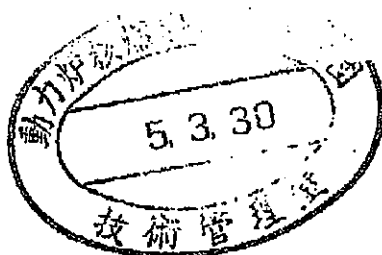


本資料は 1993年 8月 9日付けで  
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

# 日本における地層処分コンセプトの評価研究(V)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)



1993年2月

財団法人 エネルギー総合工学研究所

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。注)

〒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

日本における地層処分コンセプトの評価研究 (V)

村野 徹\*、佐藤富男\*

要 旨

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発が、広く国民的理解を得て、実際の処分対策として結実するためには、地層処分の技術的課題についての詳細な研究開発と並行して、日本に適した地層処分コンセプトについて、多角的検討が行われる必要がある。このような観点から、昭和63年度以降「日本における地層処分コンセプトの評価研究」の標題のもとで調査研究を行ってきた。本年度はその第5年目であると同時に、我が国の研究開発が新しい段階を迎える時期でもあるので、本調査研究の「中間とりまとめ」を作成した。この「中間とりまとめ」では、(イ)日本の地層処分コンセプトへの要請とその評価の基盤、(ロ)沿岸海底下地層処分の日本のコンセプトとしての適性評価の2点を中心に本調査研究の成果を整理した。今年度はこれに加えて、関連する課題として「日本の地下研究施設の役割」等について討議した。我が国においては、日本に適し、かつ、広く人々に理解され得る地層処分コンセプトを確立するために、地下研究施設が重要な役割を果たすことが期待される。

---

本報告書は、財団法人エネルギー総合工学研究所が動力炉・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：040D0114

事業団担当部課室および担当者：環境技術開発推進本部処分研究グループ 佐々木憲明

\*：財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部

COMMERCIAL PROPRIETARY

PNC ZJ1521 93-001

FEBRUARY, 1993

## Geological Disposal Concepts of Japan (V)

Tohru Murano \*

Tomio Satoh \*

### Abstract

General concept of geological disposal of high-level radioactive waste has already been established and internationally accepted. But it is necessary to identify a specific concept suitable to Japan in consideration of technical and social aspects, so that the current research activities are able to lead to an actual goal from the social acceptance point of view.

In this context, we have studied geological disposal concept of Japan for about 5 years since 1988. Based upon the results of this 5 year studies, we discussed two main issues : identification of requirements of concepts suitable to Japan, and evaluation of suitability of a specific concept, " coast-offshore geological disposal ", we proposed in 1989. Another issue we discussed this year was " What should be the role of an underground research laboratory in the R&D programme of this country ? ".

The underground research laboratory is expected to play a very important role to evaluate geological disposal concepts including the coast-offshore concept, especially in Japan.

---

Work performed by the Institute of Applied Energy under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : Isolation System Research Program Radioactive Waste Management Project Noriaki Sasaki

\* : Research and Development Division, the Institute of Applied Energy

目 次

第Ⅰ部 概要	1
1. 序論	3
2. 課題とアプローチ	4
3. 委員会と報告書について	6
第Ⅱ部 今年度の調査研究および検討	11
概 要	13
1. 日本の地層処分コンセプトについての検討	15
1. 1 日本の地層処分コンセプトの要件 ―地質環境条件について―	15
歌田實（東京大学）	
1. 2 新世代社会システム構築論から見た 「沿岸海底下地層処分コンセプト」	20
久保川俊彦（榑野村総合研究所）	
1. 3 沿岸海底下地層処分についてのコメント	25
田中知（東京大学）	

1. 4	沿岸海底下処分についての私見 .....	28
	有田正史（地質調査所）	
1. 5	日本における沿岸海底地層処分コンセプトの価値について .....	30
	大西有三（京都大学）	
1. 6	「沿岸海底下地層処分の考察」に関するコメント .....	32
	小島圭二（東京大学）	
2.	日本における地下研究施設の役割についての検討 .....	36
2. 1	日本の地下研究施設の役割 .....	36
	田中知（東京大学）	
2. 2	土木工学的視点からの地下研究施設の役割に関する検討 .....	47
	鹿島建設株式会社	
2. 3	日本の地下研究施設の役割について .....	76
	大西有三（京都大学）	
3.	地下空間利用および海洋開発の今後の方向性 .....	78
	佐藤富男（財エネルギー総合工学研究所）	

第Ⅲ部 日本地層処分コンセプトの検討 —中間とりまとめ—	93
1. 序	95
2. 地層処分コンセプト検討の意義	96
2. 1 地層処分コンセプトの意味	96
2. 2 地層処分コンセプト検討の意義	97
3. 日本地層処分コンセプト評価の基盤	99
3. 1 序	99
3. 2 米国NRC報告書	100
3. 3 フランス・バタイユ報告書	102
3. 4 廃棄物と環境問題	104
3. 5 地下および海洋空間利用	106
3. 6 まとめ	108
4. 沿岸海底下地層処分コンセプトに関する知見	110
4. 1 定義と背景	110

4. 2	技術的な知見	112
4. 2. 1	日本の大陸棚の地質	112
4. 2. 2	水理地質	114
4. 2. 3	地球化学	121
4. 2. 4	土木工学施設	123
4. 2. 5	安全評価	126
4. 3	社会的な知見	128
4. 3. 1	法律面の検討	128
4. 3. 2	社会・経済的面	130
4. 4	まとめ	132
5.	沿岸海底下地層処分コンセプトの評価	134
5. 1	廃棄物問題解決への寄与の視点から	134
5. 2	地質環境への心配解消への寄与の視点から	136
5. 3	処分場の立地問題解決への寄与の視点から	138



5. 4 沿岸海底下地層処分の欠点	139
5. 5 その他	140
6. 結論	141
7. 参考文献	142
第IV部 考察と提案	143
1. 考察	145
2. 提案	148

## 第 I 部 概 要

## 第I部 概要

### 1. 序論

地層処分は、高レベル放射性廃棄物処分の最も有力な方法の一つであり、一般的概念としては既に確立され、世界的に広く採用されている。地層処分に関する各国の今日のプログラムの重点は、如何にしてそれぞれの国の特定の条件に合致した具体的な処分対策を確立するかに向けられている。さらに言えば、地層処分の研究開発を如何にして地層処分の実施に移行できるかが、次第に重要になりつつある。このような時期において、地層処分の研究開発の主要な努力が、専門的あるいは個別的な技術課題の解決に向けられるのは当然であるが、それと並行して、日本に適した地層処分コンセプトとはどのようなものを、技術および社会のより広い観点から検討し、その成果を研究開発のプログラムに反映することは、同様に重要であると考えられる。

このような観点から、昭和63年度以降、「日本における地層処分コンセプトの評価研究」を実施してきた。本調査研究の内容は大きく2つで、その一つは、(イ)日本の地層処分コンセプトへの要請を明らかにすることであり、第二は、(ロ)沿岸海底下地層処分が、上述の要請に応え得る日本のコンセプトの一つとして研究の価値があるかを検討することであった。さらに今年度は、本調査研究の第5年目であるとともに、我が国の地層処分研究開発プログラムにとって一つの区切りの時期に相当することから、これまでの成果を中間的にとりまとめ、今後の研究開発のプログラム策定に資することとした。

報告書は、第I部～第IV部から構成されている。第I部の概要では、昭和63年度から今日までの調査研究と今年度の調査研究の関係等、本調査研究の枠組みについての説明を記述した。第II部は、今年度行った調査研究および、委員会の活動の成果(委員自身の報告書を含む)を、第III部には、「中間とりまとめ」を収録した。さらに第IV部では、特に沿岸海底下地層処分コンセプトに限定することなく、自由な立場からの考察と提案を行った。

## 2. 課題とアプローチ

### (1) 課題－1 日本の地層処分コンセプトの検討－中間とりまとめ－

序論で既に述べたように、本調査研究は、今年度が第5年目になること等から、これまでの成果を中間的にとりまとめることを課題－1とした。過去約5年間、日本の地層処分コンセプトの具体例の一つとして、「沿岸海底下地層処分」の検討を行ったが、同時に、特定の地層処分コンセプトを評価する際の基盤についても並行して検討を行ってきた。すなわち、この中間とりまとめの成果は、(イ)日本の地層処分コンセプトに関する一般的考察と、(ロ)沿岸海底下地層処分の評価の2つの部分からなる筈である。課題－1では、この両者を同じように重要と考えた。このように考える理由として、我が国の地層処分の研究開発が、今後、進展する過程では、「日本の地層処分コンセプトとして適切か」という設問に答える必要性に遭遇することが十分考えられるからである。

### (2) 課題－2 日本の地下研究施設の役割

地層処分の研究開発プログラムの中で、研究開発のある段階になると、地下研究施設を設置して、原位置試験を行うこととしている国は少なくない。しかし、今日では、地下研究施設の設置についても、社会的理解が必要とされるようになってきている。一般的には、地層処分の研究開発のために、地下研究施設は不可欠であると言われている。では日本では何故必要なのか。この問題は、必ずしも広く議論され関係者のコンセンサスが得られているわけではない。また、地下研究施設は、日本の地層処分コンセプトと如何に関連するかについても、検討が必要ではないかと思われる。以上を考慮した上で、「日本の地下研究施設の役割」の検討を課題－2とした。

### (3) 課題－3 地下空間利用と海洋開発の現状と動向

昨年度は、地下空間利用の現状と動向について予備的な調査を行ったが、今年度もこの課題を取り上げて調査研究を行った。昨年度は、地下空間利用をその大枠で理解し、地層

処分コンセプトを考える際の背景としての解釈を示したが、今年度は、地層処分により近い地下空間利用としての産業廃棄物の処分の調査を含め、課題－3とした。

この分野の動向は、地層処分コンセプト評価の基盤を考える際、考慮しなければならない重要な要素の一つであると考えられる。

### 3. 委員会と報告書について

本調査研究を行うのについて、当研究所に属さない多くの研究者、あるいは、専門家の御支援を受けてきた。本年度は特に、本調査研究の「中間とりまとめ」を行うことになったので、従来、本調査研究において、委員会の委員、あるいは、個人として御協力下さった専門家の方々と事務局の報告書の記述に関する分担のしかたをどうしてきたか、また、今年度の「中間とりまとめ」はどのような性格のものかについて、以下に説明を行っておきたい。

(1) 委員会としては、(イ)日本の地層処分コンセプトの評価研究－社会的側面検討委員会－、および、(ロ)水理地質検討会の2つを設置した。両委員会は個別に開かれてきたが、今年度は、中間的なまとめを行う意味で両者を合同して開催した。

(2) 委員会の討議は、極めて活発に行われたが、委員会としての意見を統一することに重点をおくのではなく、各委員、あるいは、専門家としての独自の意見が明確に分かるように、報告書を編集した。すなわち、委員あるいは専門家が作成した文書は、執筆者の名前を明らかにして報告書の中に全て収録した。

(3) 各年度の報告書の「総論」および、今回の「中間とりまとめ」は、事務局がとりまとめたものであるが、とくに、「中間とりまとめ」は、今年度の委員会で、その骨子についての討議は行ったが、そこに含まれる論点の全てについて十分な議論を尽くしたものではない。従って、今年度の「中間とりまとめ」は、文字通り「中間報告書」であり、決して討議の終点を意味するものではなく、むしろ今後の討議の出発点を示していると言える。

(本調査研究のために援助を頂いた委員、あるいは、専門家)

(1) 評価研究 (I) (1988年)

① 社会的側面検討小委員会

飯倉穰	日本開発銀行 営業第一部 副長
植村栄治	成蹊大学 法学部 教授
金田政則	日本開発銀行 営業第一部 電力室 副調査役
久保川俊彦	㈱野村総合研究所 技術産業研究部 次長
田中知	東京大学 原子力工学研究施設 助教授
原洋之介	東京大学 東洋文化研究所 教授
山本草二	上智大学 法学部 教授

② 協力者

有田正史	地質調査所 海洋地質部海洋地質課長
矢口良一	石油公団 地質課長
嶋田純	筑波大学 水理実験センター 講師
酒井均	東京大学 海洋研究所 教授

(2) 評価研究 (II) (1989年)

① 社会的側面検討小委員会

飯倉穰	日本開発銀行 営業第一部 副長
植村栄治	成蹊大学 法学部 教授
久保川俊彦	㈱野村総合研究所 技術産業研究部 次長
田中知	東京大学 原子力工学研究施設 助教授
堀口孝男	東京都立大学 工学部 土木研究室 教授

[講師]

田中勝	国立公衆衛生院
渡辺和夫	環境庁

② 水理地質検討会

小島圭二	東京大学 工学部 資源開発工学科 教授
大西有三	京都大学 工学部 環境地球工学専攻 助教授
嶋田純	筑波大学 水理実験センター 講師
渡辺邦夫	埼玉大学 工学部 地盤水理実験室 助教授

③ 協力者

有田正史	地質調査所 海洋地質部海洋地質課長
米倉伸之	東京大学 理学部 地理学教室 助教授

(3) 評価研究 (Ⅲ) (1990年)

① 社会的側面検討委員会

飯倉穰	日本開発銀行	営業第一部	副長
植村栄治	成蹊大学	法学部	教授
歌田實	東京大学	総合研究資料館	助教授
久保川俊彦	(株)野村総合研究所	技術産業研究部	次長
田中知	東京大学	原子力工学研究施設	助教授
牧野浩之	日本開発銀行	営業第一部	電力室

② 水理地質検討会

小島圭二	東京大学	工学部	資源開発工学科	教授
大西有三	京都大学	工学部	環境地球工学専攻	助教授
嶋田純	筑波大学	水理実験センター		講師

[講師]

下山俊夫 元三井鉱山(株)

③ 協力者および協力会社

有田正史 地質調査所 海洋地質部海洋地質課長  
鹿島建設(株)

(4) 評価研究 (Ⅳ) (1991年)

① 社会的側面検討委員会

田中知	東京大学	原子力工学研究施設	助教授
植村栄治	成蹊大学	法学部	教授
歌田實	東京大学	総合研究資料館	助教授
久保川俊彦	(株)野村総合研究所	技術産業研究部	次長

② 水理地質検討会

小島圭二	東京大学	工学部	資源開発工学科	教授
大西有三	京都大学	工学部	環境地球工学専攻	助教授
嶋田純	筑波大学	水理実験センター		講師

[講師]

中添亮 太平洋炭礦(株)  
下山俊夫 元三井鉱山(株)

③ 協力会社

鹿島建設(株)



(5) 評価研究 (V) (1992年)

① 地層処分研究委員会

田中知	東京大学	原子力工学研究施設	助教授	
有田正史	地質調査所	海洋地質部	海洋底質課長	
歌田實	東京大学	総合研究資料館	助教授	
大西有三	京都大学	工学部	環境地球工学専攻	助教授
久保川俊彦	(株)野村総合研究所	事業開発コンサルティング部		次長
小島圭二	東京大学	工学部	資源開発工学科	教授
沢内至武	鹿島建設(株)	設計技術部		次長
古市光昭	鹿島建設(株)	原子力室		課長

② 協力会社

鹿島建設(株)

## 第Ⅱ部 今年度の調査研究および検討

## 第Ⅱ部 今年度の調査研究および検討

### 概 要

第Ⅱ部は、(イ)本調査研究の委員会で、各分野の専門家(委員)が分担して行った調査研究の成果、(ロ)同委員会における討議に関連して、それぞれの専門の立場からの見解、あるいは、コメントを述べたもの、(ハ)当研究所から特定の問題について調査を依頼して行われた調査研究の成果で、委員会で報告されたもの、(ニ)当研究所の研究者が実施した調査研究の成果の、4つのカテゴリーの報告書から成っている。

それぞれの報告書は、それ自身が独立した価値をもつものであるが、ここでは、報告書を読みやすくするという観点から、事務局の理解する、本調査研究との関連性、あるいは位置づけについて極く簡単な説明を付け加えることとする。

#### (1) 1.1 日本の地層処分コンセプトの要件－地質環境条件について－

委員会の討議資料として歌田氏(東大)がまとめられたものである。地層処分の研究開発は今日、地層の種類について、もう少し絞ってより詳しく研究すべき段階にはいっているという見地から、地質環境条件に関連する問題を包括的に述べたものと考えられる。地層の種類は、地層処分コンセプトの重要な要素の一つである。

#### (2) 1.2 新世代社会システム構築論からみた「沿岸海底下地層処分コンセプト」

久保川氏(野村総研)は、原子力の社会的受容の問題を社会のパラダイムの変化との関連させて系統的に追求して来られたが、今回の報告書はその到達点を極めて簡潔に述べたものである。また、広いスコープの下で沿岸海底下地層処分についても、言及している。

#### (3) 1.3 ～1.6 (沿岸海底下地層処分についてのコメント)

事務局が委員会において、「第Ⅲ部 日本の地層処分コンセプトの検討－中間的とりま

とめー」の骨子について説明を行ったのに対し、田中氏（東大）、有田氏（地調）、大西氏（京大）、小島氏（東大）の各委員から頂いたコメントである。本報告書の第Ⅲ部の内容の評価と今後の調査研究の進め方についての重要な示唆が含まれている。なお、これらのコメントを基にした討議は今後行う予定である。

#### （４）2.1 日本の地下研究施設の役割

従来、地下研究施設については、一般的な議論が行われるのみであったが、ここでは、田中氏（東大）によって、はじめて、「日本の地下研究施設の役割」が包括的に述べられている。そこでは、「地下研究施設」と「日本の地層処分コンセプト」との関連について明確な指摘がなされている。

#### （５）2.2 土木工学的視点からの地下研究施設の役割に関する検討

これは、上述のカテゴリー（ハ）に相当し、鹿島建設による調査研究の成果である。ここでは、土木工学の分野で既の実績のある実証プラント事例研究からスタートし、海外の地下研究施設の分析を基礎として、我が国の地下研究施設のあり方が論じられている。

#### （６）2.3 日本の地下研究施設の役割について

大西氏（京大）によって、昨年度、スウェーデンの地下研究施設についての検討が行われたが、今年度の報告書には、それに引き続いて行われた日本の地下研究施設の役割について考察と、著者の見解が示されている。

#### （７）3. 地下空間利用および海洋開発の今後の方向性

これは、日本の地層処分コンセプトを評価する基盤として、地下空間利用および海洋開発が進展する方向性の調査が必要ではないかという考え方に基づいて行った調査研究である。この研究は、当研究所の佐藤が実施した。

## 1. 日本の地層処分コンセプトについての検討

### 1. 1 日本の地層処分コンセプトの要件—地質環境条件について

我が国のHLWを、地下深部の地層中に処分するというコンセプトは、自明なこととする。現時点では、核種と人間との時間的距離が、最も大きい場所と考えられるからである。しかし、空間的距離（深度）が大きい程良いかという点、必ずしもそうではない。経済性の問題に加えて、深部程地質学的データが少なく、不確実性が増すからである。これをさておいて、地層（または岩体）に関して、地層処分上重要な天然バリアとしての適性と地層の安定性について、専門家のみでなく、パブリックアクセプタンスを得る上で、重要と考えられる点を以下に述べる。

#### 1. 1. 1 天然バリアとしての適性

##### (1) 天然バリアに要求される性能

天然バリアと人工バリアが、核種移動を遅延する上で、補完的であることが望ましい。

一般には、天然バリアとして求められているものは、a) 透水性が小さいもの、b) 核種の吸着能のあるもの、c) 還元条件が保てるもの、d) 岩石強度の大きいもの、e) 熱伝導性のよいもの、f) 変質しにくいもの、などがある。

我が国に存在する地層の種類は多く、性質も多様であるが、上記の全ての条件を満足するものは見当たらない。したがって、透水性が小さいことは、必須であるとしても、その他については、人工バリアで補えない性質をもつものということになる。この点については、天然バリアについて研究している者と人工バリアを研究している者との間では、まだ十分に合意に至っていない状態にあるが、両者のいくつかの組み合わせが考えられるのではないだろうか。

## (2) 天然バリアとして候補となる地層

ここまで我が国の地層処分研究は、地域や地層を特定しないで行われてきた。しかし、平成3年度で一応の区切りが付き、さらに前進するためには、地層の種類については、もう少し絞って、複数のものについて詳しく研究すべきであるという意見も聞かれるようになった。私見を述べれば、分布が広く、充分の規模をもつ地層のうち、上記の要求されている性能のいくつかを満たすものとして、次のものを候補としてあげたい。

花崗岩類：透水性が小さく、岩石強度が大きい点、候補になる理由である。また、均質で、規模の大きい岩体（バソリス状）が我が国にも分布していること。岩石物性に関するデータも多く、最も不確実性の小さいものといえる。

黒色頁岩類：透水性が比較的小さく、還元環境を保つという点で、最も優れている。鉱物組成によっても、ある程度核種の吸着能をもつ。しかし、黒色頁岩には、堆積面に沿う層状の剝離面やスレート劈開などの異方性があり、透水性については、十分に検討しなければならない。

変質凝灰岩類：一般に前二者に比較し、透水性が大きいと考えられるが、粘土鉱物やゼオライトなどによる核種の吸着能に優れる。また、還元性の保持も充分期待される。人工バリアとのギャップが最も小さい候補地層である。

この他、珪長質から安山岩質の火山岩ドームなども、花崗岩に準じるものである。

## (3) バリア性能の評価

上述のように、候補とした地層の特性は、それぞれ異なっており、比較し優劣をきめることが難しい。上にあげた候補は、火成岩類と堆積岩類のそれぞれのグループ内での相対的比較による評価に基づいている。しかし、この比較も定性的であり、性能そのものの評価は、定量的に行われることが望ましい。岩石物性などについては、地表における値も地下深所における値も差がないと考えられるものもある。しかし、可能なかぎり地下深所における値に基づいて議論されることが、コンセプトを受入れ易いものとするであろう。

## 1. 1. 2 地層の安定性

### (1) 地層の安定性の概念

地層処分コンセプトの構築の上で、まず第一に“地層の安定性”について、関係者が共通の概念をもつ必要がある。多くの地球科学者にとっては、安定大陸と変動帯という対立の概念があり、十分に広域的で、長時間に起こる地殻変動の有無をイメージするに違いない。一方、土木地質や建設工事にたずさわる人々にとっては、表層で比較的短時間に局所的に起こる崩壊や地すべりなどの有無を、イメージしている場合が多いであろう。処分場は、時空的に両者の中間に位置するため、地層処分における“地層の安定性”の概念は、このどちらをあてはめることも不適當であり、新しい概念が必要である。

たとえば、地質学的に見て、長時間に大きな地殻変動をする造山帯にあっても、処分場（ここでは人工バリアまでの領域）をとりまく環境が、全く変化しない場合は、地層処分コンセプトの上では、安定な地層といい得るであろう。しかし、長時間にわたって、全く地質環境が変化しないことは、現実にはあり得ることであり、a) 許容できない変化が何であるか、b) それが起こる可能性があるか、c) それがどのようなデータによって示されるかが問題となろう。

### (2) 許容出来ない変化とは何か

処分場をとりまく地質環境の変化は大きく、化学変化と機械的（物理的）変化に分けられよう。前者は主として、岩石と地層水または熱水との反応によって起こると考えられる。

地層水と岩石の反応は続成作用、熱水と岩石のそれは熱水変質作用であり、それぞれ地質学では、一つの研究分野をもつものである。岩石、地層水、熱水の組成は、広い領域にわたるので、これらの相互作用によって生じる結果は、バリエーションに富む。それぞれ個別の変化が、処分場にとってプラスかマイナスか、または、影響を与えないかを明らかにすることが、コンセプトの構築上重要なこととなろう。

機械的（物理的）変化はより直感的であり、特に、パブリックアクセプタンスにとっては重要である。機械的な変化の最悪の場合は、処分場そのものが破壊される場合であり、

これが何によって引き起こされるかに関心がある。

処分場そのものを破壊することがなくても、地層中に多くの亀裂が生じて、透水性が変化したり、地表に通じる循環系が生じることは、許容できない変化と考える人が多いであろう。これは、“閉じた系”から“開いた系”への変化を意味する。しかし、本当に重要なことは、核種について開いた系になることが問題であり、水系が開放系に近くなっても、地層中に核種がそれ程移動しない場合があり得る。いずれにしても、核種について閉じた系から、開いた系に変化する要因が何か、明確にする必要がある。

### (3) 地殻変動の可能性

地下深部で起こっている化学的变化は、一般に急激なものではなく、長時間にわたって、漸移的に起こっている。物理的变化でも圧密作用などは、同じような漸移的な変化をする。これらは、多少の地域性はあるが、実際の測定も多数あり、将来予測を理論的に十分でできるものである。

現時点で共通のコンセプトをもつ上で、最も困難なことは、“予期せぬ地殻変動”の起こる可能性について、地質学者の間で、意見が分かれている点である。主として、問題にされる地殻変動は、a) 地震活動と活断層、b) 火成活動、c) 隆起浸食作用、d) 気候変化と海面変動、などであろう。特に、活断層については、認定と活動量の見積りに関して、専門家によって、見解が大きく異なることが多く、サイト選定に際し、最大のネックとなると考えられる。一方、仮に一つの活断層が存在し、活動した場合、それが処分施設に影響を及ぼす距離は、どの程度であるかが重要であるが、これについては、ほとんど議論されていないようである。

火成活動については、強い地域性があり、その理由も明らかにされているので、特に、考慮しなくてもよいというのが、地質学者に共通の認識である。

隆起、浸食量の見積りにについては、研究者により多少差異があるが、処分場の位置を地下のどの深度にするかにより解決できるので、あまり深刻な対立は起こらないであろう。しかし、隆起量の大きい地域で、現在、どの深度まで地表に達する水路が生じているかは考慮されるべきことであろう。

気候変動とそれに伴う海面変動は、サイトを海岸付近に想定する場合に問題となる。す



なわち、地下水の海水・淡水境界が移動する可能性があるからで、地下深部で本当に起こるのか、どうやってそれを確かめるのかについて、ほとんど何も明らかにされていない現状といえよう。

#### (4) 研究手法の問題

以上のような地殻変動の可能性についての研究は、主として、“地質学的手法”に基づいている。つまり、過去に起こった確率を、将来に外挿する方法であり、過去をどこまで遡るかによって、数値も確度も異なってくる。これは、一般人にとって、最も判り難いことではあるまいか。

現在、“地質学的手法”以外の将来予測の方法が考えられるわけではないが、研究方法の改善により確度を高めることはできよう。また、このような方法では、“不確実性”を除くことができない以上、それぞれの事象について、地下深部と他の場所における起こる確率を比較するのは、パブリックアクセプタンスのための一つの方法ではあろう。

#### 1. 1. 3 処分場建設後の地質環境変化

処分場建設によって、とりまく地質環境が影響を受けるかどうかは、上述の地層の安定性の中では、局所的な問題である。しかし、地下水路が変化するとか、地温分布が変わるといった問題は、処分場に直接の影響を与える。勿論、ある程度シミュレーションによる予測は可能であるが、地下研究施設などによって、直接データをとることにより、確度が増し、パブリックアクセプタンスを得る好材料になると考えられる。

(歌田 實：東京大学総合研究資料館 助教授)

## 1. 2 新世代社会システム構築論から見た「沿岸海底下地層処分コンセプト」

### 1. 2. 1 コンセプトの要件

沿岸海底下地層処分コンセプトについて考える場合、地層処分コンセプトの範囲内に限定せず、原子力開発全体、さらには社会システム全体から見る視点が求められていることは、過去2、3年の間に、関係者のコンセンサスが得られるようになってきた。ただし、これまでの社会システムの視点は、「物から心へ」、「豊かな社会」といった変化の視点が強調されてきた。

しかし、最近の社会の変化は、日本に限らず、世界的な規模での社会の変革の波であり、しかも、5つの転換が同時に起きようとしているとの認識が重要である。すなわち、

①バブル経済体質からの転換

②50年近くになろうとしている「戦後社会」体制からの転換

③4分の3世紀にわたって続いてきた「イデオロギー対立による世界秩序」からの転換

④「西欧中心的価値観」からの転換

⑤「無限の地球環境」観からの転換

という5つの転換である。今、日本の社会システムは、行政、政治、企業、生活者といった全ての側面から変革の要求が湧き出てきている。「沿岸海底下処分」コンセプトも、単に、地層処分のバリエーションとしてのみ考えるのではなく、上の5つの転換の要請にどう応えようとしているのか、少なくとも「無限の地球環境」観からの転換というコンテキストの中で、どのような価値を生み出そうとしているのかを明らかにする必要がある。

今、日本に強く求められているのは「新世代社会システムの構築」であり、地層処分、原子力開発も、この新世代社会システムの重要な構成要素なのである。近代においては、「明治維新」、「戦後改革」の2つが、代表的な新世代社会システムの構築であった。今、日本が直面しているのは、これらに次ぐ、3番目の大改革の時代である。しかし、今回は前二者と比較すれば、新世代社会システムの変革度は、それ程大きくはないが、別の面で難しさがある。

「明治維新」は、日本の政治、経済、社会、技術、生活を根本から変えるものではあったが、欧米の先進事例を模範することに集中すれば良かったという点で、何を作るべきか

が明確であり、やりやすかったといえる。「戦後改革」の場合は、アメリカ型の社会システムを受身的に、従来の社会システムに接木することが中心であり、日本人が論議を重ね主体的に作り出していった部分は少なかった。「戦後社会」は、このシステムを「計画主導」の下に運営していくノウハウを開発してきた歴史であったともいえる。今の原子力開発システムは、その典型的事例であるといえよう。

これから、日本が取り組むべき新世代社会システム構築は、戦後改革による社会システムの単なる手直しや修正、部分システムの追加では、十分に目的を達成することはできない。日本経済社会が世界の最先端に位置するようになり、もはや「明治維新」の時にように欧米の先進事例を模倣することにも限界がある。欧米社会も、日本と同様に課題を抱え、新世代社会システムを模索しているのである。ここで必要となるのは、日本自身の発意と創意を発揮することであり、従来の社会に対する物の見方、考え方、発想を変えることである。今一番大事なことは、部分システムの議論を総括する新世代社会システムの構築の原則・パラダイムを明らかにすることである。

