

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

参考資料

平成 10 年 5 月 29 日

この資料は、高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書「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」について、多くの方々に理解を深めていただくため、事務局でとりまとめたものです。

目 次

1. 高レベル放射性廃棄物処分に向けての取組み	
処分懇談会報告書及びバックエンド専門部会報告書の要約	2
「高レベル放射性廃棄物処分への今後の取組みに関する意見交換会」について	4
高レベル放射性廃棄物の最終処分への取組み	6
高レベル放射性廃棄物処分に係る内外の動向	8
原子力発電所から発生する高レベル放射性廃棄物の処分対策について	10
2. 高レベル放射性廃棄物を巡る現況	
社会の移り変わり ～わが国初の原子力発電所から現在まで～	13
原子力発電所の発電量と消費地の消費電力量の比較	14
高レベル放射性廃棄物の現状	15
高レベル放射性廃棄物の発生から地層処分まで	16
3. 高レベル放射性廃棄物とは	
核燃料サイクルとは	17
核燃料サイクルから発生する廃棄物	18
高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）ができるまで	19
高レベル放射性廃棄物を長期間安定に固化する材料としてのガラスの特徴	20
ガラス固化体は30年から50年間程度冷却のため貯蔵されます	21
高レベル放射性廃棄物の放射能は時間とともに減衰します	22
高レベル放射性廃棄物からの放射線量とその変化	23
高レベル放射性廃棄物の減量と有効利用の研究	24
4. 地層処分とは	
なぜ「地層処分」なのか？	27
廃棄物の貯蔵及び処分に関する国際的な検討	28
「地層処分における環境と倫理の基準」についての集約意見の概要	30
使用済燃料及び放射性廃棄物の管理の安全に関する条約	31
高レベル放射性廃棄物はわれわれの生活圏から離れた深い地層中に隔離します	32
深部地質環境の特徴 ～地質環境の長期安定性～	33
深部地質環境の特徴 ～地下水の特徴～	34
深部地質環境の特徴 ～物質を保存する能力～	35
地層処分の概念	36
高レベル放射性廃棄物の処分場の建設から閉鎖まで（例）	37
処分費用試算例	38

5. 地層処分研究開発への取組み

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」(抜粋)	39
わが国における地下研究施設 ～わが国の方針～	41
高レベル放射性廃棄物処分に係る政府予算の推移	42

6. 海外・国際機関における動向

高レベル放射性廃棄物処分に関わる海外の動向	44
高レベル放射性廃棄物処分懇談会委員による海外調査報告(概要)	46

「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方」の要約
平成10年5月29日 高レベル放射性廃棄物処分懇談会
〔座長 近藤次郎（元日本学術会議会長・中央環境審議会会長）〕

○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

- ・われわれが発生させた廃棄物の処分について、後世代に負担を残さないことが、われわれの世代の責務。
- ・いまできることに早急に着手。

○廃棄物処分について社会的な理解を得るために

- ・制度・組織の透明性、情報公開、教育・学習。

○処分技術への理解と信頼

- ・技術の信頼性、深地層の科学的研究施設。

○事業資金の確保

- ・電気料金の原価に算入し電気利用者が負担。

○実施主体のあり方

- ・国は、法律と体制を整備し、円滑な処分実施と安全を確保、実施主体を明確に位置づけ、サイト選定で適切な役割を果たす。
- ・実施主体のあり方
民間を主体とした事業とし、国は法律と行政による監督と安全規制、技術的能力、経理的基盤、運営・管理能力、長期安定性、機動性、柔軟性、信頼性と安全性確保。
- ・電気事業者は、国民の理解を得るための活動を進め、資金の確保と処分地選定について実施主体と一体となって取り組む。

○諸制度の整備

- ・透明性の高い事業プロセス、処分場閉鎖前後の管理、地下空間の利用制限、損害賠償制度、安全確保の基本的考え方と体制。

○立地地域との共生

- ・処分事業と地域の住民、自然環境、産業との調和ある持続可能な共生。
- ・立地地域の主体性の尊重、電力大消費地域の理解と涵養。

○処分地選定プロセス

- ・選定プロセスと関係機関の役割の明確化。
- ・国レベルでは事業計画や選定過程について、技術的観点及び社会的・経済的観点から確認、公正な第三者がレビュー。
- ・地域レベルでは当事者が参加して検討する場。
- ・処分地の選定にあたり国、電気事業者、実施主体が協力。

○いま、何をしなければならないか

- ・実施主体の設立、事業資金の確保、深地層の研究施設の実現、安全確保の基本的考え方の策定。
- ・政治の場においても現世代の意思を立法の形で明確化する必要。
- ・本提言を踏まえて、関係機関一体となって制度と体制の具体化。

「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」の要約
平成9年4月15日 原子力バックエンド対策専門部会
〔部会長 熊谷信昭（大阪大学名誉教授）〕

○地質環境の長期安定性

日本の地質環境の特性について、地震活動等の頻度が高い変動帯に位置するものの、将来十万年程度であれば、天然現象の及ぼす影響の性質や大きさなどを推測できると考えられる。これらの知見をさらに信頼あるものにするための研究の進め方を示した。

○処分場予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所

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拠り所として、第2次とりまとめに盛り込まれるべき事項を示した。

○第2次取りまとめに対する透明性の確保

関係の研究機関は成果を積極的に公表し、その内容について広く意見を求めるなど、国民に向けてわかりやすく情報を提供。第2次取りまとめは国際的なレビューを受ける。

○研究推進体制

- ・研究開発を効果的・効率的に行うため、関係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。
- ・欧米、アジア諸国との協力の一層の推進。
- ・研究開発が学際的であるため、広範な分野の人材を活用。

○その他

地層処分システムの安全評価、処分場の管理、技術的重点課題。



第12回高レベル放射性廃棄物処分懇談会（平成10年2月24日 サンケイホール）

「高レベル放射性廃棄物処分への今後の取組みに関する意見交換会」について

1. 趣 旨

原子力委員会は、平成7年9月に、高レベル放射性廃棄物処分に向けた取組みを強化していくことを決定し、高レベル放射性廃棄物処分懇談会および原子力バックエンド対策専門部会を設置。その後、両会は鋭意審議を進め、専門部会は昨年4月に報告書「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」をとりまとめ、それを踏まえて、現在関係機関において研究開発が進められている。また、処分懇談会は、昨年7月に報告書案「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（案）」をとりまとめ、国民の方々から意見を求めている。

このような状況の中で、高レベル放射性廃棄物処分への今後の取組みに関して、地域の方々、原子力委員、両会の構成員の参加を得て、地域において各方面から意見を聴取・交換することとした。

2. 開催結果

標記意見交換会は全国5カ所において、下記の通り開催された。

第1回 大 阪 平成9年9月19日 13:00～16:10

地域参加者： 11名

一般傍聴者： 95名（応募者199名、当選者110名）

第2回 札 幌 平成9年10月30日 13:00～16:10

地域参加者： 11名

一般傍聴者： 147名（応募者370名、当選者180名）

第3回 仙 台 平成9年11月12日 13:00～16:30

地域参加者： 10名

一般傍聴者： 185名（応募者218名、当選者218名）

第4回 名古屋 平成9年12月11日 13:00～17:10

地域参加者： 16名（うち公募による地域参加者5名（応募者16名））

一般傍聴者： 182名（応募者307名、当選者220名）

第5回 福 岡 平成10年1月14日 13:00～17:15

地域参加者： 14名（うち公募による地域参加者5名（応募者20名））

一般傍聴者： 132名（応募者214名、当選者150名）

【合 計：地域参加者 62名、一般傍聴者 741名】

※上記意見交換会に加え、処分懇談会において、電力の大消費地である東京近郊の方々から意見を聴取。

第12回 処分懇談会 平成10年2月24日 13:30～16:30

地域参加者： 8名（うち公募による地域参加者4名（応募者26名））

一般傍聴者： 164名（応募者425名、当選者200名）



第5回 意見交換会（福岡、平成10年1月14日）

意見交換会で指摘された主な事項

○社会的な理解と議論の必要性

- ①廃棄物処分問題の国民への周知と理解の増進
- ②情報公開、透明性
- ③教育の必要性（とくに子供、家庭）
- ④立地地域と大消費地域との連帯感の醸成
- ⑤議論の場の継続
- ⑥広報のあり方

○世代責任

- ①処分制度・体制の早急な確立
- ②処分事業資金の確保
- ③研究開発の加速
- ④長期的事業のための柔軟性の確保

○研究開発

- ①処分技術の確立と安全性・信頼性
- ②深地層の研究施設の進め方
- ③廃棄物の有効利用、減量化の研究開発（核種分離・減量処理等）
- ④人材の養成・確保

○制度と体制

- ①処分事業資金の確保と考え方
- ②実施主体の早期設立
- ③処分地選定プロセス
住民の意見の反映
調整の場
関係機関の役割
- ④地域共生策のあり方

○原子力の基本政策

- ①今後の原子力発電のあり方
- ②再処理・プルトニウム利用政策
- ③使用済燃料の直接処分
- ④廃棄物の地上での管理
- ⑤多様な選択肢の提示

高レベル放射性廃棄物の最終処分への取組み

○これまでの原子力発電による廃棄物量は、発電量
○われわれの世代が取り組むことが責務。後世に
○わが国の取り組みは海外主要国に比べ 10～20年
○実施主体、事業資金、深地層研究施設、安全確保

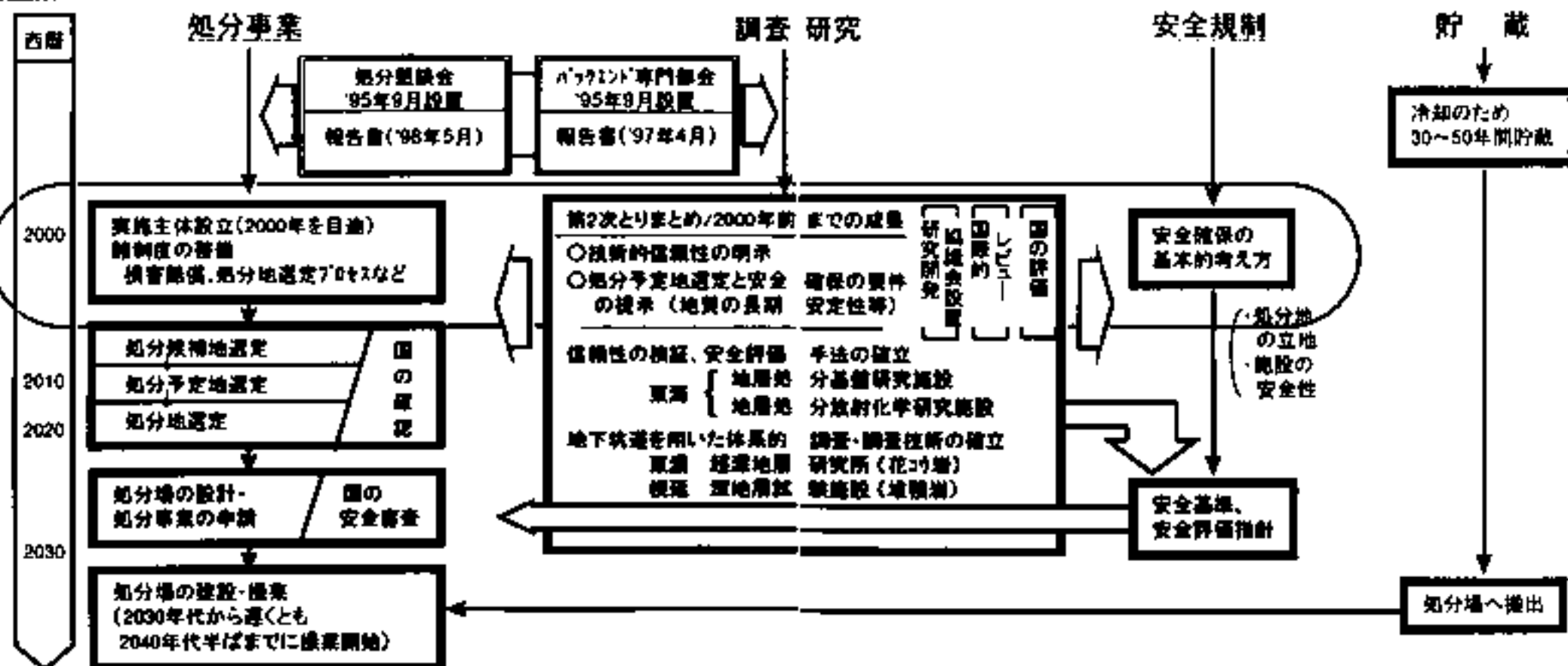
から試算すると、ガラス固化体換算で約1万2千本。
負担を残さないこと。
遅れ。
の基本的考え方について早期に具体化。

【社会・経済的側面からの処分への取組み】

○報告書案(処分懇談会 座長:近藤元学術会議会長)を昨年7月にとりまとめ。国民の方々からの意見募集、地域での意見交換会を踏まえて、早期にとりまとめ。
○今年から資金確保制度化に取組み。実施主体は2000年目途に設立。深地層研究施設の早期実現。安全確保の基本的考え方の策定に早期取組み。

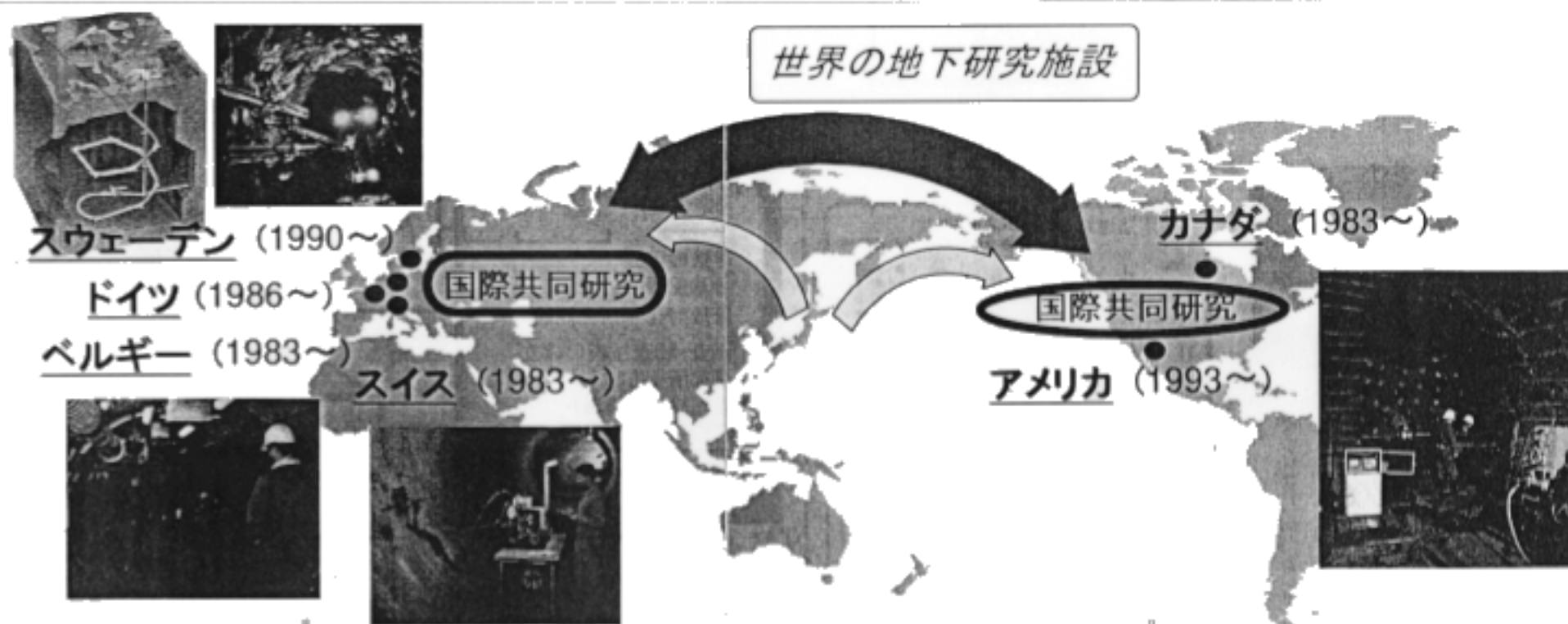
【技術的側面からの処分への取組み】

○報告書(バックエンド専門部会 部会長:熊谷元阪大総長)を昨年4月にとりまとめ。
○動燃、原研、地質調査所、大学等が協力を強化して2000年前の成果とりまとめに向け調査研究中。国際的な評価と協力、情報公開・分かり易い説明、広範な人材の活用、深地層研究施設の重要性。

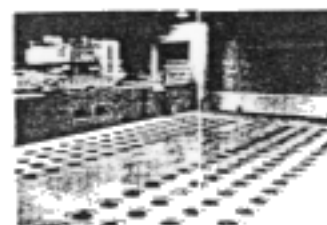
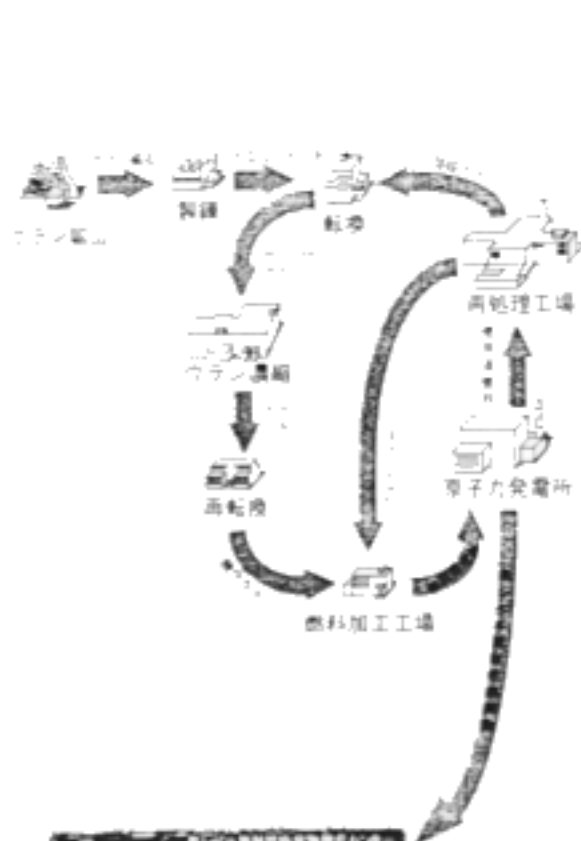


