

本資料は 17年 8月 9日付で
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(IV)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1992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。については、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合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

5/30
限 定 資 料
PNC ZJ1521 92-001
1992年 2月

日本における地層処分コンセプトの評価研究(IV)

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、本調査研究の初年度（昭和63年）には、日本の地層処分コンセプトの一つとして、沿岸立地の地層処分、すなわち、沿岸海底下地層処分のコンセプトを提案した。本年度はその第4年目であり、同コンセプトの成立と評価に密接に関連する4つの課題を取り上げて検討を行った：①水理地質－海底炭鉱の調査結果の検討－、②土木工学－海底下の地下施設の施工技術の検討－、③地下空間利用の現状と動向の検討、④バタイユ報告書の検討。

その結果、日本の沿岸海底下の水理地質的条件の実態等について有意な知見が得られるとともに、地層処分コンセプトの評価の根底にあるべき重要な視点を明確にすることが出来た。

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：030D0102

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 増田 純男

*：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 92-001
FEBRUARY, 1992

Geological Disposal Concepts of Japan (IV)

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 still 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. As a candidate geological disposal concept of Japan, we proposed "coast-offshore geological disposal" in 1989. This year, we studied four items which were closely connected with the basis of this concept:hydrogeological aspects (an investigation of a sub-marine coal field in Japan);civil engineering aspects; current status of utilization of underground space in Japan;and analyses of a french official report by Mr. C. Bataille (1990). Information we got in these studies principally support this concept. We recognized that the french official report gave us a basic stand-point from which we should evaluate geological disposal concepts reflecting the requirements of our society.

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 Sumio Masuda

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

目 次

第Ⅰ部 総論	1
1. 序論	3
2. 課題とアプローチ	4
3. 沿岸海底下地層処分に関する調査研究	6
3. 1 水理地質 一海底炭鉱の調査結果の検討一	6
3. 1. 1 序	6
3. 1. 2 太平洋炭鉱の調査結果の概要	7
3. 1. 3 水理地質検討会における検討	9
3. 1. 4 考察とまとめ	12
3. 1. 5 平成2年度報告書の訂正	13
3. 2 土木工学 一海底下の地下施設の施工技術の検討 一	14
3. 2. 1 序	14
3. 2. 2 海底下の地下施設の施工技術の検討	14
3. 2. 3 考察とまとめ	15
3. 3 地下空間利用の現状と動向の検討	17
3. 3. 1 序	17
3. 3. 2 地下空間利用および海洋空間利用の枠組み	17
3. 3. 3 考察とまとめ	20
4. バタイユ報告書の検討	22
4. 1 序	22

4. 2 バタイユ報告書の概要	23
4. 2. 1 報告書の性格	24
4. 2. 2 報告書の構成	24
4. 2. 3 報告書各章の大筋の内容	26
4. 3 バタイユ報告書についての専門家の意見の要点	35
4. 4 地下研究施設についての専門家の意見の要点	36
4. 5 考察とまとめ	37
 5. 考察と提案	40
5. 1 本年度の成果の考察	40
5. 2 提案	41
 6. 参考文献	42
 第Ⅱ部 各論	43
 1. 太平洋炭鉱の水理地質	45
1. 1 太平洋炭鉱鉄路炭田の地下水に関するコメント	45
小島 圭二（東京大学）	
1. 2 太平洋炭鉱の水理地質に関するコメント	48
大西 有三（京都大学）	
1. 3 太平洋炭鉱の坑内水についてのコメント	49
下山 俊夫（元三井鉱山株式会社）	
1. 4 太平洋炭鉱の坑内水について（中添氏講演内容）	50
中添 亮（太平洋炭礦株式会社）	
中添氏講演資料	66

2. 沿岸海底下地層処分における処分場の地下施設の施工技術に関する検討	95
鹿島建設株式会社 土木設計本部	
3. 地下空間利用および海洋開発の現状と動向の検討	144
佐藤 富男（財）エネルギー総合工学研究所	
4. バタイユ報告書の検討	180
4. 1 地下研究施設の重要性とクリスチャン・バタイユ議員報告書	180
田中 知（東京大学）	
4. 2 バタイユ報告について	184
久保川 俊彦（熊野村総合研究所）	
4. 3 バタイユ報告にみられる法律上の問題	192
植村 栄治（成蹊大学）	
4. 4 「クリスチャン・バタイユ議員による高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」の地質学的見地からの検討	200
歌田 實（東京大学）	
5. HRL(Hard Rock Laboratory) の検討	205
5. 1 HARD ROCK LABO. に関するコメント	205
小島 圭二（東京大学）	
5. 2 HARD ROCK LAB についてのコメント	208
大西 有三（京都大学）	
Appendix	211
Appendix-1 太平洋炭鉱における切羽出水に関する研究（第3報）	213
—— 含水層と含水層中の貯留ガスについて ——	
佐藤松男、佐藤進著	
日本鉱業会誌／96 1108('80-6)391<19> ~396<24>	
Appendix-2 平成2年度報告書の訂正	219

第一部 総論

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を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と言える。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ういうものかをコンセプトのレベルから問い合わせ、我が国では如何なる処分対策が適切かについて、包括的な観点から調査研究を行うことは、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、我が国に適した地層処分コンセプトの一つとして沿岸海底下地層処分の検討を行ってきた。今年度は、その第4年目として、4つの検討課題を取り上げて調査研究を実施した。4つの課題の中、3つは沿岸海底下地層処分に係わる技術的課題であるが、他の1つは、地層処分一般に広く関係する基本的課題である。これらの課題の内容とアプローチについては、次章で改めて説明する。なお、本報告書で使用する「地層処分コンセプト」とは、技術および社会の両面の考慮を含む地層処分の構想、あるいは、基本構想という意味である。詳しくは昭和63年度報告書を参照されたい。

報告書は第I部の総論と第II部の各論から構成されており、第I部では各論をもとに今年度の調査研究全体の成果を総括して記述した。今年度の技術的課題の一つは昨年度に引き続き、海底炭鉱における水理地質の検討であるが、同種の研究が少なくなった今日では公表された文献入手することは、事実上困難であることが判明したので、本調査研究で特に引用した文献の一つを原文のまま Appendix に収録した。

2. 課題とアプローチ

今年度の調査研究では、沿岸海底下地層処分コンセプトの技術面の個別的課題3つと地層処分コンセプトに広く係わる共通課題1つを取り上げた。それぞれの課題の眼目と本調査研究でとったアプローチは次のとおりである。

課題－1 水理地質－海底炭鉱の既存の調査の検討－

沿岸海底下地層処分コンセプトの成立の技術的基礎は、沿岸海底下に、地層処分のために好ましい水理地質的条件が存在するか否かにある。理論的には、そのような条件が期待出来ると考えられているが、問題はそれを裏付ける事実があるかどうかにある。昨年度は我が国の沿岸海底下の水理地質的条件の実態を把握する一つのアプローチとして、我が国の海底炭鉱について行われてきた既存の調査研究に注目した。具体的には、三井三池炭鉱の海底下の水理地質の調査結果を検討し、沿岸海底下地層処分の観点から、興味深い事実が明らかになった。今年度は、同様のアプローチに沿って、海底炭田の開発に長い実績のある北海道の太平洋釧路炭鉱を取り上げることとした。

(2) 課題－2 土木工学－海底下の地下施設の施工技術の検討－

沿岸海底下地層処分の土木工学的側面については、初年度は、問題の概観を行い、以後の2ヶ年は、土木工学施設を取り上げた。第4年目である今年度は、土木工学の基本的な要素の一つである施工技術について調査を行った。すなわち、課題－2として、海底トンネルの施工実績等に注目し海底下の地下施設の施工技術の現状と動向について検討することとした。また、今年度もこの課題については、昨年度と同様、鹿島建設（株）の技術者の組織的なご協力を頂けることとなった。

(3) 課題－3 地下空間利用の現状と動向の検討

地層処分が地下利用の一形態であるとすれば、沿岸海底下地層処分は、日本における地

下利用の中でどのように位置づけられるだろうか。沿岸海底下地層処分を、日本の地層処分コンセプトとして評価するためには、この点を明確にしておくことが必要であると考えられる。我が国では、地下空間利用および海洋開発については、既に多くの検討がなされており、両者ともニューフロンティアと考えられ、社会的関心の極めて高い領域である。非常に大枠みに言えば、沿岸海底下地層処分コンセプトは、この2つの領域の交差する部分に位置していると考えられる。従って、この2つの領域の我が国における現状と動向を調査しそれらとの関連を明らかにすることにより、沿岸海底下地層処分コンセプトの位置づけをより明確にすることが出来るものと思われる。今年度はこれを課題－3とした。

(4) 課題－4 バタイユ報告書の検討

昨年度、本調査研究で取り上げた米国のNRC報告書は、米国の長年の地層処分のプログラムについての反省を基に改善策を提言したものであり、我が国にとっても極めて貴重な報告書であった。1990年12月には、フランスにおいて、いわゆるバタイユ報告書が公表された。バタイユ報告書は、フランスにおける地層処分の研究開発を処分の実施に移行する過程における経験と反省を基に将来の活動についての提言を行ったものである。

上述のような地層処分の実施に向かっての移行過程で当面する諸問題に如何にして対応するかは、今日、各国の共通した課題となっている。本調査研究の目的は、日本の諸条件に合致した地層処分を、コンセプトのレベルに戻って追求することであるが、実現性の高い地層処分コンセプトを確立するためには、上述の移行過程の検討とその成果を、コンセプトに何らかの形で反映することが必要であると考えられる。

このような考え方に基づき、今年度は、課題－4として、このバタイユ報告書を取り上げ、その内容を分析し、我が国で参考とすべきところを明らかにすることを試みた。

3. 沿岸海底下地層処分に関する調査研究

3. 1 水理地質－海底炭鉱の調査結果の検討－

3. 1. 1 序

沿岸地域に広がる地層中の地下水の性質について次のような推論が行われている。すなわち、（イ）地下水は、内陸から海の方向に流れ、（ロ）海岸の近傍には淡水と塩水の境界－塩淡境界－が存在するだろう。また、（ハ）その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、水の殆ど停滞するような水理地質的条件が広範囲に存在するものと考えられる。さらに、（ニ）その部分の水は、たとえ海洋に放出されても、そこでは大量の海水によって希釈をうけるだろう。このような水理地質的条件を持つ沿岸地域（空間）は、放射性廃棄物を定置するために、安全面から好ましい場所の一つである可能性がある。

沿岸海底下地層処分コンセプトの評価研究では、日本において上述のような水理地質的条件が、実際に存在し得るかどうかについて、単なる推論ではない実態に基づいた見通しが得られるかどうかが、技術面の課題となる筈である。

この課題に対するアプローチの仕方について、我が国の水理地質の専門家による検討を頂き、海底炭鉱の過去の調査結果の活用が、今日の段階で、有力かつ実現可能な方法であるという示唆を得ることが出来た（1990年度報告書参照）。

昨年度はこのアプローチに沿った具体的な調査対象として、三池炭鉱を取り上げ、極めて貴重な情報を得、この問題に関する理解を深めることができた。今年度は、同様なアプローチに従い、北海道、太平洋釧路炭鉱を取り上げることとした。

本研究にあたって、昨年に引き続き下山 俊夫氏に御援助を頂くとともに、今年度は、太平洋炭礦株式会社保安生産部、地質担当部長、中添 亮氏から貴重な御協力を賜った。

3. 1. 2 太平洋炭鉱の調査結果の概要

太平洋炭礦株式会社釧路鉱業所では、昭和11年以来、度々切羽からの出水が起こり、場合によっては、切羽・坑道を水没するというようなことが起こった。このために、如何にして出水を予測し、適切な対策を執るかは、鉱山の運営上からも極めて重要な問題となった。このような背景の基に、この地域の海底下の水理地質について長期にわたる調査が行われた。以下は、公表されている報告書^{1) 2) 3)}（以下、佐藤論文と略称する）による調査研究の成果の概要である。

(1) 調査結果の概要

- ① 釧路炭田は、白糠から釧路にわたる東西100数10kmの北海道では最大の炭田で、昭和21年以降、海底部の探査が開始された。
- ② 釧路炭田の基盤は根室層群で、当初は白亜紀とされたが、今日では、晩新世の地層とされている。この地域では、根室層群の上部の地層は汐見層と呼ばれ、厚さ約150m程度のシルトー砂岩の互層で海成層である。
- ③ この上に来る第三紀層は、地質構造的に見て、断層でブロッキングはしているが、総括的には南西に緩やかに傾斜（4°～6°程度）する同斜構造できれいに成層している。
- ④ 汐見層の上には、浦幌層群という古第三紀層がのっており、釧路地方では、その上の地層が次如し、すぐ釧路層という第四紀層となる。
- ⑤ 浦幌層群の細部に注目すると、汐見層の上に、固結度の高い厚さ数mの礫岩層がありその上に春採夾炭層が来る。釧路炭鉱では、この春採夾炭層に含まれる炭層を採炭している。春採夾炭層の厚さは、約85mから96mで、局部的には約120mの部分も存在する。
- ⑥ 採炭可能な炭層は3枚で、上層炭、本層炭、下層炭と呼ばれ、本層炭と下層炭の間に厚さ約1m余りのゼオライト質の凝灰岩層がある。この凝灰岩は非常に固く、現場では珪岩と呼ばれる程で、モリブデナイトが多いところで60%含まれている。
- ⑦ 昭和21年には、陸上部で小規模の切羽出水がおこり、昭和22年～29年には、

海底部で、次第に規模の大きい出水が起こった。出水の規模は、 $1\text{m}^3/\text{分}$ ～ 7m^3 であった。

- ⑧ 昭和30年に、10本の水抜井を設置、水位および水質の測定を行った。今日までに掘削した水抜井は約60本に及んでいる。
- ⑨ 切羽出水をもたらす含水層は、当初、春採層であるとされていたが、後、含水層は主として汐見層であることが明らかにされた。佐藤進氏による論文、第1報および第2報に、この問題が論じられている。^{1) 2)}
- ⑩ 次の図-I. 1は、切羽出水、水抜井の水の初期C1値の地域分布および含水層の水位を示したもので、これを太平洋炭鉱における切羽出水に関する調査研究の成果のまとめと見なすことが出来る。

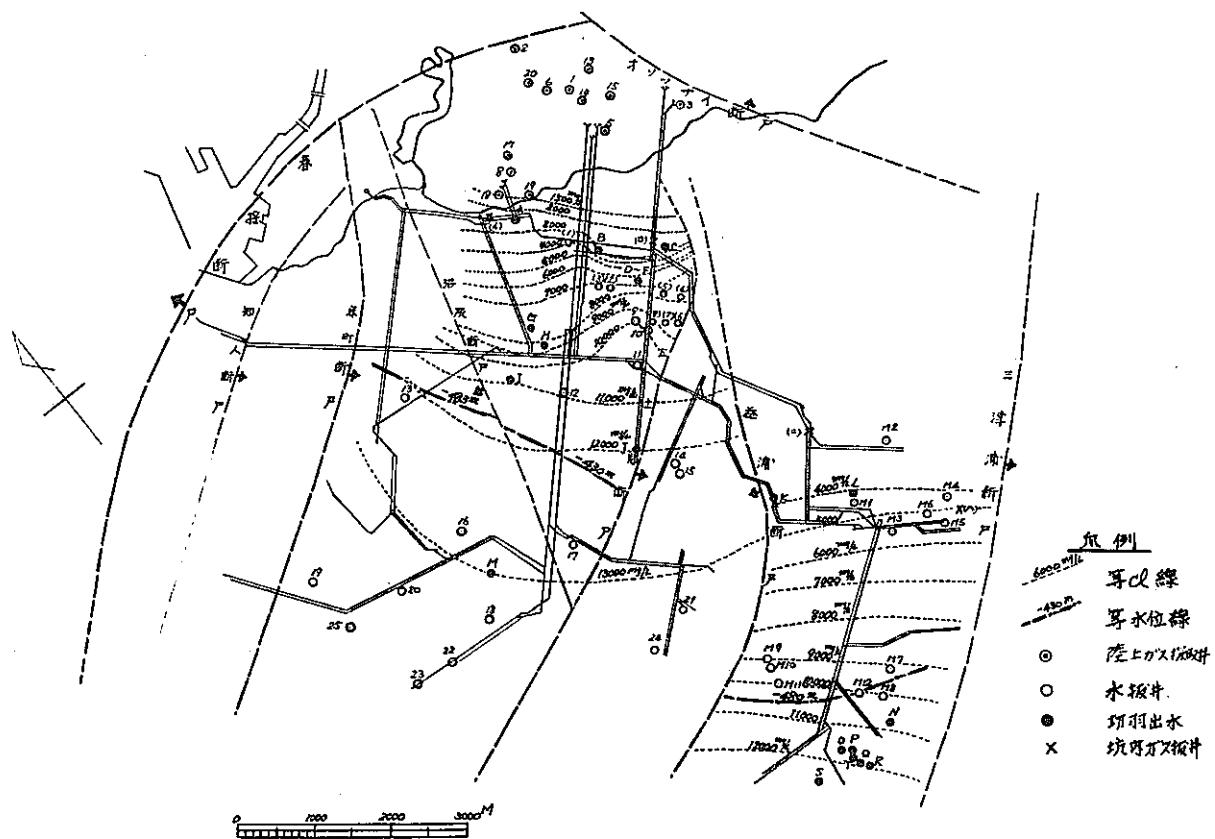


図-I. 1 含水層中の地域分布および含水層中の水位³⁾

(2) 最も注目された調査結果

釧路炭田における水理地質の調査結果で、最も注目されたものは、基盤水（化石水）における塩素濃度の規則的な分布であり、それに関連する佐藤論文³⁾の記述は次のとおりである。

- ① 化石水中の塩素およびカルシウム濃度は、深度の増大とともに増加の傾向を示し、また各湧出孔の塩素濃度も、時間経過によって増大する。
- ② 現在までの切羽出水、水抜井の初期C1値の分布は先の図-I. 1に示されている。
- ③ 上述のC1値の分布によれば、米町断層-益浦断層間のブロックでは、このブロックが2本の断層で区切られているにもかかわらず、等C1線が地質構造の一般傾向に沿った形を示している。
- ④ これに反して、益浦断層-三津浦断層間の南益浦地域では、等C1線の一般傾向は同じであるが、益浦断層を境として等C1線が大きくずれて分布している。
- ⑤ 米町断層-益浦断層間の区域では、浅い区域では等C1線の間隔が狭く、深部では間隔が広くなり、現在の最深部では、ほぼ1300mg/lで一定値を示している。

3. 1. 3 水理地質検討会における検討

平成3年11月8日、太平洋炭鉱の坑内水についての調査結果に関する検討会を開催した。すなわち、同調査結果を基にすると、北海道の釧路地区における海底の水理地質的条件とその長期的变化について何が言えるかという問題である。検討会では、先ず中添氏の講演があり、その内容に基づいて討議を行った。本検討会に参加された専門家の方々は次のとおりである。

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

下山 俊夫 元三井鉱山株式会社

中添 亮 太平洋炭礦株式会社保安生産部地質担当部長

(1) 中添氏講演の要点

今回の中添氏の講演は、上述の佐藤論文を包含し、さらに最近の調査結果を踏まえたもので、以下はその要点である。なお、佐藤論文中の化石水は、中添氏講演の基盤水に相当する（同講演全体の記録は、各論に収録してあるので参照されたい）。

- ① 化石水は、根室層群の汐見層と浦幌層群にあり、含水層の主体は汐見層である。含水の規模について言えば、浦幌層群は汐見層の10分の1以下である。汐見層の含水の機構は地層の裂隙である。
- ② 坑内水の水質は、基盤水および天盤水に2分される。塩素濃度は、天盤水は基盤水より若干低い。また、天盤水は基盤水に比べて、Caイオンが非常に少なく、Mgイオンが多い。
- ③ 春採層中部の凝灰岩と頁岩は不透水性であり、水に対して遮蔽層として働く。
- ④ 益浦断層に限らず断層は全て遮断断層として機能してきたと考えられる。
- ⑤ 第四紀層から坑内水への給水はないと考えられる。

(2) 検討会における討議

検討会では、主として基盤水中の濃度の分布を説明するために、次の項目について討議を行った。

- ① サンプリングおよび分析の方法が妥当だったか。
- ② 掘削（排水）による影響をどの程度とみるか。
- ③ 断層は水に対して如何なる影響を与えたか。
- ④ 地層の堆積環境とその後の地層の隆起沈降は、水について如何なるミキシングを起こし得たか。

- ⑤ 外部からの陸水の影響はどの程度みられるか。
- ⑥ 第四紀層の水は何か、また、その影響は見られるか等。

(3) 専門家の意見の要点

検討会の上述の討議を基に、検討会に出席された専門家からコメントを頂いた。以下はその要点である。

小島圭二氏：上述の塩素濃度の規則的な分布を漸移帯と呼び、鮮新世の断層によって、漸移帯もそのままずれていて、断層で区切られたブロック間に同じ漸移帯のパターンが見られることから、これらの期間を通して、この化石水が全く移動していないことも示唆される。このような漸移帯ができる原因としては、様々な可能性が考えられ、現状では特定できない。今後、水の年代測定等の調査が行われることが望ましい。

大西有三氏：釧路炭田の水理地質は、地質状況以上に複雑であるように思われる。これらの事例が貴重なデータを提供していることは確かであるが、今後は、地層区分という目的に沿った調査方法の検討が必要である。

下山俊夫氏：汐見層が坑内水の主要供給源であること、および、坑内水の塩素濃度が興味深い分布を示すことは認められる。しかし、これを説明するには、①浦幌層群の坑内湧水の性状と、②濃度分布を Diagenesis 後の分布と考えるか、陸水によるコンタミネーションによると考えるかの問題を明らかにする必要がある。

中添 亮氏：基盤水の塩素濃度分布（具体的には、益浦断層を境としての水質のズレ）に関しては、現状では断層の形成期にその原因を求めるを得ないと考えている。ここでいう断層の形成期とは、白糠層の時代で鮮新世と推定される。

3. 1. 4 考察とまとめ

以上、太平洋炭鉱の主として坑内水についての調査結果の検討を行ったが、次のような考察とまとめを行うことが出来る。

- (1) 釧路炭田の規模は極めて大きく、水平的な広がりは東西100km以上におよび、現在の採掘区域は海岸より約7km、海底下の深度は650mに達する。さらに、海底下での操業が1940年代から今日まで40年余りの極めて長期間継続してきたという事実は上述の規模の大きさとともに改めて注目してよい事柄である。
- (2) 三池炭田の場合と同様に、釧路炭田でも第四紀層が遮蔽層と考えられており、第四紀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、沿岸海底下に求め得ることを示している。
- (3) 沿岸海底下の水理地質が複雑であると考えることは可能である。しかし、図-I. 1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。
- (4) 上述のような塩素濃度の分布を説明するために、今回の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是、深部からの地下水の汲み上げであるという説と、②その原因是鮮新世の断層形成期にあるという説の2つであった。また、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。しかし、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。
- (5) 太平洋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を示唆していると考えることが出来る。

(6) 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。従って、上述の問題について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。

3. 1. 5 平成2年度報告書の訂正

平成2年度の報告書「日本における地層処分コンセプトの評価研究（Ⅲ）」の3.2 水理地質－海底炭鉱の調査結果の検討－において、三井鉱山の近藤氏等によって行われた、三池炭鉱の坑内水についての研究成果を検討した。その中で、最近の研究の進展について下山氏によりなされた説明の事務局の理解に誤りがあり、下山氏から訂正を頂いたので、それを本報告書の Appendix に掲載した。訂正のポイントは、近藤氏が行った「水の進化」説（1971）は、下山氏の最近の研究により変更が必要になった点にある。

3. 2 土木工学　　—海底下の地下施設の施工技術の検討—

3. 2. 1 序

昭和63年度においては、沿岸海底下地層処分コンセプトを提案するための基礎として土木技術について極く簡単な概観を行った。平成元年度および平成2年度においては、土木工学施設を取り上げた。これらに引き続き今年度は、海底下の地下施設の施工技術について、その現状と動向を調査することとした。施工技術は、今後沿岸海底下地層処分コンセプトの検討を進める際に、常に考慮すべき土木工学の最も根本的な要素の一つである。この項目についての調査研究は、昨年度と同様、鹿島建設（株）の技術者グループが分担して実施した。詳細は第Ⅱ部を参照されたい。

3. 2. 2 海底下の地下施設の施工技術の検討

(1) 今日、海底下の地下施設の代表的なものは、海底トンネルである。従って、この課題を調査するアプローチとしては、海底トンネルの施工に注目するのが最も適切であると考えられる。具体的には、次の3項目について調査研究を行い、沿岸海底下地層処分施設の施工方法に関する一つのコンセプトを提案した。

- (イ) トンネル施工技術の現状の調査および整理
- (ロ) 海底トンネルの施工実績の調査
- (ハ) トンネル施工技術の将来的な課題の考察

(2) 上述の調査研究から得られた主な知見を要約すると次のとおりである。

① 施工法の選択について

- (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、湧水の問題の対応に適するが、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について

(イ) 掘削に伴うゆるみ域の抑制が、トンネルの安定性を保つ上で重要な課題であるが、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) 湧水の予測および対策が、極めて重要であり、そのための技術開発が必要である。

(ハ) トンネル支保の問題については、支保に対する要請を明確にするとともに、新材料の開発が必要であると考えられる。

(ニ) 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ついては、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) 沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工コンセプト

標題の処分トンネルの施工に注目し、一つのコンセプトを提案した。同コンセプトは

①トンネル覆工の除去、②トンネル掘削に伴う周辺地山のゆるみの抑制、③切羽安定の確保を基本としたものである。

3. 2. 3 考察とまとめ

(1) 今後、沿岸海底下地層処分についての検討を進める場合、土木工学分野については、施工技術の進展に常に注目している必要がある。その中で特に、新材料の開発とトンネル建設のためのロボット化の発展が重要である。

- (2) 今年度は、海底下の地下施設の施工技術について、海底トンネルの施工方法について検討してきたが、沿岸海底下地層処分コンセプトで想定する地下の条件が、今日実在する海底トンネルの施工で経験した地下の諸条件と、同様と考えてよいかどうかという問題が残る。すなわち、海との直接の関係という点のみに注目した場合、海底トンネルでは、一般に、海との直接の関係を避けることは出来ない。しかし、たとえば、海底トンネルの場合より深度の大きい海底炭鉱では、対象とする地下条件が直接には現在の海とは関係がない場合があることが分かっている。少なくとも、本調査研究で取り上げた海底炭鉱の実例、すなわち三井三池炭鉱および太平洋釧路炭鉱では、地下の諸条件は、直接的には海との関係はない。今後はこの点についても検討を進める必要があるものと思われる。
- (3) 今年度はまた、沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工コンセプトの提案を行ったが、今後それをさらに発展させる作業を引き続いて実施する必要がある。

3. 3 地下空間利用の現状と動向の検討

3. 3. 1 序

我が国では既に歴史もあり、また、今日ニューフロンティアとして注目されている、地下空間利用および海洋空間利用に対して、沿岸海底下地層処分はどのように位置づけられるかについて、今年度は予備的な調査研究を行った。この問題は、沿岸海底下地層処分コンセプトを日本の地層処分コンセプトとして評価するために明らかにしなければならない課題の一つである。この課題は、当研究所の主任研究員、佐藤富男が担当し、我が国における地下空間利用および海洋空間利用の現状と動向を、代表的な文献により調査し、それを基に、我が国での沿岸海底下地層処分の地下利用の一つとしての位置づけと、それを日本の地層処分コンセプトとして研究することの意義について考察した。

3. 3. 2 地下空間利用および海洋空間利用の枠組み

我が国における地下空間利用および海洋空間利用の現状と動向を明らかにするために、既に様々な枠組みが提案されている。そのような枠組みはまた、今日の地下空間利用および海洋空間利用の現状と動向を簡潔に表現していると考えることも出来る。次に、今年度の調査結果を上述の意味での「枠組み」という形で示し、それを、以後に行う考察の基礎にすることとした。

(1) 地下空間利用の枠組み

① 地下空間のイメージ

- a. 自然的洞窟
- b. 人為的地下空間

② 地下空間利用の歴史（要因）

- a. 社会的背景
- b. ニーズ
- c. 技術レベル

③ 地下空間利用の現状

- a. 立地地点
- b. 深度
- c. 利用形態
- d. 所有形態
- e. 構造物の種類
- f. 規模

④ 各省庁のテーマ

- a. ジオ・ドーム構想
- b. ジオトピア構想
- c. その他多数

⑤ 地下空間利用の技術

- a. 調査、設計、施工
- b. 環境対策
- c. 防災
- d. 環境制御

⑥ 今後の地下空間利用の方向

a. 施設の地下化の判断要因

－地下化の理由：用地難、輻輳化回避、景観向上、自然的特性、防災

－地下の特性：恒温性、恒湿性、断熱性、遮光性、遮音性、気密性、
隔離性

－判断要因：経済性、景観保全（環境）、地下の諸特性、地上の過密
緩和、安全性、その他の地下有利性

b. 大深度地下利用の社会的背景

c. 地下空間利用の今後の方向性

⑦ 新しい地下空間の枠組み

a. 要素技術と利用技術

f. 科学を招く技術：

b. 資源としての空間

－地下空間のコンセプトの確立

c. 法制度

－機能・合理性の追求

d. 新しい地下空間の分野

－人と地下空間の融合

e. 地下空間の寿命

－新しい利用技術による将来の発展的枠組

(2) 海洋空間利用の枠組み

① 海洋開発利用分野

- a. 海洋生物資源
- b. 海水・海底資源
- c. 海洋エネルギー
- d. 海洋空間

② 海洋空間の利用目的

- a. 日常生活の場
- b. 工業生産の場
- c. 貯蔵の場
- d. レクリエーションの場
- e. 交通・輸送の場
- f. 廃棄物処理の場

③ 基礎・共通分野

- a. 海域総合利用
- b. 海洋環境保全
- c. 海洋調査研究
- d. 共通技術開発
- e. 基礎設備
- f. 國際問題

④ 海洋プロジェクトの分類（海洋空間資源）

- a. 生産（発電所、工業）
- b. 備蓄配分基地
- c. 交通・通信（港湾、空港、鉄道・道路等）
- d. 海上都市
- e. 海洋レクリエーション
- f. 廃棄物
- g. 防災

⑤ 海洋空間の利用面からの分類



⑥ 海洋空間利用の歴史的変遷

- a. 第1次海洋空間利用 (港湾の利用から始まり港湾部の埋め立てへと続く)
- b. 第2次海洋空間利用 (石油等、海洋に賦存する資源を採取して利用)
- c. 第3次海洋空間利用 (海洋空間を国土資源として総合的に利用)

3. 3. 3 考察とまとめ

(1) 上述のような地下空間利用の枠組みの中から、将来へ向かっての新しい枠組みの構築へ進む動向を読み取ることが出来る。しかし、地層処分の指向する地下利用は、今日言われるところの大深度より深く、地層処分で指向する「隔離」は、今日、通常言わされている隔離とは、その内容および期間が異なる。このような意味では、地層処分に対する明確な位置づけを用意した「枠組み」を構築するには、なお、今後の作業が必要であると思われる。土木学会編の報告書では、全体として14章の中で、第8章を全て地層処分の記述に充てているのは注目される。しかし、そこでの地層処分の記述は、若干孤立しており、他の記述との関連が希薄であることも同時に注目する必要がある。

