

分置

地層処分に関する社会・経済的評価調査研究

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1988年3月

(社)日本原子力産業会議

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technical Evaluation and Patent Office, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 9-13, 1-chome, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

はじめに

我が国においては、原子力開発に着手してから30年が経過し、いまや原子力発電は最大の電力源としての役割を果たしており、今後、今世紀末から来世紀にかけてウラン濃縮及び再処理等の燃料サイクル事業の確立と高速増殖炉の実用化が見込まれている。こうしたなかであって、原子エネルギーの利用によって必然的に生じてくる高い放射能レベルの物質の取り扱いは、原子力開発にとって最大の課題の一つである。

原子力委員会は、原子力発電所からの使用済燃料はこれを再処理し、回収された高レベル放射性物質をガラス固化し、数十年間貯蔵した後、深地層に処分するとの基本方針を明らかにしている。このように高レベル放射性物質の処分は、長い時間をかけて実施に移されるべきものではあるが、処分に関する基本構想を固め、これにむかって広範な研究開発を着実に実行していくことは、上記の原子力開発を進めていくことから急を要する今日的課題である。

日本原子力産業会議は、一昨年「高レベル放射性廃棄物最終処分場の立地が地域社会に及ぼす効果に関する調査研究報告書」を科学技術庁に提出し、処分施設の立地にさいし、生じると思われる種々の問題を指摘し、地域社会からみた処分施設のあり方の一つとして、地下空間利用を伴った開発構想を提示した。

今年度は、動力炉・核燃料開発事業団の委託を受けて、地層処分に関する社会・経済的評価を行なうこととなったが、一昨年の調査結果を踏まえて、この問題の社会的側面に重点を置きつつ、計画の目標となるべき地層処分の基本概念についてより具体的な検討を行なった。

高レベル放射性物質の処分実施に当たっては、その安全性を確保する技術はもとより、地層施設と人間が共存し得るような種々の方策が必要であり、今後多方面での検討や審議が期待される。本報告書が今後の施策の展開にあたり、その一助となれば幸いである。

最後に、本委員会の検討に参加していただいた委員各位、並びに検討結果の取纏めに当たられたワーキンググループ委員各位、調査にご協力頂いた関係者各位に深く感謝の意を表したい。

昭和63年 3月

日本原子力産業会議

地層処分に関する社会・経済的

評価調査委員会

委員長 岸田純之助

「地層処分に関する社会・経済的評価」調査検討委員会名簿

[1] 委員会委員（敬称略，順不同）

岸 田 純之助	(財)日本総合研究所会長
五十嵐 富 英	(株)日本経済新聞社論説委員
伊 藤 善 市	東京女子大学教授
郡 司 由 清	(株)日本原子力環境工学研究協会技術顧問
小 島 圭 二	東京大学工学部教授
佐 藤 壮 郎	工業技術院地質調査所企画室長
佐々木 史 郎	東京電力(株)取締役・原子力本部副本部長
鈴 木 篤 之	東京大学工学部教授
鈴 木 龍 男	日本原子力発電(株)常務取締役
根 本 和 泰	(財)電力中央研究所 軽水炉新技術プロジェクトチーム課長
森 一 久	(株)日本原子力産業会議専務理事

(武 田 衛 同和工営(株)取締役・管理本部長 *)

* 協力者

[2] 処分場基本概念ワーキング・グループ委員

岸 田 純之助	(財)日本総合研究所会長
鈴 木 篤 之	東京大学工学部教授
小 出 仁	工業技術院地質調査所環境地質部地震物性課長
小 島 圭 二	東京大学工学部教授
佐々木 史 郎	東京電力(株)取締役・原子力本部副本部長
根 本 和 泰	(財)電力中央研究所 軽水炉新技術プロジェクトチーム課長
森 一 久	(株)日本原子力産業会議専務理事

[3] 社会環境ワーキング・グループ委員

五十嵐 富 英	(株)日本経済新聞社論説委員
石 井 廣 志	(株)芙蓉情報センター総合研究所副所長
郡 司 由 清	(株)日本原子力環境工学研究協会技術顧問
鈴 木 龍 男	日本原子力発電(株)常務取締役
千 葉 昭 治	日本鋼管(株)参与
村 瀬 章	(株)村瀬都市研究所長

[事務局] (株)日本原子力産業会議

齋藤 實	事務局次長・開発部部长
石塚 昶雄	開発部次長代理
山中 彰宏	開発部課長
水上 利正	開発部課長
芳賀 千恵美	開発部
津田 容子	開発部

地層処分に関する社会・経済的 評価調査研究

齋藤 實*,石塚昶雄*,水上利正*

要 旨

我が国に適合した高レベル放射性固化体の地層処分の基本概念、地層施設の基本構想を早急に確立することが緊要の課題となっている。

本報告書は、地域社会に容認され、地域開発と結びついた地層施設のあり方について調査を行ない、我が国の高レベル放射性固化体の対策の一つとして管理型地層施設の考え方を提示したものである。

すなわち、将来の技術革新、状況の変化を考慮し、選択の余地をより多く残し、かつ既存技術を用いて安全な方法で固化体を地層に貯蔵し、研究開発の成果を段階的に取り入れる柔軟な対応をとる方策である。

また本報告書では、地層施設の建設・操業費を試算し、同施設から地域社会への波及効果について考察した。

本報告書は（社）日本原子力産業会議が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号 : 620D103

事業団担当者 : 坪谷 隆夫 (環境計画課)

* : 開発部

Study on Sociological and Economical Evaluation for
Geological Disposal of High Level Radioactive Waste

Minoru Saitoh*

Nobuo Ishizuka*

Toshimasa Mizukami*

Abstract

It is an urgent task to establish a basic concept suitable for our country on geological disposal of high level solid waste (HLSW) and basic structure of a geological disposal facility in order to materialize the disposal.

This report studied what the geological disposal facility should be which is admitted by and has a close contact with the development of local society and proposes a basic concept on control-lable geological disposal facility therefor.

The report recommends that, taking the possible innovation of technologies into consideration, flexible measures such as the storage of HLSW in the geological formation should be taken and the findings of research and development should be introduced in timely manner. This report also investigates construction and operation costs of the facility and economic impacts which they will give to the local district.

Work performed by Japan Atomic Industrial Forum, Inc. under contract with Power
Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
P N C Liason : Takao Tsuboya (Waste Management and Raw Materials Division,
Waste Management Planning Section)

* : Department of Development Policy Promotion

目次

序	調査研究の目的及び方法	1
1.	高レベル放射性固化体処分計画の現状	3
1.1	高レベル放射性固化体の性質	3
1.1.1	発生量	3
1.1.2	放射能の減衰	4
1.1.3	発熱量	6
1.1.4	ガラス固化体中の有用物質	9
1.2	海外の動向	9
1.3	我が国の方針及び計画	13
1.3.1	現在の方針	13
1.3.2	今後の計画	14
2.	高レベル放射性固化体処分の基本概念	16
2.1	高レベル放射性固化体処分の基本概念構築上の視点	16
2.2	基本概念—管理型高レベル放射性固化体処分	18
2.3	管理型高レベル放射性固化体地層施設の構想	22
2.4	技術課題	28
3.	高レベル放射性固化体地層施設と地域社会	31
3.1	地層施設と社会環境条件	31
3.1.1	地域社会からみた地層施設の条件	32
3.1.2	地層施設を有効に利用するための地域社会のあり方	34
3.2	地層施設の建設・操業のシナリオ、将来構想	35
3.3	地層施設の建設・操業等費用試算	38
3.3.1	試算前提条件	38
3.3.2	固化体地層施設投資額	39
3.3.3	従事者数	40
3.4	固化体地層施設の地域社会への波及効果	42
3.4.1	直接効果の試算	42
3.4.2	間接効果の想定	48
3.5	地下空間利用総合工学センターへの発展	48

図・表目次

図－ 1	高レベル放射性固化体の放射能	5
図－ 2	高レベル放射性固化体と元のウラン鉱石の放射能の希釈水量換算 値による比較	7
図－ 3	発熱量	8
図－ 4	管理型地層施設斜坑型	23
図－ 5	管理型地層施設	24
図－ 6	管理型地層施設オプション(1) 操業の効率化	25
図－ 7	管理型地層施設オプション(2) ー監視モニタリング	26
表－ 1	貯蔵ピットのタイプ比較(管理型地層施設オプション(3))	27
図－ 8	管理型地層施設オプション(4) ー地下水制御	29
図－ 9	地層施設のスケジュール	37
表－ 2	地層施設関連資金と従事者数	41
図－ 10	地域産業・社会への波及効果	43
図－ 11	投下資金推移想定とスケジュール	46
図－ 12	従事者数推移想定とスケジュール	47
図－ 13	地域への間接波及効果	49
表－ 3	高レベル放射性固化体処分業務の地域波及の可能性	50

序 調査研究の目的及び方法

1 調査研究の目的

高レベル放射性固化体*¹の地層処分の計画を進めるに当っては、地元住民はもとより国民の理解を得ることが不可欠であり、このための準備は十分進めておく必要がある。

本調査研究では、先進技術を取り入れたハイテク鉱山*²としての高レベル放射性固化体地層施設*³の概念を具体的に検討するとともに、同施設の地域社会及び地域経済への波及効果等を検討することにより、地層施設計画のパブリック・アクセプタンス対策に資することを目的とする。

2 調査研究の方法

上記目的に則り、本調査研究では高レベル放射性固化体の処分について技術的・専門的検討を行うよりむしろ高レベル放射性固化体処分活動の本来的性質に着目し、原点に戻って処分の基本概念を検討し、地層施設が地域社会に与える効果を調査することとした。

* 1 : 高レベル放射性固化体

高レベル放射性液体をホウケイ酸ガラスで固化したものの総称で、ガラス固化体や固化体パッケージも含まれる。

* 2 : ハイテク鉱山

一般には用いられていないが、以下の理由でこの呼称を用いる。

- ① 地層処分の技術は各分野の先端技術を導入・応用し、開発する必要がある。
- ② これらの開発された技術が他の科学技術・産業分野へ波及し発展していく可能性がある。
- ③ 施設の機能、活動の実態、性質、地域への社会・経済的波及効果は、鉱山に類似している。

* 3 : 地層施設

高レベル放射性固化体を地層において管理並びに処分する際に設ける地上及び地下の施設の全体を指す。

このため、原子力関係分野のみならず、ジャーナリズム、鉱山、地質、地域開発等の学識者、専門家から成る委員会を設置して自由な討論を行い、更にこの委員会の下に、「処分基本概念ワーキング・グループ」及び「社会環境ワーキング・グループ」を設け具体的な検討を進めた。

1 高レベル放射性固化体処分計画の現状

本章では高レベル放射性固化体の性質及び国内外におけるその処分動向について記述する。

1. 1 高レベル放射性固化体の性質

1. 1. 1 発生量

動力炉・核燃料開発事業団の実績によれば、再処理により現在の軽水炉の使用済燃料1トンあたり約500～900ℓの高レベル放射性液体*¹が発生している。これをホウケイ酸ガラスで固化すると約480kgになり、このほぼ全量が上述したキャニスタ1本に充填される。したがって、キャニスタ1本あたりに含まれている放射能は、固化直後において約40万キュリーである。

昭和62年度に策定された原子力委員会「原子力開発利用長期計画」によると、使用済燃料累積発生量は、1990年で約7,500トン、2000年で約19,000トン、2030年で約76,000トンになると予測されており、もしこれらを全て再処理するとすれば、ほぼ同数のキャニスタが累積で発生することになる。しかし、現在操業及び計画されている再処理工場の処理能力を基に、ガラス固化体*²の累積発生量を予測すると、1990年で約900本、2000年で約

* 1 : 高レベル放射性液体

原子力発電所からの使用済燃料の再処理において発生する放射能レベルの高い(約10mCi/mℓ以上)液体状物質の総称として用いる。これは、燃料溶解後の溶媒抽で分離工程の第1サイクル(共除洗とも言われる)からの液体及びそれ以降の工程からの液体の一部から成り、その中には、気体を除く大部分の核分裂生成物と未回収のごくわずかのウランやプルトニウム等が含まれる。

* 2 : ガラス固化体

高レベル放射性液体をホウケイ酸ガラスで固化したものを指すが、通常このガラス固化体は、キャニスタに充填されているので、キャニスタに充填されたものもガラス固化体と称する。したがって、ガラス固化体1本とは、特に断りのない場合を除けば、このキャニスタ1体を指すものとする。

7,300本、2030年で約43,000本となり、本調査研究ではこれを高レベル放射性固化体の発生量と考えた。

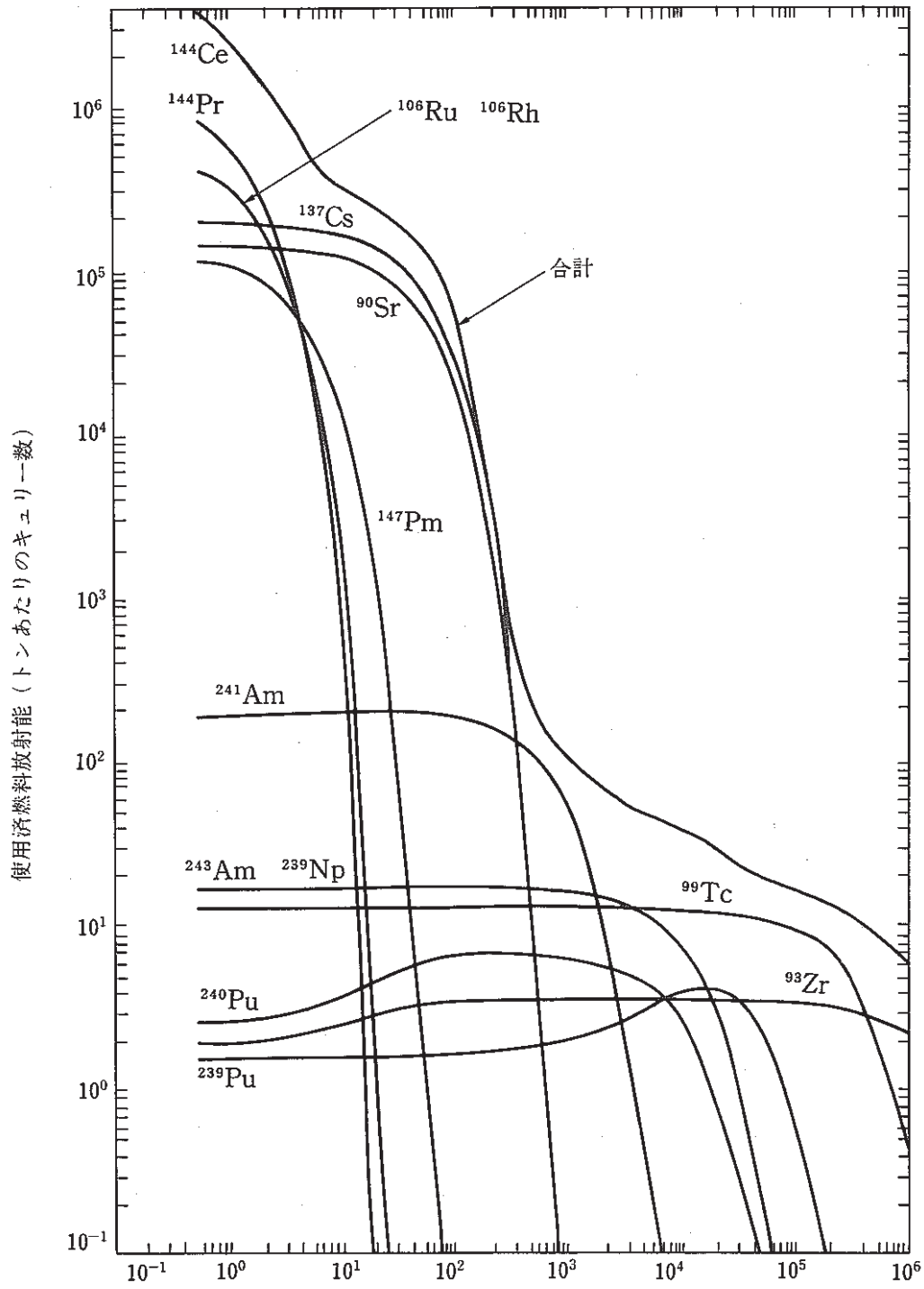
1. 1. 2 放射能の減衰

放射性物質の放射能は、放射線を放出して一定の割合で減衰する特性を持っており、初期の放射能が半分になるのに要する時間を半減期という。この半減期は核種（放射性物質の種類）によって異なり1秒以下の短いものもあれば、アクチニド元素（原子番号90のトリウム以上の元素）の中には1億年以上の長いものもある。使用済燃料の再処理により発生する高レベル放射性液体中に含まれている核分裂生成物とアクチニド元素の核種の放射能及びその和である全放射能の経時変化の一例を図-1に示す。

