生する場合としない場合とがあり、放射線量に比例して発生確率が高くなるものの症状の程度は変わらない「確率的影響」（がんや遺伝的な影響など）と、ある値以上の放射線を受けると必ず障害が発生するの「確定的影響」（脱毛や放射線やけどなど）とがある。国際放射線防護委員会（ICRP）は、「経済的および社会的な考慮を計算に入れた上、合理的に達成し得る限りできる限り低く保つこと（as low as reasonably achievable：ALARA）」を放射線防護の基本的な考え方としている。そして、「確定的影響を防止し、確率的影響の発生確率を容認できるレベルまで制限する」として職業人および公衆に対する線量限度を勧告している（ICRP, 1990）。

大量の放射線を受けたときの急性障害などの確定的影響については、線量限度を設定して防護することになっているが、確率的影響はバクテリアなどの動植物に関して得られたデータであるものの、低線量の放射線に対する人間への影響は線量限度がないものと仮定し、安全側に立った防護を考えている。

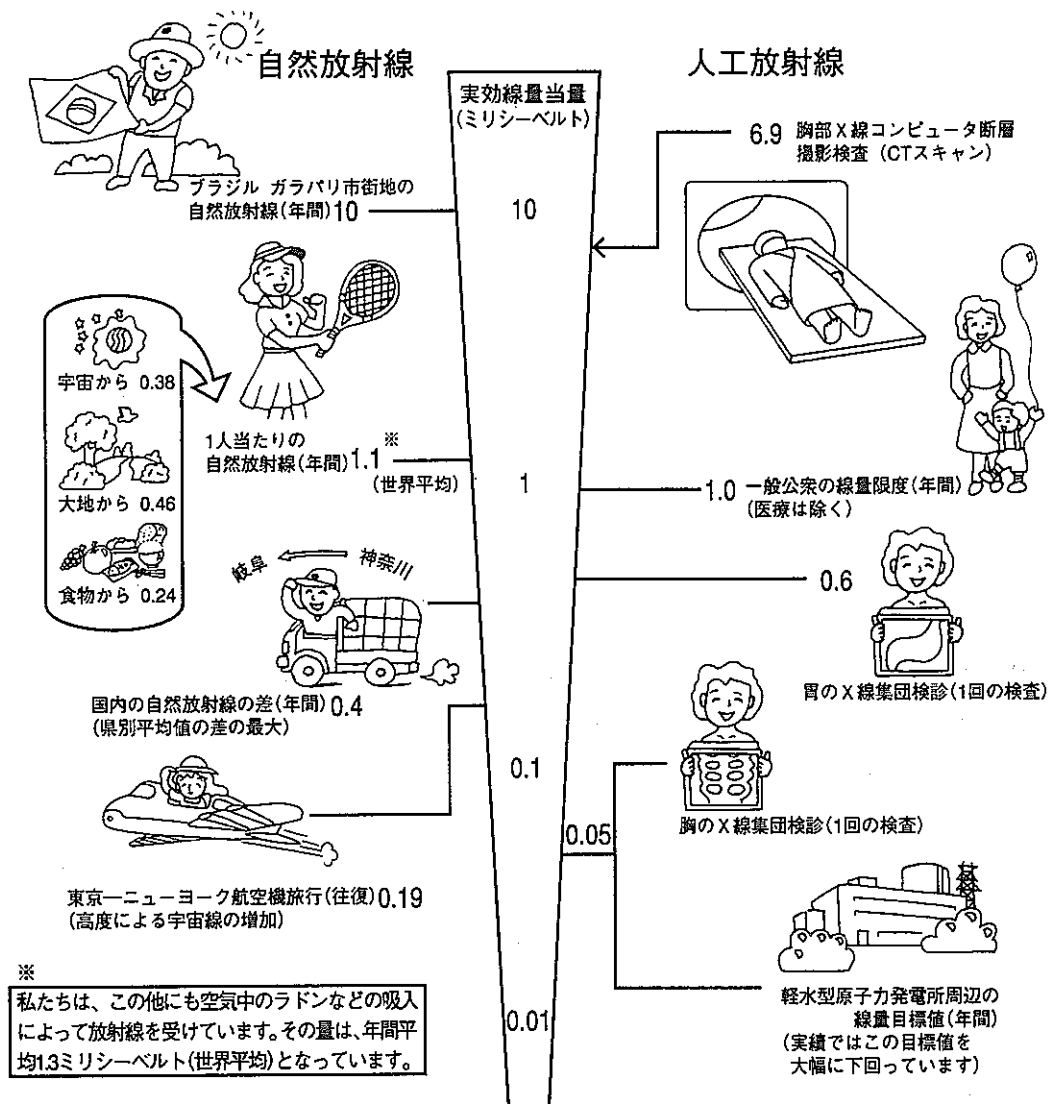


図2-1 日常生活と放射線 (通商産業省資源エネルギー庁「原子力発電'99」より)

2.2 地層処分システムの性能に関する長期予測

～地層処分は遠い将来にわたって安全といえるのか

地層処分の安全性を考える場合、処分場の選定や処分施設の施工から操業終了までの数十年から百年程度の時間のスケールと、処分場の操業が終了した後、高レベル放射性廃棄物の放射能が生活環境に影響を及ぼさない程度に減衰するまでの極めて長い時間のスケールとが考えられる。前者については、これまでに社会的にも技術的にもある程度の経験や実績があるが、後者の時間スケールは、これまでの社会におけるさまざまな事業において考慮されたことのない数千年、数万年という長い期間であり、日常における時間の感覚の枠を超えている。地層処分に関する懸念の多くは地層処分に特有なこの長い時間のスケールに関連しており、この時間スケールにおける安全性を研究開発によってどのように確かめ、その結果をどのように社会に伝えていくかが重要である。

現在わたしたちの身の回りには、比較的短期的なものではあるが、気象や景気などの変動の予測が行われている。これらの予測は、将来における現象そのものの発生場所や時間、規模などを直接言い当てようというものであるが、地層処分における予測は、これらの予測とは異なり、地層処分の安全性を検討するうえでの判断材料を提供するために行うものである。予測に用いるデータや理論の信頼性は、専門家による十分な議論を経ることによって保証される。

高レベル放射性廃棄物の地層処分の実施にともなう長期にわたる安全性を評価するために、最新の計算機科学を基盤とした予測解析を行い、その結果を、別途策定される安全基準と対比することにより安全評価が実施されることになる。第2次取りまとめでは、処分場から放射性核種が地下水によって生活環境に運ばれる可能性について、考えられる様々な条件を想定した予測解析を行い、いずれの条件においても人間に対する被ばく線量は各国で提案されている安全基準の値を下回ることを示した。