〔註〕土木学会・地下空間利用技術に関する小委員会の活動の成果として、「土木学会編、地下空間—ニューフロンティア」(1990)が公刊された。

(2) 他方、海洋空間利用の枠組みには、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するコンセプトであるので、沿岸海底下地層処分は、今日の海洋空間利用の極く近傍に隣接はするが、その中には含まれてはいないのである。

(3) しかし、たとえば、科学技術庁、資源調査所の報告書「海洋空間の高度利用に関する調査」(昭和60年1月29日)で示されている第3次海洋空間利用の概念は、極め

て優れた内容を持っており、この概念を拡張することにより、沿岸海底下地層処分を海洋空間利用の中に明確に位置づける得るものと思われる。すなわち、沿岸海底下の空間を積極的に利用することにより、第3次海洋空間利用の趣旨をより効果的に貫徹する道が開けることになるからである。

- (4) もし、地層処分あるいは沿岸海底下地層処分が、地下空間利用および海洋空間利用との関連で明確に位置づけられるとすれば、人々は、地層処分あるいは沿岸海底下地層処分コンセプトを、より広い展望の中で理解することが出来、それらのコンセプトの受容に繋がり得るものと考えられる。また、地層処分あるいは沿岸海底下地層処分の研究開発が、より合理的な地下利用を促進することが明らかになれば、その研究開発の意義がより明確に理解されるものと思われる。

4. バタイユ報告書の検討

4. 1 序

高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発は、世界的に見れば既に40年近い歴史があるが、今日まだ地層処分は実施されてはいない。これは第1義的には、地層処分の実施を急ぐ客観的な理由がなかったことによる。しかし今、処分の研究開発の段階から実際の処分対策を実施に移す過程を、「研究－実施移行過程」と呼ぶとすると、何れの国もこの過程において何らかの障害に直面しているのが今日の状況である。一般的に言えば、高レベル放射性廃棄物の対策はこの点において、世界的に見ても一つの反省期に入っていると考えることが出来る。昨年度、本調査研究で取り上げた米国のNRC報告書は、米国の高レベル放射性廃棄物処分のプログラムを、その基本的な問題に遡って再検討したものであるが、これに引き続き、フランスにおいてほぼ同様な性格を持ったバタイユ報告書⁴⁾が、1990年12月に公表された。バタイユ報告書は、フランスにおける「研究－実施移行過程」において、フランスがいわゆる袋小路に至った原因を追求し、それから脱出する方法を提案したものである。バタイユ報告書は、NRC報告書と同様に特定の国に関する一つの処方箋であるが、その内容は極めて普遍的であり、我が国にとっても決して無関係ではない。本調査研究の目的は、日本に適した地層処分をコンセプトのレベルに遡って検討することであるが、バタイユ報告書の検討から得られる成果を、何らかの点で地層処分コンセプトに反映することは、極めて望ましいことと言える。このような観点から、今年度はバタイユ報告書を取り上げた。また、バタイユ報告書では、地下研究施設を最重要課題の一つとして取り上げており、それは、我が国で今後なお検討の必要な課題でもあると考えられるので、地下研究施設に改めて注目することとした。なお、本検討作業は次のような方法により実施した。

- ① 本調査研究の当初から御協力を頂いてきた「社会的側面検討委員会」および「水理地質検討会」の方々に、バタイユ報告書等の討議をお願いし、その討議を踏まえ、それぞれの方にテーマを分担して頂き、報告書の執筆を依頼した。委員会および検討会の構成は次のとおりである。

頂いた報告書は全て、本報告書の各論に収録した。

〔委員会の構成〕

(委員長) 田中 知	東京大学工学部附属原子力工学施設助教授
植村 栄治	成蹊大学法学部教授
久保川俊彦	(株)野村総合研究所技術産業研究部次長
歌田 實	東京大学総合研究資料館助教授

〔検討会の構成〕

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

- ② 以上を基礎にして、まとめと考察を事務局が行い、それを本報告書の総論の第4章に収録した。

4. 2 バタイユ報告書の概要

フランスの科学技術選定評価局は、1990年12月12日、「高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」を、フランス国民議会に提出した。この報告書を作成した責任者は、下院議員のクリスチャン・バタイユ氏であることから、この報告書を「バタイユ報告書」と略称することとする。以下はバタイユ報告書の概要である。なお、概要を作成するに当たっては、バタイユ報告書が手元に無い場合の便宜を考え、報告書の特徴的な記述を総論としては若干長めであるが引用あるいは要約した。また、この作業を行うに当たり、動燃、環境技術開発推進本部、社会環境研究グループの高橋哲夫氏による、バタイユ報告書の日本語訳資料を利用させて頂いた。

4. 2. 1 報告書の性格

バタイユ報告書の性格として、およそ次の点を挙げることが出来る。

- ① この種の報告書は廃棄物問題の専門家によって作成されるのが普通であるのに、バタイユ報告書は、国会の議員が中心となって作成したものである。
- ② フランスの放射性廃棄物管理局、すなわち、ANDRAが、地下研究施設の建設のための現地調査の活動が、関係住民の強い反対に遭遇し、1990年2月9日、首相は作業の中止を決断した。バタイユ報告書は、その原因を追求し対策を立てるために行われた調査研究の成果である。
- ③ 報告書の対象は、高レベル放射性廃棄物に限定されている。
- ④ 議会側の視点から、高レベル放射性廃棄物の処分問題の過去の経緯について、次のような認識がなされている。
 - 廃棄物の処分問題についての情報は従来国民には十分届いてはいなかった。
 - 議会でさえも、この問題から遠ざけられてきた。
- ⑤ 科学技術選定評価局が、この研究を首相から命ぜられた背景としては、上述の紛争を解決する既存のメカニズムが故障し、正常な民主的決定方法に頼ることが必要となつたためという理解が示されている。

4. 2. 2 報告書の構成

バタイユ報告書は全体が6章から構成されているが、本調査研究の観点から、報告書の大枠の構成を次ページの図のように理解することが出来る。

I 基本的情報

の整理と理解

A [第1章]

放射性廃棄物は恐れる
必要があるのか
(不安の理由は?)

B [第2章]

H LWをどうしたら安全
に最終的な処分をするこ
とが出来るか
(処分の方法は?)

II 廃棄物の処分

問題の分析

C [第4章]

放射性廃棄物の処分を
避けることは可能か
(処分の必要性?)

D [第5章]

真の問題：地層処分は本
当に危険なのか
(地層処分の危険性?)

III 当面する課題

についての
反省と対策

E [第3章]

何故、フランスでは、
ANDRAの調査作業が
凍結されたのか
(問題の原因は?)

F [第6章]

実際の袋小路から如何に
して抜け出るか
(対策となる方法は?)

各章とも、極めて興味深い内容であるが、本調査研究の視点からすれば、上図のⅢ、当面する課題についての反省と対策、すなわち、第3章および第6章が特に重要であると考えられる。

4. 2. 3 報告書各章の大筋の内容

A. 放射性廃棄物は恐れる必要があるのか (第1章)

この章では、放射性廃棄物についての基本的な情報を、「人々の恐れ」という視点から改めて整理し、記述している。以下は、第1章の特徴的な内容の一部である。

- ① フランスの科学アカデミーの報告書にある記述によると、このように最も優秀な専門家でさえ、微量の放射線被曝のしきい値という決定的な質問にはっきり答えられないのだから、普通の人達が放射能源のそばで生活しなければならないかも知れないとなったとき不安を抱く気持ちはよく理解できる。
- ② 科学アカデミーが指摘したように、「私達の環境の潜在的な毒性因子の中で、電離放射線はその影響がおそらく最もよく知られている」。
- ③ 微量の放射性被曝の危険性に関する情報が人々のところに届いていない。
- ④ 学校教育の全ての段階で、放射能とその影響に関する教育が必要である。

B. HLWをどうしたら安全に最終的な処分をすることが出来るか (第2章)

バタイユ報告書のこの部分では、フランスにおいて、高レベル放射性廃棄物の処分方法の選択が、どのような考え方の筋道に従ってなされているかが、この報告書の視点に立って改めて記述されている。以下は、第3章の重要なかつ特徴的と思われる内容の一部について要約である。

(1) 高レベル放射性廃棄物の処分は長い間隠されてきた問題

- ① 原子力エネルギーを断念した国々を含め、全ての国は放射性廃棄物の最終処分の問題に直面している。
- ② 放射性廃棄物の処分問題は、原子力エネルギーの利用の当初からあった筈である

が、公衆への情報にはこれが伝えられなかった。

- ③ フランス原子力計画の始動から30年が経過してやっと、廃棄物管理の主体となる組織、ANDRA、が設置された。しかし、議会はこのANDRAの創設には関与していなかった。
- ④ 廃棄物問題が過少評価されてきた責任は、技術者にあるのではなく、政治の責任者に帰着する。

(2) 廃棄物を第三世界へ輸出することは、不都合な問題を他に押しつけることであり、それは、国家のレベルで行われる“NIMBY”である。

(3) 地層処分は、全ての専門家が勧める解決方法であることから、それを受け入れる一方で、専門家に対する信頼性について疑問もあり得る。すなわち、専門家が全員一致しても、必ずしもその勧める解決法が危険はないという絶対的保証とはならないことを示す実例は、過去に沢山存在する。

(4) IAEA等の国際機関の活動についての評価局の見解

- ① 国際機関による、余りにも多いシンポジウムや会議は、必ずしも国民を安心させない。
- ② そうは言っても、放射性廃棄物の処分に関する国際的に共通な方法と規準が存在することは有意義である。
- ③ 高レベル放射性廃棄物の最終的処分のために、地層処分が最良の方法であることについて国際機関は既に断言したと考えられる。
- ④ 評価機関がヒヤリングした IAEA の代表の発言は次のとおりであった。
「処分に由来する放射線量は、ICRPの定めた許容線量の100万分の1以下であり、またこれは1000万年の期間についてである」。しかし、この結果は原位置の調査に基づくものではなく、理論モデルだけに基づくものなので結論は少々希釈して聞いたほうがよい。

C. 放射性廃棄物処分を避けることは可能か（第4章）

パティユ報告書はこの章で、何故地層処分かについて議論を展開している。議論の詳細な内容については、必ずしも模範回答ではないとしても、難しい議論を避けないで、評価局の率直な見解を提示している点に、この報告書の特徴を見ることが出来る。以下、注目される内容あるいは記述を列記する。

(1) 現状維持と発電所および再処理施設内の貯蔵について

- ① 放射性廃棄物の毒性を消滅するか、せめて少なくする方法が見つかるまで、高レベル放射性廃棄物を、そのままずっと貯蔵しておいても問題なかろうと思いたくなるのも頷ける。
- ② 再処理を契約しているCOGEMAの得意先が、放射性廃棄物を確実に引き取るかどうかを疑問視されることがある。これに関連して、用心のためにフランス領内に外国の放射性廃棄物を最終処分するのを法的に禁止すべきである。
- ③ 再処理されない使用済燃料の貯蔵の問題がいずれ提起されるだろうが、その対応として、中間貯蔵所を公式に作るべきである。
- ④ 地下研究施設と高レベル放射性廃棄物の貯蔵施設の関係についての当局の発表は不適切であった。

(2) 再取り出しの可能性と地層処分について

- ① 地層処分と再取り出しの関係についての責任者の答えは、明瞭さと一貫性に欠けるものであった。
- ② 再取り出しは、ときにより、可能となったり、不可能となったりした。責任者たちは、同じ問題について話しておらず、このことは、住民にマイナスの影響を与える、プロジェクトは検討不足で不明瞭に映った。
- ③ 再取り出しの条件と方法は、地下研究施設での試験を経て、処分場の開設の際の規則には明記される必要がある。

(3) 高度再処理と核変換について

- ① これは、高レベル放射性廃棄物管理に関する論争の要点の一つである。
- ② 高度再処理と核変換の分野で、驚異的な技術の進歩に期待するとしても、地層処分の必要がなくなることはあり得るのかどうか。この点を見極める必要がある。
- ③ この分野における研究の意味は：原子力産業の廃棄物問題に対する自覚を表明すること；最終的に処分すべき廃棄物の量および毒性の低減化；核燃料の最適化に資することにある。
- ④ この分野でのフランスの予算が少ない。

D. 真の問題：地層処分は本当に危険か（第5章）

この章では、次のような分析がなされている。すなわち、真の問題は、地層処分が予見できる未来に本当に危険をもたらすかどうかを知ることであるが、地層処分は現時点ではまだ研究段階にあり、その安全解析は仮説に基づいている。それは実際のサイトでの研究によって確証される必要があり、地下研究施設はその枠組みの中で不可欠であるということである。以下は第5章の記述の要点である。

(1) 多重バリアの概念について

- ① 多重バリアは、地層処分の安全性にとって決定的な根本原理である。
- ② 多重バリアが、少なくとも数世紀の間放射能を阻止することを裏付けるならば、この方法が受容できること、地上保管よりずっと好ましいことを認めざるを得ない。
- ③ 現在から余りにも遠い未来の世代の名において、地層処分についての決断を拒否することは、本当は現世代になんらかの面倒を及ぼしかねない決断を無期限に延期するための、安易な逃げ道である。
- ④ 環境および人類の存続を脅かす危険の全体という、より大きな観点から見ると、放射性廃棄物の地層処分問題の重要性は全く相対的なものになる。

(2) サイト選定について

- ① 地層処分場のサイトの選定のために、地下研究施設の設置は不可欠である。それに関連して、候補サイトは、長期間、地質的、水理地質的な調査をする必要があること、地下研究施設は自動的に処分場にはならないという2点が非常に重要である。
- ② サイト選定が科学的に行われるために、次の4つの保証が必要である。
 - (イ) 地下研究施設は2ヶ所以上必要である。
 - (ロ) 中立の評価機関が必要である。
 - (ハ) 情報の公開が必要である。
- (ニ) 地下研究施設から処分場への移行は、公的行為としてのみ行うことが出来る。

(3) 研究の実施について

建設の法律の適用、人工バリアと天然バリア、評価委員会、地下研究施設での研究、情報の公開、諸外国との協力等、についての記述がある。

(4) 廃棄物の輸送および取扱いについて

- ① 放射性廃棄物の輸送と取扱いは、安全上、軽視してはならない。
- ② 最終処分の技術的要件を研究できる地下研究施設の建設は、できるだけ速やかに開始すべきである。

E. 調査作業は何故凍結されたか（第3章）

原文でこの章の名称を省略せずに言うと「フランスにおいてなぜANDRAの調査作業が凍結されたのか？」である。ここでは、フランスにおける問題の発生の原因が詳細に分析されており、バタイユ報告書の中で、最も重要な部分と考えることが出来る。

(1) ANDRAのプロジェクトとは

フランス放射性廃棄物管理機関（ANDRA）のプロジェクトの経過は、次の文書を参照することによってより詳細に理解することが出来る。

- ① ANDRAの創設：1979年11月7日
- ② キャスタン委員会第1回報告書（1982年11月30日）
- ③ キャスタン委員会第2回報告書（1983年3月18日）
- ④ キャスタン委員会第3回報告書（1984年10月）
- ⑤ ゴーゲル報告書（1987年5月）

(2) 関係住民の反応をどのように説明するのか

ANDRAのプロジェクトの凍結の原因となった、住民の反応というものが、如何なる要因によって惹起されたかという問題について、バタイユ報告書は次の5つの要因を挙げている。

① 事前の情報欠如

フランスでは、準備諸段階から4つのサイトの最終選定に至るまで、すべて秘密裏に進められ、既成事実の前に、議員および住民を跪かせようとした。

- (イ) この秘密主義は、フランスの原子力開発の起源が軍事的であったことに起因する。今やガラス張りの情報公開に踏み切るべきである。
- (ロ) 原子力には短所もあるので、それを包み隠そうとしていては、このエネルギーが国民に受け入れられる条件をつくり出すことは出来ない。
- (ハ) 報告者は、平和な村落に、戦闘服に身を固めた機動憲兵隊が来たことによるマイナスの効果を、よく理解出来た。

② 廃棄物に対するネガティブなイメージと「核のごみ捨て場」の危惧

責任者は、標題に示されるような、取り扱う問題の大きさと難しさを過少評価していた。

(イ) 廃棄物処分場は、発電所とは違う。

(ロ) 3年後には、パリ地域圏には家庭廃棄物を埋める処分場サイトがもはやなくなってしまうだろう。また、隣国諸国も廃棄物について、既に崩壊寸前の状態にある。

このような状態で、放射性廃棄物のごみ捨て場を、住民が気持ちよく受け入れるとはどうしても考えられない。

(ハ) 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。

(二) 米国では、1982年に既に、放射性廃棄物政策法がある。

(ホ) この問題については、法律による対応が必要である。

③ 経済的側面

(イ) 地下に放射性物質が存在することによって、その地方の農産物に悪影響を及ぼすと危惧する人々がいる。

(ロ) 処分場の設置により起こり得る経済的影响についての詳しい研究が計画されていないのは残念である。

(ハ) 処分場の設置による利点があれば、明白に述べた方がよい。

④ エコロジストの態度

(イ) エコロジスト運動の介入が、反対運動を大きくしたことは明らかである。

(ロ) 技術的に重要な決定を行う必要があるとき、討論を民主的に行えるようメカニズムを考え出すことが急務である。

⑤ NIMBYシンドローム

(イ) NIMBYとは、不都合なことは隣近所に任せ、よいものは自分が取りたいというエゴイズムの表現に過ぎない。

- (ロ) フランスでも、多かれ少なかれ環境を害するどんなプロジェクトも、人々に受け入れさせるのが非常に難しくなっている。
 - (ハ) 家庭用廃棄物の処分場も、放射性廃棄物の処分場も、受け入れさせるのは困難になっている。
- (二) 技術の進歩がもたらす恩恵に浴する市民が、それから発生する或る程度の制約を我慢するのは、まさに当たり前である。

F. 現在の袋小路からいかに脱出するか (第6章)

バタイユ報告書の中でこの第6章は、当面している問題に対応するために、如何なる具体的対策をとるべきかを論じている部分で、問題の原因を追求した第3章と共に最も重要な記述であると言える。以下は、この章の大筋である。

(1) 対策の基になるべき考え方

- ① 放射性廃棄物管理の問題は、これまで、純粹に技術的な問題とされ、専門家の間で秘密裏に行われるものとされてきたが、現実はこれが誤りであることを示した。
- ② 近代民主主義では、ある種の制約を伴う事柄を、コンセンサスなしで強制することは出来ない。
- ③ 今日の議論は、次の2つの問題に帰着する。
 - (イ) 現状を維持、すなわち、貯蔵を続けるべきか、あるいは、
 - (ロ) 廃棄物を発生した世代が最終的処分の方法を見出すべきかである。
- ④ 上述のような廃棄物の問題については、議会が判断を下すべきである。
- ⑤ 国民の一部に強制すべき義務と彼らが享受すべき補償を明確にするのは法律である。

(2) 議会が決定を下すべき問題

議会は、次の問題について決定を下すべきであるとしている。

- ① 廃棄物の処分問題の解決について、今すぐ解決方法の研究をすべきか、あるいはそのまま待つべきか。
- ② 研究活動を再開する条件は何か。
 - (イ) 高度再処理と核変換に関する研究開発計画
 - (ロ) 地下研究施設の設置のための作業の再開
 - (ハ) 地下研究施設の数
- ③ 地下研究施設の立地場所
 - (ホ) 他国の廃棄物のフランス国内での処分禁止措置
- ④ 地下研究施設の建設のために、関係住民に如何なる保証を与えるべきか。
 - (イ) 地区情報委員会の改革
 - (ロ) 国家評価委員会の創設
 - (ハ) 議員との協議（コンサルテーション）
- ⑤ 放射性廃棄物の管理機関の位置づけはどうあるべきか。

(3) 勧告

地下研究施設の設置に関連して、住民からよく提出される問題は、

- ① 地域の基盤施設の整備をどうするか、
- ② 地下研究施設の開設に伴って地域経済に混乱が生じた場合はどう対応するか、
- ③ 地下研究施設にはどのような税制が適用されるか、

であることから、このそれぞれについて、勧告が述べられている。

4. 3 バタイユ報告書についての専門家の意見の要点

- (1) 田中氏（東大）は、「地下研究施設の重要性とクリスチャン・バタイユ議員報告書」と題する論文で、①バタイユ報告書が、第3者的な立場からみた全体として納得のできる報告書であること、②国会議員より、このような優れた報告書が作成されたことに驚きを表明している。今後、フランスと日本との比較で議論ないし確認すべき項目として、（イ）国民の理解を求めるために必要な「透明さ」の問題、（ロ）技術者の責任と政治家の責任の区別の問題、（ハ）処分場サイトと地下研究施設のサイトの関連の明確化等、9項目を指摘している。
- (2) 久保川氏（野村総研）は、「バタイユ報告について」で、バタイユ報告書の個々の記述に注目し、同意できる点、および、気になる点を挙げて氏の見解を示しているが、それと同時に、他産業での動向分析の結果との比較という観点から、バタイユ報告書どのように見たらよいかを分析している。すなわち、一般企業のビジネス活動の要素は、技術、セールス、マーケティングであるとし、それと対比すると、バタイユ報告書というのは、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している。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にあるというのが、その根底にある考え方である。
- (3) 植村氏（成蹊大）は、「バタイユ報告に見られる法律上の問題」を論じ、バタイユ報告書が、放射性廃棄物の処分問題の解決のために立法の必要性を重要な結論の一つとしていることを取り上げ、処分問題解決の手段としての法律の有効性について、詳細に分析し、植村氏自身の見解を述べている。すなわち、先ず、①法律が制定される場合について、②社会的な問題解決の手段としての法律の有効性を一般的に論じ、次に③廃棄物の処分問題と法律の制定、最後に、④フランスと日本の比較を行っている。我が国の場合には、「社会的合意の形成」がより重要であるが、ある時期においては法律の制定という形で高レベル放射性廃棄物の処分を推進することが適切になることも十分考えられると述べている。

- (4) 歌田氏（東大）は、「バタイユ報告書の地質学的見地からの検討」を論じ、特に、バタイユ報告書の第2章の内容に関連して、地層処分が我が国において必ずしも広く理解されていない点に注目して見解を述べている。すなわち、バタイユ報告書が全体としてバランスのとれた健康な報告書であるとして評価はしているが、地質学的な側面についての記述に具体性がない点に問題があると指摘し、我が国の場合、地質学の専門家ではあるがHLW問題には精通していない人、全くの素人等、広範な人々を対象に適切なテクニカル・レポートを早く用意することを提案している。

4. 4 地下研究施設についての専門家の意見の要点

バタイユ報告書では、地下研究施設に極めて重要な位置づけを与えており、バタイユ報告書を地下研究施設と分離して検討することは必ずしも妥当ではない。しかし、本報告書では、我が国で今後特に、地下研究施設の議論が重要となり得ることを考慮して、以下のように、地下研究施設についての専門家の意見の要約を、特に取りまとめた。

- (1) 田中氏（東大）は、「地下研究施設の重要性とクリスチャン・バタイユ議員報告書」と題する論文において、地下研究施設について、我が国ではまだ掘り下げた議論が不十分であるという観点から、今後議論を進めるために必要な視点を提起している。すなわち、①科学的側面では、（イ）地下研究施設計画を進めるための各種の準備、（ロ）処分場サイト決定のプロセス、（ハ）大学等での基礎研究の考え方等、9項目であり、②社会的側面では、評価委員会の問題等、3項目である。
- (2) 歌田氏（東大）は、「クリスチャン・バタイユ議員による高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書の地質学的見地からの検討」の中で、我が国で、地下研究施設について今後議論を進めるために、以下の点に考慮を払う必要があるとしている。すなわち、①地下研究施設のための調査を行う時点までに、地層（または岩体）をどの程度まで絞る必要があるか、②地下研究施設と処分場サイトとの関係、③地下研究施設で期待される成果の可能性である。

- (3) 小島氏（東大）は、「HARD ROCK LABO. に関するコメント」において、スウェーデンの Hard Rock Labo. の計画を分析し、従来のURLが、要素技術の開発と実証に重点が置かれていたのに対して、このHRLは、サイト選定・建設／操業・処分の一連のシステムを総合的に実証しようとする点で、今後のURLに一つの転機を与えるものとしている。これを基に、日本におけるURLを想定した場合について、考慮すべき問題点として、①地質環境条件の複雑さに対する対応、②実証施設と実プラントとの相違についての対応等とともに、③今後、URLにおける試験に含まれるべき項目を指摘している。
- (4) 大西氏（京大）は、「HARD ROCK LAB. についてのコメント」において現在スウェーデンにおいて進行中のHRLプロジェクトと、その前段階で行われた、ストリパ計画の関連について、①基礎技術から応用まで段階的なプロセスを重視することが技術的にも、PA上にも有利であること、②岩盤工学の立場から、実証規模の拡大が極めて有用であること等を述べ、③地下施設閉鎖後の挙動の研究の必要性とともに、④改めて、我が国での地下研究施設の必要性を強調している。

4. 5 考察とまとめ

- (1) 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を解決するため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となった、フランスにおける今回のモラトリアム事件の原因が、既存のメカニズムの故障にあり、窮地から脱出する手段としては、正常な民主的決定方法に頼らざるを得ない状況にあるという認識から来る一つの帰結であったと言える。民主主義を基礎にしている社会では、建前としては上述のとおりである筈であるが、バタイユ報告書では、それを改めて明確に示し、その実行を開始したものと言える。本調査研究においては、久保川氏（野村総研）が、この問題についてより広い視点から分析を行い、技術を巡る構造として、「技術の価値は技術自体にあるのではなくユーザーとか社会が決めるものである」等、極めて示唆に富む重要な指摘を

している点に注目する必要がある（各論を参照されたい）。

(2) バタイユ報告書は、「研究－実施移行過程」において当面する極めて広範な問題を取り上げているが、その殆ど全ての問題は、我が国でも今後、上述の新たな観点から、改めて検討を要するものと思われる。本調査研究で行った委員会では、以下のような項目が特に注目された。

- ① 技術を巡る構造（上述の(1)の根本問題）
- ② 責任、透明さ、民主主義（この中では特に「透明さ」について）
- ③ 問題解決の方法としての法律の有効性
- ④ 地層処分場サイトの決定過程
- ⑤ 地下研究施設
- ⑥ 核のごみ捨て場のイメージ
- ⑦ 高度再処理と核変換の考え方
- ⑧ 情報の伝達の問題
- ⑨ 地質的な情報の不足
- ⑩ 自国の廃棄物を他国で処分する問題

（バタイユ報告書では、「廃棄物の輸出」と呼んでいる）

(3) 本調査研究の守備範囲に問題を絞るとすれば、バタイユ報告書の検討によってその重要性がより明確になり、「研究－実施移行過程」の今後の課題として検討作業が必要とされる事柄は次の2点である。

① 地層処分コンセプトに関する：

(イ) 第1は、既に以前から本調査研究の課題として認識されていたことの延長になるが、技術および社会の広い視点から、この過程における日本の地層処分コンセプトとして何を設定し検討すべきかを明らかにする必要がある。

(ロ) 第2は、社会が地層処分コンセプトをより適切に判断できるように、一般市民の視点に立って、事柄の広い展望の中で、地層処分コンセプトを正確にか

つわり易く位置づける必要がある。その際、地層処分場が、核のごみ捨て場なのかどうかという人々の疑問に明快に答えなければならない。

② 地下研究施設に関連して：

我が国では地下研究施設についての議論が不十分なまま推移しており、一般市民は勿論、関連分野の技術者に対しても、地下研究施設について参考すべき適切な資料は、我が国では存在しない。従って、今日の段階で改めて地層処分の「研究－実施移行過程」における地下研究施設について包括的な検討を行い、その成果に基づき適切な情報の伝達をはかる必要がある。

5. 考察と提案

本年度は、4つの課題について調査研究を行った。以下、それらの個別的成果を全体をとおして考察し、今後の研究について提案を行い、本報告書の結論とする。

5. 1 本年度の成果の考察

- (1) 高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究開発は、世界的にみて、研究開発の段階から実際の処分対策の実施に向かって移行する段階にあると言えるが、何れの国でも地層処分の研究開発は、このような移行の過程で何らかの障害に当面しているのが今日の状況である。本調査研究では、この過程を特に「研究－実施移行過程」と呼んだ。「研究－実施移行過程」で行う活動が、果して研究開発なのか、処分対策の実施なのかという議論もあり得るが、これを厳密に区別するのは実際には難しいことである。しかし、今後の地層処分の研究開発においては、「研究－実施移行過程」として何を想定しているか、「研究－実施移行過程」とはどのように接続するのかを明らかにすることが必要ではないかと考えられる。バタイユ報告書は、むしろ、研究開発を推進するために「研究－実施移行過程」を明らかにすることが必要になったケースを示していると言うことも出来る。
- (2) 昨年度は、米国の地層処分プログラムを反省し、今後の対応を示したNRC報告書(1990年)を取り上げて検討したが、今年度は、フランスのバタイユ報告書を取り上げた。両者とも、地層処分の特にその「研究－実施移行過程」あるいは、研究開発から「研究－実施移行過程」に接続する際に遭遇する様々な課題を提示し、その具体的な対策について提言を行っているものと理解出来る。そこで提案された具体的施策はそのまま日本に適用することは出来ないとしても、これらの報告書は、同様の課題については、我が国でも改めて独自に検討する必要があることを示唆していると言える。
- (3) 沿岸海底下地層処分コンセプトに関しては、①技術面での同コンセプトの日本での成立の見通しを得るために、昨年の三井三池炭鉱に引き続いて、太平洋釧路炭鉱の坑内水

の調査結果を検討し、日本における沿岸海底下の水理地質的条件の実態についての知見を加えることが出来た。さらに、②海底下の地下施設の施工技術の検討、および、③地下利用の現状と動向の検討により、沿岸海底下地層処分コンセプトの技術的な基礎あるいは背景について貴重な情報が得られた。これらは全て、同コンセプトを支持するか、または、その理解を促進するものであった。

5. 2 提案

- (1) 今日、我が国 地層処分プログラムは、なお研究開発の段階にあり、処分を実施する段階には勿論ない。しかし、今日、もし日本を含む各国の地層処分に関する問題が、本年度の調査のとおりその「研究－実施移行過程」にあるとすれば、研究開発をより効果的に実施するという観点から、「研究－実施移行過程」そのものに注目した調査研究が必要ではないかと考えられる。
- (2) 地下研究施設は、バタイユ報告書では、フランスの「研究－実施移行過程」において極めて重要な役割を与えられているが、我が国では、その必要性の有無を含め、検討がいわば中断されている状態にある。研究開発と「研究－実施移行過程」との関連において、出来るだけ広い視点にたった地下研究施設の包括的な調査研究を行う必要がある。
- (3) 我が国において、高レベル放射性廃棄物の処分のために活用できる空間として、沿岸立地の地層処分が一つの選択肢であることは明らかであるので、沿岸海底下地層処分コンセプトの成立および構築に係わる基礎的情報の収集と分析を今後とも継続とともに、日本の地層処分コンセプトについての社会的理解を促進に資する情報の収集と分析を行う必要がある。本年度は、この方向を持つものとして日本の地下空間利用の予備的調査を行った。

6. 参考文献

- 1) 佐藤 進；太平洋炭鉱における切羽出水に関する研究（第1報），日本鉱業会誌，73 [827], (1957).
- 2) 佐藤 進；太平洋炭鉱における切羽出水に関する研究（第2報），日本鉱業会誌，75 [851], (1959).
- 3) 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).
- 4) OFFICE PARLEMENTAIRE D'EVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES;
RAPPORT SUR LA GESTION DES DÉCHETS NUCLÉAIRES À HAUTE ACTIVITÉ.
par M. Christian BATAILLE, Député (1990).