高レベル放射性廃棄物処分に係る内外の動向

国名	実施主体	実施主体 設置時期	事業資金 確保開始時期	地下研究施設 建設開始時期	処分開始	廃棄体形態
アメリカ	連邦エネルギー省 (DOE)	1982	1983	1993	2010	使用済燃料 ガラス固化体
カナダ	未定 (ワット・ハイト社を中心に検討中)	未定	1982	1983	未定	使用済燃料
スイス	スイス放射性廃棄物管理協同組合 (NAGRA)	1972	1978	1983	2020 早期シナリオ 2050 延期シナリオ	使用済燃料 ガラス固化体
スウェーデン	スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB)	1984	1981	1990	2008 試験的な処分 2020 本格的な処分	使用済燃料
ドイツ	連邦放射線防護庁 (BfS)	1989	1979	1986	2012	使用済燃料 ガラス固化体
フランス	放射性廃棄物管理機関 (ANDRA)	1979設立 1992再編独立	1975	1996建設申請	未定	ガラス固化体
日本	2000年を目途に設立	2000年目途	1998年から資金 確保の制度化に取組み	早期実現	2030年代から遅くとも 2040年代早ば目途	ガラス固化体



原子力発電所から発生する高レベル放射性廃棄物の処分対策について



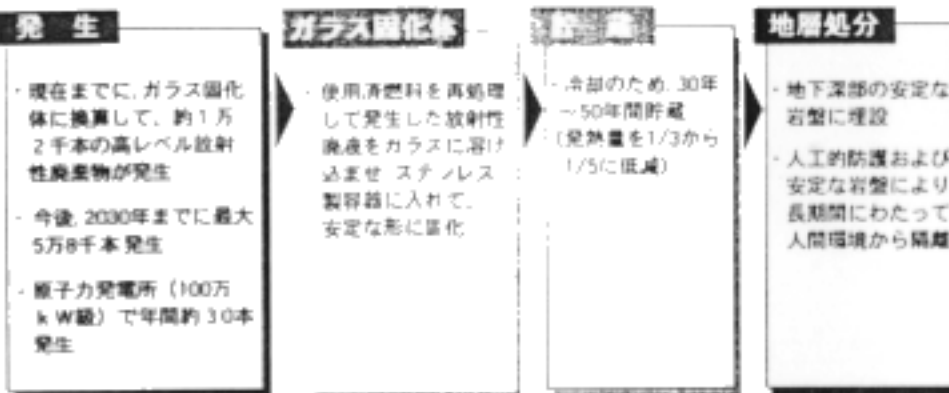
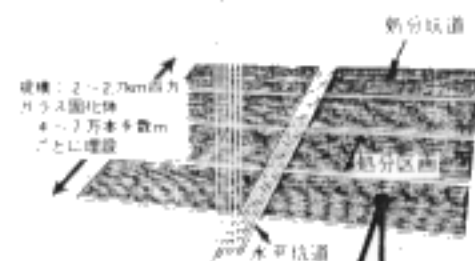
高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター【青森県六ヶ所村】



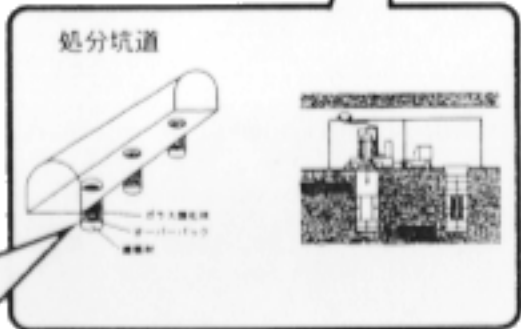
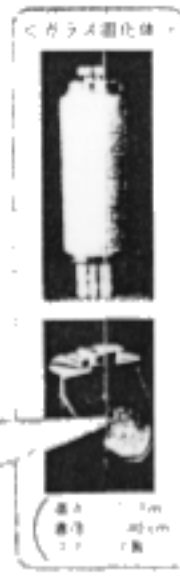
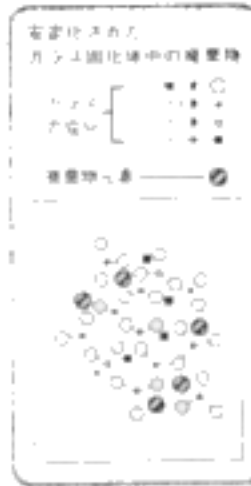
＜処分場の概念図＞



地下 数百mの深さ



低レベル放射性廃棄物埋設センター【青森県六ヶ所村】



社会の移り変わり ～わが国初の原子力発電所から現在まで～

一九九五	阪神大震災
一九九三	北海道南西沖地震
一九九〇	雲仙普賢岳噴火
一九八九	バブル崩壊、株価暴落
一九八八	ベルリンの壁崩壊
一九八六	昭和から平成に
一九八五	青函トンネル開通
一九八三	瀬戸大橋開通
一九七九	チエルノブイリ原発事故
一九七八	備蓄基地完成
一九七五	むつ小川原の国家石油
一九七三	日本海中部地震
一九七二	米TMI原発事故
一九七〇	第二次石油危機
一九六九	宮城県沖地震
	新幹線博多開業
	第一次石油危機
	新幹線岡山開業
	札幌冬季オリンピックピック
	大阪万国博覧会
	アポロ十一号月面着陸

1965

人口	9,828 万人
GNP	34 兆円
使用電力量	1,688 億kWh
自動車台数	700 万台
消費者物価指数	27
1人当たり国民所得	27 万円

1995

人口	1億2,557 万人
GNP	493 兆円
使用電力量	8,816 億kWh
自動車台数	7,000 万台
消費者物価指数	107
1人当たり国民所得	303 万円

1965年、日本初の
原子力発電所が
運転開始



現在までに、ガラス固化体に
換算して、約1万2千本相当の
高レベル放射性廃棄物が発生

100万kW級原子炉
を1年間運転

ガラス固化体
約30本が発生

1965年に日本初の原子力発電所が運転を開始してから30数年が経ち、その間社会ではいろいろなできごとがあり、また、様々な数字に見られるように、私たちの生活も変わってきました。現在、原子力発電は、全発電量の約3分の1を占めるまでになっており、発電に伴い、既にガラス固化体に換算して、約1万2千本相当の高レベル放射性廃棄物が発生しています。

※「高レベル放射性廃棄物処分への今後の取組みに関する意見交換会」で使用

原子力発電所の発電量と消費地の消費電力量の比較

若狭湾沿岸の原子力発電所の発電量
(関西電力 高浜・大飯・美浜、日本原電 敦賀)

平成7年度 716 億kWh

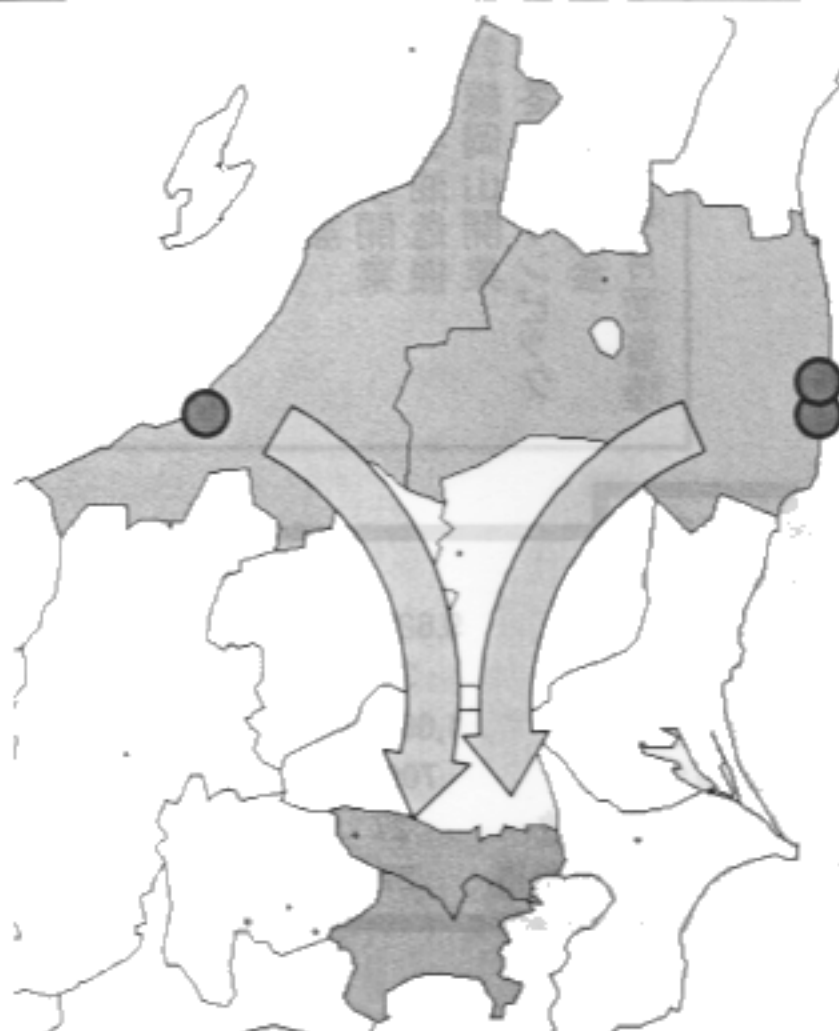
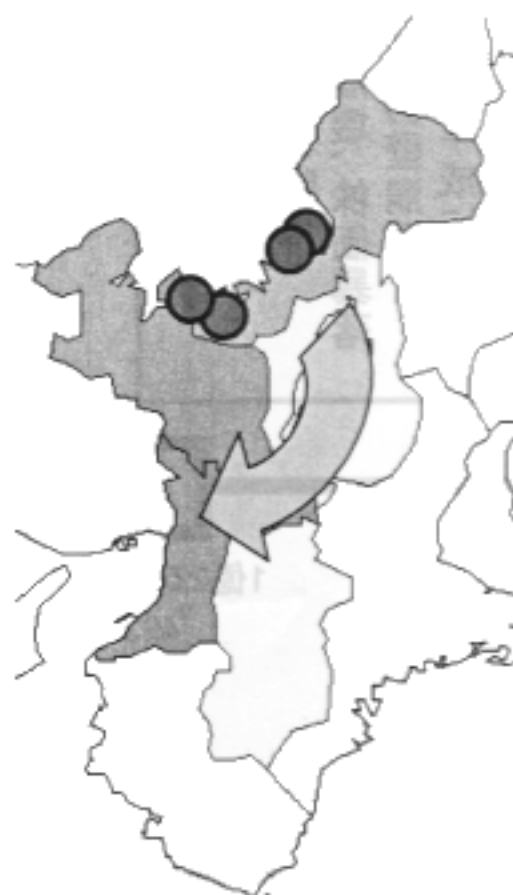
平成8年度 745 億kWh

福島県・新潟県の原子力発電所の発電量

(東京電力 福島第1・第2・柏崎刈羽)

平成7年度 1,069 億kWh

平成8年度 1,166 億kWh



京都府・大阪府の消費電力量

平成7年度 726 億kWh

平成8年度 738 億kWh

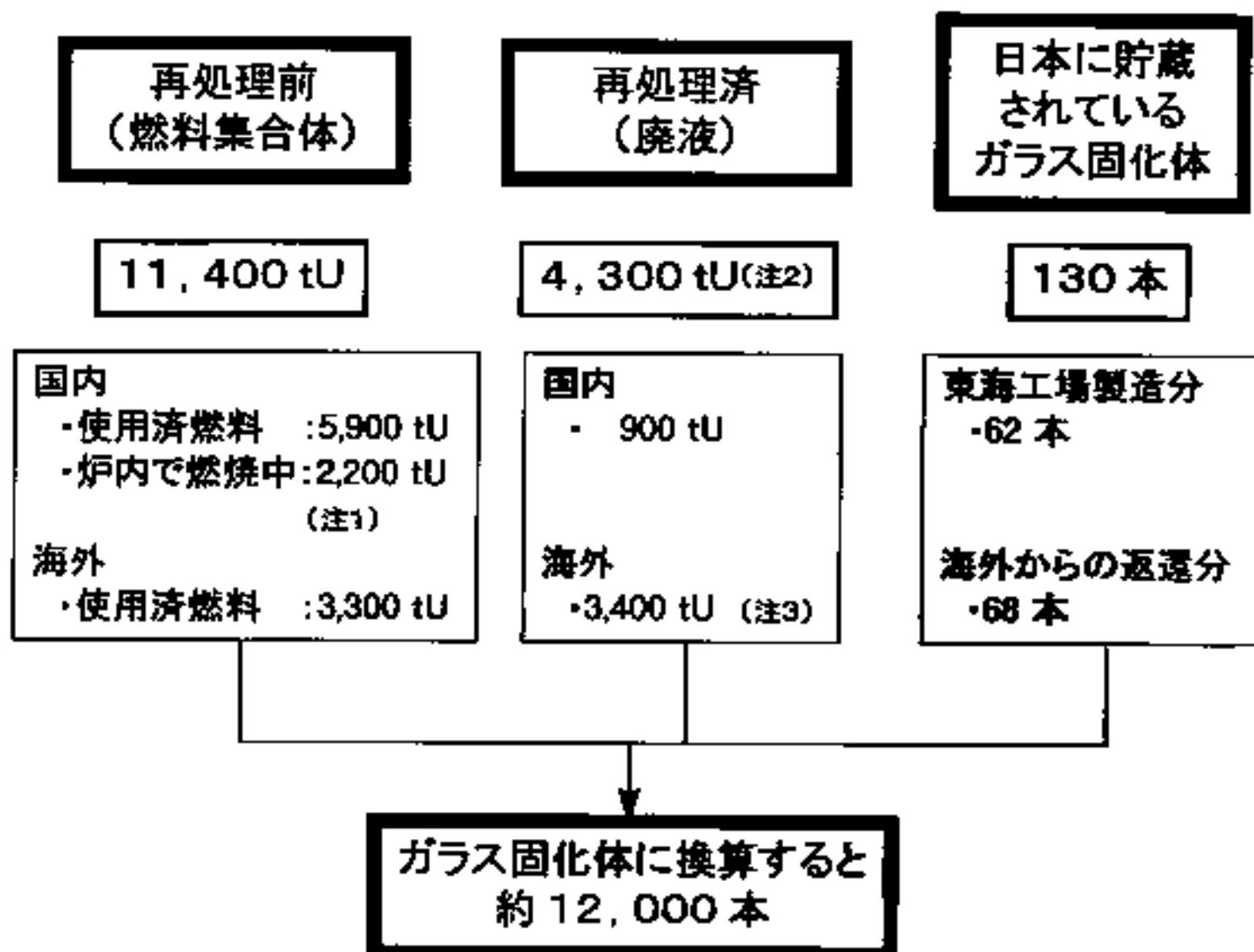
東京都・神奈川県の消費電力量

平成7年度 1,205 億kWh

平成8年度 1,207 億kWh

わが国では、平成8年度の発電量の約35%が原子力発電によって供給されています。各地域ごとに見ると、電力の大消費地域(主として人口密集地域)の消費量に相当する電力が、原子力発電によってまかなわれていると言えます。たとえば、福島県及び新潟県の原子力発電所では、東京都と神奈川県の消費量に匹敵する電力が、若狭湾沿岸の原子力発電所では、京都府と大阪府の消費量に匹敵する電力が、それぞれ発電されています。

高レベル放射性廃棄物の現状



(注1) 燃焼途中のため、全炉内装荷燃料の1/2。

(注2) 使用済燃料換算。高レベル放射性廃棄物の重量はこの3%程度。

(注3) 割り当て前のガラス固化体を含む。

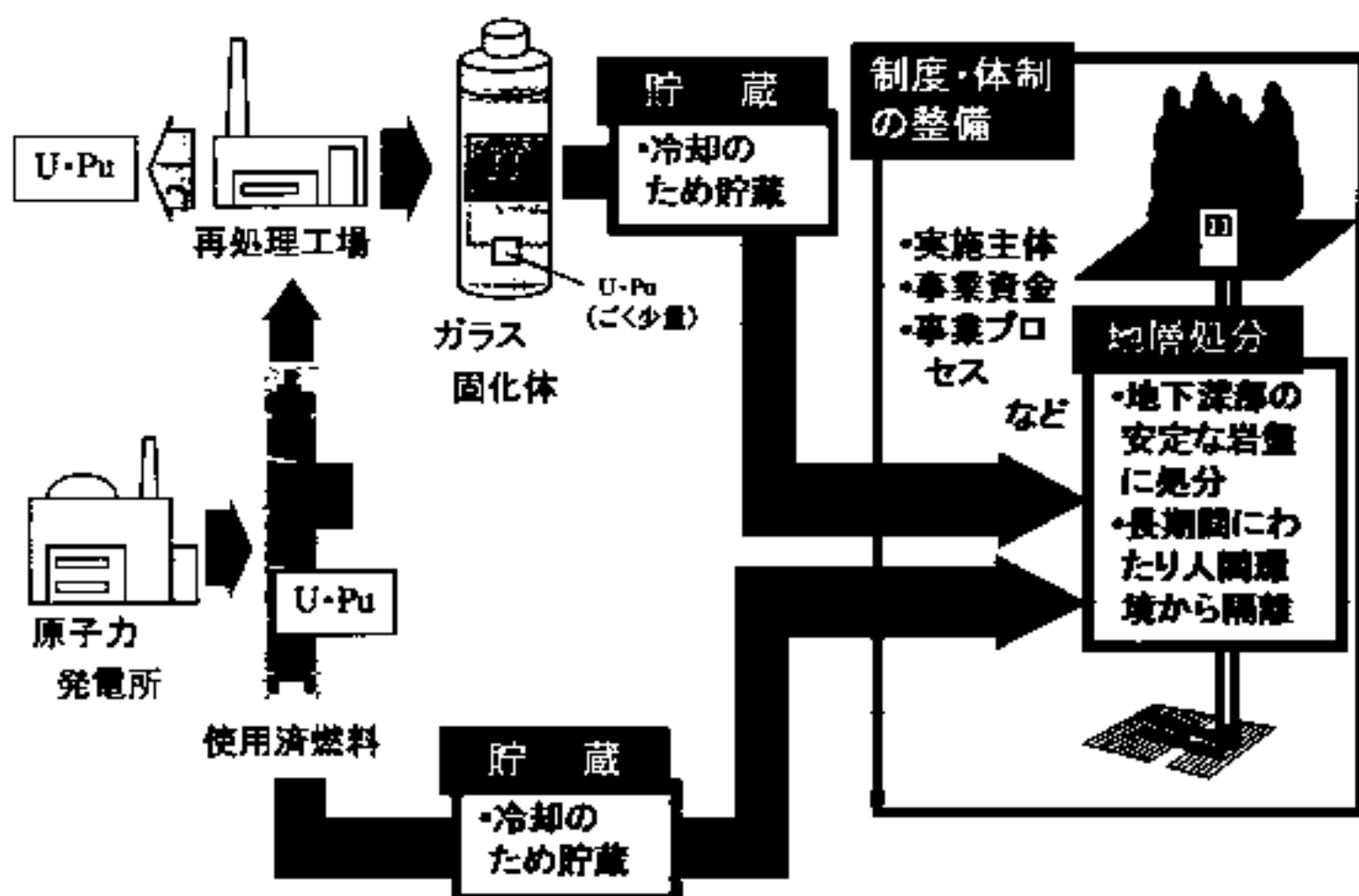
(平成9年3月末現在)

tU:ウラン燃料の量を表す単位。1tのウランを含むウラン燃料の量を1tUとする。

これまでの原子力発電による高レベル放射性廃棄物の量は、発電量から試算すると、平成9年3月末現在で、ガラス固化体に換算して約1万2千本と試算されています。これらは、