この図より、放射能の高い核種は、原子炉から取出し後数百年ではセシウム-137やストロンチウム-90であり、数千年から数万年ではアメリシウム-241やテクネチウム-99であることが分かる。このように支配的な核種が変わる理由は、セシウム-137やストロンチウム-90の半減期が約30年と短かく、半減期の10倍である300年で放射能は当初の千分の1以下になるのに対し、量の少ないアクチニド、特にウランより原子番号の大きい超ウラン（TRU）元素の中には100万年以上の半減期を持つものがあり、数千年程度ではほとんど変化しないためである。

したがって、高レベル放射性固化体の対応策は、放射能の強さとその減衰の度合い（半減期）との関係により変えていかなければならない。すなわち、短半減期だが放射能が強く発熱も大きいストロンチウム-90やセシウム-137が残っている段階での取扱いと、短半減期の核種が減衰し長半減期のアクチニド元素等の核種のみが存在する段階での取扱いは、当然異なってくる。

なお、放射能濃度を高レベル放射性固化体に含まれる放射能が固化体と同じ重さの水中に含まれていると仮定し、そのなかの全ての放射性核種の放射能濃度が原子炉等規制法に定める最大許容水中濃度以下になるよう希釈するのに必要な水量を考えると、この希釈水量は、放射能濃度が高くなるほど多くなるので、一種の放射能濃度のバロメータと考えられる。また高レベル放射性固化体には、種々の半減期をもった放射性核種が存在するので、原子炉から取出してから期間により、希釈水量を支配する（最大許容水中濃度に比して最も比率が大きい）放射性核種は変わる。例えば、短期間の場合には短半減期のストロンチウム-90等が支配的であるが、長期間ではプルトニウム-239やネプツニウム-237等が支



原子炉から取り出した後の経過年数 (年)
 ORNL-DWG 81-17735

図-1 高レベル放射性固化体の放射能

配的になる。

これらのことを考慮して、高レベル放射性固化体の希釈水量と原子炉からの取出し後の期間との関係を示すと図-2のようになる。同図の水平の線は天然のウラン鉱石の放射能濃度で、ウラン鉱石ではウラン-238が支配的であり、その半減期が45億年であるので、図-2程度の期間（1,000万年）程度では、希釈水量は殆ど変化せず水平となる。

この比較から分かるように、高レベル放射性固化体の放射能は1,000年から10,000年経過すれば、天然ウランと同じとなり、それ以降は天然ウラン以下に減衰する。すなわち高レベル放射性固化体を安全に管理することができれば、ウランを天然のまま存在させるより、原子力発電に利用した方がエネルギーを取出すとともに放射能全体量を減らし、結果的に被曝リスクをも減らすこととなるわけである。

1. 1. 3 発熱量

ガラス固化体内に含まれている放射性物質の放射能より放出される放射線と、ガラス固化体中の原子との衝突により、放射線のエネルギーの一部が失われ熱に変わる。この発熱量も放射能の減衰とともに次第に低下する。

図-3に元素ごとの発熱量の経時変化を示す。図から、発熱の約90%はストロンチウム及びセシウム（イットリウム及びバリウムはそれぞれストロンチウム及びセシウムが放射線を放出し原子核が崩壊してできる元素であり、娘核種と呼ばれる）によるものであることが分かる。このことは、ストロンチウム及びセシウムの除去による発熱の低減化を図る可能性を示唆している。

また、熱の発生量は、再処理直後の高レベル放射性液体1トンあたり約1.4kWであることも示しており、これをそのまま固化し地層に埋設処分すれば、ガラス固化体パッケージ*の表面温度が100℃以上になり、地下水の蒸発やオーバーバック材料の腐食の可能性が生じる。原子力委員会は、ガラス固化体を30年～50年間冷却貯蔵後地層に処分するとい

*：ガラス固化体パッケージ又は固化体パッケージ

一般にはキャニスタに充填されたガラス固化体又はそれをオーバーバックと呼ばれる別の金属容器に入れ間隙を充填材で充填したものを指すが、ここでは、オーバーバックしたものを（ガラス）固化体パッケージと称し、オーバーバックされていないものは、ガラス固化体と称する。

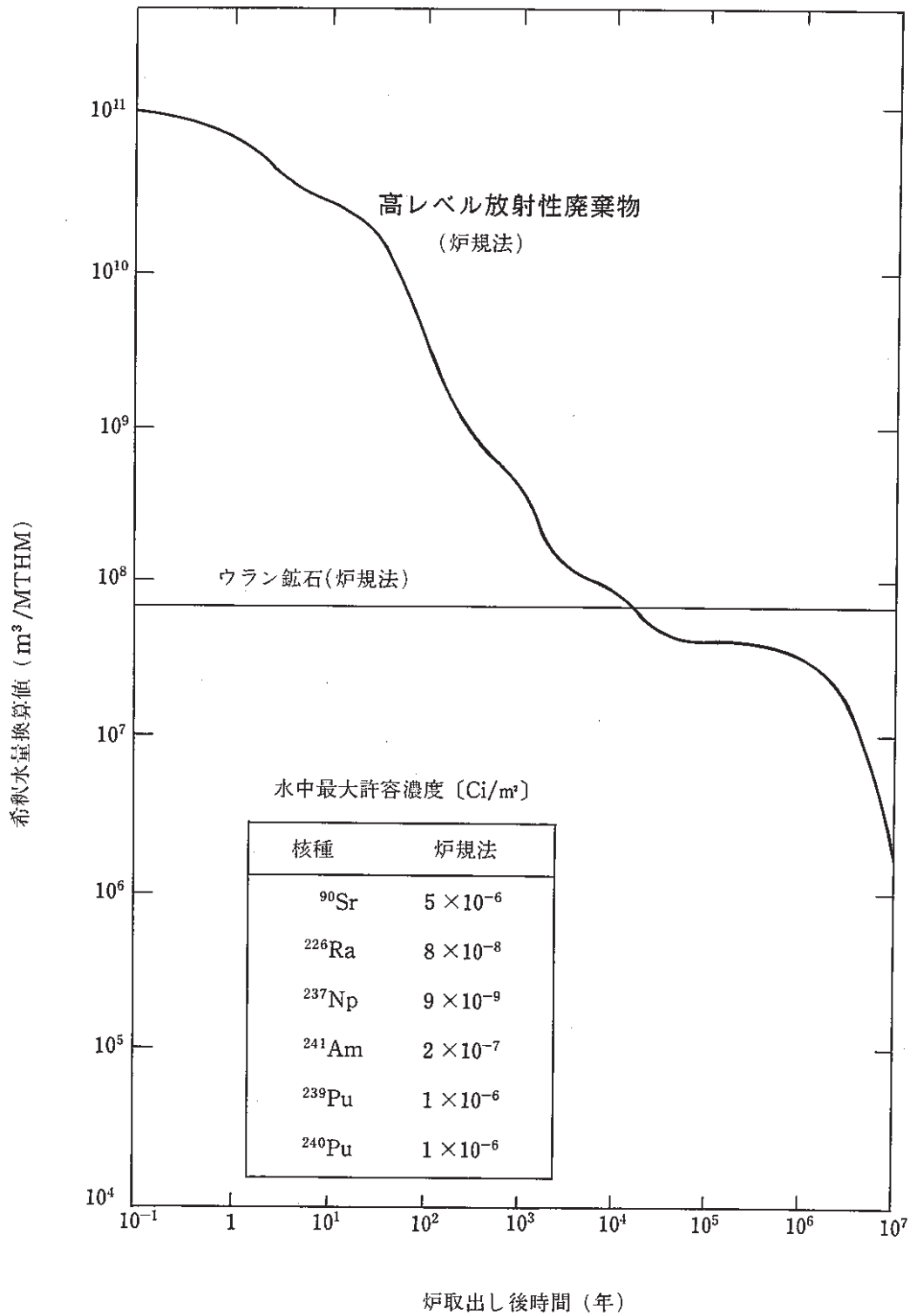


図-2 高レベル放射性固化体と元のウラン鉱石の放射能の希釈水量換算値による比較

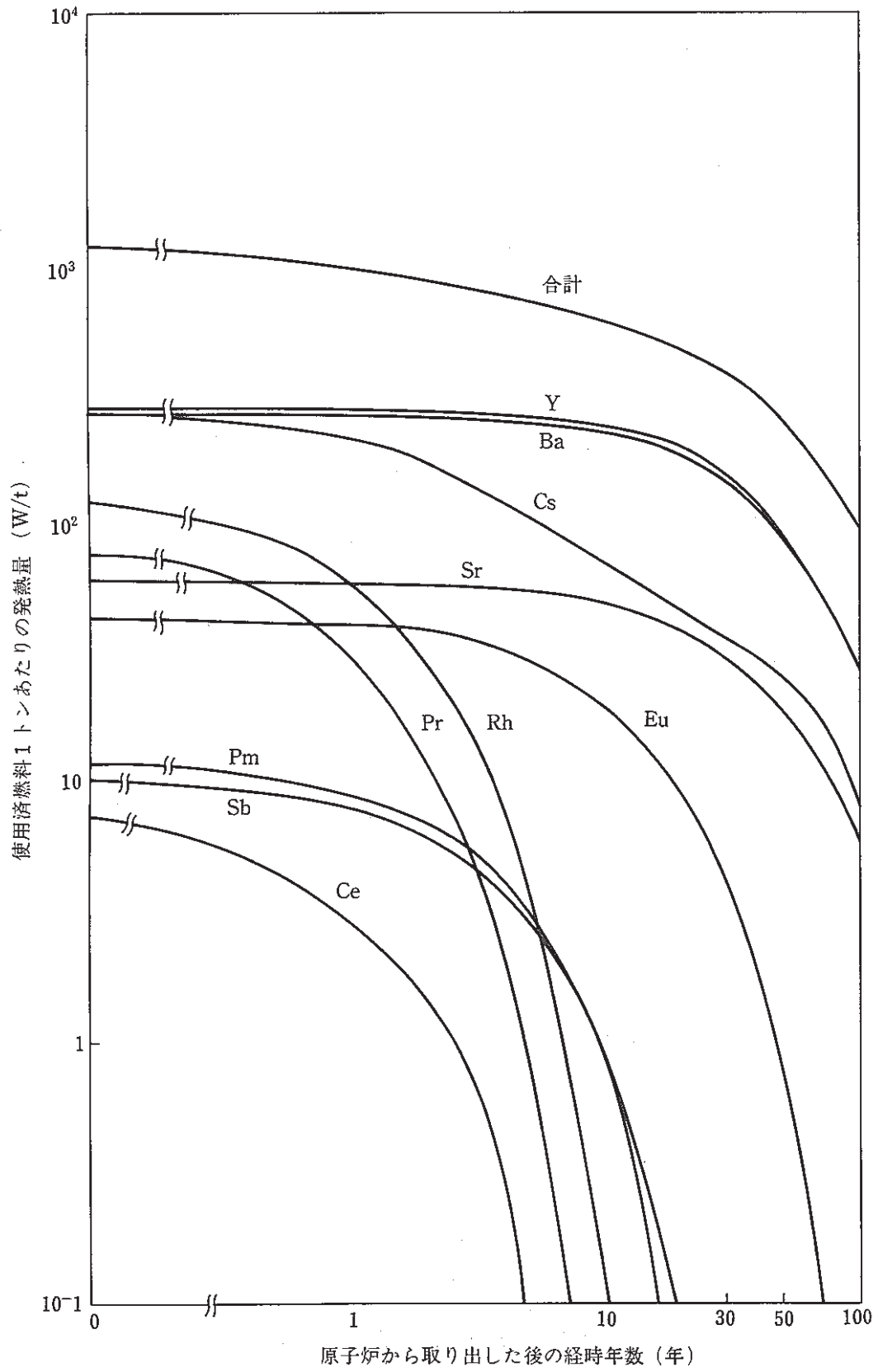


図-3 発熱量

う方針を取っている。

1. 1. 4 ガラス固化体中の有用物質

使用済燃料1トンを再処理したときに得られる高レベル放射性液体に含まれる元素量は約24.3kgである。この中にはロジウムやルテニウムのような触媒として有用な金属及びランタンやユウロピウムのような高価な希土類元素等の金属が約12kgも含まれている。使用済燃料1トンの再処理から生じる高レベル放射性液体は、ガラス固化体キャニスタ1本に相当するので、これら希土類元素等の量はキャニスタ1本に含まれている量とも言える。ある試算によれば、これら有用金属の価値は約4,500万円にもなると言われている。

1. 2 海外の動向

本節では、米国、フランス、西ドイツ、スウェーデン、スイス、ベルギー、カナダ、イギリス及び中国における高レベル放射性物質対策の現状と計画について概観する。

(1) 米国

1982年の放射性廃棄物政策法により、高レベル放射性物質の中に使用済燃料を含めることとし、高レベル放射性物質の輸送、梱包、一時貯蔵、処分は連邦政府の責任とすることを決めた。また、高レベル放射性物質の永久的処分については、地層処分とし、二つの処分場サイトの選定の手続き・スケジュールが定められた（Mission Plan 最近、この計画が改定され、スケジュールが繰り延べられた）。これによると、原子力発電所から発生する使用済燃料は、基本的には再処理しないで長期貯蔵後そのまま地層処分することとし、安全性の確認、シナリオの柔軟性確保のための回収可能期間を設け、それを一応50年としている。

また、この処分計画とは別に、高レベル放射性物質と使用済燃料を一時貯蔵するための管理貯蔵施設（MRS）計画を進めている。これは、処分場運転のバッファーとなることなど処分の円滑な実施に有効であるという理由で導入されたものであり、MRS施設では、処分場に搬入するための前処理も行うこととしている。

軍用核物質は再処理し、発生する高レベル放射性廃液は、ガラス固化し一時貯蔵後民間処分場において処分される予定である。処分代替シナリオとしては、再処理・ガラス固化・地層処分や海洋底処分が考えられている。

なお、議会は1987年12月に、処分施設としてネバダ州ユカマウンテンを選定するこ

とを目標として設定し、D O Eの地質調査の結果が良好なら、高レベル放射性処分施設として選定することを議決した。

(2) フランス

エネルギー自立を目指し、使用済燃料の再処理を積極的に推進する方針を取っており、高レベル放射性廃液のガラス固化に関してもマルクール・センターにおいてA V M法と言われる方法で実廃液を固化しており、世界で唯一固化と貯蔵の実績を有する国である。このガラス固化体は、現在地表近くに暫定的に中間貯蔵されているが、いずれ深地層に処分される予定である。

地層処分にあたっては、深地下試験施設を建設し、選定された処分施設予定地の地層調査を実施し、適切と判断された場合には、監視期間後、回収可能な最終処分に移行するものとされている。現在、四つの候補地が選定され、その地質調査が実施されており、1998年頃に処分場の運開を予定している。