第二部 各論

1. 太平洋炭鉱の水理地質

1. 1 太平洋炭鉱釧路炭田の地下水に関するコメント

地層処分サイト立地の基本条件の一つとして、「低透水性の岩体」and/or「動水勾配が小さいまたは長期にわたって地下水が動かない場」があげられる。沿岸海底下への地層処分には、とくに後者の「地下水が動かない場」に期待がよせられている。

このような観点から、現在、沿岸海底下で操業中であり、地下水の挙動についてのデータが豊富な、太平洋炭鉱釧路炭田について検討をおこなった。

この炭鉱の地下水に関する特徴は、次のようにまとめられる。

- (1) 釧路炭田の石炭を挟む、雄別夾炭層、天寧れき岩層、春採夾炭層は、淡水層であり天寧層が含水層となっている。これらに不整合に覆われる、基盤の根室層群は海成層であり、汐見層が顕著な含水層となっている。これらの地層は、陸域から沖合へ向って、ゆるく傾斜する単斜構造をなしている。
- (2) 春採夾炭層の採掘に際しては、水抜きボーリングがなされており、基盤水の水質分析データが、切り羽の進行にともなって、経時的にえられている。ちなみに海底部への進出は、昭和21年から本格的な探査がおこなわれている。
- (3) 基盤の根室層群の含水層の水質は、海成の地層水の水質変化のEnd typeといわれているCa-C1 typeであり、Ca, Clの濃度が高く、Mg, SO₄ の濃度が低い。そして陸域に近い浅所から沖合いの深部へいくにつれて、Cl濃度が漸移的に増加し、EL. -500 m ~ -600 mの深部ではほぼ13,000mg/lと一定の値を示している。この漸移帯が、いつどのようにしてできたかを知ることが、この地域の長期の地下水流れを解く重要な鍵となっている。
- (4) 基盤の含水層の走向に直交するいくつもの断層によって、地層がブロック化されている。そして各ブロック毎の含水層の地下水位が異なっており、断層によって各ブロック間の水は遮断されている。現在、この地下水位は全体としては、春採坑付近の海底炭田の中央部で最も低くEL. -610 mであり、周辺部で高くEL. -490 mとなっており、揚水による地下水位低下の一般的な傾向をよくあらわしているように見える。

(3)で述べたCl濃度の漸移的变化は、地下水位の深度と陸からの距離は異なるが、それぞれのブロック毎に同じパターンを示している。なお、これらの断層の活動时期は鮮新世とされている。

(5) 切羽天盤からの湧水は、主として淡水成層である天寧層からの流下水であるが、Ca/Cl 値は基盤水より低いがCl濃度の高い塩水である。この水がいつ置換されたかは興味あるところである。

(6) 陸成の、切羽掘削による湧水や断層湧水は、採水の詳細な位置はわからないが全て淡水である。基盤の根室層群の水が、陸域では淡水で置換されているか否かは興味深いところであるが、陸域でのデータが見当らない。

(7) 海底面からの海水の浸入の可能性については、海底下には基底部で粘土層がある第四紀層が堆積している。この層は海水の浸入に対する遮水層となっている。しかし、海岸付近では直接下位の第三紀層が海水に接しているため、掘削にともなう地層中の海水の浸入を可能としている。

三井三池炭田では、石炭は海成層中で生成されたと考えられている。石炭採掘にともなう、これらの地層中からの湧水は淡水であり、陸化した際に地層水の置換がおこなわれ、それが海底下に埋没し化石水として現在も残存しているという地質学的過程を経た可能性が強い。また、有明海の海底下には、有明粘土といわれる粘土層が厚く堆積しており、掘削にともなう海水の浸入を妨げているものと思われる。

これに反して、釧路炭田の地下水は、淡水性の地層が、海底下では塩水化している可能性が強く、また基盤の海成層は、浅所へ向って、陸域へ向って、漸移的に塩分濃度が減っている現象が認められる。

この水質の变化（漸移帶）が、地形面（根室層群上面の不整合面）下の地層中に、化石水として残されたことが想定されている。さらに鮮新世に活動した断層によってこの水質の漸移帶もそのままでいて、断層で区切られたブロック間に同じ漸移帶のパターンが見られることから、これらの期間を通じて、この化石水が全然移動していないことも示唆される。このような漸移帶ができる原因としては、掘削にともなう地層水の移動、地層の現在や過去の地理的位置に左右された淡塩境界面の形成と移動など他にもいくつかの可能性が考えられる。

しかし原因はともかくとして、このような漸移帯が存在することは、データがほとんどない地下深部での淡塩境界の状態についての貴重な情報を与えるものである。また、三池炭鉱における地層中の塩水層が、陸化によって淡水層に置換されたと想定される地質学的な過程がこの地域で追求できるかもしれないという点でも、根室層群中の水質の分析は重要である。

今後とも、より一層の既存データの整理を行い、またアイソトープや水の年代測定も加えた水質調査、揚水に伴う人工的な地下水挙動に関するシミュレーションなどにより、詳細な検討が加えられることが望ましい。

(小島 圭二：東京大学工学部資源開発工学科 教授)

1. 2 太平洋炭鉱の水理地質に関するコメント

昨年の三井三池炭坑の事例に続いて、今年度は北海道の太平洋炭坑における水理状況についてレクチャーを受けた。海底炭田を実際に目でみたことはないが、地質状況以上に水理状態が複雑であることがわかる。わが国での沿岸域での水の動きがこれほど複雑になっているとは、予想以上である。

太平洋炭坑の場合は、三井三池に比べて湧水量がはるかに少ないので、その分掘削による汲み上げの影響が少ないと感じられたが、淡水域の分布や、塩分濃度分布、Ca/C_l比をみると単純にはそうとも言い切れない複雑さがのぞいているようである。塩水については、掘削の影響で水が動き、元あった淡水が減少、塩水域が拡大した可能性も考えられるが、確証はない。また、この地域は隆起、沈降を繰り返しているので、歴史的に取り込まれた水が残存していることも可能性の一つとして残っている。だとすると、深いところの海水は淡水とどのように接触し、現在の淡塩境界はどのような分布になるのであろうか、かいもなく見当がつかなくなる。

三井三池、太平洋炭坑のような水理地質の事例に接すると、これらの事例がいかに貴重なデータを提供しているかを改めて認識すると同時に、今後のデータ収集の必要性がますます高まってくる。このような採鉱現場でのデータの収集には数量、質ともに限度があるため、地層処分という目的に沿った科学的な調査方法の検討が必要であろう。地盤構造の歴史を踏まえ、現在の海水、淡水の動きとそれらの接点、地下深部における水圧の分布、場合によっては水面の多層構造、乾燥域の分布、空気と水の接合面のあり方など調査によって明らかにされるであろう事実は岩盤水理の常識を覆すかもしれないという期待を呼び起こす。

(大西有三：京都大学工学部環境地球工学専攻 助教授)

1. 3 太平洋炭鉱の坑内水についてのコメント

- ① 根室層群の汐見層が坑内水に主要供給源である事。
- ② 坑内水の $C \ell$ 濃度が採掘深度に従って上昇し、炭層シームコンタとパラレルの分布を示す興味ある事実がある。

他方疑問の点として次の事が指摘される。

- ① 浦幌層の坑内湧水の性状が必ずしも判然としていない。
陸成層であれば化石水として淡水が残るのか？ 化石水として $13,000 \text{mg}/\ell$ の $C \ell$ を推測している半面断層際から湧出する淡水を注目する混乱がある。
- ② 坑内水の $C \ell$ 濃度の分布について Diagenesis 後の分布とするのか、又は陸水とのコンタミネーションとするのか？

(下山俊夫：元三井鉱山株式会社)

1. 4 太平洋炭鉱の坑内水について（中添氏講演内容）

ここでは、水理地質に関する検討会において、太平洋炭礦の中添亮氏に「太平洋炭鉱の坑内水について」というテーマでご講演いただいた時の内容を以下に示した。

〔はじめに〕

お話をございましてから、いろいろまとめさせていただいたんですが、私もあり水理に詳しくないと、それからもう一つ、炭鉱というのは、掘れてしまうと、あとはそのデータはとらないという癖がありますし、本当に求めの水理ということに関して手が届くかどうか。私達のやっている、いわゆる出水で問題になり、水ということに関心を持ちましてから、現状がどうなっているかということを主にしてお話をしたいと思います。

初めに、釧路の地質とその水理地質を簡単にお話したいと思います。

〔炭田の地質〕

釧路炭田というのは、資料1—2に地質図を入れて有りますが、釧路炭田自体は、東西百何十キロの大変大きな炭田でして、この炭田の南部の一番浅いところ、これが白糠と釧路でして、その釧路の一隅でもって、私達は操業しているわけです。

炭鉱の地質に関しては、戦後、ちょうど昭和21年ですが、それまでは釧路炭鉱というものは陸上部を稼行していましたが、21年に海底部に入るということで、海底の探査が大々的に始められたわけです。

一応概要から話しますと、釧路というのは、この図面にあります釧路地方、それから西のほうの白糠に露出が有りまして、その間に大きな釧路湿原、釧路平野が広がっています。

構造的にいいますと、先程言いましたように、一番浅いところで露出している地帯でして、白糠は非常に断層で輻湊しているのに対して、釧路地方というのは地質構造上は半ドームと言われているんですが、北の方に、これを根室層群といいますが、それが基盤を形成し北にずっと広がっています。

この地図で言いますと、ちょうど上別保（カミベッポ）というところが、右側にあります。その辺一帯にCRという記号で書いてあります。これは本当は色を塗ってくればよかったです。この当時はクレテシャス、すなわち白亜紀と言っていたものですから、CRという記号になっているのですが、これがいわゆる根室層群で、釧路炭田の基盤をなす地質です。

その上に、第三紀層がのっていますが、これは断層でブロッキングはしていますが、総括的には南西に傾斜する同斜構造、大体4度から6度くらいの傾斜で、きれいに成層しております。

これは一例で、どういうふうになっているかというのを、見ていただきたい方が非常に簡単かと思います。（中添氏が持参した本で、添付資料にはない。）

これは海底の一部の反射法地盤探査記録ですが、ここに断層が有りまして、これを白糠エリアと言っています。それで、この下の、この濃い色が浦幌（ウラホロ）層群、それからここにちょっと青いのが有りますが、これから下が根室層群ということになります。

釧路というのは、もっとこちら側に有りますが、これから大体白糠の沖まで、きれいに同斜構造で傾斜しているという、そういう構造です。

地層はどういうふうになっているかと言いますと、資料1—1、一番上の表に有りますように、一番下に晩新世～白亜紀の根室層群が有りまして、これは、汐見（シオミ）層と言いまして、海成層です。

それから、その上にいわゆる古第三紀層がのっておりまして、ここに浦幌層群と書いてありますのが、いわゆる釧路炭田を構成する地層です。そして、釧路地方では、この上の音別層群・その他が次如していまして、すぐ釧路層という第四紀層がのっています。

浦幌層群について、少しお話しますと、資料1—4に模式柱状図が有ります。これは、一部我々の炭鉱で用いる独特の名前がついているものもありますが、これがおおよその地質の柱状図でございます。

一番下に根室層群が有りまして、その上に別保礫岩層というのが有ります。これは、層厚2mから10mといいますが、大体数mです。非常に固結度のいい礫岩です。礫の大きさは、大きい物は、ボルダ大の物も有りますが、大体こぶし大ぐらいの礫岩です。

その上に春採（ハルトリ）夾炭層。これが私達が炭鉱で採炭している、炭層を含む夾炭層です。これが大体、約85mから96mと書いて有りますが、ところによっては、大体120

mぐらい肥厚することもあります。これは、大体がアルコース（花崗砂岩）のサンドストーンと、頁岩から成る層でして、その間に数枚の炭層を挟んでいます。

ついでですから言いますと、可採炭層は大体3層有りまして、ここに小さく書いて有りますが、上層炭、本層炭、下層炭と有ります。

それで、この本層炭と下層炭の間に、これは1m余のゼオライト質の凝灰岩が有ります。これは1枚にとどまらず、場所によってはこの間に数枚挟むことが有ります。これが後で非常に重要なキーポイントになりますので、ちょっとご記憶願いたいと思います。

それから、整合関係で、その上に天寧（テンネル）礫岩層がのりますが、これは大体100m前後ある厚い層でして、大体クルミ大からこぶし大の礫岩、それが非常に特徴的に赤い色のチャートを含む礫岩でして、その間に砂岩、頁岩の層を何枚か挟んでいます。この天寧礫岩層といいますのも、春採層と同じように淡水層です。

その上に雄別（ユウベツ）夾炭層というのがのっています。雄別層というのは実は2つに分かれまして、上部層、下部層（夾炭層）と区分されます。ここでは上部層のことを双運層と言っています。

雄別夾炭層というのは、春採層と非常に似ています、アルコースの砂岩とそれから頁岩、その間に炭層を挟みますが、この層には意外に凝灰岩というのはわりと少ない。有っても、平面的に連続性のない層で、大体がモンモリロナイト系統のものが多いようです。

その上に4、50m、ここで30mとも書いて有りますが、双運層が有ります。これが雄別の上部層です。これは非常に単調な頁岩層です。そして、これも同じく淡水層です。

それから舌辛（シタカラ）層になりますが、舌辛下部層は牡蠣貝が産出する汽水層です。構成するものは大体がシルトから細粒の砂岩で、ちょっと泥っぽいところが有ります。それで一部には、非常に細かくて、赤い、天寧層と同じ組成のチャートを少しまじえています。

その上に、舌辛層の中部層がきます。この舌辛層中部層というのは、完全に海成の層で、大体が砂岩、頁岩の互層です。頁岩というよりも、泥岩で、これには貝化石、有孔虫など豊富に産しますので、まずこれが海水層であるというエビデンスは確実に有ります。

その上に舌辛層の上部の砂岩層がきます。これは、どちらかといいますと、汽水層に入るのではないだろうかということです。舌辛上部砂岩層というのは、中粒ぐらいの砂岩でして、これも比較的泥っぽいところがあるのが特徴です。厚さは大体90mから100mです。

その上に、整合で尺別（シャクベツ）層というのがきますが、この尺別層というのは、いわゆる白糠地方の主要夾炭層です。ここは、舌辛上部層の汽水層から転じて、淡水層になっています。

釧路区域では、海底の一部に、この尺別層が分布します。先の海底の地図（資料1—2）でも、ご覧になっていただけれどと思いますが、左側の不整合で第四紀がのってきますが、そのB6のちょっと右側に、尺別というのが書いてあります。深くなっているところは、尺別層がちょっと出てきますが、今度は逆に南に下がると、舌辛層迄浸食されて、尺別層は欠如しているという形になっています。そして、不整合でもって直接、今度は第四紀層の釧路層がのってきます。

大体、以上が簡単な地質の概要です。

では、次に基盤の汐見層の方はどうなっているかというのをちょっとお話しますと、資料1—6に、釧路付近の根室層群の上の方だけを、模式柱状図にして書いてきました。

汐見層というのは、最近、古第三紀層の晩新世と言われていますし、大体、厚さが150mぐらいのシルト砂岩の互層です。この辺であまりきっちり調査されたものが有りませんが、中間にかなり厚い砂岩を挟んでいるようです。ここで互層単位は、数cmから数mと書いて有りますが、私の見たところでは、やはり30mから50mぐらいの砂岩を挟んでくるところがあります。これは、堆積環境としては完全に海水型です。

その下に仙鳳趾（センポウシ）層というのが有ります。これは非常に緻密な泥岩で、大体500mぐらいあり、これも海水沖合型という堆積環境というふうに言われています。

門静（モンシズ）層というのは、凝灰質の中粒砂岩で、釧路地域ではあまり露出していないように思います。

〔鉱区の地質〕（水理地質）

春採層について、もう少し細かく、お話ししておいたほうがよいかと思いますので、資料1—7をご覧ください。

これは実は、この鉱区の最良の柱状図では有りません。ちょっと離れているところから一部借用してきましたので、あまり適當ではないかと思います。

ただ、ここで見ていただきたいのは、天寧層も炭層を挟んでおり、それから、天寧層の

直下、これは春採のトップになりますが、二番層という炭層があります。これは大体1mから2mぐらいの厚さがあると思います。しかし、炭質が悪いので、あまり採掘の対象とはされていません。

その次に、4番層、5番層、6番層とあります。この5番層と6番層との間に、ゼオライト質の凝灰岩があります。このゼオライト質の凝灰岩は、どういうものかと言いますと、非常に硬い、現場では珪岩と言っているぐらい硬い面構えをしています。

ところがこれは、モリブデナイトが多いところで60%と言われているような岩石で、一晩水に浸けますと、ドロドロになってしまふような性格を持っています。

それと同じようなものが、ちょうどもう少し上、4番層との間に1.86という層厚で書いてあります、ここにもあります。それから、6番層の下盤、ここにも薄いものが1枚あります。ここでは大体3枚ですが、多いところでは4、5枚の凝灰岩を挟んでいます。

それから、この下層（6番層）から下に7番層というのがあります。下層（6番層）のすぐ下は、凝灰岩ないしは砂岩というのが、大体、我々が見てきている岩石なんですが、その下にかなり厚い頁岩がありまして、そしてその下にまた砂岩が入ってきてています。これが実は、当初、含水層ではないかと言われた地層です。

以上、地質を簡単に申しました。では、地下水がどういうふうに回ってきて、どういうふうになっているのかというのを、資料1—8に水理という意味でちょっと書いて有ります。

（下山氏） 春採層最下部の砂岩層は、当初、含水層ではないかと言われた地層とのことだが、今は含水層じゃないと考える、どういう意味なんですか。

（中添氏） いや、今はもう、ほとんど含水層の意味はないだろうと思います。というのは、下部の汐見層の方が、9割ぐらいの水を持っているということです。

それで、1～8にWと書いてあるのが陸水からの水（fresh water）ということで、水の供給源としては、海底が一つと、それからもう一つは、化石水です。いわゆる根室層群の汐見層にある化石水と、それから浦幌層群の中にも化石水として残っているのではないだろうかということで、こういう図面を書いて有ります。

それから、左側に第四紀が有りますが、第四紀のベースというのは、ほとんどが粘土層

そして、これはむしろ遮蔽されているのではないだろうかと、ここからの給水はないのではないかだろうかというふうに、私たちは考えております。もう一つは、断層の際に化石水らしいものが見えます。大雑把に書くとこういうことになりますが、これはまた後ほど、いろいろお話を進めながら説明していきたいと思います。

その次に、資料1—9に私たちの炭鉱の坑道の概念図を書いて有ります。先程言いましたように、坑道長は230kmです。この図は、地図と重なっていれば非常に良いのですが、そういう図面がなかったものですから、これだけで持ってきました。

〔採掘状況と坑道〕

坑内の広さというのは、知人（シレト）から東の益浦（マスウラ）まで大体9.4kmです。それから南西方向へ沖合の方に、どのぐらいいいっているかといいますと、一番南が第8本坑道と今言っておりますが、ここから海岸までの距離が大体7.7kmです。それで、延長坑道は、さっきも言いましたように、維持坑道だけで230kmという規模になっています。

〔坑内出水について〕

大体概要をお話しましたけれど、まず釧路炭鉱の水の問題を解く上には、やはり、当初から、これは昭和11年からの記録になりますが、昭和11年に小さな出水があってからの記録と、それから、その経過を追って、少しお話した方がよく分かるのではないかと思いますので、次に、その話をさせていただきたいと思います。

資料1—10は、昭和30年頃までの坑内の展開図です。先程の坑内の概念図からいいますと、ちょうど春採斜坑を、ここに「事務所」と書いてございますが、ちょうど真ん中に、本卸（ほんおろし）、連卸（つれおろし）、材料卸と3本の坑道が有りまして、-225mという坑道が横に走っています。それが、資料1—10の図面で「第3本坑道」と言っているものと同じです。実際にはもうちょっと、一片ぐらい下がるのですが、大体同じというふうに、考えていただきたいと思います。

こここの図に書いて有りますA、B、C、D、E、F、Gというのが出水の箇所です。出水の歴史です。それから小さく1、2、3、4と書いて有りますが、その対策として作っ

た抜水坑です。

これを基本にしてお話を進めていきますが、当初は、昭和11年に小規模な出水が有りまして、これはAという箇所です。これは陸上部ですが、それでも切羽出水を4回経験しまして、最大の出水が大体1m³/分ぐらいありました。この時には、水が出たら抜けばいいと軽く考えていました。陸上部ですから、大したことではないということで、あまり気にしていたなかったんですが、昭和22年になって、春採斜坑を開坑して海底に入るということになったわけです。ところが、入りましてすぐ、23年に、ここに書いてありますEという箇所で、最初の出水がきました。これは非常に小さなものだったのですが、立て続けに25年、26年、27年と、大体4箇所ぐらいで、切羽出水がありました。この時も、多く出て2m³/分という規模でした。

この時も、ポンプを使ってとにかく排水したらよいということでやっていましたが、昭和27年に至って、Mという、ちょっと斜線を引いてありますが、-205m地点で大出水がありまして、この時は大体7m³/分という規模でした。これは切羽を放棄せざるを得なくなりまして、排水に励んだわけですが、29年に至って、今度はそのすぐ下の大体N地点で、これがMから45m下位です。ここで切羽が5箇所連続出水しました。これは炭層下盤（本層）並びに小さな断層の脇から出てきました。この当時の記録はもうあまり有りませんので、あまり詳しい事情はわかりませんが、この時も大規模な出水だったと言われています。

そういうことで、昭和30年、一応復修が終わってから、例の1、2、3、4の10本の抜水坑を設置しまして、水位を測る、それから水質を測るということで、その後の出水対策を行ったわけです。

27年から30年までの経過を踏まえて、佐藤進が、日本鉱業会誌にその概要を発表しました。ここに論文のコピーが有りますが、初めはかなり試行錯誤されたようです。

この時の結論というのは、含水層は春採層の下部ではないだろうかということです。要するに、下部の砂岩層ではないだろうかということを推定したということです。それから、どうも水の溜まり方、出方からすると、フィッシャーの中の貯留水ではないだろうかということです。それも2か月ぐらいで、水量が半減したというところから見ると、かなり局限された範囲の化石水と解釈したわけです。

その時の状況というのは資料1—12に書いてあります。どういうことかといいますと、

このMと書いたのが五片ロングで書いてある記録です。それから、Nと記した箇所というのがこの9、10号ロングと書いてある記録です。どうもこういう出水の状態から見ると、非常に局限的なものでないだろうかということです。それでその時に、フィッシャーの間隙率は大体4%から10%ぐらいの間だろうという推定をしました。

この時はまだ、石炭がそんなに出ていませんでしたが、大体実収炭量当たりいくらぐらい水を抜けばよいかという経済計算をするわけです。この時は大体、生産量（精炭）1トンにつき抜水量が大体0.7～1.1m³ぐらいであろうということでした。また、この時すでに、この水の中に水溶性のガスがあるということが分かっていました。第一報については、そのぐらいの考察で終わっています。

昭和33年に至って、大体水の出方というのが分かるようになりました。それで出水対策も、大体めどが立ったということで、これから抜水坑を、どんどん下部に向かって設置していました。その後現在まで、抜水坑を約60本ぐらい掘っていると思います。

そして、昭和34年に、設置しました10本の抜水坑の観測の結果を整理して、第二報として発表したわけです。この時の結論としては、含水層がどうも、春採層と言っていたが、春採層ではないということです。これは根室層群の汐見層が主含水層であるということが、やっと分かってきたわけです。この規模は、春採層から出るものに比べて、大体20倍から40倍のもので、地層もそのくらいの透水率があるのではないかだろうかということです。

その時、水抜井、坑内で観測も始めており、その時に分かったことは、汐見層からが全体の出水の大体90%、それから浦幌層群、まあ天寧層のベースでとっているわけですが、これが約10%くらいだろうということです。それからガスのことにも言及しまして、どうも水溶性のガスがあるということで、その溶存ガスのガス化比が大体0.3、メタン濃度が93%あること。そして、これは使えるのではないかということで、この時から観測井などからガスを抜いて、これは現在も利用しています。

ずっと観測井はつくってその観測をやっていたのですが、だいぶお休みをして、昭和54年に出水当初からの観測結果を総括して、第三報を出したわけです。この時の報告書が先程お配りした報告書です。

この時の総括をしますと、含水層というのはやはりいわゆる根室層群の汐見層であることは間違いないということです。それで、どうも含水の機構といいますか、含水の性状は、地層に、「裂隙」という言葉を使ってるんですが、要するに小さな亀裂ですが、そういう

ものに溜まっているようだということです。それは、実際にボーリングのコアを観察しますと、裂隙（フィッシャー）が70度から80度ぐらいの傾斜でもって不規則に入っている。そして、その面にカルサイト（方解石）がついてきている。やはり、これがいわゆる源泉ではないだろうかということです。

そして、これを辿ってずっとコアを調べていきましたら、裂隙の発達する地層が大体汐見層の中で40mから50m、ある孔では100mに達する場所もあるということです。結局は、こういう裂隙がどういう原因で発生したのか、どういうふうな頻度になっているのか、まあ、かなり平面的な裂隙の発達によって、その出水の規模が決まるのだろう、異なるのだろうというふうに考えたわけです。

もう一つは、資料1—14の図面をちょっと見ていただきたいんですが、これが観測結果の要約です。ここで分かったことは、どうも益浦断層でもって遮断されているのではないだろうかということです。大断層の場合には、遮断されているので、その水位が異なってきているのではないだろうかということで、それを実証したわけです。

この水脈の遮断と同じように、塩分濃度も益浦断層でやはり遮断されていまして、ここでいう濃度と濃度分布というのは、非常に大きな差が出てきています。

ガス鉱床に関しては、化石水から分離して、空洞中に二次鉱床を形成したのだろうというのが、結局、昭和54年の総括として書かれたわけです。

もう一度、出水の例をもう少し詳しくお話したいと思います。

第1回の出水の時に、非常に面白い現象が出ています。それは、資料1—12の図を見ていただきたいと思います。

これは、ここにM地点の出水の状態を書いてあります。初めに、大体 3000mg/l の塩素を含んだ水が、大体 $7\text{m}^3/\text{分}$ で出てきまして、それから大体2ヵ月で出水の量が半減しています。これは4月に出水して、6月で大体半減してしまっています。そして、逆に今度、塩素の量がどんどん上がっています。そして約1年経った時には、塩素の量としては大体 6500mg/l ぐらいまで上がっています。そして、次の次の年、ちょうど下のNという箇所でまた出水が起こりました。この時、M地点では出水がグーンと下がって、塩素の量が急激に低下します。そして、N地点では最高やはり 8500mg/l ぐらいの値をとって、大体同じような傾向でもって上がりります。

すなわち、これはやはりM地点とN地点で干渉があったと見えまして、c1量はここで

カタンと1回落ちているわけです。これが結局何を意味しているかというのは、報告書の中では触れていませんが、当初、M地点で塩素量がなぜここからこう上がってきたか、初め 3000mg/l のものが、なぜここまで上がったかというのは、圧力開放によっての集水機構を更に検討する必要があると考えます。

さて、その時実は水の分析もずっと一緒にやっていました、資料1—13の表に書いてあります。ここで、これは、どこでどうやってとったかというのは、あまりはっきり出ていませんので、私ちょっと困りました。だけど、ここで言っているのは、いわゆる坑内水は海水型と淡水型と、それから化石水型に分かれるんだということを言っています。この海水型というのは、まだあまり坑道が沖合までいっていませんので、被りもかなり浅く、海水が入るような状況にあったことは間違いないと思います。

2番目の興津坑の本鉆および連鉆、それから3番目の益浦坑3目抜（サンメヌキ）というのは、非常に近いところで、おそらく被りが数十m、100mまでいくかいかないかぐらいのところではないかと思うんです。これは、当時、海水が入ってきた可能性を考えられます。

7番目に断層湧水というのが書いてあります。これはどこの断層であるかロカリティーがはっきりしないのですが、これが淡水型で出てきているというのが、ちょっと注目されると思うんです。

それから11番目に、断層岩脈水というのがあります。これは、釧路の方は断層の傾向というのが、ほとんど正断層でありまして、どちらかというとテンションフォールトがほとんどと言っていいのではないかと思います。その大きなものには岩脈、いわゆる砂岩脈が入ってきています。その砂岩脈の脇から出てきています。この砂岩脈というのはおそらく、これは坑内ではないだろうかというふうに考えます。この7番目とそれから11番目の断層岩脈水というのが、ちょっと私もいま気にかかっている水質です。

〔現在の状況〕

以上が過去の出水なり、そういう経過、それから簡単な考察ですが、ところで、現在はどうなっているかお話したいと思います。

資料1—17に図があります。これは実は2万分の1を縮めた図ですが、その地下水位を

ここに入れてあります。

ある点では非常に明瞭になったかと思いますが、その総括したものが資料1—15に書いてあります。

〔構造（断層）との関係〕

私たちの鉱区の中には、大きな断層、大体60m以上の落差を持つ断層が數本有ります。その中で一番大きい春採断層というのが、210m落差があると言われていますが、ここから西の延長についての状況がわかりません。それから、春採断層と米町（ヨネマチ）断層というのがあります。その東側（右側）に沼尻断層というのがあります。それから、春採坑の東側に左11片断層というのがあります。これも非常に大きくて、落差が約180mぐらいの断層です。それから、一番右に益浦断層というのがあります。

今回、水位を測った結果が、資料1—15の一番右側に書いて有ります。これは地図と同じですが、春採断層と米町断層の間が-490m、それから米町断層と沼尻断層の間が-610m、それから左11片断層との間が-515m、それから益浦断層と左11片断層の間が-525m、益浦断層から東は-490mです。ただし、今、益浦断層から東区域は、これを測ってからすぐマインドアウトしました。図面で、東益浦断層と益浦断層が近寄るところの坑道がありますが、ここでクローズしています。

よりはっきり分かったことは、以前は益浦断層だけが地下水の遮蔽断層だろうというふうに考えていましたが、実際にやってみると、このように断層面ごとに水位が違うということは、大きな断層で、それぞれブロッキングされていまして、構造区分がされているのではないだろうかと考えられます。