- ①使用済燃料
 - ②使用済燃料を再処理した際、ウラン・プルトニウムを回収した後に残る放射能レベルの高い廃液
 - ③廃液をガラス固化したもの
- の3つの形態で存在しています。

高レベル放射性廃棄物の発生から地層処分まで

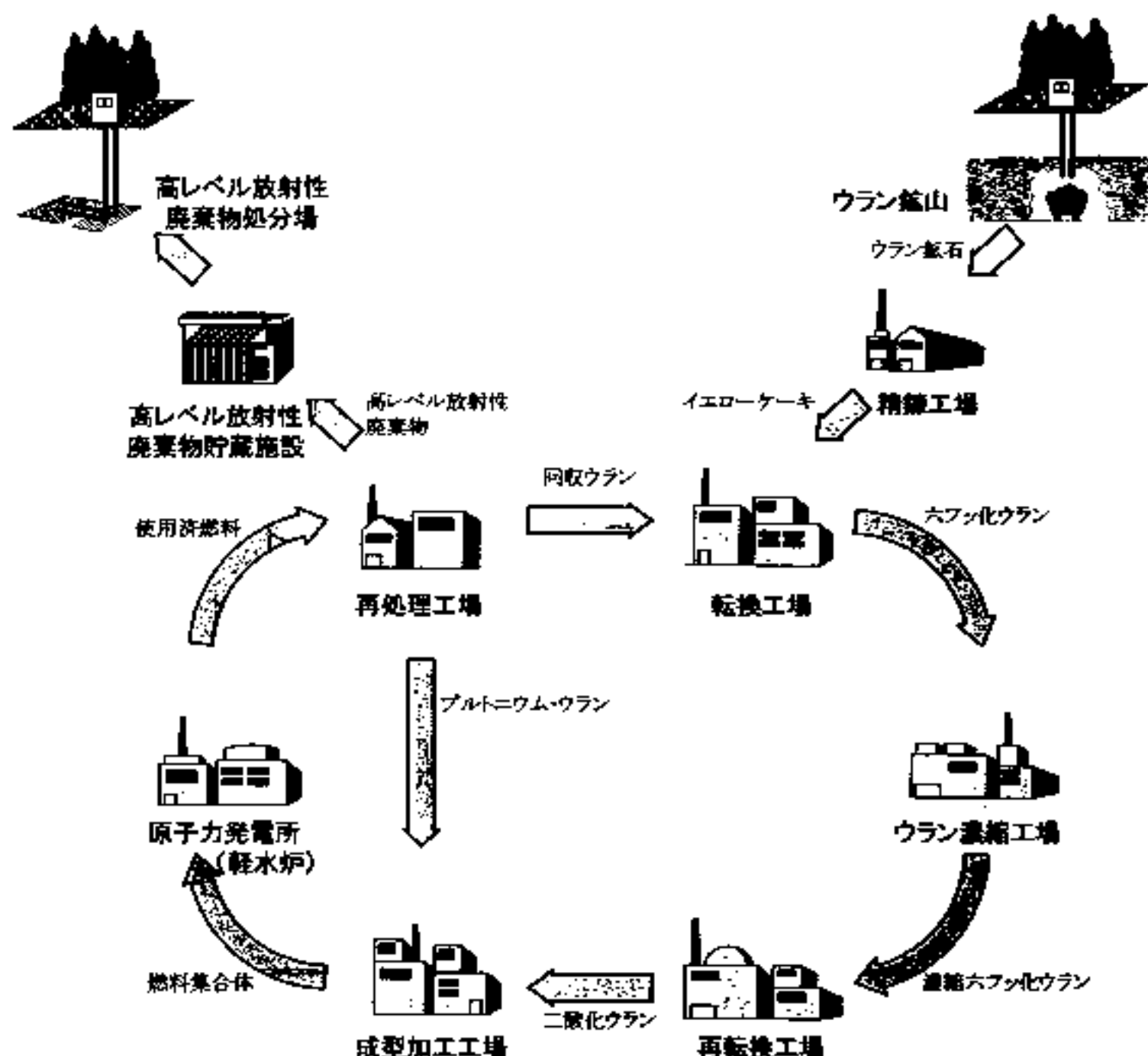


FP(Fission Product):核分裂生成物。ウラン(U)やプルトニウム(Pu)などの核分裂によって生成する核種。その多くは放射性核種であり、使用済燃料の放射能の大部分は、この核分裂生成物に起因するものである。

わが国では、原子力発電で発生する使用済燃料は、再処理してウランとプルトニウムを回収し、残った高レベル放射性廃棄物をガラス固化した後、30年間から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地層処分することを基本方針としています。原子力発電を行っている国の中には、使用済燃料を直接処分することを基本方針としている国もあります。

いずれの場合も、処分するガラス固化体あるいは使用済燃料を、冷却のため貯蔵した後、地層処分することが、世界的に基本方針となっています。

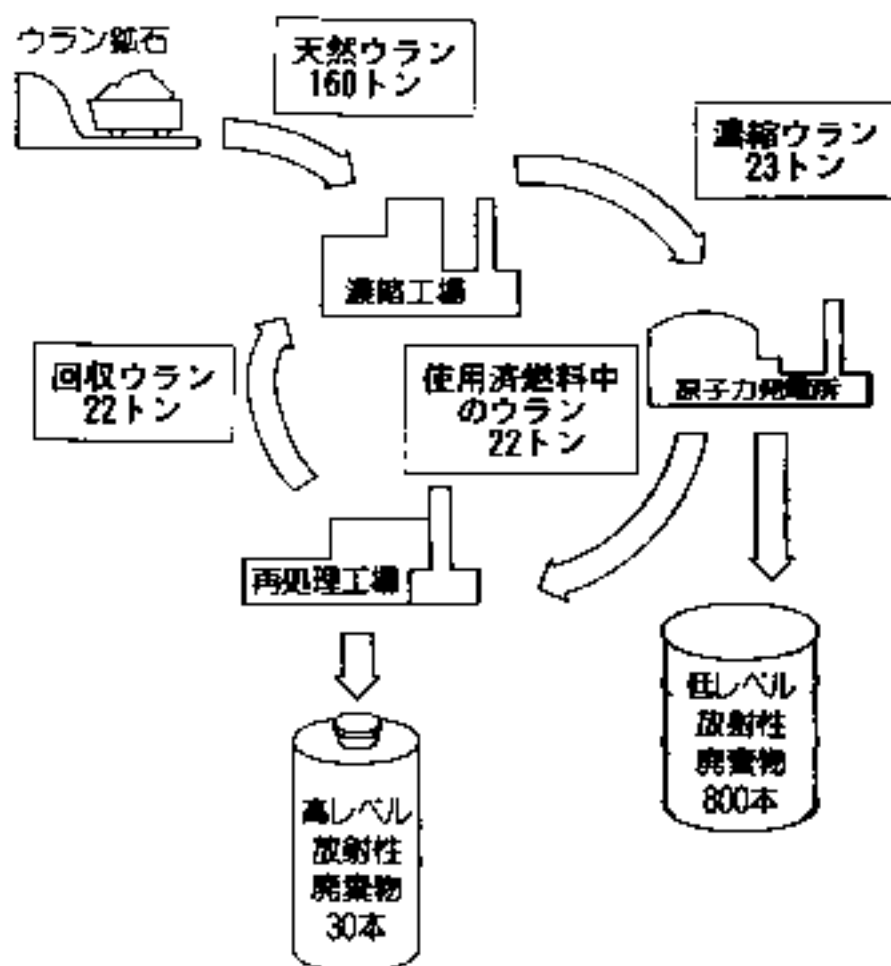
核燃料サイクルとは



原子力発電には、オーストラリア、カナダ、アメリカ、アフリカなどの地下に埋蔵されているウラン鉱石が燃料として使われます。ウランは石油や石炭と違って、一度使った燃料の中に燃え残りのウランと、新たに生じたプルトニウムが含まれています。このウランとプルトニウムを燃料として再び利用すれば、資源の有効利用がはかれます。図に示すような、このための一連の流れを核燃料サイクルと呼びます。

高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所の使用済燃料から、再処理によりウランとプルトニウムを取り出す際に分離されます。高レベル放射性廃棄物を安全かつ確実に処理処分することが、原子力発電にとっては重要な課題です。

核燃料サイクルから発生する廃棄物



100万kWの原子力発電所を1年間運転した場合の廃棄物の発生量

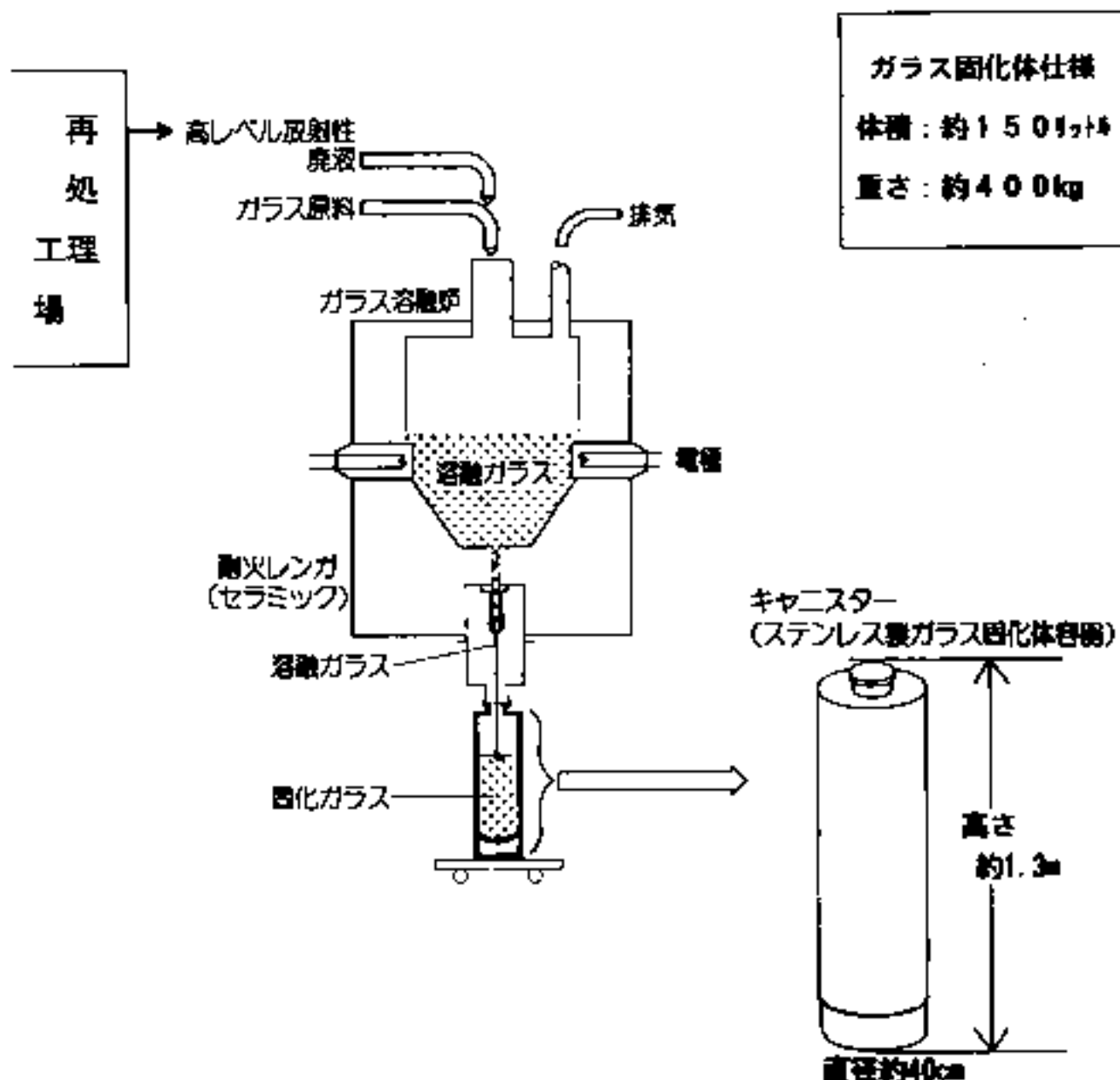
<高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）の発生量の見積り>

100万kWの原子力発電所1基を1年間運転すると、約30本のガラス固化体と約800本の低レベル放射性廃棄物が発生します。

なお、日本人1人が1年間に消費する電力量は約7,000kWh、100万kWの原子力発電所1基が1年間に発電する電力量は約70億kWhですので、100万kWの原子力発電所1基で約100万人分の電力量をまかなうことができます。

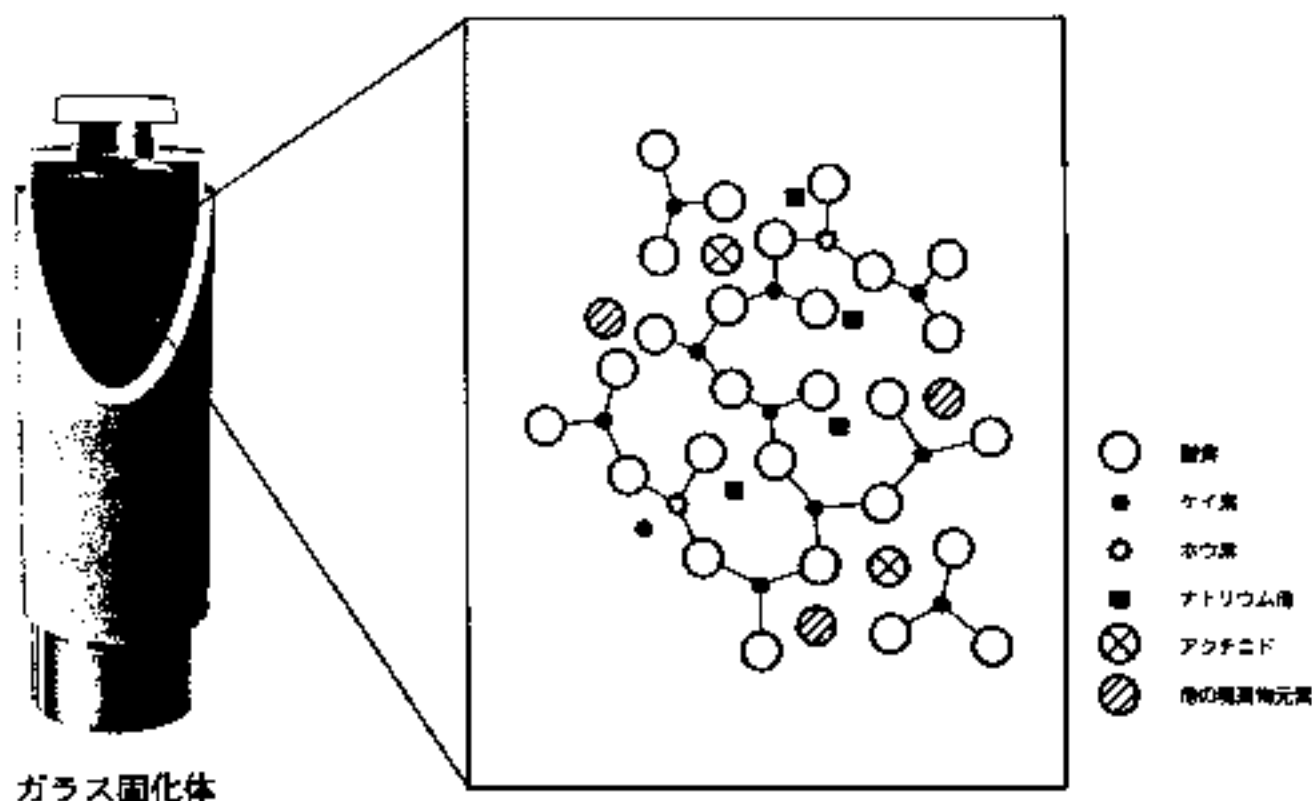
高レベル放射性廃棄物は、低レベル放射性廃棄物に比べその発生量自体は少ないのですが、放射性物質濃度が高く、また半減期の長い核種も含まれているので、長期間にわたり人間環境から隔離する必要があります。