なお、処分代替法としては、海洋底処分が考えられており、国際プロジェクトに参加することにより研究開発を継続している。

(3) 西ドイツ

1979年9月のバックエンド構想に関する連邦政府・州政府首相共同決議に基づき、バッカーズドルフに再処理工場を建設することを決定し、種々の研究開発を行ってきた。また、ガラス固化体はゴアレーベンの岩塩坑に地層処分することも計画された。この方針は1985年1月に行われた閣議決定でも再確認されたが、使用済燃料の直接処分についても、補完的手段として研究していくこととされた。

ガラス固化パイロットプラントは1984年秋からコールド試験を開始し、1985年8月からホット試験を実施し、順調に稼動している。

当初の予定では、ゴアレーベン岩塩坑は1992年までに評価を完了し、2000年までに貯蔵を開始する計画であった。しかし、アーハウスやゴアレーベン近くの使用済燃料中間貯蔵施設の操業開始は、1985年と予定されていたが、まだ許可がおりていないことからみても、ゴアレーベン処分場もその中間貯蔵施設も若干の遅れが見込まれる。

代替処分法としては、海洋底処分が考えられているが、この研究は、フランス同様、国際プロジェクトに参加する程度に留まっている。

(4) スウェーデン

スウェーデンでは原子力モラトリアムにより、原子力発電は2010年以降全て中止することが決まっているが、それまでの原子力発電で生じた使用済燃料のうち、690 トンは外国で再処理し、残りは使用済燃料集中貯蔵施設（CLAB）で1985年から燃料集合体のままキャニスタ内に銅詰し、再処理か直接処分かの判断を将来に委ねて、約40年間管理貯蔵し、2020年からは別のサイトで最終処分を開始する予定である。CLABは1985年7月から正式に運転開始された。

使用済燃料最終処分へのスケジュールは、2000年までに研究・開発とサイト選定、1987年～2005年にシステム設計と最適化、1992年～2015年に技術開発、2000年に許可申請、2005年から設計開始、2010年建設開始、2020年運転開始とされている。

(5) スイス

1978年の連邦政府規則は、高レベル放射性物質の恒久的な安全管理及び最終処分の保証を原子力利用の今後の開発前提条件に指定し、そのガイドラインを政府は1980年に発行した。このガイドラインで、処分場は随時閉鎖できるよう設計され、個人被曝線量は年間10ミリレム以下であることが示されている。

処分施設は、スイス北部の結晶岩盤1,200mの深さの所に2本の垂直シャフトと水平処分トンネルを作り、ガラス固化体を鋳鉄製コンテナに収納してトンネル内に据え付け後、ベントナイトで埋め戻すとされている。この処分施設の安全性に関しては、個人被曝線量はガイドラインの年間10ミリレムより6桁低いと評価されている。コンテナは外径940mm、長さ2,000mmの鋳鉄製で、肉厚250mmで、1,000年以上の耐久性を持つと評価されている。

処分施設は、NAGRAによる候補地の詳細な地域調査・安全評価を行った上での建設許可申請を審議後、2000年～2005年に運転開始される予定である。

(6) ベルギー

使用済燃料は、海外で再処理されてガラス固化され返還される。一部は、ベルギーにあった国際再処理会社ユーロケミック社（1953年～1975年）で再処理され高レベル放射性廃液として貯蔵されていたものを現在PAMELAプラントでガラス固化して

いる。

高レベル放射性固化体は、50年間の中間貯蔵後、モル地区のブーム粘土層に地層処分される予定で、多年の間その技術開発が進められてきている。

粘土層は、160～270mの深さの地下に、100mの厚さで5,000km²の広さにわたり存在しており、塩分を含まず、収着特性に優れ、透水性が低いため、処分地層として最適と評価され、1995年には実規模大の施設を完成させる計画が進んでいる。

(7) カナダ

使用済燃料の処分方法として、再処理—ガラス固化か直接処分かあるいはその両方かについては正式には決定されていないが、カナディアンシールドと呼ばれる花崗岩地層を対象に、地下研究施設を建設し、包括的な研究を実施する計画が進められている。処分場の選定や評価については、1990年までに決められるものと考えられるが、現状では実施されていない。

(8) イギリス

使用済燃料は、再処理しガラス固化後若しくは液状のまま、約50年間中間貯蔵される。この間に、処分方法を決定する予定となっており、現状では地層処分と海洋底処分が有力候補である。

現在、国内外の使用済燃料再処理により発生した高レベル放射性液体は、そのままタンク内に貯蔵されているが、少なくとも国外からの再処理委託分については、フランスのAVM法でガラス固化する方法が決まっており、セラフィールドにガラス固化施設を建設し、1990年頃に運転開始する計画になっている。

(9) 中国

現在稼動している原子力発電所はないが、2基の原子力発電所が建設中であり、今後も増設していく計画を持っている。

近年、いくつかの古墳が発掘され、その中には、地下20メートルの深さで2,100年以前のHan 1号墳のように完全な新品同様に保存されている棺や副葬品が発見されているものもあることから、隔離技術の開発にこの考古学上の発見と、そこから得られる知見を役立たせることができると言われている。

すなわち、PWR使用済燃料の再処理により発生する高レベル放射性液体に含まれるアクチニド元素の99%を取り除けば、アクチニド元素以外の高レベル放射性液体は、約1,000年で天然ウランと同程度のレベルまで減衰するので、これをホウケイ酸ガラスでガラス固化した固化体を、各国で考えているものと同様に緩衝材や埋戻し材等を用いた人工バリア及び天然バリアにより人間生活圏から隔離する。

このような方法によって2,000～3,000年間の隔離で処分の安全を確保できると考えている。

上記のとおり、各国とも使用済燃料又は高レベル放射性固化体を地層に処分する方向で計画を進めているが、その具体的方策については必ずしも明確に定められている段階ではない。また地層に処分する方法についても、各国の地質等国土条件を考慮した多様な対応策を検討中である。

1. 3 我が国の方針及び計画

本節では、高レベル放射性物質対策に対する我が国の方針と計画の現状及び将来について記述する。

1. 3. 1 現在の方針

高レベル放射性物質対策に対する原子力委員会の基本方針は、昭和62年度に策定された原子力開発利用長期計画の中で次のように記載されている。

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、地下数百メートルより深い地層中に処分することを基本的な方針とし、動力炉・核燃料開発事業団は、これまで進めてきたホウケイ酸ガラスによる固化プラントの建設・運転を行うとともに、ガラス固化体の貯蔵プラントを建設することとするが、一方合成岩石中に放射性核種を閉じ込めるシンロック固化法等の新固化技術、海洋底下処分技術等の将来技術についても、基礎的な研究を進めるものとする。

すなわち、高レベル放射性物質は基本的にはガラス固化し、地層に処分するが、シンロック固化等の代替固化法や海洋底下処分等の代替処分法についても基礎的な研究を継続して行う方針である。

1. 3. 2 今後の計画

地層処分の今後の計画としては、原子力委員会の長期計画に以下のように記載されている。

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分は、これまでの「有効な地層の選定」（第1段階）の成果を踏まえ、今後「処分子定地の選定」（第2段階）、「処分子定地における処分技術の実証」（第3段階）及び「処分施設の建設・操業・閉鎖」（第4段階）の4段階の手順で進める。更に「第2段階」の具体的進め方については、国の重要プロジェクトとして以下を実施することとしている。

①地層処分技術の確立を目指した研究開発

②地質環境等の適性を評価するための調査

③処分子定地の選定

①及び②は動力炉・核燃料開発事業団が行い、③は処分事業の実施主体に行わせる。

- ・国は、高レベル放射性廃棄物処分事業の実施主体を適切な時期に具体的に決定するとともに、処分費用の確保のための具体的な方策の確立を図る。
- ・動力炉・核燃料開発事業団の貯蔵工学センター計画の着実な推進を図る。
- ・TRU廃棄物の合理的な処分方策を確立するための研究開発を進める。また、ウラン廃棄物についても処分技術の研究開発を進める。
- ・国は、返還廃棄物の円滑な受け入れ、貯蔵を実施するための所要の措置を講じる。
- ・高レベル放射性廃棄物の群分離、消滅処理の研究開発を日本原子力研究所、動力炉・核燃料開発事業団等が協力して進める。また、シンロック固化法等の新技术、将来技術についても、基礎的な研究を進める。

上記のとおり、我が国は高レベル放射性物質をガラス固化し、来世紀の初め頃を目途に、これを地層に処分することを基本方針として、処理・処分の技術開発を進め、これと並行して処分候補地の選定作業を進めることにしている。この方針は、諸外国の例からみても開発の大枠を示すものとして妥当なものと考えられるが、このような長期にわたる開発に当たっては、研究開発の進展、社会情勢の変化に伴なって柔軟な対応が要求されるところである。また開発の最終目標である地層施設のあり方については、とくに広範な観点から諸要因を分析し、できるだけ早期にその基本的構想を固め、国民のまえに明らかにしてお

くことが重要であろう。

この観点から、次章では高レベル放射性固化体の処分活動の本来的性質を踏まえた地層施設の基本概念について記述する。

2 高レベル放射性固化体処分の基本概念

本章では高レベル放射性固化体処分の基本概念とその基本概念に基づいた処分施設構想の例を示す。

2. 1 高レベル放射性固化体処分の基本概念構築上の視点

高レベル放射性固化体は第1章に述べたような性質をもっており、他の原子力開発や一般の産業活動と異なった対応が必要であり、その本来的性質に着目し、我が国の特性をも考慮して、次のような視点から基本概念を構築していく必要があると考えられる。

(1) 高レベル放射性物質の本来的性質

高レベル放射性物質の放射能レベルは、時間によって減衰するため、危険性は次第に減少し、最終的には自然と同化する。

また、高レベル放射性物質は、ガラスなどに固化してしまえば安定化し、破壊など外的要因が固化体に加えられたとしても、放射性物質が直ちに人間環境に影響を与えるわけではなく、長い時間をかけて地層中の水がガラスなど固化体を溶かし、放射性物質を人間の生活環境に運ばない限り、人間に影響を及ぼさないという本来的性質を持っている。したがって、さらに固化体並びに周辺の状態を監視すれば、もし不測の事態が発生したとしても、十分な時間的余裕をもって対策を構じることができる。これらは、高レベル放射性固化体地層施設が他の原子力施設と異なる最も重要な点である。

(2) 自然と時間

高レベル放射性固化体対策は、最終的には自然（天然バリア）と時間（放射能レベルの減衰）に委ねなければならない部分がある。深地層のように自然の態様と超長期の将来を十分に把握し、国民一般が十分納得するよう説明することは極めてむずかしい。高レベル放射性固化体対策は、単に科学技術的側面のみばかりでなく、より社会的観点からの検討の必要がある。

(3) 地域との共存

高レベル放射性固化体地層施設が単なる埋設所であるとすれば、下水の処理場やゴミ焼却場等と同様、地域の積極的な受け入れは期待し難いと考えられる。したがって

地層施設および関連施設の建設・操業が地域自体の振興努力と呼応して地域振興を更に促進させる可能性を生み出し得るような開発を進めることが重要である。しかも高レベル放射性固化体の長期にわたる対策を考慮に入れれば、地域との共存が長期にわたることを念頭に置かなければならない。また、原子力は商業エネルギーの中で環境に与える影響の最も少ないエネルギーとして開発されてきた。この目的に則り、地層施設の建設にあたり、周辺の自然環境への影響を最小限に留めることもまた地域との共存上配慮されるべき点である。

(4) 原子力平和利用

当初、原子力の基本技術は軍事利用のために開発されたが、我が国は平和利用に専念する技術先進国として、常に平和利用の観点から原子力技術のあり方を吟味することを忘れてはならない。これまでの原子力利用、とりわけ核燃料サイクル・バックエンドについては、核保有国がその技術開発を進めてきたため、平和利用の視点からすれば、技術開発は十分に行われてきたとは言い難い。例えば、従来は再処理後回収される液体を高レベル放射性の廃棄物として、疑うことなく処分すべきであると考えられてきたきらいがある。

原子力平和利用に専念している我国としては、再処理プロセスや高レベル放射性物質の対策を含めた核燃料サイクル全体について、今後の技術開発、例えば、群分離や消滅処理技術などの進展を具体的に取り入れていけるような柔軟な対応が必要である。

(5) 原子力利用の基本的役割

我が国はエネルギー資源に乏しいため、エネルギー技術の積極的な開発により資源の制約からの開放を目指して原子力開発を進めてきた。原子力の果たすべき基本的役割は、我が国のエネルギー及び経済のセキュリティー向上に資することである。このため、我が国は再処理路線を採用し、使用済燃料中に含まれるウラン、プルトニウムを回収・再利用する方針であるが、ウラン、プルトニウム以外のロジウムのような白金族やランタンのような希土類元素等の有用資源の活用も、原子力の基本的役割に照らして、忘れてはならない視点である。

(6) 安全性と経済性

安全性の確保が、原子力開発上最も重要な要件であることは言うまでもない。しかし、原子力開発利用の実施にあたり、一般的に安全性について理解を得ることが難しいため、実質的に効果の少ない形式的な安全対策を徒に積み重ねがちである。開発の

当初は未知の事柄が多いため安全側の対策を講じることはもとより必要だが、開発の成果や経験を適切に評価し、不必要な対策を適宜見直すことも重要である。

また、原子力が平和利用を目的とするかぎり、民生用エネルギーとして経済的競争力を具備していることは、必然的要件である。しかし、高レベル放射性固化体の対策が長期を要することを考慮に入れれば、単に目先の経済性に捕らわれることなく安全性を第一において、広い視野に立った経済的合理性を追求していくことも重要な視点である。

2. 2 基本概念 — 管理型高レベル放射性固化体処分

高レベル放射性物質は前説の視点で触れたごとく、種々の性質をもっている。なかでも高レベル放射性物質が長期にわたり放射能を有することが、他の一般的な物質に比べ際立って異なっている性質である。

この点を重視することから諸外国においては、高レベル放射性固化体を遠隔地深地層に密閉し、天然バリアと人工バリアの組合せによって生活環境から隔離することを基本的な対策として計画を進めてきているが、天然バリアとしての自然の態様とその変化を長期にわたって正確に予測することは困難な課題の一つであると考えられる。しかも人間のライフサイクルを超える長期の安全性について地域住民等の理解を得て、その上で、計画を進めていこうとするところにこの対策の基本的なむずかしさがある。

高レベル放射性固化体の放射能レベルが次第に減衰するというもう一つの特性を考慮に入れれば、その対策は最終的には時間と自然とに委ねなければならない部分があるが、これらに依存する度合を最小限にとどめ、すでに有している技術と経験をもってできるだけ将来の選択余地を残せる形で、予知し得る期間の対策を講じ、これと並行して広範な研究開発を行っていくことが重要である。対策が長期であるがゆえに、一気に革新的な技術を求めるのではなく、むしろ経験の積み重ねと間断なき研究開発が必要である。

一方、高レベル放射性物質は固化してしまえば安定化するという特性を考えれば、人手による安全管理、すなわち、固化体または周辺のみずかな変化を常時監視すること等により察知し、必要な修復を加えることにより、固化体の安全性の保証は、長期にわたり十分に確保し得るものと考えられる。

このように、現在可能な技術から出発して固化体を管理し、次第に改良を加えていく方策をとることによって、将来の条件変化及び技術革新等に対応して幅広い選択を行うこと

が可能となってくる。

例えばオーバーパック等に対する多大な要求を具体化するより、むしろ経済的合理性があり、しかも管理のしやすい処分方式を取るという方法もある。また、固化体の回収や施設の修復がいつでも可能な体制を作っておくことは、周辺住民の安全に対する信頼を一層高められるものと考えられる。