## 1. 2. 2 新世代社会システム構築手法から見た「沿岸海底下地層処分」コンセプト

21世紀の日本の新世代社会システム構築に際して求められる基本コンセプトは、次の3つである。

- ①効率性
- ②創造性
- ③公益性

効率性は、成熟社会や地球環境問題を乗り越えるための原動力として今までとは違ったレベルと分野で求められるようになる。次に、創造性は、今までの日本の社会システムに欠けていた側面であり、新世代社会システムが追求すべき社会的価値である。最後に公益性は、効率性と創造性を束ねるものとして重要となる。従来の原子力開発は、公益性のみが全面にでており、効率性と創造性が等閑視されすぎてきた。

この3つのコンセプトを具体化するマネジメント手法として、重要な概念は、

- (1)密着

(2)連携進化

(3)場

(4)情報構造

の4つである。各々の概念を簡単に説明すると、

(1)「密着による多様性創造」

「多様性創造の原則」に最も有効なマネジメント手法のキーコンセプトは「密着」である。特に、ミクロ、個別、特殊性への密着によって、有意味な多様性を生み出すことができる。「生活者密着」、「クライアント密着」、「地域密着」、「個別インセンティブ密着」ということである。中央での統制や、全国レベルでの画一性や、計画主導では多様性は生み出されない。

(2)「連携進化による多様性創造」

多様性創造のための第2の手法は、「連携進化」概念に基づくものである。第1の「密着」による方法は、あるひとつのシステム内でのミクロ-マクロ関係に着目したものであるのに対して、「連携進化」概念は、いくつかの社会システム間の相互作用のメカニズムの中で多様性創造を推進しようとするものである。すなわち、相互作用のある社会システムの、一方で進化が進めば、他方の社会システムの進化発展に影響を及ぼすとする考え方が「連携進化」概念である。一方の社会システムの多様性の増大は、他方の社会システムの多様性を創造していくと期待できる。例えば、交通システムの多様な進化発展は、企業活動や業態の多様性を生み出していったり、逆に、企業の立地政策の多様性が、国土構造の多様化を推進していく例があげられる。

(3)場による組織化

社会システムの（自己）組織化は計画的、指令的に実行することもできる。しかし、社会が高度化、複雑化し、外部環境が激変する時代には、固定化された組織は長くは生きられない。そこで、「場による（自己）組織化」という手法が意味をもってくる。自己組織化を促すために、「場」が有効に作用していることが自然、及び生命現象の研究で明らかにされている。さらに、自己組織化はシステムの非平衡度が高い時に、特に効果的となる。

「場」の設定と「非平衡状態」を対にすることがポイントとなる。

(4)「情報構造の変化による分散協調」

社会システムを変化させ、新しい協調状態を作り出す有力な手法は社会システムの情報

構造を変えることである。情報構造を変えるとは具体的には次のような転換を行うことである。

- ・形式情報 → 意味情報
- ・固定ネットワーク → 自己組織化ネットワーク
- ・集中分散 → 分散協調
- ・同質情報 → 異質情報
- ・データ重視 → 関係重視

すなわち、誰が、誰にどのような内容の情報をどのようなルートで伝え、どのような判断（情報処理、加工）をするのかを根本的に変更することである。幸運なことに、情報構造の変化は、大きな「物、エネルギー」の投資を伴わずに実現できることが多い。新世代社会システムの構築に際しての最有力なマネジメント手法と考えられる。

以上、4つの一般的概念を「沿岸海底下地層処分」コンセプトに適用してみると、次のことがいえる。

- (1)「密着」の概念からすると、一般的な「沿岸海底下地層処分」コンセプトの利害損失を議論しても、限界があることが明らかである。地域や状況によって、利害のポイントが大きく変化するからである。したがって、具体的な地域（仮想の）を設定して詰める手法をとることが重要となる。URLの必要性等についても、一般論を展開しても限界がある。
- (2)「連携進化」概念から見ると、原子力発電所サイトでの沿岸海底下地層処分コンセプトは、妥当なアイデアと評価できる。これから建設される原子力発電所がより高度化され、進化すれば、沿岸海底下地層処分コンセプトも進化発展を遂げることが期待できるからである。
- (3)「場」の概念を社会的合意形成に応用している事例として、「TAMAらいふ21」の事例がある。行政は場と資金のみを提供し、市民500人が参加して、「リサイクル型都市作り」が進められている。このように、行政が「計画」をあらかじめ作り、これを理解させるという方式ではなく、「計画」の内容を市民の共働により作成していこうとするやり方が、社会の合意形成への近道であることが分かってきた。これは、従来の「市民参加」とも異なることに注意する必要がある。沿岸海底下地層処分コンセプトや地下研

究施設についても、専門家のみでコンセプトを作るのではなく、地域の知識人（別分野の専門家）達によるアイデア出しとコンセプト作りを促すことにより、プロジェクトへの合意を自己組織的に作っていかうとするものである。

(4)「情報構造」を変える必要性は、最近のプルトニウム輸送船「あかつき丸」が、メディアでどのように取り上げられたかを見れば明らかである。「あかつき丸」問題は、従来の原子力に関する「情報構造」の破綻をはっきりと示したものである。

「沿岸海底下処分」および地下研究施設についても、これらの「情報構造」を再構築するというアプローチが今求められていると考える。

(久保川俊彦：(株)野村総合研究所事業開発コンサルティング部 次長)

### 1. 3 沿岸海底下地層処分についてのコメント

日本の地層処分コンセプトについて未だ目に見えるものが提案されていないのは、原子力の推進上ネガティブの要因となっている。原子力利用をエネルギー政策の1つの柱とし、高速増殖炉の開発、ひいてはプルトニウムの利用を国是とする我国としては、世界他諸国を模倣することなく国際的協調を重視しつつも、世界の模範となるべき独自の原子力政策を立案し、推し進める可き時に来ている。国家百年の計を論ずることにも連がり、腰を据えて十分に検討しなくてはならず、拙速は良くないが、ただ無為無策に時、環境が経過し、後追いになることは良くない。

我国の原子力政策の中で、放射性廃棄物の処分は特に他国が注目するところで、我国独自のコンセプトが強く望まれているところでもある。その理由の1つは、地層処分は地質条件に代表されるサイトに強く依存するからである。国の報告書等によると、結晶質岩の地層に処分することが考えられているが、必要とされる地層の大きさや安定性等については未だ明らかにされていない。今後、数年かけて研究開発が進んでいくことになるだろうが、具体的な地層処分のイメージが未だ呈示されないのは不安材料でさえある。また、人工バリアがやや強調されたシステムが提案されているが、人工バリアはその周りの地層の中にあり、単独には存在しないという事実を忘れてはならず、人工バリアの性能を発揮させ、不足するところを補える天然バリアとはどのようなものかということが大切である。これは、天然バリア、人工バリアを直列したものと考えてのではなく、safety margin として両者を考えることにも連がる。

以上のことは、日本の地層処分コンセプトが欠如していることを端的に物語っているものである。このような情勢の中で提案された沿岸海底下地層処分の概念は、日本の地層処分コンセプトの1つとして評価できるものであり、更にその feasibilityを調査・検討す可きであると考え。これまでの検討での指摘の通り、次のような点が当コンセプトについて今後検討される可き項目と考えられる。

#### 技術的要因

(1)水理地質条件が良く判っているということが当コンセプトの利点であるが、この点につ

いて更なる検討が必要であろう。陸地との関係が深いところでは、水の流れがあるのではという恐れもある。また、地下水がどのような起源で流れているかという研究が必要である。あわせて処分を考えている沿岸海底下地層が地質的に長期的に安定であるかどうかの検討も必要である。また、断層運動により地質構造に変化があっても自己修復性があるのかも気になる。これらの評価にたるボーリングが少ないのが現状である。

(2)沿岸海底下地層の安定性を損なう可能性があるいくつかの要因（例えば侵食、人間侵入、熱水流 etc.）についての検討が必要。

(3)地下水理と並んで、沿岸海底下地層内での地球化学的条件や核種の移行挙動を調べ、それが予測し得るものであるかを明らかにすることが必要である。

(4)海底附近での海水の流れと核種の移行は、予測し得るものであるか。

#### 社会学的要因

(1)海洋汚染のイメージにつながりやすいことが欠点であるが、少なくとも我国における内陸地下での地層処分よりは安全であることが言えないといけない。更に、海洋への放射性核種放出量は大き目にみてもある量以下であり、nearly zero であることを科学的に言う必要がある。しかし、それとは別個に心情的な問題として海洋汚染のイメージは拭い切れない。それを払拭するためには、例えば次のような考慮が望まれる：

- ①一般産業廃棄物と別個に考えられない時代になっていることを説明し、一体として考える。
- ②定量的に危険度を予測し得ることを説明すると同時にある期間までは再取り出し、または修復可能であることも言う。また、常にモニターする。
- ③もし、漏れ出したとしても我国に最も影響が出るような地点を選ぶ。
- ④他山の石としてロシア原子炉の北極海への投棄の例を出してその影響を説明する。



- (2)漁業者との摩擦は心情的なものであり、処分地より放出された放射性物質の魚介類への影響は無視できる程度である。ただ、放射性廃棄物の受入れ港湾施設や工事用の開孔等のため、一部は漁業権を買収しなくてはならない。
- (3)沿岸海底下地層処分とはどのようなものかというイメージが湧きにくいので地下環境研究施設を作り、展示場も兼ねることが必要である。
- (4)発電していないサイトで放射性廃棄物の受け入れが可能という見通しは少ない。発電所サイトは沿岸立地が多いので、沿岸海洋底下処分となんらかの関係が得られればよいかも知れない。

(田中 知：東京大学工学部附属原子力工学施設 助教授)

#### 1. 4 沿岸海底地下処分についての私見

海底地下処分における海底とは陸域と対立する概念として提起されているように思われる。これは、海岸線をはさんで海域と陸域の地下では全く異なった現象が生じるとする潜在的な考え方に基づくものであろう。この基本的な設定が妥当かどうかの検証が重要である。

トンネルに例を取れば、海底トンネルが掘削される場所の地質は、その大部分が周辺陸域の地質の延長であって、海底固有の地質条件が想定される訳ではないであろう。このために、掘削に伴う技術上の諸問題は陸域のトンネルで想定されるものと大きな違いはないものと思われる。海底トンネルは、それが存在する地理的空間の認識においてのみ陸域のトンネルと区別され、海底と陸地の本質的な対立は生じていないものとする。

トンネルにおいて、海底と陸域の対立があるとすれば、何らかの理由による膨大な海水の流入に対する恐怖心の増大位なものであろう。地下処分においても、利用する海底の場所いかに寄っては同様な考え方が成立するであろう。

海水で隔離された二つの陸地を海底下もしくは空中で結合するコンセプトは著しく明瞭である。このコンセプトは、運搬量、速度、安定性などに制約がある海上交通に変わるものとして提起されている。

しかしながら、廃棄物処分については、問題の性格上、代替案を提起しなければならない根拠が明確にされていないように思われる。

現段階においては、陸上用地入手の困難性という理由を除けば、処分場所の海底下への移行を検討しなければならない必然的根拠の説明を欠いている。その根底に必然的根拠が存在するとすれば、処分場所の検討海域を沿岸もしくは離岸距離 3 km 程度とする想定は生まれてこないと思われる。処分の必要十分条件を大陸棚全域に模索すべきであろう。この意味においては、事務局試案に述べられている大陸棚の空間的広さの有利性の議論と処分場所として想定されている？離岸距離 3 km の間には何らかの相関性が認められない。

離岸距離 3 km の海域は例外があるものの、一般的には水深 50 m 以浅の海域であり、しばしば岩石が海底に露出している。このことから、この海域の海底下を構成する地層は、大陸棚を構成する大陸棚固有の地層と言うよりは陸域に分布する地層の延長部によって構成されていると考えるほうが妥当である。この海域の海底下を利用する処分は海底地下処分

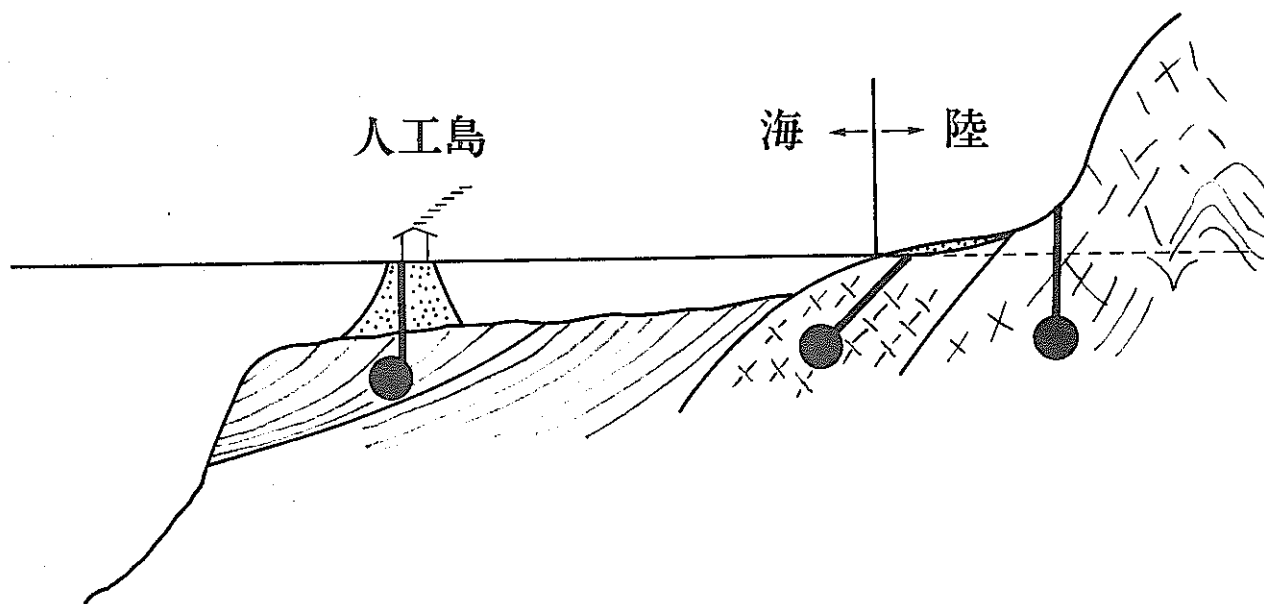
と言うよりは海水準下地層処分と表現するほうが適当である。それゆえに、陸域深部地下処分において提起されている問題点があるとすれば、それは、そのまま3km海域の海底地下に平行移動することになり、この地下処分場所に、海底下ゆえに陸域に較べて有利であるという固有のコンセプトを構築することは困難になるではなかろうか。

一方、陸域の地下処分においては地表と処分場との距離が評価されず、2次元的に考えるために同意がえられないとの考え方がある。3km海域は沿岸漁業の活動の範囲にあり、2次元的思考が増長される可能性が高く、同意を得るためには陸域に倍する努力が必要になるであろう。3km海域では、海底は地権者のいない空間であるという有利性は成立しないであろう。

コストを無視して、なをも海底地下処分のコンセプトを構築しようとするれば、陸域地質と構造単現を異にし、沖合大陸棚自体を構成している地層について検討するべきであろう。

この場合、人工島海上原発とセットで考えるべきであろう。

問題の重要性に較べて、想定されている対策が壮大さを欠いているように思われる。



図一Ⅱ.1.4.1

(有田正史：地質調査所海洋地質部海洋底質課長)

## 1. 5 日本における沿岸海底地層処分コンセプトの価値について

四方を海に囲まれたわが国においては、地層処分の適地として沿岸海底下の選択はきわめて有望で、妥当であると考えるが、クリアしなければならない問題点も多く残されている。

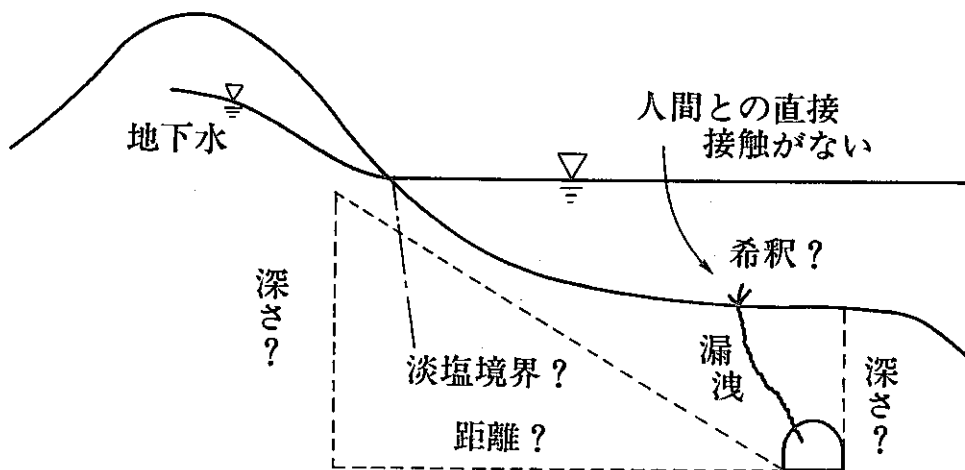
青函トンネルや英国とフランスを結ぶユーロトンネルに見られるように、海底に地下施設を建設する技術は成熟してきている。また、九州や北海道の炭坑では、その坑道が海底深く入り込み、過酷な条件下でも石炭の採掘が行われてきたという実績が残されている。また、ノルウェーでは軟らかい堆積岩の中に長大な海底トンネルを掘削し、海底油田へのアクセスとして使おうとしている。このような土木や鉱山の掘削技術は、沿岸域の海底地層に廃棄物地層処分施設を建設するだけのポテンシャルを既に有しているのだろうか。

従来の土木、鉱山施設の建設に当たっての地下水の処理は、水の制御、それもグラウトその他による止水か自然流下によって湧水量の減少を待つかのいずれかであって、細かいコントロールはなされていないし、ましてどのように水が流れているかについてはほとんど関心がなかった。しかし、地層処分においては、地下水の流速、勾配、塩水淡水境界の位置、そしてどのように流れているかが問題となる。水質の検討方法も含めて、従来の技術では十分解明できていない事項も多い。現在、こうした事態に対処するためのさまざまな技術開発が精力的に行われており、地下水制御のために海底に人工断層を作ろうという提案まで出されている。また、海底下での計測技術の発展のために、原位置岩盤としての海底下地下施設（鉱山）の再利用を図ることも考えられる。

沿岸海底地層処分の利点の一つとして、海底へのアクセス出発点を選択できることがある。現在稼働中の原子力発電所は、大部分海岸に沿って立地しており、沿岸海底地層処分のトンネル出発点となりうる。また、現在土木学会原子力土木委員会新立地部会では、沿岸沖合いに人工島を建設して海上立地を行う方法を検討中であり、この人工島は海底地層処分場への発進基地として利用できる。

図一Ⅱ.1.5.1に示すように概念的にとらえた沿岸海底地層処分は、動水勾配がきわめて小さく、拡散が卓越し、例え海底に物質が漏洩しても海水で希釈されてしまうし、ある程度海が深ければ人間との直接接触が避けられるといった多くの利点が思い起こされるが、定量的な視点が欠落しているのが懸念される。すなわち、沿岸とはどこまでの距離をさす

のか、処分場は海岸からどの程度離ればいいのか、処分場の深さは海底から何メートルあればいいのか、拡散で漏洩物が海中に放出された場合、希釈を考えてどの濃度は限度なのか、ほとんどわからない状態である。したがって、現在最も重要な施策は、沿岸域の地層・地質はどうなっているのか、地下水はどこを流れ、いつの時代のものかを計測することである。海底下における地下地盤環境の調査方法の開発、データ収集について、早急な対応が望まれる次第である。



図一Ⅱ.1.5.1

(大西有三：京都大学工学部環境地球工学専攻 助教授)

## 1. 6 「沿岸海底下地層処分の考察」に関するコメント

### 1. 6. 1 我が国の廃棄物問題を解決するという視点から

#### (1) 我が国の廃棄物問題の現況

我が国の生活・産業関連の廃棄物は、年間数億トンにおよび、その処分の現状は、陸上の埋立や浅所地下埋設および海洋の埋立にたよっている。もちろん廃棄物の分別処理とリサイクル、焼却等による減量をはかっており、この点においては、量が膨大であり、建設廃材のコンクリートブロックや土砂のたぐいから、急速に分解して大量のメタンガスを発生する有機物質まで、種々雑多な物質を含むことを除けば、低レベル廃棄物の処理・処分に通じるところがある。高レベル廃棄物に対しては、有毒物質の処理・処分が対応するといえよう。いずれにしても、生活・産業関連廃棄物は量が膨大であること、短期間の分解過程にある物質が多いことなどが特徴であるのに対して、放射性廃棄物は、量が極わずかであり、長期間にわたる、放射性物質の壊変が特徴である。従って処理・処分に関する考え方が大きく異なっている。

#### (2) 沿岸海底下地層処分と廃棄物問題

海底下地層処分の基本的問題は、沿岸海底は、長期の地質環境の安定が保たれる場であるか否かを追求することにある。従って短期の、大量処分が問題になる生活・産業廃棄物の問題には、直接結びつかないと考えられる。しかし、海底下の地下水の流動や化学物質の移行に関する調査・試験法や解析手法などの要素技術は、適用範囲の広い技術であり、一般の廃棄物の問題にも寄与するところは大きいと思われる。

#### (3) 我が国の社会への寄与

沿岸海底下地層処分の開発は、HLWの処分問題の解決に資することは、疑う余地はないが、一般の廃棄物の問題にどこまで寄与するかは疑わしい。掘削ずりの処分、大量のガ

スの発生、掘削コストと空間の大きさの制約、空間の利用価値（埋め立ての地表空間の方がはるかに自由度が大きいなど）など地下処分の問題は多い。例えば、掘削ずりだけでも、大量の廃棄物を地下に入れるには、その量だけずりと置き換える必要があり、ずりを盛る場所が必要である。地下を使うメリットは少ない。地表空間に直接廃棄物をおいた方が、はるかに低コストで利用効率が高いと思われる。また有毒物質など特殊な廃棄物に関しても、必ずしも海底下の地層中に廃棄する必然性はないように思われる。

## 1. 6. 2 我が国の地層処分場の立地問題（社会的）を解決するという視点から

### ・沿岸海底下地層処分と立地問題

沿岸海底下地層処分のメリットの一つは、原子力施設との連携を可能にするということにある。我が国の原子力施設のほとんどが海岸立地であり、陸上輸送に伴うリスクも加えると、社会的にみた立地条件は、優位にたつと思われる。海外でもスウェーデンの SFR などにもその実績が見られる。この観点からの問題は、行政的な要素も含んでおり、サイト選定のコンセプトとして、はやくから検討しておくべき項目であろう。とくにサイトが社会的に決まる場合、良好な地質を選ぶことには制約が多いので、むしろ工学バリアーと地質環境の安定性に頼ることが多くなろう。ある地域の沿岸海底下の地質環境、とくに水理地質条件がジェネリックに安定であることが判明すれば、さらにサイト選定が容易になるう。

なお、沿岸海底下処分場の空間的な位置は、建設や操業中の維持管理などのコストを考えれば、陸地の極近くの海底下、例えば、処分場の深度が 300m で、陸域から、傾斜 $10^{\circ}$  の斜坑でこれにつながると、せいぜい 2 km 沖合となる。地質的には、陸の続き、水理的には淡塩境界付近、地形的には氷期の埋没地形が存在する沿岸海底である。

### 1. 6. 3 我が国の地層処分についての技術的懸念を解決するという視点から

#### ・沿岸海底下処分とその地質環境条件（とくに水理地質）

サイト選定に当たっての自然条件としては、地形的には、山地、平野そして沿岸海底もしくは小島で、水理特性が異なると考えられる。山地の深部地下は、動水勾配が小さいと考えられ、また沿岸海底や小島では、境界条件が適切であれば地下水は動かないと考えられる。そして平野部は人口が密集しており、地下の水理条件が乱されている場合が多い。一方地質という材料特性からは、塊状で割れ目を含む硬岩と層状の粒状体として扱える軟岩とが代表的である。我が国では山地の地下は前者が多く、深度にもよるが他の地域には後者の軟岩が多い。いずれの場合にも、透水性の小さい岩体は存在すると考えられるが、一方では変動帯の特徴として必ずといってよいほど、透水性の高い部分にも遭遇する。従って極論としては、透水性という材料特性に頼るよりは、地質環境の安定性に頼る方がより安全である。この点では、沿岸海底下はもっとも地質環境が安定していると期待される地域である。事実、三池炭鉱や太平洋炭鉱のように、沿岸海底下の地下水が化石水となり、地質学的な長期にわたってほとんど動いていなかったと期待される地域もある。しかし我が国のような山国で、地表の高低差が大きいところでは、とくに山が沿岸にせまる地域では、海底下に被圧地下水が存在するケースも認められており、また沿岸の淡塩境界の分布型によって地下水の流動系が大きく異なるなどの懸念もある。水理地質的、地球化学的な詳細な調査・研究に待つところが大きい。なお沿岸海底下処分では、津波や洪水など地表の処分施設に被害を及ぼす現象や長期の海面変動などを懸念するむきも多いが、これらは建設／操業の段階で影響をおよぼすことはあっても、処分後には問題にならない現象と考えられる。さらに沿岸海底下は、陸上よりも、地殻プレートの動きに伴う活断層が多いという指摘もある。いずれにしても、総合的な調査が必要であろう。



## 1. 6. 4 沿岸海底下地層処分コンセプトに関して

### (1) 地層処分場の深さの問題

処分場の深さは、浅い方は人間の侵入や地殻の隆起・侵食、浅層地下水の流動域などに規制される。一方深い方は地山の強度ややまはねなど空間の安定性に規制されるといえる。深部の条件は陸も海も同じなので、沿岸海底下の特徴は浅部の規制が比較的ゆるいという考え方は妥当のように思われる。

### (2) 沿岸海底下地層処分のいくつかの欠点

海洋汚染のイメージ、漁業者との摩擦は大きな問題である。社会とのアプローチの仕方を研究する必要があるだろう。建設コストについては、陸域に作業基地をもつタイプのものであれば、充分受容できる範囲であろう。ただし、地質環境の調査に関しては、陸域から発したたて坑や斜坑からの調査に関しては、なんらかのかわるところはないが、活断層などを含む広域調査、海域からの長期計測・観測などには、研究・開発と相当のコストの増大が見込まれる。一方音波探査など間接的な方法で、海底下の可視画像化が容易におこなえるので、陸域より有利な点もある。

以上のような観点から、陸域のコンセプトと並行して、海域も一つの立地可能なサイトとして、研究開発が進められることが望ましい。地下研究施設を、現時点で沿岸海底下に設置すべきかは、もう少し具体的なデータを集積してから判断すべきかもしれない。生活・産業廃棄物との関連ももう少し具体的な検討をおこなうことによって、連携の仕方がみえてこよう。また、沿岸海底下では、処分の他に貯蔵も含めて、現状とは異なった別のコンセプトも考えられる。今後の検討にあたっては、柔軟性が強調されるゆえんであろう。

(小島圭二：東京大学工学部資源開発工学科 教授)

## 2. 日本における地下研究施設の役割についての検討

### 2. 1 日本の地下研究施設の役割

#### 2. 1. 1 地下研究施設とはどのようなものか

高レベル放射性廃棄物は現に存在し、また今後も発生する。これを永久に人間の管理下におくことはできず、なんらかの処分が必要である。処分の方法については、ここ30年来種々の方法が検討されてきたが、科学者の結論は、固化体にして深地下に埋設する、いわゆる地層処分が最も優れた方法になりうることに達した。しかし、どこの国においても技術開発は十分ではなく、特に深地層中での地層、岩体及び地下水の状況や処分環境の長期にわたる経時変化とその予測等に関して処分候補地層等での各種データの把握、集積を行い、安全評価手法を確立するとともに、処分場建設・方法の実証等を行わなければならない。

欧米諸国における地下研究施設をまとめて表－II.2.1.1、表－II.2.1.2に示す。各国の自国に適した考え及び目的によって URL を設けている。この内スウェーデンにおける国際ストリーパー計画は1992年にほぼ終了し、現在はそれを更に進めた形でのHard Rock LaboratoryをÅspö島に建設中である。そこにおける研究計画は、表－II.2.1.3、図－II.2.1.1に示すようにスケジュール、研究内容ともより具体的かつ詳細になっている。

#### 2. 1. 2 日本の地層処分コンセプトの重要性

地下研究施設は地下に作ることになる。すなわち、地上に作るのではないので必然的に地層との関わりが生じる。その時、どのような地層に処分場を作るのかということも含んだ地層処分のコンセプトができていない状況では、地下研究施設を具象化することができない。すなわち、日本の地層処分コンセプトについての議論を踏まえ、その中で、日本の地下研究施設コンセプトを明らかにすることが肝要である。

表-Ⅱ. 2.1.1 世界の廃棄物先進諸国におけるURLの概要

国名	母岩	建設年	状況	将来の処分場立地	概要
西ドイツ	岩塩	1965	稼動中	現在は、ここを処分場としない考え	アッセーⅡの岩塩廃坑を利用しHLW処分のための原位置試験中、この一部には1977年までI/LWの処分も行ったが、今は停止している。研究・開発用に専用している。
スウェーデン	花崗岩	1977	稼動中	別の立地を調査している	廃鉄鉱山の地下350mの旧坑道及び新設坑道、国際ストリーパ計画として共同研究が進んでいる。10年以上にもなる各種研究の成果は非常に非常に有効であり、各国が注目している。
ベルギー	粘土	1983	稼動中	OKと判断されればここで処分する	モル地方の地下180-300mのBoom clay層中、220mに設置、粘土層のため坑内に鉄鋼、ステンレス鋼、及びコンクリートブロックで型枠をつくり支えている。世界で唯一の粘土層中のURLとして注目され、日本、フランス等と共同、協力研究中
スイス	花崗岩	1984	稼動中	別の立地を考えている	アルプス山中の花崗岩体に地表下約500mに1000m余の試験用坑道を掘削、岩石力学、地震、加熱、通気、透水性、核種移行等多くの原位置試験を単独または国際協力により実施中。試験専用であって、アルプス造山運動のため長期の安全性を必要とするHLW処分場としては適当でない。
カナダ	花崗岩	1987	稼動、拡張中	ここを処分場とはしない	カナダ楯状地の深成花崗岩中に開削、地下130mと240mの位置に試験用坑道を掘削し、日本とも共同研究を行っている。試験専用
アメリカ	玄武岩	1977	停止中		ハンフォード地区に開削したが現在停止中
	花崗岩	1980	閉鎖		NTSの花崗岩体中、地下450mに開削、ヒートによる模擬固化体で数年間試験した。
	岩塩	1984	実施準備中	TRUW処分場として建設 HLWはここには処分しない	ニューメキシコ州の岩塩層中、地下660mにWIPPを建設。近い将来TRUWの処分とHLW固化体の処分テストを開始の予定。ここは処分場として建設したが、一部で実地試験も行う。
	熔結凝灰岩		建設準備中	処分場開設を予定	ヤッカマウンティンは目下米国で唯一の処分場予定地として期待されているが、現在はまだボーリング調査を終え、URL建設のためネバダ州と交渉中、調査結果がよければ将来処分場とする予定。

天沼 原安協だより第116号(1990.6.25)

表- II. 2. 1. 2 過去及び現在の in-situ試験施設\*

GEOLOGICAL FORMATION	COUNTRY	TEST FACILITIES	IN-SITU STUDIES
		AT DEPTH	AT POTENTIAL SITES
		LOCATION	LOCATION
<u>Crystalline Rock:</u>			
Granite	Finland		
	Canada	Lac du Bonnet	
	France	Fanay-Augères Mine	Deux-Sèvres (1)
	Japan	Kasama	
	Spain		
	Sweden	Stripa	
	Switzerland	Grimsel	
	UK		
	US	Climax Mine	
Schist	France		Maine-et-Loire (1)
Gabbro	Sweden		
	Canada		
Diabase	Japan		
Basalt	US	NSTF Hanford	
Tuff	US	Nevada Test Site (NTS)	Yucca Mountain (1)
	Japan		
<u>Evaporites:</u>			
Salt Diapirs	F.R. Germany	Gorleben	Gorleben
	F.R. Germany	Asse	
	Netherlands		
	US	Avery Islands	
Bedded Salt	France		Ain (1)
	Spain		
	US	Lyons	
	US	WIPP	WIPP
Anhydrite	Switzerland	Felsenau	
	US		
<u>Other Sedimentary Rock:</u>			
Clay	Belgium	Mol	Mol
	France		Aisne (1)
	Italy		
	Switzerland		
	UK		
Shale	US		
	Japan		
	Spain		
Mixed Marine Sediment Sequence	F.R. Germany	Konrad (2)	Konrad

Notes: (1) Proposed location. (2) Low- and intermediate-level waste only.