なお、地層処分にともなう放射線による危険性については、日常生活におけるその他の危険性と比較した研究事例がある（表2-1）。この事例では、危険性を表す指標として「寿命短縮日数」が用いられている。例えば、40歳の平均余命が37.3年（平均寿命77.3歳）であるとき、ただちに死に至る確率が1%の危険性による「寿命短縮日数」は、 $1\%(0.01) \times 37.3(\text{年}) = 0.373\text{年}$ （約136日）となる。これは、同年代の人1,000人中、この危険性によって恐らく10人が寿命が37.3年縮まる（ただちに死に至る）であろうが、1,000人の平均としてみれば寿命の短縮は0.373年であるとするものである（B.L.Cohen, 1994）。

表2-1 さまざまな危険性の比較

(「リスクの対比 (Cohen 他,1979)」,
「私はなぜ原子力を選択するか (Cohen,1994)」ほかより)

行 為	寿命短縮日数
独身 (男性)	3,500
喫煙 (男性)	2,250
心臓病	2,100
独身 (女性)	1,600
30%肥満	1,300
ガン	980
脳卒中	520
飲酒	230
自動車事故	207
肺炎／インフルエンザ	141
自殺	95
殺人	90
大気汚染	80
エイズ	70
火事／火傷	27
自然放射能	8
航空機墜落	1
原子力産業	0.02
地層処分	0.007
屋内煙検知器	-10
エアバッグ	-50

地層処分に対する危険性は以下と同程度

- ・ 肥満の人がパンを一切れ余計に食べるリスク
- ・ タバコを1本余計に吸うリスク
- ・ 3年間に歩行者が1度余計に道を横切ったことに対するリスク
- ・ 1年間に0.2マイル車を余計に運転したことに対するリスク

2.3 安定な地質環境～わが国において大地震の影響は避けられるのか

日本列島は、世界の変動帯の中で最も詳細かつ総合的にその形成の過程が解明されている場所のひとつである。1970年代のプレートテクトニクス理論や、最近のプレートテクトニクスの考え方などによる新しい地球ダイナミクスに特徴づけられる地球観を柱として、地層に刻まれた地球内部の情報や宇宙からの情報を、これまでの海底や惑星の探査、トモグラフィー、高温高压実験、そして年代測定法などを駆使することで解読し、最新の計算機科学の技術により結果を予測するなど、最近の地球科学分野における発展にはめざましいものがある。このような技術的な基盤に立って、約46億年に及ぶ地球の歴史の中で最も新しい地質時代である第四紀（約170万年前～現在）における天然現象の活動履歴については詳細な知見が蓄積されてきており、それらに基づいた将来に関する推定が可能となってきた。

このような考え方は、これまでのわが国の地質や天然現象に関する知見を地層処分という観点で整理するにあたり、地球科学を専門とする多くの方々の助言をいただき、サイクル機構の責任において集約したものであり、わが国をはじめ諸外国の地質学の専門家からも広く支持されているものである。

わが国における地震や火山の噴火などの突発的な天然現象については、過去数十万年間の活動についての知見に基づき、今後十万年程度の期間について活動の場が限定できるという学術的な根拠がある。このため、これらの現象の影響の程度や範囲を考慮して、処分場を断層や火山から十分に離すことにより、これらの影響を回避することが可能であると考えられる。

また、隆起・沈降や侵食など、広い地域において比較的ゆっくりと進む現象については、過去の知見をもとに将来における変動の速度や幅が推定できることから、一部の変動の著しい地域を避けた上で、個々の地域で想定される変動の規模を考慮して処分場の深度を設定するという対応をとることができると考えられる。

2.4 処分場の管理・廃棄物の再取り出し～地層処分に人間の監視は不要なのか

処分場の建設に先立つ調査、処分場の施工、操業からその終了に至るまでの期間において、地質環境および構造物の状況を常時モニタリングすることは、現在種々の構造物の建設工程等に見られるように、施工管理はもとより労働安全衛生上も必要不可欠である。一方、処分場の操業が終了した後の長期にわたる安全性の確保については、天然の地層に委ね、処分場の操業が終了した後の長期にわたる人間による監視や管理は、技術的な観点からは必要としないというのが地層処分概念である。

昨今、地層処分が事業の段階に近づく国が多くなりつつあることを反映して、国際原子力機関（IAEA）や経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）における専門家会議や、フランス・放射性廃棄物管理機関（ANDRA）主催の「処分された廃棄物の回収可能性に関するワークショップ」などにおいて、処分場の管理や廃棄物の再取り出しの可能性、処分場の可逆性に関する検討が国際的にも活発になってきた。技術的な側面については、処分場の操業終了後に行うモニタリングの項目や、その結果の評価などが論点となっている。

本件について、OECD/NEAの集約意見には以下のような記述がある。

地層処分が必ずしも将来の政策変更の可能性を完全に閉ざすような、全く不可逆的な過程としてみられるべきではないので、再取り出しはひとつの重要な倫理的な考慮である。

出典：OECD/NEA(1995)：The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal, A Collective Opinion of the NEA

技術的な観点からは、将来再取り出しが行われる可能性を残すことに関して、不測の事態に備えるというよりは、廃棄物の再利用や技術の進展にともなう対策の変更などに対応することが考えられており、国際的にも、地層処分の安全性は人間による監視や管理に委ねられるものではなく、一定期間における地層処分システムの安全性の確認、および廃棄物の回収可能性の保証あるいは処分の可逆性の維持を社会が選択する場合、それらが地層処分システムの安全性に影響しないことを条件として、そのような可能性を技術的に否定するものではないという認識が共有されている。

その期間をどのように決めるかについては各国で様々な議論があるが、米国の例では、処分場をすぐに閉鎖せずに、処分場が所期の性能を発揮していることを確認するための期間を操業終了後、50年間とすることとしている（10CFR63（NRC, 1998））。

2.5 核種分離・消滅処理～高度な技術による解決策はあるのか

高レベル放射性廃棄物の特徴は、放射能のレベルが高く、長期間にわたって放射能が残存するということである。現代の科学の進歩を考えたとき、高度な技術力によってこの放射能を低減したり、あるいは有効利用することはできないのだろうかと考えることは自然な発想と思われる。

核種分離・消滅処理は、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性物質を、それぞれの半減期や利用目的によって化学的に分離するとともに、長半減期核種を短半減期核種または安定な核種に変換しようというものである。わが国では、日本原子力研究所、サイクル機構、(財)電力中央研究所および大学等の研究機関で研究が行われている。