このような考えで進めると、高レベル放射性固化体は常に身近な問題として存在し、かつ長期にわたって接触を可能とするため、地域住民の参加あるいは地域外からの管理関係者の地域内定住化が促進される条件が整い、地域の活性化への道が開かれる。また地層施設は、単なる埋設場ではなく、建設、操業及び管理などの人間活動の場であるとともに間断なく続けられる研究開発の場と位置づけられることになる。

更に、この長期的対策を進めるにあたって重要なことは、地元の協力のもとに問題を解決していくという努力であり、このためには管理等の経験や技術開発の知見を間断なく地域の住民に伝えるとともに、研究所や大学校等の設置という形で次世代に引き継ぎ発展させていくことが要請される。

すなわち、我が国は高レベル放射性固化体の対策の一つとして、将来の技術革新、状況の変化を考慮し、選択の余地をより多く残し、かつ既存技術を用いて安全で経済的合理性のある方法で固化体を貯蔵し、並行して研究開発を進め、これらを段階的に取り入れる柔軟な対応を今後さらに検討していく必要がある。ここではこれを管理型高レベル放射性固化体処分（以下管理型処分）と称することとした。管理型処分においては、立地の選定等にあたって従来のものとは、やや異なった条件が要求されると考えられ、その点について以下のような検討を加えた。

(1) 地上か地下か

管理を続けていくなら、なぜ地下かという疑問が寄せられる。一般に、地下という
と炭鉱事故に結びつけ、危険という認識をもつ人が多い。

炭鉱事故は、軟弱な地層と可燃性物を扱うという極めて特殊な条件によるもので、比較的硬い、均質な地層の選定を前提とし不燃性物質を扱う高レベル放射性固化体の地層施設では全く条件が異なり、むしろ数十年間にわたって安定した空洞を維持している金属鉱山の条件を更に良くしたものと考えればよい。地震を例にしても、地上に比べ地下の方が震動が小さいということは数多くの測定により実証されており、高レベル放射性固化体の処分や管理においては、地下の方が安全性において有利である。

(2) 岩質・深さ

管理型処分の考え方では、長期に安定した空洞維持が、安全性、経済性の面で必要条件である。また管理の効率化には一か所でより多く貯蔵できることが望ましく、均質、安定した岩質が広く分布する箇所ほど好ましい。

深度について、放射能よりの隔離という意味では、深いほど有利であるが管理面においては浅い方が出し入れしやすく有利であるという相反する条件が生れる。長期にわたる管理を考えると、深くなることによる地圧や地下水圧の増大は、安全性や経済性の面で不利となる。

なかでも地圧の増大が基本要因と見られる山跳ね現象は、地下 600メートル付近から報告があり、空洞を多数並べて配置する場合には、応力集中は増長されるとみななければならない。したがって、このような配列となる地層施設計画にとって注意を要する現象である。

管理型処分では、以上のような観点から、隔離上必要な最小限の深さを選定の基準とするのが合理的と考えられ、固化体の運搬作業も考えると現状では 500メートルより浅いところが候補として想定される。

(3) 施設の操業

地層施設を単に作るという発想から出発すると、まず地層施設の調査設計を完成させ、一気に処分空洞を建設し、その後固化体を定置し、次々と埋め戻していくという方法が考えられるが、この方式は地域社会に急激な社会的・経済的波及をもたらし、地域住民の参入の少ない形で終始するという事態を招きやすい。したがって「調査～研究～計画～建設～定置～監視」という一連の流れを並行して進め、サイクル化し、地域に急激な変化を与えることなく、地域住民の参入機会を多くしていく計画作りが必要とされる。また、高レベル放射性固化体の発生状況からみても、一時に何万本もの固化体を処分するよりもむしろ発生にあわせて各プロセスを並行して進める方式が合理的である。

(4) 実証試験と改良技術のフィード・バック

高レベル放射性物質の対策では長期の安全性確保が必要な条件とされるが、長期的技術課題を解決していくには、革新的発想から生れる特殊技術に依存するよりも、普遍的な技術の一步一步の改良の積み重ねによる方が信頼性に富み、確実性がある。

また自然環境を相手とした問題も多く、これらは地域の特殊性によって大きく左右

されやすく、実証によって開発された技術も、地域特性が変わると、再現性のないものもある。このようなことを避けるため、技術開発を実施場と実際の地層施設とが同一条件下に存在することが望ましく、「技術課題の提供～技術開発～実証～フィードバック」といった一連の研究サイクルが近接している方が現実的である。

(5) 埋め戻しへの移行

管理型処分を考えるにあたって、最後は埋め戻しという形での処置を考慮に入れておくことは重要である。簡便な形での貯蔵からスタートし、その後の経験を通して、埋め戻しの安全性が確認されれば、その状態で埋め戻しを行なう方がより安全で経済的であることは明らかである。管理型処分の基本姿勢は、その都度その合理性を追求していく姿勢で望むことである。

(6) 異常事態への対応

管理型処分の特徴の一つは、長期に監視を続けることにあり、そこに異常を察知すれば処置可能な対策が取られていなければならない。異常時において、充填材や岩盤等の補修ができ、最悪の場合には高レベル放射性固化体の再取出しも可能なように地層施設を計画する必要がある。

(7) 立坑か斜坑か

地下深部の開発経験の多い鉱山の実績では、深い所は立坑、浅いところは斜坑というのが一般的考え方である。近年、坑内用タイヤ式重機の進歩により、近代的鉱山では 300～400メートルの深さでも斜坑の方が有利と判断され、今後は更に深いところにも斜坑方式が採用されていく傾向にあるものと予想される。

重量物運搬という点で立坑と斜坑を比較してみると、固化体重量はそのオーバーバックなどの遮蔽体を含めると、鉱山の立坑巻上で扱ってきた重量とは比較にならない重さであり、鉱山での現法規制を適用した場合、立坑での巻上運搬方式では相当制限される。一方、斜坑においては、距離が長くなると運搬コスト、斜坑建設コストが高くなるが、現状の技術で直ちに対処できることから、斜坑方式の方が取り組みやすいと考えられる。

管理型処分の場合には、手軽に地層施設へ出入りできることが望ましく、その点からも、立坑より斜坑のほうが有利である。また施設での建設・操業や研究開発に従事するものにとっても、車によっていつでも自由に出入りできるほうが、安全性に対する精神的な面において立坑よりも斜坑のほうが好ましい。これは高層ビルに全く階段

がないことを想像すれば理解されやすいことと思う。

2. 3 管理型高レベル放射性固化体地層施設の構想

基本概念での検討結果を踏まえて、管理型高レベル放射性固化体地層施設の基本構想を図-4～図-5に示す。

図-4は、諸外国で考えられているタイプに近い計画例で、地層施設としては一般的なもので基本型とも言えるものである。ただ諸外国の例と異なるのは、管理の簡便性を取り入れた斜坑方式としていることである。図-5は、「技術開発～実証」の場と地層施設を一本化したものである。これら二案とも基本的には、諸外国の例にもあり、我が国のこれまでの考え方とも差異はない。管理型という新しい観点でとらえると、これら基本型をベースに種々オプション・バリエーションが考えられ、今後の課題として検討されるべきものと思われるが、その幾つかの例を提示する。

① 操業の効率化への対応

図-4、5で示されている貯蔵パネルを更に細分化したブロック（図-6参照）に分けることにより、建設開始より固化体受け入れ期間を短縮し、同時に隔離単位も小さくなるため、異常時の対応を容易にできる。またこの貯蔵パネルの小ブロック化により、「建設～操業～管理」のそれぞれの段階の作業の流れを円滑にすることができる。

② 監視モニタリングの強調

管理坑道と別途にモニタリング坑道を設け、モニタリング監視を管理坑道に直接入らさずに行えるようにしたもので、図-7に示すようなものである。また、このモニタリング坑道は、密閉後の作業を安全に実行する坑道として利用することもできる。

③ 貯蔵ピットの型

貯蔵の考え方、目的等により、貯蔵ピットの型、固化体周辺のカバーの仕方がいろいろと考えられる。取出しを強調するのであれば、ピットの深さを短くするか、あるいはピットなしで倉庫的に固化体を管理坑道内に定置する方が有利である。埋め戻しへの移行を強調する場合には、埋戻し処分に合致する型でのピットが望ましい。幾つかの例を表-1に示す。

④ 地下水制御タイプ

隔離という立場からは、地下水への核種移行を防止するため地下水との接触を徹底

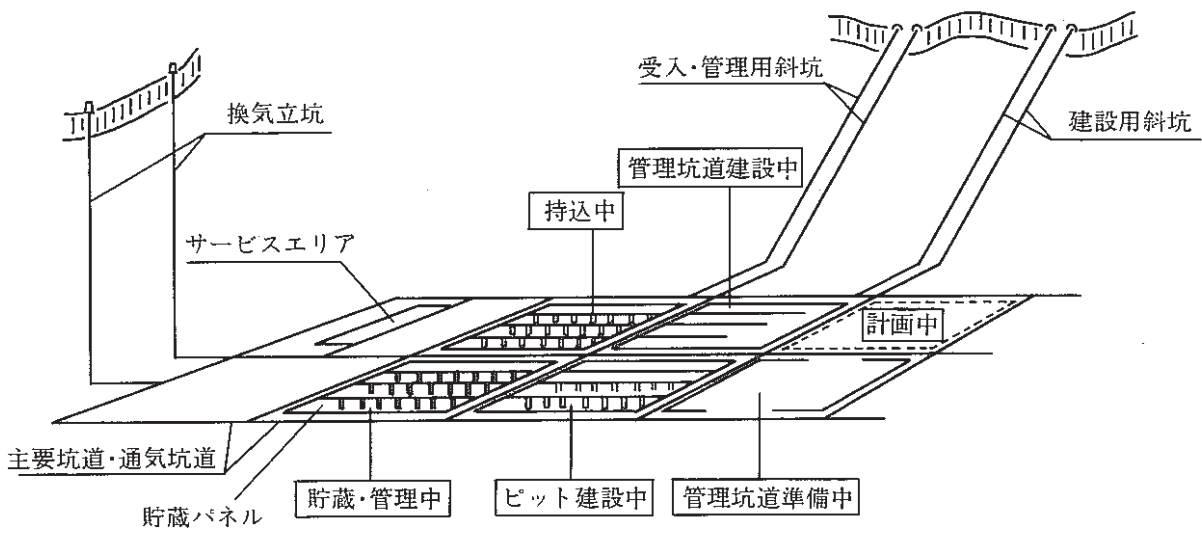
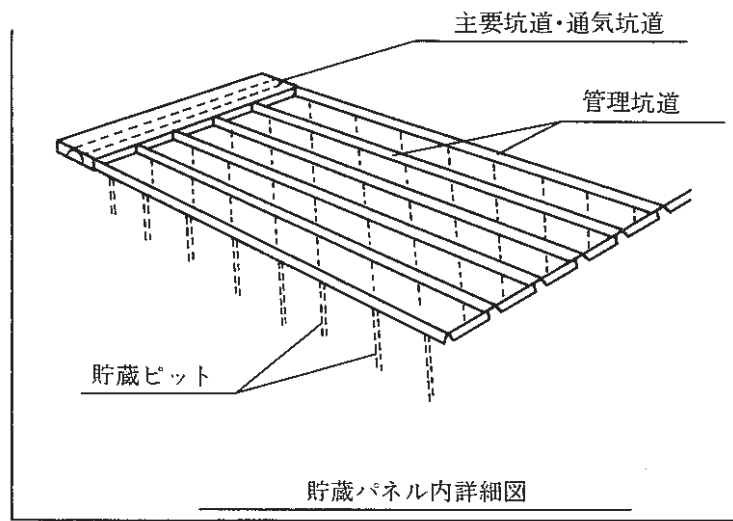