\* "In-situ Research and Investigations" OECD/NEA(1988)

表 - II. 2. 1. 3 Hard Rock Laboratoryにおける研究課題\*

RESEARCH TOPIC	PRE-INVES- TIGATION	CONSTRUCTION PHASE		OPERATING PHASE
		STAGE 1	STAGE 2	
● SITE INVESTIGATIONS WITH CALCULATIONS				
Demonstrability to locate rock of different qualities				
- on regional scale, > 1 000 m	B	C	C	C
- on facility scale, 100 - 1 000 m	B	A	A	A
- on block scale, 10 - 100 m	C	C	A	A
Describe flowpaths for groundwater				
- on regional scale	C	C	C	C
- on facility scale	B	A	A	A
- on block scale	C	B	B	A
Describe groundwater flux				
- on regional scale	A	B	C	C
- on facility scale	A	A	B	B
- on block scale	B	B	A	A
Describe chemical composition of groundwater				
- on regional scale	C	C	C	C
- on facility scale	A	B	B	B
- on block scale	C	B	B	A
Transport of solutes				
- on regional scale	C	C	C	C
- on facility scale	B	B	B	A
- on block scale	C	C	B	A
Mechanical stability of rock				
- on regional scale	B	C	C	C
- on facility scale	B	C	C	B
- on block scale	C	C	C	B
● METHODOLOGY FOR REPOSITORY CONSTRUCTION				
Investigation methodology	C	C	B	A
Full-face boring/blasting	C	C	C	B
Hole-making technology	C	C	C	B
Injection grouting technology	C	C	C	B
● PILOT TESTS - REPOSITORY SYSTEMS				
Effective temperature on bentonite and rock	C	C	C	B
Effect of "Disturbed zones" on groundwater flux	C	B	B	B

LEGEND: A High priority  
B Medium priority  
C Low priority

\* "Handling and Final Disposal of Nuclear Waste", SKB R&D-programme 89.



Activity	Year	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	
	Phase	Pre-investigations				Construction				Operation															
Milestones						Siting of 3 candidates sites ▽				Selection of system ▽				Detailed characterization ▽				Application for siting ▽				Application for construction ▽			
Layouts		Final phase 1 Prel. phase 2 ▽				Final phase 2 Prel. phase 3 ▽				Final phase 3 ▽															
Characterization of rock volumes - Predictions - Construction phase 1 0 - 350 m - Construction phase 2 350 - 500 m Experiment area		[Timeline diagram]				[Timeline diagram]				[Timeline diagram]															
Site scale tracer test		[Timeline diagram]				[Timeline diagram]				[Timeline diagram]															
Block scale tracer test - Phase 2 - Phase 3						[Timeline diagram]				[Timeline diagram]															
Radionuclide migration		[Timeline diagram]				[Timeline diagram]				[Timeline diagram]				[Timeline diagram]											
Block scale redox test						[Timeline diagram]				[Timeline diagram]															
Method for rep. dev. - Construction phase 3										[Timeline diagram]				[Timeline diagram]				[Timeline diagram]							
Pilot test Repository system														[Timeline diagram]				[Timeline diagram]							

図-Ⅱ. 2.1.1 Hard Rock Laboratoryにおける研究試験のタイムスケジュール\*

\* "Handling and Final Disposal of Nuclear Waste", SKB R&D-programme 89.

### 2. 1. 3 地下研究施設の目的

「高レベル放射性廃棄物対策について」（平成4年8月28日原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会）によると、地下研究施設という言葉は出てこないものの、深地層の研究施設の役割を重要視し、「深地層の研究施設は、深地層についての学術的知見の向上とともに、深地層の環境条件として考慮されるべき諸特性等の正確な把握、安全評価モデルの信頼性向上・確証等を行うためのものであり、深地層に係る総合的な研究の場として重要である」とし、「本施設の計画は、処分場の計画と明確に区別して進めるものとし、我国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望ましい」となっている。

地下研究施設の役割は、ここに抽象的にはあるが明確に記載されているとおりである。OECDのレポートにおいても、一般的に認められることとして地下研究施設の目的を次のように記述している：

すなわち、地下研究施設は次の点についての信頼性を高めることが目的である。これは要すれば地層処分の技術的可能性を判断する重要なマイルストーンである。

- ①地層をキャラクタライズする種々方法の妥当性、適用性の試験
- ②処分場を建設する方法の実証
- ③処分場の安全性に係るデータ及び安全評価の質を高め、信頼性を高めるためのデータの取得
- ④モデルの確証
- ⑤建設、運転、閉鎖の工学的実証の評価

すなわち、技術的に見て地下研究施設を経ずに地層処分を実施に移すことは不可能であるといわれている。しかし、果たして本当にそうなのかについては抽象的な議論ではなく、上述のように日本の地層処分コンセプトにのっとって地下研究施設がないと何ができないのかを具体的に示す時期に来ている。

### 2. 1. 4 地下研究施設の位置づけ

上述の通り、地下研究施設の目的は抽象的にはあるが明らかにされた。次は日本の地

層処分コンセプトにのっとして、地下研究施設の位置づけを明らかにする必要がある。その時に注意しなくてはならない技術的項目としては、次のものがあげられる。

- ①日本の地層処分コンセプトを反映したものになっているか。
- ②最終処分場との関連、最終処分場とは別のものであることを、どのように説明するか。  
また、地下研究施設ができれば全て終わりでないことをどう説明するか。
- ③現在行っている現位置試験施設や貯蔵工学センターとの関連はどうか。
- ④STRIPA、MOL、Whiteshell等との協力研究で得られた成果のレビューとその反映。
- ⑤地下研究施設に適した地層とサイトをどのようにして選ぶか。

## 2. 1. 5 日本の地下研究施設を巡るコンセプトの議論において重要な項目とそれに対するいくつかの考え方

[科学的側面]

- (1) 地下研究施設の位置づけを明確にし、必要な理由を明確にする。

既に述べたことではあるが、日本の地層処分コンセプトにのっとして、具体的に地下研究施設において何を研究しなくてはいけないのか、もし、それができないとすれば地層処分の遂行上、本質的に何が困るのかを示すことが必要である。

- (2) 地下研究施設、運転に必要な十分な力が養成されているか？

現在では、未だ十分ではないがそれほど困難とは考えられない。国際協力の成果も反映される。しかし、日本独自のコンセプトで日本の地下研究施設を作る場合にはそれなりの研究開発が必要であるし、地層処分場を建設する方法の実証そのものが地下研究施設の目的である。



### (3) どのような地層に建設するか？

日本の地層処分コンセプトを反映したものになっていることが理想である。地層処分地として内陸なのか、沿岸海底下によるし、前者の場合には火成岩か堆積岩かにもよる。いずれにしても、最終処分場とある程度関係している地層に建設することの意義は大きい。

これまでの議論においては、URL は処分候補地層が望ましいということが多かったが、発想の転換によってそれにこだわらなくても良いのではないかという考え方もある。複数個地下研究施設を作るときは、第1個目についてはそのことが言える。この場合には、2つ目の地下環境施設は処分候補地層である必要がある。このように時間発展的に考えるとき、最初の地下研究施設が具備すべき要件は次のようである。

- ①必ずしも処分候補地層である必要はないが、断層が多い所や火山地帯にある所、地下水流動が大きいところなどは良くない。
- ②その地下研究施設において行う研究項目を明らかにすること。処分候補地層でないことによって、できないことを明確に記述することが重要となる。
- ③地下研究施設とは、また地層処分とはどのようなものであるかを公衆に示す地下博物館としての指命のウエイトが大きいので、当初からそのように割り切って考える。

### (4) 処分予定地と地下研究施設建設地との関連

処分予定地層と同じ種類の地層に地下研究施設を作ることの重要性は述べた。しかし地下研究施設そのものは、最終処分地になることは科学的にもあり得ないことははっきりしている。なぜなら、試験研究のために開けられた空洞や試験孔等の影響があるからである。しかし地下研究施設のサイト、あるいはその周辺が処分場になるかどうかは別の問題である。地下研究施設の地層は最終処分場に近い地層ということを考えると、このことは当然である。地下研究施設サイトは、最終処分サイトとは決してならないということで、後で窮地に陥ることがあってはならない。重要なことは、地下研究施設での成果のレビューを公的に行い、最終処分場決定のプロセスを初めから決めておく事である。この事は地下研究施設での結果の評価プロセスを確立しておき、処分場決定までのプロセスを明らかにしておく事を意味している。

(5) 設計、建設の前段階として必要なボーリング及び実験室での研究は十分であるか？

日本での地層処分コンセプトがはっきりしない理由の一つに我が国において適した地層があるのかと云う不安がある。その為にも広くボーリングを行い日本の地層についてイメージを持つ事が必要である。また設計、建設に先立つ研究は十分にシステムイズされている事が必要である。国際協力も重要であろうが自主的な力の蓄えと補間的でなければならない。

(6) 将来技術に対する期待と現実

将来は放射性廃棄物の処理、処分方策について更に優れたものが現れてくるので地層処分を早急に実施しなくても良いと言う意見もある。群分離や核変換処理に代表される将来技術は技術的、経済的に優れたものならば放射性廃棄物の処理、処分方法に大きな変化をもたらす可能性がある。そのためにもこの種の研究は強く推し進めるべきである。しかし現実に廃棄物が相当量蓄積し、その処分方法がないということでは、我々の世代としての責務を果たせない。将来技術を開発するという姿勢と、この十数年で技術的経済的に可能な方法によって、現実的な姿を描く事も重要である。群分離、核変換処理がうまくいっても地層処分はなくならないことを認識すべきであるし、新技術の開発は地層処分の負担を減らすなどプラスの要因としなくてはならない。

〔社会的側面〕

(1) 地下研究施設に対するイメージの欠落

地下研究施設のみでなく地層処分にたいするイメージがうまく伝わっていない事が大きな問題である。その為にも日本の地層処分のコンセプトが強く望まれている。地下研究施設の一部を用いて公衆に対する展示場としても使うべきである。というよりも、地下研究施設の1つの目的は、地層処分とはどのようなものであり、地下研究施設ではどのような

ことを行うのかを公衆に具体的に示す地下の博物館として使うことが望ましい。この意味では、1つ目の地下研究施設は候補処分地層である必要は必ずしもない。ただ、断層帯や地下水の多い地層ではマイナスにもなりかねないので注意を要する。

#### (2) それがそのまま処分場にならないということ

処分場決定までのプロセスを明らかにすると同時に、重要な情報を適宜公開する必要がある。パブリックヒアリングや委員会への参加も必要になるかもしれない。中立な立場の評価委員会の設立も考えられる。

#### (3) 地下研究施設の必要性の公衆への説明

まず科学者、技術者の側に日本の地層処分に対するコンセプトを持っていることが必要であるとともに、地下研究施設について確固とした必要性を地層処分研究開発者の共通認識として持つことが大切である。公衆の不安は、地下研究施設が危険だということに起因するのではなく、そこが最終処分場になるのではないかということによる。そのためにも最終処分場とは異なることをはっきりと示すとともに、地下研究施設から最終処分場のサイティングに移るプロセスを明確に説明しておくことが大切である。また、公衆の地層処分に対する心配は、放射性物質は崩壊があるといっても永久にゼロにならず、かつかなりの量の放射性物質によって処分場周辺が汚染されるのではないかという恐れである。後者の場合、公衆のもつ危険意識は数百年程度であることが多い。このようなことも考慮しつつ、地下展示場では地層処分の安全性について説明していくことが必要であろう。

#### (4) NIMBYへの対応

地下研究施設の必要性は判るが、自分の家の近くは困るという人は多い。彼らは、地下研究施設の安全性、ひいては処分場の安全性は判るが、それとは別の理由により反対している。反対の理由は、無条件に原子力絶対反対という人を除けば、まず地下研究施設、最終処分場とはどのようなものか判らない無知に対する不安である。これに対しては、先に

示した展示場は偉力を発揮する。他の理由としては、低レベルではあるが放射性物質の生物圏放出に伴う不安がある。これについては科学的に説明すべきである。科学者、技術者の誠実さが問われている。今1つの理由として、大きな権力に対する反感がある。住民の良心を踏みにじるような対応は良くないのは当然であるし、信頼感をどう得てもらうかが大切である。

#### (5) 同調者の拡大と問題解決への参加

社会的受容性を得る1つの有力な手段は、同調者の拡大と問題解決への参加である。現在の社会において、高レベル放射性廃棄物の地層処分は避けて通れない問題であることを考えるとき、電気エネルギーの恩恵を受けている人全部が、それなりの責任があるという考えにも通じるが、これはややもすれば電気事業者の責任をユーザー（人によってはいやおうなくその電気を使っている人もいる）に転嫁しかねないので注意を要する。誰が悪いわけではないが、一緒に問題解決に取り組みましょう、あるいは理解を示そうという人の拡大が切に望まれる。

(田中 知：東京大学工学部附属原子力工学施設 助教授)

## 2. 2 土木工学的視点からの地下研究施設の役割に関する検討

### 2. 2. 1 はじめに

放射性廃棄物地層処分コンセプトの具体化過程において、処分場の建設に必要な情報を得る等のために地下研究施設の必要性が議論されている。本研究では、地下研究施設の役割を明確にすることを目的として、以下の事例について調査を行い、土木工学的な視点から地下研究施設の役割について検討した。

- ① 既往の実証プラント建設事例（地下石油備蓄実証プラント施設）
- ② 海外の地下研究施設（スウェーデン、Äspö Hard Rock Laboratory）
- ③ 日本の地下研究施設（構想）

### 2. 2. 2 既往の事例に関する調査

わが国で実績のある実証プラントの事例として、昭和54年度から石油公団が愛媛県越智郡菊間町太陽石油（株）菊間製油所敷地内に建設した地下石油備蓄実証プラント施設をとりあげ、土木工学的視点からその役割について調査を行った。

#### 2. 2. 2. 1 実証プラント施設の建設経緯

##### （1）施設建設の目的

地下石油備蓄方式については、狭い国土の有効利用を図りつつ石油備蓄を推進するために、安全かつ経済的な新たな石油備蓄方式として、通商産業省資源エネルギー庁が、その導入について種々の検討を行ってきた。

地下石油備蓄方式は、わが国において例のないものであるため、一般に岩盤、地層の分布状態が複雑と特徴づけられるわが国の地質条件に対して、地下備蓄の適性を判断するための地質、岩盤水理に関する調査と評価を行うとともに、これら事前予測、評価を実際の

建設過程及び実証実験において検証することにより、

- ① わが国における水封式岩盤内地下貯油槽の実用化に先立って、安全かつ経済的な石油備蓄技術を確立するための資料を得ること
- ② わが国特有の自然条件・社会条件に適した技術指針を策定するに際しての基礎的知見を取得すること

を目的として、実証プラントの建設及び実証実験が実施された。

## (2) 実施体制

実証プラントの建設及び実証実験は、資源エネルギー庁から石油公団に委託された。石油公団はこのプラント建設に当り、以下のように委員会の設置及び委託会社を決定した。

- ① 実証実験に係る技術的事項の検討、評価委員会の設置  
石油地下備蓄技術研究委員会
- ② 設計・施工・実証実験の実施会社  
清水・鹿島・大成・日揮 JV
- ③ 運転管理会社  
太陽石油株式会社

石油地下備蓄技術研究委員会の設置の目的は、下記の技術的専門事項について調査・審議することことであり、地質工学、岩盤力学、資源工学、土木工学、オイルエンジニアリング等の学識経験者により構成された。

- ・実証プラントの設計・施工の検討
- ・実証実験計画の検討
- ・実証実験で得られたデータの分析・評価等

更に本委員会は、企画、土木技術、原油ハンドリング技術及び環境安全の4部会を設け、調査研究の実施細目、具体的な実施方法等を検討するとともに、調査研究の成果のとりまとめを行い、必要に応じ小委員会、専門委員会を開催して審議・検討を加えた。

調査研究の実施体制を図-Ⅱ.2.2.1に示す。

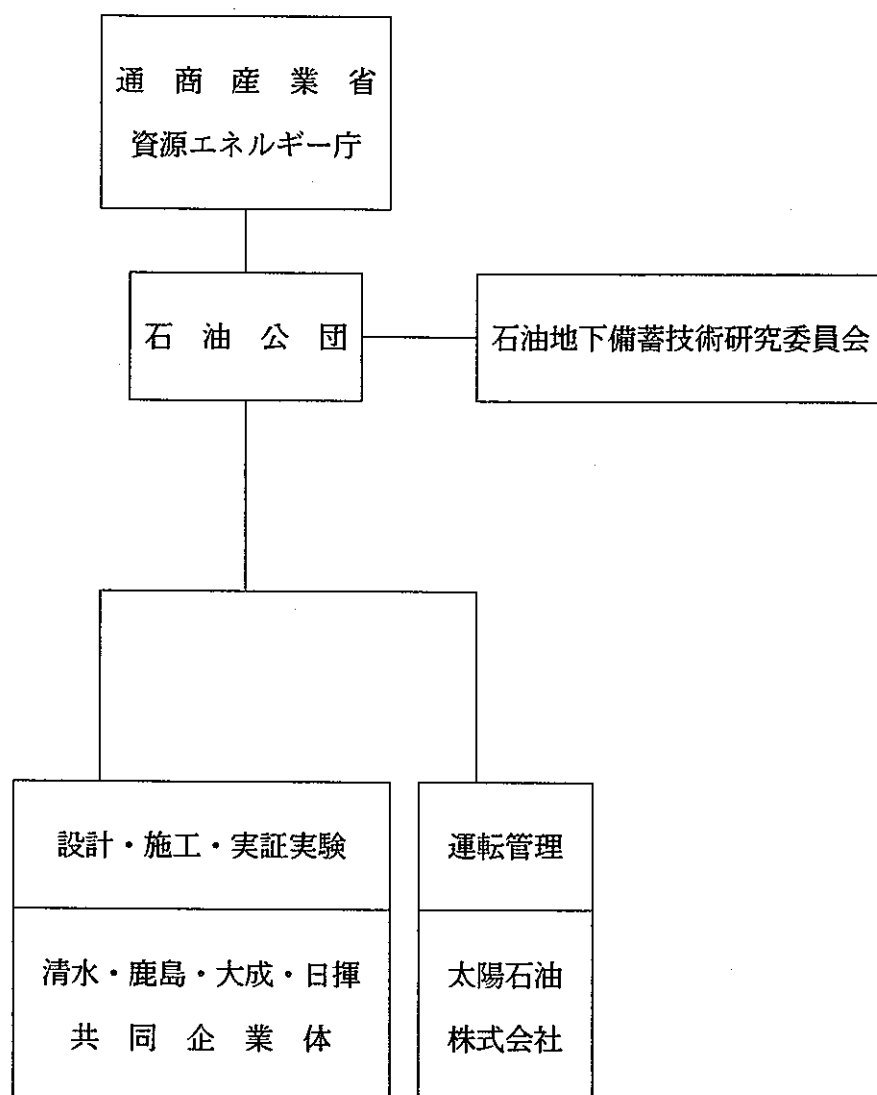


図-Ⅱ.2.2.1 実施体制

### (3) 実証プラント施設の建設及び実証実験の工程

実証プラント施設の建設及び実証実験の工程表を表-Ⅱ.2.2.1に示す。

表一Ⅱ.2.2.1 菊間実証プラント工程表

年月 項目		昭和55年		昭和56年		昭和57年		昭和58年		昭和59年		昭和60年		昭和61年		昭和62年		昭和63年		平成元年		平成2年		平成3年															
		1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12														
建設	作業トンネル	—																																					
	水封式供給設備		—																																				
	貯油槽及び 受入立坑			—																																			
	ポンプ室及び 払出立坑			—																																			
	サービストンネル			—																																			
	設備				—																																		
実証実験	構造上の安定性	—																																					
	水封機能性	—																																					
	操業上の実用性 ・安定性			—																																			
	環境に対する影響	—																																					



## 2. 2. 2. 2 実証プラント施設の概要

### (1) 基本計画条件

貯蔵方式としては、大気圧貯蔵方式と密閉貯蔵方式が考えられるが、本実証プラントの建設に当たっては、圧力条件がより厳しい密閉貯蔵方式での実証運転も行えるよう計画している。

圧力範囲は、北欧の実績及び経済性等の検討を行い決定した。

実証プラントの基本計画条件を表- II. 2. 2. 2に示す。

表- II. 2. 2. 2 実証プラントの基本計画条件

項目	計画条件
貯油槽型式	横穴水封式 (固定水床式)
貯油容量	25,000 kl
貯蔵油種条件	中東系中質原油 (イラニアンヘビー等)
受払流量	最大 1,000 kl/h
払出ポンプ型式	ドライポンプ型式 (横型遠心ポンプ)
運転圧力	-0.5~2.2 kg/cm <sup>2</sup> G (密閉貯蔵)、 0~0.5 kg/cm <sup>2</sup> G (大気圧貯蔵)

### (2) 実証プラントの位置

位置は、愛媛県越智郡菊間町 太陽石油 (株) 敷地内である。

### (3) 貯油槽施設構造物の概要

貯油槽施設等の配置計画の重要な要件は、地形、地質条件、用地境界及び法的規制である。実証プラントの配置は、これらの諸条件を十分考慮して定めた。

貯油槽施設構造物の概要を表－Ⅱ.2.2.3に、概要図を図－Ⅱ.2.2.2に示す。

地下貯油槽と地上の原油タンクとの間で、原油の受払いを行うための運転に係る諸設備の概要を表－Ⅱ.2.2.4に示す。

### 2. 2. 2. 3 実証実験の概要

#### (1) 実証実験の目的

実証実験を行う目的は、土木工学的には以下のとおりである。

- ① 将来の実用規模の地下備蓄基地を想定した備蓄技術、安全性及び環境保全性を実証すること。
- ② 立地調査に当たり、異なる地質条件にも適応できる地質調査方法についての資料を得ること。
- ③ 各種シミュレーション手法の検証を行い、今後の設計に必要な予測方法の適用性を確認すること。

#### (2) 実証実験の検討内容

実験の検討内容は表－Ⅱ.2.2.5に示す。

#### (3) 実証実験の項目の詳細

調査内容、実験項目については、表－Ⅱ.2.2.6に示す。

表-Ⅱ.2.2.3 貯油槽施設構造物の概要

番号	名称	規模・寸法	備考
1	貯油槽	巾 高さ 延長 15m × 20m × 112m	タンク容量 25,000k1 (原油)
2	水封トンネル	巾 高さ 延長 4.0m × 4.0m × 252.4m	地下水面の低下を防止し、 人工注水効果を実証する
3	サービストンネル	巾 高さ 延長 4.5m × 4.5m × 134.6m	配管類を通すためのトンネル
4	受入配管立坑	縦 横 高さ 4.3m × 4.3m × 46.5m	原油を受入れるための配管 類を通すためのトンネル
5	払出配管立坑	直径 高さ 6.0φm × 68.8m	原油を払出すための配管類 を通すためのトンネル
6	ドライポンプ室	直径 高さ 8.0φm × 34.0m	原油を払出すためのポンプ 類を置く部屋
7	作業トンネル	巾 高さ 延長 4.5m × 4.5m × 442.7m	貯油槽本体に取付くための 作業用斜抗
8	地上設備ヤード		排水処理設備、窒素ガス 設備等のヤード

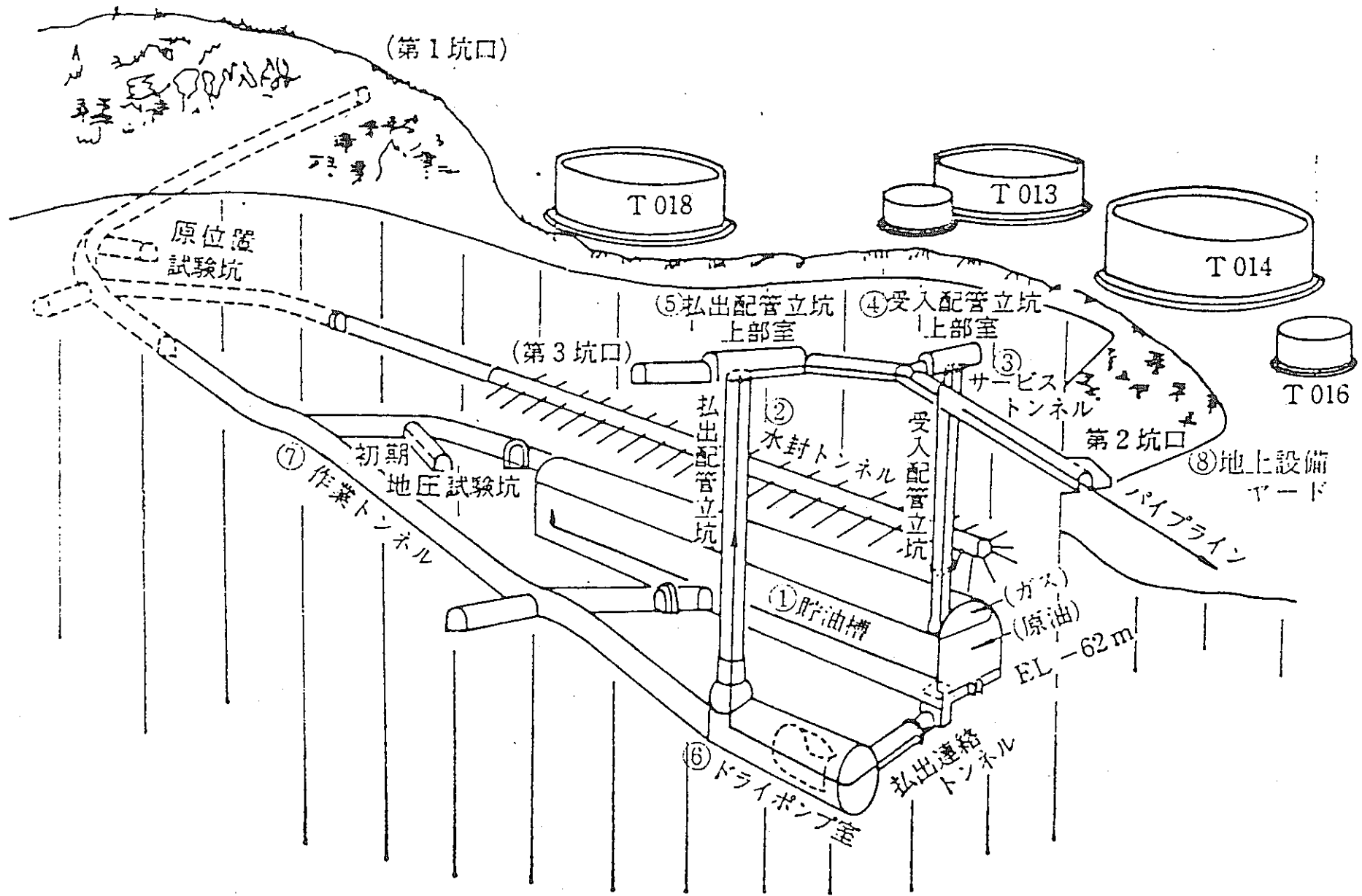


図-Ⅱ.2.2.2 貯油槽施設構造物の概要図

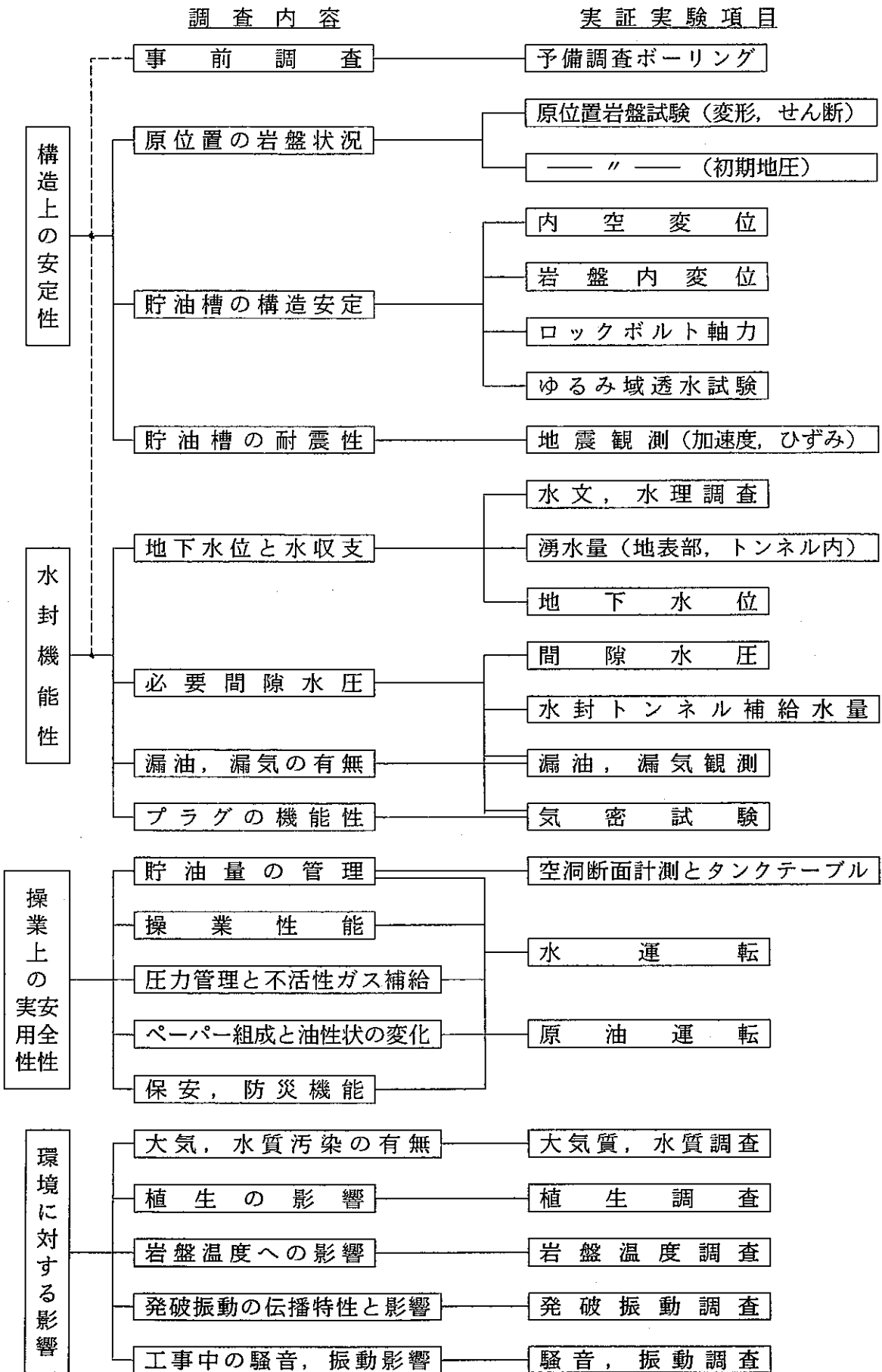
表-Ⅱ.2.2.4 設備の概要

設 備	構 成
移送設備	原油を受払いするための配管、ポンプ類
運転管理設備	貯油槽内の状況を監視する液面、界面、圧力、温度、及び、水封水位の各管理設備
電気設備	動力、照明等の設備
用役設備	窒素ガス、蒸気、工業用水等の供給設備
排水処理設備	貯油槽内から排出される含油排水を基準内に処理する油水分離、砂ろ過、活性炭吸着の設備
排ガス処理設備	貯油槽内から原油ベーパーが排出される場合に、悪臭成分等を基準内に処理するアルカリ洗浄、ベントスタック設備
保安防災設備	換気、検知警報（漏油漏気、酸素濃度等）、防消化等の設備