国際的には、OECD/NEAや米国(DOE, NAS)、フランス等で同技術についての研究事例や評価事例がある。わが国では、これまで国の指針(群分離・消滅処理技術研究開発長期計画(原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会, 1988))に沿って研究開発が行われてきた。現在、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会において、同技術の上記長期計画に対する進捗の程度を評価するとともに、それを踏まえた実用化や研究開発の進め方についての検討が行われている。

どのような核種をどの程度分離・変換できるかにもよるが、核種分離・消滅処理技術が実用化できれば、①安全上考慮しなければならない期間の短縮、②処分施設の設計の合理化、などにつながる可能性がある。しかし、高レベル放射性廃棄物中の放射能を全て消滅させることはできないため、処分の必要性にかかわるものではない。現在までの研究開発の状況から、実用化までには多くの課題を解決する必要がある、なお長期の研究開発期間を要すると考えられるものの、それらの研究開発が、加速器やレーザー等の技術をもって他の分野の進展に寄与する可能性なども将来期待される分野である。

一方で、核種分離・消滅処理にともなって発生する二次放射性廃棄物を含め、総合的な環境安全評価を考慮する必要がある、そのためには、核種分離・消滅処理によって発生する廃棄物の量や種類、形態などを予測しておくべきであるとする考え方がある。

2.6 処分地の選定過程～処分場はどのようにして決まるのか

処分場は、2000年を目安に設立される処分事業の実施主体により、処分候補地～処分予定地～処分地という段階を踏んで選定されていくこととされている（原子力委員会、1994）。

原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書（1998年）には、処分候補地を選定するに当たってプロセスの一案（図2-2）が示されている。

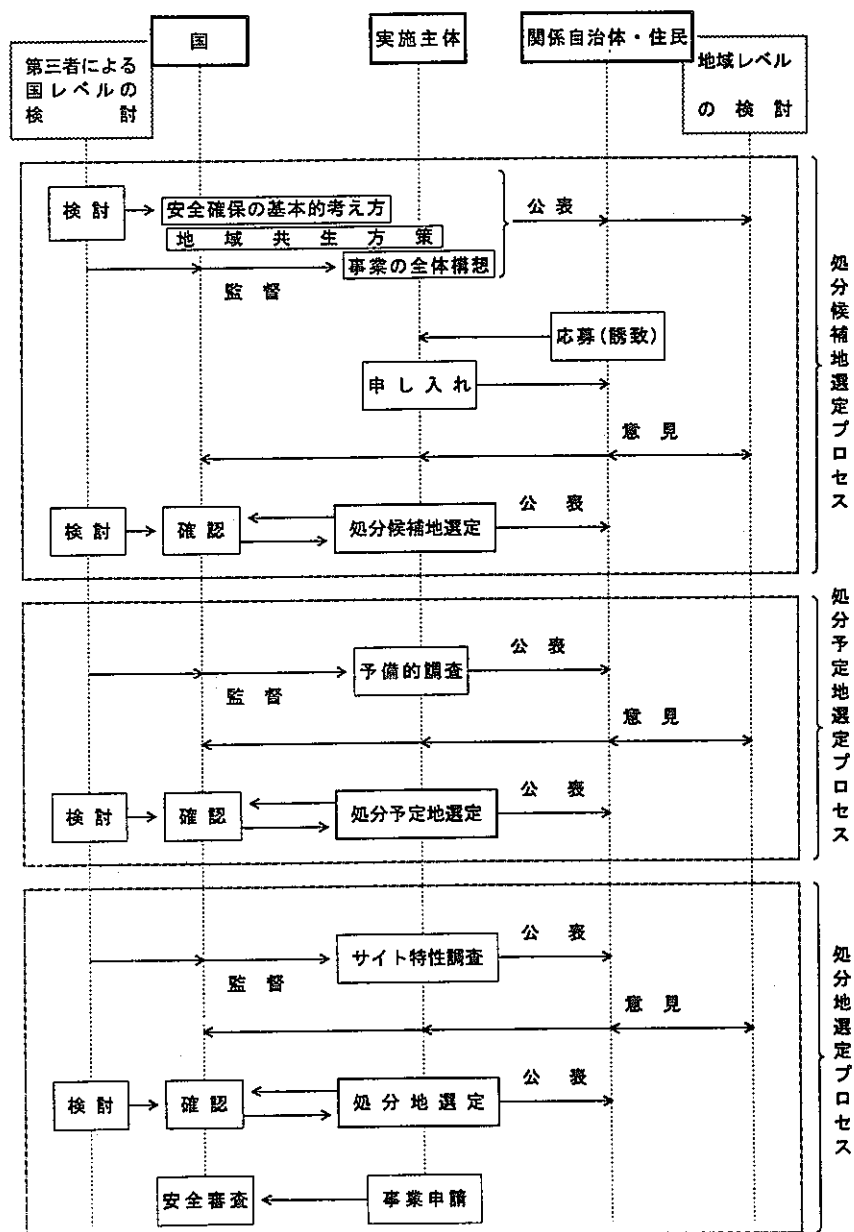


図2-2 処分候補地選定プロセスの一案

（高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書より抜粋）

2.7 地層処分に必要な費用～電気料金による負担はいくらになるのか

地層処分に必要な費用についての試算の一例として、総合エネルギー調査会原子力部会中間報告（1999年）の概要を以下に紹介する。

(1) 積算の方法

次項（2）のような前提及び、高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書（1998年）に示された地層処分の基本的考え方、サイクル機構における研究開発成果等に基づき、人件費、材料費、機械経費などの直接費、及び現場管理費、一般管理費などの間接費を積算。

(2) 試算ケースの設定（表2-2）

現在までの知見に基づいた合理的な選択の範囲で比較評価することとし、代表的な11のケースを設定。

① 岩種・支保

日本列島の地質の分布状況等を勘案し、堆積岩に処分する場合（空洞の安定性を確保するための支保を設置する場合が多い）と花崗岩に処分する場合（基本的に支保は不要）の2ケース。

② 深度・地下施設へのアクセス方式

花崗岩においては、地下の化学的環境等を適正に保つため、堆積岩に比べて深い深度に処分。地下施設へのアクセス方式も、処分地の地質環境によって、斜坑、立坑またはその組み合わせを選択。

③ 人工バリアの仕様

緩衝材の厚さ及び形状、オーバーパックスの材質及び厚さをパラメータとした。

④ サイト選定プロセス

サイト選定プロセスの各段階において必要な費用の支出の対象となる地点数を、以下のように設定。（i）及び（ii）について、2ケースを設定。

（i）初期段階の立地活動等の対象となる立地調査地点

（ii）予備的な地質調査等の対象となる立地候補地点

（iii）設計・建設に向けたサイト特性調査等の対象となる建設予定地点

(3) 試算結果

試算値は、約2.7～3.1兆円（表2-3）。

各試算ケースの前提とした条件は

- ① 主に研究開発の進展により、技術的に一層の最適化が可能な条件（支保形式、オーバーパックの材質等）
- ② 地質環境等、主に具体的な処分地の物理的状況により確定する条件（岩種、処分深度等）