図-4 管理型地層施設斜坑型

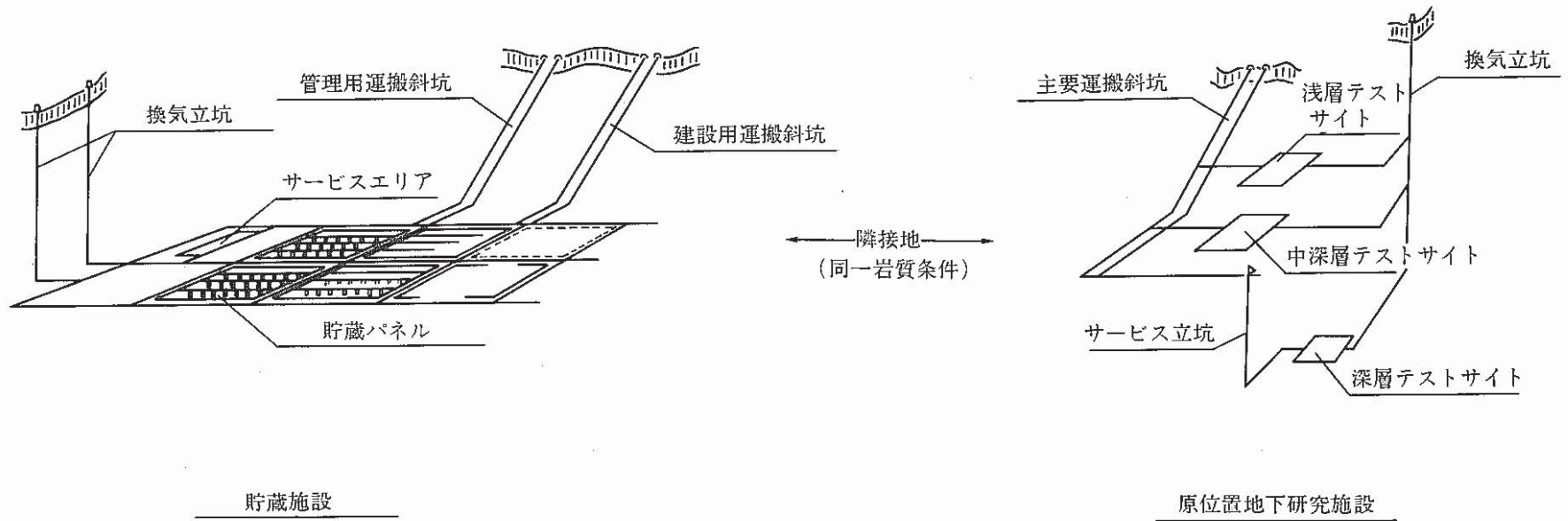


図-5 管理型地層施設

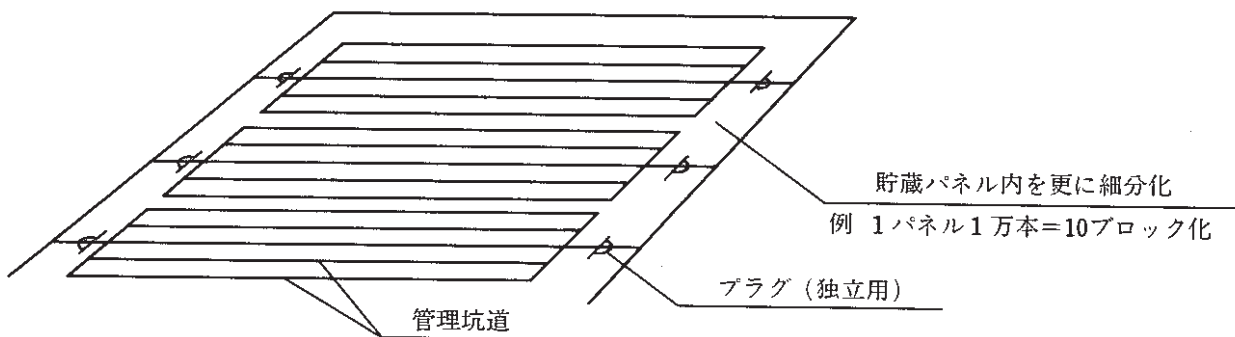


図-6 管理地層施設オプション(1)-操業の効率化

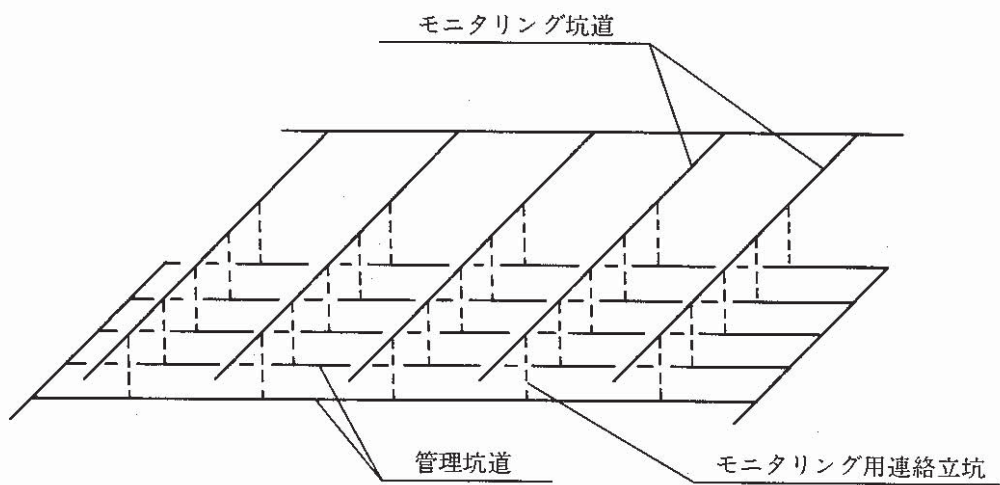
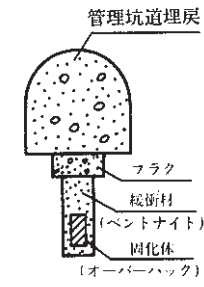
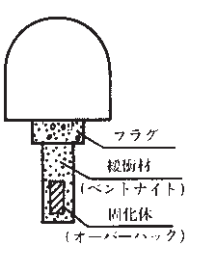
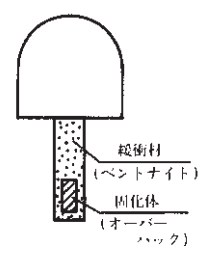
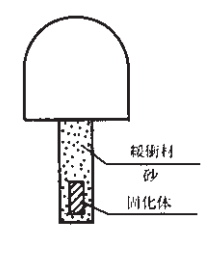
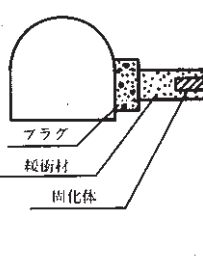
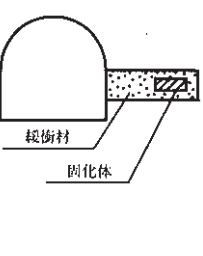


図-7 管理型地層施設オプション(2)-監視モニタリング

表-1 貯蔵ピットのタイプ比較 (管理型地層施設オプション (3))

模 式 図	下 向 設 置 型				横 向 設 置 型	
	A	B	C	D	E	F
						
<p>管理の簡便さ、異常の確認のし易さ</p>	<p>実質的には処分と判断される型で、個々の固化体の異常確認とか異常が出た場合の取出し再処置は困難である。</p>	<p>取出しは可能であるが、現実的でない。固化体の異常はセンサーを通じ、大略検知できる。処分移行への人工バリア効果を実証できる。</p>	<p>取出しは比較的容易で、異常の確認もし易い。</p>	<p>取出しは容易である。固化体の耐久性、特に地下水影響が明瞭に出ると思われる。</p>	<p>プラグを工夫すれば取出しはかなり容易になると思われる。異常確認も比較的容易か、緩衝材の充填がやや難しいか？</p>	<p>取出しは非常に楽である。緩衝材をどのようにするか一工夫必要。</p>
<p>地下水の浸透性</p>	<p>いずれピット内に地下水が浸透し、固化体と接する。</p>	<p>地下水と固化体が接する。</p>	<p>地下水が浸透し易く、固化体と接する。</p>	<p>同 左</p>	<p>下向に比べ、地下水とは接し難い。</p>	
<p>応力集中の度合</p>	<p>応力集中に対しては、しっかりした充填がされ易い分有利である。</p>		<p>応力集中に対して充填物が多少の抵抗を示す。</p>		<p>地圧による応力集中を受け易いと見られる。</p>	

的に避けたい意向が強い。しかし、管理型を指向すると、やや幅広くいろいろな考えを取れる。例えば、図-8に示すように地下水を積極的に抜いて貯蔵個所の乾燥化を図る考え方（鉱山では幾つかの例がある）、あるいは、そこまでいかなくても貯蔵箇所部分だけを周辺より地下水位を下げ地下水の貯蔵箇所外への流失を防ぐ考え方等がある。

⑤ 浅貯蔵～深処分移行

地下の比較的浅いところに貯蔵箇所を設け、当面そこで固化体を受け入れ、その間に隣接地の深地層にテストサイトを設け、地層の安全性を実証的に確認し、その上で貯蔵中の固化体を必要分だけ順次テストを完了したサイトの管理ピットに埋設し、処分へ移行していこうという考え方もある。

⑥ 地下研究施設の一般開放

管理型では、現位置試験施設が必要となるが、この試験施設を原子力以外の地下研究施設と試験期間中、共用していくという考えである。

2.4 技術課題

管理型処分では現在の技術で可能な方法でスタートし、順次技術開発～実証により改善を加えていくという考えで望むため、隔離に重点を置く場合に要求される技術課題とはその重点が異なってくる。管理型処分は当面現有技術で望むといっても幾つかの解決すべき課題がある。

① 天然バリア

管理型処分で見たい天然バリア条件は、

- a) 長期間安定した空洞維持が可能な岩質であること
- b) 広範囲に同一条件の岩質が分布していること
- c) 地下水が少なく、破碎帯が少ないこと

等であり、課題は、これら条件を備えた岩質は何かという評価と、それに必要なデータ収集で国内広く実施し、比較対比することが望まれる。内容的には岩石の物理的・化学的特性、均質性、地圧状態、地下水状態等のデータを必要とする。

② 人工バリア

人工バリアの質をどの程度まで要求するかは、貯蔵の考え方によりかなり異なって

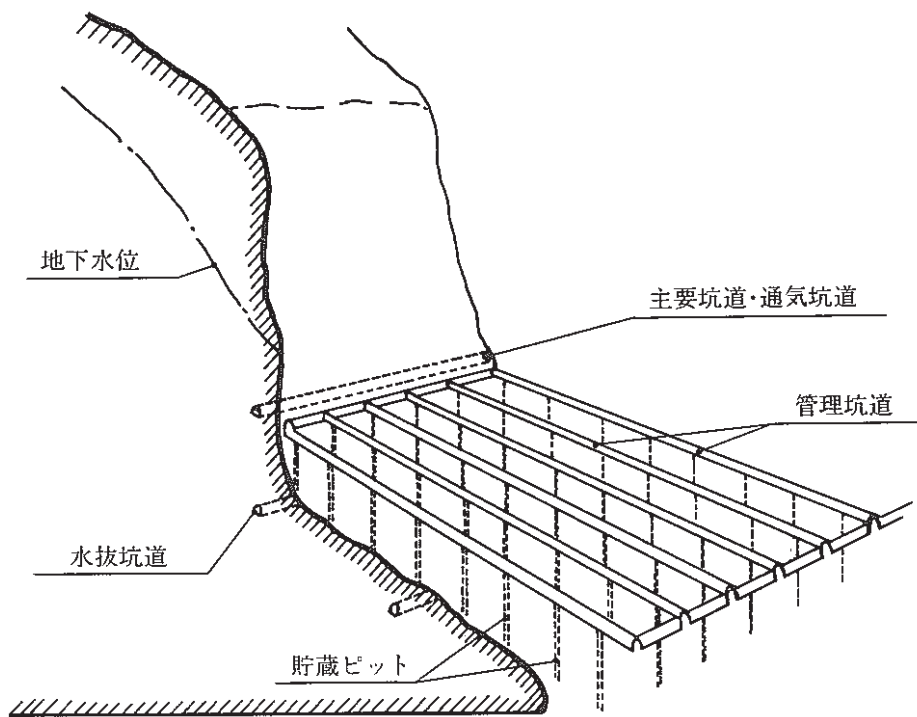


図-8 管理型地層施設オプション(4)-地下水制御

くる。基本的には現状での技術で対応する種類に入るものと考えられ、大きな課題はないと思われる。

a) オーバーバック

オーバーバックの必要性を議論することも必要と思われるが、基本課題は長期安定性と取り扱いの簡便性であろう。

b) 緩衝材

当面、地圧、地熱に対するクッション効果および地下水の遮断であろう。その他には、管理型では緊急事対策として、定置した固化体を取り出しやすくするための緩衝材を考えておく必要がある。

c) 岩盤補強

地圧、風化等に対する補強効果が第一で、次いで止水性にある。基本的には、掘削時に岩盤を大きく傷めないことに主眼を置くべきと思われる。

d) 施工システム

地上～地下の固化体運搬システムが重要である。管理型では、取出し、再定置もあり得るため、隔離に重点を置いたものより便利なシステムを考える必要がある。

④ モニタリング・システム

管理型では固化体定置個所に近づくことができるという条件が必要であるため、モニタリング箇所および頻度が多くなり、量的に増えるという面がある。耐水性、耐熱性の計器開発と同時に多量のデータを処理し、異常を早く探査できるシステムを考える必要がある。

⑤ 安全管理システム

管理型では、固化体の貯蔵ピットへの定置作業の近くで建設作業も行なわれていることもあり、万一の出水対策、火災対策など十分な対策を行なう必要がある。また放射線防護については、管理坑道周辺で従業員が種々の作業を行なうこともあり、従業員など関係者の保護を重視することが必要である。

⑥ 現位置試験施設併設の問題

貯蔵施設との相互干渉が問題になるかどうかの検討が必要である。

3 高レベル放射性固化体地層施設と地域社会

本章では、高レベル放射性固化体地層施設の社会環境的特性、及び地域社会との係わりを一層深めた地層施設の建設・操業の姿、さらにはその将来構想を検討し、そのための地層施設のあり方、地域社会のあり方について記述した。また、地域振興を考えるうえで基本となる地層施設の建設・操業費、並びに同施設から地域社会への波及効果を試算した。

3. 1 地層施設と社会環境条件

高レベル放射性固化体地層施設は、従来「極めて高い放射能」を含む「役に立たないもの」の「捨て場」というイメージで捕らえられてきた。しかしながら地層施設は、地域社会との係わりにおいて下記のような積極的な側面を持っており、これらに注目して地域との共存の道を追及していくべきであろう。

- ・地層施設の事業活動が超長期

固化体地層施設の事業活動は、100年或はそれ以上の超長期にわたると考えられる。

そのため、施設に建設・操業などの活動を通じて、地元地域へは安定した息の長い波及効果を生むことができる。

- ・事業主体の安定性

固化体の地層処分については、それが確実に行なわれることに関して国が責任を負うことになっており、その意味からも事業主体は、公共的性格が強く、超長期に事業活動を遂行できる安定した組織となる。

- ・事業が計画的

固化体地層施設事業は、原子力発電所を進めるうえで不可欠な事業であるため、一般社会の経済的変動に左右されず、計画どおりの安定した活動が続けられる。

- ・鉱山のような生産的イメージをもつ

地層施設の活動は、地層の探査、掘削、操業など鉱山活動と類似しており、従来の鉱山開発の例からみて、地域住民の雇用比率が高い。

- ・地層施設の技術波及

施設の建設・操業には、最新の鉱山技術のほか、ロボット等のリモートコントロール技術、施設特有の耐圧、耐腐食、耐放射線技術など先端技術が導入され、それら技術の波及効果が期待できる。

・地下空間利用への発展

数百メートルに及ぶ大規模な地下空間の開発・利用は、我が国では初めてのことであり、研究機関、産業への利用波及が広がる等、本格的地下深部空間の利用の先駆けともなり得る。

このような側面と合せて、特に考慮されなければならない点は、地層施設の場合、従来の原子力施設のように既存またはプロットタイプの施設を開示することによって、施設の安全性を直接に体験させるという方法を取り難いという点である。深地層は、深海や宇宙空間と同様、一般大衆が未だ経験していない領域であり、深地層の態様について理解を得るためには、これを平易に説明する新たな手法を開発する必要がある。

さらに、この施設が地域社会に受け入れられるためには、以下のような条件を具備している必要があり、地域社会もまた、これを地域社会のために有効に利用し得る素地を備えていなければならないと考えられる。

3. 1. 1 地域社会からみた地層施設の条件

地域社会からみた地層施設の基本概念に組み込まれるべき条件とは、端的に言って安全であること、地層施設が地域のイメージを壊すことのないこと、地域振興の契機になるとともに、できれば地域振興の牽引車の役割をもち、地域と共に歩んでいけることである。

(1) 安全性

- ・安全性については地域住民の納得が大前提であり、固化体の特性や地層施設の構成、運営、周辺環境への影響等について、明確な情報の提供と説明が必要である。
- ・地層施設の安全性をチェックする周辺環境モニタリングは、他の原子力施設同様、住民がいつでも情報を入手することができるように対処すること、さらに固化体や地下施設などの健全性の解析、評価についても住民の代表の参画ができるようにすることが必要である。
- ・施設が立地した折には、施設内を誰でも見学できるように初めから施設の公開性を重視し、施設の設計段階からレイアウト等に十分な配慮が必要である。
- ・安全性に関する研究開発は、地層施設で常に実施されるとともに、その成果については定期的に住民に説明することが必要である。

(2) 事業イメージ、地域イメージ

- ・事業が進展するに伴い、地域住民の雇用や地域企業の活用を積極的に図ることにより、

地層施設自体の生産的な側面をより広げることが重要であり、また地層施設計画策定当初から、このような事業イメージ並びに地域イメージに対する十分な配慮が必要である。

- ・地層施設には、技術者、研究者、見学者等多くの人々が集まり、開発研究の場となることが予想されることから、地層施設は従来のような閉鎖的なものではなく、開放的で学術的、技術開発的な活動を行なっていることが明らかになるよう、設計段階から配慮すべきである。
- ・地層施設は、我が国のエネルギー対策重要な施設であると共に、世界各国が注目している数少ない施設であることを、地域住民のみならず国民全体に知らしめることが必要である。また、地下空間利用研究等に関連する多くの研究施設の併設も考えられることから、地域住民や国民、施設の従業員にこの施設の社会的使命感や役割を広報することが不可欠である。
- ・地層施設のネーミングについても、明るく、誇らしく、生産的なイメージのする名を選ぶことも考慮すべきである。

(3) 事業主体

- ・事業主体は、国の責任の一貫として国が決定することを早くから地域に明示する必要がある。
- ・事業内容については、地域との結び付きを強め地域振興の契機にすると共に、地域の発展を促すため、その活動の範囲を決めるに当たっては、原子力事業のみではなく、例えば地下空間を利用した研究施設の管理・運営など、地下空間利用事業にも広く特色ある事業活動ができるように配慮する。
- ・事業主体には、地域関係者もその経営に参画できるような形態とすることも配慮する必要がある。

(4) 社会・環境影響

- ・地層施設に建設にあたっては、地域の効率的発展のため、事前に地域関係者と十分な協議のうえ、建設計画を策定するなどの配慮が必要である。
- ・美観、風土の変化については、地域のイメージ、施設のイメージにも関係することから、その保留のみに留まらず、よりよい環境作り（例えば、森のなかの研究施設群）を施設計画に盛り込むなどの配慮が必要である。