これを先の論文、あれは昭和51年の記録ですが、それを入れてみると、その当時、米町断層と沼尻断層の間というのが-430m。これは字があまりはっきりしないのでちょっと分からぬんですが、沼尻断層と左11片断層の間が-430m、それで益浦断層の間は-415m、その下は-480mということです。そこに書いてありますように、この13年間でもって、水位がこのぐらいずつ下がっていったということです。

ちなみに、どのくらい排水しているかというと、大体いま年間約500万tぐらいの水を排水しています。全体で、この排水でこのぐらい水位が下がっています。

その前の記録があれば良いのですが、昭和41年に左1片断層と益浦断層の間が-265mで、その水位差が大体 150mということです。10年間で 150mということになりますと、年間15mということになります。益浦断層から東はちょっと除きまして、大体1年間10mぐらいずつ水位が下がっているのではないだろうかというふうな結論になると思います。

[水質について]

そうなりますと、今度、水の分析の問題になってきます。水の分析は、資料1-21の表をご覧いただきたいと思います。

これは、基盤化石水の Cl の含有分布ですが、平成元年7月に分析したものです。残念ながら、 Cl の分布では、あまりきちんと断層間の差は出ませんが、少なくとも益浦断層との間では、非常なギャップがあるということがご覧いただけるかと思います。

今採掘しているところで約 12000mg/l です。ここでもうお気づきかと思いますが、一番高かったのは、知人斜坑のところで 13500mg/l というのがあり、そのフケで又若干低下し、全体としてコンターを巻く形になっています。

水の化学組成をずっと見ていきますと、どうも昔は、海水が混入したもの、それから基盤水、分類上いろいろな迷いが有りましたけど、最近、全部のデータを整理しまして書いたものが資料1-18の表に載っています。それを見ると大体お分かりになるかと思いますが、基本的にはやはり、「天盤水」と言っている、いわゆる天寧層、少なくとも春採層上部以上層からしみ出ている水と、それから、先の春採層の炭層下部から下にある「基盤水」と言っている水、この2つが基本ではないだろうか、どうもこれしか分類できないのだと考えられます。あと、いろいろな水の分析をやりまして、その他またいろいろありますが、これはやはり溜まったりして混じったもの、ミックスしたものというような見方をしています。

基本的に、では、天盤水というのはどういうものかといいますと、大体、クロルの含有というのが若干低いか、あるいはそれほど変わらないところも有りますが、いちばん違うのは、基盤水に比べてCaイオンが非常に少なくなる。それから逆にMgイオンが高くなってくる。基盤水の場合には、それが全く逆でして、Caイオンが非常に多くて、Mgイオンが極端に少なくなってくる。それから、今度これが流れて古洞に溜まると、 HCO_3 が多くなって

きます。

そして、ちょっと下にコメントを書いて有りますが、基盤水というのは海水に比べて、 $MgSO_4$ が極端に少なく、Caが多い。 SO_4 は硫酸還元バクテリアにより還元されて、硫化鉄として失われる。Mgは岩石中の主にCaと置換されて低い値を示すものであろうと。現場ではCa/Cl比をとっていますが、大体Ca/Cl比で0.3以上が普通基盤水と言われているものに多いということです。

天盤水は天寧層のベースから直接サンプリングしています。Ca/Cl比は大体0.15から0.25の範囲にあります。

それをグラフにとってきましたのが資料1—19です。一番左に”1”というのが有りますが、”1”というのは海水のMg・Ca値です。それから”3”と”4”というのが、基盤水のデータです。その中間に”2”と”6”というのが有りますが、これが天盤水と言われている水の値です。

それを、今度、ClとCaの比で見ていったのが資料1—20です。この”1”というのは海水です。Cl値は大体1万8000mg/lとなっています。

基盤水になるとCaが高くなつて、ここです、”3”と”4”というのがそうですが、大体こういう線にのってきます。その辺の古洞の水もやはり、”9”、“10”というのがそうですが、大体この近くにきます。いわゆる天盤水と言われているものが”2”と”6”というふうに、こういう中間に位置します。

結局は、どうも水の分析、資料1—22に水抜きの実績も全部書いて有りますが、数多くサンプリングして分析した結果では、春採層の凝灰岩層および頁岩層が基盤水のキャップロックになってるのではないだろうかと考えられます。そこで分かれて、いわゆる浦幌層群の大部分に滞留するもの、基盤に貯留するものと、そういうふうな地下水の分け方になるのではないだろうかというふうに考えております。

今までの総括として、もう一度、初めの資料1—8の図にちょっと戻っていただきたいと思います。

水理解析というところまでは手が届きませんが、ちょうど春採層の中間に破線で書いて有りますが、これは、先程言いました炭層付近の粘土層の位置を書いてあります。それから、下がいわゆる汐見層をオリジンとする化石水と、それからもう一つは、浦幌層群の滞留水ですが、これはやはりある部分では、マリンのものが入ってきている可能性はないだ

ろうかということをちょっと考えられます。ただし、その上に、先程言いましたような、雄別層の上部層とか、ああいう粘土質の層が有りますと、やはりそれは一つの遮断層になり得るのではないかという考え方もあります。

それからもう一つは、先程の資料1—14の図に示しましたように、これは初期の塩素イオンの状態を非常によく示しています、陸の方から1500、2000、3000というふうに上がります。ということは、やはり陸水とコンタミネートしているのではないかだろうかと考えられます。そして、おそらく化石水、これは中心で 13500mg/l ですが、これとのコンタミネートした表のが、この1—14のコンタラインに出ているのではないかというふうにも考えています。

現状は、どのぐらいの水を汲み出して、どういうふうにやっているかということですが、資料1—23をご覧ください。これは炭鉱の排水系統図です。

いま、何台かのポンプを稼働させていますが、現在、南益浦、ここは横で棒を引っ張っていますが、これは今、稼働していません。もうこの区域はクローズしています。

実際に今年あげた記録によりますと、第2ポンプ座というのが有りますが、これが一番上有ります。これで大体 $10\sim11\text{m}^3/\text{min.}$ です。これは第5本坑道の中央ポンプ座から上がってくる水として、中央ポンプ座というのは2つの系統が有ります。2つの系統というのは、一つは南から揚げてくるもの、それからもう一つは、知人（シレト）と言いますが、西区域から揚げてくるパイプです。

中央ポンプ座でもって、くみ上げている水というのは大体 $10.21\text{ m}^3/\text{min.}$ です。そして、これを割り振りして、どのぐらいの水が上がっているかといいますと、中央で $4.43\text{ m}^3/\text{min.}$ 、それから西の方が $5.78\text{ m}^3/\text{min.}$ です。大体こういうところです。

いま、これとは別に水抜き井を設けて観測していますが、これは、次の資料に有りますが、全部で55本掘っています。今まだ、掘っていますが、16孔から55孔までの記録が有ります。そのうち、もう水位から上へ出たものは、ガスを取って、あとはもう廃棄していますので、観測中止ということになっていますが、観測中の抜水井が現在12本有ります。この番号は資料1—17の図面に位置がプロットしています。今まだ、ここで観測中ということです。

ちなみに、これはガスが今かなり出ていて、ガスがどのぐらい出ているかといいますと、たしか毎分 60 m^3 ぐらい出ているのではないかと思います。ガスの方はあまり注意し

ていなかったので、よく分かりませんが、データはあると思います。吸引するものですから、空気が入ってかなりガスの濃度が落ちていますが、今、大体44、5%でもって、毎分60m³ぐらい出ています。ですから、地下水にかなりのガスを含んでいるということは間違いないと思います。

〔最後に〕

以上をまとめますと、ちょっと重複しますが、我々の炭鉱の主含水層というのは、大体根室層群の汐見層であるということは、まず間違いないと思いますが、浦幌層群の主部もやはり、含水層をある程度形成しているのではないかというふうに考えています。ただ、春採層の含水規模は小さく、おそらく汐見層の10分の1以下であろうというふうに考えています。

含水の機構といいますか、地層の裂隙は、先程もお話しましたように、大体7、80度の傾斜を持つフィッシャーがありまして、主にそこに水が充満しているという形であろうと思います。そして、こう見ていきますと、やはり断層際、断層の交差する辺りに多く水を胎胚しているように思います。

汐見層の中における裂隙の垂直分布というのは、今までの記録では40mか50m、特別なケースでは100mというようなものがあります。

今までの湧水の水質分析から見ますと、やはり春採層の粘土層がある程度キャップロックのような役目をして、被圧水を形成していまして、クロル含有13000mg/lという化石水を胎胚しています。

現在の集水区域はどのぐらいかといいますと、私達の感じでは、今の採掘範囲からすると、せいぜい3200万m³ぐらいと思われます。年間、大体500万m³の抜水をしていますが、面積比にすると、水の量は少ないのではないかというふうに考えています。

それから陸水との関係では、先にお話しましたように、やはり海岸線からだんだんC1イオンが上昇してきているということは、やはり陸水とのミックスが十分考えられるというふうに考えております。

地質構造との関係では、先に言いました大断層ですが、そして釧路の方の断層というのは、挟み断層が多く、その延長で落差は集約されてしまいます。やはり、その落差の大き

いところでは、もう完全に水は遮断されているというふうに考えます。

断層の性格というのは、先程もお話しましたように正断層でして、あまり変な大きな破碎帶といふものはありません。大体、砂岩脈の存在から、やはりテンションタイプのものが多いのではないかというふうに考えます。それでもやはり、地下水は遮断されていると考えます。

ちょっと水理解説までは行き兼ねますけど、以上が大体炭鉱の水の状況です。

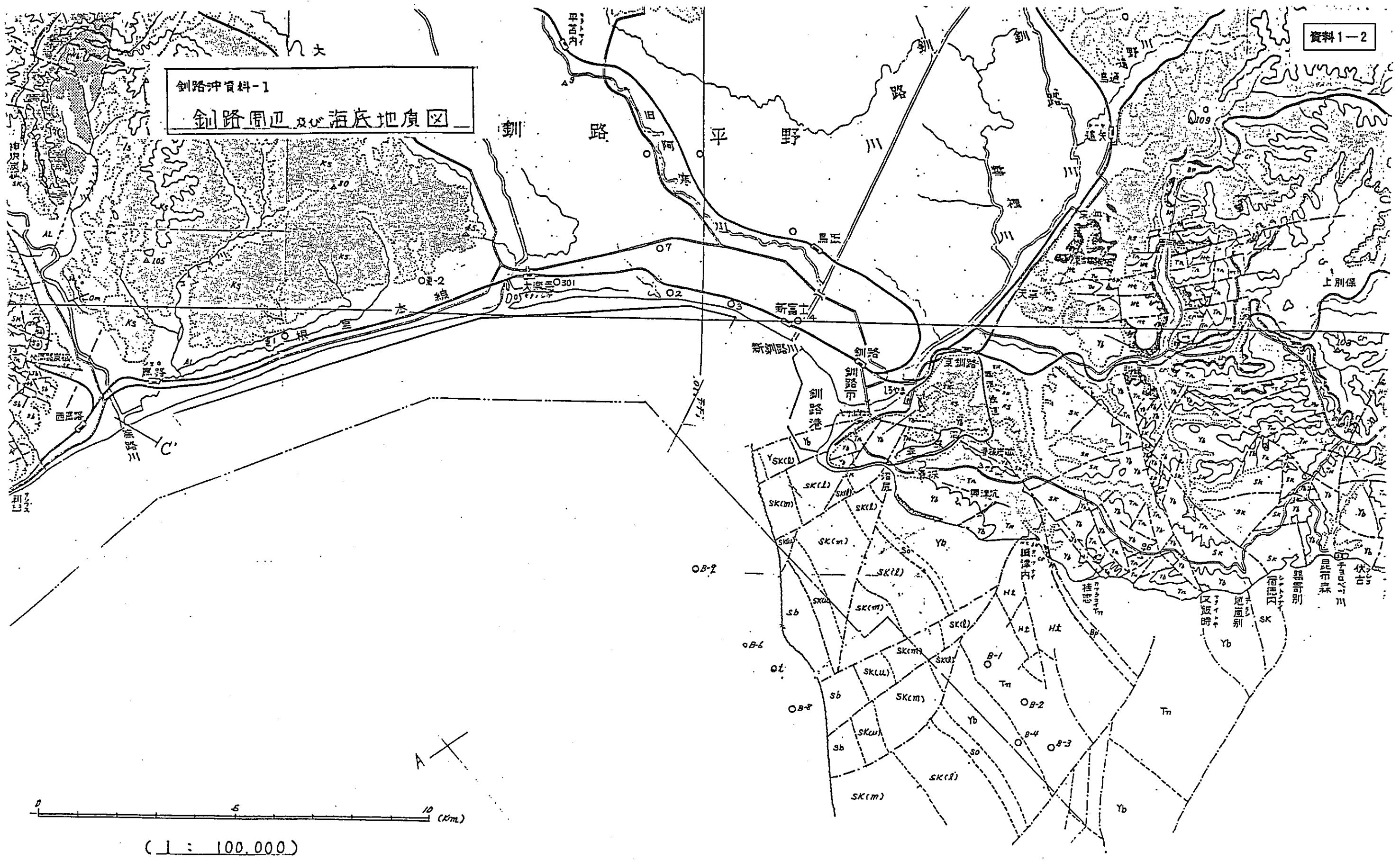
一つ。断層がいつ頃のものであるかというのをよく聞かれるんですが、あまりはっきりしませんが、大体私達は鮮新世ぐらいの形成ではないだろうかというふうに考えています。

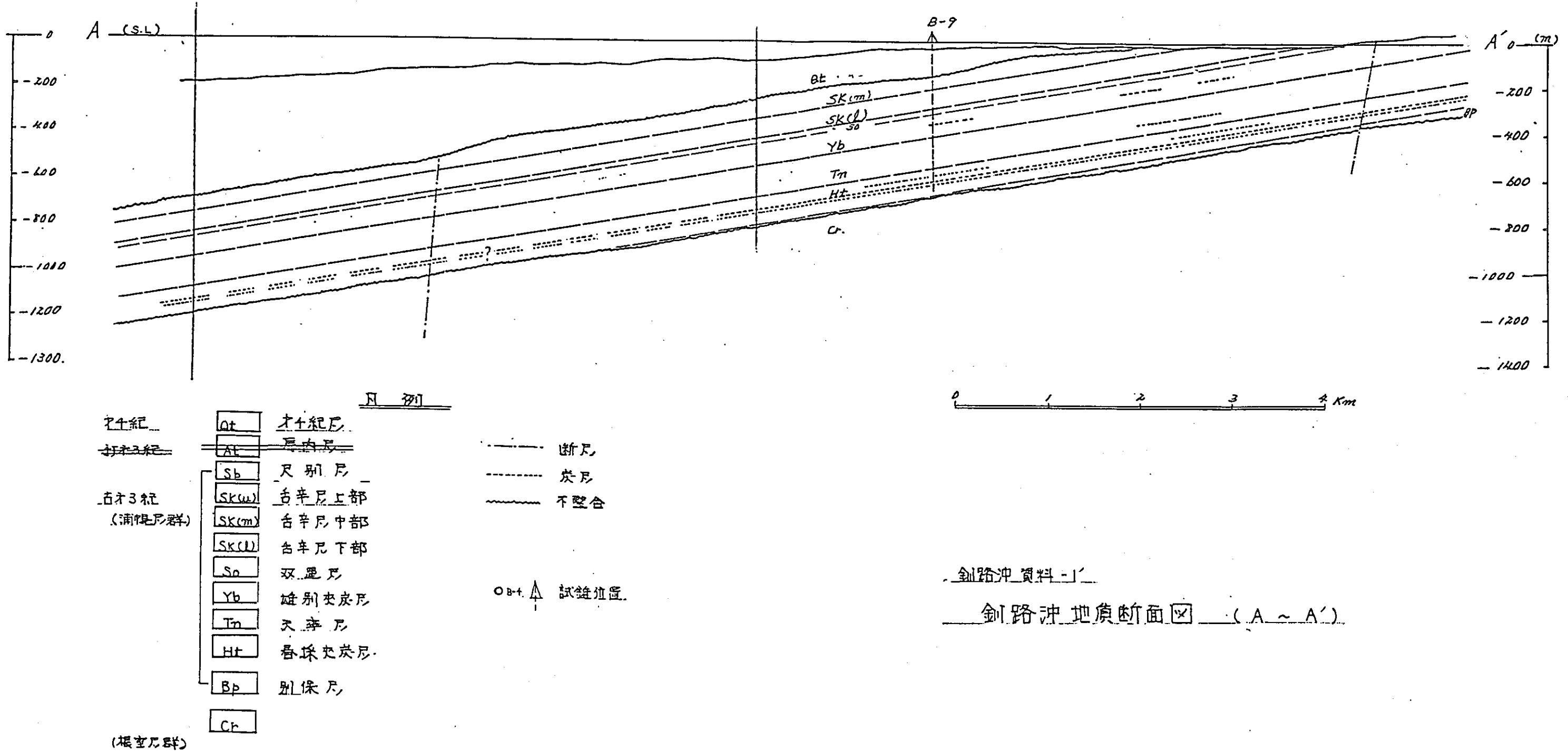
それから資料1—21というのがありますが、この図面に炭層のコンタを重ねますと、全く同じ図です。本層（5番層）でいいますと、ここが分布上最も発達した部分とコンタの傾向が似ています。そして、益浦断層で、これが東側は南へずれてしまいます。ですから、水の状態と全く同じような感じです。やはり、堆積した時の堆積盆のあり方によって、あるいは地下水にそういう影響が、同じように出てきているんだなという感じがしないでもありません。

以 上

地質時代			炭田西部地層名		炭田東部地層名				
第四紀	沖積世	沖 積 層			沖 積 層				
		段丘堆積層			段丘堆積層				
		火山噴出物層			火山噴出物層				
	洪積世	釧 路 層			釧 路 層				
		層 内 層 群	白 糠 累 層		(欠 如)				
			厚 内 累 層						
新第三紀	鮮新世(中新世)		直 別 累 層						
	音別層群	縫 別 累 層		(欠 如)					
		茶路累層	茶 路 層						
			大 曲 層						
	漸新世	尺 別 累 層			尺 別 累 層				
		舌 辛 累 層	上 部 層		上 部 層				
			中 部 層		中部層(武佐頁岩層)				
		幌 峴 層	下 部 層		下 部 層 (米町砂岩層)				
		始新世			(双運部層) 雄 別 累 層			雄 別 累 層	
	輝	(清水頁岩層)			上 部 層				
		下 部 層 (雄別夾炭層)			下 部 層				
		留 真 累 層			天 寧 累 層				
	根 室 層 群			春 採 累 層					
	曉新世			別 保 累 層					

釧路炭田一般地質層序

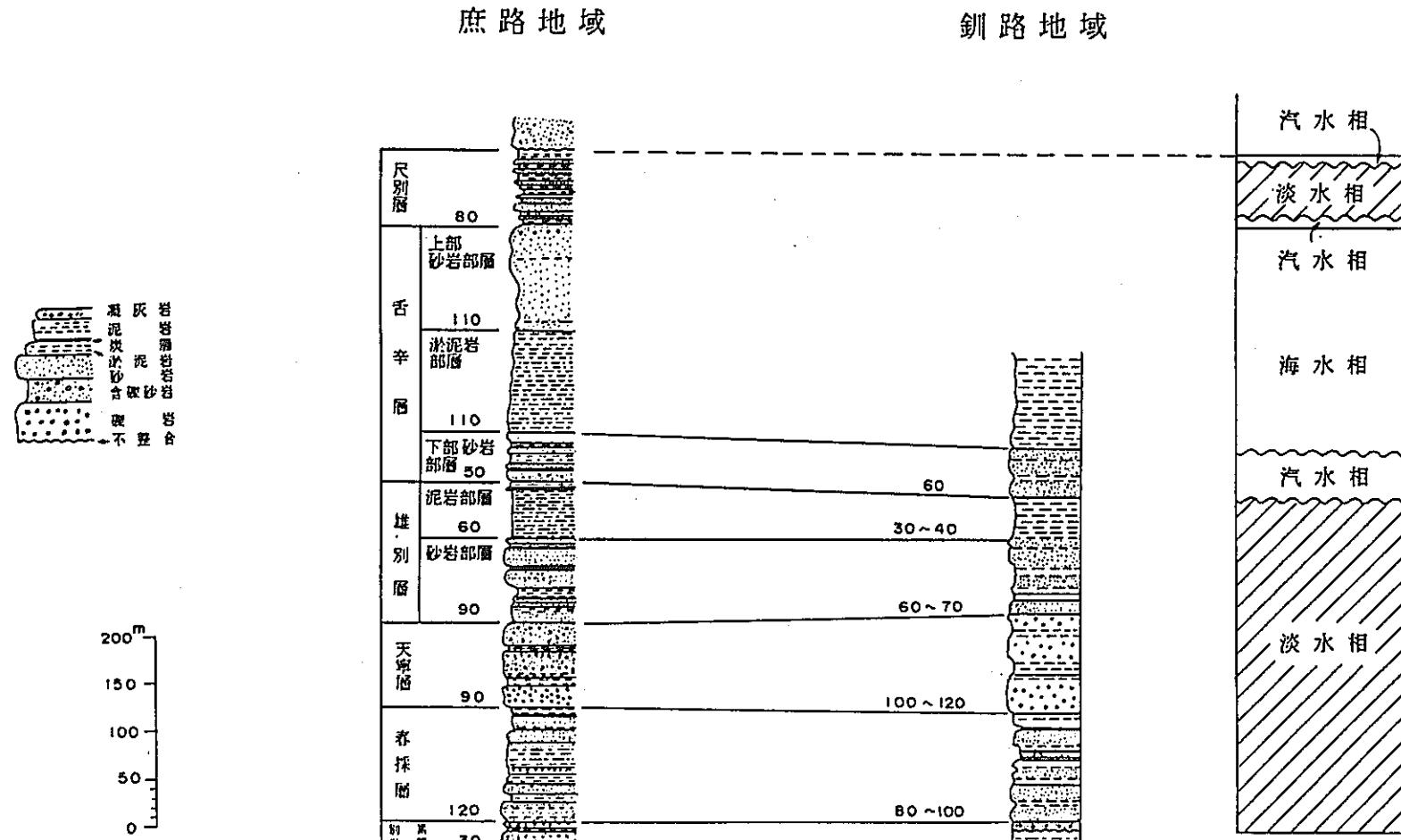




模式地質柱状図

時代	地層名	柱状	厚さ m	岩種・その他	記号
第四紀				砂礫	I Qt
			60 100		
			100 130	- 石炭層 - カキ貝層 - 貝砂岩 - 石炭層	Sb
	尺別炭層				
	舌辛上部 砂岩層		90 100	砂岩	SK(u)
	浦				
	幌				
	層				
	群				
新生代	舌辛下部 中部		150 180	砂岩・貝岩の互層 (貝化石・有孔虫を含む)	SK(m)
	舌辛下部 下部		75 90	- カキ貝層 - 細砾層	Sk(l)
	双夏		30	- シジミ貝層 - シジミ貝層	So
	屋別炭層		80 90	砂岩・砂質貝岩 - 砂岩の互層 - 砂岩	Yb
	天寧砾岩層		90 130	砾質砂岩 - 砂岩	Tn
	春採夾炭層		85 95	上層灰 (2.3番目) 木層灰 (5番目) 下層灰 (6番目)	H七
				砂質岩 砂質灰岩	
	別保層		2 10	砾岩	Bp
	根室層群			砂質頁岩	Cr.
	多見砂岩泥岩層				

(大旱洋房破，坑内)



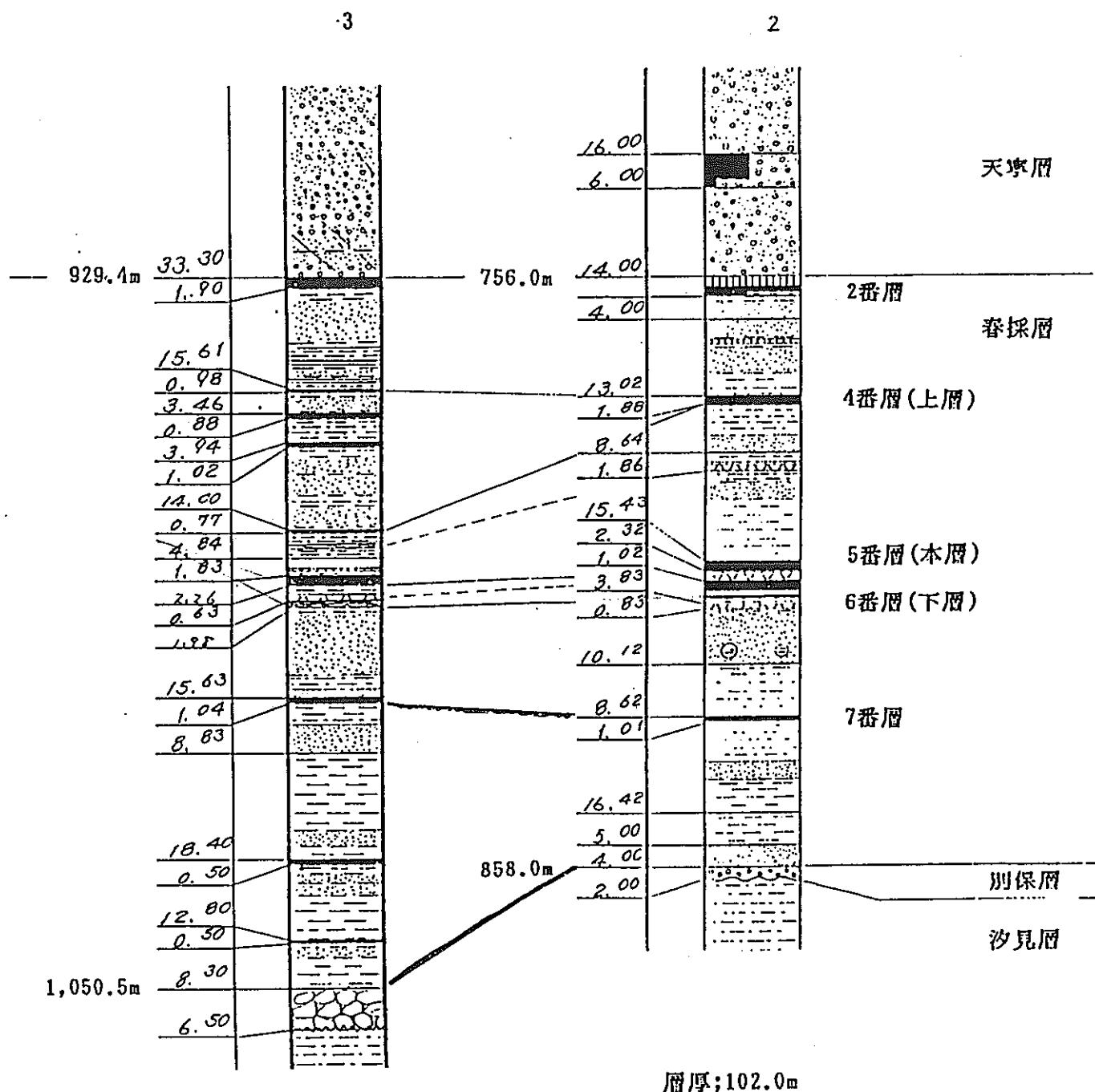
浦幌層群地層対比図

釧路付近の根室層群

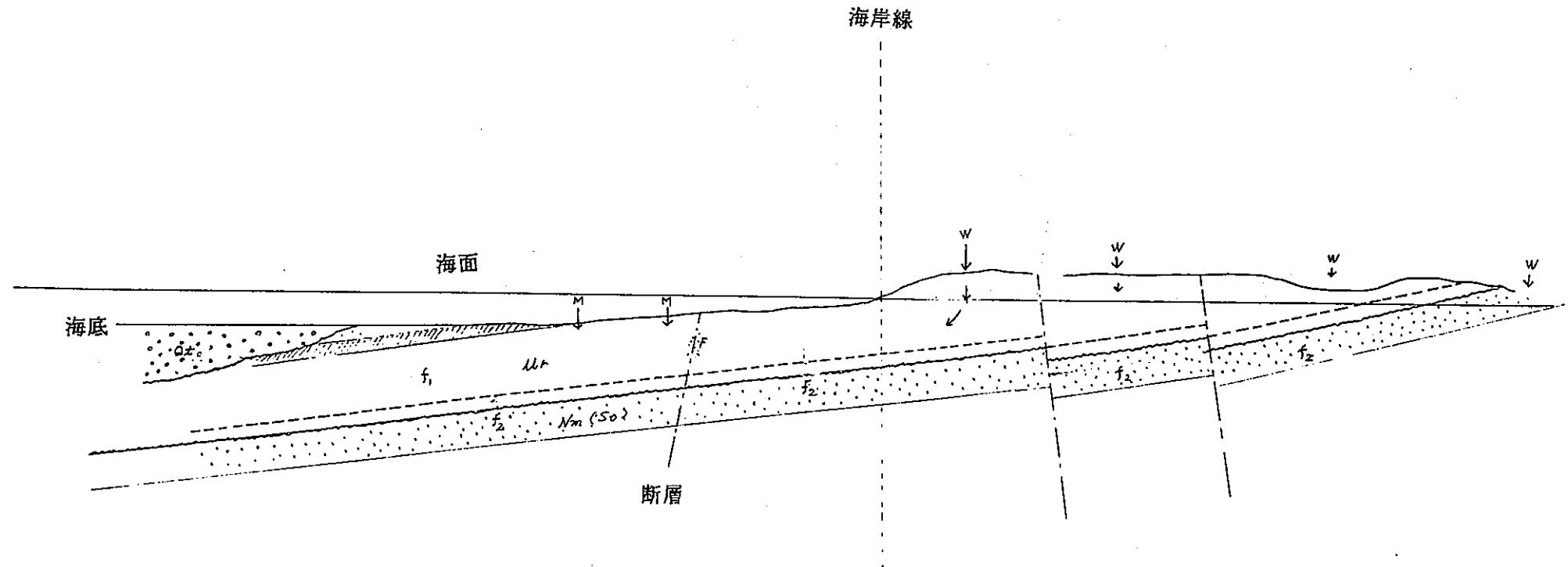
時代	地層名	柱状	厚さ	地質	堆積環境
古第三紀 (晩新世)	汐見層		150m+	シルト、砂岩の互層 (互層単位は数cm～数m)	海水 (冲合型)
白亜紀	仙鳳趾層上部 " 下部		500m± 20～400m	緻密な泥岩 板状泥岩	海水 (冲合型)
	門静層		10～320m	凝灰質中粒砂岩	

* 尾幌図幅から引用

春採層



鉱区域の水理(概念図)