の2種類に分類することが可能。

処分費用の変動は、①によるものが最大約11%、②によるものが最大約6%であることから、①については今後の研究開発の進捗状況等を踏まえ適宜処分費用の見積もりへの反映を検討することが適当であり、②については、代表的なケースの平均値を資金確保制度の基本となる合理的見積もりとすることが適当。

(4) 処分単価の試算

試算結果から、原子力発電電力量1 kWhあたりの処分単価を割引率0～4%の範囲で試算した結果は以下の通りである。

割引率を考慮しない場合：26～30銭/kWh

割引率2%の場合：12～14銭/kWh

割引率3%の場合：9～11銭/kWh

割引率4%の場合：7～9銭/kWh

試算にあたっては、処分事業が長期にわたり、費用は将来発生するものであることから、適切な割引率を用いて、将来の価値を現在価値に割り引くことが適切である。

なお、資金手当開始時点以前に発電した電力量に係る処分費用について、資金手当で開始から10年間で手当てするとした場合には、処分単価は上記の値の概ね2倍程度と試算される。

(5) 合理的見積もりと資金手当の開始時期

処分費用の手当ては早急に開始されるべきであり、遅くとも実施主体の設立時まで、合理的見積もりに基づき手当てを開始することが適当である。

サイクル機構の「第2次取りまとめ」には、設計仕様の最適化に関する技術的事項が含まれていることを踏まえて、これが取りまとめられた時点で処分費用への反映を検討し、合理的見積りを確定した上で手当てを開始すべきである。

なお、資金手当開始時点以前に発電した電力量に係る処分費用についても、手当て開始後適切な期間において手当てを行うことが適当である。

表2-2 試算ケースの設定条件

試算ケースの設定条件											
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-6	Case-7	Case-8	Case-9	Case-10	Case-11
岩 種	軟岩系(堆積岩)						硬岩系(花崗岩)			軟岩系(堆積岩)	硬岩系(花崗岩)
深 度	500m						1000m		1100m	500m	1000m
人 工	コンクリート製セグメント						支保なし			コンクリート製セグメント	支保なし
バ リ	40cm	70cm	40cm				70cm	40cm	70cm	40cm	
ア	ブロック型			一体型		ブロック型			一体型		
オーバーバック材質	単一(炭素鋼)			複合(炭素鋼+チタン合金)		単一(炭素鋼)					
オーバーバック厚さ	18cm	19cm	18cm	7cm	18cm		19cm	18cm	19cm	18cm	
地下施設へのアクセス方式	斜坑及び立坑		すべて立坑		斜坑及び立坑					すべて立坑	斜坑及び立坑
サイト選定プロセス	(Ⅰ)5地点-(Ⅱ)2地点-(Ⅲ)1地点					(Ⅰ)10地点-(Ⅱ)5地点-(Ⅲ)1地点	(Ⅰ)5地点-(Ⅱ)2地点-(Ⅲ)1地点			(Ⅰ)10地点-(Ⅱ)5地点-(Ⅲ)1地点	(Ⅰ)5地点-(Ⅱ)2地点-(Ⅲ)1地点

表2-3 処分費用試算結果

処分費用試算結果 (単位:億円)											
	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Case-6	Case-7	Case-8	Case-9	Case-10	Case-11
技術開発費	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137	1,137
調査費及び用地取得費	1,751	1,959	1,751	1,751	1,751	2,203	2,018	1,830	1,842	2,403	1,830
設計及び建設費	9,517	11,086	9,526	9,463	9,422	9,548	9,285	8,785	9,001	11,126	8,690
地上施設	287	328	285	287	286	288	254	238	238	328	237
地下施設	5,349	6,804	5,316	5,277	5,349	5,350	2,519	2,039	2,049	6,773	2,039
地上設備	2,497	2,497	2,544	2,515	2,471	2,518	3,043	3,043	3,045	2,565	3,017
地下設備	977	1,050	974	977	908	979	3,062	3,058	3,262	1,048	2,989
その他	407	407	407	407	407	413	407	407	407	413	407
操業費	7,419	8,131	7,454	7,964	7,365	7,419	8,800	8,434	8,527	8,165	8,338
解体及び閉鎖費	837	872	833	839	836	837	874	852	868	869	854
モニタリング費	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258	1,258
70年外管理費	5,558	6,171	5,548	5,559	5,548	5,712	5,475	4,845	4,839	6,315	4,842
合 計	27,476	30,614	27,506	27,970	27,317	28,114	28,846	27,141	27,469	31,273	26,949

(表2-2, 3ともに、総合エネルギー調査会原子力部会中間報告より抜粋)

付 録

1. 関連ホームページ一覧
2. 参考文献
3. 用語の解説
4. 地層処分研究開発等参加機関

国内サイト

http://www.jnc.go.jp/	核燃料サイクル開発機構
http://www.jnc.go.jp/kaihatu/tisou/tisou.html	地層処分研究開発

-委員会-

http://www-atm.jst.go.jp/jicst/NC/nc-contents.html	原子力委員会
http://www.sta.go.jp/shimon/NSC/nscnews.htm	原子力安全委員会

-官庁関係-

http://www.sta.go.jp/	科学技術庁
http://www.miti.go.jp/	通商産業省
http://www.motnet.go.jp/mthome_.htm	運輸省
http://www.mofa.go.jp/mofaj/index.html	外務省

-研究所等-

http://www.nirs.go.jp/	放射線医学総合研究所
http://www.jaeri.go.jp/	日本原子力研究所
http://www-jt60.naka.jaeri.go.jp/HOME-J.html	日本原子力研究所那珂研究所
http://www.riken.go.jp/jhome.html	理化学研究所
http://www.rarf.riken.go.jp/index-j.html	理化学研究所 加速器研究施設 (RARF)
http://www.jst.go.jp/	科学技術振興事業団
http://www.kek.jp/index-j.html	高エネルギー物理学研究所
http://www.rerf.or.jp/	放射線影響研究所
http://www.aist.go.jp/index_j.html	工業技術院
http://www.nedo.go.jp/	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
http://www.srimot.go.jp/	船舶技術研究所 (SRI)
http://www.nrim.go.jp/	金属材料技術研究所
http://www.nasda.go.jp/	宇宙開発事業団(NASDA)
http://www.jamstec.go.jp/	海洋科学技術センター(JAMSTEC)
http://www.nupec.or.jp/	(財) 原子力発電技術機構
http://www.glocomnet.or.jp/cnfc/index.j.html	(社) 原子燃料政策研究会