表－Ⅱ.2.2.5 検討内容

調査項目	検討内容
構造上の安定性調査	空洞周辺の岩盤挙動を施工時から実証運転時にわたって観測し、貯油槽の構造上の安定性を検証する。
水封機能性調査	実証プラントに係る水理・水文データを各種計測観測により把握して理論的な解析結果と比較し、原油貯蔵時における貯油槽周辺岩盤の水封機能性と地下水保全性を確認する。
操業上の実用性、安全性調査	水封式岩盤内地下備蓄システムにおける諸設備の妥当性を確認すると共に、密閉貯蔵及び大気圧貯蔵方式での諸現象の把握並びに当システム特有の貯油量管理や初期エアパージ等の方法について検討する。
環境に対する影響調査	実証プラント建設中及び、実証運転中に周辺地域の環境調査を行い、良好な環境を維持しつつ建設及び運転が可能なことを確認する。

表- II. 2. 2. 6 実証実験項目



## 2. 2. 2. 4 まとめ

わが国において新たな石油備蓄方式である地下備蓄方式を導入するにあたり、実証プラントの建設と実証実験が行われた。その特徴をまとめると以下の通りである。

① 実証プラントの建設の目的は、

(イ) わが国における水封式岩盤内地下貯油槽の実用化に先立って、安全かつ経済的な石油備蓄技術を確立するための資料を得ること。

(ロ) わが国特有の自然条件・社会条件に適した技術指針を策定するに際しての基礎的知見を取得すること。

であった。

② 土木工学的な視点からは、

「土木構造物としては新しい構造型式であり、一般に複雑であるわが国の地質条件（岩盤、地層の分布状態）のもとで、要求機能の実現性を実証すること」

がこの実証プラントの役割であり、実際の建設過程及び実証実験を通じて、

(イ) 将来の実用規模の地下備蓄基地を想定した備蓄技術、安全性及び環境保全性の実証。

(ロ) 立地調査に当たり、異なる地質条件にも適応できる地質調査方法についての資料の取得。

(ハ) 各種シミュレーション手法の検証による今後の設計に必要な予測方法の適用性の確認。

が行われた。

③ 実証プラントの建設と実証実験の実施は、資源エネルギー庁から石油公団に委託され、石油公団内に地質工学、岩盤力学、資源工学、土木工学、オイルエンジニアリング等の学識経験者により構成される「石油地下備蓄技術研究委員会」を設置して行われた。

実証実験は、実証プラントの建設の際に、各種項目について多岐にわたって行われた。また、貯油槽の長期的な安定性、安全性についても、原油運転の終了後6年間の長期間にわたり、継続調査を行っている。



その結果、

- ・水封式岩盤内貯油槽方式による地下石油備蓄は、技術的にはその方式、構造、設備等システム全体としての実用性及び安全性が実証された。
- ・また、実証プラントの建設により、工期、コストに関するデータも多く得られ、建設性について確認できた。

本実証プラントの建設を含む調査研究により、水封式岩盤内石油地下備蓄システムに関する基本的な技術は確立されたといえる。

本実証プラントにおける種々の実証実験の成果をふまえ、岩手県久慈市、愛媛県菊間町、鹿児島県串木野市の3地域ですでに実用の国家石油地下備蓄基地の建設工事が行われている。表一Ⅱ.2.2.7に、本実証プラントと菊間、久慈、串木野各基地の空洞寸法及び備蓄施設容量を示す。

これらの基地では、対象とする岩盤の種類、分布状況、岩盤条件等は、本実証プラントと必ずしも同一条件とは言えず、また、基地の規模も異なっている。しかし、本実証実験で得られた成果が活かされ、それぞれの地域において地質条件、岩盤力学特性、岩盤水理等の諸条件について十分な調査が行われ、各地域の実態に適合した形で活用が図られている。

このように、本実証プラントは、水封式岩盤内石油地下備蓄技術を開発、検証し確立するという点で、その目的を十分に果たすことができたと評価される。

表-Ⅱ.2.2.7 実証プラントと菊間、久慈、串木野各基地の空洞の比較

項 目 プラント・基地名	タンク寸法 (m) 幅×高さ×長さ×本数 (本)	備蓄施設容量 (万 kl)
菊間実証プラント	15×20× 112×1	2.5
菊間基地	20.5×30×(230~280)×4 20.5×30×(425~448)×3	150
久慈基地	18×22× 540×10	175
串木野基地	18×22× 555×10	175

## 2. 2. 3 海外の地下研究施設に関する調査

海外の地下研究施設の最新事例として、スウェーデンにおける地下研究施設であるÄspö Hard Rock Laboratory (HRL) をとりあげ、土木工学的視点から同施設の役割について調査を行った。

### 2. 2. 3. 1 Äspö Hard Rock Laboratory の建設目的

スウェーデンでは、法律上、原子力発電所の所有者に原子力発電所から発生する放射性廃棄物の安全な処分が義務付けられている。そのため、原子力発電所を有する電力4社が Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) を設立し、2020年の放射性廃棄物処分開始を目指して、研究、開発及びデモンストレーションを推進している。

Äspö Hard Rock Laboratory は、1977年から操業されてきた Stripa 鉱山の実験施設に継いでSKBが建設する地下研究施設である。当施設は最終処分場の位置選定及び許可に必要な条件の整備を主な目的とし、最終処分場の建設が予定されている深度における乱されていない実際の岩盤中での実験を可能とするものである。

スウェーデンでは、使用済み核燃料を人工バリアと天然バリア（地層）から構成される最終処分場に処分する方針である。そのような最終処分場の設計、施工、並びに長期挙動評価技術は、既存の地下水力発電所や地下ガス貯蔵施設で得られた経験の範囲を超えており、技術的に未知の分野であることが認識されている。そのため、SKBでは、実際の建設候補地点の調査に先立ち、以下のような点で経験を得ておく必要があるものと判断し、その手段として本地下研究施設の建設を計画した。

- ・長期に亙る人工バリア設計用パラメータ、及び周辺岩盤中の核種移行計算に必要なデータを得る調査技術の開発。

そのために必要な空洞近傍および空洞周辺の広範囲な岩体を対象とした地下水流動及び化学環境についての知識の取得。

- ・最終処分場の長期安全性評価に使用する理論モデルの有効性と適用限界の検証。
- ・施工中に得られたデータを基にした、

### 現実に合わせた設計変更 (design-as-you-go)

による最適な岩盤条件の選択が有効な手段であることの確認。

(地質工学の分野では伝統的な手法であるこのような柔軟な設計法の有効性の確認)

本地下研究施設における具体的な活動内容としては、以下の3点が挙げられている。

- ① 岩盤の事前調査に最も適した手法の試験
- ② 計画及び建設と関連した岩盤状態の局所的な変化に対する対策工法の改良と  
デモンストレーション
- ③ 最終処分場の安全性評価に必要な材料やデータの収集

ここで開発された技術は、

- ・ 1990年代中頃に開始される最終処分場候補地点(2地点)の詳細調査
- ・ 最終処分場候補地点(1地点)の安全性評価  
(最終処分場候補の提示は2003年の予定)
- ・ 2010年に予定される最終処分場の建設

に適用される予定である。

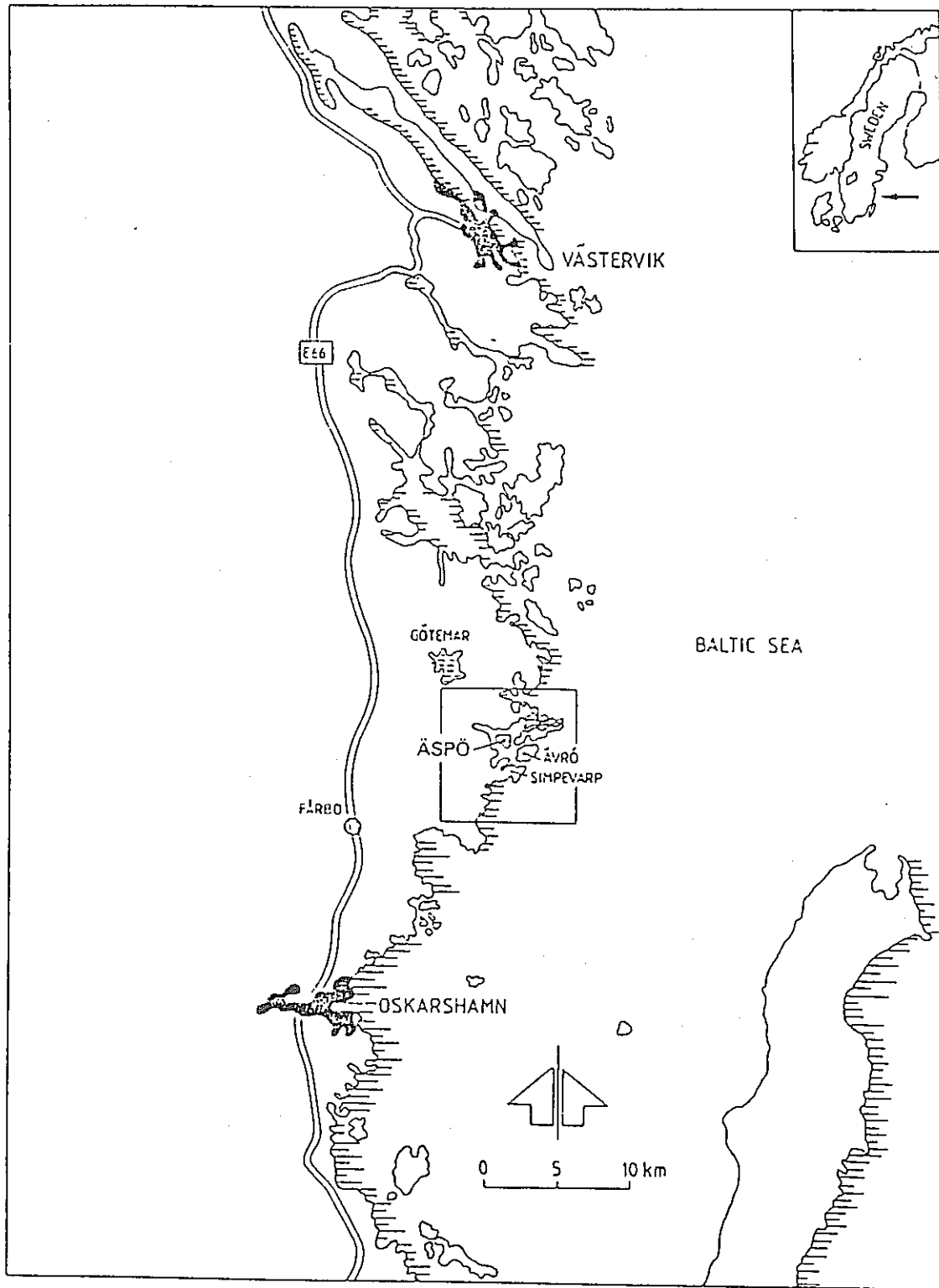
### 2.2.3.2 施設の概要

Äspö Hard Rock Laboratory の位置図を図-Ⅱ.2.2.3、Ⅱ.2.2.4に、また、施設の概念図を図-Ⅱ.2.2.5、Ⅱ.2.2.6に示す。

Äspöはスウェーデン南部バルチック海沿岸の無人島であり、Oskarshamn 原子力発電所の近くに位置している。

地下研究施設の主要部分は、工法の柔軟性や工費等を勘案して斜坑が採用されている。この斜坑は断面積 $25\sim 43\text{ m}^2$ で、延長4,000m、深度500mに達し、Äspö島の直下でサービス立坑によって地上と結ばれる。勾配は、直線部が最大14%、曲線部が最大10%である。

地上施設は、1994年にÄspö島に建設される予定である。



图—II. 2. 2. 3 Åspö島位置图

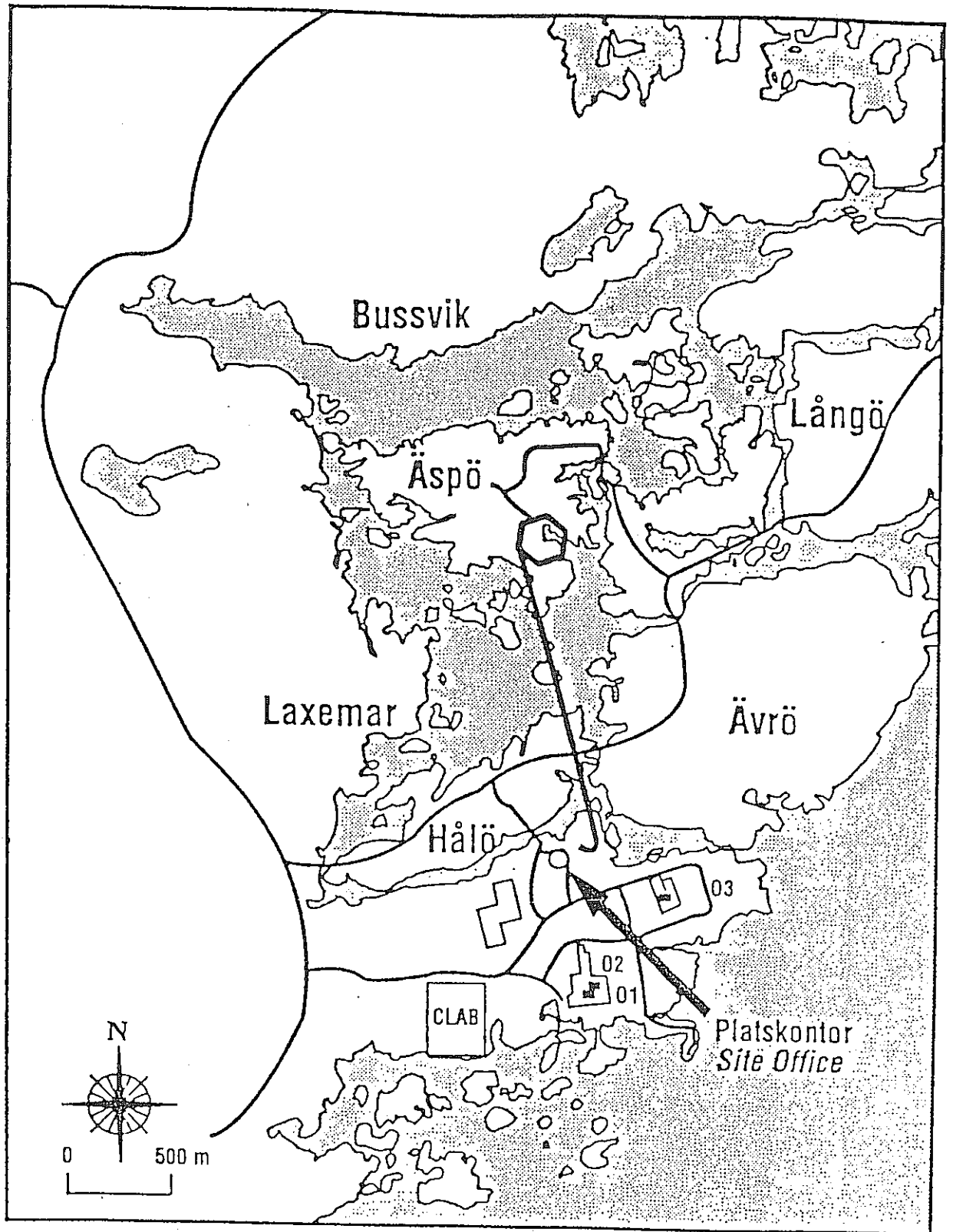


图- II. 2. 2. 4 Äspö地区扩大图

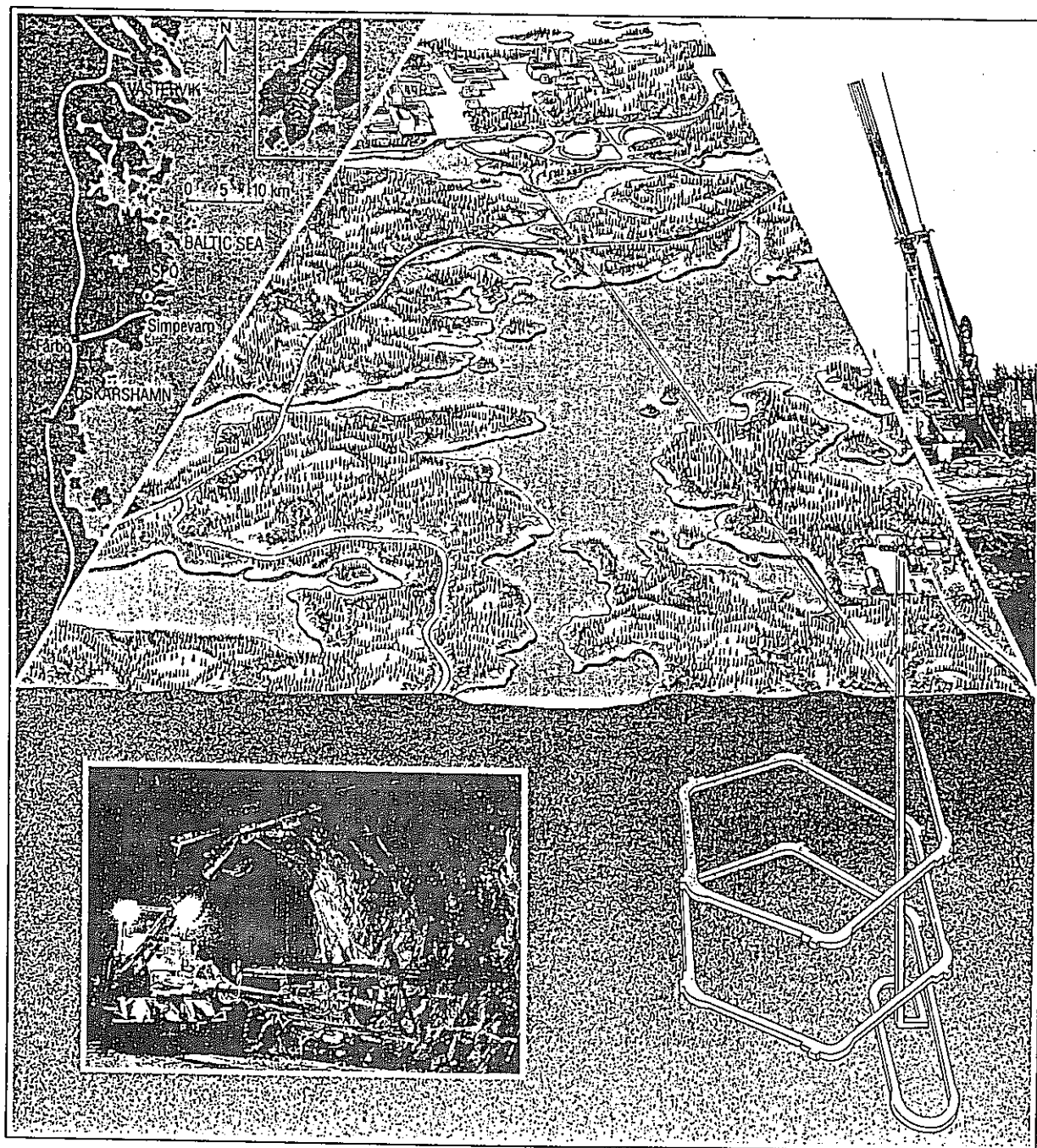
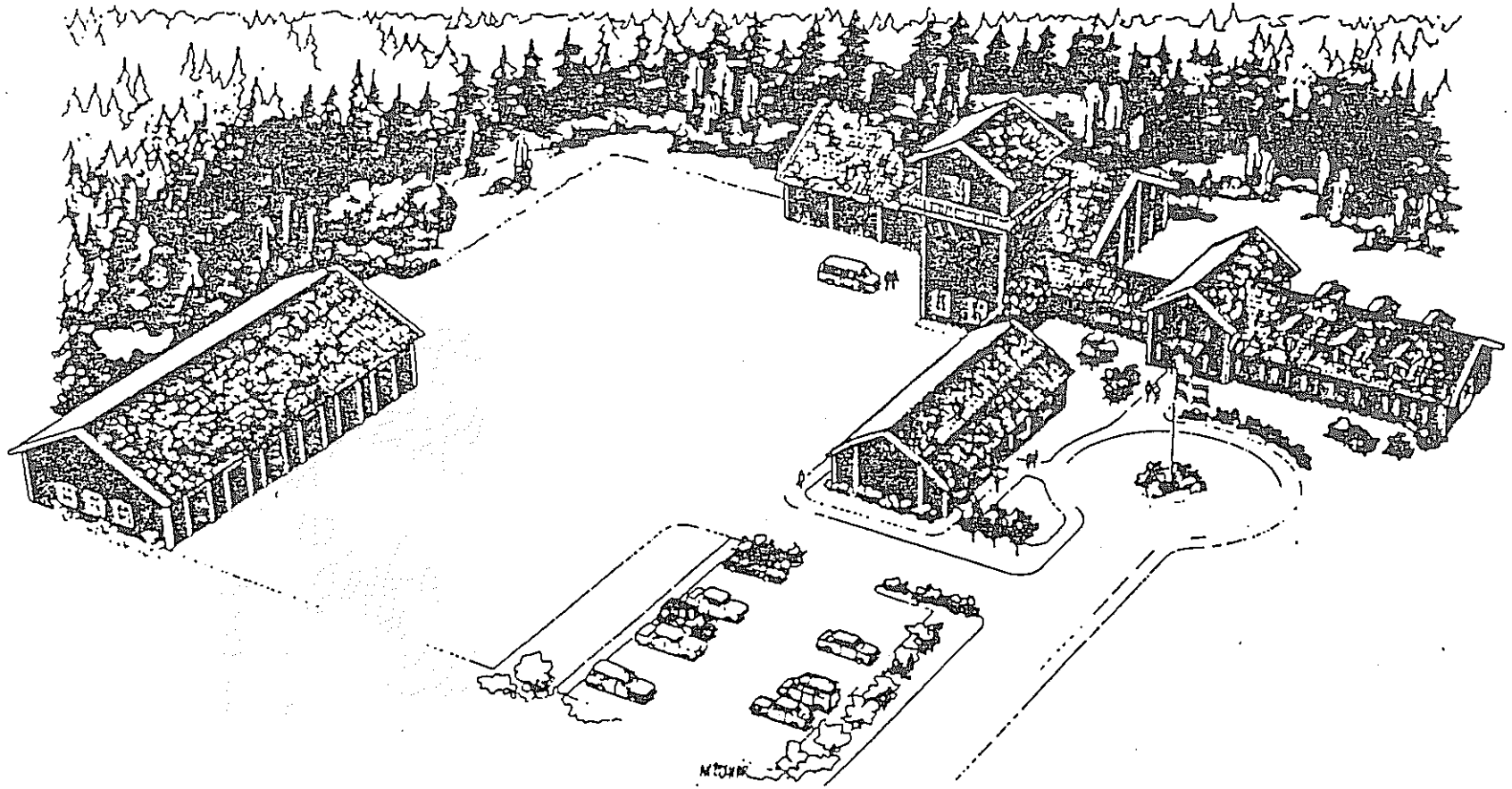


图- II.2.2.5 Äspö Hard Rock Laboratory 概念图

# Äspö research village



☒—II. 2. 2. 6 Äspö Hard Rock Laboratory 地上施設概念☒



Äspö地区の岩盤調査は1986年に開始された。施設の建設は2段階で行われる。第1段階は1990年秋に着工後、1992年までに深度300mの深度までの斜坑と立坑が建設される。第2段階は深度500mまでの掘削であり、1994年7月に完成の予定である。

### 2. 2. 3. 3 主な研究内容

Äspö Hard Rock Laboratory で実施される主な研究の内容は以下のとおりである。

#### ① 事前調査手法の検証

処分場が建設される深度における岩盤について、地表及びボーリング坑からの調査によって、安全性に関する基本的特性値の入手が可能であることのデモンストレーション。

#### ② 詳細調査手法の完成

処分場建設地点の詳細調査による岩盤評価に必要な手法と技術の改良と検証。

#### ③ 地下水流動及び核種移行モデルの検証

処分場が建設される深度において大規模な計測を行い、解析結果と比較することによる解析モデルの妥当性評価。

#### ④ 建設工法及び操業技術のデモンストレーション

最終処分場の品質を保証するための建設工法や操業技術の改良と試験。

#### ⑤ 処分システムの重要構成要素の検証

最終処分システムの長期安全性にとって重要な構成要素の機能に関する実大規模 (full scale) の試験、調査、デモンストレーション。

これらの研究は、政府からの工事着工許可を得るために必要な資料の取得を目的としており、時間的、空間的に十分な規模で実施されることとなっている。

## 2. 2. 3. 4 まとめ

海外における地下研究施設の最新事例であるスウェーデンのÄspö Hard Rock Laboratory (HRL) の特徴をまとめると以下ようになる。

① Äspö Hard Rock Laboratory の建設の目的は、

(イ) スウェーデンにおける最終処分場の位置選定及び許認可に向けての準備を行うこと。

(ロ) 具体的には、最終処分場の建設が予定されている深度における乱されていない実際の岩盤中で、

- ・岩盤の事前調査に最も適した手法の試験
- ・計画及び建設と関連した岩盤状態の局所的な変化に対する対策工法の改良とデモンストレーション
- ・最終処分場の安全性評価に重要な材料やデータの収集

を行うこと。

である。

② 土木工学的な視点からは、主に以下の観点から、

「土木構造物として未知の分野である放射性廃棄物最終処分場の設計、施工、並びに長期挙動評価技術に関する経験の蓄積」

が本地下研究施設の役割と考えられている。

- ・長期に亘る人工バリア設計用パラメータ、及び周辺岩盤中の核種移行計算に必要なデータを得る調査技術の開発。
- ・最終処分場の長期安全性評価に使用する理論モデルの有効性と適用限界の検証。
- ・現実に合わせた設計変更 (design-as-you-go) による最適な岩盤条件選択の有効性確認。

## 2. 2. 4 日本の地下研究施設に関する調査

わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分のための地下研究施設に関する構想を調査し、土木工学的視点から同施設の役割について検討した。

### 2. 2. 4. 1 地下研究施設の建設目的

高レベル放射性廃棄物は長期的に安定に隔離できる方法で処分される必要があり、わが国では、地下数百mより深い地層中への処分（地層処分）が、技術的・経済的・社会的に、実現性が高い処分方式であると考えられている。

地層処分の特徴は、空間的には放射性廃棄物を人間の生活圏から安全に隔離すること、時間的には人間の生活環境の超長期の安全性を確保することであり、そのために深地層中に多重バリアを構築する考え方が基本となっている。