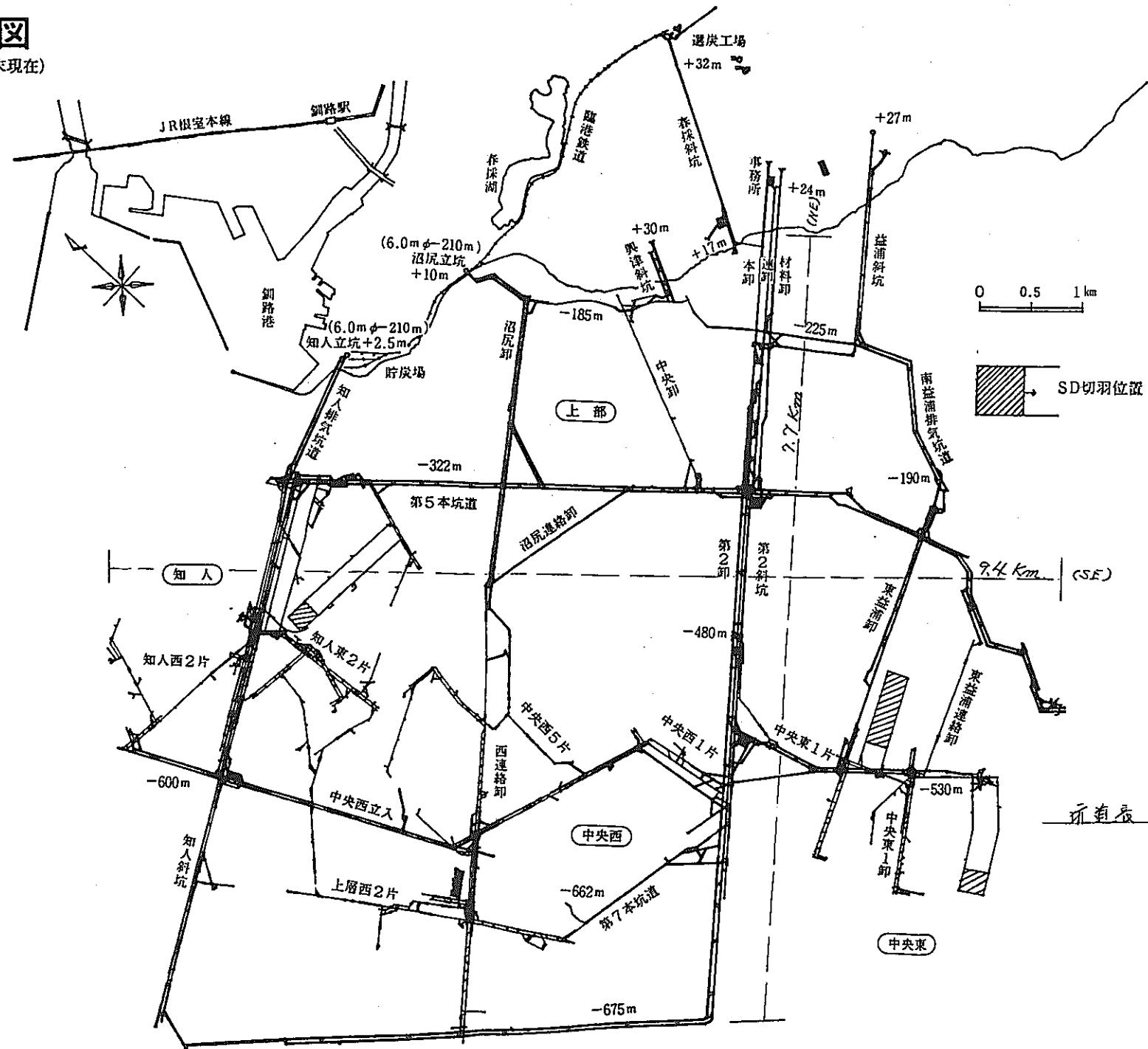


凡例

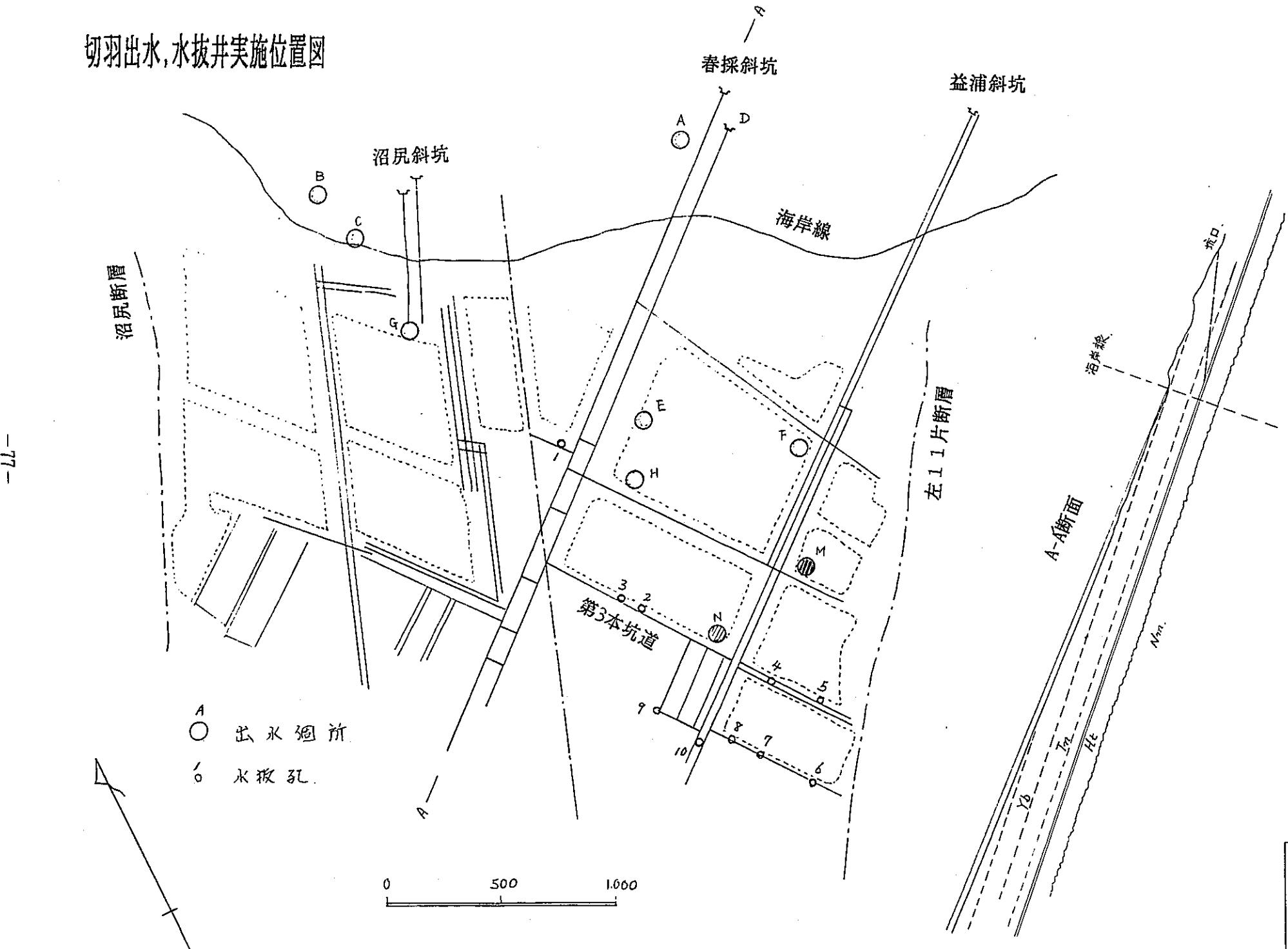
M :	海水	:	春採層粘土層
f ₁ :	化石水(1)	:	不整合
f ₂ :	化石水(2)主に汐見層	:	第四紀層
F :	断層際の化石水	:	浦幌層群
W :	陸水	:	Nm(So) : 汐見層

太平洋炭礦 坑内概念図

(平成3年3月末現在)



切羽出水、水抜井実施位置図



出 水 一 覧 表

出水年月日	出 水 個 所	出 水 量 m ³ /min	出 水 中 の Cl mg/l	出水個所の深度 (m)	記 事
A. 1936.11.23.	春採坑上層1号ロング	0.14→0.43	?	-170	第1回は5カ所に出水、1カ月後に4カ所に出水
B. 1938.12.12.	ク本層1・2号ロング	3.0→1.4→0.57	1,630?	-160	湧水後2カ月で水量は1.13となる
C. 1939.?	ク右本層引立試験	0.037	塩分を含むとだけ記事あり	-185	cap rock; 34m
D. 1945.1.4.	ク左-鉛巻座裏試験	1.03	3,163(1951.10測定)	-165	cap rock; 34m
E. 1948.3.?	ク左一片鉛1号上層ロング	?	2,085→2,784	-210	密閉圧 7.5kg/cm ² (本層下盤換算)
F. 1950. <small>3.9. 3.30. 4.10.</small>	ク左一片本層昇3号ロング	0.57→少量	1,532→1,950	-185	3カ所より出水
G. 1950.8.6.	春採坑本層坑底	1.0	2,460	-200	密閉圧 7.4kg/cm ² (本層下盤換算)
H. 1950.10.21.	春採坑左一片鉛1号本層1・2号ロング	2.0	2,163→4,000	-215	2カ所より出水
I. 1951.7.26.	ク左一片鉛2号ゲート	0.57→0.70	3,156→3,220	-210	本層と下層の間より出水
J. 1951.11.30.	ク左一片鉛3号ゲート第2日抜	少量	3,688	-210	坑道側壁より湧水
K. 1951.1.4.	ク左一片鉛1号1号ロング	0.1	4,014	-215	切羽全面にわたって下盤より滲出
L. 1952.3.8.	ク左一片鉛3号1号ロング	少量	2,993	-210	少量滲出
M. 1952.4.13.	ク左五片ロング	7.03→3.84→	3,000→6,800	-205	本層下盤岩脈際2カ所より出水
N. 1954. <small>6.27. 6.30. 7.1. 7.10. 8.22.</small>	ク左一片鉛3号1号風坑 ク第三本坑追鉛9・10号ロング	少量 1.80 1.40 1.60 0.30 3.85	5,844 7,100 6,980 6,850 7,220 8,610	-215 -250	本層下盤より5カ所にわたって連續出水

表 水 抽 井 一 覧 表

水抜井	実 施 位 置	孔井口 標 高 (m)	全孔長 (m)	含 水 层 深 度 (m)	含 水 层 厚 (m)	有 効 滲透率 (Darcy)	初 期 涌 水 量 (m ³ /min)	初 期 密 壓 (kg/cm ²)	初 期 坑 壓 (kg/cm ²)	初 期 Cl 値 (mg/l)	最 大 Cl 値 (mg/l)	完 成 期 日
No. 1	春採坑々底ポンプ座	-235	51.00	-279.5	4.00	15	0.02	9.4	13.9	3,400	3,660	1955.9. 4.①
No. 2	ク第3本坑道12日抜	-262	?	-294.0	?	?	0.15	15.0	18.2	5,020	6,275	1956.1. 6.②
No. 3	ク第3本坑道14日抜	-262	37.80	-293.0	6.00+	120	0.14	5.0	?	4,910	7,010	1956.9.22.②
No. 4	ク左9片1日抜	-260	40.60	-294.0	5.00	70	0.20	15.0	18.4	6,080	7,500	1957.2.20.
No. 5	ク左9片3日抜	-260	39.60	-297.0	2.00	—	極少量	8.4	?	—	—	1957.6.20.
No. 6	ク左10片12~13日抜	-260	36.35	-312.0	4.00	—	—	14.0	17.2	—	—	1957.6.28.
No. 7	ク左10片6日抜	-286	40.40	-319.0	3.00	4	少 量	11.0+	?	3,500	5,750	1957.9.19.
No. 8	ク左10片2日抜	-287	36.60	-322.0	1.20+	30	0.02	15.0	18.5	8,530	8,700	1958.2. 6.③
No. 9	ク右10片奥	-260	54.00	(C1)=324.0 (C2)=334.0 (C3)=340.0	0.80 0.75 2.00+	70 1,300	0.01 1.40	15.0 15.0	18.4 20.0	7,450 9,940	7,500 10,210	1958.5.22.④
No. 10	ク左2鉛13日抜	-293	77.00	(C1)=327.0 (C2)=329.0 (C3)=344.0	0.70 1.00 6.50+	1,600 900 560	0.60 0.38 2.00	15.0 13.0?	18.4 16.6?	9,020 8,760 —	9,020 10,000 10,570	1958.9. 5.④

記事 ①上層坑道より立堆 ②含水層全層は確認せず ③崩壊のため全層は確認せず ④炭灰層基底部に2層、白堊紀層中に1層の含水層確認

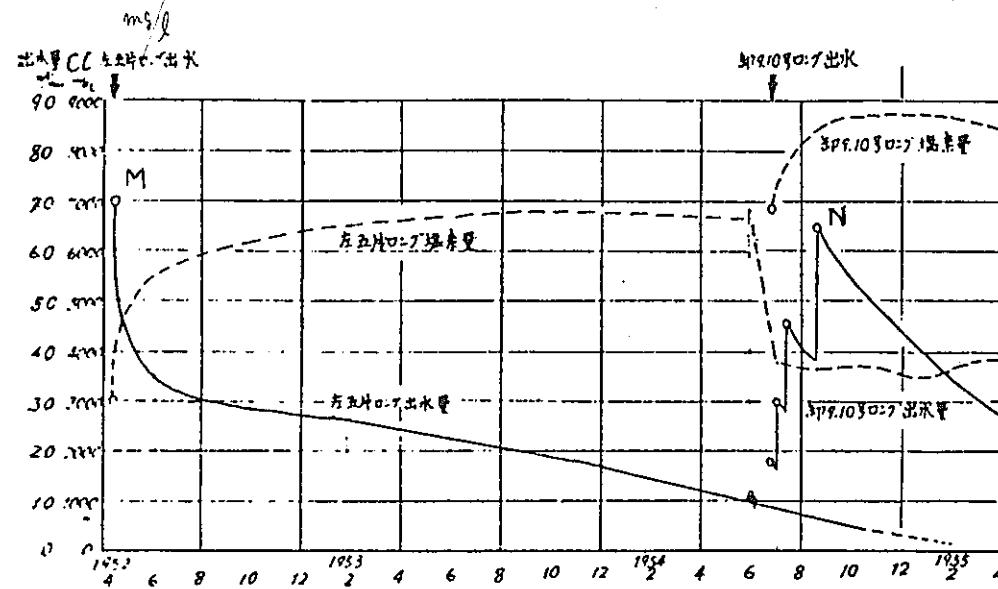


図 左五片ロング, 領9,10号ロング出水量および塩素量

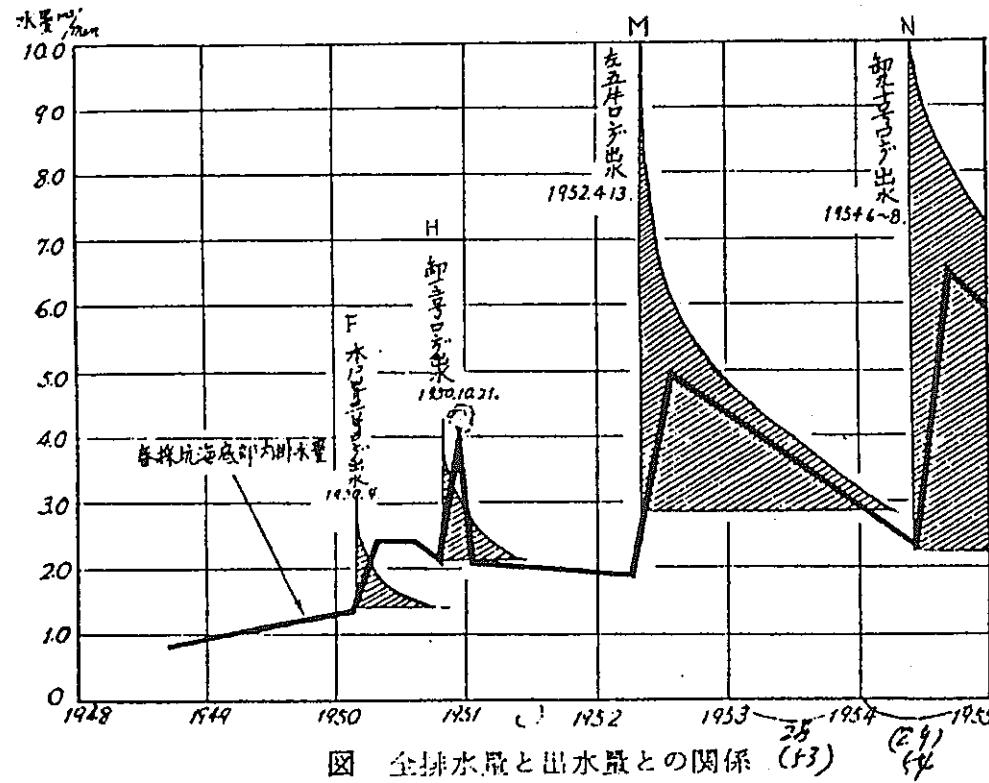


図 全排水量と出水量との関係 (53) (54)

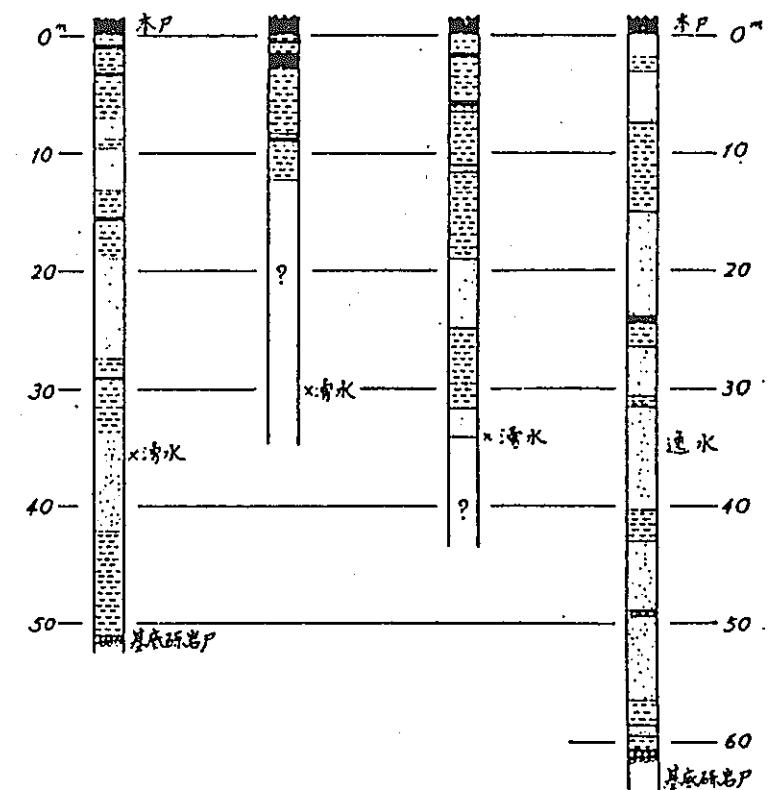
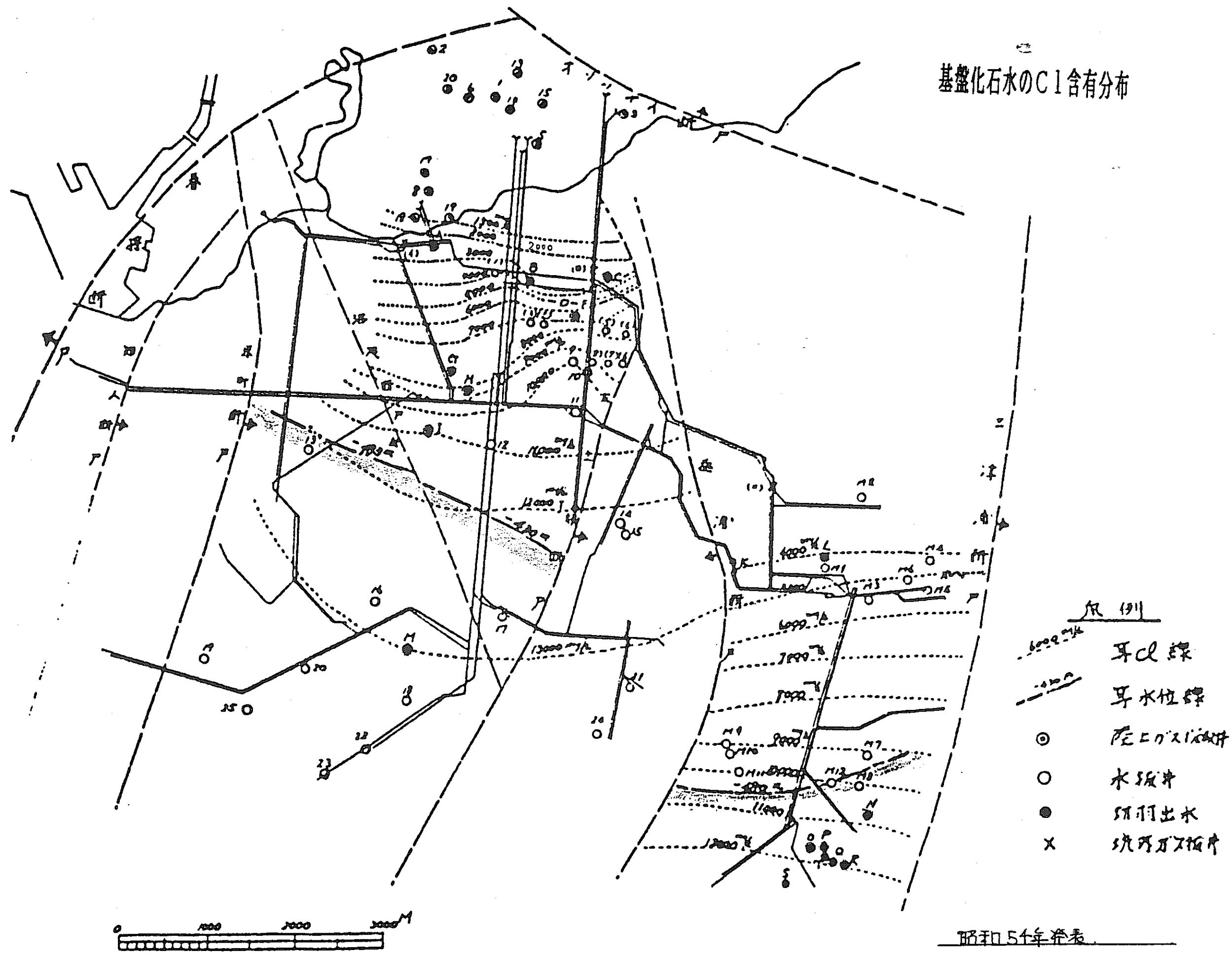


図 涌水位置を示す試験柱状図

第表 水質分析、五成分の百分率

番号	採取箇所	分析の数	分析平均値 mg/l					5成分百分率					試料の採取期間	水質区分
			Cl	SO ₄	Ca	Mg	CO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	CO ₃		
(1)春採一知人海岸海水		3	18,148	2,605	435	1,226	140	80.5	11.5	1.9	5.4	0.7	昭和22~24年	純海水型
(2)東津坑本鉄および連鉄	100	1,670	244	124	77	100	75.4	11.0	5.6	3.5	4.5	昭和25~34年	海水型	
(3)益流井坑3日抜	40	1,410	160	200	55	200	69.6	7.9	9.9	2.7	9.9	昭和31~34年	海水型	
(4)益浦新坑4日抜	40	3,320	1,586	1,570	690	70	77.3	9.2	9.1	4.0	0.4	"	海水型	
(5)城内河川、水道水	2	11	tr	15	tr	70	11.5	0	15.6	0	72.9	昭和31年	純淡水型	
(6)陸地亂内採掘時湧水	6	31	37	33	5	-	29.3	34.9	31.1	4.7	0	昭和26年	淡水型	
(7)断層湧水	5	14	tr	tr	tr	350	3.8	0	0	0	96.2	昭和30~31年	海水型	
(8)陸地部内古洞水	9	40	160	46	2.5	-	16.1	64.4	18.5	1.0	0	昭和26年	(古洞水型)	
(9)春採坑森水坑道	20	574	76	89	0	300	55.2	7.3	8.6	0	28.9	昭和27~34年	化水型	
(10)炭層下盤化水	{数百	2,000~10,000	tr	400~3,800	tr	20	72.4	0	27.5	0	0.1	昭和23~34年	純化石水	
(11)断層、岩脈水	11	370	tr	23	tr	70	79.9	0	5.0	0	15.1	昭和31~32年	化石水型	
(12)本層上盤化水	4	9,460	tr	1,910	190	150	80.8	0	16.3	1.6	1.3	昭和29年	海水型	
(13)春採坑右3片水	22	2,130	150	494	0	300	69.3	4.9	16.1	0	9.7	昭和27~30年	海水型	

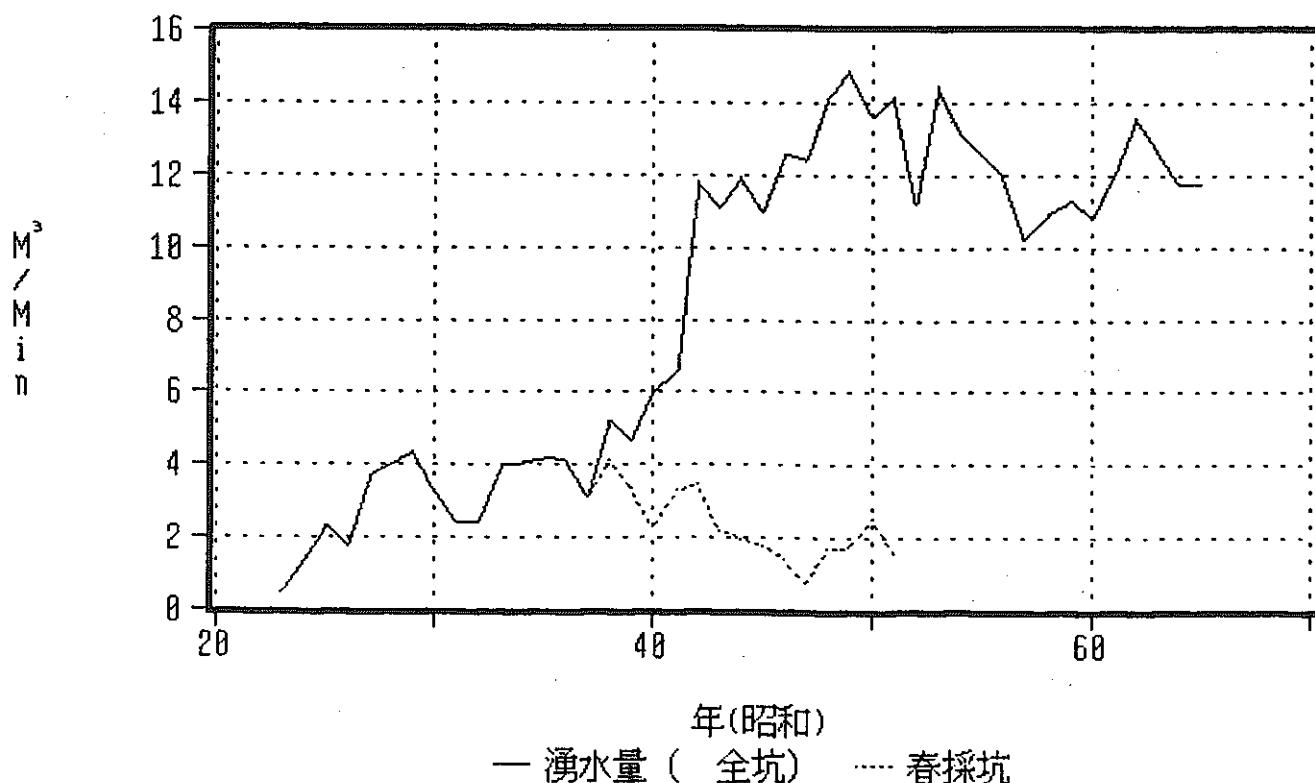
基盤化石水のC1含有分布



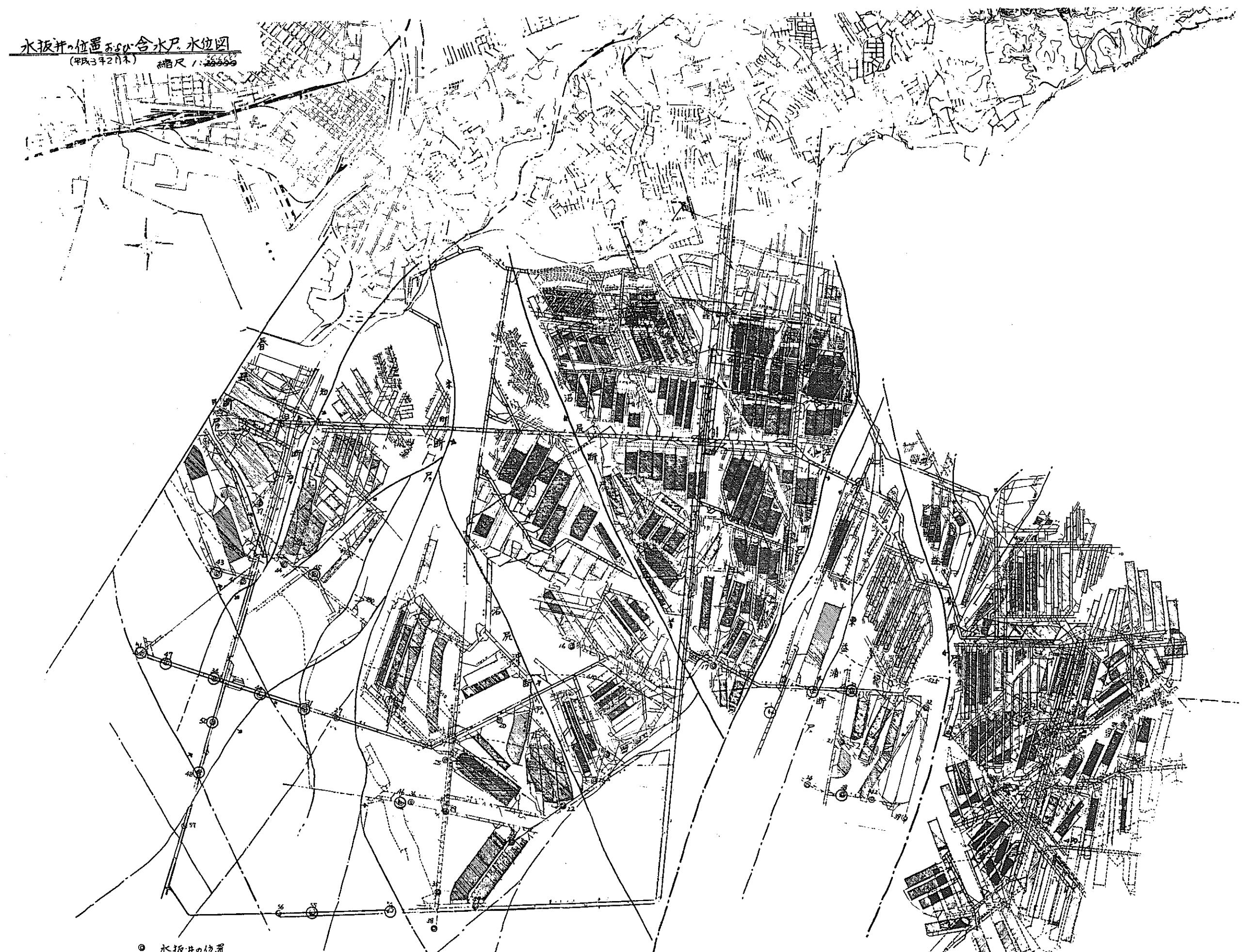
地下水を遮断する断層と各構造区の水位変化

断層/年	S41 (10年間)	S51 (13年間)	H1
春採断層 (A)	NA	NA	-490
米町断層 (B)	NA	-430? (-180)	-610
沼尻断層 (C)	NA	-430 (-85)	-515
左11片断層 (D)	-265 (-150)	-415 (-110)	-525
益浦断層 (E)	NA	-480 (-10)	-490