高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）ができるまで



高レベル放射性廃液中の放射性物質は、長期間にわたり安定して封じ込めることに優れているガラスと一緒に溶かし、混ぜ合わせます。そして腐食に強いステンレス製の容器「キャニスター」に入れて固め、ガラス固化体にします。

高レベル放射性廃棄物を長期間安定に固化する材料 としてのガラスの特徴

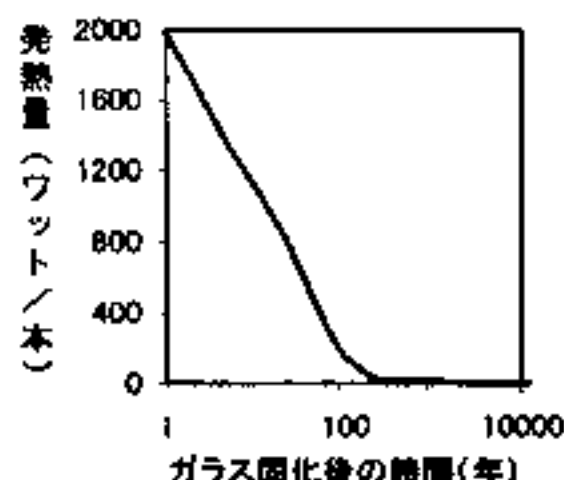


分子構造レベルでみたガラス網目構造中の廃棄物元素の存在状態

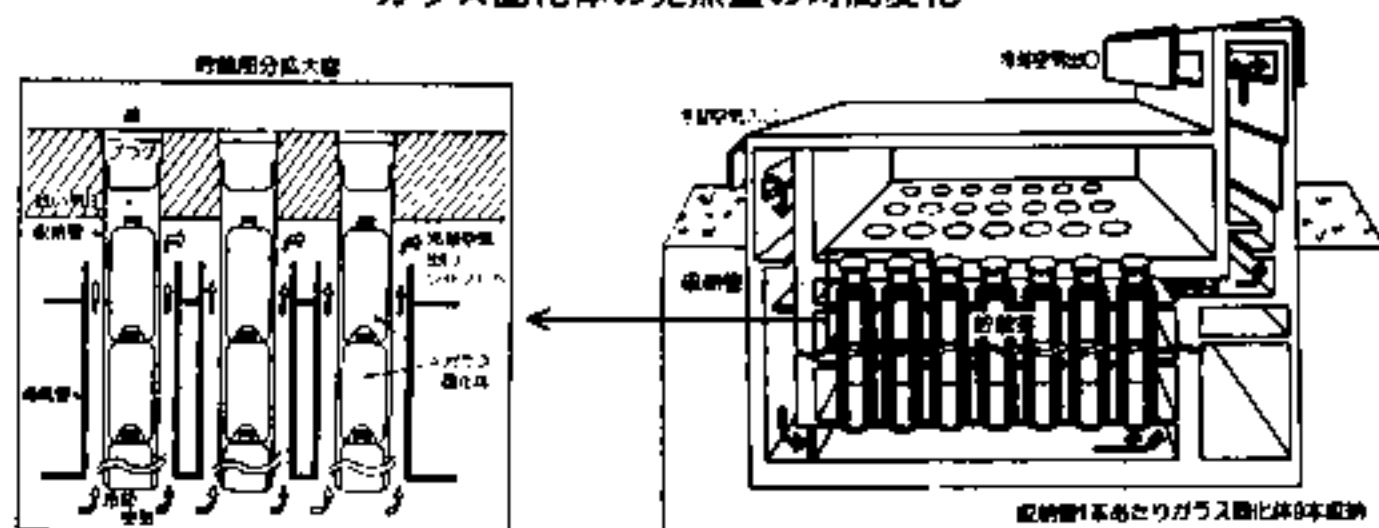
ガラスの化学構造は、主成分であるケイ素とホウ素が酸素を介して網目構造を形成するので、多種類の放射性物質が網目の中に入り均質で安定な一種類の物質になります。高レベル放射性廃液をガラスにより安定な形態に固化すると、アクチニド元素や他の廃棄物元素はガラスと混ざるのではなく、色ガラスの成分と同じように、ガラスと一体化したものになります。

ガラスには水に非常に溶けにくく、長期間にわたり変質しにくいという性質があります。このことは、古代の遺跡から、ガラス製品が輝きや鮮やかな色彩をほとんど失わずに出土していることからわかります。

ガラス固化体は30年から50年間程度 冷却のため貯蔵されます



ガラス固化体の発熱量の時間変化



高レベル放射性廃棄物貯蔵施設

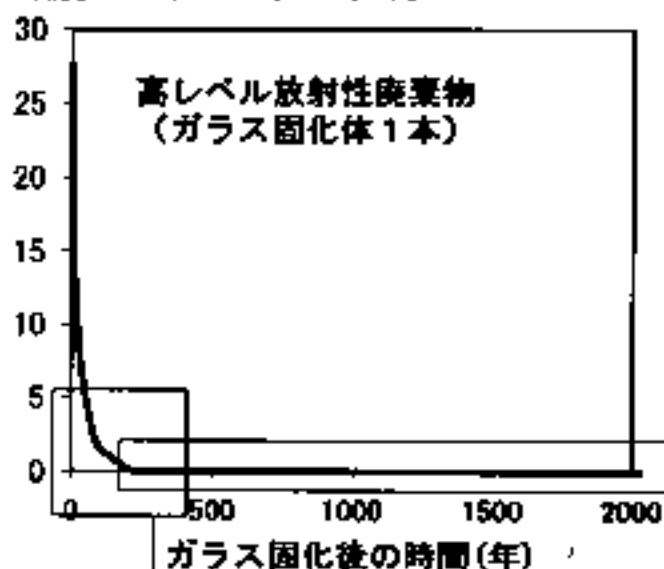
ガラス固化体は、その中に含まれる放射性物質が放出する放射線の影響で発熱しています。しかし、放射性物質の大半は半減期が短く、数百年で急激に放射能が減少します。

そのため、ガラス固化体は、地層処分を行う前に30年から50年間程度冷却のために貯蔵されます。貯蔵施設において、ガラス固化体は空気で冷却されます。

30年から50年間冷却することにより、発熱量は約3分の1から5分の1に減少し、安全な処分を行うことができるようになります。

高レベル放射性廃棄物の放射能は時間とともに減衰します

放射能[$\times 10^6$ ギガ・ベクレル/本]



高レベル放射性廃棄物には、

①放射能レベルは非常に高いが半減期は比較的短い放射性物質（例えば、セシウム-137は約30年、ストロンチウム-90は約29年）

②放射能レベルは比較的低いが半減期の非常に長い放射性物質（例えば、ネプツニウム-237は約214万年、ジルコニウム-93は約153万年）

とが含まれています。放射能としては前者の方が強いため、全体の放射能としては、初期の頃は非常に高く、数百年で急激に放射能は減少し、1千年後には約1万分の1に、1万年後には燃料を製造するのに使ったウラン鉱石と同程度の放射能にまで減衰します。

放射能[$\times 10^6$ ギガ・ベクレル/本]



①

注) ベクレル：放射能の強さを表す単位で、1ベクレルとは、1秒間に1個の原子が放射性崩壊する時の放射能の強さを表します。また、1ギガ・ベクレルとは1秒間に10億個の原子が放射性崩壊する時の強さを表します。

放射能[$\times 10^6$ ギガ・ベクレル/本]

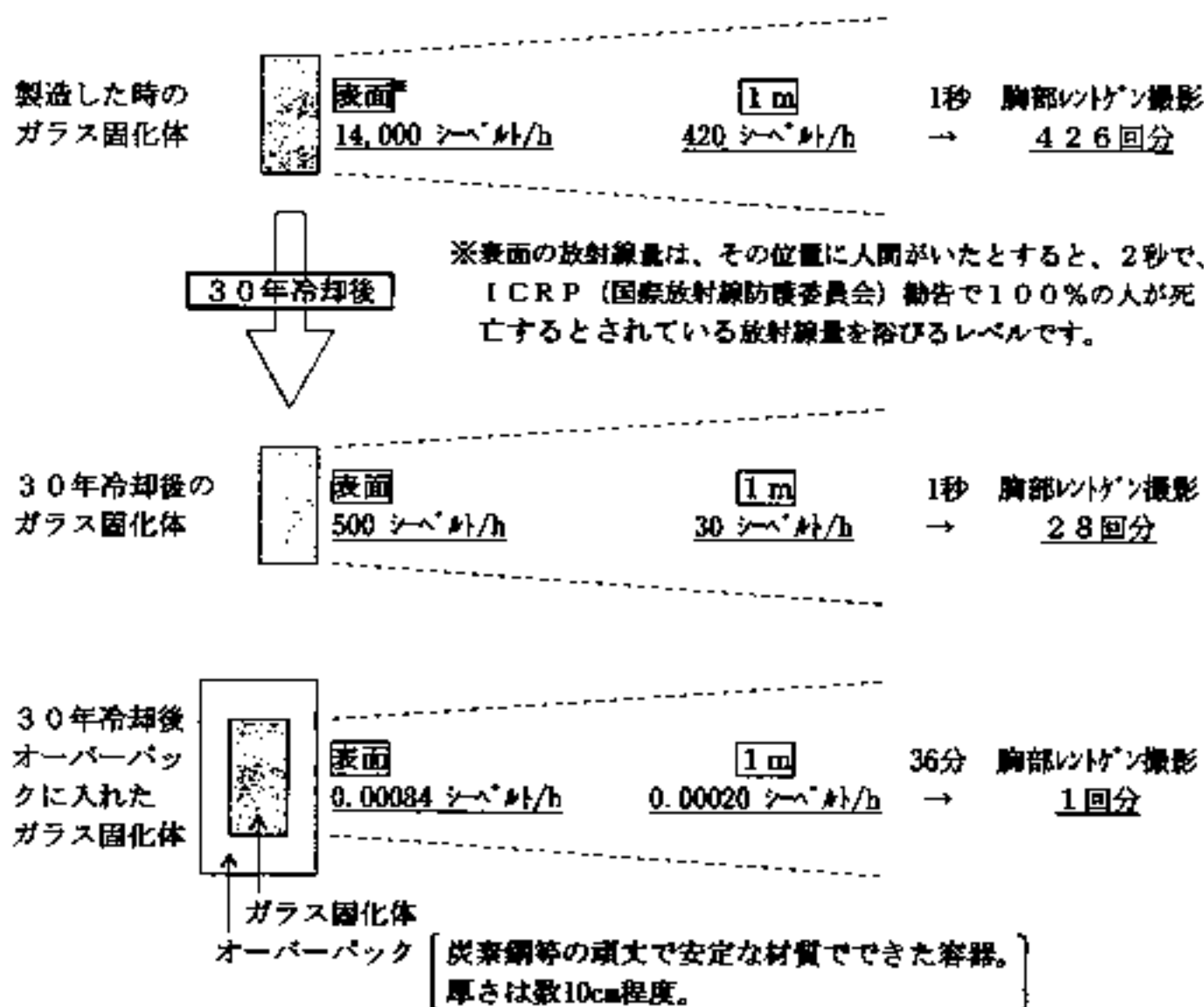


②

【新燃事案団「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-」より】

高レベル放射性廃棄物からの放射線量とその変化

ガラス固化体からの放射線量



シーベルト：放射線を受けたときの人体への影響を表す単位で、1 ミシーベルト は1 シーベルト の千分の1です。胸部レントゲン撮影1回で受ける放射線量は、約0.3 ミシーベルト になります。また、1時間で受ける放射線量を シーベルト/h で表します。

ガラス固化体は、非常に高い放射能を有しており、強い放射線が放出されています。

しかし、ガラス固化体を30年冷却すると、放射能は冷却前の5分の1程度まで減衰し、放射線量も小さくなります。また、ガラス固化体の周囲には人工バリアであるオーバーバック及び緩衝材、天然バリアである岩盤が存在するため放射線が遮へいされます。たとえば、中間貯蔵期間30年のガラス固化体をオーバーバックに入れた場合、オーバーバック表面での放射線量は最大で0.84 ミシーベルト/h (=0.00084 シーベルト/h)であり、遮へいがない場合と比べて非常に小さくなります。(放射線量の値は、処理条件等により多少変動します。)

このオーバーバックに入れたガラス固化体を数百メートル以深の地層中に処分すると、岩盤等によりさらに遮へいされます。

高レベル放射性廃棄物の減量と有効利用の研究

高レベル放射性廃棄物を処分する際には、

○初期の高い放射能と発熱量（半減期の短い放射性核種に起因）

○低いが長期間継続する放射能（半減期の長い放射性核種に起因）

が環境に及ぼす影響を考慮する必要があります。

そこで、高レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発を行う一方、高レベル放射性廃棄物中の放射能が減衰するまでの期間を短くする研究や、高レベル放射性廃棄物から発生する放射線や熱をエネルギー源と考え、これを有効に利用する研究も行われています。

1. 核種分離・消滅処理

高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種を共通した特徴を持つグループ毎に分離（核種分離）し、それぞれの特徴に応じて以下のように処分あるいは有効利用を図るものです。

①半減期の長い核種（超ウラン元素など）

原子炉や加速器を利用して半減期の短い核種あるいは放射線を出さない安定な核種に変換（消滅処理）して、廃棄物中の放射能が減衰するまでの期間を短くした後処分

②放射能が高く発熱量も大きい核種（ストロンチウム、セシウムなど）

発生する放射能や熱の有効利用を図り、放射能が低くなった後処分

③自然界では希少で有用な核種（白金族元素など）

触媒などとして有効利用

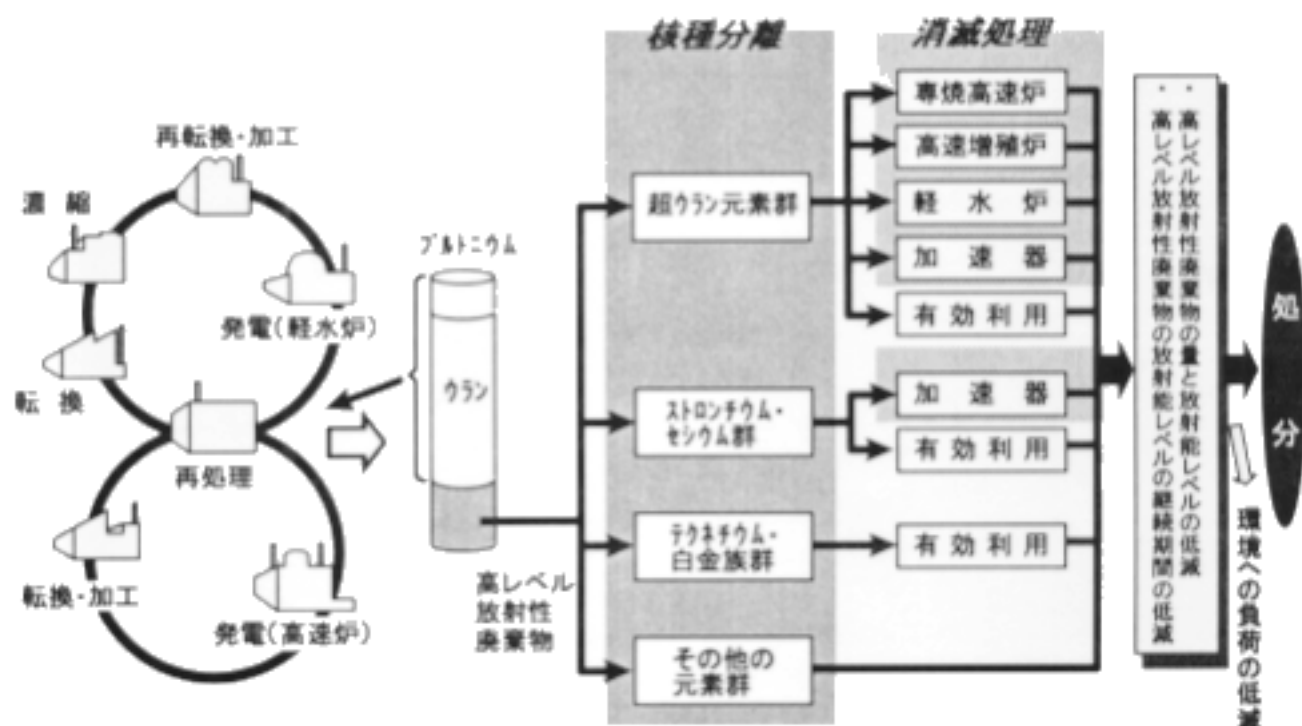
わが国では、日本原子力研究所、動力炉・核燃料開発事業団、財団法人電力中央研究所のほか、大学などにおいて基礎的な研究が行われています。

2. 高レベル放射性廃棄物の有効利用

高レベル放射性廃棄物は、初期の半減期の短い放射性核種に起因する高い放射能と発熱量を有しています。これをエネルギー源として捉え、放射線や熱を有効利用する研究が各研究機関において行われています。