-電力関係-

http://www.fepc.or.jp/	電気事業連合会
http://www.hepco.co.jp/	北海道電力
http://www.tohoku-epco.co.jp/	東北電力
http://www.tepco.co.jp/	東京電力
http://www.chuden.co.jp/	中部電力
http://www.kepco.co.jp/indexj.htm	関西電力
http://www.rikuden.co.jp/	北陸電力
http://www.yonden.co.jp/	四国電力
http://www.energia.co.jp/japanese/index_j.html	中国電力
http://www.kyuden.co.jp/	九州電力
http://www.epdc.co.jp/	電源開発
http://www.jnfl.co.jp/	日本原燃
http://www.japc.co.jp/	日本原子力発電
http://cripi.denken.or.jp/index-j.html	電力中央研究所

-その他-

http://www.netwav.or.jp/~dr-sada/top/index1.html	伊方原子力広報センター
http://www.shp-jp.com/	高レベル事業推進準備会（SHP）
http://www.isotopia-jp.com/	RI・研究所等廃棄物事業推進準備会
http://www.miti-hokurikupa.go.jp/	北陸原子力広報プラザ

-大学関係-

http://www.hokudai.ac.jp/	北海道大学
http://www.dohto.ac.jp/	道都大学
http://www.tohoku.ac.jp/index-j.html	東北大学
http://www.u-tokyo.ac.jp/index-j.html	東京大学
http://www.titech.ac.jp/home-j.html	東京工業大学
http://www.metro-u.ac.jp/	東京都立大学
http://www.u-tokai.ac.jp/	東海大学
http://www.sut.ac.jp/	東京理科大学
http://www.cin.nihon-u.ac.jp/index-sj.html	日本大学
http://www.musashi-tech.ac.jp/	武蔵工業大学
http://www.waseda.ac.jp/index-j.html	早稲田大学
http://www.rikkyo.ac.jp	立教大学
http://www.nagoya-u.ac.jp/	名古屋大学
http://www.kyoto-u.ac.jp/	京都大学
http://www.osaka-u.ac.jp/	大阪大学
http://www.kshosen.ac.jp/	神戸商船大学
http://www.kindai.ac.jp/	近畿大学
http://www.hiroshima-u.ac.jp/index-j.html	広島大学
http://www.kyushu-u.ac.jp/	九州大学

海外サイト

-国際機関-

http://www.undp.org/unso_www.html	国際連合等
http://www.un.org/	United Nations Secretariat（国連事務局＆国連）
http://www.iaea.or.at/	国際原子力機関（IAEA）
http://europa.eu.int/en/comm/euratom/euratom.html	欧州原子力共同体（EURATOM）供給局
http://esba-www.jrc.it/pubdocs_tmp/Welcome.html	EC共同研究センター（JRC）
http://willow.sti.jrc.it/	JRCイスプラ研究所
http://www.cern.ch/	ヨーロッパ合同原子核研究機関（CERN：スイス）
http://www.oecd.org/	経済協力開発機構（OECD）
http://www.nea.fr/	経済協力開発機構／原子力機関（OECD／NEA）
http://www.external.hrp.no/	OECDハルデン炉（ノルウェー）
http://www.iea.org/	経済協力開発機構／国際エネルギー機関（OECD／IEA）
http://www.uilondon.org/	ウラン協会（UI）

-主な原子力機関等-

http://www.doe.gov/	米国エネルギー省 (DOE)
http://www.nrc.gov/	米国原子力規制委員会 (NRC)
http://www.rw.doe.gov/	米民間放射性廃棄物管理局 (DOE/OCRWM)
http://www.ymmp.gov/	ユッカマウンテン放射性廃棄物処理プロジェクト(米)
http://www.nei.org/	米原子力エネルギー協会 (NEI)
http://ulysses.srv.gc.ca/aecb/homepage.htm	カナダ原子力管理委員会 (AECB)
http://www.aec.ca/	カナダ原子力公社 (AECL)
http://www.ukaea.org.uk/	英国原子力公社 (UKAEA)
http://www.easynet.co.uk/bnif/	英原子力産業会議 (BNIF)
http://www.BNFL.com/	英国原子燃料会社 (BNFL)
http://www.cea.fr/	フランス原子力庁 (CEA)
http://www.bmbf.de/	ドイツ教育科学・研究技術省 (BMBF)
http://www.grs.de/	ドイツ原子力安全協会 (GRS)
http://nudace.arcoveggio.enea.it/	イタリア原子力・代替エネルギー開発委員会
http://www.gca.atom.gov.ua/	ウクライナ原子力利用国家委員会 (Goskomatom)
http://www.uic.com.au/	ウラン情報センター (メルボルン)
http://www.nuclearlink.com/	The Spanish Nuclear Society "The Nuclear Link"

-研究所-

http://www.anl.gov/	アルゴンヌ国立研究所 (米)
http://suntid.bnl.gov:8080/bnl.html	ブルックヘブン国立研究所 (米)
http://www.inel.gov/	アイダホ国立工学研究所 (米)
http://www.lbl.gov/	ローレンスバークレイ研究所 (米)
http://www.llnl.gov/	ローレンスリバモア国立研究所 (米)
http://www.lanl.gov/	ロスアラモス国立研究所 (米)
http://www.ornl.gov/home.html	オークリッジ国立研究所 (米)
http://www.srs.gov/	サバンナリバー・サイト (米)
http://www.epri.com/	米電力研究所 (EPRI)
http://www.fiz-karlsruhe.de/	FIZ Karlsruhe (ドイツ)
http://www.kfa-juelich.de/	ユーリッヒ研究所 (KFA、ドイツ)
http://www.dubna.ru/	合同原子核研究所 (ロシア・ドブナ)
http://www.mpei.ac.ru/	モスクワ発電工学研究所 (ロシア)
http://hpngp01.kaeri.re.kr/	韓国原子力研究所 (KAERI：韓国)
http://www.sandia.gov/	サンディア国立研究所 (米)
http://www.hanford.gov/	ハンフォード国立研究所 (米)

-学会-

http://www.ans.org/	米原子力学会 (ANS)
http://www.aey.ch/ens/	欧州原子力学会 (ENS)
http://www.eerie.fr/~sfen/home.html	フランス原子力学会 (SFEN)
http://inmm.com/	核物質管理学会

2. 参考文献

(1) 国際原子力機関 (IAEA)

- ① Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Waste, IAEA Safety Series No.99
『高レベル放射性廃棄物地層処分の安全原則と技術的クライテリア』
1989, IAEA
- ② Radioactive Waste Management Glossary
『放射性廃棄物管理用語集』
1993, IAEA
- ③ Siting of Geological Disposal Facilities, IAEA Safety Series No.111-G-4.1
『地層処分場の選定』
1994, IAEA
- ④ International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources
『電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準』
IAEA Safety Series No.115,
1994, IAEA
- ⑤ The Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Safety Series No.111-F
『放射性廃棄物管理の原則』
1995, IAEA
- ⑥ Communication on nuclear, radiation, transport and waste safety:
a practical handbook
『原子力、放射線、輸送及び廃棄物安全に関する情報伝達の手引き』
1999, IAEA-TECDOC-1076, 1999

(2) 経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA)

- ① Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes
『原子力発電から発生する放射性廃棄物の管理の目的、概念及び戦略』
1977, OECD/NEA

- ② Disposal of Radioactive Waste, An Overview of Principles Involved
『放射性廃棄物の処分、関連する原則の全体像』
1982, OECD/NEA
- ③ Disposal of Radioactive Waste, Can Long-term Safety be Evaluated ?
An International Collective Opinion
『放射性廃棄物の処分、長期にわたる安全性は評価できるか？ 国際的集約意見』
1991, OECD/NEA,IAEA,CEC
- ④ The Management of Long-lived Radioactive Waste, The Environmental and
Ethical Basis of Geological Disposal, A Collective Opinion of the NEA
Radioactive Waste Management Committee
『長寿命放射性廃棄物の管理、地層処分の環境的及び倫理的基礎、集約意見』
1995, OECD/NEA

(3) 諸外国

- ① Essays on Issues Relevant to the Regulation of Radioactive Waste Management
『放射性廃棄物管理の規制に関する小論』
1978, Office of Nuclear Material Safety and Safeguards,
U.S.Nuclear Regulatory Commission NUREG-0412
- ② Rethinking High-level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the
Board on Radioactive Waste Management
『高レベル放射性廃棄物処分の再検討』
1990, NAS/NRC
- ③ Rapport sur la Gestion des Dechets Nucleares a Haute Activite
『高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書』
1990, Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et
Technologiques
- ④ Disposal of High Level Radioactive Waste, Consideration of Some Basic Criteria
『高レベル放射性廃棄物の処分、基本的なクライテリアの考察』
1993, The Radiation Protection and Nuclear Safety Authorities in
Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden

(4) 日 本

- ① 高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書（第1次取りまとめ）
1992年 動力炉・核燃料開発事業団
- ② 原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（原子力長計）
1994年6月8日 原子力委員会
- ③ 高レベル放射性廃棄物処分事業に関する検討（中間とりまとめ）
1995年 高レベル事業推進準備会
- ④ 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について
1997年4月15日 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会
- ⑤ 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
1998年5月29日 原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会
- ⑥ 高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（中間報告）
1999年3月23日 総合エネルギー調査会原子力部会

(5) 一般書籍等

- ① The Geological Disposal of Nuclear Waste
『放射性廃棄物の地層処分』
1987年, N.Chapman, I.McKinley
John Wiley & Sons
- ② 高レベル放射性廃棄物の処分とはどういう問題か
1992年, 財団法人エネルギー総合工学研究所
- ③ The Nuclear Energy Option, An Alternative for the 90s
『私はなぜ原子力を選択するか』
1994年, B.L.Cohen著 近藤駿介監訳 E R C出版
- ④ The Scientific and Regulatory Basis for the Geological Disposal of
Radioactive Waste
『放射性廃棄物地層処分の科学面と規制面における原則』
1995年, D.Savage(Editor)
John Wiley & Sons

3. 用語の解説

原子力委員会

原子力委員会は、原子力基本法にもとづき、原子力の研究、開発及び利用に関する国の施策を遂行し、原子力行政の民主的運営を図る目的をもって、1956年1月1日、総理府に設置された。原子力委員会は、原子力の研究、開発及び利用に関する政策に関することなど原子力に関する重要事項について企画し、審議し、決定する権限を有している。内閣総理大臣は、原子力委員会の決定した事項について報告を受けたときは、これを十分に尊重しなければならない。また、原子力委員会は、所掌事項について必要あると認めるときは、内閣総理大臣を通じて、関係行政機関の長に勧告することができる。1978年10月4日、原子力基本法等の一部改正法が施行され、従来の原子力委員会が有していた機能のうち、安全確保に関する事項を所掌する原子力安全委員会が新たに設置された。原子力委員会は、委員長及び委員4人によって構成され、委員長は科学技術庁長官たる国務大臣をもって充てることとなっている。

原子力開発利用長期計画

わが国の原子力の研究開発利用の基本方針などを定める計画である。昭和31年から、原子力委員会がおおむね5年ごとに策定してきている。現在の長期計画が策定された平成6年6月から約5年が経過し、この間に原子力をめぐる情勢は大きく変化している。21世紀を迎えるに当たり、今後の原子力に求められる基本的な理念を確認し、あわせて原子力の研究開発利用の全体像と長期展望を明らかにしていくため、この度、新たに長期計画について多角的に検討するための会議が原子力委員会に設置された。審議は原則として公開で行われ、新たな長期計画は、2000年度（平成12年度）中に策定される予定である。

（『長期計画』あるいは『原子力長計』と略されることがある）

原子力バックエンド対策専門部会

今後の原子力開発利用を円滑に進めていくためには、長期計画に基づき、社会的理解を得てバックエンド対策を推進していくことが重要であり、原子力開発利用の長期的見通しも背景に据えつつ、バックエンド対策を推進していく具体的な方策について調査審議するため、平成7年9月12日に原子力委員会決定によって設置された部会。高レベル放射性廃棄物対策についての審議結果を取りまとめた報告書案に

対して国民からの意見募集を行い、平成9年4月、2000年前までに取りまとめる研究開発の指針を示した『高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について』を取りまとめた。

高レベル放射性廃棄物処分懇談会

平成7年9月12日付け原子力委員会決定『高レベル放射性廃棄物処分への取り組みについて』に基づき、社会的・経済的側面を含め、幅広い調査審議を進めるために設置された懇談会。審議の結果を取りまとめた報告書案に対して国民からの意見募集を行い、併せて全国6ヶ所で意見を聴取する場を設けることによって寄せられた意見を踏まえ、平成10年5月、報告書『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』を取りまとめた。

総合エネルギー調査会原子力部会

エネルギー問題の調査・意見聴取を目的とした通商産業大臣の諮問機関・総合エネルギー調査会の部会のひとつ。高レベル放射性廃棄物対策については、原子力委員会高レベル放射性廃棄物処分懇談会の報告書（平成10年）を受けて、処分事業を進める上での実施主体の設立と事業資金の確保に係る制度化のあり方を中心とした審議結果を報告書案に取りまとめ、国民からの意見募集および全国5ヶ所での意見交換会を通じて寄せられた意見を踏まえ、平成11年3月、『高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方（中間報告）』を取りまとめた。現在、処分事業の制度化についての詳細な検討を進めている。