多重バリアは人工バリアと天然バリア（地層）から構成されるが、天然バリアは、人工バリアから万一放射性核種が漏出しても生活圏に達しないか、あるいは達するまでの時間を極力遅らせる機能と移行の段階で地下水や地表水による分散希釈機能などが期待されている。

したがって、地層処分における処分坑道等の地下構造物及び周辺岩盤に要求される条件は、天然バリアとしての機能を満たすことであり、1万年に及ぶ長期の安定性と低透水性・核種吸着性が挙げられている。

このような機能を有する構造物は、土木工学の観点からも未経験の分野であることから、わが国においても、

「地層処分の自然バリアとして想定される地層の深部における、実規模の

処分施設を想定した処分の可能性検討、及び必要な技術開発の実施」

を目的として、地下研究施設の建設が検討されている。

### 2. 2. 4. 2 地下研究施設に要求される条件



なお、これらの項目のうち技術的な課題については、個々に具体的な調査試験内容の検討が行われているが、社会的受容（P A）効果についての具体的な方策は報告されていない。

## （２） 調査試験項目

現在、技術的な課題に対する調査試験項目についての検討は、かなり詳細に行われている。これらの調査試験項目のうち、土木工学的な視点から必要と考えられる項目を以下に例示する。

### ①地質構造調査

性能評価モデル作成上の基本データであり、サイト周辺の三次元的な岩種・岩質の分布の把握と亀裂分布特性の評価を目的とする。

### ②地化学特性調査

地下水の地化学特性及びその変化を経時的にとらえて、地層、岩相別の水質・化学成分を把握し、長期安定性の指標とすると共に、岩盤の持つ鉱物・岩石の地化学特性との関連を化学的な側面から検討する。

### ③地下水流動試験

サイト周辺の広域地下水の流動状況を把握し、地下水流動の経時変化を捉え、地下水流動モデルの構築、検証、及び計測手法の開発、改良を目的とする。

### ④岩盤の透水性試験

岩盤の透水性評価を目的とする。

### ⑤掘削影響試験

立坑及び横坑掘削の周辺岩盤への影響の評価、空洞設計手法の検証及び開発を目的とする。

### ⑥地殻変動の影響調査

地殻変動が岩盤の長期安定性に与える影響の評価を目的とする。

### ⑦岩盤の熱物性試験

岩盤が加熱されることにより、熱伝導率・比熱の変化、熱変質、熱膨張が発生し、天然バリアの性能及び地下空洞岩盤の安定性が変化する。このような熱が岩盤に与

える影響の評価を目的とする。

#### ⑧核種移行試験

岩盤の核種吸着機能の評価を目的とする。

### 2. 2. 4. 4 まとめ

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる技術分野は多岐にわたり、しかも高い安全性と信頼性が要求される。土木工学的な視点からも、地下数百mより深い地層中に1万年に及ぶ長期に亘って安全な構造物を建設することは、未経験の分野である。そのため、わが国においても、

「地層処分の自然バリアとして想定される地層の深部における、実規模の処分施設を想定した処分の可能性検討、及び必要な技術開発の実施」

を目的として、地下研究施設の建設が検討されている。

わが国の地下研究施設においては、現在のところ、現位置データの取得を第一の目的として、工学的、化学的諸問題に関連した広範囲な原位置調査試験が計画されている。そのうちの土木工学的な視点から必要と考えられる調査試験は、

- ・地層処分施設的设计・建設技術の検証
- ・対象サイト調査技術の実証
- ・周辺の地下水挙動の検証
- ・環境へ及ぼす影響の評価

など、いずれも技術的課題の検討を主な目的としている。なお、

- ・社会的受容(PA)効果

については、地下研究施設の建設目的の一つに挙げられているが、その具体的な方策に関する検討は今後の課題と考えられる。

## 2. 2. 5 土木工学分野における地下研究施設の役割

高レベル放射性廃棄物の地層処分コンセプトの具体化過程において、処分場の建設に必要な情報を得るために地下研究施設の必要性が議論されている。本研究では、

① 既往の実証プラント建設事例（地下石油備蓄実証プラント施設）

② 海外の放射性廃棄物地層処分に関する地下研究施設

（Äspö Hard Rock Laboratory）

③ 日本の放射性廃棄物地層処分に関する地下研究施設（地下研究施設構想）

について調査を行い、土木工学的な視点から地下研究施設に要求される役割について検討した。

調査の結果、地下研究施設の役割は、土木工学的な視点から、

「土木構造物として未知の分野である構造物の建設に先立ち、

①技術的な課題を解決するとともに、

②実構造物の建設に必要な環境（社会的受容性）を整備すること」

とまとめられる。

技術的な課題の解決については、実大規模での、

・処分方式、構造、設備等、システム全体としての実用性・安全性の実証

……特に、人工バリア及び天然バリアの機能を確認する。

具体的には、以下の技術の有効性を検証する。

地下水流動、核種移行等の評価技術

断層・割れ目・ゆるみ域等、高透水性領域の改良技術

空洞埋戻し・止水技術 等

・建設性の確認

……施設建設にあたって必要となる調査試験法や、施工法・工期・コスト

等を確認する。具体的には、

岩盤特性、断層・割れ目・弱層等の事前調査手法

建設地点の選定手順

等の有効性を確認するとともに、

空洞掘削工法（特に軟岩の場合）

岩盤の健全性（透水性）を損なわない掘削工法

透水性改良工法、止水工法、埋戻し工法

等、各施工法の施工性・工期・コスト等を確認する。

・技術的問題点の抽出

……現状技術の問題点を明確にし、調査研究課題を抽出する。

・建設工法及び操業技術のデモンストレーション

……廃棄物の搬入・設置、空洞埋戻し、モニタリング等の建設工法及び操業技術の実用性・安全性を実証する。

等が一般的な役割として考えられる。上記の調査事例においても、これらの技術的課題の検討は具体的な調査試験項目として位置づけられており、地下研究施設の役割として第一に挙げられるものといえる。なお、Åspö Hard Rock Laboratory（スウェーデン）の例において、

・現実に合わせた設計変更（design-as-you-go）の有効性の確認

が地下研究施設の役割として挙げられていることが特筆される。

一方、実建造物の建設に必要な環境（社会的受容性）の整備については、今回の調査の範囲では、具体的な報告がなされていない。しかし、地下石油備蓄実証プラントの例では、石油備蓄基地建設候補地点の住民を実証プラント施設内部に案内し、施設の安全性を印象付けることにより、本設プラントの建設に寄与したと言われており、未経験の建造物の建設に当たって、その実現性、安全性を実証プラント等により社会的に明示することの重要性が指摘されている。この意味で、放射性廃棄物の地層処分に関する地下研究施設についても、

・施設の一般公開による施設の安全性のアピール

・情報の公開によるプロジェクトへの信頼感の育成

等、社会的受容性の面でも重要な役割を有しているものと考えられる。



## 引用文献リスト

1. 桜井俊男：石油地下備蓄 菊間実証プラントについて、土と基礎、Vol. 29、  
No. 1、1981. 1、pp. 12-22.
2. 清水良二、廚川道雄：わが国初の地下備蓄実証プラント 菊間地下備蓄プラント、  
トンネルと地下、第12巻7号、1981. 7、pp. 61-64.
3. 土木学会、危険物保安技術協会：岩盤タンクの安全確保に関する調査報告書、  
昭和61年9月.
4. 三宅裕隆、黒川良則：石油地下備蓄の現況、トンネルと地下、第19巻5号、  
1988. 5、pp. 47-58.
5. Backblom, Goran : The Äspö Hard Rock Laboratory - a Step Toward the  
Swedish Final Repository for High-Level Radioactive Waste、  
Tunnelling and Underground Space Technology、Vol. 6、No. 4、1991、  
pp. 463-467.

(鹿島建設株式会社)

## 2. 3 日本の地下研究施設の役割について

昨年度までにスウェーデンのストリパからHard Rock Labの一連の地下研究施設建設におけるかれらの考え方、姿勢といったものをどのように評価するかについて検討を行ってきたが、ここでもう一度日本の地下研究施設の役割を考えてみたいので、それについて述べる。

ここで、地下研究施設の必要性を議論する前に、地下研究施設は必要ないと考える場合の理由を想像してみよう。

いわゆる反対側の意見を集約すると、よくわからないが地下施設は危険ではないかという情報不足からくる不安感に支配されてのものが大部分を占めていると思われる。これは、わが国の原子力発電所の建設にともなう過去のさまざまなひずみがこのような形で具体化しているのではなかろうか。

建設コストの問題も議論の対象になる。どれだけのお金をつぎ込めばどれだけの成果が得られるのかについての真剣な検討はされていない。また、地下研究施設が本当に役に立つのか、地下施設で行う理学・工学的な問題解決手法が実物施設建設への適用性を十分検証できるのかについての幅広い討論がされていない点をつく人もいる。これらのことは具体的な施設像を描くことによって、まともな議論ができるようになり、理解を得易いのではないかと考える。現状では、鶏が先か卵が先かのことわざどおりの展開になっていて解決の方向に向かっているとはとても言えない。一度、原点に帰って地下研究施設が必要でないという理由を徹底的に議論する必要性を痛感する。

わが国で現実に原子力発電所は運転中であり、それらの原子炉は将来寿命がつきこまははっきりしている。原子炉を廃炉にしたとき、そこに含まれる高レベル放射性廃棄物処分はいずれ何らかの形でされなければならないが、選択枝に深部地層処分が有望視されている。

地下研究施設は必要であるという理由と作った場合の役割をいくつも挙げるができる。現実の岩盤を相手に実験および解析の検証ができること（サイトスペシフィックであるという批判を甘んじて受けても実岩盤を相手にできる意義は大きい）、ストリパなどの従来他国の実験施設でできなかったあるいは未完成のままの技術的な問題をわが国で検討できること、要素技術として完成しているさまざまな方法をシステムとして稼動できる

ことで将来の見通しが開けること、施設をオープンにすることによって、深い地下の施設がどんなものであるかという実体験を経験でき、一般の理解を得られること（PRおよびPA効果は大きい）などが主なものであろう。過去にも何らかの新規プラント（CAESや石油備蓄などのエネルギー）を作る前には実証試験と称して小型の実証実験装置を開発・実験をしている実績からして、地下実験施設が地層処分上重要な役割を果たすことは明らかである。

（大西有三：京都大学工学部環境地球工学専攻 助教授）

### 3. 地下空間利用および海洋開発の今後の方向性

日本における地層処分コンセプトの評価研究は、高レベル放射性廃棄物の処分場所として、日本の沿岸海底下の地下空間の利用を提案し、それが検討に値するかどうか、また、実現の可能性があるかどうかについて検討するものである。

地下空間および海洋空間の利用についてのあり方や方向性についての検討は、本コンセプトの評価研究を支持するものとなるかどうかの一つの判断材料と考えられる。近年、これらの空間利用に関して新しい考え方が出始めており、これらの中に日本における地層処分コンセプトを考える際に取り入れるべきもの、また、考え方として同じ方向性をもつものがあるか検討することは重要である。そのため、昨年度から開始した地下空間利用、海洋開発に関する検討を、今年度も継続して行った。

#### 3. 1 地下空間利用

##### 3. 1. 1 はじめに

地層処分という地下空間利用を考える際、そのビジョンがどのようなものであるかを明確にすることは重要であり、特に、地層処分がその空間利用の方向性に近いものであるのか、その延長線上にあるのか、または、異なる方向性をもったものであるのかを把握することは大切と思われる。また、各種廃棄物がどのような方向性をもって処分されようとしているのか把握しておくことも大切であると考えられる。

このような考えから、本年度は特に、廃棄物処分の地下空間利用について文献調査および検討を行った。

調査の結果、廃棄物の地下空間利用に関する文献は、放射性廃棄物の関係を除けば非常に少ないという状況であるが、次の2つの国際的な機関において、廃棄物処分の地下利用についての検討が、行こなわれていることが明らかになった。

①国際トンネル協会 (International Tunnel Association: I T A)  
廃棄物地下処分作業部会

②国際応用地質学会 (International Association of Engineering Geology: I A E G )  
No. 14 委員会

以下、公表されている報告書をもとに、これらの機関の活動や廃棄物処分の地下空間利用の方向性等について記述してみたい。

### 3. 1. 2 国際トンネル協会（I T A）における活動

#### （1）I T Aにおける作業部会

1992年5月現在、I T Aには、以下に示すとおり10の作業部会がある。

- ①研究開発
- ②契約積算
- ③地下利用
- ④安全衛生
- ⑤保守管理
- ⑥廃棄物地下処分
- ⑦沈埋・浮きトンネル
- ⑧吹付けコンクリート
- ⑨地下構造物の有利性
- ⑩機械化掘削

このうち⑥の廃棄物地下処分作業部会は、1989年の第15回トロント総会において設置された、比較的新しい作業部会である。

廃棄物の地下処分も地下利用の一つの形態であり、本課題については、従来からある③の地下利用作業部会で検討すべき中身の一部とも考えられる。しかし、地下利用作業部会での議論の中心は、都市における地下開発の技術および法制上の諸問題であり、今後は、火災と安全というテーマへ取り組む計画をすでにもっている。したがって、この課題は、本作業部会で検討しようとしている内容と異なり、受けられなかったのではないかと思われる。

廃棄物地下処分作業部会をI T Aの一つの作業部会として、新たに設置したということは、近年、世界各国で廃棄物問題がますます顕著になってきており、本課題が非常に重要

であるという認識にもとづき、また、廃棄物処分のために、地下空間の利用も積極的に考えていかなければならないという一つの現れと、見る事が出来るのではないかと思われる。

以下は、廃棄物地下処分作業部会の活動について述べる。

## (2) 廃棄物地下処分作業部会への参加国

第15回、第16回の総会（中国、成都）時の本作業部会への参加国は不明であるが、第17回の総会（イギリス、ロンドン）時にはオーストリア、フランス、ドイツ、日本、韓国、イギリス、アメリカ、ユーゴスラビアの8か国が参加した。また、第18回（メキシコ、アカプルコ）においては、ドイツ、アメリカ、イギリス、スウェーデン、日本、ノルウェー、イタリア、メキシコの8か国が参加した。参加国は、ある程度決まっているようだが、多少流動的である。

日本の本作業部会への正式参加は第17回からで、窓口は日本トンネル協会の研究開発委員会である。

なお、本作業部会の部会長はドイツ、副部会長はイギリスである。

## (3) 廃棄物地下処分作業部会の目的

本作業部会の目的は以下のとおりである。

「放射性廃棄物以外の廃棄物を地下空洞、トンネル、廃坑などを利用して、地下に処分するための研究の推進を目的とする」

本目的は、第17回総会の作業部会において、一応承認されたところではあるが、作業部会において、放射性廃棄物を検討すべき廃棄物として含めるかどうかについては、かなり議論のあった部分のようである。作業部会活動報告の中からどのような廃棄物を対象とするかについての意見に関する部分を抜粋すると以下のとおりである。

①第15回(1989年)

- ・廃棄物といっても、核廃棄物ではないことを強調した。

②第16回(1990年)

- ・「核廃棄物ではない……」としているが、出発点はまさに核廃棄物地下処分であった。
- ・廃棄物の地下処分(地下貯蔵)は核廃棄物を除いては、あまり表面化した議論が行われていないが、将来の問題である。

③第17回(1991年)

- ・日本は、本作業部会で取り扱う廃棄物を核廃棄物に限定しないことを表明した。
- ・議論の結果、対象は核廃棄物を除く廃棄物に限定する。

④第18回(1992年)

- ・放射性廃棄物の地下処分については、従来より各国において進められているが、放射性廃棄物以外の有害廃棄物の処分形態としても地下の有利性が着目されている。
- ・本作業部会においても、対象とする廃棄物の種類について議論があったが、昨年ロンドン総会で、放射性廃棄物以外の廃棄物の地下処分を対象とし、トンネル技術者の立場からこの問題に取り組む方針が確認された。

なお、放射性廃棄物以外の廃棄物を対象とするということに落ちついたのは、既に各国では放射性廃棄物処分に関する実施主体や研究開発の主体が明らかであり、それらの機関で、精力的に検討が行われているため、あらためてITAの作業部会で取り上げなくてもよいのではないかという判断があったのではないかとということが、参考文献から読み取れる。

(4) 本作業部会の活動状況

過去4回の総会時における作業部会の活動状況の概要を以下に示す。

①第15回(1989年)

- ・今後の部会活動についての検討。
- ・部会で対象とすべき廃棄物の種類に関する検討。

②第16回(1990年)

- ・作業部会の目的を含めた活動範囲の検討。
- ・部会で取り上げるべき廃棄物の種類の検討。

③第17回(1991年)

- ・部会の活動範囲の検討。
- ・作成すべきガイドラインの性格についての検討。
- ・日本、ドイツ、イギリス各国の廃棄物処分の現状に関する報告。

〔日本〕

- ・廃棄物の処分に関する法律
- ・廃坑を利用した一般廃棄物処分場の事例（福井県中竜鉱山）
- ・廃棄物以外の原油などの地下貯蔵の現状

〔ドイツ〕

- ・核廃棄物を除く廃棄物の地下処分に関する法規制の現状や処分技術の動向
- ・旧東ドイツを含めた岩塩層などへの廃棄物の地下処分施設の建設・運営の状況

〔イギリス〕

- ・法規制の現状と地下処分の可能性
- ・地下核廃棄物貯蔵施設の開発状況

④第18回(1992年)

- ・活動成果のレポートの作成方針の検討。
- ・アメリカ、ドイツの廃棄物処分の現状に関する報告。

〔アメリカ〕

- ・放射性廃棄物処分に向けての活動状況

〔ドイツ〕

- ・廃棄物地下処分に関するガイドライン（案）の概要

廃棄物地下処分に関する情報収集の一貫として行われている作業部会時の各国の報告内容を見ると、放射性廃棄物の地層処分を除いた廃棄物の地下処分についての報告は、ドイツを除けばほとんどない。ドイツでは地下処分が人の生活環境から廃棄物を隔離するためにも優れているとされ、法的な整備も行われつつあるとのことである。作業部会に参加し



ている各国にとって、ドイツを除けば、廃棄物地下処分は今後の課題といえる。

なお、本作業部会の活動成果として、廃棄物地下処分場の設計および安全性評価に関するガイドラインを作成することが示されており、その原案作成は、ドイツが担当することになっている。現在、ガイドライン（案）の作成中であり、次回作業部会（93年4月、アムステルダム）に提出されることとなっている。

### 3. 1. 2 国際応用地質学会(International Association of Engineering Geology: IAEG) No.14 委員会報告による検討

国際応用地質学会において、1975年9月に「廃棄物の地下処分」の問題に関する展望について、地質工学的な立場から調査するため、No. 14委員会が設置された。本委員会の約15年間の活動結果が、「廃棄物の地下処分問題（PROBLEMS OF UNDERGROUND DISPOSAL OF WASTE）」という題の報告書としてまとめられ、1989年に公表されている。

ここでは本報告書を参考に廃棄物の地下処分がどのように考えられているか述べてみたい。

#### (1) 報告書の構成

本報告書の構成は以下のとおりである。

##### 序文

1. はじめに
2. 報告書の経過
  2. 1 背景となる情報
  2. 2 会合
3. 地質的な廃棄物処分
  3. 1 原理
  3. 2 目的
  3. 3 目的の達成方法

- 3. 4 安全コンセプト
  - 4. バリアの有効性の評価
    - 4. 1 モデリング
    - 4. 2 地質の物理的(geomechanical) モデルと計算
    - 4. 3 水理地質モデルと計算
    - 4. 4 岩石試験
  - 5. 安全解析
    - 5. 1 方法論
    - 5. 2 地質工学的な安定性の証明
    - 5. 3 シナリオと結果の解析
  - 6. サイトスペシフィックな地質工学的な調査プログラム
    - 6. 1 技術的なシステムの調査
    - 6. 2 岩の物理的な(rock-mechanic) システムの調査
    - 6. 3 地質学的なシステムの探究
  - 7. リコメンデーション
- 付録Ⅰ スウェーデンにおける放射性廃棄物の地層処分(貯蔵サイクル)に関する各種地下施設
- 付録Ⅱ アメリカにおける高レベル放射性廃棄物の地下処分プログラムの概観
- 付録Ⅲ 西ドイツにおける廃棄物処分コンセプト、規準、科学的な調査

本報告書の本文には、地質的な処分の概念、バリアの有効性の評価、安全解析、地質工学的な調査プログラム等などの記述があるが、これらは高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発の成果に基づくものである。また、付録も、スウェーデンとアメリカの高レベル放射性廃棄物の地層処分に関するものが2点ついており、高レベル放射性廃棄物の地層処分の考え方等が色濃く現れている。このように、本委員会では、高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発の成果を基にして、その他の廃棄物の地下処分の展開を図ろうとしている。

## (2) 地下処分が考えられている廃棄物の種類

廃棄物には、量的に大量ではあるが毒性がほとんどない廃棄物、および、少量ではあるが毒性のある有害な廃棄物がある。前者の例としては、一般家庭から出るゴミなどの一般廃棄物であり、後者の例としては、時間的にその毒性が弱まる放射性廃棄物と時間的にも全く毒性の弱まらない化学物質などの廃棄物がある。

本報告書においては、主要な廃棄物として、

- ・家庭の廃棄物
- ・産業廃棄物（鉱山廃棄物を除く）
- ・鉱山廃棄物
- ・放射性廃棄物
- ・その他の崩壊しない有害廃棄物

の5つに分類している。しかし、これら廃棄物を全て地下へ処分することを検討しているのではなく、量的に少なく毒性のある有害廃棄物、特に毒性のある有害な化学物質を地下空間へ処分することが考えられている。

## (3) 何故、廃棄物処分に地下空間を利用するのか

本報告書に記載されている内容をもとに、廃棄物の処分に地下空間利用を考える際の理由的なものを以下にまとめる。

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、人間や環境に害を与えないように、安全に長期的に隔離し封じ込めておくための最適な方法として、主に地下深部の低透水性の岩体の利用が考えられている。

毒性のある有害廃棄物の処分に地下空間を利用しようとするのは、高レベル放射性廃棄物の地層処分と同様に、地下が、長期的に人間環境から廃棄物を隔離し、封じ込めておく機能を有しているということが一般的に認められており、その特性を有効に活用することが可能であると考えられるからである。

地下が隔離や封じ込めの機能を有していることの証拠として挙げられるのは、多くの鉱物の天然鉱床の存在である。これらの鉱床は、人間が採掘しない限り長期間にわたって地

中に閉じ込められた状態のままであり、それは、地下に処分された廃棄物も同じメカニズムが利用できると考えられるからである。また、地下深部への処分は、人間の故意の侵入の可能性を減少させるし、実質的に、偶発的な侵入の可能性も無くなるという利点もある。

#### (4) 廃棄物の地下空間利用の方向性

廃棄物はその種類によって、それぞれその性質、形態等が非常に異なり、安全かつ経済的に処分するための方法もまた異なる。廃棄物の地下処分は、地下水の循環がないか、ほとんどない地質環境になされるのが最良である。そのような場所は、地下数百メートル以上の深さに存在すると考えられている。しかし、より深い処分場は、有害物質のリリースの可能性を減じるであろうが、深くなるほどコストが増加するし、坑道の危険性も増加する。

廃棄物の種類によっては、地下数百mにおいて提供されるほど高度な封じ込めを必要としていないものもある。そのような廃棄物に対しては、既存の空洞や中間的な深さに掘削した空洞に処分しても安全であると考えられている。毒性のある有害な化学物質は、その毒性の程度により、既存の現在使用されていない鉱山の坑道、または、新たに建設した地下処分場へ処分することが考えられている。

過去に廃坑等の空洞を利用して、廃棄物を処分した例はあるが、これは、科学的な検討に基づいて行われたのではなく、単に空洞の崩壊による危険防止のため埋め戻さなければならぬということと、廃棄物の量が多く処分場所に困っていたという相互の利害関係が一致したことにより行われているようである。

廃棄物の処分のため、地下について科学的な検討を行い、地下の特性を積極的に利用していこうという方向性は、比較的新しい考え方である。また、地下処分場を新規に建設し廃棄物処分のために利用しようという動きは、近年の動きであり、この動きのきっかけとなっているのは、高レベル放射性廃棄物の地層処分である。従来、経済性の観点から、新たに坑道を建設し、地下へ廃棄物を処分するということは、ほとんど考えられなかった。しかし、最近では高レベル放射性廃棄物等では、環境保護や安全面など、経済性より優先すべき要因により、新規に坑道を建設して廃棄物処分を考えなければならなくなってきた。これは、今後も、社会的変化により、現在第一とされている要因より優先すべき要

因の発生により、地下空間を利用のしかたが変わる可能性を示すものと考えられる。

### 3. 2 海洋開発

#### 3. 2. 1 はじめに

昨年度の報告書において、従来の海洋空間利用の経緯を踏まえて、今後の海洋空間利用のあり方として、「第3次海洋空間利用」を示した。本空間利用は、科学技術庁が設置した資源調査会国土資源部会国土空間利用小委員会が作成した報告書の中に記されたものである。ここでは空間を「資源」と考え、その空間利用については、総合性、社会性、継続性、国際性、普遍性、文化性という6つの視点で幅広く検討を加えることの重要性が示されている。

今年度は、今後の海洋空間利用の方向性と海洋空間利用計画がどのように進められるべきか示してみたい。

#### 3. 2. 2 今後の海洋空間利用の方向性について

今後の海洋空間利用の方向性をキーワード的にあげれば、次のとおりである。

①海陸一体となった国土利用

②海洋空間の複合多目的利用

これらの方向性は、海洋空間を有限な資源と位置づけることにより出てきたものである。以下に、それぞれ簡単に説明を加える。

##### ①海陸一体となった国土利用

海陸一体となった国土利用という考え方は、第三次全国総合開発計画に示された「沿岸域」の概念である。本計画においては、沿岸域について、

「海岸線をはさむ陸域と海域を沿岸域として一体的に捉え、多面的な利用が可能な空間としての特色を生かしつつ、沿岸域の自然的特性、生活環境に応じて、保全と利用を一体的に行う必要がある」

としている。

昨年度の報告書でも示したが、従来の海洋空間利用は、陸の立場からのみ見た位置づけによる利用であり、陸の代替地、もしくは、陸の延長としての利用であった。一方、本計画において示された沿岸域の考え方は、従来の海洋空間利用の反省に基づいたものであり、陸と対等に、海の立場から見た位置づけによる海洋空間の利用のあり方、つまり、海の特  
性、資質を十分考慮した開発を進める必要性を示している。

## ②海洋空間の複合多目的利用

わが国の海洋開発プロジェクトは、社会的問題解決のための対処療法的、あるいは、社会的動向の方向性から導かれたニーズにより発生してきている。したがって、その中身は、陸域の視点に基づく、単一の機能や目的を追究したものが多かったと言われている。我が国の海洋空間は広大であるが、地形や海象条件等により、経済的かつ効率的に開発できる場所は限られている。そのため、空間は貴重な資源であるという認識をもち、単一の機能や目的ではなく、出来る限り複合利用や多目的利用を考えていく必要がある。

### 3. 2. 3 海洋空間利用計画の進め方について

わが国の海洋開発は、プロジェクト毎に海洋空間の利用が進められてきており、海洋空間を総合的に考慮して利用するという考え方は、ほとんどなかったようである。

海洋開発は、一度、行ってしまえば、それを復元しようとする、膨大な時間と費用がかかることは、現在行われている失われた自然な浜や海岸線を取り戻そうというプロジェクトの例などをみても明らかである。特に、東京湾においては、高度成長期に、その臨海部は、ほとんどが工場用地として開発が進み、一般の人々が海に接することができない状態となっている。また、現在人間の手が加わっていない自然な海岸線は僅かしか残ってい

ない。近年、人々からもっと海との触れ合いができるようにとの要請が高まり、人工海浜や人工島など、親水空間の拡大が図られている。

これは、海洋空間を一つの目的のためだけに利用してきた、従来の海洋開発の進め方の反省の現れでもあり、計画の当初から、さまざまな視点で、総合的に海洋空間利用を考えて行かなければならないということを示すものである。

海洋開発のように複雑に絡み合った問題解決のためには、人間、空間（自然やエコロジー）、社会（人間の諸々の活動）を一体的に捉える社会システム的アプローチが必要であると言われている。海洋空間を資源と認識し、海陸一体となった国土利用、および、海洋空間の複合多目的利用を図るためには、この社会システム的アプローチにより、種々の課題をソフトとハードにわたって検討し、フィードバックを重ねながら、段階的に具体化を図っていかねばならないと考えられている。

今後の海洋空間利用のあり方である「第3次海洋空間利用」を進める際には、最初にプロジェクトの全体像をイメージし、次第にブレイクダウンし、具体化を図るシステムが提案されている。これは、最初にプロジェクトのコンセプトを作成し、具体化を図っていくという方式である。

このような方式は、消費者に受け入れられるような製品開発を行う際によくとられる方法である。一例を挙げれば、新車を開発する場合には、先ずどのようなコンセプトで開発を進めるかということが決定される。どのような人々、層を対象とするのか、広く一般に受け入れられるようにするのか、若者向けにするのかとか、また、用途はレジャー用か、日常に使用するものとするのかというようなことである。それにより、スタイル、大きさなどが自ずと異なってくるからである。次に粘土で作ったクレイモデルを何種類も作成し、コンセプトに合致するスタイルの決定を行う。このスタイルの決定に並行して、技術面からも検討に入るが、ここでもコンセプトに基づき検討、設計が行われる。つまり、どのようなエンジンを搭載するかとか、乗り心地に関するサスペンションの強弱とか、室内装備のレイアウト等の味付けが行われる。このような段階をへて試作車が作成されるが、試作車の段階でも何度もフィードバックがかかり、コンセプトに合わないような技術的部分については修正、改良をかさねて、最終的に市場へ出される車が完成する。このような開発をすすめる際には、事前に消費者のニーズの把握がなされるということは当然であり、開発コンセプトはそのニーズや意見を反映したものであることはいうまでもない。

つまり、海洋開発においても、それは製品開発と同様、人々に受け入れられるようなものを開発しなくてはならないということである。したがって、第3次海洋空間利用を進めるアプローチというのは、車の開発と同様に、全体像を示す先ずコンセプトを明確にし、それをブレークダウンして具体化を図っていく方法は有効であると思われる。しかし、海洋開発の場合は、複雑に絡みあった社会に対応しながら開発を行って行かなければならず、問題は車ほど単純ではない。したがって、社会システム全体を捉えて総合的に検討を行うようなアプローチが必要であろう。