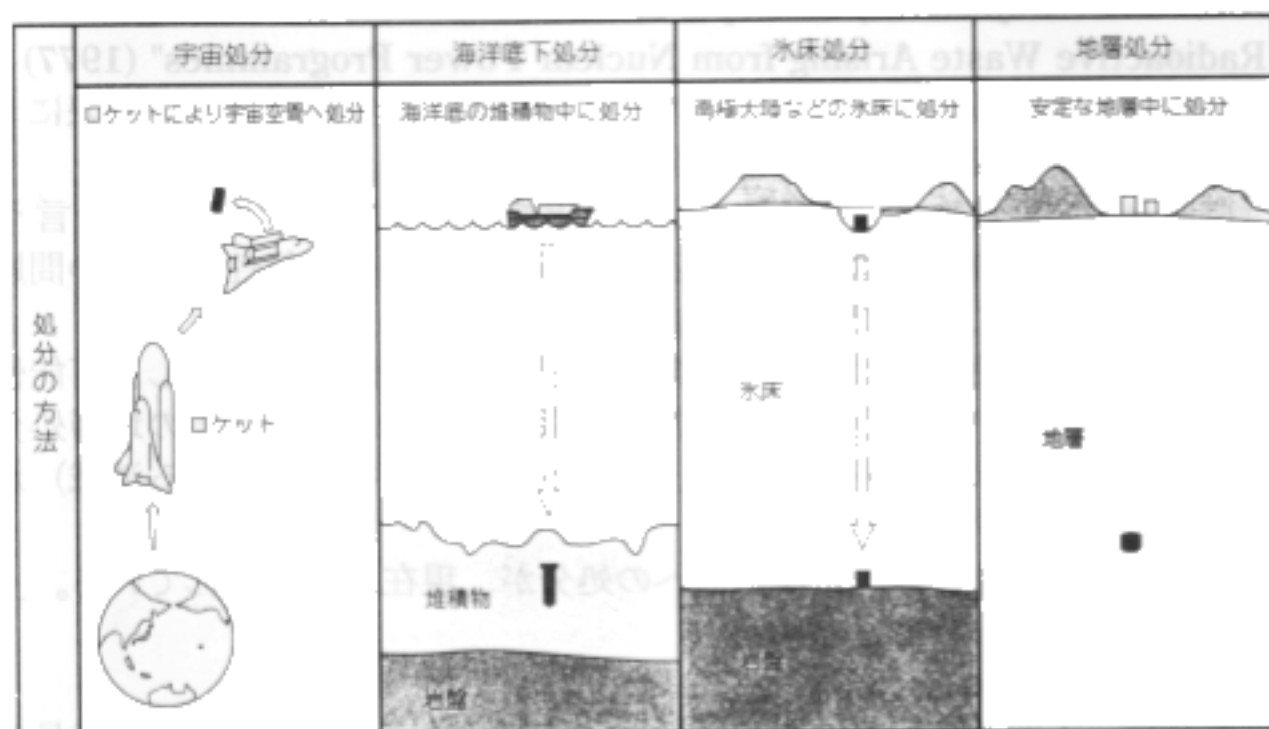
①高レベル放射性廃棄物からの放射線利用の研究例

- ・ フロン等の有害物質の分解
- ・ 放射線重合による高分子材料開発
- ・ 廃棄物からのガンマ線を電気に変換する「ガンマ線電池」



核種分離・消滅処理の概念

なぜ「地層処分」なのか？



高レベル放射性廃棄物は、現在、放射性物質が外に漏れないようにして、安全に貯蔵されています。しかし、非常に長い時間にわたって貯蔵することはできないので、人間の生活環境から遠く離れた場所に閉じ込めておく必要があります。

高レベル放射性廃棄物を閉じ込めておくのにふさわしい、人間の生活環境から遠く離れた場所としては、宇宙や、深い海の底、南極などの厚い氷の下、地下深い地層の中などが考えられます。

これらの場所のうち、地下深い地層の中は、石油や石炭、金属などの資源が長い間保存されており、物質を閉じ込めておく能力が非常に高いことがわかります。

そこで、処分を検討している海外の国々では、地下深い地層の中に高レベル放射性廃棄物を閉じ込める方法（地層処分）に着目し、これを基本方針としています。

廃棄物の貯蔵及び処分に関する国際的な検討

OECD/NEA "Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes" (1977)

- 「廃棄物管理の最終目標は、将来の世代の継続的な監視行為を最小限にし
ながら、放射性廃棄物を安全に処分することである。」
- 「貯蔵とは、廃棄物を、後に取り出すことを意図して定置することを言う。」
- 「したがって、貯蔵とは一時的な手段であり、長寿命放射性廃棄物の問題
の解決策とすることはできない。」
- 「この報告書の第IV章は長寿命廃棄物管理の問題を詳細に検討し、可能性
のある処分法といえそうな数種の方法（深地層処分、深海底下の地層処分、
海洋底上処分、氷河地帯への処分、宇宙への処分、核変換による消滅）が
あると結論している。」
- 「その中では、陸地の安定な地層への処分が、現在、最も優れている。」

OECD/NEA - Coady 報告書 - (1982)

- 「処分は、人間が継続的に関与するように設計すべきであるという意見が
ある。」
- しかし、「管理は、人工／天然バリアの機能を補完する機能を持つが、管
理を期待できる期間は、200～300年以内とするのが今日の世界的な合意で
あると考えられている。」
- したがって、「放射性廃棄物の処分は、主に無限の期間の監視とメンテナ
ンスを必要としない受動的な手段によるものであり、制度的管理は、その
継続性と効果が期待できる期間に限って処分の一部として適用できる。」

ICRP - 放射性固体廃棄物処分に関する放射線防護の諸原則 - (1995)

- 「たとえモニタリング計画をいつまでも維持することが可能であったとし
ても、長期間にわたる廃棄物処分場の安全性がずっと将来にとられる対策
に依存できないことは、一般に認められている。」
- 「これが貯蔵と処分の違いの一つである。」
- 「一般的な考え方では、このような管理は数10年間、少なくとも100
年は確実であるが、数100年経過した後には、確実性は徐々に低下し、
数1,000年後には全くなくなることになる。」

カナダ "The Management of Canada's Nuclear Wastes" (1977)

- 「使用済燃料を無限の期間にわたって地表の適切な施設において管理し、モニタリングを行い、損傷があれば修復を行うことが可能であるという意見がある。」
- 「われわれは、地表に処分することは、将来世代にわれわれが残した危険物を監視し続ける義務を残すものであるので、不適当であると考える。」
- 「その上、たとえ管理されていたとしても、地表における処分は、地下への処分と比較して、戦争、革命や、社会組織の崩壊といった、人間によってもたらされる災害に対して、脆弱である。」
- 「高レベル放射性廃棄物の処分方法として考えられる種々の処分オプション（地表における貯蔵、氷床処分、宇宙処分、大陸棚上または大陸棚下への処分、地層処分）を検討した結果、われわれは、先カンブリア紀の火成岩からなる地層への処分が最も可能性が高いと考える。」

カナダ 「放射性廃棄物処分概念についての環境影響評価報告書」（1994）

- 「貯蔵は暫定的な措置であり、恒久的な方策ではない。制度的管理に依存することなく長期にわたる安全性を確保するために、放射性廃棄物の管理は処分によることが必要である。」

フランス 「CNE（国家評価委員会）第1回報告書」（1995）

- 「CNEは、前述の考察とも放射性廃棄物管理の責任ある経験とも反する『単に決定を延ばすために行われる、期間を決めない中間貯蔵』というシナリオを排除する。このような手続きは、とりわけ法律の精神と一致していない。」
- 「委員会は深地層処分に関する研究の最重要性を認識している。」

イギリス 「放射性廃棄物管理政策レビューの最終結論」（1995）

- 「陸地における高レベル放射性廃棄物の地層処分については多くの国際研究が行われており、政府は、高レベル放射性廃棄物を最低50年間貯蔵した後の長期的な管理方法として、地層処分が好ましいオプションであると考える。」

「地層処分における環境と倫理の基準」 についての集約意見の概要

[経済協力開発機構(OECD)/原子力機関(NEA) 放射性廃棄物管理委員会(RWMC)](1995)
(「原子力白書」平成7年版より抜粋)

- 放射性廃棄物の長期管理方策の社会的受容に関する評価に当たっては、世代間及び世代内の公平の原則が考慮されることが必要である。
- 世代間及び世代内の公平の観点から、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。貯蔵は監視を必要とし、長期にわたる管理の責任を将来世代に残す。さらに、社会構造が安定しているとは限らない将来社会によって、やがては貯蔵が軽視される可能性がある。
- 他のオプションも検討した結果、地層処分は生物圏から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。
- 長寿命放射性廃棄物の地層処分方策は、
 - ①現在と同じリスク基準を将来も適用し、さらに将来世代への負担を制限することで、世代間の公平の問題を考慮できる。
 - ②科学的進展を考慮しつつ、数十年にわたる段階的な実行を提案することで、世代内の公平の問題を考慮できる。その結果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る。
- 地層処分の概念は、廃棄物の再取り出しは必要とされないが、たとえ地層処分した後でも、廃棄物の回収は不可能でない。

使用済燃料及び放射性廃棄物の管理の安全に関する条約 (仮訳)

使用済燃料及び放射性廃棄物の安全管理に関して各国の安全水準を高めることを主な目的として作成された「使用済燃料管理の安全及び放射性廃棄物管理の安全に関する合同条約」は、１９９７年９月の同条約に関する外交会議において採択され、同月のＩＡＥＡ総会において署名のために開放されました。

前 文 (抜粋)

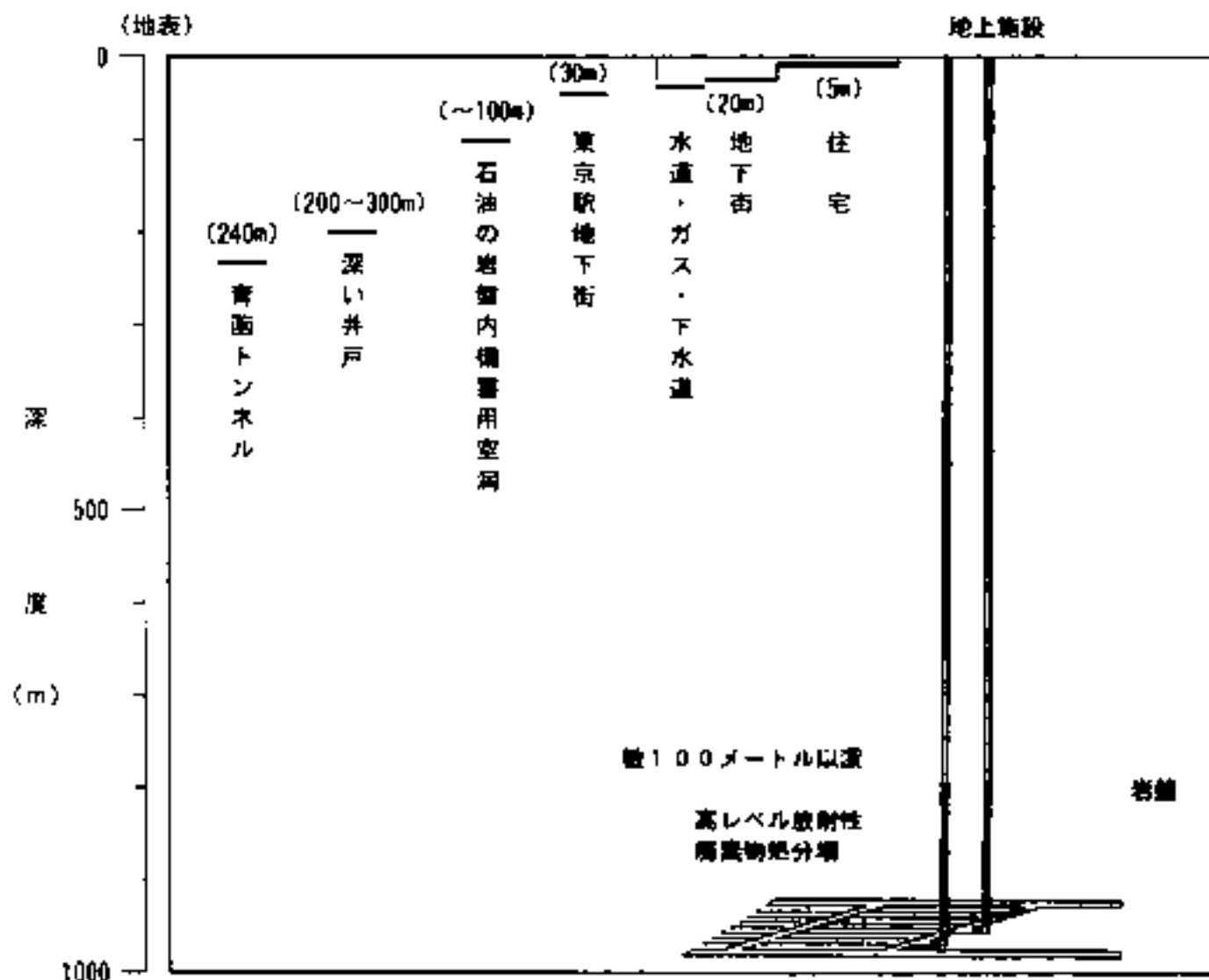
締約国は、

(中略)

- (xi) 放射性廃棄物がその安全で効率的な管理と両立する限り、当該放射性廃棄物が発生した国内において処分すべきものであることを確信しつつ、
また、特定の場合において、特に国内の廃棄物が他の締約国との共同事業から発生するときは、一方の締約国の利益のために他方の締約国の施設を利用するとの締約国間の協定を通じて、使用済燃料及び放射性廃棄物の安全で効率的な管理が助長され得ることを認識し、

(中略)

高レベル放射性廃棄物はわれわれの生活圏から 離れた深い地層中に隔離します



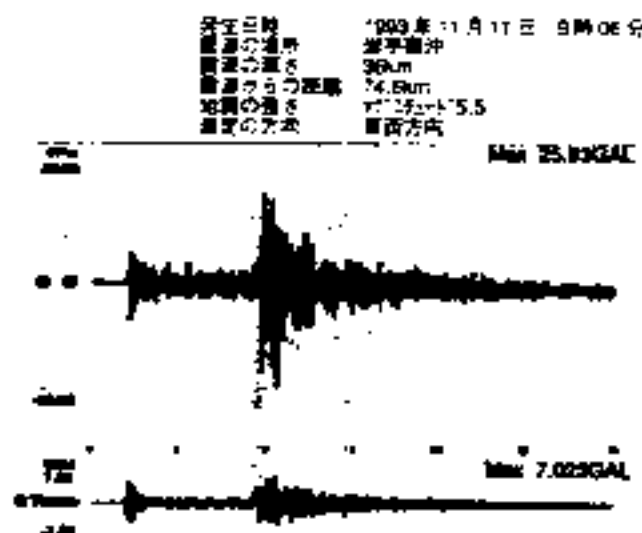
高レベル放射性廃棄物は、その放射能が減衰するまでの期間が非常に長いので、人間の活動が及ばない深い地層中に処分することが望ましいといえます。人間の地下利用は、高層ビルの基礎杭で65メートル程度、地下鉄工事の深い所でも50メートル程度です。

深部地質環境の特徴

～地質環境の長期安定性～

○地震による影響

地震の震動は、地表付近のやわらかい地盤の中を伝わる間に増幅されるので、地震による地下での揺れは地表ほど大きくありません。実際に地下の坑道の中で観測した結果、地震による揺れは、地表の2分の1から3分の1程度でした。



釜石鉱山における地震波形の観測例

上：地表、下：地下300m

GAL:地震の加速度の単位

○火山による影響

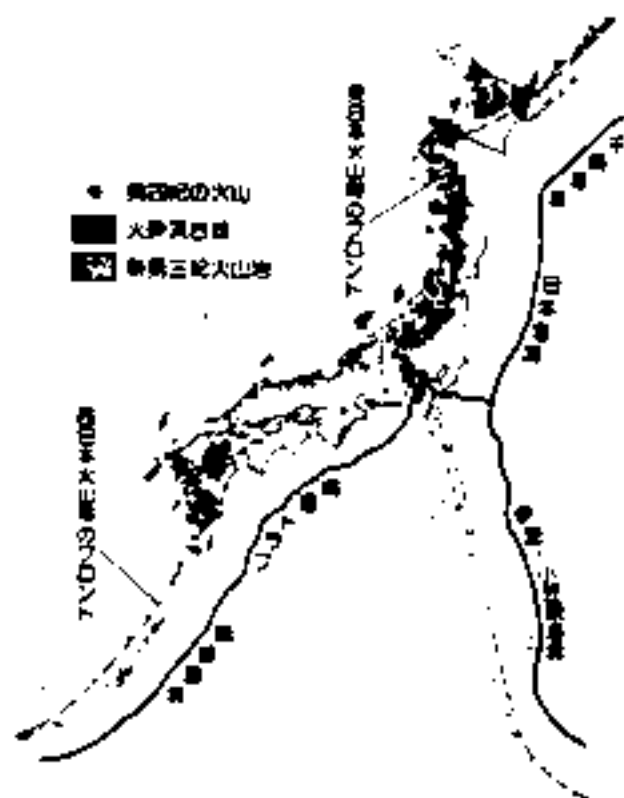
日本における火山の分布には明瞭な地域性が見られ、過去1千万年以上にわたって火山活動が全く起こっていない地域が存在しています。

○断層活動の影響

わが国における活断層の分布はほとんど把握されており、たいへん局所的に存在していることがわかっています。

○隆起・沈降・侵食の影響

わが国における隆起・沈降及びそれに伴う侵食は、過去数十万年程度の時間スケールを通じて、地域性を持って継続していると考えられます。



日本における火山の分布

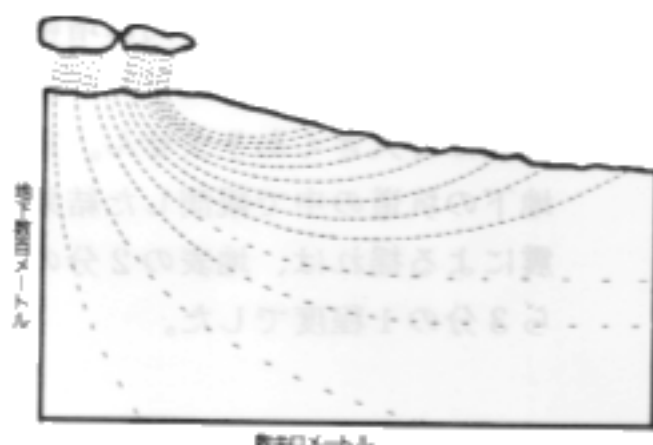
深部地質環境の特徴

～地下水の特徴～

○地下水の動き

雨水は、川となって海に流れたり、地下にしみ込んだりします。地下にしみ込んだ地下水も、再び地上に出ます。

一部は地下深くにしみ込みますが、厚い岩の重みで地下深部の地層にはすき間がほとんどなく、水圧の高低差も小さいため、地下水の動きは非常に遅く（1年間で数cm程度）、また、量も少ないことがわかっています。