国際原子力機関（International Atomic Energy Agency : IAEA）

米国のアイゼンハワー大統領は、1953年12月8日に国連総会で行った演説（Atoms for Peace）の中で国際原子力機関の設置を提案した。それを受けて1956年10月26日に国連加盟の70カ国が調印し、翌年7月29日にIAEAが発足した。本部はウィーンにあり、その活動は原子力の平和利用に関する分野と、平和利用を担保するための保障措置の分野に大別される。1996年現在の加盟国は日本を含め123カ国である。

経済協力開発機構／原子力機関（Organization for Economic Cooperation and Development / Nuclear Energy Agency : OECD/NEA）

もとは欧州原子力機関と呼ばれ欧州諸国のみが加盟していたが、1972年に日本、米国、カナダなどが正式に加盟したことにより現在の組織となった。この機関の目的は、原子力平和利用における協力の促進を目指し、共同事業、共通サービス、技術協力などを行うことにある。本部はパリにあり、1997年現在の加盟国は29カ国である。

ロンドン条約

正式には『廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約』。この条約は海洋への投棄を禁止する品目が付属書Iに示されており、その中に「放射性廃棄物その他の放射性物質」が含まれている。日本は、1980年（昭和55年）11月14日正式加盟。

南極条約

第5条の1.において、南極地域におけるすべての核の爆発、及び放射性廃棄物の同地域における処分が禁止されている。

核燃料サイクル開発機構

原子力基本法に基づき、平和の目的に限り、高速増殖炉及びこれに必要な核燃料物質の開発並びに核燃料物質の再処理並びに高レベル放射性廃棄物の処理及び処分に関する技術の開発を計画的かつ効率的に行うとともに、これらの成果の普及等を行い、もって原子力の開発及び利用の促進に寄与することを目的とする法人。平成10年10月1日に設立。

第1次取りまとめ

高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発は、従来より進められてきており、動燃業団は1992年9月に「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—」（第1次取りまとめ）を国に提出している。その成果について、1993年7月、当時の原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会は、「高レベル放射性

廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について」の中で、わが国における地層処分の安全確保を図っていくうえでの技術的可能性が明らかにされているとの評価を行うとともに、その後の研究開発の進め方を示した。このように「第1次取りまとめ」の成果及びその成果に対する国の評価は、第2次取りまとめを目指す研究開発の起点となっている。

第2次取りまとめの国際レビュー

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について(1997)）は『第2次取りまとめは、国際的な専門家によるレビューを受けることとし、レビューの結果は報告書とともに国へ報告し、国の評価を受けるものとする。』としている。これを受けて、サイクル機構は経済協力開発機構原子力機関(OECD/NEA)にレビューを依頼した。OECD/NEAは1999年5月、6名の専門家からなる国際レビューチームを結成、レビューを開始した。1999年8月、日本において同チームとサイクル機構の専門家との直接的な質疑が1週間にわたって行われ、1999年10月、OECD/NEAのレビュー報告書が提出された。

関係機関

わが国における地層処分の研究開発は、国の重要プロジェクトとして、サイクル機構を中核推進機関として関係機関が協力して進めていくこととされている。関係機関については、「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について」（原子力委員会、平成5年）において、「研究開発を総合的かつ効果的に推進するためには、中核推進機関である動燃事業団（当時）を中心に、日本原子力研究所、地質調査所等の国立試験研究機関、大学の協力、関連する民間の技術力の活用及び国際協力の効率的推進を図っていく必要がある。」とされている。さらに、原子力長計（1994）には、「電気事業者は、処分に必要な資金の確保のみならず、研究開発の段階においても、高レベル放射性廃棄物の発生に密接に関連する者としての責任を十分踏まえた役割を果たすこと」と記述されている。

専門部会報告書（1997）では、「地層処分研究開発と深部地質環境の科学的研究は、国民の理解と信頼を得つつ推進することが肝要であり、また、多くの人材、資金及び期間を必要とすることから、関係機関が密接な協力の下に、効率的にこれを推進することが重要である。」とされ、「各研究機関の成果を共有し第2次取りまとめに向けた協力を一層強化すべく「研究調整委員会」（仮称）を発足させるものとする」とされた。これを受けて、日本原子力研究所、地質調査所、防災科学技術研究所、（財）電力中央研究所、（財）原子力環境整備センター、高レベル事業推

進準備会、電気事業連合会、サイクル機構の各機関および大学の専門家による「地層処分研究開発協議会」が発足した（1997年9月）。同協議会のもとに設置された検討部会とタスクフォースにおいて詳細な技術的検討が行われ、その成果が第2次取りまとめに反映されている。

第2次取りまとめでは、「関係機関」を、地層処分研究開発（その基盤としての地層科学研究を含む）に協力された幅広い機関の総称として用いている。

実施主体

処分事業の実施主体については、2000年を目安にその設立を図っていくことが適当であるとされ、処分候補地の選定、処分予定地の選定、処分地の選定、処分場の設計・建設・操業を国の確認や安全審査、地元の下承などを得つつ進めていくこととされている（原子力長計、1994）。総合エネルギー調査会原子力部会は1999年にとりまとめた中間報告「高レベル放射性廃棄物処分事業の制度化のあり方」の中で、「実施主体は、国が法的に定める制度的管理のもとで、あらかじめ手当てされた事業資金を計画的かつ合理的に支弁し、事業を確実かつ安全に遂行する責務を有する」ことなどの検討結果を示している。

低レベル放射性廃棄物対策

わが国では、放射性廃棄物は高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物に大別され、それぞれ発生プロセスごとに区別されている。

原子力発電所から発生する放射性廃棄物は「発電所廃棄物」と呼ばれる低レベル放射性廃棄物で、含まれる放射性核種の濃度によって処分の方法が区分されている。このうち、原子力発電所で清掃などの作業に使用された洗浄水や紙、作業着などの比較的放射能レベルが低いものは、液状のものは濃縮してセメントやプラスチックなどと混ぜて、可燃性のものは焼却して、金属などは圧縮した上で、ドラム缶に密封され、発電所敷地内で一時的に貯蔵管理した後、日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センターで埋設・管理が行われている。使用済み制御棒などの放射能レベルの比較的高い放射性廃棄物については、その処分の基本的な考え方が取りまとめられている（「現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物処分の基本的考え方について」原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、1998）。発電所廃棄物には、このほかに原子力発電施設の解体にともなって発生する、コンクリート、炉内構造物なども含まれる。