(5) 地域振興

- ・地域との共存共栄を図るためには、地層施設を地場産業として位置付けることが有効である。
- ・施設計画の策定にあたっては、地域への具体的波及効果を検討しつつ進める必要がある。
- ・施設の特性を地域振興に役立てるために、地場産業を積極的に活用し、特色ある技術をもつ企業を育てるなど、施設からの技術移転とともに地場産業の発展を図るよう指導することが重要である。
- ・道路などのインフラストラクチャーの建設では、地元と共用できるよう、地域と事業主体が共同で余裕をもったそれら施設を建設することが効果的である。

(6) 国の支援

- ・地層施設の計画策定にあたっては、今後の地下空間（地下工学）分野の研究の発展が期待されることから、地下空間研究施設の併設も考慮して、地層施設を含む研究施設群を国の研究センターとして位置付け、各関係方面にその参加、活用を図るなど、国の積極的な支援が必要である。

3. 1. 2 地層施設を有効に利用するための地域社会のあり方

固化体地層施設の事業主体が立地地域を選定するに当たって、地層や地理的条件ばかりでなく、地層施設を有効に活用するためにの地域特性をもその選定条件として考慮することも、地域との長期にわたる共存共栄を行なうためには必要となろう。

- ・地域の自治体や住民が、地域開発にたいしてしっかりとした考えをもち、常に地域の発展に努力しているとともに、地域の将来像にたいしても前向きな姿勢を持っていること。
- ・地域における物資や資本、情報の流れが活発であること。
- ・住民が科学技術にたいして理解があり、地域の企業も新技術に対して積極的な取組姿勢を有していること。
- ・施設の立地地域としては、地質等の技術的条件のほかに、地層施設と研究機関、企業等との人的交流、技術交流を行なうため、地方都市を母都市とする経済圏内であることが望ましい。

3. 2 地層施設の建設・操業のシナリオ、将来構想

以上の地層施設の社会環境的特性を踏まえ、その建設・操業のシナリオを想定するとともに、近い将来の施設構想を描いてみた。

原子力委員会の原子力開発利用長期計画においては、高レベル放射性廃棄物の地層処分を第1段階「有効な地層の選定」、第2段階「処分予定地の選定」、第3段階「処分予定地における処分技術の実証」、第4段階「処分施設の建設・操業・閉鎖」の4段階の手順で進めることにしている。現在は、第2段階「処分予定地の選定」の段階である。当調査のシナリオ作成にあたっては、有効な地層の選定が行なわれ、施設の立地地域が決定された時点からを想定する。

(1) シナリオ条件の想定

(i) 高レベル放射性固化体とその量

地層施設に搬入される高レベル放射性固化体は、再処理により分離された高レベル放射性物質をガラス固化し、20年間冷却貯蔵されたもので、東海再処理工場からの固化体、海外委託再処理からの返還固化体、及び下北からの民間再処理からの固化体を合せて、毎年1,000本搬入されるとした。

(ii) 地層施設の規模

地層施設規模は、固化体4万本を1単位とし、第1期の建設・操業の後には、第2期、第3期と順次建設・操業を行なう。

(iii) 建設・操業手順

第1期分の貯蔵パネルを4面設けることとし、第1面の貯蔵パネルの掘削終了後は、第2面の貯蔵パネルの掘削と第1面の貯蔵パネルへの固化体の搬入を並行して行なう。以下順次掘削と搬入を並行して進める。

(iv) 維持管理

貯蔵パネルの維持管理は、それぞれのパネルの掘削後60年とし、その間に人工バリアや天然バリアの健全性を実証し、その後埋め戻しを行なう。健全性の実証は、各パネルごとに行なうこととする。

(2) 固化体地層施設シナリオ

これらの条件を基に、想定するシナリオを調査・設計期間、建設期間、操業期間、維持管理期間、埋め戻し期間に分け記述する。また、立地決定時点を0年、固化体受け入れ時点をそれから30年目とし、これを基準とした。地層施設建設・操業スケジュー

ールを図－9に示す。

(i) 調査・設計期間

立地決定後に地層の詳細な調査のためのボーリングが行なわれ、その解析や地層施設の詳細設計が行なわれる。この時点においては立地決定前に示された地層施設の建設長期計画を基に、地域の関係者との協議を行ない、地域進行上で要望に近づけた施設建設の長期構想を作成する。この期間の最終段階では、国の安全審査が行なわれる。

この期間としては、立地決定から10年を想定したが、この期間における地域への直接的波及効果はその多くが望めないことから、インフラストラクチャー等の先行投資を積極的に進めることも必要になる。第2期の施設の調査・設計は、さらに40年後、第3期は80年後から開始されることとした。

(ii) 建設期間

建設期間には、敷地造成工事、地上施設・地下施設等の建設が行なわれ、その期間を10年目から30年目までの20年間とした。地上施設、地下施設の建設は10年間、その後のオーバーバック施設の建設が10年掛かることと想定した。このような建設期間を長期化した理由は、とかく短期的な建設期間に集中しがちな地域への直接的波及効果を避け、安定した地域の発展を図るためである。

(iii) 操業期間

操業期間には、地下施設の貯蔵パネル（管理坑道より構成）の掘削、貯蔵ピットの掘削、固化体の受け入れ検査、オーバーバックの付設、地下施設への搬入、固化体の貯蔵ピットへの定置等を行なう。

操業は、建設期間とオーバーラップしながら立地決定後20年目から進められる。その期間は、固化体の毎年の発生量に合わせて行ない、第1期の施設全ての操業が終了するまでに50年間を要する。

(iv) 維持管理期間

維持管理期間には、操業が開始された時点から所定の固化体を全て地下施設に収納したあと、定置した固化体及び地下施設の健全性が実証されるまでの間、通気、配水、放射線モニタリング、坑道補修、施設補修等、維持管理を行なう。固化体の維持管理期間は60年とし、この間に固化体、地下施設の健全性を確認する。

(v) 埋め戻し期間

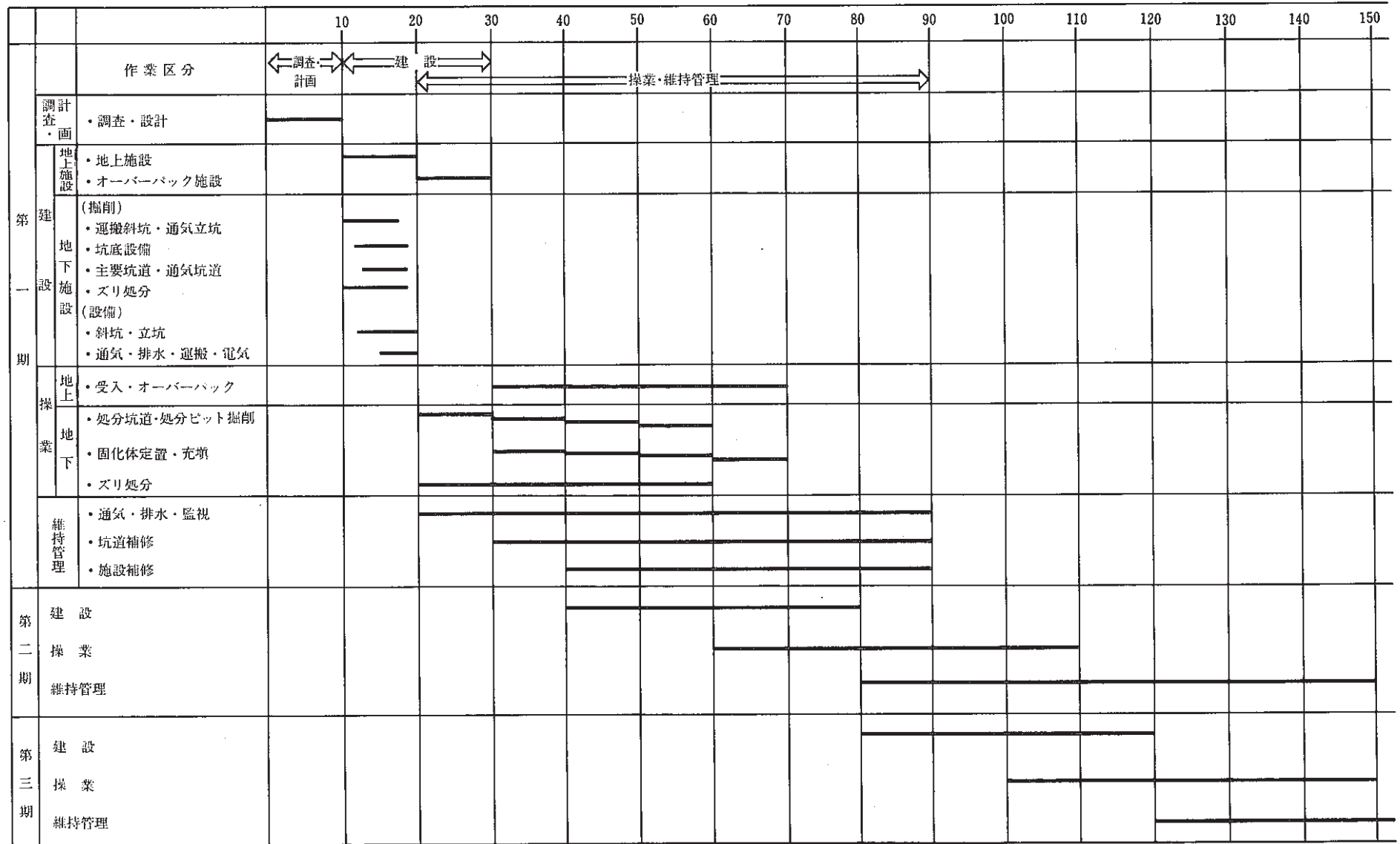


図-9 地層施設のスケジュール

埋め戻し期間には、貯蔵ピットや管理坑道、地下骨格構造を埋め戻し、地上施設を閉鎖あるいは撤去するまでの作業を行なう。その期間は、立地決定後90年目から貯蔵パネル1面当たり10年を掛けて埋め戻す。

3. 3 地層施設の建設・操業等費用試算

高レベル放射性固化体地層施設の建設・操業シナリオを基に、地域への直接的波及効果の試算を行なうために、同施設の建設・操業等費用の試算を行なった。

地層施設の建設・操業形態は、その特性でも明かの通り、工業施設やエネルギー施設等と異なり建設・操業が急速に進められるものではなく、固化体の発生に合わせて行なわれる。そのためその形態は、金属鉱山の開発・操業活動に非常に類似している。鉱山の活動との違いとしては、鉱山が採掘により鉱石を利用するのに対して、地層施設では採掘後の地下空間を利用することにある。

高レベル放射性固化体地層施設が地域に与える波及効果を想定するためには、まず、固化体地層施設の建設、操業、維持管理、埋め戻し等の諸費用の試算が必要である。これら諸費等の試算を行なうに当たっては、参考となる固化体地層施設が海外各国においても存在しないため、その開発、操業形態が最も類似している金属鉱山の開発、操業等の費用の実績を参考にして、固化体地層施設の建設、操業、維持管理、埋め戻しの諸費用、従業員数を試算した。

試算にあたっては、道路、住宅、緑地の整備など、周辺諸施設の費用及び建設中利子等の間接費を除外した。

3. 3. 1 試算前提条件

- ・費用の算定は、現有技術の範囲（例えば掘削はスムーズブラスト工法、トラックレス方式）で想定した。全体としては、鉱山の実績をベースに、道路トンネルの実績を加味して算出する。
- ・固化体地層施設は、斜坑方式とし、安全が実証・確認されるまでの一定期間の維持管理を行なうこととする。
- ・施設の規模は、第1期分として固化体4万本が定置できる規模とした。これをベースにその後4万本ずつ増設することとする。
- ・地層施設への固化体の受け入れ量を、年間1,000本とする。

- ・地層は、良質硬岩を対象とし、深度500m、地圧、地下水とも良好な状態の地層を想定する。（湧水量は4万本規模で、2.5～3.0 m³/分程度）
- ・埋め戻し材としては、貯蔵ピット内は良質の砂程度とし、管理坑道、主要坑道等は生コンに土木用ベントナイトを混用したものを密充填する程度とした。
- ・施設の基本仕様（1期分）は、以下のとおり。

主要運搬斜坑（1/10勾配）	5,000m×4本
換気立坑	500m×4本
主要坑道	3,800m
通気坑道	3,800m
管理坑道	172,800m（4パネル）
貯蔵ピット	40,000本（1パネル=10,000本）
坑底サービスエリア	6,140 m ²

- ・建設、操業、維持管理、埋め戻し諸費用に含まれる主な設備、機器、サービスは、以下のとおり。

調査・設計費：ボーリング調査、解析、設計、敷地造成等

建設費：

地上施設――固化体受け入れ検査施設、オーバーバック施設、立坑建屋、動力施設、資材倉庫、工場、ズリ処分施設、モニタリング施設、事務管理棟等
 地下施設――斜坑、立坑、主要坑道、通気坑道、坑底施設、通気施設、配水施設、電気設備、運搬設備等

操業費：固化体の検査、オーバーバック製造等地上施設での操業費、管理坑道、

貯蔵ピットの掘削、ピットへの固化体の定置、ピットの充填等

維持管理費：放射線モニタリング、通気、配水、坑道・施設補修等

埋め戻し費：地下施設全ての埋め戻し費、地上施設の閉鎖あるいは撤去等

3.3.2 固化体地層施設投資額

個体地層施設の投資総額は、建設中利子などの間接費、サイト選定調査費、用地取得費、補償費、研究開発費等を除き、施設に直接かかる費用のみを試算すると、6,160億円であった。その内、調査・設計費は200億円（全体の3%）、建設費は920億円（15%）、操業費は3,080億円（50%）、維持管理費は1,760億円（29%）、埋め戻し費は200億円

(3%)と試算した。第2期以降の施設投資額は、地上施設の一部の共用を考慮して5,840億円(4万本規模)と試算した。(表-2)

(1) 調査・設計費

ボーリング調査、設計等、建設のための調査・設計費総額は、200億円と試算した。地層施設増設のための第2期以降の調査・設計費は、第1期の施設に隣接することを前提として、第1期費用の半額の100億円と想定した。

(2) 建設費

固化体地層施設の建設費は、総額920億円と試算した。内訳は、固化体受け入れ施設、オーバーバック製造施設が300億円、その他の地上施設が100億円、斜坑、立坑、坑底サービスエリア、通気坑道等地下主要坑道掘削費が340億円、通気、配水、運搬、電気等地下施設機器が180億円と試算した。

(3) 操業費

操業費については、年単位でその経費を試算した。地上施設、地下主要施設の建設が終了する時点から地下管理坑道、貯蔵ピット等の掘削が開始され、年額42億円が40年間投資されると試算した。これらの作業から10年後に固化体の受け入れ、オーバーバックの製造、固化体の貯蔵ピットへの定置、ピットの充填を行なうこととし、年間35億円が40年間にわたって投資されると試算した。

第2期以降の地層施設の操業費も同額とした。

(4) 維持管理費

維持管理費は、貯蔵パネル一面ごとに年額2億円が支出され、坑道補修に年額5億円、設備機器補修に年額10億円が支出されると試算した。これら100年間の総額は、1,760億円で、第2期以降の維持管理費も同額と想定した。

(5) 埋め戻し費

地下施設等埋め戻しには、年額5億円を想定した。埋め戻し費総額200億円の内訳として、貯蔵ピット、管理坑道の埋め戻しを20億円、骨格構造の埋め戻しを150億円、埋め戻し時に使用されるプラグ代を30億円と試算した。

3.3.3 従事者数

固化体地層施設の従事者数については、施設の調査・設計、建設、操業、維持管理、埋め戻しの直接的作業にかかわる人員のみを試算した。(表-2)