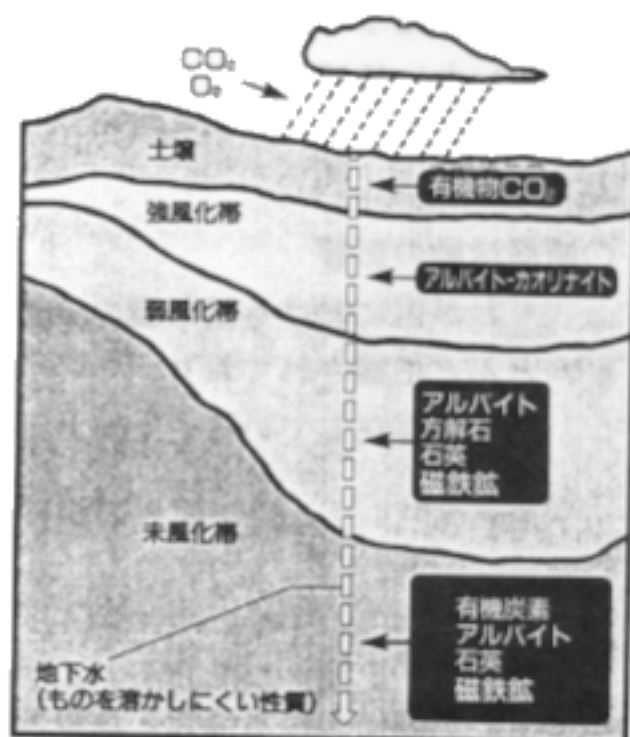


地下水の動き

○地下水の物質を溶かす力

地下水は、雨水が地下にしみ込んでいく途中で地下のいろいろな成分と反応してできたものや、海水が地下に閉じ込められ周囲の成分と反応してできたものがあります。中には、1万年以上前に降った雨水が浸透したものや、数億年も前の海水が閉じ込められていることもあります。

このようにしてできた地下深部の地下水は、地上の水のように多くの酸素が含まれておらず、酸素濃度はほぼ0であるため、金属はさびにくく、多くの放射性物質もほとんど溶けないことがわかっています。



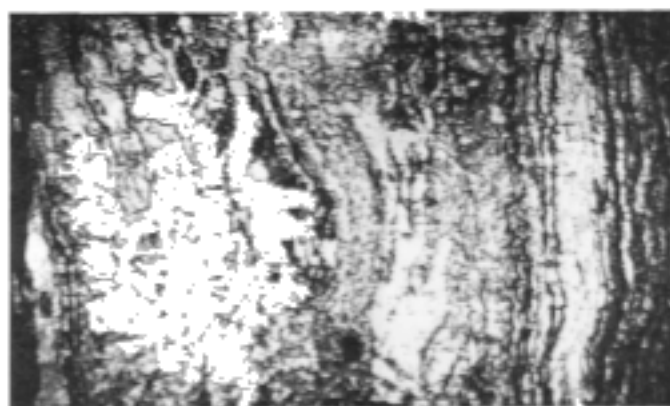
地下水の化学的性質

方解石、石英、磁鉄鉱、カオリナイト、アルバイト（斜長石）は、地層中の代表的な鉱物の種類

深部地質環境の特徴 ～物質を保存する能力～

○物質を閉じ込める能力

地下1,000メートル程度までの深地層には、石油や石炭、鉄等の有用金属の鉱床を何百万年、何千万年という長期間にわたって安定な状態で保存してきました。酸素濃度はほぼ0であり、地下水の動きもきわめて遅い（1年間で数cm程度）ので、鉱床中の金属がさびることもありません。つまり、地下はものを閉じこめるのに適した場所といえます。



金銀石英脈の保存例

（鹿児島県菱刈鉱山、左右1.8mの白い帯）

○考古学的出土品を利用した物質の保存の研究例

金属の考古学的出土品を調べることにより、長期間にわたる金属の腐食挙動を評価する研究が行われています。わが国においては、地下よりも条件が厳しいとされる地表近くに約1,800年間埋まっていた青銅製銅鐸を調査した結果、銅の腐食速度として1,000年間で約1mmという値が得られています。



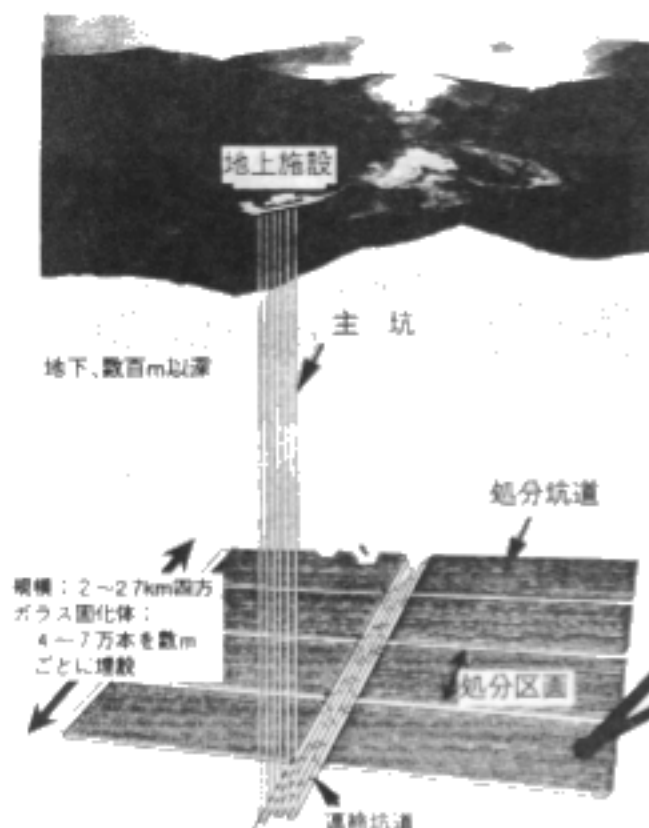
約1,800年間埋まっていた青銅製銅鐸

○ガラスの安定性

ガラスは、水に非常に溶けにくい化学的にも安定した物質です。古代の遺跡からは、ガラス製品が輝きや鮮やかな色彩をほとんど失わずに出土しており、1万年ぐらいいればほぼ安定した状態で残っていると言われていいます。

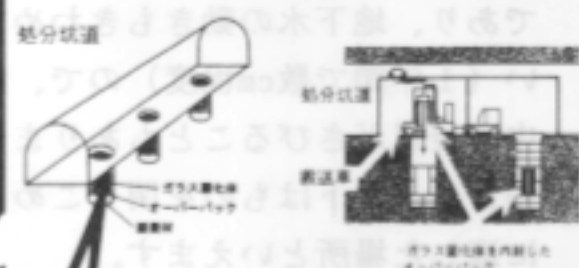
地層処分の概念

<処分場の概念>

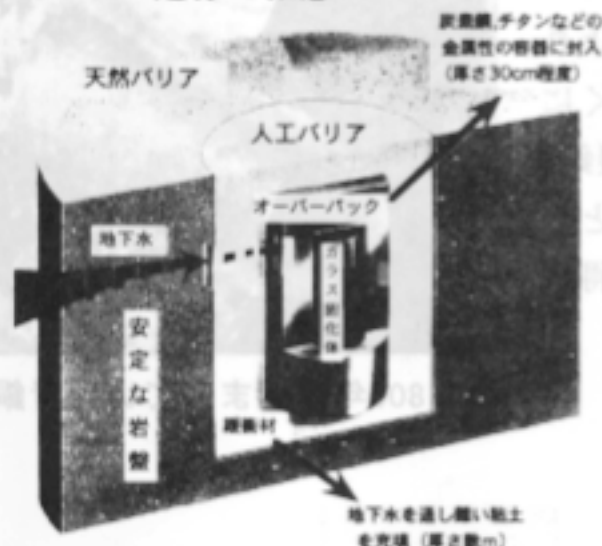


地層処分では、地下水を介して人間に影響を及ぼすことのないように、人工バリアと天然バリアとを組み合わせた多重バリアシステムによって、非常に長い期間の安定性が確保されと考えられます。

<埋設の概念>



<処分の概念>



ガラス固化体

放射性物質を安定なガラスとして固めたものです。ガラスは、放射性物質が地下水に溶かし出されるものを抑えます。

オーバーバック

ガラス固化体を封入する金属性の容器です。この容器は地層の中では腐食しにくいので、長い間、地下水がガラス固化体に近づくのを防ぎます。

緩衝材

オーバーバックと地層の間にベントナイトと呼ばれる粘土を充填し、地下水の侵入と放射性物質の移行を制御します。

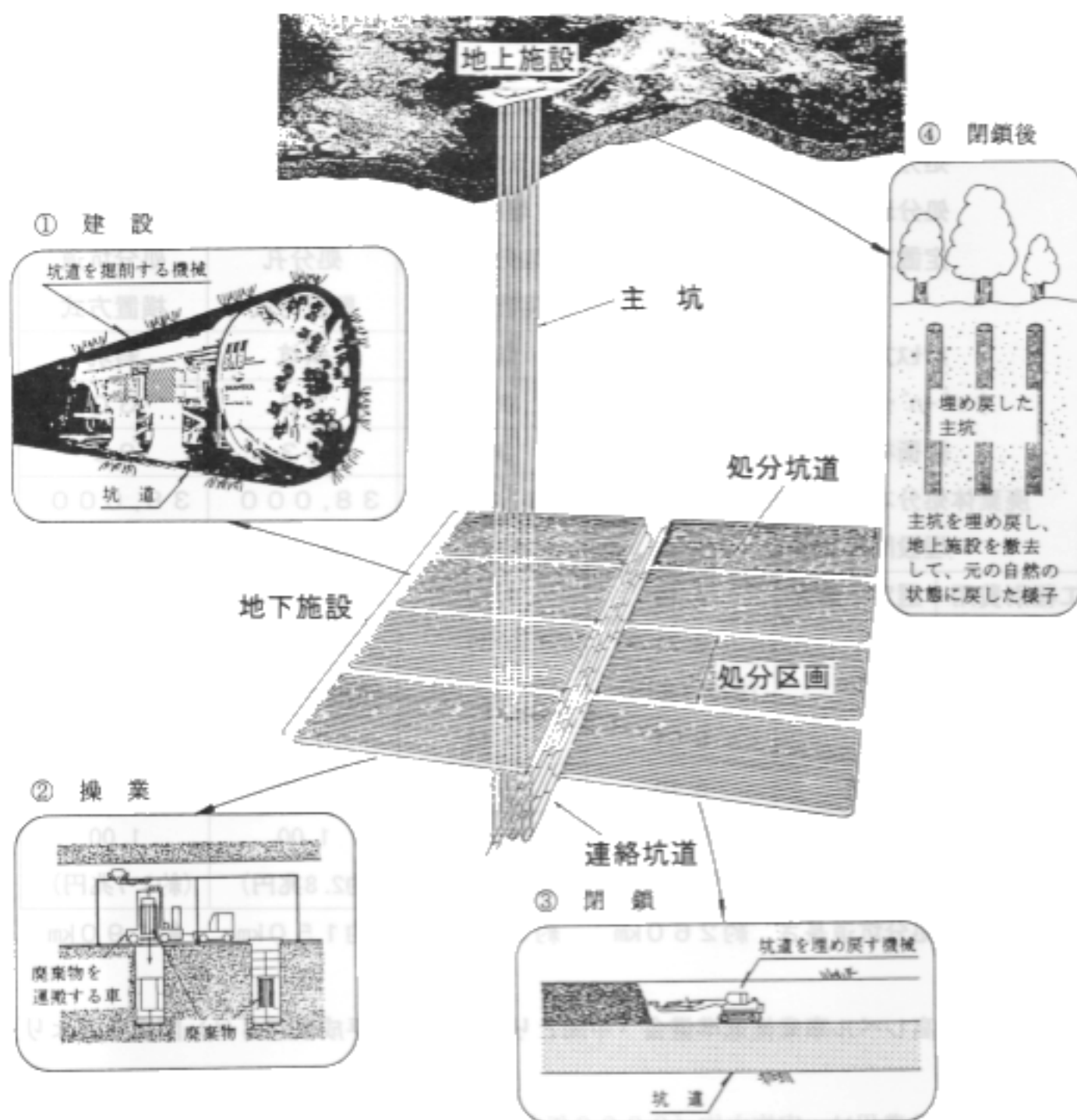
天然バリア

岩石が放射性物質を吸着することによって、核種の移動を遅くします。

人工バリア

地下水への放射性物質の溶出を少なくするため、地下水との接触を遅らせ、放射性物質が周辺の地層中に移行することを防ぎます。

高レベル放射性廃棄物の処分場の建設から閉鎖まで（例）



①地下の処分場にアクセスするための主坑、連絡坑道、高レベル放射性廃棄物を埋設する処分坑道を掘削します。

②処分坑道に緩衝材のベントナイトのブロックを設置し、ブロックの空間にオーバーパックされたガラス固化体を定置します。

③坑道に埋め戻し材を充填して、坑道を閉鎖します。

④主坑を埋め戻し、地上施設を撤去して、元の自然の状態に戻します。

処分費用試算例

処分ケース		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
	処分深度(m)	500	500	500	500
	処分岩種	結晶質岩	堆積岩	結晶質岩	堆積岩
	定置方式	処分孔 縦置方式	処分坑道 横置方式	処分孔 縦置方式	処分坑道 横置方式
	70kV方式	斜坑	斜坑	斜坑	斜坑
	オーバーハング厚(cm)	30	30	30	30
	緩衝材厚(cm)	33	98	33	98
	廃棄体処分本数(本)	70,000	70,000	38,000	38,000
埋設間隔(m)		3.4	4.5	3.4	4.5
工程別費用 (割合)	選定・調査	0.15	0.10	0.17	0.14
	建設	0.21 (約0.7兆円)	0.35 (約1.8兆円)	0.20 (約0.6兆円)	0.31 (約1.1兆円)
	操業	0.54	0.46	0.51	0.45
	その他	0.10	0.09	0.12	0.10
	合 計	1.00 (約3.5兆円)	1.00 (約5.2兆円)	1.00 (約2.8兆円)	1.00 (約3.7兆円)
処分坑道長さ		約260km	約330km	約150km	約190km

〔高レベル事業推進準備会「中間とりまとめ」(平成8年5月)関連資料より〕

上に示した処分費用は、実施主体(2000年を目安に設立)が行う処分予定地の選定を始め、処分場の建設、操業等にわたる試算の一例です。原子力発電1kWhあたりに直すと、数銭から10銭程度となります(原子力発電の発電原価は、1kWhあたり9円程度)。なお、現在の総発電電力量に占める原子力発電の比率は3割程度であるため、電気料金1kWhあたりではその3分の1程度になります。

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」（抜粋）

平成9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は、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」をとりまとめました。

本報告書は、関係研究機関が2000年までに、地層処分の技術的信頼性を明示し、処分予定地の選定及び安全基準の策定に資する技術的拠り所を提示する、いわゆる第2次とりまとめにあたっての研究開発等の進め方について、基本的考え方、技術的重点課題を示したものです。

以下は、報告書からその内容について概説した部分を抜粋したものです。

第1部 基本的考え方

第1章 概説

高レベル放射性廃棄物は、当初は放射能が高く発熱量も高い状態にあるが、30～50年で埋設可能な発熱量となり、含まれる大部分の放射性物質の放射能は数百年の間に急速に減少する。一方、一部の放射性物質は放射能は低いものの寿命が長いので、長期にわたって放射能が存在する。

地層処分は、このような特徴を有する高レベル放射性廃棄物をガラス固化体という安定な形態とし、人の生活圏から離れた深地層中にそれを安全に埋設することによって、人間環境に有意な影響を及ぼさないようにする措置である。

深部の地質環境は、一般に地表近くの環境に比べ極めて長期の地質学的時間にわたり安定であると考えられている。したがって、処分場として適切な地点を選べば、放射能レベルが高い期間や、その後の期間においても、埋設された廃棄物が人間環境に有意な影響を及ぼさないようにすることができると考えられる。この際、深地層に存在すると想定される地下水の中に放射性物質が溶出する可能性について考慮しておくことが重要であり、このために多重の防護系（多重バリアシステム）を設けるのが基本的な考え方である。この考え方は高レベル放射性廃棄物の地層処分を検討している各国に共通のものである。

本専門部会は、動燃事業団が関係研究機関の協力を得て2000年前までに公表することとしている第2次とりまとめに向けて、基本となる技術的考え方と第2次とりまとめに盛り込まれる事項及び第2次とりまとめに向けて実施すべき技術的重点課題について以下のとおり審議した。

まず、地層処分の技術的信頼性に深く関わる地質環境の長期安定性について、とくに変動帯に位置するわが国の地質学的条件を念頭に、地層処分による安全確保に関連する時間スケールについて審議した。次に、地層処分システムの長期間にわたる安全性を解析評価するにあたり、その方法論、とくに時間の経過に対応させた評価と安全指標をどのように考えるべきかを審議した。

さらに、処分場の管理について技術的な観点から審議するとともに、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などに際して技術的拠り所とするために第2次とりまとめに盛り込むべき技術的事項について審議した。また、第2次とりまとめが広く国民に理解され信頼を得るために考慮すべき研究開発の透明性や評価のあり方についても審議した。

最後に、第2次とりまとめにあたっての技術的重点課題を具体的に審議した。これについては本報告の第2部にまとめて示した。

以下に本報告の概要を示す。

1. 地質環境の長期安定性

わが国は変動帯に位置しているが、天然現象の中で、地震・断層活動、火山・火成活

動などの急激な現象については、これまで長期にわたり限られた地域で起こっており、活動及び活動範囲の移動は規則的に推移しているため、その影響を受けない地域の地下深部に処分施設を設置することが可能と考えられる。また隆起・沈降・侵食、気候・海水準変動などの緩慢・広域的現象については、その変化の規則性が過去の地質学的記録から類推できるため、長期にわたりこれらの影響や範囲を推定することが可能と考えられる。このような考え方に基づき、天然現象が地層処分システムへ及ぼす可能性のある影響の性質やその範囲に関する知見を得るための研究の進め方について示した。