さらに、今後の海洋開発は、海洋が有する資質を十分に考慮した上で、社会的ニーズを先取りしながら展開されるべきである。また、開発にあたっては、10年オーダーで時間を考える必要があり、完成にいたるまでには、技術的進歩や社会的な状況の変化などがあることも予想される。したがって、そういった変化を海洋空間利用計画にとりこめるような柔軟性も必要である。

### 3. 4 まとめ

#### (1) 地下空間利用について

- ①廃棄物には、家庭のゴミなどのように大量に発生するが毒性のほとんど無いものと、放射性廃棄物や化学物質などの有害廃棄物のように、比較的少量であるが毒性の強く、人間や環境へ影響を与えた場合その影響が大きいものもある。各種廃棄物の中で、現在、地下処分が考えられている廃棄物は、発生量が比較的少なく、かつ、毒性の強いものである。
- ②放射性廃棄物以外の廃棄物、特に毒性のある有害廃棄物を地下へ処分するための調査、検討が国際的に開始されている。これらの廃棄物の地下処分に関する検討は、放射性廃棄物と比較して進んでおらず、今後の課題といえる。しかし、廃棄物の隔離と生物圏の汚染を防止するための安全な放射性廃棄物の貯蔵や処分技術の研究開発を進めることは、あらゆるタイプの地下貯蔵に適用が可能であり、他の毒性のある有害廃棄物の処分にも



適用できる。これは、廃棄物処分の一つの流れとみることができる。

- ③廃棄物の地下処分は、地下の長期的な隔離性、封じ込めの機能等の特性を利用したものである。
- ④従来、経済性の観点から、新たに坑道を建設し、地下へ廃棄物を処分するという事は、ほとんど考えられなかった。しかし、最近では高レベル放射性廃棄物等では、環境保護や安全面など、経済性より優先すべき要因により、新規に坑道を建設して廃棄物処分を考えなければならなくなっている。これは、今後も、社会的変化により、現在第一とされている要因より優先すべき要因の発生により、地下空間の利用のしかたが変わる可能性を示すものと考えられる。

## (2) 海洋開発について

- ①今後の海洋開発の方向は、海陸一体となった国土利用と海洋空間の複合多目的利用であり、海の実性、資質を十分考慮して開発を進める必要がある。
- ②今後の海洋開発の進め方として、さまざまな面から総合的に検討していくようなアプローチが求められる。そのため、まず最初にプロジェクトの全体像を明確にし、次第にブレークダウンを図っていくような方式が必要である。また、プロジェクトを具体化して行く際には、専門家や技術者の意見だけでなく一般市民の意見を聞き、それを取り入れて進めていくことが重要である。
- ③今後の海洋開発は、海洋が有する資質を十分に考慮した上で、社会的ニーズを先取りしながら展開されるべきである。また、海洋空間の利用に際しては、10年オーダーで時間を考える必要がある、完成にいたるまでには、技術的進歩や社会的な状況の変化などがあることも予想される。したがって、そういった変化を海洋空間利用計画にとりこめるような柔軟性も必要である。

## 参考文献

1. 福地合一, 報告「ITAトロント総会とトンネル会議」: トンネルと地下,  
1989年(平成元年)12月号 P57~P62
2. 福地合一, 報告「ITA成都総会とトンネル会議」: トンネルと地下,  
1990年(平成2年)12月号 P49~P53
3. JTA 欧州技術調査団幹事会, 『第17回ITA総会とTunnelling』報告:  
トンネルと地下, 1991年(平成3年)9月号 P59~P65
4. JTAメソ・アメリカ技術調査団幹事会, 『第18回ITA総会とトンネル会議』報告:  
トンネルと地下, 1992年(平成4年)9月号 P53~P60
5. IAEG(International Association of Engineering Geology:国際応用地質学会),  
廃棄物の地下処分問題 (PROBLEMS OF UNDERGROUND DISPOSAL OF WASTE)  
No.14 委員会報告書, 1989年
6. 科学技術庁資源調査所, 資料調査会編, 資料第129号:  
海洋空間の高度利用に関する調査, 1985年1月29日

(佐藤富男: (財)エネルギー総合工学研究所)

### 第Ⅲ部 日本の地層処分コンセプトの検討

— 中間とりまとめ —

### 第Ⅲ部 日本の地層処分コンセプトの検討 —中間とりまとめ—

#### 1. 序

「日本における地層処分コンセプトの評価研究」という標題のもとに、昭和63年度（1988年度）以降、4年間にわたり調査研究を行ってきた。今年度は、その第5年目であるとともに、我が国の地層処分の研究開発の初期の段階が終わり、研究開発の新しい段階の具体的なプログラムを検討すべき時期に相当している。このような意味で、今年度は本調査研究の「中間とりまとめ」を作成することとした。この機会に関係者の御意見を得て、さらに有効な調査研究を進めたいと考えている。

この「中間とりまとめ」は、大きく2つに分かれている。すなわち、その前半（第2章および第3章）は、地層処分コンセプト検討の枠組みの設定、日本の地層処分コンセプトへの要請、およびコンセプト評価の拠り所の検討の記述であり、これに対して後半（第4章および第5章）は、特定の地層処分コンセプトの一つである「沿岸海底下地層処分」の調査結果とその今日の時点における評価を述べたものである。

## 2. 地層処分コンセプト検討の意義

### 2. 1 地層処分コンセプトの意味

「地層処分コンセプト」という用語は、大きく分けて2つの文脈で使われている。その一つは、様々な処分方法を、巨視的にみて、地層処分を宇宙処分、海洋底下処分等と並列して論ずるかあるいは比較する場合であり、もう一つは、地層処分を大枠として前提し、地層処分のカテゴリーの枠内で、様々な異なる構想を検討する場合である。ここでは、地層処分コンセプトを後者の文脈で使用する。

本調査研究において「地層処分コンセプト」とは、地層処分という大枠を前提とし、特定の地層処分の方法を特徴づける技術および社会の両面からの「構想」あるいは「基本構想」であると定義する。

特定の地層処分を包括的に表現する専門用語として「地層処分システム」が広く使用されている。「地層処分システム」は、より具体的かつ技術的であるのに対し、「地層処分コンセプト」は、より概念的である。

地層処分コンセプトは、研究開発によって、地層処分システムとして具体化され、概念設計、詳細設計へと進むこととなる。また、同一地層処分コンセプトに対して、複数の地層処分システムが存在することもあり得る。

## 2. 2 地層処分コンセプト検討の意義

地層処分コンセプトと研究開発の関係は、地層処分コンセプトから研究開発へ、必ずしも一方的に進むわけではなく、一つの反復過程 (Iterative processes) と見ることが出来る。ここで、技術面、行政面を問わず、地層処分に直接関係している人々を専門家とし、専門家以外の全ての人々を一般市民とすると、地層処分コンセプトは、専門家と一般市民の接点と考えることも出来る。専門家は、自らの研究の内容をコンセプトとして表現し、一般市民に提示することができ、一般市民はまた、コンセプトのレベルでは、専門家に対して意見を伝達できる。すなわち、専門家と一般市民は、コンセプトを媒介として対話が出来ると考えられる。これらの関係は、以下の図-Ⅲ.2.2.1のように示すことが出来る。

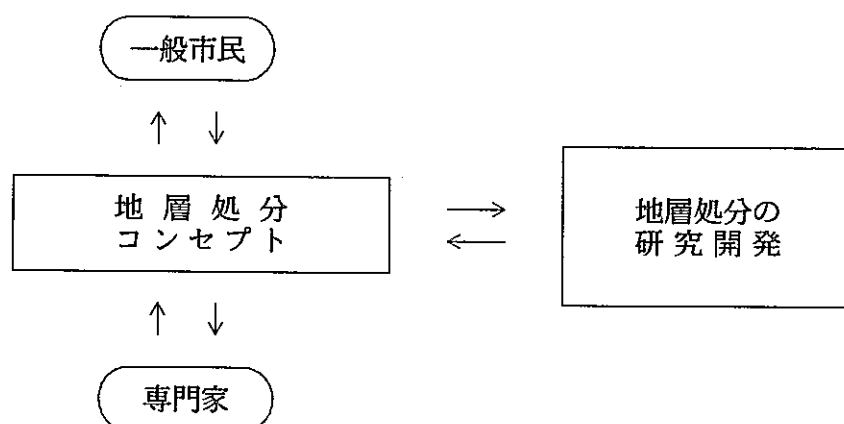


図-Ⅲ.2.2.1 地層処分コンセプトと研究開発；専門家と一般市民の関係

世界的にみて、今日行われている地層処分の研究開発のプログラムは、何らかの「地層処分コンセプト」を前提にしているように思われる。しかし、我が国は、まだ、日本の地層処分コンセプトを明確には持たず、早くから“Swedish Concept”を決めた上で研究開発を推進してきたスウェーデン等と比べて対照的である。その理由として、我が国の場合、地質環境が多様で複雑であるとか、現地での調査に制約がある等の事情が考えられる。

しかし、我が国の放射性廃棄物対策専門部会の最も新しい報告書は、我々の当面してい

る現状について、「国民の理解は処分対策だけでなく研究開発についても必ずしも十分に得られていない」という認識を示している。

このような現状を打開して前進する一つのステップとして、専門家と一般市民が共有できる「日本の地層処分コンセプト」を持つことが必要ではないかと思われる。このことにより、一般市民は、専門家の行う研究開発を支持する根拠を明らかにすることが出来るだろう。特に我が国において、コンセプト検討の意義をこのように理解することが出来るのではないかと考えられる。

### 3. 日本の地層処分コンセプトの評価の基盤

#### 3. 1 序

地層処分コンセプトが、地層処分という大枠を前提とした上で、技術および社会の両面からの「構想」あるいは「基本構想」であるとすれば、日本にとって適切な地層処分コンセプトとは、そもそもどのような要件を満足する必要があるか、あるいは、特定の地層処分コンセプトが我が国にとって適切か否かを評価するには、何を手掛かりとすべきであろうか。地層処分コンセプトの日本への適性を評価するのに、第1の視点は安全性であるが、これに加えて、どのような評価の視点があり得るであろうか。ここでは、一つの試みとして、以下の2つの報告書および2つの問題領域を取り上げて考察を行った。それらの報告書からは、長期の経験を基に行われた地層処分の広範な再検討をベースに、新しい評価の基盤を読み取ることが出来、2つの問題領域を検討することにより、地層処分コンセプトを、より広い展望の下で評価することが期待できるのではないと思われる。

#### 報告書あるいは問題領域

#### 取り上げた趣旨

① 米国、NRC報告書(1990)

② フランス、バタイユ報告書  
(1990)

③ 廃棄物と環境問題

④ 地下空間利用

①、②の両報告書とも、それぞれの国の過去の廃棄物処分の政策、研究開発等を反省し、将来への施策を提案したものの。内容は極めて普遍性があり、我が国にも参考となる点が少なくない。

③、④は、放射性廃棄物の処分に隣接する領域で、今日、社会的関心の高い問題領域である。

放射性廃棄物の問題を、より広い、しかも現実的なスコープをもとに考察する手掛かりを与えてくれるものと思われる。



### 3. 2 米国NRC報告書

#### (1) 米国、NRC報告書とは<sup>1)</sup>

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

#### (2) 新しい地層処分の枠組み

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

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

### (3) 地層処分コンセプトへの要請

このような枠組みを前提とした上で、今後の地層処分コンセプトに対する要請は、同報告書の以下のような3つの記述に、極めて明確に表現されている。

- ① 第1は、公平性についてである。すなわち、『廃棄物プログラムの目標は、安全な処分を、大きな不公平なしに達成することである』という記述、さらに、同一文脈中で、『公平な手続きを重視すると同時に、影響を受ける人々が自らの価値観に照らして公正と判断できる解決策を追求するアプローチが必要である』という表現である。
- ② 第2は、処分技術の信頼性についてである。すなわち、モデリングの目的についての論述の中で、処分技術の信頼性は、次の要因が結合してもたらされるという記述がある。ここでは要因が並列されている点も注意を引く点である。

- 遠隔性 (Remoteness)
- 工学的設計 (Engineering design)
- 数学的モデリング (Mathematical modeling)
- 性能評価 (Performance assessment)
- ナチュラル・アナログ (Natural analogues)
- 予期しない事象が発生した場合に補修措置をとる可能性 (Possibility of remedial action in the case of unforeseen event)

- ③ 第3は、専門の技術者と一般公衆の両者にとってさらに安心のできる要件についての次のような記述である。

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

### 3. 3 フランス・バタイユ報告書

#### (1) フランス、バタイユ報告書とは<sup>2)</sup>

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

#### (2) バタイユ報告書の性格

本調査研究の委員会でこの報告書を検討した際、久保川氏（野村総研）は、一般企業のビジネス活動の要素、技術、セールス、およびマーケティング、と対比した場合、バタイユ報告書は、原子力界におけるマーケティングの一つの雛形であるという意見が出された。これは、原子力あるいはさらに広く「技術」の社会的受容の問題を解決しようとする場合従来の原子力分野の活動には欠けていた新しいアプローチが、バタイユ報告書の中に認められることを指摘したものである。この根底にある考え方は、久保川氏によると、「技術の価値を決めるのは技術自身にあるのではなく、ユーザーあるいは社会である」ということにある。

#### (3) バタイユ報告書の主張

バタイユ報告書が改めて提出した最も根本的な事柄は、高レベル放射性廃棄物の処分問

題についての意思決定者として、議会あるいは政治家の責任を明確にした点である。これは、この報告書のそもそもの出発点が、廃棄物問題についての意思決定の既存のメカニズムの故障にあり、それから脱出する手段としては、正常な民主的決定方法に依らざる得ないという認識から来る一つの帰結であったと言える。

#### (4) 地層処分コンセプトへの要請

バタイユ報告書は、全体として、地層処分が我々の社会で受け入れられる基本的条件を示しているという意味で、地層処分コンセプトへの要請とともにその評価の基盤を提示するものと考えることが出来る。しかし、我が国の地層処分コンセプトを考える上で参考になるより直接的な表現は、「核のごみ捨て場」である。

同報告書の第3章では、「何故、フランスでは、先の現地調査が凍結されたのか」の理由が分析されているが、その理由を示すものとして、事前の情報の欠如等、5つの要因が挙げられているが、その中の一つに、廃棄物に対するネガティブのイメージとして「核のごみ捨て場」がある。すなわち、(イ)放射性廃棄物のごみ捨て場というイメージと一緒に、住民が気持ちよく処分場を受け入れるとは思われないこと、(ロ)処分場はごみ捨て場ではないと口で言うだけでは十分ではないと述べられている。このことから、「核のごみ捨て場」のイメージを克服できることが、日本の地層処分コンセプトにも要請されていると考える必要がある。

### 3. 4 廃棄物と環境問題

#### (1) 我が国の廃棄物（非放射性廃棄物）管理の実状

本調査研究（昭和64年度）の委員会で、「廃棄物と環境問題」を討議のテーマとして取り上げた。その際、委員会に外部の専門家を招き、我が国における非放射性廃棄物の管理の実状について説明を受けた。

我が国の廃棄物問題の実状を、包括的に述べた公式の表現の一つは、環境庁による「環境白書」にみることが出来る。すなわち、最近の数年間の環境白書には、以下のような内容の記述が見られる。

『廃棄物処理については、最終処分場の確保が問題になってきており、特に大都市地域においては深刻な問題となっている。

さらに、産業廃棄物についても、最終処分場の残余容量は圏域全体で約1年分しかなく、例えば東京都内で発生する産業廃棄物の埋立量の約64%は他県で処分されている』（平成3年度、環境白書、総説より）

以上のような廃棄物についての認識は、今日ではむしろ一般的であり、我々の社会が、産業廃棄物の処分問題についても深刻な状況にあり、解決の見込みがまだついていないことを意味している。

#### (2) 放射性廃棄物と非放射性廃棄物の関連性

委員の一人である田中氏（東大）は、本調査研究の報告書（昭和64年度）で、大略次のように述べている。

- ① 非放射性廃棄物は、放射性廃棄物に比して次のように多くの点で非常に異なっている。たとえば、

- 減衰しない、
- 発生量が多い、
- 多くの化学形がある、
- 発生箇所が多い、
- 処理の中間サイト、最終処分場が多数である、
- 生物学的危険性がよく分かっていない、
- 有害物質の検出測定がより困難である、
- 処分技術、リスク評価技術も遅れている、
- 処分場への接近防止という点についても、長期的観点からの検討は貧弱である等。

② 放射性、非放射性にかかわらず、人体に対して何らかの害を与え得るという意味では同じであるので、両者を区別して考えるのではなく、同じ座標の上で考える事が双方にとって有効である。

### (3) 地層処分の研究開発の貢献の可能性<sup>3)</sup>・<sup>4)</sup>

今日の時点で、産業廃棄物の処分方法として地層処分を直接適用することはあり得ないものと考えられる。しかし、地層処分の研究開発が非放射性的産業廃棄物の処分問題の解決にどのように貢献する可能性があるかは、明らかに今後検討を続けるべき重要な課題である。世界的に見て、過去30年以上にわたり、地層処分について行われた研究開発の内容は、人間に対する有害物を、極めて長期間、人間環境から隔離するための、理論、技術および制度についての極めて包括的な研究であった。しかもその多くは必ずしも放射線との直接の関係のない適用性の広い研究である。産業廃棄物の管理は、環境問題の視点から次第に長期の安全性を指向する傾向にある。このような理由により、地層処分の研究開発が、有害廃棄物の処分問題の解決に、将来貢献する可能性は十分考えられることである。

### 3. 5 地下および海洋空間利用

#### (1) ニューフロンティア

地下および海洋空間の利用には既に長い歴史があるが、今日新しい発展の時期を迎え、ニューフロンティアの一つとして注目されている。両空間の利用の現状と動向をみると、それらの利用範囲はより広く拡大するとともに次第に複雑になりつつあることが分かる。しかし、それと同時に、そのような動向に連動して、新しい空間利用の枠組みを構築する作業も開始されていると言える。

#### (2) 廃棄物の処分と環境問題

地下空間利用および海洋空間利用の両者の中には、一般廃棄物、あるいは、産業廃棄物の処分が含まれている。すなわち、陸上の埋め立て処分、海岸の埋め立て処分は、我々の社会が古くから採用し、今日も継続して実施している廃棄物処分の方法である。しかし、全ての非放射性廃棄物に対してこれらの方法をそのまま、今後も継続して使用することについては異論が出てきた。それは、長期的な安全性および環境面からの新しい社会の要請にたいして、これらの方法が十分には対応できないのではないかと考えられているからである。

#### (3) 地層処分の位置づけ

地層処分は、明らかに地下空間利用の一つであるが、地層処分が指向する地下空間利用は、今日言われるところの「大深度」より深く、また、地層処分が指向する「隔離」は、今日、通常言われるところの隔離とは、その内容および期間が異なる。しかし、地層処分は、長寿命放射性廃棄物の処分方法として開発され、極めて厳しい長期的な安全性の要請に応え得ることについて、広く世界的な合意が存在している。今日の段階では、地層処分はまだ地下空間利用の特殊例に過ぎないが、今後、地層処分を包含する新しい地下空間の枠組みが構築されることが期待されている。

一方、海洋空間利用の今日の枠組みには、沿岸部は含まれているが、沿岸海底下の空間は含まれてはいない。沿岸海底下地層処分とは、沿岸部の地下空間を利用した地層処分のコンセプトであるので、今日の海洋空間利用の極く近傍に隣接はしても、その中には含まれてはいないのである。しかし、海洋空間を国土資源として総合的に利用しようとする動きも、我が国で既に始まっており、沿岸部の地下空間の利用は、このような新しい動向の線上にあるものと思われる。

#### (4) 放射性廃棄物と非放射性廃棄物

地層処分は、放射性廃棄物の長期的隔離を目的とした、地下空間利用の一つであるが、同様な原理あるいは方法が、非放射性廃棄物の隔離にも適用できるかどうかは、即時的な実用性という観点からは、否定的であっても、原理的には十分適用可能であると考えられる。それは、地層処分で活用している「隔離」のための原理は、極めて普遍的で適用範囲が広いと考えられるからである。今日、このように考える研究者は増えつつあり、本調査研究の本年度の報告書では、その例として、国際応用地質学会の報告書(1989)等を紹介した。同報告書は、放射性廃棄物の隔離技術が、その他の有害廃棄物の隔離に活用できるとする考え方を基礎として、報告書全体が記述されている(第Ⅱ部第3章参照)。

以上、地下空間利用、海洋空間利用の現状と動向は、日本の国土の合理的利用という視点とともに、沿岸海底下地層処分コンセプトの評価の基盤の一つとして考慮すべきものと考えられる。



### 3. 6 まとめ

以上を基に、日本の地層処分コンセプトに対する要請と、コンセプトを評価する手掛かりについて整理した。すなわち、長期的に安全で、技術的、経済的な実現の可能性をもつことが、地層処分に対する第一義的な要件であるので、それを前提とした上で、日本の地層処分コンセプトへの要請、あるいは、評価の視点のおきかたについて次のように考えることが出来る。

#### (1) 社会的メリットについて

日本の社会へのメリットが出来るだけ大きいコンセプトであることが望ましい。具体的には、「廃棄物と環境問題」の解決に、どのように貢献しうるかを検討する必要がある。もし、特定の地層処分コンセプトの研究がこの問題の解決に貢献できるとしたら、廃棄物問題の解決が我々の社会の当面している難しい課題であるだけに、そのコンセプトの研究は、社会へのメリットという観点から重要度が高いと考えることが出来る。

また、我が国の国土、あるいは、空間の合理的利用への貢献の可能性も検討されてよい問題である。我が国のような狭い島国で、廃棄物処分に宛てられる適切な空間はどうあるべきかは、必ずしも明確ではない。従って、このような問題の解決に道が開かれるとすれば、それも大きい社会的なメリットと考えるべきであろう。

#### (2) 安心、信頼性について

安全であると同時に出来るだけ大きい「安心」と「信頼性」を人々が持ち得る地層処分コンセプトが望ましい。これらの点は、NRC報告書およびバタイユ報告書両者の最も重要視しているところであり、社会的な理解を得るための鍵となるものである。我が国の場合、具体的には、多くの人々が抱いている「日本の地質環境」についての懸念、あるいは心配があると思われる。従って、特定の地層処分コンセプトが、そのような心配の解消にどの程度貢献するかを問う視点があり得るとと思われる。

この他、地層処分そのものについての不安の問題にたいして、根本的に「コンセプトの

柔軟性」があるかどうか、評価の視点の一つに考えられる。

### (3) 公平性について

NRC報告書の表現で「廃棄物プログラムの目標は、安全な処分を、大きな不公平なしに達成することである」と言うところの「公平性」の問題は、極めて重要である。すなわち、出来るだけ、人々が不公平を感じることの少ない地層処分コンセプトが望ましいわけである。具体的には、「立地の公平性」を日本の地層処分コンセプトを評価する非常に重要な視点の一つと考えることが出来る。

## 4. 沿岸海底下地層処分コンセプトに関する知見

### 4. 1 定義と背景

#### (1) 沿岸立地の地層処分

本調査研究で検討する「沿岸立地の地層処分」を表す次の2つの用語を定義する。

##### ① 沿岸海底下地層処分

『沿岸海底下地層処分とは、日本の領海内の海底下に、高レベル放射性廃棄物を定置する、地層処分の一つのコンセプトである。ただし、地下施設の建設、放射性廃棄物の定置等の段階で、海洋との直接の接触はないものとする』

##### ② 沿岸地層処分

『沿岸地層処分とは、日本の沿岸地域（日本の領海内の海底下を含む）に、高レベル放射性廃棄物を定置する、地層処分の一つのコンセプトである。ただし、地下施設の建設、放射性廃棄物の定置等の段階で、海洋との直接の接触はないものとする』

#### (2) 背景となる事柄

沿岸海底下地層処分というコンセプトの背景として、およそ次のような状況が存在している。

① 地層処分に関する立地についての考え方の変化に対応して、海洋に囲まれた諸国では地層処分のために好ましい地質環境の存在する場所として、沿岸地域が改めて注目されるようになった。<sup>5)</sup>

② 地層処分の研究開発の進展に加えて、海洋底下処分の研究<sup>6)</sup>が進み、その一般的な安全性が世界的に認められたことと、沿岸海底下地層処分が国際的な外交問題や廃

棄物定置に係わる海洋底下処分に特有な問題点を持たないことは、このコンセプトの可能性についての大筋の見通しを与えている。

- ③ 対象とする廃棄物が中低レベル（TRU廃棄物を含む）であるとしても、スウェーデンの沿岸海底下の処分場、SFR、が実際の処分場として建設され操業を開始したこと。さらに同じスウェーデンで、高レベル放射性廃棄物処分の研究開発の最終段階で必要とされる地下研究施設（Hard Rock Laboratory）が、同じく沿岸海底下に設置されたことは、英国の計画の進展と併せて、沿岸海底下地層処分コンセプトを考える上で、我が国にも参考となる事柄である。

## 4. 2 技術的な知見

### 4. 2. 1 日本の大陸棚の地質

#### (1) 概要

大陸棚は海岸沖に広がる緩い傾斜の地形を持つ部分で、地質時代における海水準の昇降の影響を受けて形成されたと考えられている。この部分の地質は、海洋底特有の地質とは異質であり、基本的には近隣する陸地の地質と変わりはない。

大陸棚の外縁の深さは、30 mから600 mにおよび、ばらつきがあるが、多くは、130 m～140 mで世界的にみてもほぼ一定している。日本の大陸棚の幅は、20 km～30 kmで、その面積は日本の陸地面積の約83.3%（ただし、水深200 mまでを大陸棚と仮定）であり、相当な広さと考えられる。

我が国の周辺の大陸棚域は、音響探査による広域調査が組織的に実施されており、その成果が地質調査所等により公表されている。それによると、一般的には、音響基盤が断層により地塁、地溝を形成しており、それを被覆して新第三系と第四系が厚く堆積している。

日本の大陸棚の深部の地層については、石油公団が国の計画に従って実施してきた基礎試錐による調査結果が現在利用できる殆ど唯一の公表された情報である。

#### (2) 大陸棚の構造運動について

地質調査所は、昭和49年度以降、日本周辺の海域について、音響調査と海底堆積物の調査を行ってきた。この調査によっては、大陸棚の深部の状況を明らかにすることは出来ないが、地層処分に関連の深い最も新しい地質時代である、第四紀における大陸棚の構造運動について、重要な知見を得ることが出来る。以下は、上述の調査の成果と、それに基づく有田氏（地質調査所、本調査研究の委員の一人）の見解である。

- ① 日本の沿岸地域の海底堆積物の分布特性、および、海底地形の解析によって、大陸棚形成後の運動様式を明らかにすることが出来る。

- ② 太平洋側では、砂質堆積物の分布が水深200mの等深線を超えて、所により水深1000m付近まで連続的に達している一方、日本海側で、砂泥の境界は一般的に水深150m付近に存在する。
- ③ 我が国の大陸棚堆積物分布の模式例として、三陸沖海域をとることが出来る。この海域の詳細な調査結果によると、大陸棚面が傾斜する運動が認められ、それを一つの単位をもつ傾動地塊と考えることができる。
- ④ 日本周辺の大陸棚は、傾動地塊の繰り返りで区分され、各々の傾動地塊は、隆起帯と沈降帯とにより構成され、構造単元の大きさは、およそ120km～150km（東西幅）である。

### (3) 長期的海面変動について

沿岸海底下地層処分は、海洋という大規模な水理地質的環境が安定して存在することを前提としたコンセプトである。従って、長期的な海水準の変動について、およその見通しを得ておく必要がある。この問題の専門家の一人である米倉氏（東大）の見解は次のとおりである。

第四紀の地史からみて、現在の地球が間氷期の一つである後氷期にあること、後氷期に入ってから1万年を既に経過していること、後氷期の最温暖期は5000年～7000年前であったこと、最終氷期極相期の長さは1万年～1万5000年であったことを考慮して最終間氷期と後氷期の海面変化の実態から自然変動を外挿して将来を予測すれば、以下の推定ができる。<sup>7)</sup>

- ① 100年後の海面：現在と同じか、最大1m程上昇しているだろう。
- ② 1000年後の海面：小海退、あるいは、小海進がおこる可能性はあるが、その際の海面変化の幅は小さく、±2m～3mであろう。
- ③ 1万年後の海面：後氷期は既に1万年を経過しているので、今から1万年後には気候が寒冷化して、海面の低下が起こるだろう。その量は、20m～30mと推定される。しかし、それが垂氷期にあたり、海面低下が50m以上にも達