表一 2 地層施設関連資金と従事者数

	第1期計画(4万本)		第2期以降(1期分)		年間投資額(年平均) (億円)											備 考	
	総 額 (億円)	地域投下 (億円)	総 額 (億円)	地域投下 (億円)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110(年)		
調査・設計	200	50	100	50	20				10				10				
建設・地上施設	400	100	} 700	200		10	30		} 10	20	20	20	10	20	20	20	
・地下施設	520	200				52											
操業・受入・オーバーパック	1,200	200	1,200	200				30	30	30	30	30	30	30	30	30	
・貯蔵ピット・管理	1,600	800	1,600	800			40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
坑道掘削																	
・処分体定置・充填	200	100	200	100				5	5	5	5	5	5	5	5	5	
・ズリ処分	80	80	80	80			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
維持管理・通気・排水他	560	280	560	280			2	4	6	8	10	12	14	14	14	14	
・坑道補修	400	200	400	200					5	5	5	5	10	10	10	10	
・施設補修	800	320	800	320						10	10	10	10	15	15	15	
埋戻	200	100	200	100										5	5	5	
合計	6,160	2,430	5,840	2,330	20	62	74	81	108	120	122	124	131	141	141	141	
(地域投下額)		2,430		2,330	5	25	28	32	45	45	46	47	56	55	55	55	
従事者総数 (人)					170	370	460	500	590	600	610	620	710	720	720	720	区間の従事者数を示す
地元雇用数					25	150	280	305	410	415	425	435	500	505	505	505	”

調査・設計が始まる最初の10年間は、平均 170人の従事者が就業すると想定した。その後地上施設、地下施設の建設、操業、維持管理と、事業が進展するに従い従事者数も増加し、第2期施設のための調査が開始される40年目には、590人が就労するとした。また、第3期施設のための調査時点である80年目には、710人が従事していると想定した。

実際の地層施設では、その他関連業務のためにさらに3割程度の従事者が必要となると考えられる。

3. 4 固化体地層施設の地域社会への波及効果

高レベル放射性固化体地層施設の立地が、地域社会に直接的・間接的な影響（効果）を与えることは言うまでもない。その地層施設からの波及の主なもの、建設、操業など事業における地域への資金投下、地域住民の雇用であり、それら波及が通常地域の雇用機会の増加に伴う人口の定着あるいは増加、所得の拡大に伴う消費の多様化、生活水準の向上、関連産業の振興に伴う事業所の増加、さらに財政規模の拡大、社会資本の整備・充実へと地域が発展すると考えられる。地層施設の波及効果が地域社会の発展に及ぼす経過を、図-10に示す。

ここでは、施設立地の地域社会への影響（効果）を把握するため、その波及効果を直接効果と間接効果に分けて想定した。直接波及は、施設の建設段階からの物資・サービスの地域調達、雇用などが主なものであり、間接波及は直接波及から二次、三次に派生するものや、施設の特性や技術が他の分野に波及するものなどが考えられる。

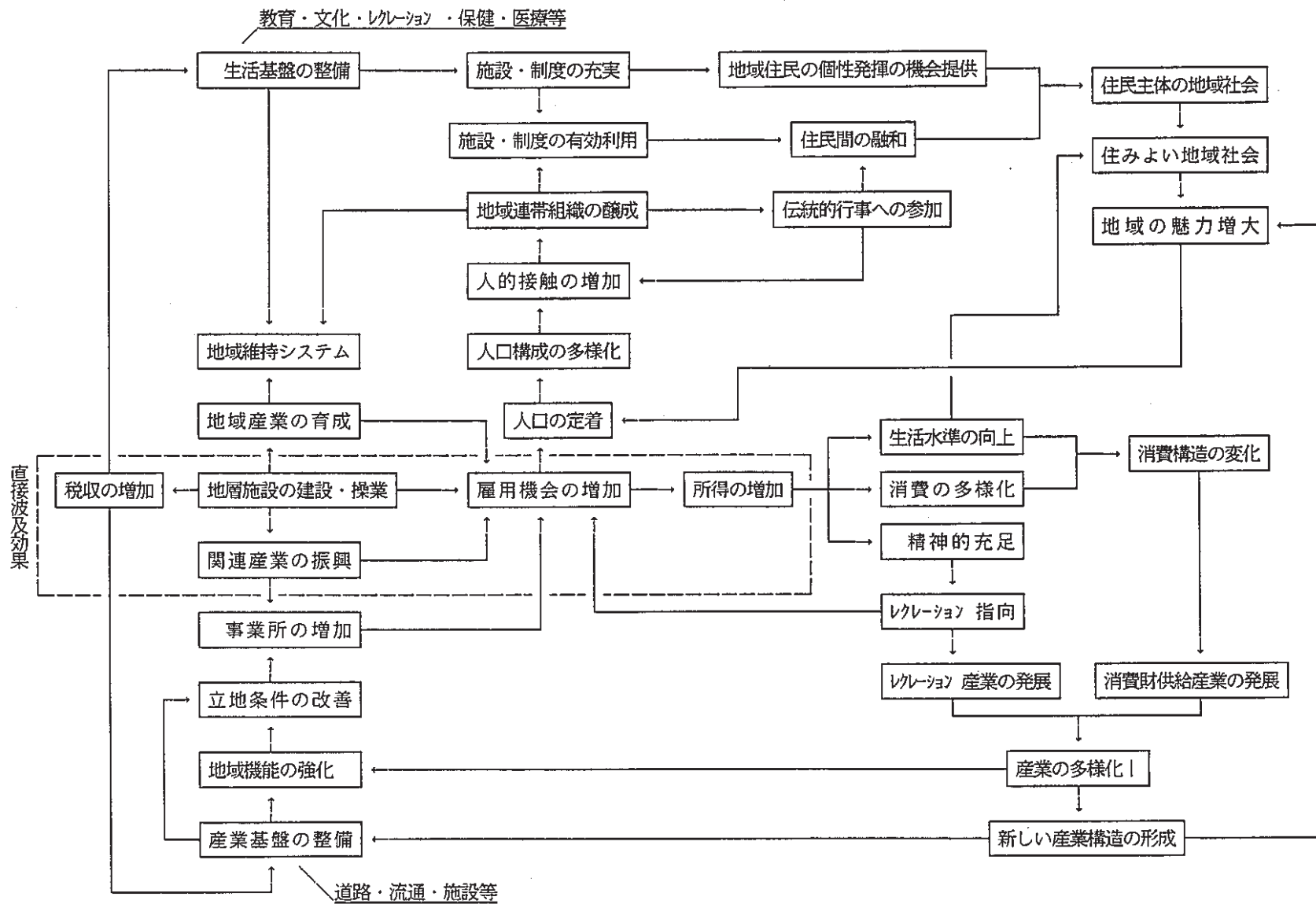
3. 4. 1 直接効果の試算

直接効果は、施設の建設・操業などによる地域への機器や資材の発注、地域住民の雇用、施設に関する税金や交付金など、施設に直接係わり発生するものである。以下では、地域への投下資金、雇用を主体にその定量的把握を試みた。

(1) 地層施設の直接波及額

地層施設の地域への波及効果は、その地域の地理的条件、産業形態、地域経済圏の活性度、住民の経済意識、開発意識、自治体の地域開発活動など地域特性により大きく左右される。本調査では、このため地層施設の立地地域が特定されていないため、同施設の地域に対する波及効果を、金属鉱山がこれまで地域に与えてきた波及効果から類推して試算した。

図-10 地域産業・社会への波及効果



(i) 波及総額

高レベル放射性固化体地層施設の建設、操業、維持管理などが地域へ与える直接波及は、施設の建設・操業総額 6,160億円のほぼ40%に相当する 2,430億円となる。また、地層施設の第2期以降の活動にたいしても、第1期と同様40%の 2,330億円が地域に波及する。実際では、第2期以降の活動は、第1期の経験を生かして地域への波及割合が増加することと思われる。

以下に地層施設の第1段階活動の地域波及内容を概説する。

ボーリング調査・設計費 200億円については、その25%の50億円が地域に投下される。地域投下割合が低いのは、ボーリングによる地質調査や解析、さらには施設設計など、初期段階での業務が専門的知識、経験、技術を必要とするためである。

建設費のうち、地上施設では専門的技術が必要である固化体受け入れ施設やオーバーパック製造施設において、地域への波及は17%の50億円程度であるが、地上施設では60%の60億円が投下される。

地下施設では、設備機器の33%の60億円、骨格構造掘削費の40%の 140億円が地域に投下される。地下設備機器は、大型で特殊な機器であるとともに、リモートコントロールなどの機能が要求されるため、当初は地域への波及が少ないと考えられる。また、地下施設の骨格構造、特に斜坑、立坑についても鉱山の専門技術が必要であるため、地域への波及は多くを望めない。

建設費全体では、33%の 300億円程度が地域に波及する。

操業費の波及については、地上施設の操業費用の17%の年間5億円が地域に波及する。この費用のほとんどがオーバーパックの資材費であるため、地域には人件費相当分が波及する。地下施設の操業費用については、約70%の年間32億円が地域に波及する。

操業費全体では48%に当たる年間37億円、操業期間全体で 1,180億円が波及する。

維持管理費の波及としては、45%に当たる総額 800億円が地域に波及する。維持管理費のうちの大半が人件費で、その他としては電気代、油代等である。

埋め戻し費の波及では、50%の 100億円が地域に波及すると考えられる。埋め戻し作業では、一部大型機器やベントナイトなどの物資が地域外から調達されると想定した。

i) 年別波及額

以上の地域波及の想定を基に、固化体地層施設の第1期、第2期、第3期の建設、操業などの活動が、地域に与える波及を図-11に示した。地層施設立地の最初の10年間は調査・設計業務で、しかも専門的であるため地域波及は少なく、年20億円の投資にたいして地域波及は年に5億円程度となる。しかし20年目以降施設の建設、操業が進むにつれて、投資額の4割前後の地域波及が生じ、第2期の建設と第1期の操業が重なる40年目以降は、年に40億円代50億円代の地域波及が生じる。

このように地層施設の建設・操業は、そのスケジュールの立て方にもよるが、地域に与える波及が100年以上にもわたり、しかも大幅な変動がなく波及することが明らかである。また、波及額についても、地域特性や地域の発展度合いによって、その波及割合が増加することは十分想定できる。

(2) 地域の雇用効果

固化体地層施設における地元住民の雇用については、地層施設からの投下資金と同様、金属鉱山の雇用実績を参考にして試算したが、地層施設特有である固化体受け入れ検査、オーバーバック製造、放射線モニタリングなどでは専門的知識を必要とするので、これら専門家の人数についても試算した。

地元雇用については、地層施設の状況が調査・設計段階から建設段階、さらには操業段階へと移っていくに従い、その割合を増加することとした。(図-12)

当初の10年間の調査・設計期間は、170人程度の従事者を必要とするが、その仕事の内容が専門的であるため、15%の25人程度が地域から従事者として就労する。その後、地上施設及び地下主要施設の建設段階である10年目から20年目の10年間では従事者370人の40%に当たる平均150人が就労する。さらに管理坑道、貯蔵ピットなど貯蔵パネルの掘削が行なわれる20年目から30年目の10年間は460人、貯蔵パネルの掘削と並行して固化体の受け入れ、オーバーバックの製造、固化体のピットへの定置が行なわれる30年目から40年目までの10年間は、従事者の60%に当たる500人が雇用される。

その後、地層施設の第1期の操業・維持管理と並行して、第2期の活動が開始される40年目からは、従事者の70%が地元から雇用される。鉱山の例では、社員の90%を地元から雇用しているところが多く、地域波及の効果が上がっている。そのようなことから、地層施設においても地元雇用比率をさらに高めることが十分可能であると考えられる。