注) 深度m
()内数字は水位低下差

鉿路鉱の^汲涌水量

水抜井の位置と含水戸水位図
(昭和34年1月) 緯度 1:25000



坑内水の化学組成

mg/l

水種	Ph	C1	Ca	Mg	So ₄	HCO ₃	Ca/C1
1. 海水	7.0	18,000	400	1,250	2,500	130	0.022
2. 天盤水	6.8	10,532	1,821	134	-	31	0.174
3. 基盤水	7.3	11,740	4,090	13	-	12	0.348
4. "	7.2	13,108	4,245	66	-	34	0.323
5. 天盤+基盤水	7.0	11,382	3,246	52	tr	18	0.285
古洞水							
6. 天盤古洞	7.0	12,145	2,268	176	8	105	0.187
7. 混合型	7.3	10,025	2,749	97	-	77	0.274
8. "	6.8	12,464	3,725	49	-	110	0.300
9. 基盤古洞	7.4	12,482	4,765	3	-	83	0.381
10. "	7.1	11,010	3,720	33	-	128	0.338

坑内水の特徴

1. 基盤水(下盤水)

海水に比べ Mg, So₄ が極端にすくなく Caが多い。So₄は硫酸還元バクテリアにより還元され硫化鉄(FeS)として失われる。Mgは岩石中の主にCaと置換され低い値を示す。Ca/C1比は0.3以上が普通である。

2. 天盤水(主に天寧層Baseからの流下水)

基盤水に比べCaが少なく、Mgが多いのが特徴である。従いCa/C1比も低く0.15~0.25程度の範囲を示す。

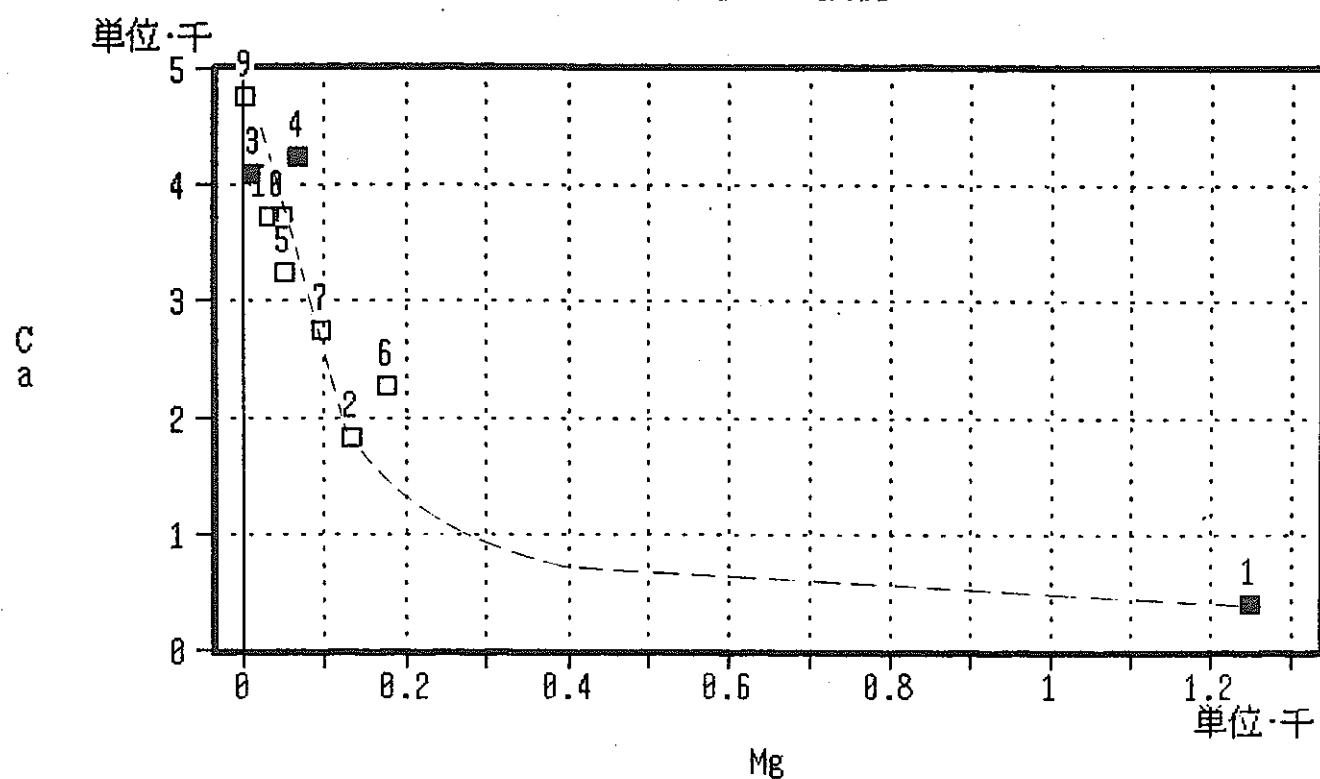
3. 基盤古洞水

基盤水が古洞に湧出滞留したものでHCO₃の値が比較的高い。

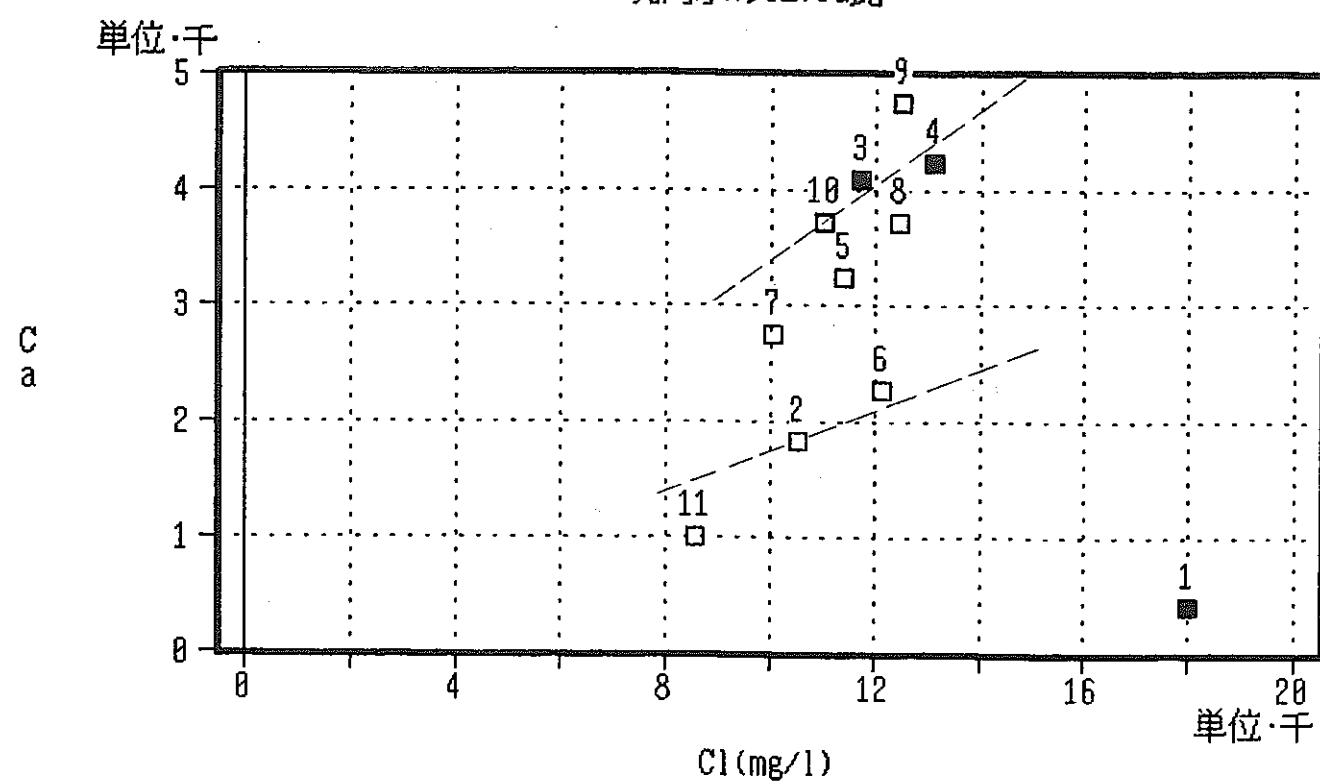
4. 天盤古洞水

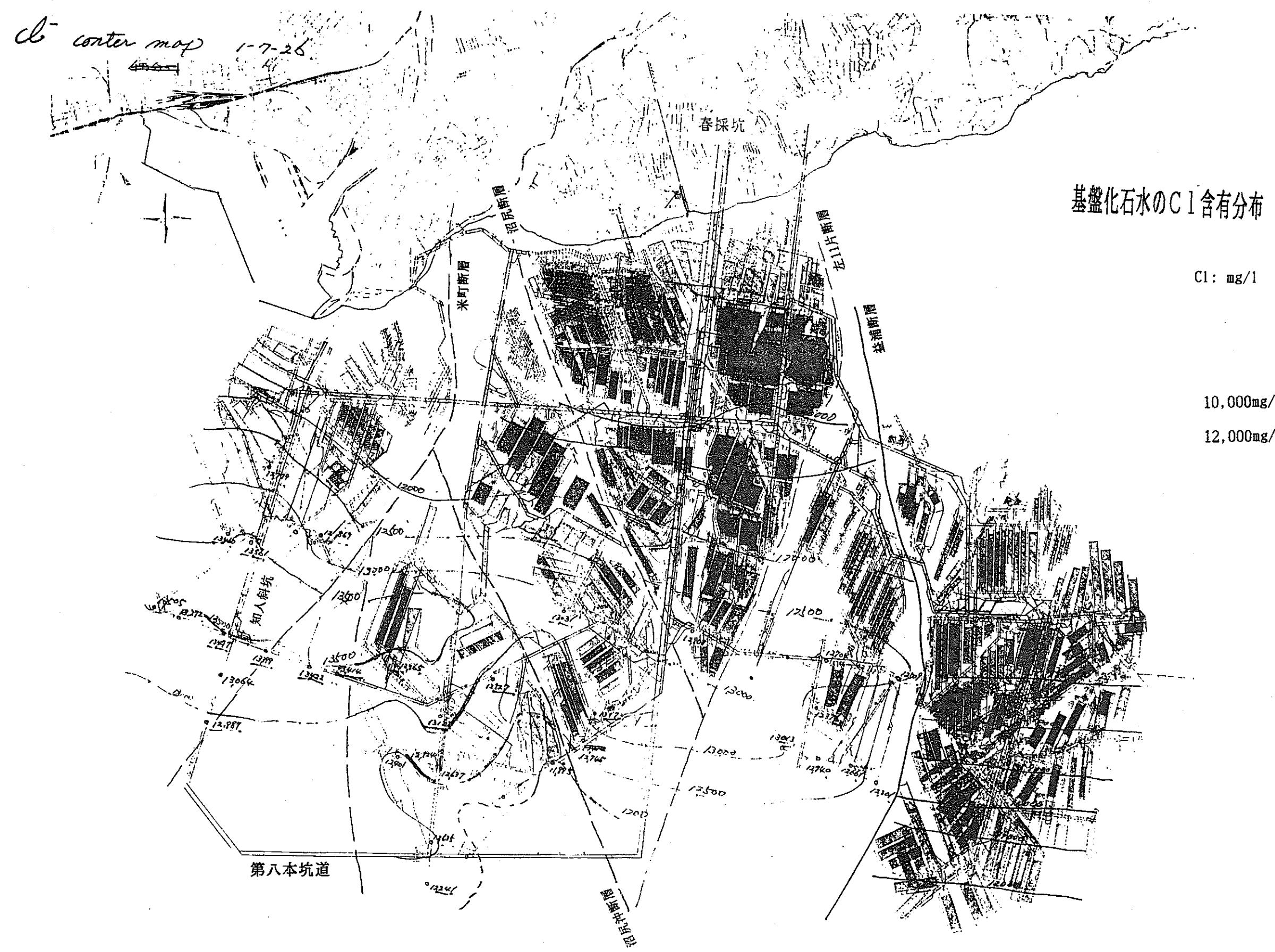
天盤水が流下滞留したものでHCO₃の増加が顕著である。

坑内水Ca,Mg成分



坑内水のCL,Ca比





水文実測表

(その1)

NO	実施位置	孔井口 標高(m)	掘削長 (m)	地層別掘削長(m)			湧水量 (m³/分)	密閉 圧力 (kg/cm²)	完成 年月	水質分析値(mg/L)						Ca /CL	記事
				春採	尾幌	白亜紀				PH	CL	Ca	Hg	SO₄	HCO₃		
16	中央西0片集水坑道	-598.00	79.00	47.50	3.20	28.30	0.80	18.50	48-05	7.7	13,031	4,553	26	-	16	0.349	50年01月観測中止
17	中央東1片下層バック	-533.00	85.65	40.00	3.80	41.85	0.75	11.80	51-03	8.1	12,908	4,687	7	-	21	0.363	52年01月観測中止
18	中央西2片集水坑道	-633.00	130.00	51.20	4.00	74.80	0.80	18.00	51-04	8.0	13,173	4,565	3	-	30	0.347	52年12月観測中止
19	沼尻西2片連絡坑道	-636.00	171.00	51.85	2.55	116.60	0.09	22.00	51-06	8.0	13,365	4,456	6	-	24	0.333	54年06月観測中止
20	中央西6片坑道	-591.20	115.00	49.95	3.85	61.20	1.10	16.00	51-09	8.4	12,927	4,495	6	-	24	0.348	59年07月観測中止
21	中央東1卸東2片バック	-603.00	190.10	50.65	4.65	134.80	0.015	29.50	52-01	7.5	12,376	4,745	21	-	24	0.383	53年12月観測中止
22	第7本坑道3目抜奥	-662.00	140.00	24.10	5.50	110.40	0.004	19.50	52-03	8.7	11,995	4,220	3	-	31	0.352	52年06月観測中止
23	第7本坑道連延引立(1,596m)	-662.00	188.60	35.80	3.10	149.70	-	-	52-06	-	-	-	-	-	-	-	湧水せず
24	中央東1卸西2片坑道	-640.00	181.30	51.70	2.40	127.20	0.48	30.30	52-12	8.1	13,013	4,635	6	-	38	0.356	59年11月観測中止
25	中央西連絡卸集水坑道	-631.00	193.40	50.30	2.10	141.00	0.016	18.00	53-03	8.2	13,122	4,469	3	-	38	0.341	54年12月観測中止
26	中央西3片下添集水坑道	-680.80	150.00	45.90	9.60	94.50	0.0026	12.00	53-09	8.5	12,745	4,740	-	-	30	0.372	53年11月観測中止
27	中央西立入坑道8目抜	-590.20	186.00	56.80	3.70	125.50	0.052	24.00	53-12	8.2	13,414	4,411	18	-	31	0.329	61年03月観測中止
28-1	中央東1卸東2片坑道167m	-641.00	188.00	27.90	10.60	149.50	0.60	26.80	54-02	8.1	12,373	4,803	17	-	25	0.388	61年10月観測中止
28-2	中央東1卸東2片坑道167m	-641.00	291.50	45.45	15.55	230.50	1.00	25.20	54-07	8.5	12,740	4,945	-	-	21	0.388	観測中
29	中央西連絡卸23目抜	-649.50	301.00	44.90	3.20	252.90	0.08	22.00	54-08	8.6	12,637	4,226	-	-	33	0.334	63年01月観測中止
30	中央東1卸東0片坑道1目抜	-550.00	303.00	46.10	3.50	253.40	0.07	14.50	55-02	8.6	12,704	4,830	-	-	28	0.380	観測中
31	中央西立入本延9~10目抜間	-583.30	253.50	80.60	3.50	169.40	0.80	21.50	55-08	7.7	13,422	4,396	11	-	30	0.328	観測中
32	中央東1卸東0片坑道8目抜	-564.30	256.00	42.90	1.80	211.30	0.44	11.00	55-11	8.3	12,509	4,716	15	-	26	0.377	61年01月観測中止
33	第5本坑道本延23目抜奥	-324.80	230.00	71.30	3.06	155.64	-	-	56-11	-	-	-	-	-	-	-	湧水せず
34	中央西立入坑道13目抜	-581.70	293.00	88.80	3.50	200.70	0.60	23.00	57-06	7.9	13,477	4,251	26	-	33	0.315	観測中
35	中央上層西1卸12目抜	-665.70	254.00	78.70	2.70	172.60	0.21	19.50	57-12	7.9	12,635	4,138	6	-	24	0.328	59年11月観測中止

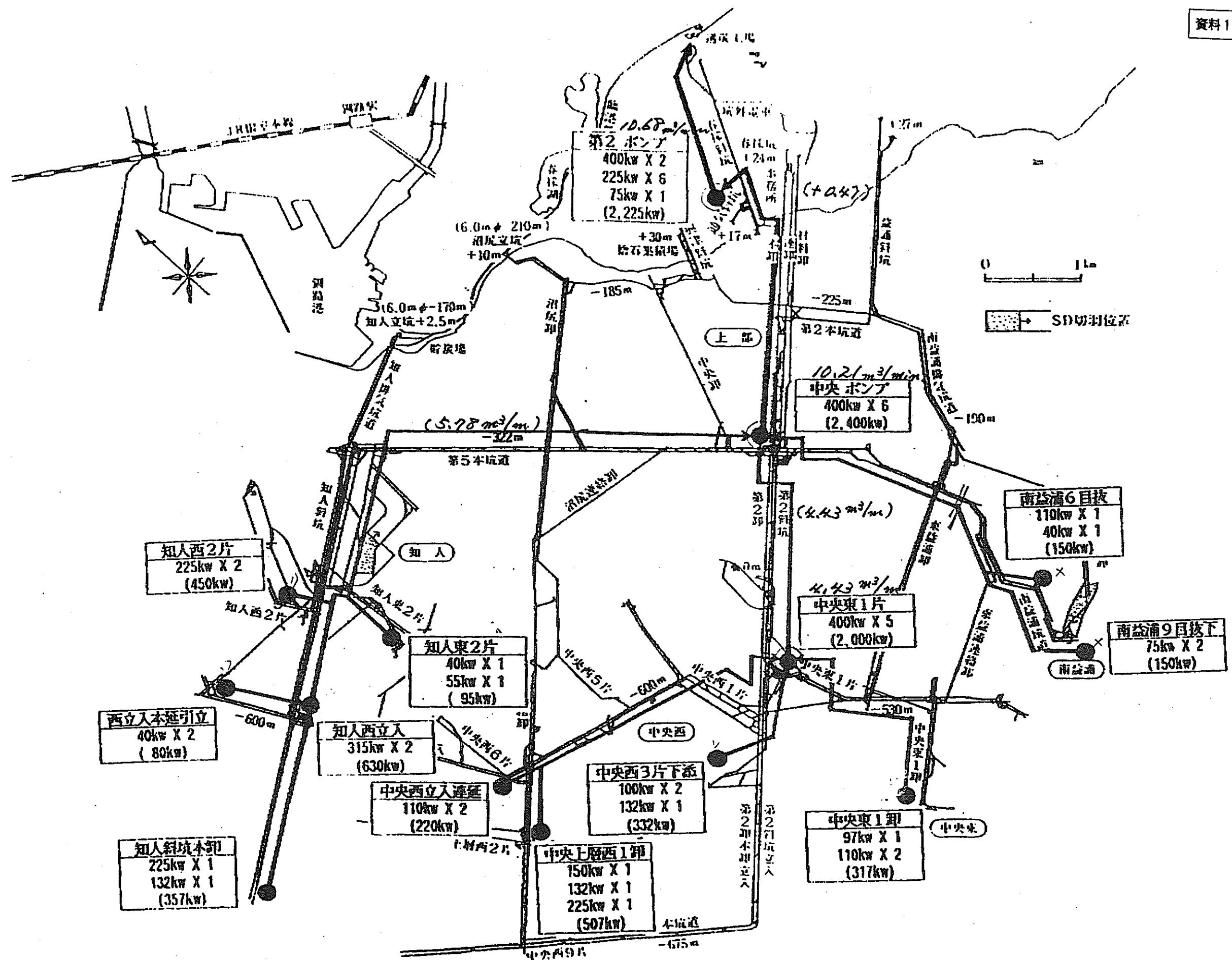
水 拔 井 實 繪 表

(その 2)

NO	実施位置	孔井口標高(m)	掘削長(m)	地層別掘削長(m)			湧水量(m³/分)	密閉圧力(kg/cm²)	完成年月	水質分析値(mg/L)						Ca/CL	記事
				春採	尾幌	白亜紀				pH	CL	Ca	Mg	SO₄	HCO₃		
36	中央上層西1鉛西2片坑道引立	-641.00	250.00	79.15	3.20	167.65	0.12	16.10	58-02	8.1	12,401	4,110	25	-	21	0.331	58年07月観測中止
37	知人西1片下部坑道バック	-431.50	250.00	49.30	4.70	196.00	0.085	8.20	58-02	8.0	12,779	4,101	-	-	29	0.321	59年11月観測中止
38	中央上層西1鉛14目抜	-695.40	254.00	75.50	1.30	177.20	0.70	20.00	58-09	8.3	12,248	4,015	21	-	34	0.328	60年02月観測中止
39	中央東0片切替10号鉛引立	-667.40	256.00	42.00	4.70	209.30	0.25	20.00	58-11	8.3	12,301	4,775	-	-	22	0.388	59年11月観測中止
40	中央西立入坑道本延11~12目抜間	-585.00	303.00	87.00	3.80	212.20	0.70	16.00	59-01	8.1	13,399	4,310	-	-	29	0.322	観測中
41	知人西2片坑道入口Aバック	-516.30	301.50	48.20	1.60	251.70	0.048	15.50	59-02	8.4	13,561	4,225	-	-	38	0.312	61年07月観測中止
42	中央東2片1鉛交点より43m	-625.90	301.50	59.30	3.25	238.95	0.428	15.50	59-05	8.3	12,661	4,982	-	-	22	0.393	61年08月観測中止
43	知人西2片坑道奥Bバック	-517.80	258.00	52.30	3.00	202.70	1.56	12.50	59-06	8.3	13,460	4,270	12	-	26	0.317	観測中
44	知人東2片集水坑道	-508.90	238.00	49.20	3.40	185.40	-	-	59-09	-	-	-	-	-	-	-	湧水せず
45	知人東2片6目抜前バック坑道	-523.00	253.00	51.50	3.20	198.30	0.40	9.80	60-03	8.3	12,869	4,363	24	-	26	0.339	観測中
46	中央上層西2片材料坑道	-640.30	301.00	75.10	1.70	224.20	0.55	8.50	61-03	8.3	12,924	4,436	3	-	18	0.343	観測中
47	中央西立入坑道14目抜	-581.70	300.50	82.00	4.50	214.00	1.00	13.00	62-03	7.8	13,272	4,309	9	-	23	0.324	観測中
48	知人斜坑本鉛12目抜	-677.70	298.00	3.80	4.50	292.80	0.02	15.80	63-03	8.1	12,987	4,305	-	-	29	0.331	観測中
49	第8本坑道連延4目抜手前	-685.80	300.00	49.50	3.10	247.40	-	-	63-06	-	-	-	-	-	-	-	湧水せず
50	知人斜坑10目抜	-637.00	300.50	56.00	4.00	240.50	0.20	10.00	II-02	8.6	13,293	4,168	-	-	38	0.314	観測中
51	知人西3片坑道1目抜	-596.00	290.00	51.50	4.10	234.40	1.20	10.00	II-06	8.2	13,505	3,940	36	-	22	0.292	観測中
52	中央東1鉛西1片バック	-622.10	301.20	44.90	3.20	253.10	1.30	19.00	II-01	6.9	15,157	4,604	158	-	26	0.327	-
53	第8本立入連延6目抜手前	-690.30	300.80	61.30	10.00	229.50	0.014	15.00	II-01	7.6	13,242	4,203	45	-	27	0.306	-
54	中央東2鉛4目抜バック	-661.60	306.50	42.20	4.7	259.7	0.20	18.00	II-03	7.6	13,664	4,950	15	-	26	0.379	" 24°C
55	第8本立入連延7目抜手前	-681.20	301.0	40.0	-	261.0	0.04	16.0	II-03	7.8	13,600	4,163	39	-	31	0.346	

排水系統図

資料1-23



2. 沿岸海底下地層処分における処分場の地下施設の施工技術に関する検討

2. 1 はじめに

これまで「日本における地層処分コンセプトの評価研究」の中で、沿岸海底下地層処分コンセプトの成立性に係わる幅広い検討が実施されてきた。その内、工学施設の検討においては、平成元年度に工学施設が備えるべき機能を、平成2年度に工学施設の設置深度を土木工学的視点から考察した。

高レベル放射性廃棄物処分施設のうち、処分トンネルの施工法に要求される事項は多いが、性能評価と施工時の安全性の面からみてみると、

- a. 性能評価の面からは量の多少はあれ、掘削に伴って必ず発生するゆるみ域を出来るだけ少ないものとする。
- b. 施工時の安全性の面からは、海底面下の掘削になるため高水圧・湧水に対応出来る

などが、挙げられる。

本年度は、このような要求に対して、現在のトンネル掘削に用いられている施工法の現状を調査し、沿岸海底下地層処分施設の施工方法に関するコンセプトを提案するものである。以下に、本年度の検討内容を示す。

(1) トンネルの施工技術の現状のまとめ

ここでは、沿岸海底下地層処分トンネルの施工方法としての可能性がある山岳工法（在来工法、NATM工法、及びTBM工法など）とシールド工法について、基本的な施工技術の概要をまとめるものである。

(2) 海底トンネルの施工実績調査

文献調査により、施工方法を中心に海底トンネルの施工実績調査を行うもので、調査対象とするトンネルは以下の通りである。

- ① 志賀原子力発電所海底取放水路トンネル
- ② 浜岡原子力発電所海底取水トンネル

- ③ 知内発電所海底取水トンネル
- ④ パリュエル発電所放水路トンネル
- ⑤ シーブルック原子力発電所取・放水路トンネル

(3) トンネル施工技術の将来的な課題

ここでは、トンネル施工技術の将来的な課題として、トンネル建設のためのロボット化を取り上げ、その研究動向及び今後の課題を述べる。そして、将来の沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工方法に関するひとつのコンセプトを示す。

2. 2 トンネル施工技術の現状のまとめ

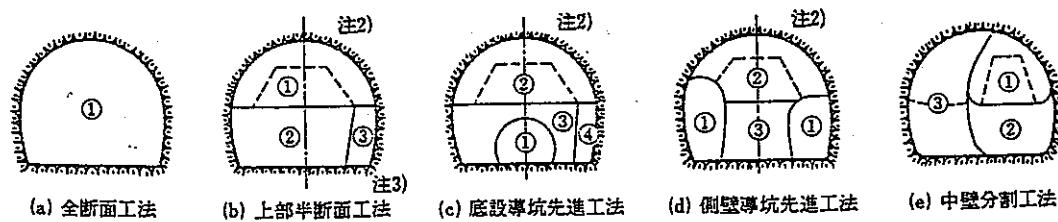
2. 2. 1 山岳工法

(i) 掘削

(1) 掘削工法

トンネルの施工において、掘削は、工程、経済性、及び安全性に大きく影響を与えるため、掘削工法の選択には慎重な検討が必要である。

一般に用いられている掘削工法は、図-II. 2. 1のように概略分類できる。



注1) ①, ②, ..., ④は掘削順序を示す。

注2) (b), (c), (d)の右側の図は矢板工法に採用されるものである。

注3) 上半部と下半部を併進する工法をベンチカット工法という。なお(b)図のように分割する場合をわが国では一般に2段ベンチカットといい、これより段数が多いものを3段ベンチカット、多段ベンチカット等という。

注4) 切羽の安定が悪い場合は、図中点線で示したように、掘削断面を細分割することがあり、上半部を のように掘削する場合をリングカットまたは核残しという。

図-II. 2. 1 代表的なトンネル掘削工法の分類

(トンネル工法・機材便覧より)

(2) 掘削方式

山岳工法の主な掘削方式には、次の3つが挙げられる。

- ① 発破掘削 : 火薬類の発破による掘削方式である。発破掘削を採用する場合には、発破掘削面をできるだけ平滑に、かつ余掘を少なくするようにしな

ければならない。

- ② 機械掘削 : 機械掘削には、TBM、自由断面掘削機、油圧ショベルなどが、地山条件などに応じて採用されている。
- ③ 人力掘削 : 人力掘削は、施工能率、安全性などに不利である。従って、機械が使用できない断層破碎帯などの特別な場合を除いて採用されることはない。

(3) 削岩、穿孔

発破掘削によるトンネル施工は、穿孔—発破—ずり処理—支保工の作業パターンが繰り返される。

穿孔とは、硬質のロッドの先端に刃をつけたビット（ノミ）が装着された削岩機によって、発破、ロックボルト又はアンカーのための孔を開けることである。

穿孔に使用される削岩機は、ノミに回転と打撃を与える機構であり、圧縮空気あるいは油圧を動力源とするものが大部分である。近年の状況としては、作業能率、作業環境の面から油圧式削岩機が使用される場合が多い。また、削岩機も何らかの形で自走台車へ搭載して、使用されることが普通になってきている。

穿孔速度（ノミ下がり）は、岩質、削岩機の種類、ビットゲージなどにより異なるが、一般的な傾向として、図-II. 2. 2のような岩石圧縮強度とノミ下がりの関係が示されている。

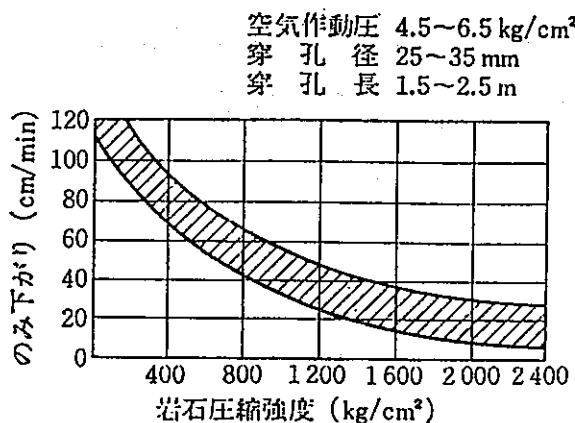


図-II. 2. 2 岩石圧縮強度とノミ下がりの関係

(土木工学ハンドブックより)

(4) 発破

発破計画をたてるにあつたては、掘削工法、掘進工程に基づき、岩質、断面形、断面の大きさを考慮して、発破進行、心抜きの形式、穿孔配置、爆薬種類、装薬量を決定する。図-II. 2. 3 及び図-II. 2. 4 に心抜き、穿孔配置のパターン例を示す。