するかどうかはよく分からない。

#### 4. 2. 2 水理地質

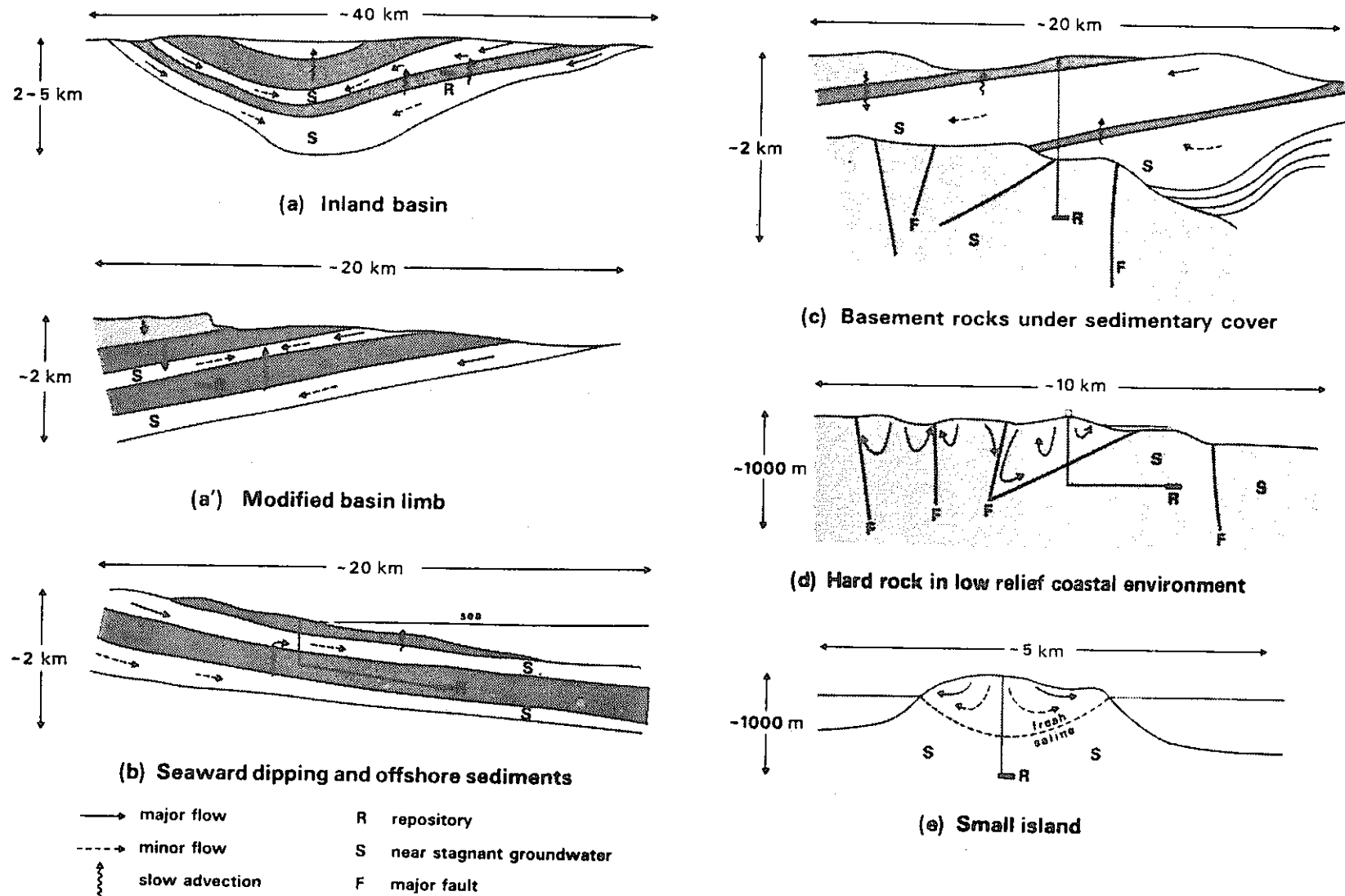
##### (1) 地層処分に好ましい水理地質条件

地層処分の研究開発の当初は、一つの岩種からなる母岩を対象に水理的パラメータを求め、地下水の流動速度を計算してきた。しかし、安全評価上重要な地下水の流動方向や経路、さらに経路の長さは、通常考慮には入れられなかった。もしこのような水理的要素を考慮するとすれば、単に母岩を対象にするだけでは不十分であり、様々に異なった岩種と地質条件からなる広域の水理地質条件に、より多く注目する必要がある。このような考え方から、沿岸地域とその下部に広がる地層中の地下水の流れは、(イ)内陸から海の方に流れ、(ロ)海岸の近傍には淡水と塩水の境界面が存在するだろう。(ハ)境界面の海側または下部の塩水領域には、動水勾配が小さく、水の殆ど停滞した部分が広がっているものと考えられる。(ニ)さらにその部分の水は、たとえ海洋に放出されることがあっても、そこでは大量の海水により非常に大きい希釈をうけるだろう。このように、地下水(塩水)が停滞する部分(地下空間)は、沿岸の海域に広く一般的に存在すると考えられ、この部分の水理地質条件は、放射性廃棄物を定置するのに適しているものと考えられる。

英国地質調査所の N. Chapman 等は、この考えを英国の地質に適用して、以下のように水理地質環境を5つのタイプに分類した。<sup>5)</sup> (図-Ⅲ.4.2.1参照)

- (a) 内陸の堆積盆地
- (b) 海方向に傾斜している堆積層あるいは沖合の堆積層
- (c) 堆積層に被覆された低透水性の基盤岩
- (d) 地形的に起伏の小さい硬岩
- (e) 小島

この中で、(d)についても沿岸立地が望ましいとしている。従って、沿岸海底下地層処分



*Geological environments considered most suitable for deep disposal of long lived intermediate level wastes in the United Kingdom.*

図一Ⅲ. 4. 2. 1 英国における長寿命廃棄物のための深地層処分に適した水理地質環境



の対象と考えられるものは、(b)、(e)、および(d)である。

## (2) 水理地質専門家による討議と勧告

主として、上述の N. Chapman の提案について、我が国の水理地質の専門家 4 名の方々に討議していただいた。その結果は、沿岸地域の地下が、地層処分のために好ましい水理地質的条件を有すると考えられるが、先ず、我が国の沿岸海底下の水理地質条件の実態の把握が必要であるということであった。また、実態を把握するために実現可能な方法として、海底炭鉱における過去の調査結果の活用が有力であるという勧告をいただいた。

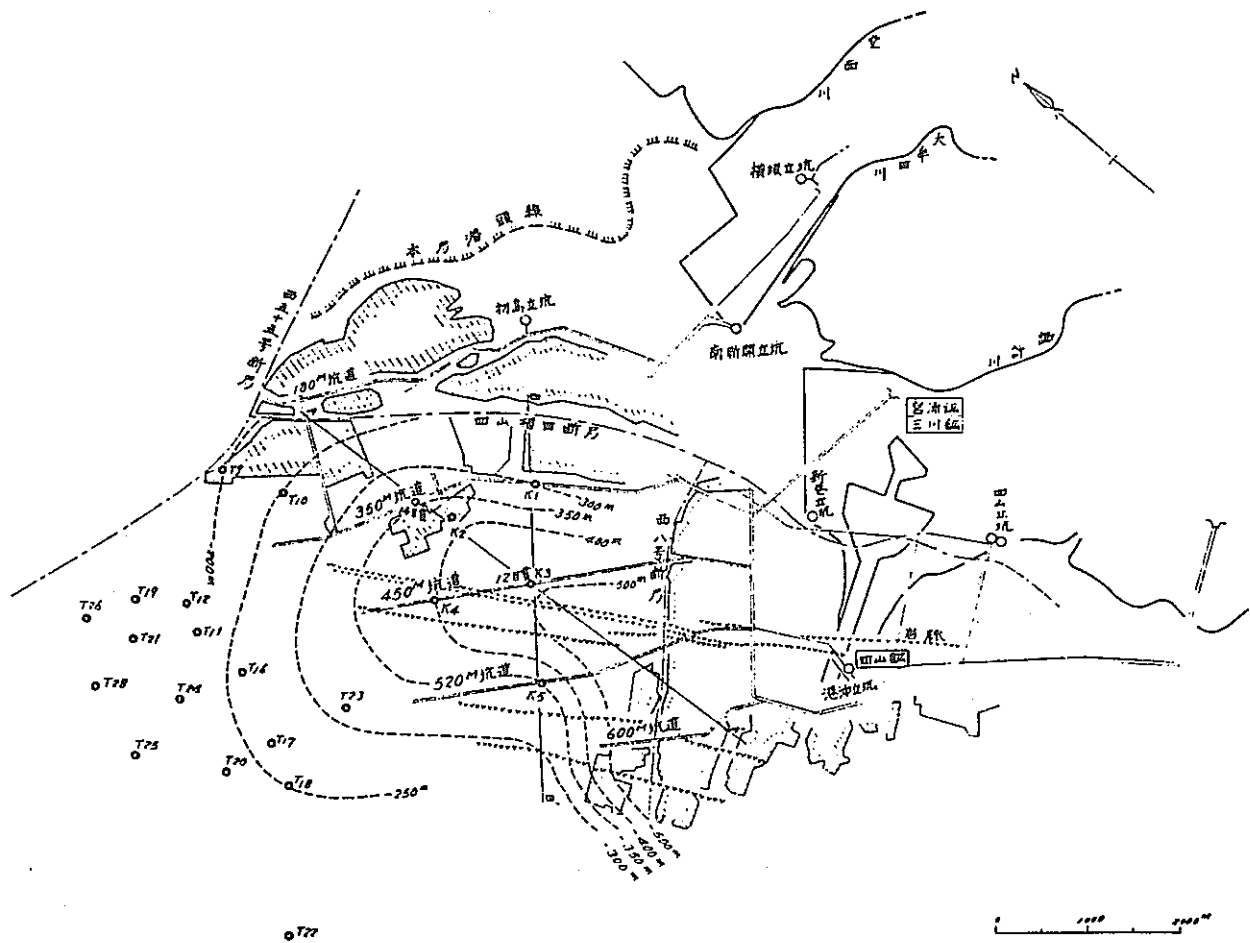
この勧告に従い、九州、三池炭鉱（三井鉱山）、北海道、釧路炭鉱（太平洋炭鉱）の調査を行った。

## (3) 海底炭鉱の検討－三池炭鉱について－

三池炭鉱の操業と調査の規模は甚だしく大きい（図－Ⅲ.4.2.2）。すなわち、1971年の時点で展開および採掘した海底下の面積は約40km<sup>2</sup>におよび、採掘した炭層の深さは、200m～600mであり、さらに1936年以降1967年までに排出した坑内水は約6億m<sup>3</sup>である。また、この期間を含み三池炭鉱の操業は約100年におよぶ。この間の操業に並行して、極めて広域にわたる地質調査と、水理地質的調査研究が行われた。石炭の採掘のためには、常に坑内水を外へ排水する必要があった。このような地下水の大規模で長期にわたる排出は、一つの大きい水理地質的実験であったとすることが出来る。

このような水理地質的実験－坑内水の排出－とそれに伴って行われた調査研究の結果、判明した顕著な事実は次のとおりである。<sup>8)</sup>

- ① 有明海の海底下に存在する地下水は、大きく2分され、その一つは、第四紀層に含まれる地下水であり、もう一つは、第三紀層の割れ目に含まれる裂き水である。
- ② 前者の地下水の塩分濃度は広い分布を示すが、後者の地下水は塩分濃度は低く淡水に近い。



- ③ 第四紀層は、70 m程度の洪積層とそれを覆う1～15 mの沖積層から成るが、第四紀層全体として、海水に対して不透水層として働いている。
- ④ 採鉱のための掘削は、200 m～600 mにおいて行われたが、その際の湧水の主体は、第三紀層の裂こ水で、淡水であった。
- ⑤ 第三紀層中の水が排出されたことにより、第四紀層の基底と裂こ水の水面との間に広大な空隙が生じた。
- ⑥ この空隙への第四紀層からの漏水量は極めて少なかったと推定できる。

以上によって、有明海の海底下に、塩分濃度の小さい殆ど淡水の膨大な量の地下水が、第三紀層とともに存在していたことは明らかである。しかし、この淡水に近い地下水の過去の地質時代から現在に至る挙動を明確に示すことは、まだできない。最近の下山氏の調査によって、夾炭層が海成層 (Marine) であることが判明した。これは、三池の坑内水の挙動を考える上で重要な意味をもつものと思われる。

日本における沿岸海底下の水理地質的条件に関する直接の情報は、地層処分の観点から見る限り、皆無に等しい状況にあったが、三池炭鉱の調査の成果は、そのような条件の一つの実例について極めて貴重な情報を提供するものであることが明らかになった。同調査結果は、有明海の海底下、200 m～600 mに、大量の淡水に近い地下水が、過去の挙動の詳細は不明であるとしても、相当の長期にわたり、海水と混合することなく安定して存在したことを示している。この状態は、従来予想してきた単純な塩淡境界の存在とは一致しないが、日本の沿岸海底下に、大量の淡水の長期にわたる閉じ込めを可能にした、安定した水理地質条件が広範囲に存在した可能性を示している。

#### (4) 海底炭鉱の検討－釧路炭鉱について－

釧路炭鉱の規模は極めて大きく、水平的な広がりはおおよそ東西100 km以上におよび、現在の採掘区域は海岸より約7 km、海底下の深度は650 mに達する。さらに、海底下での操業は、1940年代から今日まで40年余りの長期間継続されてきた。

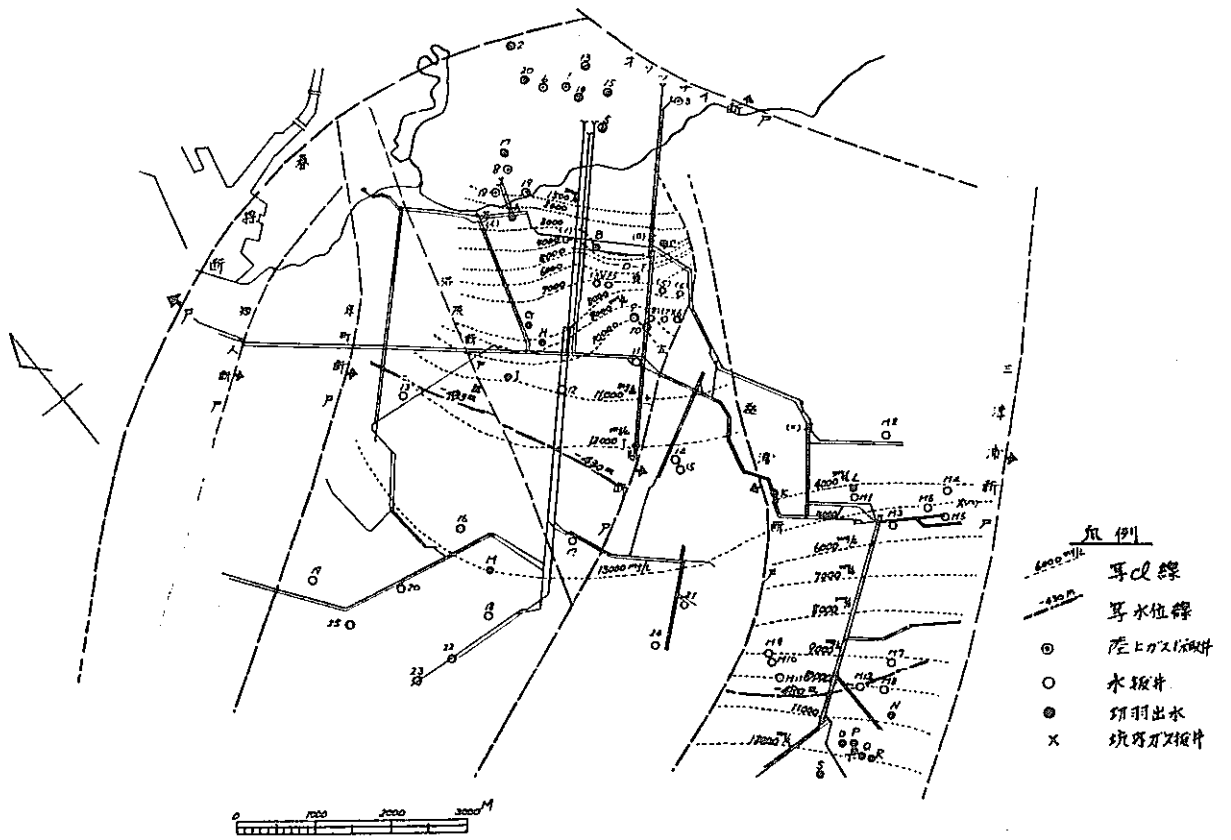
三池炭鉱の場合と同様に、釧路炭鉱でも第四紀層が遮蔽層と考えられており、第四紀層から坑内水への給水がないこと、および、坑内水の分析値に、今日の海水の混入の形跡がないことは、海と隔離された空間を、沿岸海底下に求めうることを示している。

沿岸海底下の水理地質が複雑であると考えすることは可能であるが、図-Ⅲ.4.2.3に示されている基盤水（化石水）中の塩素濃度の分布は驚く程規則的である。すなわち、その分布は、地層のコンターに一致し、明確に断層に支配されている。<sup>9)</sup>

上述の塩素濃度の分布を説明するために、水理地質の専門家による検討会で提出された仮説は、① その塩素濃度分布をもたらした原因は、深部からの地下水の汲み上げであるという説と、② その原因は、鮮新世の断層形成期にあるという説の2つであった。しかし、今日までの調査データのみでは、この何れの仮説も厳密に裏付けることは出来ない。また、これらの仮説は両者とも、根室層群の汐見層を含水層とする鹹水の化石水が極めて長期間、移動せずに滞留したとする考えと矛盾しない。

釧路炭鉱の坑内水についての上述の調査結果と、今回の検討結果は、沿岸海底下の地下水について、その塩淡境界が予想より複雑であることを示すとともに、極めて長期間にわたり水を停滞させる水理地質的条件が沿岸海底下に存在したことを示唆していると考えることが出来る。

炭鉱における坑内水の調査の目的は、採炭に重大な影響を及ぼす可能性のある出水の予測とそのための対策の検討にあり、海底の水理地質の解明が直接の目的ではない。このために、上述の問題についての検討を行うために活用できるデータには、自ずから制約のあるのは明らかである。従って、今後は沿岸海底下の水理地質的条件の解明に焦点をあてたより直接的な調査研究が必要であると考えられる。



図一Ⅲ. 4. 2. 3 釧路炭鉱における含水層中のC1の地域分布および含水層中の水位<sup>9)</sup>

#### 4. 2. 3 地球化学

##### (1) 海洋底下処分の場合

沿岸海底下地層処分の隣接領域は、海洋底下処分と陸地での地層処分である。海洋底下処分の安全評価については、OECD/NEAによる国際共同研究が行われ、その成果が既に公表されているので、間接的資料として参考にしうる。<sup>6)</sup>

- ① NEA研究におけるベースケースは、廃棄物を深海堆積層中の50mの深さに定置することを想定しており、この50mの堆積層のバリアとしての性能が追求されている。その成果を要約すると、

(イ) 深海堆積物は、長寿命放射性核種の移行に対して、極めて有効なバリアである。

(ロ) 一部の元素 (C, I, Tc, Se) は、堆積物による除去は期待できないが、それでも、これらの元素の海洋への漏出は、拡散により、約10000年の遅延が見込める。

(ハ) 堆積物の鉱物組成および酸化状態は、核種の吸着傾向に有意な影響は無かった。

(ニ) 元素別に見ると、深海堆積物による核種の吸着傾向は、陸地の地層のそれと変わらない。

- ② 特定の2サイトの堆積層中でのレドックス条件の調査結果として、次の知見が得られている。

(イ) 堆積層中のレドックス条件は、深さにより変化する。

(ロ) 調査した両サイトとも、還元条件は、sulfate が sulfide に変化する程度までには至っていなかった。

(ハ) 残留有機物の酸化が行われる深さの限度は、2つのサイトについては、1m

から3 mであった。

## (2) 大陸棚の地下水について

この問題をおよそどのように理解するかについては、東京大学海洋研究所の酒井教授に検討と御意見を伺った。以下はその要約である。

- ① 大陸棚の地下水系は、未固結堆積物中の地下水（間隙水）と基盤内の地下水に大別される。
- ② 未固結堆積物、特に表面10 m位までの表面堆積物中の間隙水の化学的性質に関する情報はある程度集められているが、基盤内地下水に関する情報は極めて少ない。
- ③ レドックス電位の鉛直分布は、堆積速度や粒度分布によっても異なる。一般に粗粒の堆積層（深海に比し沿岸の堆積層は粗粒である）では海水の循環が速く還元性は弱まる。
- ④ 還元性の堆積物中のマンガンの挙動は、明らかになっており、高レベル放射性廃棄物の挙動を推論する上で活用できる。すなわち、還元性の海底堆積物の地球化学的環境は、 $TcO_2$ の安定領域にあることが考えられ、ネプツニウム、プルトニウムなどの超ウラン元素についても同様なことが言える。
- ⑤ 基盤中の地下水は、陸地の地下水と同じ範疇に属し、基盤上堆積層内の地下水（間隙水）の如き一般化した議論は困難である。
- ⑥ 大陸棚基盤内地下水の研究を進める上で、海底湧水系の研究は参考となる。海底湧水系として、顕著なものは、次の3つである。

(イ) 中央海嶺、背孤海盆などの海底地熱帯における熱水系

(ロ) 沈み込み帯における冷湧水系

(ハ) 被圧陸水の湧水

#### 4. 2. 4 土木工学施設

沿岸海底下地層処分コンセプトに含まれる検討領域の一つは、沿岸海底下に土木工学施設を設計、建設する問題である。調査の大項目として、(1) 施設の概念、(2) 施工技術を取り上げた。これらの調査研究は、主として鹿島建設の技術者グループによって行われ、一部について当研究所の研究者が分担した。以下は、本調査研究から得られた主な知見である。

##### (1) 海底下地下施設の概念

###### ① 施設のオプション

沿岸海底下地層処分における土木工学施設のオプションとして、次の3つが考えられるが、我が国で検討する必要がある方式は、廃棄物と海との直接的接触の可能性のない、(a)および(b)である。(図-Ⅲ.4.2.4参照)

(a) 海底-陸方式

(b) 海底-陸(島)方式

(c) 海底-海方式

###### ② 処分施設の深さ

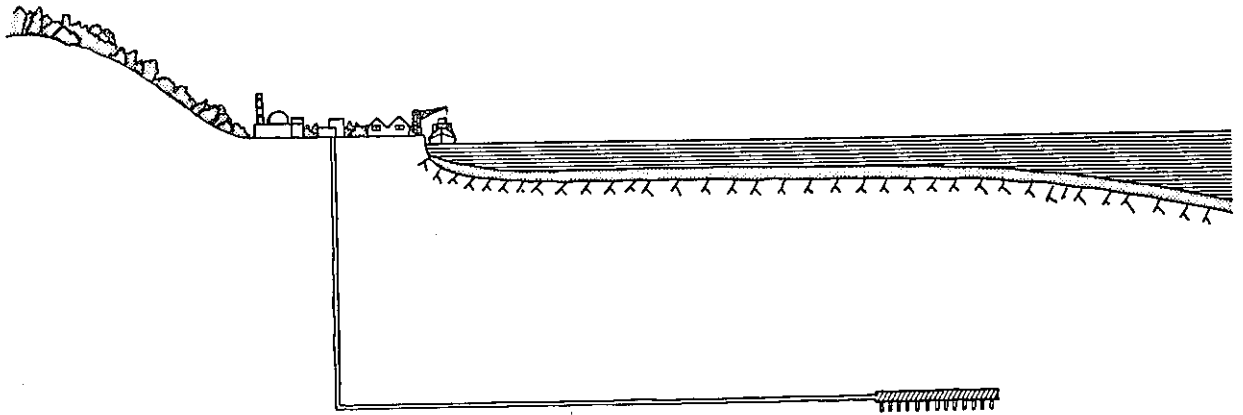
沿岸海底下地層処分では、深さに対する制約が以下の理由から小さいと考えられる。すなわち、処分施設が、海底下にあるため、人の侵入の可能性が低いこと、さらに、陸地と異なり本質的に浸食作用を受けないという利点がある。また、我が国内外の15の海底トンネルを調査し、最大水深、最小土被り、地質状況、ライニング厚、内径の関連性を明らかにした。

###### ③ 土木工学施設の役割

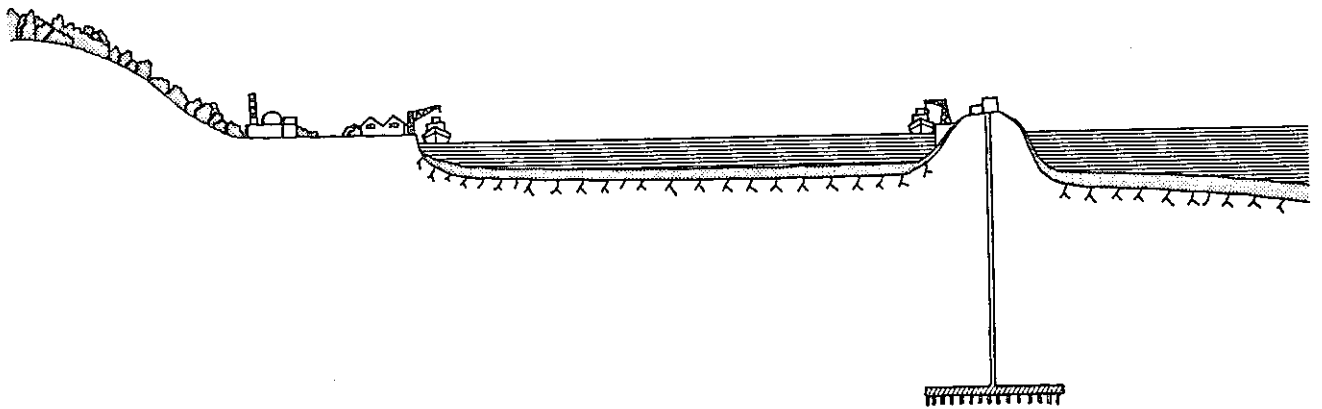
同施設の設計には、地域住民の心配や疑問が反映されることが望ましい。また、米国の法規(10CFR60)にある、“performance confirmation program”を設計



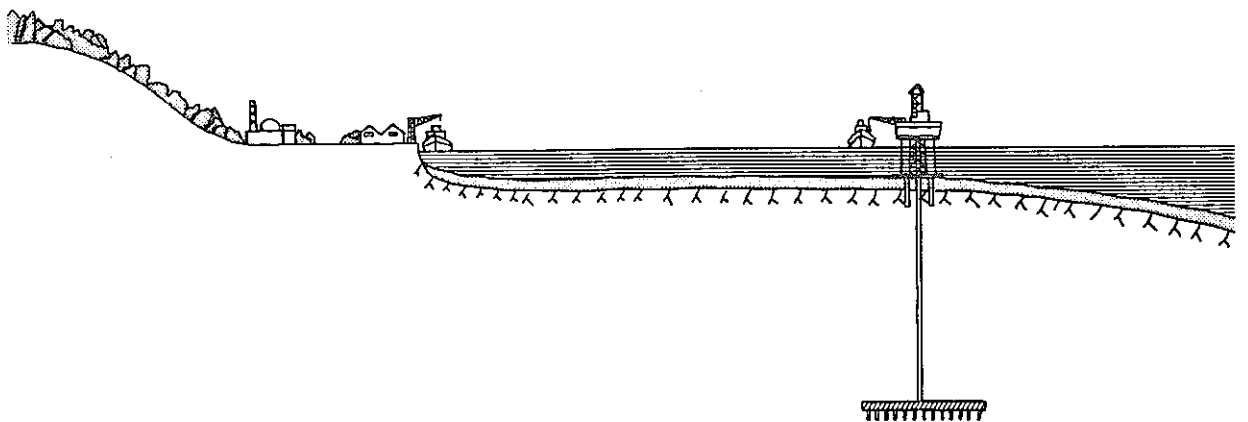
(a) 海底—陸方式



(b) 海底—陸(島)方式



(c) 海底—海方式



图—Ⅲ. 4. 2. 4 沿岸海底下地层処分概念图

に取り入れる考え方は、参考になるものと思われる。

## (2) 海底下地下施設の施工技術

### ① 施工法の選択

- (イ) 山岳工法は、地質的条件の変化に対する即応性の点で有利である。
- (ロ) 山岳工法は、補助工法（止水工法等）との組合せが容易である。
- (ハ) シールド工法は、軟弱地盤、湧水への対応に適するが、その適用条件の範囲の拡大が、今後の技術課題である。
- (ニ) 掘削に伴うゆるみ問題に対応するためには、シールド工法またはTBM工法が有利である。

### ② トンネル施工技術の将来的な課題

- (イ) 沿岸海底下地層処分との関連では、ゆるみ域の持つ意味について、先ず明らかにすることが必要である。
- (ロ) トンネル支保の問題については、支保に対する要請を明らかにするとともに、新材料の開発が必要であると考えられる。
- (ハ) トンネル建設のためのロボット化は、労働力確保および技術の両面から、沿岸海底下地層処分にとって極めて重要度の高い課題であると考えられ、今日進行中の技術開発に注目すべきである。

### ③ 土木材料としてのセメント

- (イ) セメント系の材料は、既に、海洋環境で広範に使用されており、多くの経験の蓄積があること、地下水流動の小さい環境のもとで、一種の化学バリアとして、極めて長期に機能しうる点が明らかになっていること等により土木材料として有望である。
- (ロ) 海洋環境におけるコンクリートの特性の一つとして、海底下ではコンクリートの透水性が減少するという海外の研究結果が報告されているが、我が国の研究者からは、なお研究が必要である旨の意見が表明された。

#### 4. 2. 5 安全評価

沿岸海底下地層処分について安全評価を行った例はまだない。しかし、英国の研究者、M. D. Hill and G. Lawson の行った研究<sup>10)</sup> を基に、沿岸海底下地層処分の放射線安全面の特徴をある程度推論することは可能である。

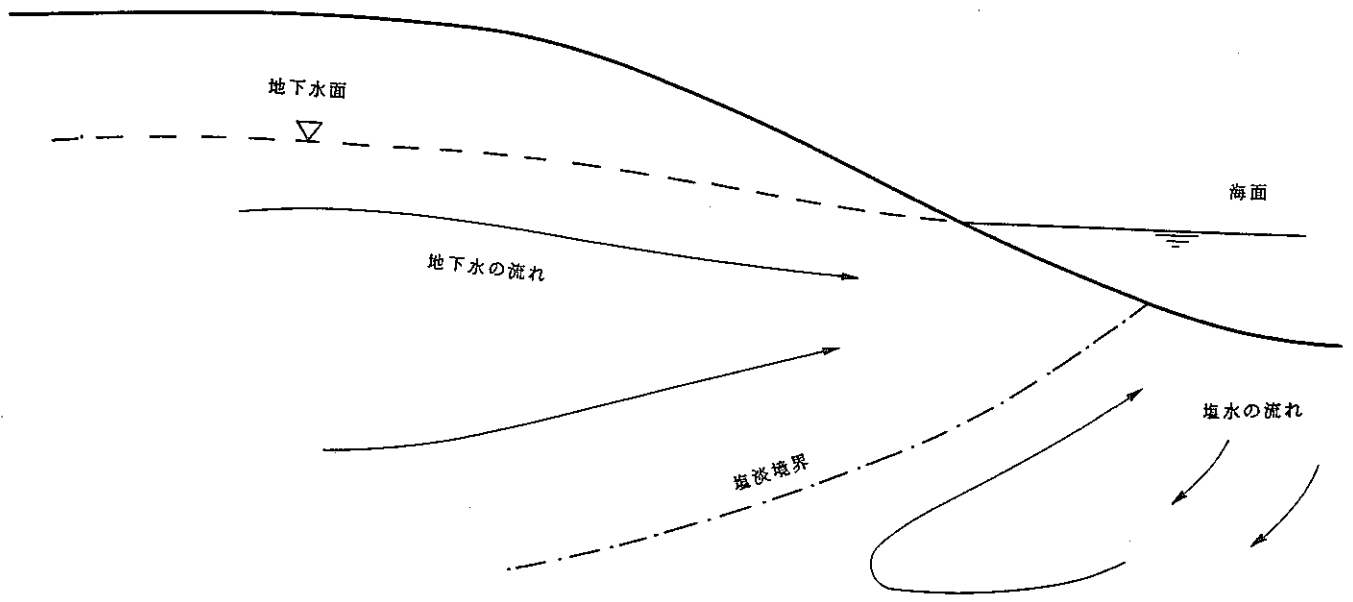
Hill等の研究(1980)は、英国の一般的条件を仮定し、沿岸立地と内陸立地を、処分後の放射線安全面について比較したものである。彼らによると、沿岸立地の大筋の特徴は次の2つである。