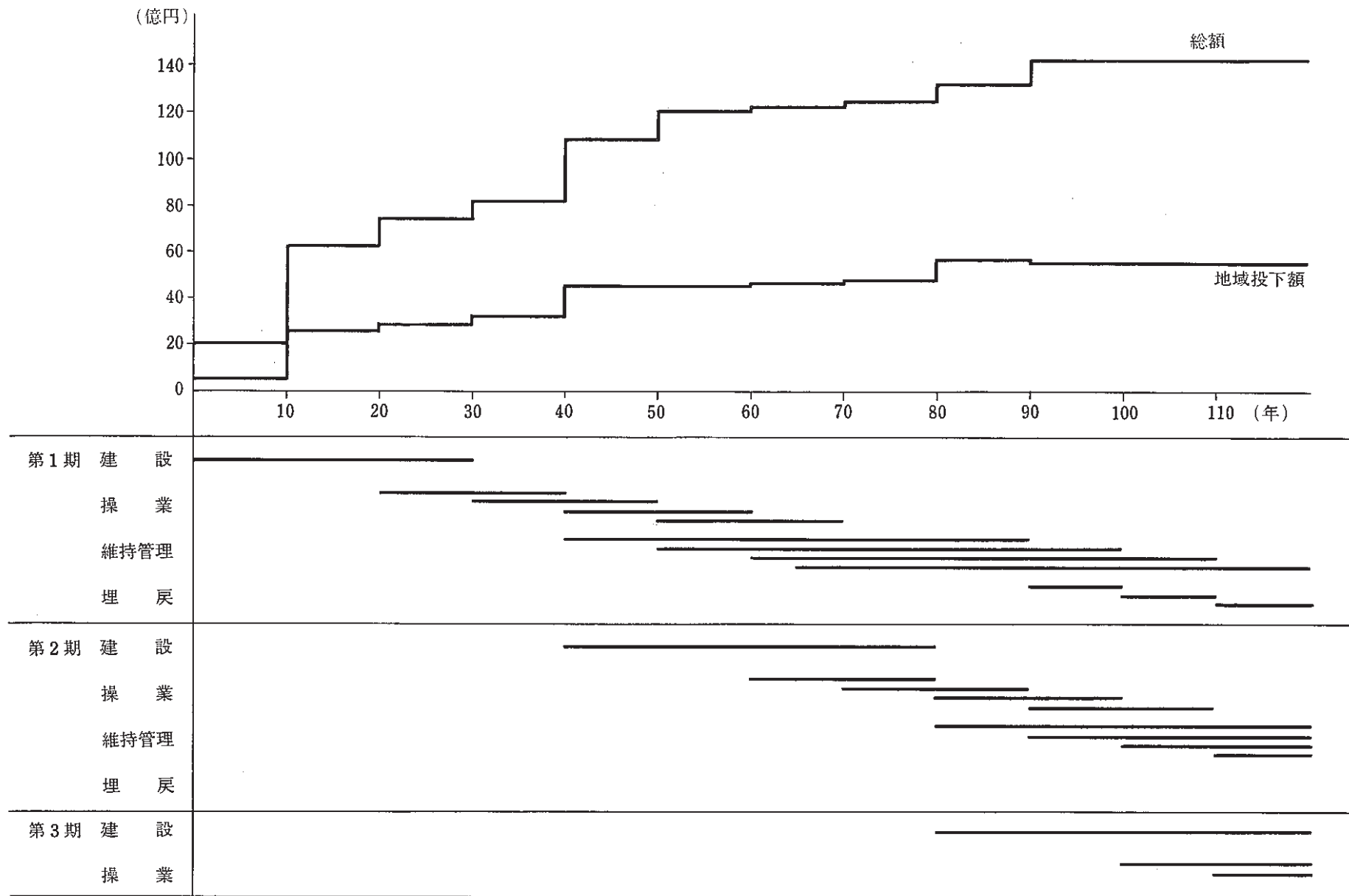


図-11 投下資金推移想定とスケジュール

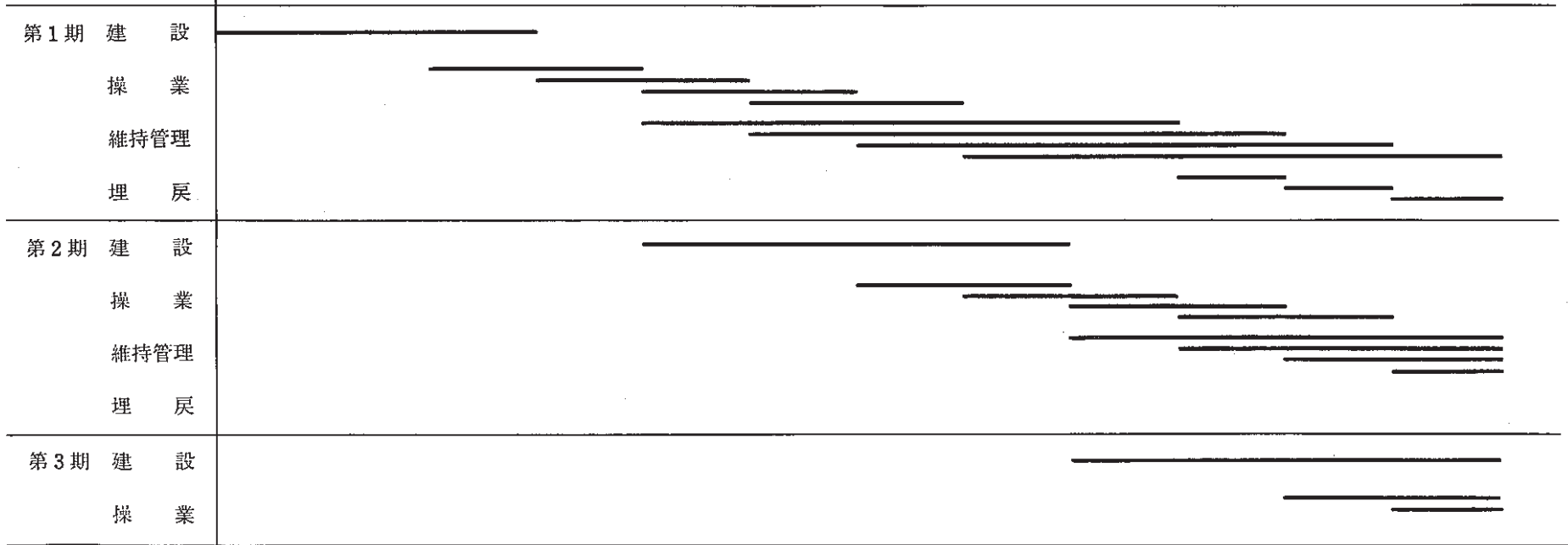
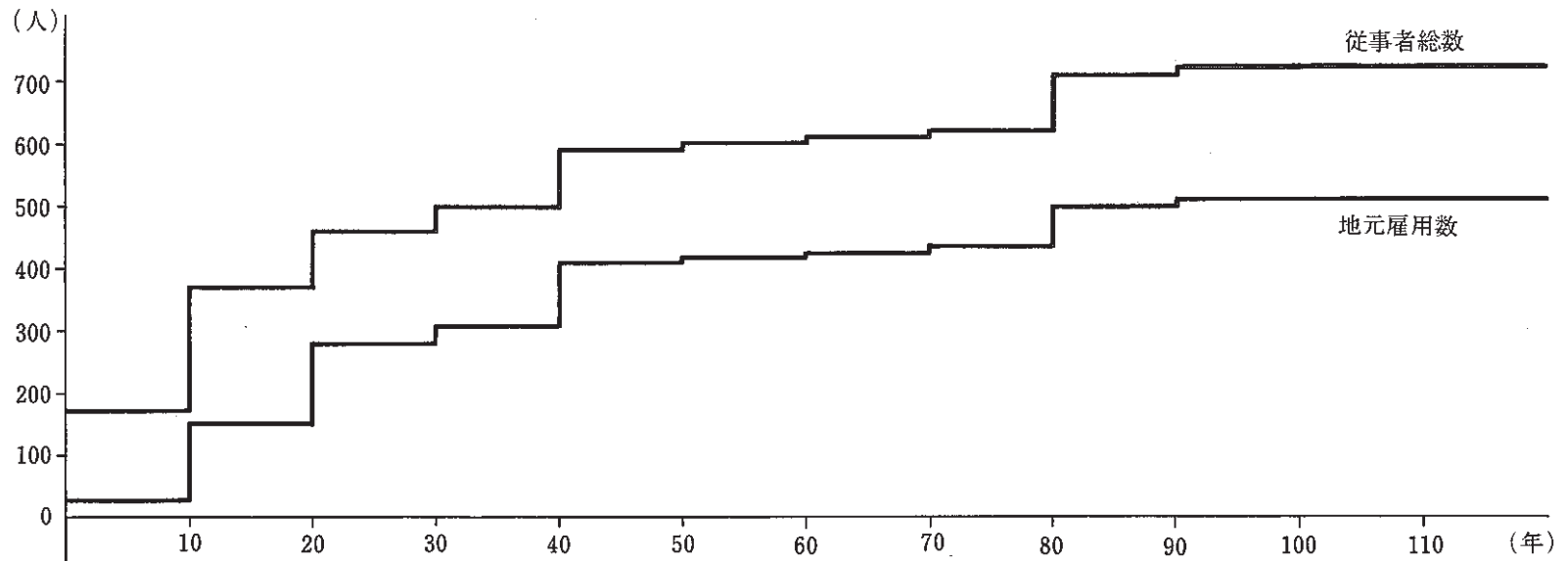


図-12 従事者数推移想定とスケジュール

3. 4. 2 間接効果の想定

地層施設立地の直接効果が、施設の建設、操業などに伴う地域への資金の投下や雇用など、施設に直接係わるものであるのに対して、間接効果は、直接効果から二次、三次に派生するもの、あるいは地層施設の関連会社、施設の特性を活用した産業の育成などがそれにあたる。また、地層施設で開発が進められる耐圧・耐腐食技術、重量物のリモートコントロール技術、地下空間利用技術などの活用も、この施設の間接効果の特徴である。

ここでは、考えられる間接効果について定性的な波及効果を考察することにした。固化体地層施設の立地に伴ない、間接波及が派生すると考えられる分野を次の4分野に整理した。

- ① 固化体地層施設関連分野…地層施設の運営に必要な周辺業務が発生する分野。
- ② 生活関連サービス分野…地元地域外から流入する従事者、研究者、見学者など人口増加にともなって発生する分野。
- ③ 地下空間関連分野…地層施設の立地に伴って、地層施設及び併設する地下空間を利用し、研究、生産を行なう分野。国、自治体の政策や開発姿勢により波及の度合いが異なる。
- ④ 施設関連技術活用分野…施設で開発された技術を活用する先端技術分野。

波及分野の内容の詳細を図-13 に示した。さらに、地層施設自体の業務が地域に波及する可能性についても表-3 に示した。

3. 5 地下空間利用総合工学センターへの発展

地下深地層部の利用は、海洋、宇宙空間の利用と並んで今後も最も期待される分野である。高レベル放射性固化体地層施設は、地下数百メートルにおける地下空間を本格的に利用する我が国初めての活動であり、しかも深地層の特性研究を初めとして、様々な研究開発が伴うことも考慮に入れれば、今後の総合的な地下空間利用のための総合工学センターとして地層施設を位置付けることが可能である。地下空間利用総合工学センターへの発展は、地層施設の設置による地域社会の活性化にとって、さらに大きな効果を生じるものと考えられる。このような我が国最初の試みである大規模な開発を円滑に進めるにあたっては、公開性、地域性、公共性の三つの要素を特に重要視する必要がある。

(1) 公開性

間接波及発生分野	参入及び発生業種	形態					
		調査・設計	建設	操業	維持管理	埋め戻し	
固化体地層施設関連分野	建設請負	建設業、土木工事業	----	=====	=====	=====	=====
	設備機器外注	設備・機械・器具設置工事業		=====	----	----	=====
	構造物外注	機械工業、鉄工所		=====	=====	----	=====
	資材調達	資材商、燃料商		=====	=====	=====	=====
	輸送サービス	輸送業、梱包業、倉庫業		=====	=====	----	=====
	修繕・保守	設備工事業、鉄工業		=====	=====	=====	=====
	共有設備の運転委託（ボイラ等）	電気工事業、水道工事業		=====	=====	=====	=====
	構内整備（食堂、清掃、緑化等）	飲食業、清掃業、造園業		=====	=====	=====	=====
	環境測定・解析（モニタリング）	計測業、地方自治体		=====	=====	=====	=====
	警備	警備会社		=====	=====	=====	=====
	クリーニング（作業服等）	クリーニング業		=====	=====	=====	=====
生活関連サービス分野	日用品、食料品、雑貨	小売店、地元スーパー	=====	=====	=====	=====	=====
	飲食	飲食店、小売店	=====	=====	=====	=====	=====
	娯楽	ゲーム、パチンコ、ゴルフ	=====	=====	=====	=====	=====
	観光	タクシー、バス、鉄道	----	=====	=====	=====	=====
	衛生	理容、美容、クリーニング	=====	=====	=====	=====	=====
	宿泊	旅館、ホテル、民宿、下宿	=====	=====	=====	=====	=====
	医療	病院、医院、診療所	=====	=====	=====	=====	=====
	教育	学校、幼稚園、保育園		=====	=====	=====	=====
地下空間分野	地下工学研究	地球物理等研究所、大学付属施設	----	=====	=====		
	地下空間利用工場（無塵化）	超LSI工場	----	=====	=====		
	貯蔵	電力貯蔵所、データバンク	----	=====	=====		
	その他	防災センター、イベントホール	----	=====	=====		
技術波及分野	遠隔操作	重量物運搬ロボット工場	----	=====	=====		
	耐圧		----	=====	=====		
	耐腐食	金属製品業	----	=====	=====		
	耐放射線	宇宙空間・核融合材料研究所	----	=====	=====		
	その他						

図-13 地域への間接波及効果

===== 波及効果が大きい
 ===== 波及効果がある
 ---- 波及効果が少ない

表-3 高レベル放射性固化体処分業務の地域波及の可能性

項目	主要な具体的業務内容	地域参入の可能性	地域参入を広げる方策
調査・設計業務	1. 現場業務=地質調査、測量、試錐、等 2. 室内業務=解析（コンピュータ含）、 計画、設計	1. 業務の大半は専門技術で地元参加は困難 2. 試錐など現場業務について労務的業務があり、 地元雇用のチャンスあり。（一定期間の専門技能研修が 必要）	1. 長期継続的業務にすること。 2. 技能修得の場と時間を取ること。
建設業務（坑外）	建築物が中心、 処分、造成等	1. 受入施設等高度知識（インテリジェント）を要するものは参入が 難しいが、仮設建物、造成等に地元企業の参入可。 2. 処分業務は継続的可能性があり、地元雇用が望まれる	3. 外からの技術者が定住し易い環境 を作ること。
建設業務（坑内）	掘削、設備工事等	1. 管理面で専門技術を必要とするが、労務作業については 地元雇用のチャンスが多い。（研修が必要） 2. 生産・操業型の場合、管理技術者は地元定着化し易い。	4. 関連業務を幅広く取り入れること。
管理業務（坑外）	固化体の受入、一時仮置、検査等	同上	
管理業務（坑内）	固化体運搬、設置、点検、監視、補修、 （埋戻し？）	同上	
管理業務 （モニタリング）	設置、データ収集、分析、解析	専門的技術要素が強い。地元化は困難。 （データの収集程度か？）技能修得すれば可能か。	
技術研究開発	1. 室内研究=基礎研究 2. 現場研究=応用研究、実証テスト	同上	
付帯業務 地下研究施設 関連工事施設 教育施設 研修施設		建設（坑内）と同様 地元雇用の機会多い（地元企業化可） 技術者の育成に効果あり（直接雇用は少ない） 技術者の育成に効果あり	

長期にわたる施設の維持管理や施設内での諸研究開発活動を考慮すれば、地層施設の設備には、人間が快適に活動できる環境を作ることも初めから設計概念に取り入れるべきである。また、発展的に考えれば、見学者の受け入れなど教育・啓蒙のための施設としての意味合いも取り込むなど、積極的な設計概念の構築も必要である。

このような公開性が、今後その発展が期待される地下空間利用のコンセプトには不可欠であり、地下研究施設ばかりでなく、それに関する産業・民生などへの利用の広がりを図ることにもつながる。固化体地層施設の基本的構造は、他の原子力施設に比べれば甚だ単純なものであり、その安全性は解りやすいものである。施設の公開性を強調することが、施設の安全性に関するパブリック・アクセプタンスを広げることになる。

(2) 地域性

固化体地層施設の建設・操業は、超長期にわたることから、地域社会・住民の協力や、地域経済圏の交通網など社会資本の利用が不可欠である。また、地層施設の活動自体が金属鉱山の活動に類似していることから、その規模によっては鉱山のある地域のように、地層施設並びに地下空間利用施設を中心とする地域の発展も考えられる。また、それら施設での研究開発より波及する先端技術が地域産業の技術レベルの向上に貢献することも十分可能である。また、地域への波及としては、これら施設の維持管理の業務委託などの諸サービスや、流通、観光、レジャーなどの第三次産業の発展が期待できる。

このようなことから、地層施設や地下空間利用施設を地場産業として位置付け、地域の振興計画と共に建設・操業活動を発展させることも事前から十分検討しておく必要がある。

(3) 公共性

まず第一に、深地下空間の利用技術の開発は、その技術の利用の将来性から、基盤技術開発の国家プロジェクトとして、国が率先して進めることが必要である。固化体地層施設は、地下空間利用の一部である貯蔵管理利用として、そのプロジェクトの一端に位置付けられるべきである。また、この地下空間利用研究には、多くの工学分野の協力が必要であり、長期にわたる多くの試験等が必要となる。

このため、この研究開発プロジェクトを進めるためには、例えば以下のような地下総合工学研究センターを設け、各分野にわたる総合的な研究開発を行なう方が合理的

であり、効率的である。それには早くから同プロジェクト構想を明らかにし、多くの分野の研究機関や関係者にその参加を働きかけると共に、このプロジェクトを特色ある地域振興のために活用するなど、将来への広がりのある計画づくりが是非とも必要である。

以上のような点を考慮して、50年ないし60年先の固化体地層施設を含む、地下工学・地下空間利用研究施設など総合的なセンターを考えてみた。

地下施設

高レベル放射性固化体地層施設と地下工学・地下空間利用研究施設等は、その利用状況並びにその規制上、接近する別々の地下施設とする。

固化体地層施設は地下 500メートルにあり、建設用と操業・管理用の緩やかな斜坑（車両通行用）、通気用・管理用の立坑（エレベータ）がある。さらに立坑の先の深部には、固化体地層施設用の深部空間試験研究施設がある。

地下工学・地下空間利用などの研究施設は、浅部、中深部、深部など、種々の深さの地下空間にそれぞれの用途に合わせて設けられる。また、浅部には、研究施設ばかりでなく、地下科学博物館、美術館、イベントホールなどの併設も考えられる。これら地下施設には、例えばグラスファイバーによる太陽光の取り入れ等の労働環境の抜本的な改善が必要となろう。

地下に設置される研究所などの施設としては次のようなものが考えられる。

- ・地下工学研究所
- ・地下空間利用研究所（固化体地層施設を含む）
- ・地球物理研究所
- ・宇宙線研究所
- ・危機管理工学研究所
- ・超長期データ管理システム研究所
- ・レアメタル研究所
- ・電力貯蔵所
- ・超無塵化工場（超 L S I 工場）

地上施設

地上施設は、地下施設のためのバックアップ施設や関連施設、管理施設などのほ

か、教育施設、スポーツ施設等がある。これらの施設に対するイメージは、地下施設のイメージに大きく影響することから、例えば「森のなかの研究センター」のような施設とする。

地上施設には次のような施設が含まれる。

- ・ 地下研究所関連施設
- ・ 地下施設バックアップ共同施設
- ・ 地下工学教育施設
- ・ オフィス
- ・ ホテル
- ・ スポーツ施設