2. 地層処分システムの安全評価

第1に、地層処分システムの安全評価にあたって、高レベル放射性廃棄物による人間環境への放射線の影響について、地下水を介して人間に影響が及ぶ場合と、将来の人間活動あるいは天然現象により人間と高レベル放射性廃棄物との物理的距離が接近する場合の2つを考慮しておくことが必要であることを示した。

第2に、地層処分システムの安全評価を行う際の時間スケールについて、人間環境の長期的な変化、地質環境の長期安定性及び放射線源としての高レベル放射性廃棄物の特性の観点から検討し、第2次取りまとめにおいては、地層処分システムの安全評価として時間スケールを限ることなく放射線量の評価を行うことが適切であることを示した。

第3に、安全評価の指標として、放射線量を基本とし、それに対応した線量基準としては諸外国の例を参考とすべきことを示した。また、遠い将来については天然の放射線レベルに有意な影響のないことを確認するための補充的評価指標についても検討すべきであることを示した。

3. 処分場の管理

処分場の地質環境と地層処分システムの状態を監視し安全性を確認するため、建設から閉鎖までの各段階に取得すべき情報、計測方法、所要の措置などの処分場の管理に係る技術的検討を行うべきことを示した。

4. 処分予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所

予定される処分事業に第2次取りまとめの成果を適切に反映し事業の安全かつ円滑な推進に資することが重要であり、とくに、処分予定地の選定及び安全基準の策定に資する技術的拠り所について、第2次取りまとめに盛り込まれるべき項目を整理して示した。

5. 第2次取りまとめに対する透明性の確保と評価の考え方

第2次取りまとめに向けた今後の研究開発の推進にあたって、国民の理解と信頼を得つつその推進を図るために、研究開発の進捗に応じて成果を積極的に公表するとともに国際的なレビューを受けるべきことを指摘し、第2次取りまとめに対する国による評価のあり方を示した。

6. 第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第2次取りまとめの成果が、わが国における地層処分の技術的信頼性を示すとともに、その後の研究開発及び処分事業の推進に正確に反映されるため、地層処分研究開発及びその基盤となる深部地質環境の科学的研究について個別目標と重点課題を具体的に示した。

また、動燃事業団を中核として関係研究機関が適切な役割分担と協力の下に、2000年の第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）を発足させることとし、総力を挙げて研究開発を加速して進める必要があることを強調した。また、海外との緊密な研究協力、研究成果の平易で積極的な公表、研究施設の充実、人材の養成などの必要性についても指摘した。

わが国における地下研究施設 ～わが国の方針～

わが国における深部地質環境の科学的研究を行うための地下研究施設については、以下の方針で整備することとなっています

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」

(平成9年4月15日)

第2部 第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第3章 深部地質環境の科学的研究の重点課題

4. 深部地質環境の科学的研究を進めるための主要施設

深部地質環境の科学的研究を行う研究施設は、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し、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である。また、これらの施設から得られるデータは、深部地質環境条件として重要な特性の正確な把握や、地層処分システムの性能評価モデルの信頼性向上など、地層処分研究開発の基盤としても活用できるものである。これらの施設については、わが国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望まれており、このため代表的な地質として堆積岩計及び結晶質岩系の双方を対象に、表層から地下深部までの岩石や地下水に関する包括的なデータの取得に努めるとともに、地球科学の各分野における学術的研究によって蓄積された関連情報についても広く収集・整理し、その活用を図っていくことが重要である。

原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（平成6年6月24日）

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、我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です。また、このような施設は、我が国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望まれます。さらに深地層の研究施設の計画は、研究開発の成果、特に深部地質環境の科学的研究の成果を基盤として進めることが重要であり、その計画は処分場の計画とは明確に区別して進めていきます。

わが国における深地層の研究施設計画

①超深地層研究所計画（岐阜県瑞浪市）

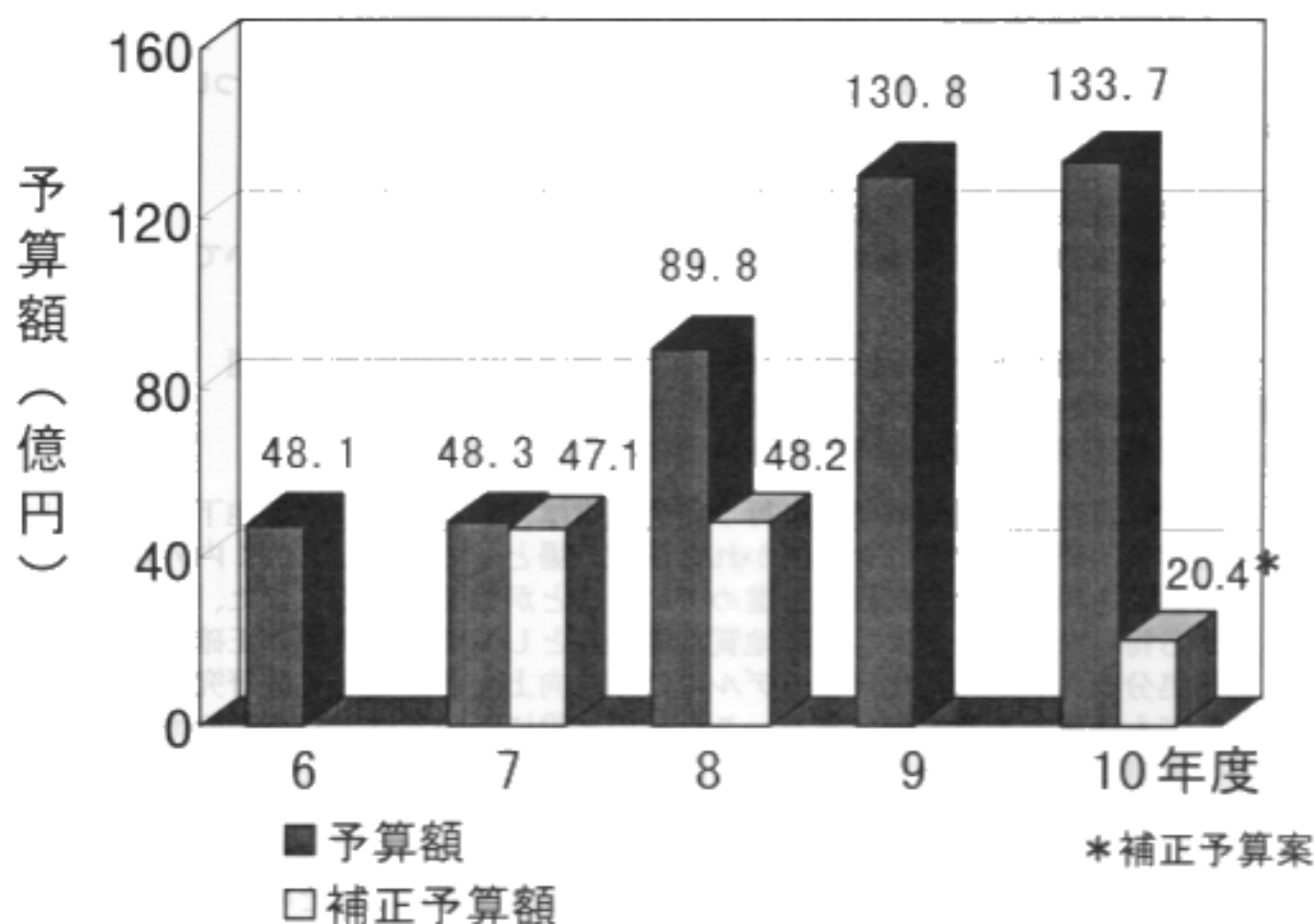
岩質：花崗岩、地下水：淡水系、深度：約1,000m

②深地層試験（北海道幌延町）

岩質：堆積岩、地下水：塩水系、深度：約500～1,000m

平成10年2月26日、科学技術庁から北海道知事に対し、深地層試験を早急に推進したい旨申し入れ

高レベル放射性廃棄物処分に係る政府予算の推移



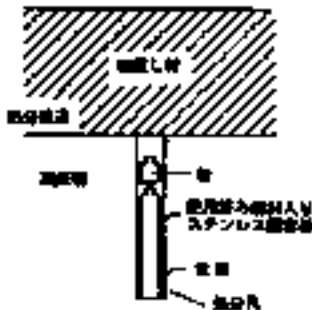
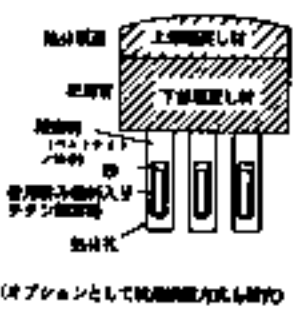
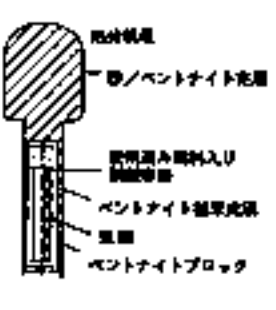
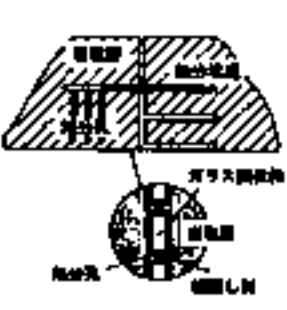
【平成10年度当初予算の主な項目】

- 地層処分研究開発 61億円 (65億円)
(性能評価研究、処分技術開発等)
- 深部地質環境の科学的研究 64億円 (66億円)
(地質環境調査、地質の長期安定性に関する研究等)
- 処分事業化調査 8億円 (0億円)
(処分事業管理システム、処分基準整備、費用算定システム等)

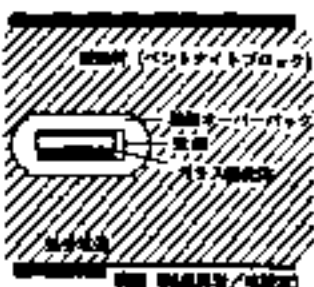
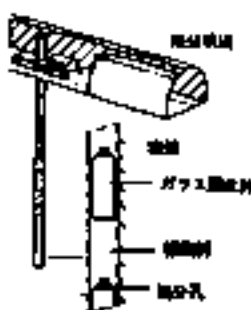
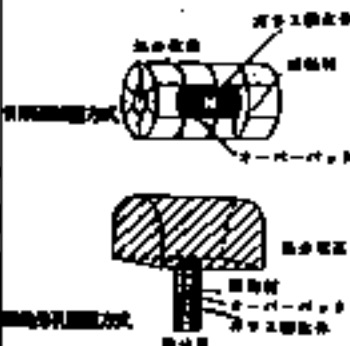
【平成10年度補正予算案】

- 処分に係る研究開発の一層の強化 20億円
 - ・地層処分放射化学研究施設の建設促進等
 - ・関係機関間の情報共有化
 - ・学界をはじめ関連する広範な諸分野の人材との共同研究
 - ・双方向体験型シミュレーションシステムの整備

高レベル放射性廃棄物処分に関わる海外の動向(その1)

	アメリカ	カナダ	スウェーデン	ドイツ
処分概念				
処分の形態	使用済燃料 ガラス固化体	使用済燃料	使用済燃料	使用済燃料 ガラス固化体
実施主体	連邦エネルギー省 (DOE)	未定 ※オウリカ・ハイト社を中心 に検討中	スウェーデン核燃料 廃棄物管理会社 (SKB)	連邦放射線防護庁 (BfS)
研究主体	〃	カナダ原子力公社から 民営化検討中	〃	〃
資金負担	発電事業者が高レベル 廃棄物基金(NWF)に払込	発電事業者が引当金と して内部留保	発電事業者が納付金を 国債局の基金に納付	発電事業者が引当金と して内部留保し、BfS に対し分担金を負担
地下 研究施設 [所在地]	ユッカマウンテン調査・地下 研究施設(EFS) [ユッカマウンテン地盤サイト]	ホワイトシールド地下研究所 (URL) [ホワイトシールド]	ハートロック研究所 (HRL) [オスカーシャム]	ゴアレーベン調査施設 [ゴアレーベン地盤サイト]
手順	1985 DOEミッションプラン (処分管理計画) 1987 ユッカマウンテンを処分地 に選定 1988 サイト特性調査計画 1991 地盤からのサイト特性調査開始 1993 調査研究施設の建設開始 1998 サイト選定評価 2000 最終処分計画評価	1981 核燃料廃棄物管理プログラム 1994 環境影響評価法(EIS) 1994 環境影響レビュー・レポート -96 評価 1996 処分地について公聴会 -97 199X 処分地可否についての最終判断	1983 安全評価書(KBS-3) 1986 研究開発計画(R&D-86) (3年毎に改訂、SKIがレビュー) 1990 HRL建設開始 1992 安全評価書(SKB 91) SKB研究開発実施計画 (RD&D-92) 1993 予備的サイト特性調査開始 1995 SKB研究開発実施計画改訂 (RD&D-95) 199X 環境影響評価	1979 ゴアレーベン最終処分プロジェクト・プラン開始 1984 安全研究評価書(PSE) 1988 安全評価書 (GEC PASIS) 1991 ゴアレーベン安全評価書(当初予定)ただし、進捗が遅いままに なる
埋設開始 予定	2010年	未定	2008年(実証処分) 2020年(フルスケール)	2012年

高レベル放射性廃棄物処分に関わる海外の動向(その2)

	スイス	フランス	イギリス	日本
処分概念			未定	
処分の形態	ガラス固化体 使用済燃料	ガラス固化体	ガラス固化体	ガラス固化体
実施主体	スイス放射性廃棄物 管理協同組合 (NAGRA) (欧州の国々・自治体)	フランス放射性廃棄物 管理機関 (ANDRA)	未定	未定
研究主体	〃	〃		発電事業者団が中核
資金負担	組合員である発電事業者 が引当金として内部 留保し、分担金を拠出	発電事業者等が引当金 として内部留保し、 ANDRAに出資金を拠出	発電事業者が引当金と して内部留保	未定
地下 研究施設 [所在地]	グリンズ・テストサイト(GTS) [グリンズ] モンテリ・テストサイト(MTS) [モンテリ]	候補地を3カ所選定 [オート・マルヌ県、ムーズ県、 ヴォー県、ヴァンヌ県]	未定	超深地層研究所 (岐阜県瑞浪市で計画) 深地層試験 (北海道稚内市で計画)
手順	1978 NAGRA放射性廃棄物管理計画 1985 安全評価書 (Gesamtr-B5) 1992 NAGRA放射性廃棄物管理計画 改訂 1994 安全評価書: 基礎調査 (Kristallin I) 2000 最終的な評価を含む総合安全評価 書	1983 CEA放射性廃棄物安全計画 1988 安全評価書 (GEG PAGIS) 1995 地下研究施設候補地3カ所に係る 1996 候補地での地下研究所の許可申請 ならびに公聴会 1998 地下研究施設建設開始 2006 総合評価報告書	貯蔵期間は50年としている。地層処分 研究開発に関する手続は示されていない。 地域を特定しない実現可能性に関する基礎 研究段階にある。	1976 放射性廃棄物の処分について (原子力委員会) 1980 研究開発の重点項目とその進め方 (原子力委員会) 1992 第1次とりまとめ (H31本-1) 1993 第2次とりまとめ (原子力委員会)の評価 1994 「原子力燃料サイクル計画」改訂 1999 第2次とりまとめ 2000頃 第3次とりまとめ
埋設開始 予定	2020年(早期ケース) 2050年(遅延ケース)	未定	未定	2030~2040年頃

高レベル放射性廃棄物処分懇談会委員による海外調査報告（概要）

I. カナダ

訪問先：カナダ原子力公社（AECCL）ホワイトシェル研究所

訪問施設：地下研究施設（URL）

1. 処分への理解を得るための方策

（1）公衆参加プログラム

処分概念に対する一般の人々の認識や支持を高めるため、各層の人々に対して研究施設の見学、教育プログラム、フリーダイヤルの電話による情報提供、広告やダイレクトメールの利用、広報素材・ビデオの制作・配布・展示など様々な方法によって働きかけている。また、国民意識調査が1978年から毎年実施され、その結果をこのプログラムに反映させている。

（2）研究施設の公開

地層処分への国民の理解を得るために、研究施設の見学と自治体庁舎での説明会を実施している。訪問者への説明は、研究施設でも責任ある立場にある研究者がそのための訓練を受けたうえで行っている。

（3）地域における検討の場

地下研究施設の立地地域に、どのようにすれば地元の納得が得られるのかについて話し合う場として「コミュニティ対応委員会（CLC）」が設置されている。構成は、自治体代表、教会、地元紙・TV、商工会議所、環境保護団体、地元大学の学生代表、組織を持たない住民の代表およびAECCLの代表からなり、この中には反対派も含まれている。

2. サイト選定プロセス

（1）環境評価レビュー・プロセス（EARP）

公衆参加プログラムの一環であったAECCLのパブリック・コンサルテーション・プログラムが、連邦政府による環境評価レビューに発展した。実際のサイト選定に入るためには、このレビューによって処分概念が受入可能であると判断されることが必要である。この環境評価レビュー・プロセスの要は、公聴会と環境影響報告書（EIS）である。

①AECCLが作成した環境影響報告書に示されている処分概念の環境評価レビューを行うため、1989年に独立の委員会が設置されている。

②公聴会での議題は、エネルギー問題（都市問題を含む）、電力・原子力発電、そして高レベル廃棄物、というように広い範囲にわたっている。

③環境影響報告書は、処分概念の科学・技術的な事項だけでなく社会・経済的な事項についても言及している。社会・経済的な事項は、処分場立地による地元への波及効果の計量予測から倫理的な問題にまで及び、処分についてのカナダ国内の歴史的背景に基づく位置づけや国際的コンセンサスの紹介も行っている。