- ① 沿岸地域の地下水流の主要な方向は、海に向かっており、処分場から放出された放射性核種が淡水の水源に達する確率は小さい。
- ② 地下水が海中に入る場合には、海水の非常に大きい希釈能により、放射線的な影響は減少する。

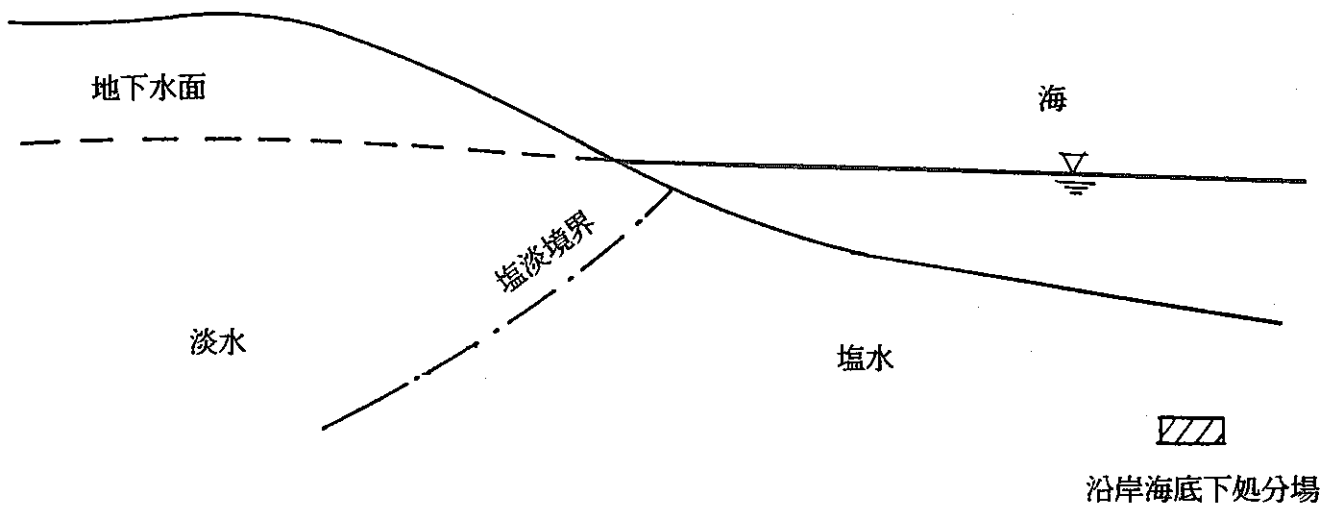
彼等の行った、処分後の公衆に対する被曝の計算値は、これらの特徴が有利に働いていることを示している。

Hill等が想定した沿岸地域の地下水流動パターンは、図-Ⅲ.4.2.5のとおりで、概念的に言えば、陸地における沿岸立地の処分場の位置は淡水域にあるのに対して、沿岸海底下地層処分の処分場は塩水域にくることになる。(図-Ⅲ.4.2.6参照)しかし、我が国の海底炭鉱の例をとっても、実際の塩淡境界は複雑であり、正確なことは、今後の調査研究にまたねばならない。

日本は、文字どおり海に囲まれた島の集合であるので、陸地の地下水は、長期的にはすべて海に流出すると考えるのが妥当である。従って、極めて単純化して表現すれば、沿岸での処分場の立地の特徴の一つは、淡水域が放射性核種の移行経路となることを防ぎ、海底の地層と海のみを移行経路とするコンセプトであると言える。この特徴が実際に安全面について、土の何れの方角にどの程度影響するかを明らかにするのは、我が国の課題の一つではないかと思われる。



図一Ⅲ.4.2.5 沿岸地域の地下水の流動パターン<sup>10)</sup>



図一Ⅲ.4.2.6 沿岸海底下処分場と塩淡水境界の関係図

## 4. 3 社会的な知見

### 4. 3. 1 法律面の検討

沿岸海底下地層処分の法律面に関する検討は、植村氏（成蹊大学法学部教授）によって行われた。以下はその要点である。（詳細は昭和63年度報告書を参照されたい）

#### （1）国際法上の問題について

沿岸海底下地層処分が我が国の領海内で行われる場合、また、海底下に処分した廃棄物が他国に損害を与えない限り国際法上の制約はない。

#### （2）海底下の地層の利用一般について

##### ① 領海法

原則としては、海岸から12海里（1海里は1852m）まで我が国の領海と定められているが、特定の海峡等については、領海内であることを確認しておく必要がある。

##### ② 海底下の土地の所有権

海底下の土地について所有権者を想定する必要があるならば、それは原則的に国である。

##### ③ 陸地における地下の利用

新しい地中利用の可能性が高まるに従って、新しい法制が作られることが予想されるので、沿岸海底下地層処分の立場からも、新法制の議論に注目する必要がある。

### (3) 沿岸海底下地層処分と他の法律の抵触について

#### ① 鉱業法と沿岸海底下地層処分

我が国の領海内のほとんどについては、現在、何らかの鉱業権が設定され、またはその出願がされていると言われ、沿岸海底下地層処分と抵触する可能性は極めて大きい。従って、沿岸海底下地層処分を実施する際には何らかの立法によって鉱業権との抵触を解決しておく必要がある。

#### ② 漁業法と沿岸海底下地層処分

現在考えられている沿岸海底下地層処分は、陸地の地中から直接海底下の地中に掘り進むことを前提としており、どの時点においても、海水と接触することはない。また、沿岸海底下に埋設された廃棄物は永久に海水中に現れないように計画が立てられる。以上のことを前提とする限り、沿岸海底下地層処分は漁業権といかなる意味においても抵触しない。

#### ③ 海岸法・自然公園法等と沿岸海底下地層処分

海域あるいは海周辺の陸地等における一定の開発や工事の行為を規制する法律は多いが、それらの法律が沿岸海底下地層処分の実施をも規制することになるか検討しておく必要がある。

### (4) 現行の原子力法制と沿岸海底下地層処分との関係について

沿岸海底下地層処分を実施するのは現行の原子力法制のままで可能かどうかという問題があるが、これについては、放射性廃棄物を廃棄する行為の規制の問題と原子力損害の賠償措置の問題を取り上げる必要がある。

### (5) まとめ

現行法上、沿岸海底下地層処分ともっとも抵触しやすいものとして鉱業権が挙げられる

が、現行の鉱業法の下でも調整は不可能ではない。もし沿岸海底下地層処分の実施のためには何らかの立法措置が取られるとしても、現行法制を根本から覆すような大がかりなものにはならないと思われる。要するに、国際法上も国内法上も沿岸海底下地層処分について決定的な法的障害は存しないと解される。

#### 4. 3. 2 社会・経済面

本調査研究の委員会では、高レベル放射性廃棄物の処分に関する社会・経済的側面について、処分コストの問題等、様々なテーマを取り上げたが、特に、久保川氏（野村総研）は、原子力あるいは技術の社会的受容の問題を、今年度を含め5年間にわたり系統的に調査研究し、その成果は委員会で討議された。久保川氏の研究は、事実上、本調査研究を推進する理論的な原動力となった。その極く大筋の要点は以下のとおりである。

##### (1) 日本の地層処分コンセプトと社会的受容を考える基本的視座

久保川氏は、社会的受容の問題を、事柄の根本からアプローチしている。すなわち、

『原子力、高レベル放射性廃棄物処分の問題としてのみ捉えるのではなく、大きな社会変動との関連での問題の捉え方が必要である』とする立場である。

##### (2) 放射性廃棄物処分のコンセプトに対する要請

原子力改革があるとする、その動因とスコープは、図-Ⅲ.4.3.1で示した「1」で示した動因とスコープをもつべきであり、放射性廃棄物処分のコンセプトも、この輪の中から生まれるべきである。

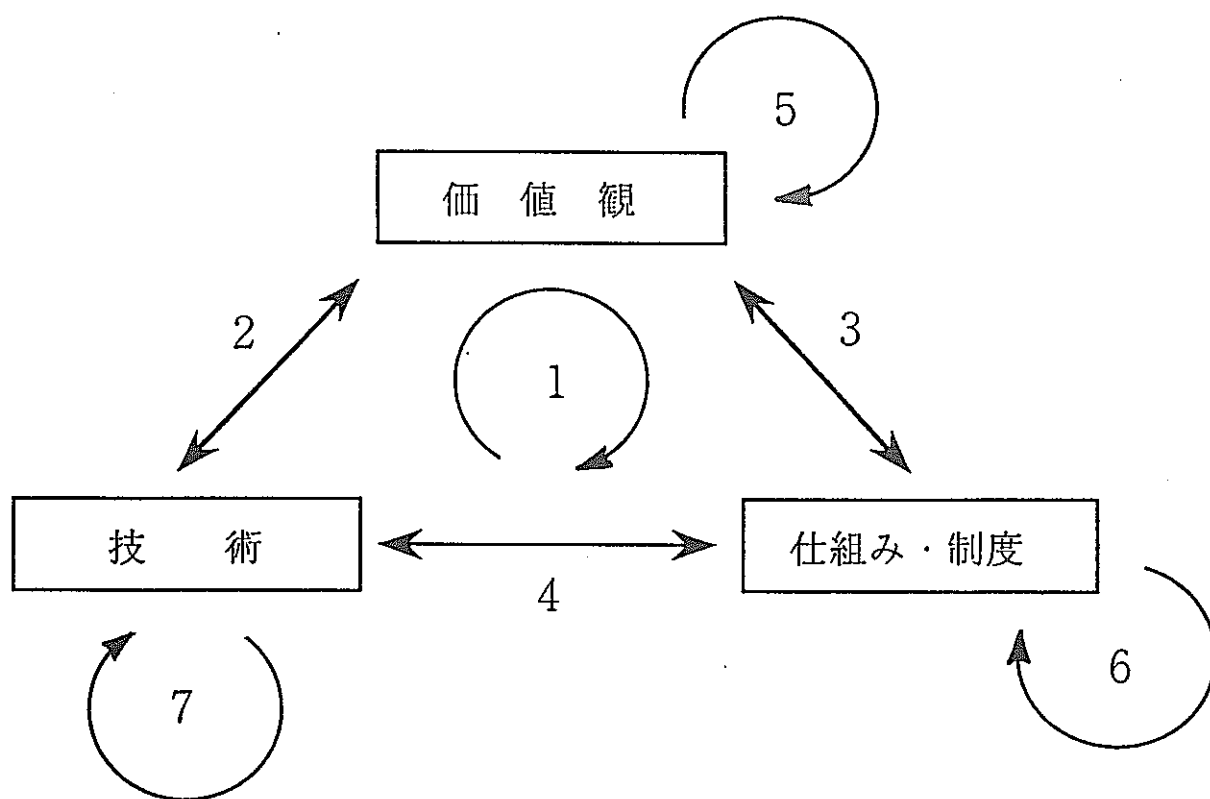


図-Ⅲ.4.3.1 変化・改革の動因とスコープ

(久保川氏の資料による)

### (3) 世界的な規模での社会の変革

今年度は、「新世代社会システム構築論から見た「沿岸海底下地層処分コンセプト」と題する論文で、最近の社会の変化、すなわち、世界的な規模での社会の変革に関連して、どのような転換が起きようとしているかから出発して、最後に、具体的なマネジメントの手法を提案している。(本報告書の第Ⅱ部、1. 2 参照)



#### 4. 4 まとめ

以上、沿岸海底下地層処分について、技術面および社会面（特に法律面）の検討から得られた知見を述べた。沿岸海底下地層処分コンセプトに対する基本的な要請は、それが、安全面、法律面等の第一義的要件を満足する可能性があるかどうかにある。先ずその点を念頭に上述の知見を整理してみたい。

##### (1) 安全性について

技術的知見をまとめると、大筋では以下のとおりであり、沿岸海底下地層処分の安全性について否定的なものはなかったと言える。

- ① 沿岸海底下の地質は、大きく言えば大陸棚の地質で、基本的には表層部を除き、近隣する陸地の地質と変わらない。
- ② 大陸棚の第四紀の構造運動、あるいは、長期的海面変動は、広域的にはむしろよく調査され、かつ、解明されており、それらの変動の大きさは、地層処分にとって、対応可能な範囲内にあると考えられる。
- ③ 理論的には、沿岸海底下の水理地質的条件はよいと考えられている。限られた例であるが、我が国の海底炭鉱の調査結果は、海底下に地層処分に望ましい水理地質的条件が長期間存在したことを示唆している。
- ④ 地下水の地球化学的性質としては、未固結堆積物中の間隙水と基盤の地下水に大別され、基盤の地下水は、陸地の地下水と同じ範疇に属し、水の移動がなければ、安定した還元性の環境が保持されるものと考えられる。
- ⑤ 安全面について言えば、我が国のように島国においては、核種の可能な移行経路、水理地質条件等からみて沿岸海底下地層処分が陸地の地層処分に比較して有利とする考え方も成り立つ。

## (2) 工学的実現性

海底下の土木工学面の経験および実績等について、系統的な調査研究を行った結果、沿岸海底下地層処分施設的设计および建設の技術的実現性について、否定的な事実は見出せなかったと言える。

## (3) 法律的实现性

沿岸海底下地層処分が法律的にみて成立しうるか否かについては、「国際法および国内法からみて、決定的な法的障害は存しないと解される」という結論が得られた。

## (4) 社会的受容性

今日、我々が当面している原子力あるいは技術の社会的受容の問題を検討した結果、この問題の解決は、我々の社会で進行中の「パラダイム・チェンジ」への対応なしには不可能であるということが分かった。このことは、地層処分コンセプトへの要件とコンセプトの評価の基盤を何処に求めるべきかについての重要な示唆を与えているものと思われる。

以上を基に次の第5章では、本調査研究の趣旨に沿って、さらに沿岸海底下地層処分コンセプトの評価を進めることとする。

## 5. 沿岸海底下地層処分コンセプトの評価

第3章において地層処分コンセプトへの要請および評価の手掛かりについて検討し、それを基に、以下の視点から沿岸海底下地層処分の評価を行った。

- ① 我が国の廃棄物問題の解決への寄与
- ② 我が国の地質環境への心配の解消への寄与
- ③ 我が国の地層処分場の立地問題の解決への寄与
- ④ 沿岸海底下地層処分の欠点

### 5. 1 廃棄物問題解決への寄与の視点から

#### (1) 我が国の廃棄物問題の現状

一般的に言って、廃棄物問題は我が国でも環境問題の一つと考えられるようになった。このために、廃棄物のリサイクルが重視されているが、如何にリサイクルが進んでも、廃棄物の処分は避けることは出来ない。現在の処分方策は、陸上の埋立および海洋埋立のみであり、これらの対策は、そのままでは何れも将来への展望を欠いている。その理由は、

- (イ) 長期的な安全問題（あるいは、環境問題）に対応出来ないことと、
- (ロ) 処分場の立地が極めて困難になってきているためである。

#### (2) 沿岸海底下地層処分と廃棄物問題、地下空間利用

地層処分は、廃棄物問題の解決の基礎となり得る、潜在的適用範囲の広い技術であり、さらに、沿岸海底下地層処分はまた、沿岸海底下という新しい地下空間利用への道を開くものである。すなわち、

- ① 日本は、極めて長い海岸線に恵まれており、大陸棚の面積は陸地の約80%におよぶ。
- ② しかも、沿岸海洋地域は、私的所有者のいない土地あるいは空間である。
- ③ また、海岸の環境保存は、ますます国民の悲願であるのに対し、
- ④ 沿岸海底下の空間の利用は、基本的には海岸の保存と両立する。

### (3) 我が国の廃棄物問題解決への寄与

以上により、沿岸海底下地層処分の開発は、単にHWLの処分問題の解決に資するだけでなく、我が国の社会が当面している「廃棄物問題」の解決に寄与する潜在的可能性をもったコンセプトである。沿岸海底下地層処分の「廃棄物問題」解決への寄与は、あくまで潜在的可能性であって、決して即効的なものではない。(イ)地層処分は、地下において有害物を長期的に隔離するための適用性の広い技術を基礎とした処分方法であること、(ロ)有害廃棄物の処分には、地層処分と同様な長期的安全の確保が、近い将来、要求されると予想されること、(ハ)今日我が国で、廃棄物処分のために利用している場所、あるいは、空間を今後継続して利用することは、上述の状況から難しいと考えられることを想定すると、今日の時点で、既に、このような性格を持った「廃棄物問題」の研究開発が必要な段階に入っていると言える。このような意味において、沿岸海底下地層処分コンセプトの研究は、「廃棄物問題」解決に寄与する可能性があると言えるのである。

## 5. 2 地質環境への心配解消への寄与の視点から

### (1) 我が国の地質環境の特性と心配

我が国の地質環境は以下のような理由により地層処分に対して「適切ではないのではないか」としばしば言われており、この中の少なくとも一部は、一般市民にとっても心配の一つとなっている。

- (イ) 日本の地質環境は変化（空間的）が激しい。
- (ロ) 日本の地層は不均質である。
- (ハ) 日本は地質的に変動帯に属する。（地震、断層運動、火山活動等）

### (2) 上述の特性、心配に対する対策

これらの問題の解決は、日本の地層処分研究開発の重要な課題の一つであり、様々なアプローチのもとに研究が行われている。（イ）地層処分環境の特性調査技術の研究開発、（ロ）日本に適した工学バリア・システムの研究開発および、その性能評価等の中には常に、上述の対策の探究が含まれている。しかし、我が国に一般的に存在する自然条件の中に、上述の対策として活用できるものを追求することも、重要なアプローチの一つである筈である。

### (3) 沿岸海底下地層処分とその地質環境条件（特に水理地質）

- ① 地層処分にとって好ましい地質環境をもつサイトを考える上で、水理地質条件は本質的であるとされている。
- ② そのために、透水性の小さい地層（岩体）と、動水勾配が小さい地域が求められる。（もし確実性が保証されれば、上述の何れかが満足すればよい）
- ③ 一般的に、地層処分に必要な規模の地層（岩体）について、その透水性が小さいことを確実に保証することは困難である。（透水性の空間的分布の精密な測定を

するのは、実際的には難しいとされている)

- ④ しかし、沿岸海底下は、広域的にみて動水勾配が殆ど零な空間であると考えられている。(しかし、日本の調査研究では未だ確かめられてはいない)
- ⑤ すなわち、詳細は今後の調査研究により解明される必要はあるが、沿岸海底下には、本質的に、地層処分にとって好ましい水理地質的条件が存在する可能性がある。
- ⑥ 変動帯の問題として特に注目される断層運動により、地層中の透水係数の分布が変化したとしても、基本的には、沿岸海底下での地下水の大きな移動には結び付かない可能性がある。

#### (4) 日本の地質環境に関する技術的懸念の解決への寄与

沿岸海底下地層処分は、その水理地質的特性の解明が現実に進むことにより、我が国の地質環境に対して広く存在している懸念を解消するのに寄与し得る可能性がある。また、我が国の領土でありながら、殆ど未知、未利用である沿岸海底下の地質環境条件を解明することは、高レベル放射性廃棄物の地層処分に限らず、将来の環境問題への対応を可能とする、我が国(島国)の国土あるいは空間の合理的活用への道を開くものと考えられる。

### 5. 3 処分場の立地問題解決への寄与の視点から

#### (1) 処分場の立地問題

地層処分場の立地は、各国がこの分野で共通して遭遇している最も複雑で困難な課題であり、処分場の立地を困難にする社会的要因の一つは、地域の人々が不条理と考えざるを得ない不公平感にあると考えられている。

#### (2) 沿岸海底下地層処分と立地問題

- ① 沿岸海底下地層処分は、原子力施設のある地域、あるいは、その近くに、処分場の立地（Colocation）を検討することを可能にするコンセプトであると言える。  
（我が国の原子力施設は、殆ど沿岸地域に設置されている）
- ② 沿岸海底下地層処分は、高レベル放射性廃棄物の陸上輸送に伴う、リスクと関連地域住民の不安を軽減することが出来る。
- ③ 原子力施設の長期にわたる適切な操業と関係者の対話によって、もし周辺住民の原子力および微量な放射能についての理解と経験が蓄積するとすれば、それは、地層処分の安全性をより理解し易くする方向に働くものと考えられる。
- ④ 原子力と無関係な地域に処分場を立地する場合には、地域住民の気持ちに不公平感が生まれ易い。

#### (3) 地層処分場の立地問題の解決への寄与

以上の理由により、沿岸海底下地層処分は、我が国における地層処分場の立地に伴う人々の不公平感を少なくするとともに、廃棄物の輸送に伴う社会的摩擦を軽減できる可能性を持つものと言える。

#### 5. 4 沿岸海底下地層処分の欠点

沿岸海底下地層処分コンセプト、あるいは、さらに広く地層処分の沿岸立地については次のような欠点を伴うことが考えられる。

##### ① 海洋汚染のイメージ

このようなコンセプトは、一般市民に対して海洋汚染のイメージを惹起し易く、このために、沿岸海底下地層処分は、社会的な受容が難しくなる可能性がある。

##### ② 漁業者との摩擦

上述の海洋汚染のイメージにより、漁業者との摩擦が起こり、このことが本コンセプトの研究開発および実施の進展の大きな障害となる可能性がある。



## 5. 5 その他

沿岸海底下地層処分では、陸地と異なり、(イ)原則として浸食が無いこと、(ロ)人間の侵入がより難しくなることから、地層処分場を設置する深さに対する制約が小さくなると予想される。このことが、地層処分コンセプトの「柔軟性」を大きくする問題を、本調査研究の委員会に、事務局から提出し討議したが、多くの委員は、これを利点とみることに對して否定的であった。しかし、小島氏(東大)のコメント(第Ⅱ部参照)では別の意見が述べられており、これはなお、今後の検討課題と考えられる。

## 6. 結論

### (1) 地層処分コンセプトの検討について

我が国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発は、初期の一般的研究の段階が終了し、我が国で実現しうる具体的な地層処分方法を確立するため、新しい研究開発プログラムを検討すべき時期を迎えている。その際、最も重要な課題は、(イ)第1に、如何にして研究開発の重点を絞るかであり、(ロ)第2に、如何にして、地層処分の研究開発に対する、広い国民的な理解と協力を得るかという2つである。本調査研究では、この2つの課題に応えるために必要な対策の一つとして、専門家と一般市民が理解し、共有できる「日本の地層処分コンセプト」を持つことが極めて重要であると考えた。

### (2) 地層処分コンセプトへの要請とその評価について

地層処分に関する「社会的受容」の問題についての各国の経験、および、地層処分の周辺領域の調査を基に、我が国の地層処分コンセプトに対する要請とそれを評価する手掛かりを検討した結果、第一義的な要件としての安全性に加えて、(イ)我が国の社会へのメリット、(ロ)人々の安心と信頼性、(ハ)公平性に注目し、具体的な評価の視点を定めた。

### (3) 沿岸海底下地層処分について

日本の地層処分コンセプトの一つの例として、沿岸海底下地層処分を取り上げ、関連する間接的な情報を検討し、上述の(2)に示す視点から評価を行った。海洋汚染のイメージに対応できる積極的で有効な対策がとられることを前提とすれば、沿岸海底下地層処分は、日本のコンセプトの一つとして極めて有望である。このコンセプトを本格的に研究するかどうかの判断は、適切な地下研究施設による研究の成果をみて行うのが妥当であると考えられる。

## 7. 参考文献

- 1) Rethinking High-Level Radioactive Waste Disposal, A Position Statement of the Board of Radioactive Waste Management, National Research Council(1990).
- 2) Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques: Rapport sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité, par M.Christian Bateille, Député (1990).
- 3) Proc. Workshop on "Principles of Radioactive and Other Hazardous Wastes", Swedish Ministry of Environment and Energy, Stockholm, 1989.
- 4) Bengtsson G ; Can the Same Principles be Used for the Management of Radioactive and Non-Radioactive Waste ?, presented at the International Symposium on the Safety Assessment of Radioactive Waste Repositories, Paris 9-13 October 1989.
- 5) Chapman, N.A., et al.; Geological Environments for Deep Disposal of Intermediate Level Wastes in the United Kingdom, IAEA-SM-289/37, Proceedings of IAEA Symposium on Siting, Design and Construction of Underground Repositories of Radioactive Wastes (1986).
- 6) NEA : Feasibility of the Sub-Seabed Disposal of High Level Radioactive Waste, Nuclear Agency of the OECD, 1988.
- 7) 米倉伸之; 第四紀の海面変化とその将来予測 (1987).
- 8) 菊地秀夫, 近藤寿, 黒田秀隆 : 三池炭鉱の坑内水, 松下久道教授記念論文集(1971).
- 9) 佐藤松男, 佐藤進 : 太平洋炭鉱における切羽出水に関する研究 (第3報), 日本鉱業会誌, 96 [1108], (1980).
- 10) Hill, M. D., and G. Lawson : An Assessment of the Radiological Consequences of High-Level Waste in Coastal Geological Formations, NRPB-R 108, National Radiological Board, HMSO, London (1980).

## 第IV部 考察と提案

## 第IV部 考察と提案

本年度の調査研究は、既に述べたように、(イ)本年度の個別的課題についての調査研究と、(ロ)本年度の調査研究を含めて約5年間の成果をまとめて、「中間とりまとめ」を作成することの2つの部分より構成されている。

上述の(イ)および(ロ)を念頭において、今年度の成果の中から主要な問題点を考察し、今後の調査研究について提案したい。

### 1. 考察

#### (1) 地層処分コンセプトの包括的な把握

本調査研究において、地層処分コンセプトは、地層処分の技術および社会の両面からの基本構想であると定義したが、沿岸海底下地層処分では、コンセプトを包括的に取り扱うことは出来なかった。たとえば、工学バリアシステムには、全く触れていない。我が国の研究開発プログラムでは、既に、研究開発の重点の一つを工学バリアシステムに置いているので、本調査研究では、その成果を活用しうることを前提としている。しかし、その他にも、重要なコンセプトの要素があり得るので、今後は、地層処分コンセプトを包括的に検討する方向に進む必要があると考えられる。

#### (2) 沿岸海底下地層処分と沿岸地層処分

本調査研究では、検討の対象を「沿岸海底下地層処分」に限定したが、より具体的なデータにより、対象を限定することが可能になるか、あるいは、必要になるまでは、沿岸立地の地層処分を全て包含するコンセプト、すなわち、「沿岸地層処分」に幅広く注目することが研究の順序および社会的理解の2点から望ましいと思われる。

### (3) 沿岸地層処分と海洋汚染

沿岸地層処分は、常に海洋汚染のイメージと結びつき易い。もし、沿岸地層処分が、海洋汚染を起こす可能性の高いコンセプトであるとすれば、我が国で社会的に受入れられる見込みは到底あり得ない。しかし、我が国のような島国では、人口は沿岸部に偏在しており、非放射性廃棄物の処分を含む人間の活動は、常に何らかの海洋汚染を起こしていると思われるべきである。従って、その実態を把握して必要な対策をとることは、我が国としては本来、不可欠な措置であると言える。一方、沿岸地層処分は、沿岸環境の汚染のメカニズムを解明することにより、その長期的安全性の確保を指向する新しい技術である。沿岸地層処分の研究開発は本質的に、海洋環境の汚染防止に寄与する性格を持った研究であることを、常に内外に明らかにしてゆくことが重要である。

### (4) 廃棄物と環境問題の理解のしかた

放射性廃棄物、あるいは、高レベル放射性廃棄物の処分の問題を、極めて特殊な問題とする考え方は、広く存在している。しかし、放射性廃棄物の問題を、一般的な意味での廃棄物問題の一つとする理解は、既に、Polvani 報告書(1977)の段階にもあったことである。本報告書では、後者の立場をとった。現実の廃棄物、特に有害廃棄物の処分の状況、研究開発の動向に注目するとともに、さらに、この問題に関する関係者相互の対話が必要である。

### (5) 社会のパラダイム・チェンジと社会的受容

地層処分の社会的受容を、社会のパラダイム・チェンジという根本的な観点から理解することが、極めて有効であることは、本調査研究に参加した関係者が改めて認識した点であり、大きな成果であったと言える。今後も、この線に沿った検討の継続が必要である。

## (6) 地下研究施設と地層処分コンセプトの関連性

「日本における地下研究施設の役割について」の今年度の調査研究によって、この問題のほぼ全容を理解することが出来るようになった。地下研究施設における研究が、地層処分コンセプトと密接に連携している必要があるとする認識は、我が国における今後の地下研究施設に関連した研究プログラムに重要な示唆を与えるものと思われる。

## 2. 提案

- (1) 日本の地層処分コンセプトに関する調査研究は、上述の考察をベースにさらに継続することが望ましい。その際、我が国内外の諸条件とその変化、特に地層処分の国際的枠組みとその進展にも考慮を払う必要がある。
- (2) 我が国における、少なくとも、最初の地下研究施設は、専門家と一般市民が理解し、共有することが可能な地層処分コンセプトの確立のために計画、設置される必要があると考えられる。
- (3) 我が国における地層処分場は、本調査研究の成果からみても、高レベル放射性廃棄物の輸送に伴う、人々の心配に対する対策という点のみからみても、沿岸立地が、一つの選択肢であることは明らかであるので、さらに調査研究を継続する必要がある。