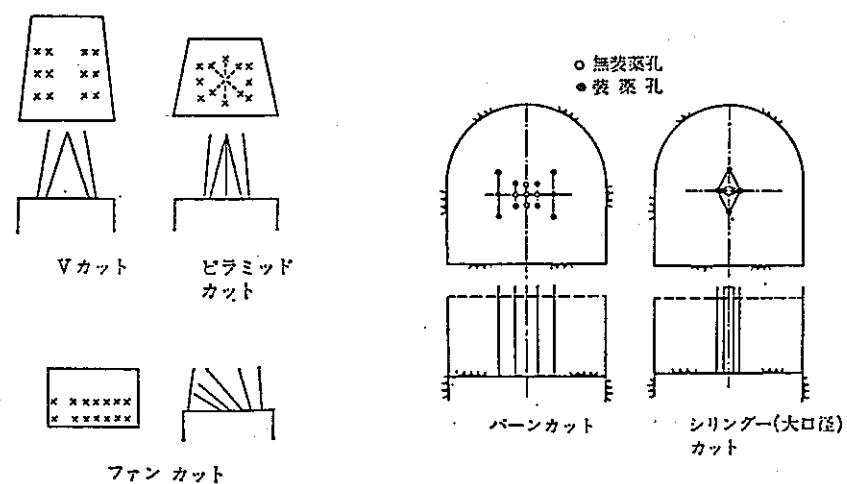


図-II. 2. 3 心抜きパターン例（発破ハンドブックより）

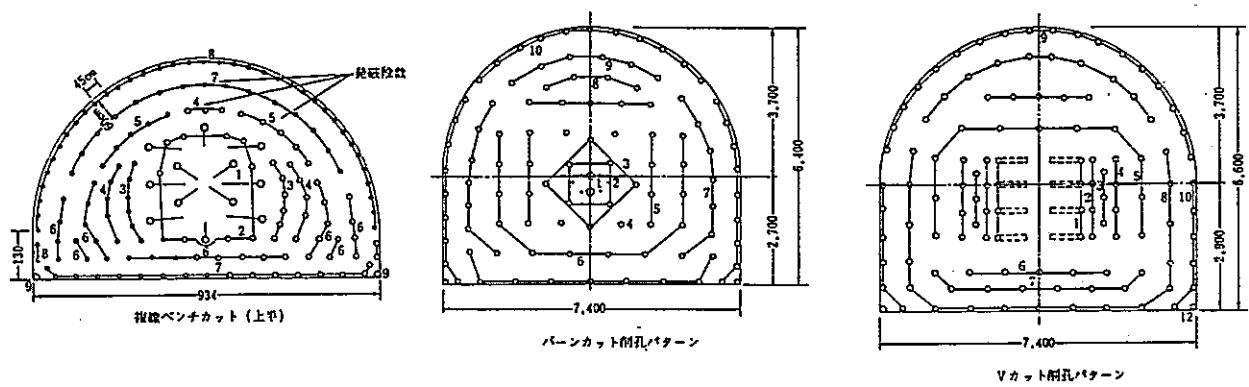


図-II. 2. 4 穿孔配置パターン例（トンネル工法・機材便覧）

(5) 機械掘削

トンネル掘削機は、全断面掘削式と自由断面掘削式に大別される。全断面掘削式機械は通常、TBM（トンネル・ボーリング・マシーン）と呼ばれ、自由断面掘削式機械はブーム式掘削機と呼ばれる。図-II. 2. 5にトンネル掘削機の分類を示す。

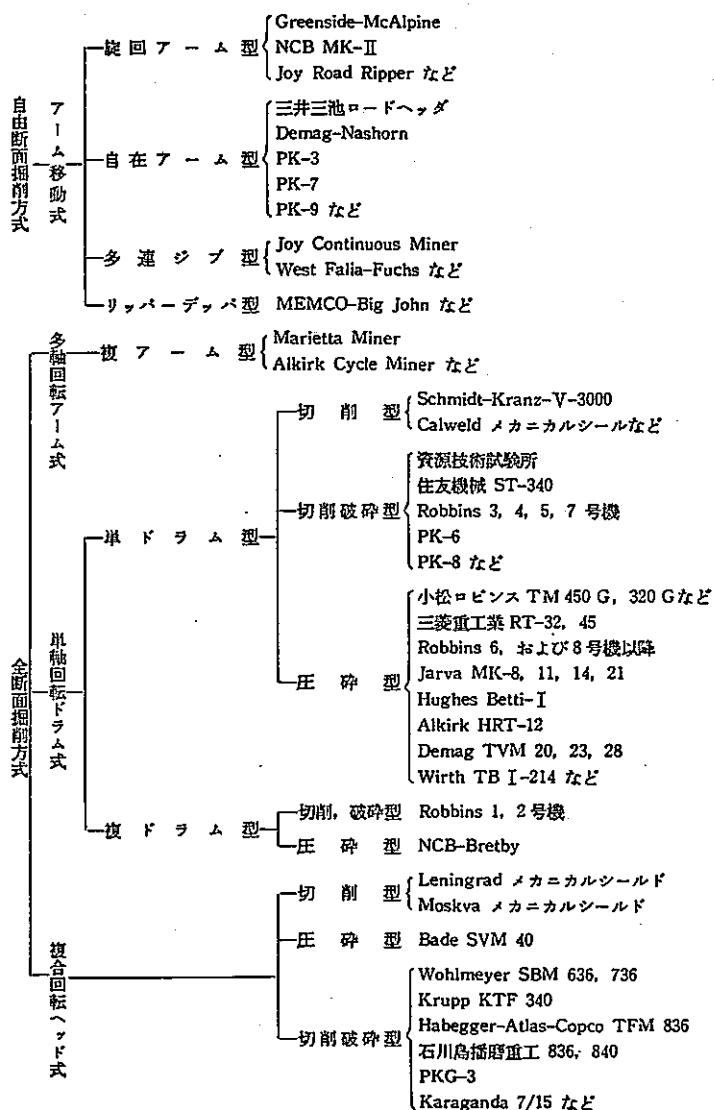
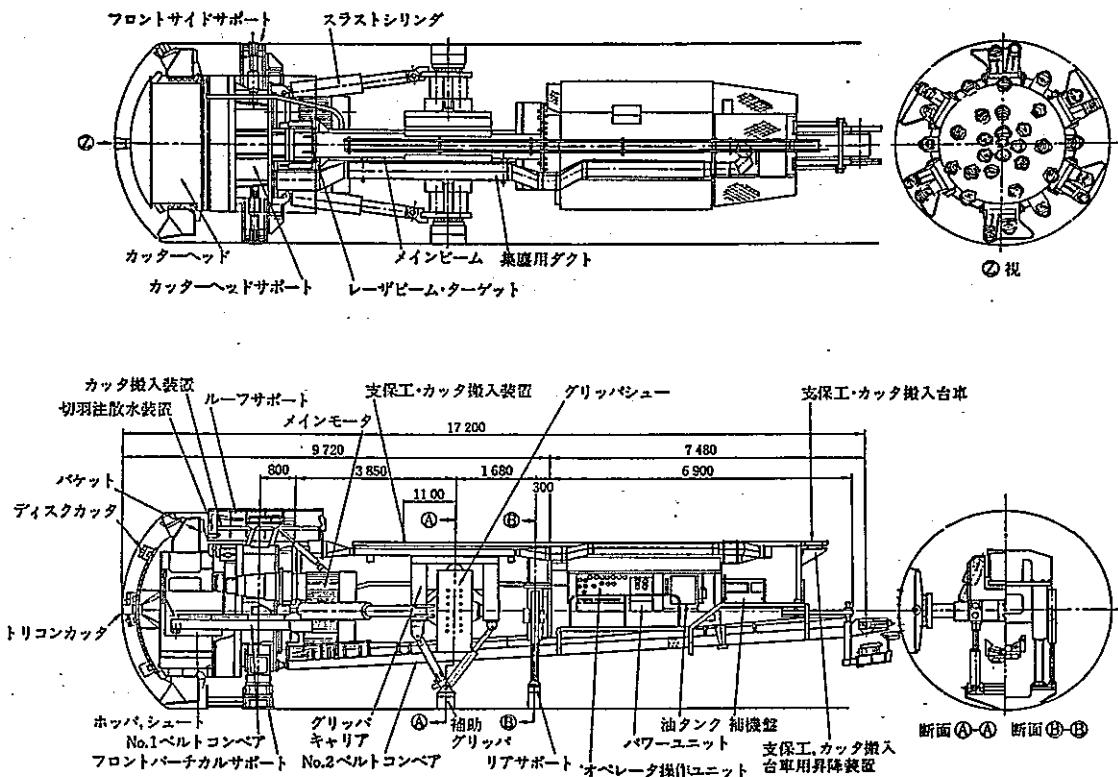
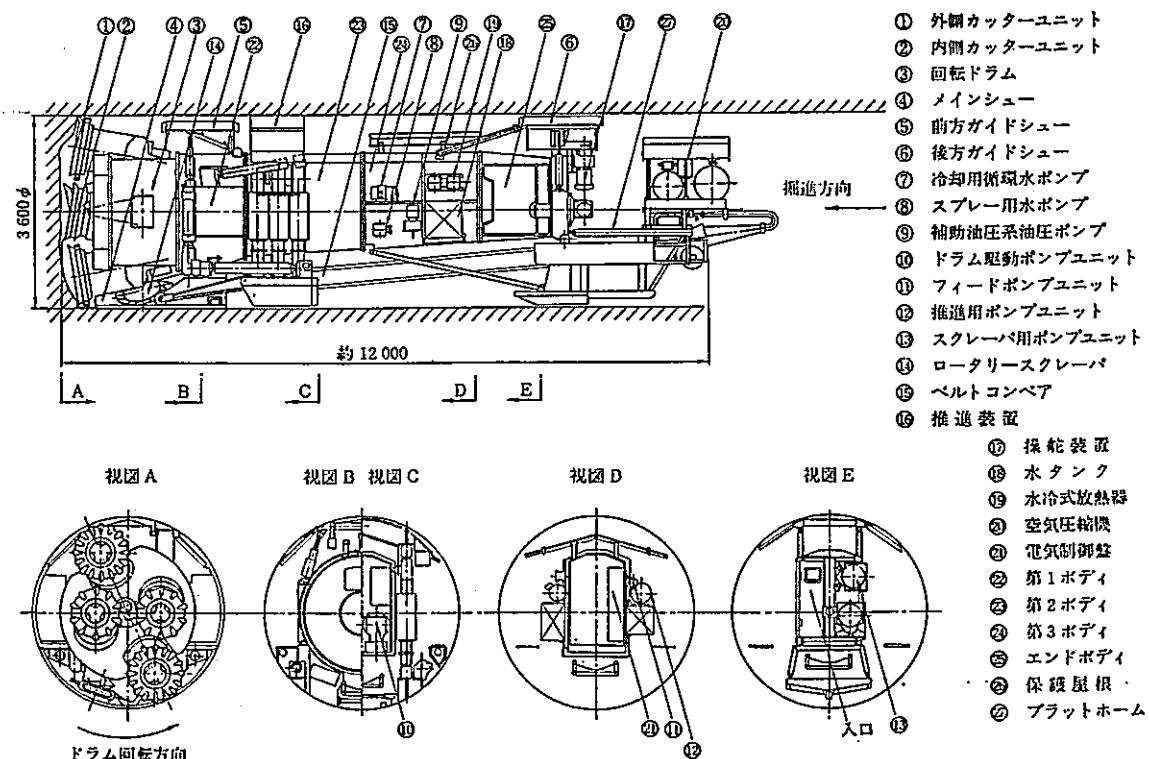


図-II. 2. 5 トンネル掘削機の分類（土木工学ハンドブックより）

全断面掘削式機械は、その破碎方式から、大きな推力をカッターに与え、カッターによって岩石を圧碎する圧縮破碎式と、回転トルクによってカッターの接線方向あるいは直角方向に切削する切削破碎式とに分けられる。自由式断面掘削式機械には、ブームの機構に



(a) 单軸式



(b) 多軸式

図-II. 2. 6 全断面掘削式機械の構造例（新体系土木工学トンネルより）

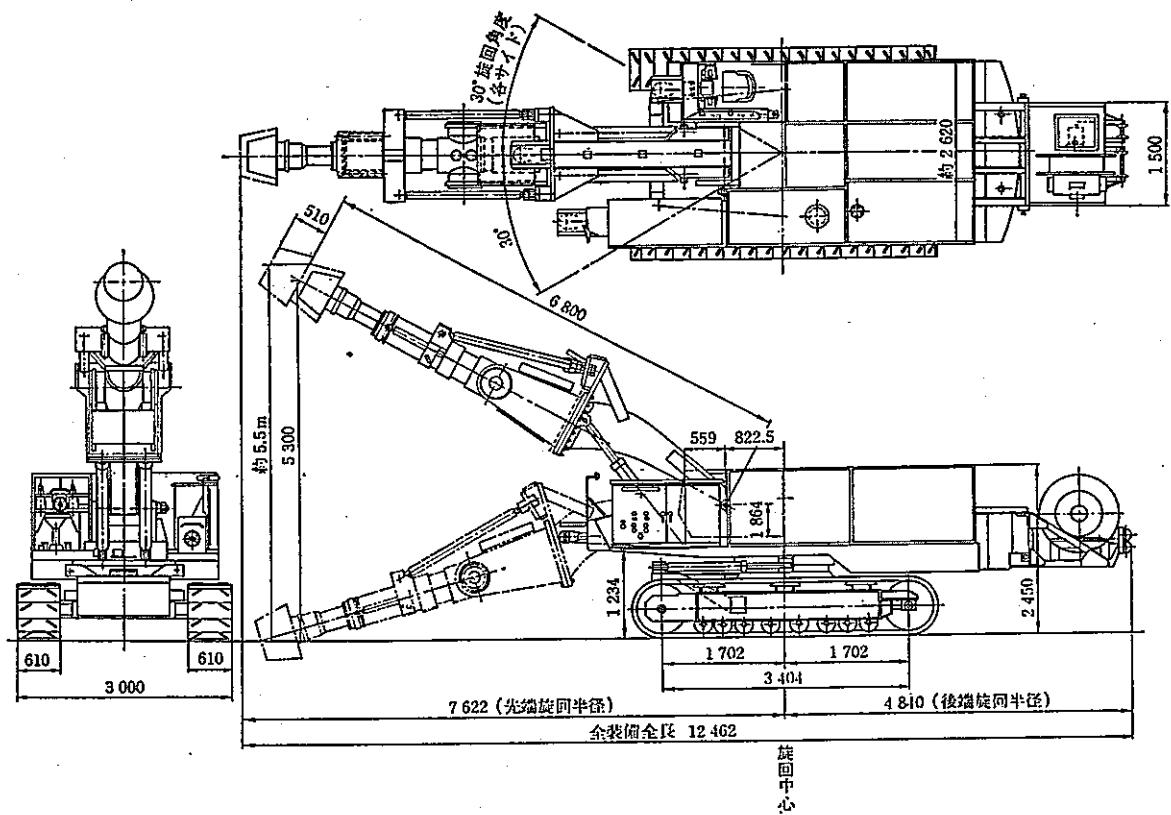


図-II. 2. 7 自由断面掘削式機械の構造例（新体系土木工学トンネルより）

より、旋回アーム型、自在アーム型、多連ジブ型、リッパー・デッパ型などに分類される。

図-II. 2. 6 及び図-II. 2. 7 に全断面掘削式機械及び自由断面掘削式機械の代表的な構造図を示す。

(6) ずり処理

穿孔、爆破などにより切り崩した土砂や岩石を坑外に搬出、土捨てする作業をずり処理といい、ずり積み、ずり運搬、ずり捨ての3作業からなるものである。

ずり処理はトンネルの掘進速度を支配する大きな要因であるので、積み込み機械、ずりの運搬方式、運搬車の大きさ、ずり捨て設備などを決めるにあたっては、断面の大きさ、勾配、掘削工法、掘削方式、ずりの性状などを考慮に入れ、計画を立てる必要がある。

(ii) 支保工

山岳工法の支保方式としては、吹付コンクリート、ロックボルト、鋼製アーチ支保工などを単独又は組み合わせて使用する吹付工法と、鋼製アーチ支保工と矢板類を利用する矢板工法が最も一般的である。図-II. 2. 8に支保工の適用範囲の概念図を示す。

地山等級 支保工の種類	I	II	III	IV	V	適用条件
(1) 吹付コンクリート						①多量の湧水があるところには適用できない。 ②地山の自立性が良い場合に適す。
(2) ロックボルト						地山の内部摩擦角(μ)が小さいときには不適。
(3) 吹付コンクリートとロックボルト			上半には金網が必要			地山の自立性が比較的良い場合に適す。
(4) 吹付コンクリートとロックボルトおよび鋼アーチ支保工		大断面に適す		小断面に適す		多量の湧水がある区間を除いてほとんどのところに適す。
(5) 吹付コンクリートと鋼アーチ支保工						地山の内部摩擦角(μ)が小さいときにとくに有効。
(6) 鋼アーチ支保工と矢板類				岩盤の補強ないし一次施工が必要		ほとんどのところに適用できるが地山との密着に難がある。

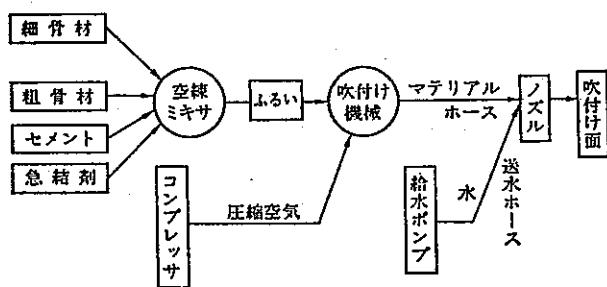
図-II. 2. 8 支保工の適用範囲（トンネル工法・機材便覧より）

(1) 吹付コンクリート

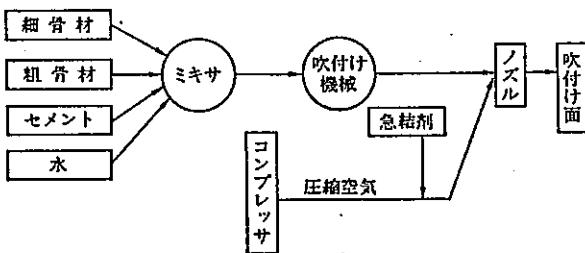
吹付コンクリートは、図-II. 2. 9に示される乾式工法と湿式工法とに分類される。

乾式工法は、空練り（ドライミックス）された吹付材料を、空気により希薄流の状態でホース内を輸送し、ノズルにおいて別ホースからの圧力水を添加しながら掘削面に吹き付けるものである。

これに対して、湿式は、あらかじめ加水混合（ウェットミックス）された吹付材料を濃密流の状態でホース内を圧送し、ノズルにおいてエア及び急結剤を添加しながら吹き付ける方法である。乾式に比べ、吹付材料の供給などに難があるが、配合及び混合の管理が容易である。



乾式工法系統図



湿式工法系統図

図-II. 2. 9 乾式・湿式工法の系統図（新体系土木工学トンネルより）

(2) ロックボルト

ロックボルトの施工は、吹付コンクリートとあわせて掘削後なるべく早い時期にシステムティックな配置の施工を行い、切羽に出来るだけ接近して施工する必要がある。

ロックボルトは、トンネル坑壁に穿孔し、孔内にボルトを挿入、ボルト先端部に定着装置を設けたり、孔内に適当な接着剤を充填し固定する仕組みである。ロックボルトは一般には、定着方法に基づいて図-II. 2. 10に示されるように分類される。

ロックボルトの配置については、土木学会や高速道路調査会などで標準的なロックボルトの設計指針に基づいて検討されるが、通常、地山強度、割れ目の間隔、地層の方向、トンネルの断面形状、ボルトの使用目的などから、最終的には経験を基に決定されている。

図-II. 2. 11にロックボルトの配置例を示す。

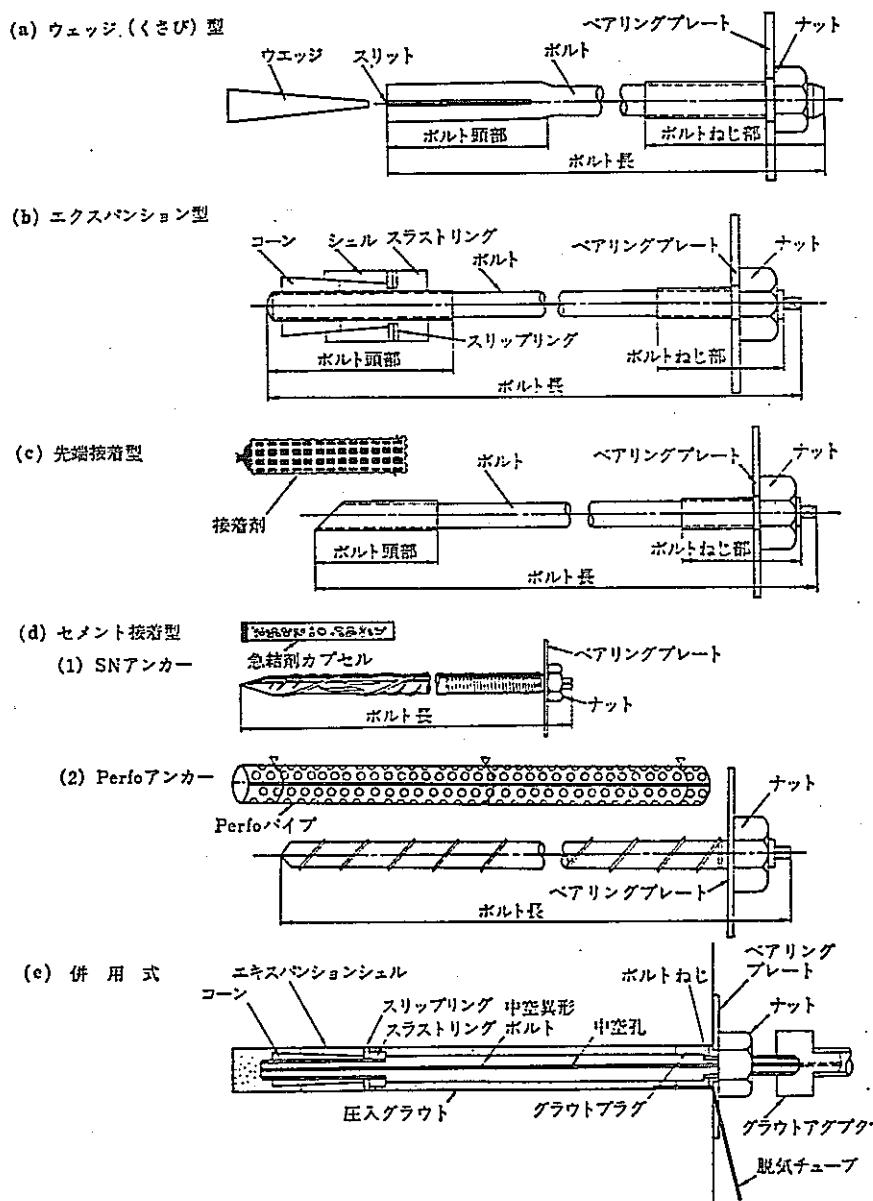
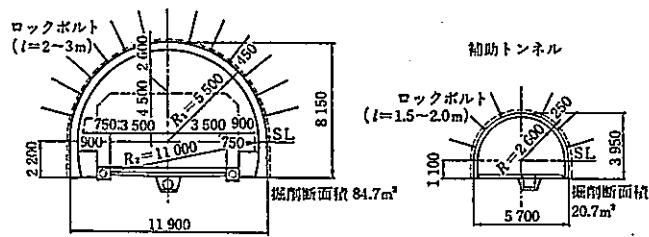
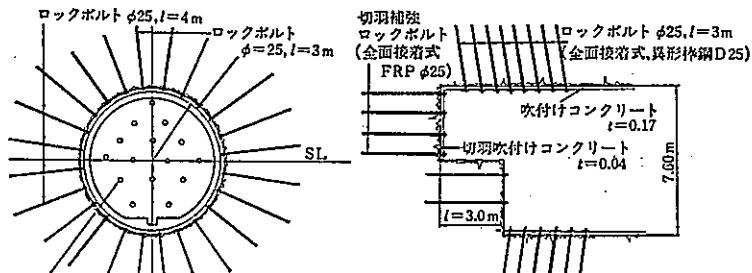


図-II. 2. 10 ロックボルトの分類
(ロックボルト工設計指針より)

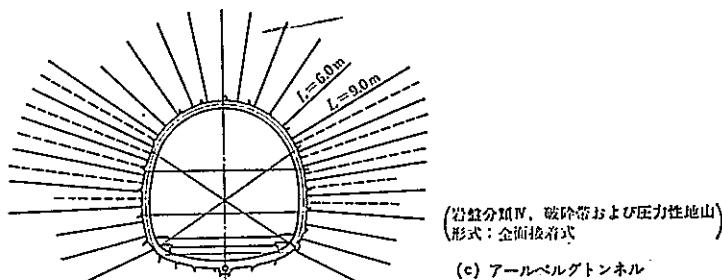
本トンネル



(a) 開拓トンネル
(岩質：主に石英閃緑岩およびホルンフェルス)
(形式：全面接着式)



(b) 鍋立山トンネル(中)工区（北越北線）
(岩質：新第三紀堅張性泥岩)
(形式：全面接着式)



(c) アールベルグトンネル

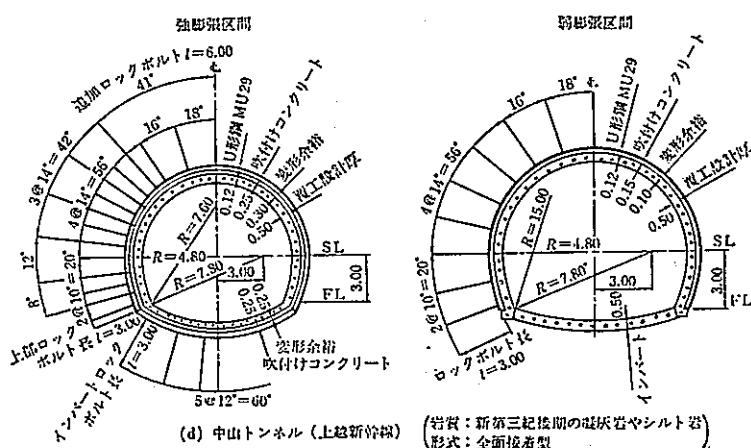


図-II. 2. 11 ロックボルトの配置例

(新体系土木工学トンネルより)

2. 2. 2 シールド工法

(i) シールドの分類

一般にシールドは図-II. 2. 12のように分類される。

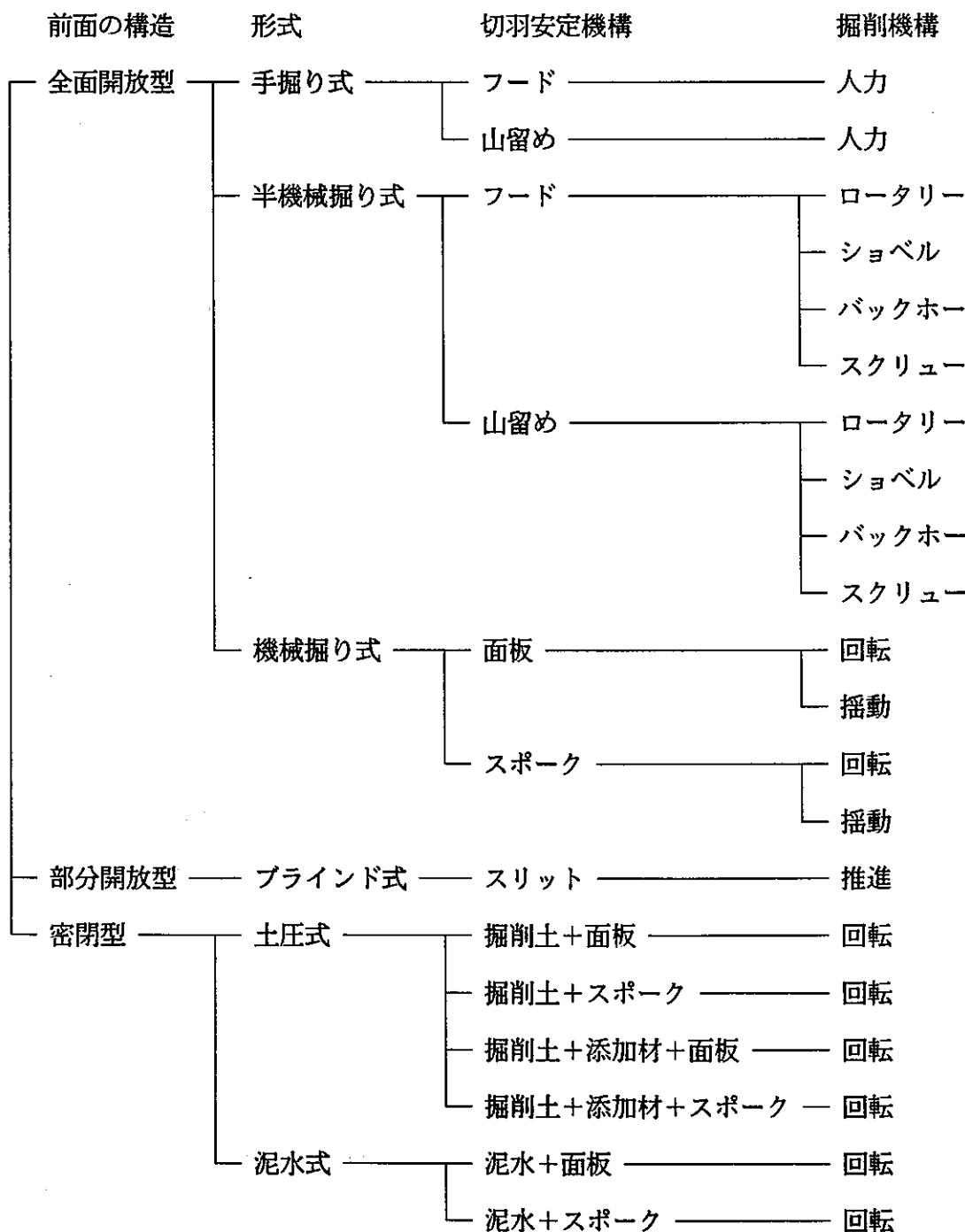


図-II. 2. 12 シールドの分類（土木学会トンネル標準示方書による）

(ii) シールドの構造

(1) 手掘り式シールド(図-II. 2. 13参照)

このシールドは、切羽をムーバルフード、フェースジャッキ及びデッキジャッキなどの山留めジャッキで押さえ、土砂の掘削をスコップ、ピックなどを用いて人力で行い、ベルトコンベアなどで排土するものである。

(2) 半機械掘り式シールド(図-II. 2. 14参照)

このシールドは、手掘り式シールドにバックホー・ショベルなどの掘削・積み込み機を装備したもので、省力化、能率の向上を目的として使用するものである。

(3) 機械掘り式シールド(図-II. 2. 15参照)