（2）公募方式のサイト選定

①処分地選定の基本原則

サイト選定にあたっての基本原則は以下の通りである。

- ・安全確保と環境保護（最優先の原則）
- ・ボランティア（自治体からの誘致）
- ・共同の意思決定（一方的には決定しない）
- ・公開性（自治体自らが決定できる環境を整える）
- ・公平性（処分地となった自治体が利益を受けること）

②公募方式

自治体自らがサイトとなることを望むことが重視されていることから公募方式が採用されている。このため、まず各自治体に情報を伝達することから始めることとしている。

低レベル廃棄物処分場の場合には、最初 850の自治体から反応があり、その中から11の自治体が候補に残ったという実績がある（1996年に予定地決定）。

3. 実施主体

URLの運営、処分概念の開発、EISの作成など地層処分の研究開発はAECGが実施しているが、サイト選定や処分の実施を担う実施主体は、環境評価レビュー・パネルの答申がなされ、連邦政府とオンタリオ州政府がサイト選定に進む決定を行った後に設立される見込になっている。現在のところ、カナダにおける原子力発電の大半を担っているオンタリオ・ハイドロ社（オンタリオ州営の電力会社）を中心に設立される見込である。

4. 事業資金

(1) 資金確保の状況

処分費用については、1994年のカナダ連邦政府の政策声明で廃棄物の発生者が負担するものとされている。このためオンタリオ・ハイドロ社などの電気事業者は、引当金の形で内部留保を行っている。金額は、1994年が9億800万カナドル（約835億円）、1995年が10億4,500万カナドル（約961億円）である。

連邦政府（天然資源省）は事業資金を引当金として企業内部で積み立てるのではなく、外部基金に積み立てることを検討している。現在公聴会が開かれており、1997年中には結論が出される予定であるが、電気事業者も含め大勢はこの連邦の意見を支持している。

(2) 資金確保に対する外部チェック機能

1997年4月に連邦原子力管理法が改正され、原子力管理委員会(AECB)の規制機関としての役割と機能の見直し強化が行われた。特にAECBには、引当金が実際に電気事業者内部で積み立てられているのか、他に運用されていないかどうかのチェックを行う権限が与えられている。したがって、結果的にAECBは、電気事業者の財務評価を行い、場合によっては改善命令も出せるようになるものと思われる。

(3) 研究開発資金

地層処分の研究開発費用（地下研究所に関する費用や処分概念の開発とEIS作成の費用を含む）は、従来連邦政府の国家予算で賄われていたが、現在は廃棄物発生者であるオンタリオ・ハイドロ社1社が引当金を取り崩して賄っている。

II. 米 国

訪問先：連邦エネルギー省(DOE) 民間放射性廃棄物管理局(OCRWM)

ユッカマウンテンプロジェクト(YMP)

訪問施設：ユッカマウンテン地下調査施設(ESF)

1. ユッカマウンテン地下調査施設(ESF)とサイト特性調査

(1) サイト特性調査

ネバダ州ユッカマウンテンでは、サイト特性調査を実施している。サイト特性調査は、処分予定地とされた場所が、実際に処分場が立地する処分地として適しているかどうかの判定をするために実施されるものである。

①地表における作業としては、地形図作成、気象観測、地球物理探査、地震研究、水理学的調査などが行われている。

- ②地表からのボーリング孔などによる地下水のモニタリング、コア（試験岩芯）の抽出、実験室での試験などと併せて、処分場と同等程度の深度に至る地下探査施設(E S F)が建設され、地下の地質構造と化学的組成の調査や地下水の調査などが実施されている。
- ③E S Fの施設は、ルーム（室）と横坑（トンネル）およびアクセス坑道から成る。E S Fの掘削は1993年初めに開始され、1997年4月にU字型の主要坑道が貫通した。主要坑道の全長は約8 kmで、幾つかの地点に試験用の横坑が掘られている。現在E S Fで実施されている試験は、熱負荷試験と大型ブロック試験の2つである。
- ④D O Eは、処分場、シール・システム、および廃棄物パッケージの予備設計を行っており、サイト特性調査の結果に基づいて性能評価が行われる。ユッカマウンテンでの性能評価では、まず個々のサブシステムの性能が一定の性能基準を満たすことが求められると同時に、システム全体の性能評価が行われている。

2. 処分への理解を得るための方策

(1) ユッカマウンテンプロジェクト(YMP)における公衆への情報公開活動

1982年放射性廃棄物政策法(NWPA)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必要不可欠である」と規定されている。YMPにおける情報公開の目的は、一般の人々、関係諸団体、関係自治体、マスメディアとのコミュニケーションにより理解と信頼を得ることである。

①情報公開活動の原則

- ・施設、情報の公開
- ・信頼性のある専門家の活用
- ・明確な情報の提供
- ・公衆の参加

②情報公開活動

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、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、インフォメーションセンターの設置（3ヶ所）。

3. サイト選定プロセス

(1) サイト選定プロセス

サイト選定は以下のようなプロセスで行われる。

- ①サイト特性調査の対象となる処分予定地の決定は大統領が行うが、そのさいに公聴会を開催する。
- ②サイト特性調査の実施前に調査計画、廃棄物の形態、処分場の概念設計を地元の州知事及び州議会に提出し審査がなされる。また、これらについて公聴会が開かれる。
- ③サイト特性調査の実施に当たっては、地元の自治体（郡）は実施主体のD O Eと地域共生委員会を設け、サイト特性調査活動を監視し、悪影響のある場合にはその対応策を講じる。
- ④サイト特性調査の結果をもとに処分場の設計に対する性能評価が行われた後公聴会が開催され、評価結果の審査がなされる。
- ⑤処分地の最終的な決定権は大統領にあるが、地元の州知事・州議会が承認しない場合には、連邦議会が上下両院合同で承認決議を得る必要がある。

なお、サイト特性調査は、ある処分予定地が処分地として適しているかどうかを科学的に判定するためのものであるため、NWPA法によって、放射性物質の利用が禁じられている。

4. 実施主体

- (1) NWP A法では、高レベル廃棄物と使用済燃料の処分の責任は連邦政府にあることが明記されている。このため実施主体として、DOEの下に民間放射性廃棄物管理局(OCRWM)が設置された。なおOCRWMの局長は上院の助言を得て大統領が直接任命し、省庁の長官に準ずる扱いがなされている。
- (2) 実施主体が解散した場合は、高レベル廃棄物処分の責任が連邦にあることが明文化されているため、仮にDOEが廃止されたとしても、その機能は他の省庁に移管されるものと思われる。

5. 事業資金

(1) 事業資金確保制度

NWP A法によって外部基金制度が創設されている。この高レベル廃棄物基金(NWF)は連邦財務省の独立口座となっており、DOEが管理している。廃棄物発生者は、原子力発電電力量1kWhあたり1ミル(0.001ドル)の掛金(Fee)を基金に払い込んでいる。

(2) 処分費用の算定

処分費用の見積りと1ミル/kWhという掛金の金額の妥当性の評価は、DOEが毎年行っている。見積りの不確実性については、費用要素ごとにコンティンジェンシー係数をはじき出して対応している。例えば廃棄物取扱施設については22%~30%、廃棄物のキャニスターへの封入や埋設自体などの取扱いについては19%~29%などである。

III. スウェーデン

訪問先：オスカーシャム・コミュニティ

スウェーデン核燃料廃棄物管理会社(SKB)

訪問施設：エスポ島ハードロック研究所(HRL)

1. ハードロック研究所(HRL)への対応

(1) 自治体の対応

HRLの地元自治体であるオスカーシャムでは、自治体が自ら専門家を雇って一般の人には難しいHRLの研究レポートやSKBの技術レポートのわかりやすい説明を受けたり、この専門家を講師にした講習会を行っている。また、研究開発成果などSKBのさまざまな文書の内容評価や、自治体議会での説明も行っている。一般の住民への説明会にもこの専門家に非常に分かりやすい補足説明をしてもらっている。

また、HRLのあるオスカーシャム・コミュニティとその上位のカルマー・カント(県)では、SKBと「研究組合」を作って、HRLの研究設備で環境関係の研究を実施することを検討している。

なお、HRLは、将来的にも処分場にはならないことになっており、地元オスカーシャム・コミュニティとの間で実際の廃棄物は使わないという協定を締結している。

(2) 地域における検討の場

1981年の法律で地方安全委員会(LSB)が原子力施設の立地自治体に設置されることになった。その任務は、施設の安全管理の監視(立ち入り調査権を持つ)、施設設置者からの情報の編集・出版、住民からの質問への回答(義務)、自治体職員(教師、保育など)の教育など施設設置者と住民との橋渡し役である。オスカーシャムにも原子力発電所があるためLSBが設置されているが、その活動対象にはHRLも入っている。メンバーは7名で、いずれも自治体議会の議員が兼務している。年1回LSBが作成するレポートは国会に提出され審議される。国会では、各自治体のLSBからのレポートを非常に尊重している。

2. サイト選定のための方策

(1) 地域での検討の場

現在、処分地の選定過程についての議論が行われているが、カルマー・カントでは2年前にフォーラムを作り、処分場の受け入れをすべきかどうかを判断するための事項について検討を行っている。フォーラムの構成は、カルマー・カントの全コミュニティの代表者、SKBおよび政府（原子力発電検査庁、環境省）の代表からなる。具体的な検討議題は、どのような環境影響が、どの程度立地自治体にもたらされるのか、使用済燃料のキャニスターへの封入をどの場所で行うのか、地下のどの場所に廃棄物パッケージを埋設するのかなどである。

(2) 国レベルの評価

SKBの処分事業計画はスウェーデン放射性廃棄物国家評議会(KASAM)によるレビューを受けている。KASAMは社会科学系も含めた広い分野にわたる10名の学識経験者から構成される。KASAMはSKBの事業計画のレビューに加えて、関係当局の諮問機関としての役割も持っている。また、原子力発電検査庁(SKI)、放射線防護庁(SSU)もそれぞれの立場からレビューを行っている。

(3) フィージビリティ調査

候補地でのボーリング調査を始める前にフィージビリティ調査を実施する。この調査は、処分場受け入れによる経済的波及効果などの社会経済的な影響評価に重点がおかれている。現在10ヶ所の候補地のうち5地点で実施されているが、そのうち1地点（ストールマン）では調査続行の賛否について住民投票が行われた結果、続行しないこととなった。もう1地点での住民投票が1997年秋に予定されている。

3. 事業資金

(1) 事業資金の算定

財源法に基づいてSKBは毎年処分費用を計算し、毎年6月までに必要納付金総額としてスウェーデン原子力発電検査庁(SKI)に提出する。これに基づきSKIでは、諸条件を考慮して各原子力発電所ごとの納付額を算定し、10月末までにSKBの提出した費用計算とともに政府（環境・天然資源省）に提出する。政府の承認を得て正式に納付額が決定される。1996年の計算によるバックエンド費用総額は399億7千4百万（約8,800億円）で、そのうち、使用済燃料をキャニスターに封入する施設と深地層処分場の立地、建設、運転、閉鎖、それに関連する研究開発および広報活動の費用は、181億7千4百万（約3,980億円）である。処分費用を計算するさいの不確実性に対応するため、SKBによる処分費用の計算およびこれを受けてSKIが行う納付金額の積算においては、費目ごとの変動を折り込んだ計算処理を導入している。

(2) 情勢の変化への対応

1996年以降、次のような2つのケースにおいては、使用済燃料の管理（輸送、処理、貯蔵、処分）費用を納付金では賄いきれない可能性があるため、政令に基づいて原子力発電事業者は担保（保証金）を提供することが要求される。

ケースⅠ：原子炉の寿命期間(25年)が満了になる前に原子炉を停止するような場合

ケースⅡ：原子炉が寿命を全うした後に、この廃棄物基金では十分に賄えないような追加的な費用が必要になった場合

IV. スイス

訪問先：スイス放射性廃棄物管理協同組合(NAGRA)

訪問施設：モンテリー試験サイト(MTS)

1. モンテリー試験サイト(MTS)

モンテリー試験サイト(MTS)は、高速道路モンテリー・トンネルの調査用トンネル(側坑道)を利用した堆積岩での地層処分研究を行う施設(原位置試験施設)である。

スイスでは結晶質岩と堆積岩という2つの地層オプションについて約20年前から調査研究を行っており、国際共同処分か国内単独処分かの判断も含めて、2000年以降に決めるものとされている。また、結晶質岩の原位置試験施設であるグリムゼル試験サイト(GTS)は、NAGRAが直接進めてきたが、MTSでは地質学会がイニシアチブを取って行っている。

2. 処分への理解を得るための方策

「フォーラム・ベラ」という政治家、スポーツ選手、芸術家など約300名の会員からなるフォーラムが作られている。「原子力発電への賛成、反対にかかわらず、高レベル放射性廃棄物は存在しており、責任をもって処分する必要がある」という立場から新聞・TV広告、パンフレット発行などのキャンペーンを実施している。

3. 実施主体

NAGRAは4原子力発電会社(株式会社)の共同組合であるが、非営利であることや参加者が対等であることなどが研究開発主体に求められるため、組合の形態を選択したとのことである。地層処分の研究開発(サイト特性調査・処分技術の実証を含む)とサイト選定はNAGRAが行うが、処分場の建設、操業、閉鎖を行う主体については現在のところ未定である。

4. 事業資金

原子力法の規定では、連邦政府は、廃棄物発生者に処分費用を積み立てておくことを強制することができる。NAGRAと連邦政府の試算結果によると、放射性廃棄物の最終処分の総費用は、60億スイフラン(約5,100億円)、原子力発電電力量1kWhあたり0.77パセン(0.007スイフラン)のうち、高レベル廃棄物の処分費用は0.57パセンである。発電コストに占める処分費用の比率は、個々の発電所によって様々であるが、例えばゲスゲン・デニケン原子力発電会社では発電コストの約8%にあたる。

これらの処分費用を賄うため、廃棄物発生者である原子力発電事業者は、10年前から引当金の形で積み立てを行い、内部留保している。スイスの原子力発電所4カ所全体で必要とされる1995年末時点の引当金は40億スイフラン(4,165億円)である。しかし、実際の引当金は58億スイフラン(4,930億円)に達しており、目標額を上回る額の積立がなされている。

5. サイト選定プロセス

スイスでは、州民投票が処分場のサイト選定の手続き上必要とされている。ヴェーレンベルク低レベル廃棄物処分場のように州民投票で受け入れが拒否された場合は、最初からやり直しをして再び州民投票に問うようにしている。ヴェーレンベルクの場合は、3年後の再投票を目途に手続きをやり直している。

V. フランス

訪問先：フランス放射性廃棄物管理機関(ANDRA)

1. 地下研究施設

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当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が出されている。

2. サイト選定のための方策

(1) 廃棄物交渉官

地下研究施設のサイト選定のため、1992年に特別法により廃棄物交渉官制度を制定した。約30の自治体(地域圏、県、コミューン)から応募があり技術的観点(主として地層)から8県に絞り込まれた。この8県の議員や職能団体(農協、漁協、商工会)、公益団体に対し、交渉官が訪問、説明、ヒアリングを行った。自治体との交渉に当たって交渉官は政府に対し補助金の交付を勧告した。その結果、8県のうち県議会および県内のコミューン議会で賛成が絶対多数を占めた4県(候補サイトは3地点)のみ交渉官は政府へ推薦した。

(2) 地域での検討の場

地域情報監視委員会(CLI)が特別法に基づいて3つの候補サイトのある4県に1994年に設置された。目的は、国、地元、事業者(ANDRA)の三者間の情報伝達、地元意見の聴取と調整である。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の代表である。メンバー数は約30名~80名であり会費も約1年半で10回前後開催された。100万777(2,300万円)/年という予算を国が負担しており、独自に調査を実施し、ANDRAの調査結果と比較して検討を行っている。

(3) 第三者による評価体制

特別法により国家評価委員会(CNE)が設置されている。メンバーは12名で、国民議会・元老院の任命委員が6名、科学アカデミーの推薦に基づく政府任命の委員が6名(そのうち2名は外国籍)である。ANDRAが地下研究施設で行う地層処分研究の成果の評価を行い、毎年、国民議会に報告書を提出する。2005年までに地層処分と代替オプション(長期貯蔵と核種変換)を比較して総括評価を行う。ANDRAは毎月CNEからの質問に回答している。

3. 事業資金

フランスでは、法律によって放射性廃棄物を含め全ての廃棄物の処理、保管・貯蔵、輸送、最終処分などの廃棄物管理に要する費用は、その廃棄物の発生者が負担することとされている。このため、高レベル廃棄物(再処理ガラス固化体)および長寿命中低レベル廃棄物(セメント固化体)についても、仏電力公社(EDF)、仏原子力庁(CEA)、仏核燃料公社(COGEMA)、国防省核燃料庁(DGA)などの廃棄物発生者がその処分費用を賄うために引当金などにより資金を積み立てている。例えばEDFでは、既に数100億フランの引当金を内部留保している。

ANDRAが策定した1994年~1998年の5カ年中期計画における地下研究施設を含む深地層処分事業の費用は、総額24億3,400万フラン(約558億8,200万円)で、このうち、1994年には4億1,220万フラン(約94億8,000万円)、1995年は4億8,640万フラン(約111億8,700万円)が支出されている。内訳は、地下研究施設の3つの候補サイトの地質調査と処分場の設計研究であり、1995年には、地質調査に3億9,730万フラン(約91億3,800万円)、設計研究に8,910万フラン(約20億4,900万円)となっている。これらの事業資金は、EDF、CEA、COGEMAなどの廃棄物発生者が出資金の形で拠出している。拠出シェアは、EDFが70%、その他の廃棄物発生者が30%である。これらの事業資金の金額と各廃棄物発生者の出資金の拠出額は、廃棄物発生者と政府により構成されるANDRAの財務委員会決定される。

本報告書についてのご意見、お問い合わせなどがございましたら
下記事務局までご連絡下さい。

事務局：科学技術庁原子力局廃棄物政策課

〒100-8966 東京都千代田区歳ヶ関 2-2-1

TEL. 03-3581-5271(代表) FAX. 03-3581-1338