原子力発電所以外の核燃料サイクル施設については、ウラン濃縮・加工施設から出るウラン廃棄物、再処理施設から発生する燃料棒の切れ端や廃液、フィルターなどのTRU核種（超ウラン元素：原子番号が92（ウラン）を超えるもの）を含む放射性廃棄物があり、これらの処理処分の方法については、前者については今

後検討が行われることになっており、後者については原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会において検討が進められている。

原子力発電以外の分野では、医療や研究の分野で発生する放射性廃棄物（RI・研究所等廃棄物）についての処理処分方策に関する基本的考え方が取りまとめられている（原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、1998）。

ナチュラルアナログ研究

高レベル放射性廃棄物の地層処分を、放射性物質の集合体が地下深部に長期にわたって保存される現象ととらえれば、ウランの鉱床を地層処分に類似した天然事象とみなすことができる。地層処分の研究開発や地層科学研究においては、このような類似現象をナチュラルアナログと呼び、地層処分の長期的な安全性を確かめるための掘り所の一つとして研究の対象としている。ウラン鉱床を天然の環境の下で放射性核種の保存に関係する様々なプロセスが長期にわたって組み合わされた実験の結果としてみると、室内実験などでは得られない知見を得ることができる。ナチュラルアナログ研究には、ウラン鉱床のように地層処分システム全体の類似現象を対象とするものと、ガラス、金属、粘土などの人工バリア材料の地質環境下における振る舞いを対象とするものがある。

深地層の研究施設

原子力長計（1994）では、深地層の研究施設は、深地層の環境条件として考慮されるべき特性等の正確な把握や地層処分を行うシステムの性能を評価するモデルの信頼性向上等、地層処分研究に共通の研究基盤となる施設であり、わが国における深地層についての学術的研究にも寄与できる総合的な研究の場として整備していくことが重要だとして、わが国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望まれるとしている。そして、その計画は、処分場の計画とは明確に区別して進めていくとしている。原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年）では、地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究を進めるための施設は、わが国における地下深部についての学術的研究に寄与できる開かれた研究の場として整備すること及び、広く内外から研究者の参画を得て総合的に研究を進めていくことが重要だとしている。また、高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書（平成10年）では、処分技術について国民の理解と信頼を得るためには研究開発と成果が目に見える形でわかりやすく示されることが必要であるとし、深地層の研究施設は一般の人々が実際に見て体験できるという意味で社会的な観点から極めて重要な役割を持つことから早期に実現することが必要であるとしている。

第2次取りまとめに示したように、サイクル機構では、今後、深地層の研究施設

などを活用して、地質環境を体系的に調査解析するための技術の開発と検証を進めようとしている。

4. 地層処分研究開発等参加機関

地層処分研究開発第2次取りまとめにいたるこれまでの研究開発(その基盤としての地層科学研究を含む)には、共同研究あるいは委託研究として国内外から多数の研究機関の参加を得た。これらの機関の研究成果は「第2次取りまとめ」に反映されており、そのタイトルは参考文献の中に含まれている。さらに、取りまとめの過程においても、国内外から多数の関係機関の参加を得た。これらの機関名を以下に列挙する。

なお、参加機関が多岐にわたることから、いくつかの機関については、不本意ながらここに記述できていない可能性がある。このことについて、あらかじめお断り申し上げます。

アイ・イー・エー・ジャパン(株)
アジア航測(株)
石川島播磨重工業(株)
岩手大学
英国原子力公社 (UKAEA)
(財)エネルギー総合工学研究所
応用地質(株)
大手開発(株)
(株)大林組
岡山大学
鹿島建設(株)
カナダ原子力公社 (AECL)
川崎地質(株)
(株)環境技術研究所
九州大学
京都大学
クニミネ工業(株)
経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA)
(財)原子力安全研究協会
(財)原子力環境整備センター
高度情報化技研(株)
(株)神戸製鋼所
高レベル事業推進準備会
国際原子力機関 (IAEA)
コベルコ科研(株)
コンピュータソフト開発(株)
ゴルダー・アソシエイツ

埼玉大学
(財)産業創造研究所
(社)資源・素材学会
(社)システム総合研究所
清水建設(株)
上越教育大学
(株)情報数理研究所
(財)地震予知総合研究振興会
スイス放射性廃棄物処分組合 (Nagra)
スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB)
住友金属鉱山(株)中央研究所
大成基礎設計(株)
大成建設(株)
大同航測(株)
(株)ダイヤコンサルタント
千葉大学
(財)中央温泉研究所
通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所
通商産業省工業技術院資源環境技術総合研究所
通商産業省工業技術院地質調査所
筑波大学
(財)電力中央研究所
電気化学計器(株)
電気事業連合会
東京大学
同和工営(株)
富山大学
名古屋大学
日揮(株)
日鉱探開(株)
日鉄鉱業(株)
日本原子力研究所
日本鋼管工事(株)
日本大学
(株)日本パブリック
(株)野村総合研究所
(株)間組
パシフィックノースウェスト国立研究所 (PNNL)
(社)腐食防食協会
フランス原子力庁 (CEA)
フランス放射性廃棄物管理機関 (ANDRA)
米国エネルギー省 (DOE)

ベルギーモル研究所 (SCK/CEN)
防災科学技術研究所
北海道大学
三井金属資源開発(株)
三菱重工業(株)
三菱商事(株)
(株)三菱総合研究所
三菱マテリアル(株)
ローレンスバークレイ国立研究所 (LBNL)
ローレンスリバモア国立研究所 (LLNL)
ロスアラモス国立研究所 (LANL)

(以上50音順)

わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性
 ー地層処分研究開発第2次取りまとめー
 「別冊 地層処分の背景」正誤表

頁	行	誤	正
2	枠内上 6	～懸念 持ちながらも、～	～懸念を持ちながらも、～
12	下 9	～この時期に確率された～	～この時期に確立された～
19	枠内下 1	出典：OECD/NEA,IAEA,CEC (1991): Disposal of Radioactive Waste, Can Long-term	出典：OECD/NEA(1991): Disposal of Radioactive Waste, Can Long-term Safety be Evaluated? An International Collective Opinion of NEA, IAEA, and EC Committees.
20	枠内上 6	～将来世代について～	～将来世代について～
24	下枠内下 6	地表から数百 下となる。	地表から数百メートル下となる。
32	図 1-6	釜石鉱山での地層科学研究開始～	削除
52	標題	2.5 核種分離～	左方へ詰める
付 15	上 21	通商産業省資源エネルギー庁	削除
付 15	下 3	(社)腐食防止協会	(社)腐食防食協会
付 16	上 4	科学技術庁	削除