このシールドは、シールド前面にカッターヘッドを有し、土砂の掘削をカッターヘッドに取り付けたカッタービットにより機械的に連続して行うものである。

(4) ブラインド式シールド(図-II. 2. 16参照)

このシールドは、切羽面と作業室の間に、隔壁を設け、シールドを推進することにより、隔壁の開口部から、押し出されてくるクリーム状の土砂を排出するものである。

(5) 土圧式シールド(図-II. 2. 17~18参照)

このシールドは、掘削土に一定の拘束力を与え、切羽の安定を図るもので、地山を切削する掘削機構、掘削土を攪拌する混練機構、掘削土を排出する排土機構及び掘削土の圧力を拘束する制御機構を有する。

土圧シールドは、回転カッターヘッドで掘削した土砂を切羽とシールド隔壁の間に充満

させ、シールドの推進力により加圧し、その削土圧を切羽全体に作用させて切羽の安定を図りながらスクリューコンベアなどで排出するものである。

泥土圧シールドは、掘削土砂の塑性流動化を促進させる添加材を注入しながら回転カッターヘッドで掘削した土砂を機械的に攪拌して泥土化し、切羽とシールド隔壁の間に充満させ、シールドの推進力により加圧し、その泥土圧を切羽全体に作用させて切羽の安定を図りながら、スクリューコンベアなどで排土し推進するものである。

(6) 泥水圧式シールド（図-II. 2. 20参照）

このシールドは、泥水に所定の圧力を与え循環させることにより、切羽の安定を図るとともに掘削土の流体輸送を行うもので、地山を切削する掘削機構、掘削土を攪拌する攪拌機構、循環泥水のための送排泥機構、泥水に一定の圧力を加える制御機構、掘削輸送された泥水を分離する泥水処理機構、切羽に所定性状の泥水を送るための調泥機構を有するものである。

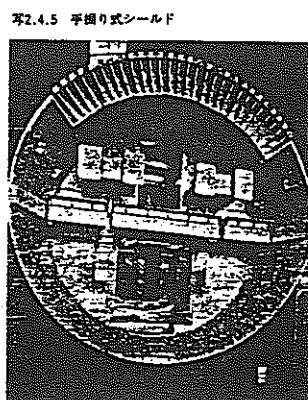
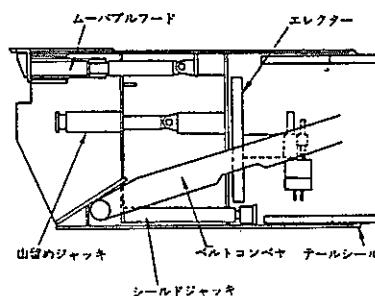
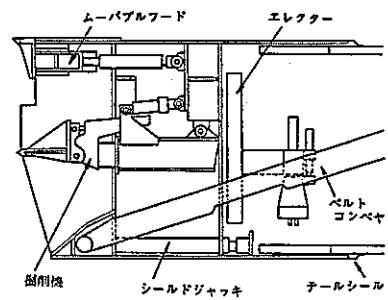


図-II. 2. 13 手掘り式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）



写2.4.6 半機械掘り式シールド

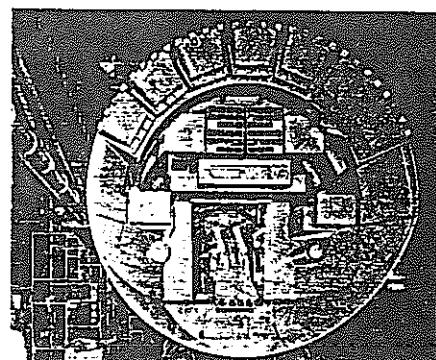
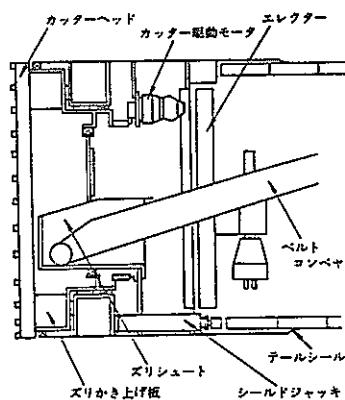


図-II. 2. 14 半機械掘り式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）



写2.4.7 機械掘り式シールド

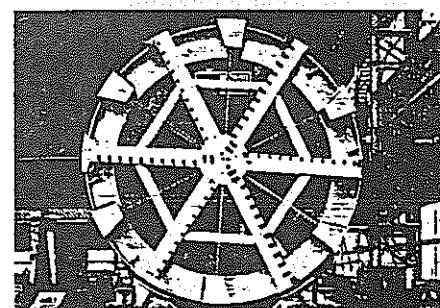


図-II. 2. 15 機械掘り式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）

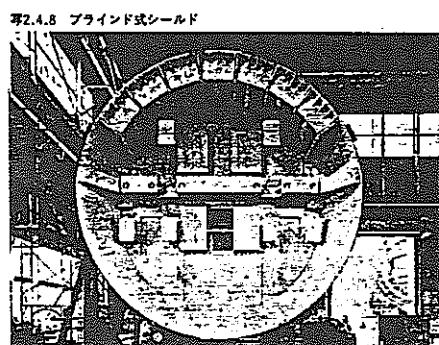
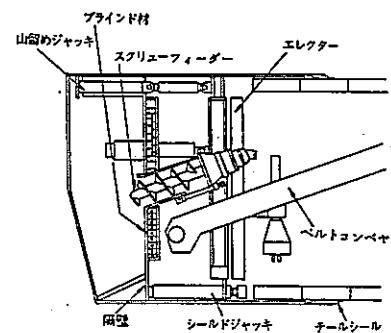


図-II. 2. 16 ブラインド式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）

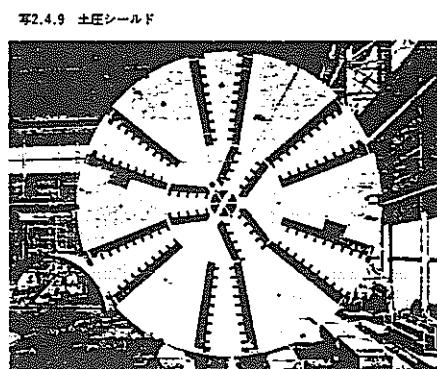
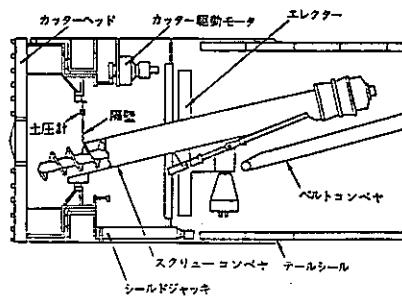


図-II. 2. 17 土圧式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）

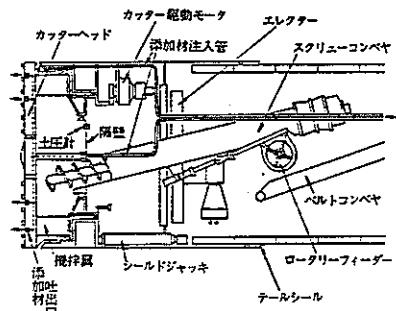


図2.4.10 泥土圧シールド(面板タイプ)

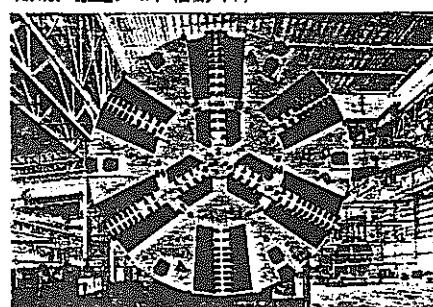


図-II. 2. 18 泥土圧式シールド(面板)の構造(トンネル工法・機材便覧より)

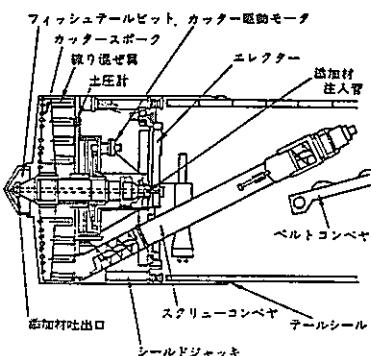


図2.4.11 泥土圧シールド(スポートタイプ)

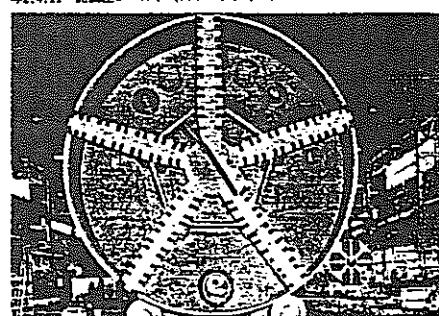


図-II. 2. 19 泥土圧式シールド(スポート)の構造(トンネル工法・機材便覧より)

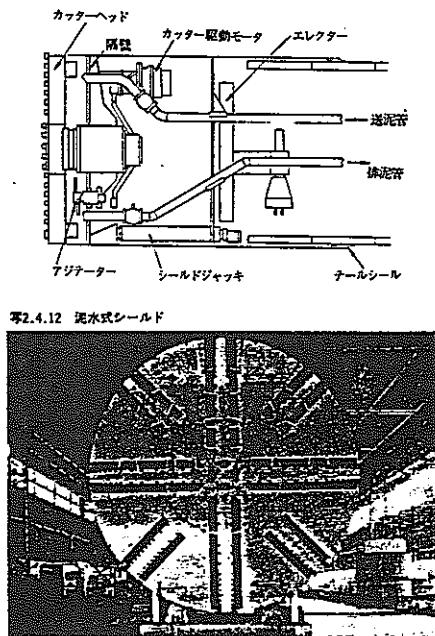


図-II. 2. 20 泥水式シールドの構造（トンネル工法・機材便覧より）

(iii) 覆工

シールド工法の覆工は、シールドの推進に伴って施工される一次覆工とその内側に巻立てられる二次覆工から構成される。図-II. 2. 21に覆工の分類を示す。

覆工の目的	施工方法	組手方法	製作材料
一次覆工	仮設構造物 リニアンドラッギング工法 セグメント組立工法	ボルト組手 直ボルト	鉄筋コンクリート平板形セグメント 鉄筋コンクリート箱形セグメント 合皮セグメント 鋼製セグメント 球状黒鉛鉄製セグメント
	永久構造物 一場所打ちライニング工法 一場所打ちコンクリート工法	ピンホゾ組手 (四凸組手)	鉄筋コンクリートセグメント
二次覆工	永久構造物 補強 防水 防歫 内面仕上げ 防振	プラグ組手 木 鋼 組合せ組手	鉄筋コンクリート平板形セグメント 球状黒鉛鉄製セグメント 鉄筋コンクリート平板形セグメント

図-II. 2. 21 覆工の分類（トンネル工法・機材便覧より）

一次覆工はセグメントと呼ばれるブロックをシールドテール内でリングに組み立てるセグメント組立方式が一般的であり、他に場所打ちコンクリート方式などがあるが、使用例は少ない。

二次覆工は、セグメントの補強、防水、防蝕、内面仕上げ、セグメントと合成したトンネルの主体構造などの目的で行われ、一般的には場所打ちコンクリートで巻立てる。しかし、これまでの施工経験や防水材の開発によって、二次覆工を省略する場合もある。

セグメントの継手には、セグメントピースをリングにするセグメント継手と、リングを接続してトンネルを形成するリング継手がある。継手は、その構造によりいくつかの形式に分かれるが、直ボルト継手、曲りボルト継手、ピンホゾ継手が用いられることが多い。

図-II. 2. 22~II. 2. 25に各継手の構造例を示す

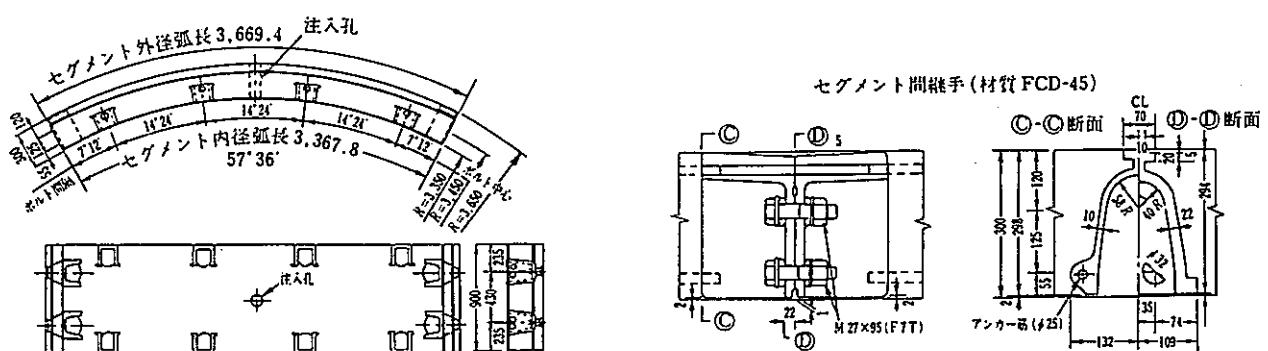


図-II. 2. 22 直ボルト継手（鉄筋コンクリート平板形セグメント）
 （シールド工法の実際より）

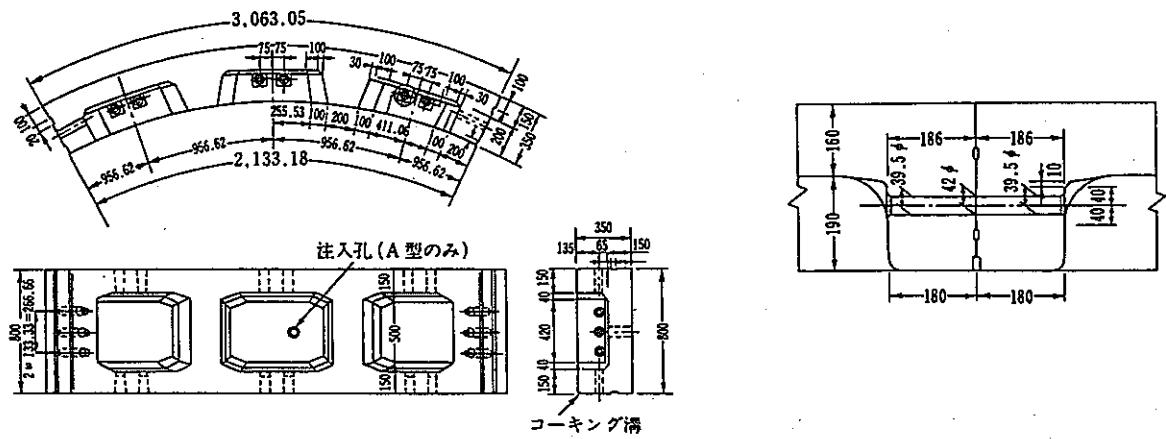


図-II. 2. 23 直ボルト継手（鉄筋コンクリート箱形セグメント）
 （シールド工法の実際より）

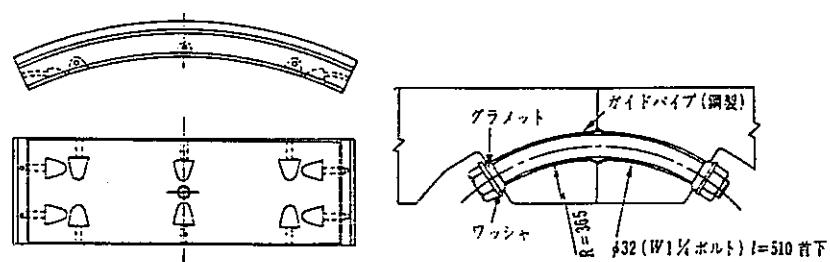


図-II. 2. 24 曲りボルト継手
(シールド工法の実際より)

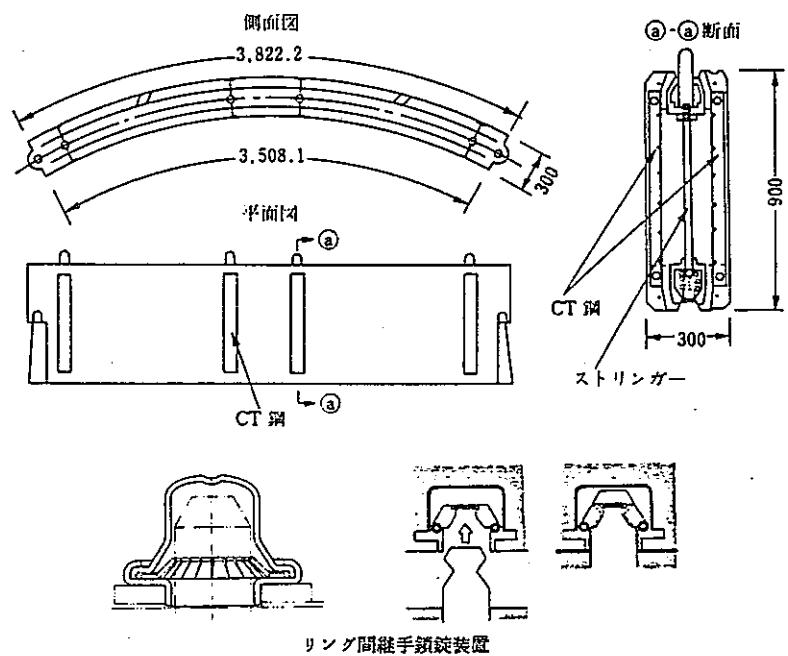


図-II. 2. 25 ピンホゾ継手

(シールド工法の実際より)

2. 2. 3 施工法と適用範囲

これまでトンネルの施工法のうち、山岳工法とシールド工法の概要について述べたが、これ以外にも代表的な工法として開削工法、沈埋工法、ケーソン工法、パイプジャッキ（パイプルーフ）工法がある。また、最新の技術として、ウォータージェット、レーザー光線照射などを用いた施工法も研究されている。

これら施工法の適用範囲は、

- ① トンネルの建設される場所や環境による条件
 - ： 山岳トンネル、都市トンネル、水底トンネル
- ② 地質による条件
 - ： 硬岩トンネル、軟岩トンネル、軟弱地盤のトンネル
- ③ 用途による条件（必要な断面など）
 - ： 交通用トンネル、水路用トンネル、都市施設用トンネル、備蓄用トンネル
- ④ 形態的な条件
 - ： 単設トンネル、双設トンネル

や、経済性など、その他多くの条件に基づいて決定されるが、技術的に掘削が可能かどうかは、地質による条件（地山条件）に大きく影響される。ここに、将来に可能性を持つと思われる掘削技術も含め、地質条件に応じて適切だと考えられる施工法を以下に示す。

A. 切羽の自立しない軟弱地山ないし軟岩

- シールド工法

B. 切羽の自立する軟岩ないし中硬岩

- 山岳工法（機械掘削：TBM工法など）
- ウォータージェット掘削（実用例なし）

C. 硬岩

- 山岳工法（発破掘削：在来工法、NATM工法）
- レーザー光線照査掘削（実用例なし）

2. 3 海底トンネルの施工実績調査

ここでは、これまでに建設された海底トンネルについて、施工方法を中心に文献調査を行い、施工上の特徴などを示すものである。調査対象とするトンネルは以下の通りである。尚、青函トンネルについては、昭和63年度「日本に於ける地層処分コンセプトの評価研究 報告書」に示されており、今回の調査の対象とはしないものとした。

- ① 志賀原子力発電所海底取放水路トンネル
- ② 浜岡原子力発電所海底取水トンネル
- ③ 知内発電所海底取水トンネル
- ④ パリュエル発電所放水路トンネル
- ⑤ シープルック原子力発電所取・放水路トンネル

表-II. 2. 1に上記の5トンネルの諸元を示す。また、次々ページ以降に各トンネルのトンネル断面、施工上の特徴など、文献より引用した図表を中心にして施工実績をまとめた。

これらの調査により各トンネルにおける施工法の選択理由は次のようにまとめることができる。

- A. 山岳工法（発破掘削）は、シールド工法や山岳工法（TBM掘削）に比べ、地山の地質変化に対する即応性に関して有利である。
- B. 山岳工法は、止水工法など補助工法との組合せが容易である。
- C. シールド掘削は地質の変化の幅が機械の対応できる幅を越えると、進行が止まるが、逆に機械掘削に適した強度を持つ均質な地盤では進行ができる。
- D. 軟弱地盤で土被りが小さく、湧水が問題になるような地点では、シールド工法が有利である。
- E. 掘削に伴うゆるみを極力抑える点では、掘削直後に覆工を巻き立てることのできるシールド工法又はTBM工法が有利である。

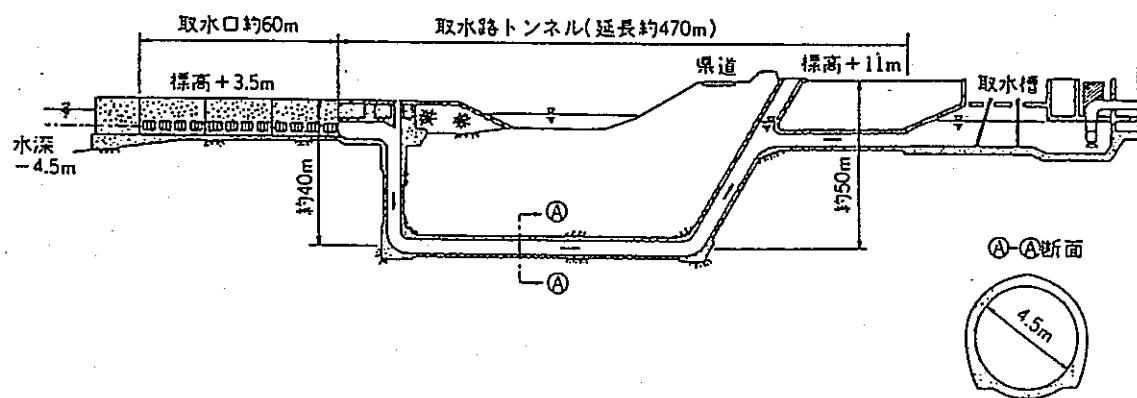
表-II. 2. 1 今回の調査で対象とした海底トンネルの諸元

No.	トンネル名	所在地	用途	延長 (m)	内径 (m)	ライニング厚 (cm)	最大水深 (m)	最小土被り (m)	掘削方法	支保方式	湧水	工期	その他
1	志賀原子力発電所 海底取放水路 トンネル	石川県志賀町	原子力発電所 取放水路	取水路 470 放水路 790	4.5	吹き付け 20	14	25	山岳(発破)	NATM	2.5 m ³ /min 節理が多く岩盤の透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/s	S.63 ～ H.5	・地質の主体は安山岩 ($qu=1,500$ kg/cm ²) 及び凝灰角礫岩 ($qu=190$ kg/cm ²) ・透水係数を 10^{-5} cm/s程度に改良するため、大規模な止水注入を実施
2	浜岡原子力発電所 海底取水トンネル	静岡県浜岡町	原子力発電所 取水路	660	5.39	セグメント 25 2次覆工 30	11	20	シールド	セグメント 2次覆工	2.96 l/min/m 透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ cm/s	S.46 ～ S.47	・地質は泥岩が主体 ($qu=20 \sim 100$ kg/cm ²) ・弾性波速度 $V_p=2.0 \sim 2.3$ km/s
3	知内発電所取水路 トンネル	北海道知内町	火力発電所 取水路	381	3.4	セグメント 25 2次覆工 25	12	30	シールド	セグメント 2次覆工	2 l/min/m 透水係数は 10^{-5} cm/s程度	S.55 ～ S.57	・地質は第3紀粘土・硬質シルト・細粒砂岩層が主体 ($qu=5 \sim 10$ kg/cm ²)
4	パリュエル発電所 放水路トンネル	フランス	原子力発電所 放水路	965 1,062 1,154 1,258	4.3	35	25	25	山岳(機械)	鋼製アーチ	100 l/sec	～ 1976	
5	シープルック発電所 取・放水路トンネル	アメリカ	原子力発電所 取・放水路	取水路 5,220 放水路 5,020	5.79	45	13.5	30	山岳(TBM)	鋼製アーチ ロックボルト	20 l/sec/km	1976 ～ 1986	

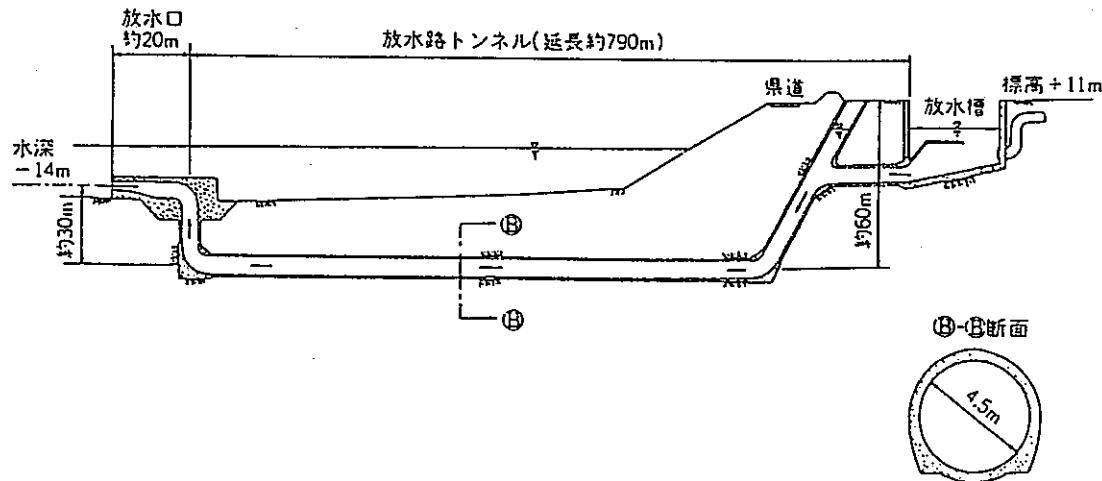
志賀原子力発電所海底取放水路トンネル

トンネル断面

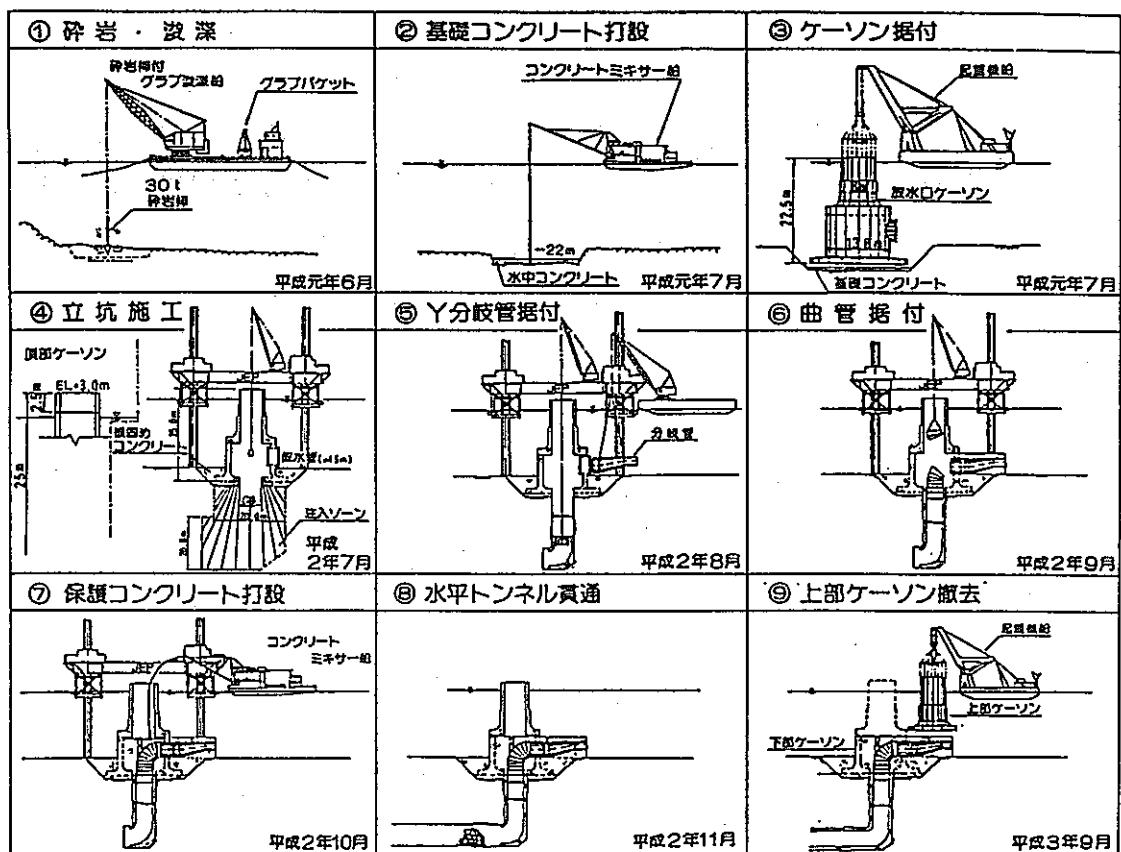
取水路トンネル断面



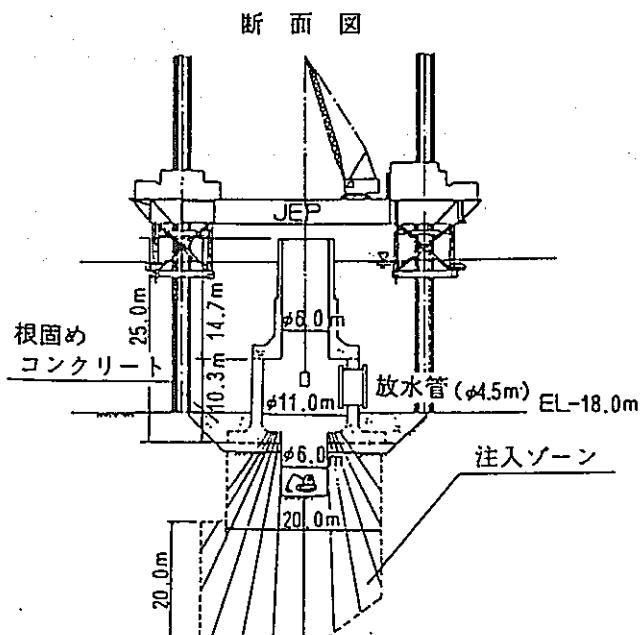
放水路トンネル断面



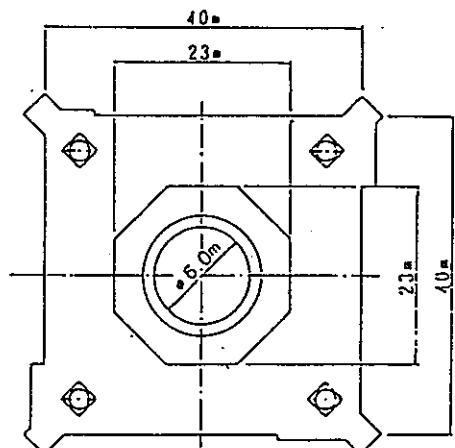
放水口の施工法



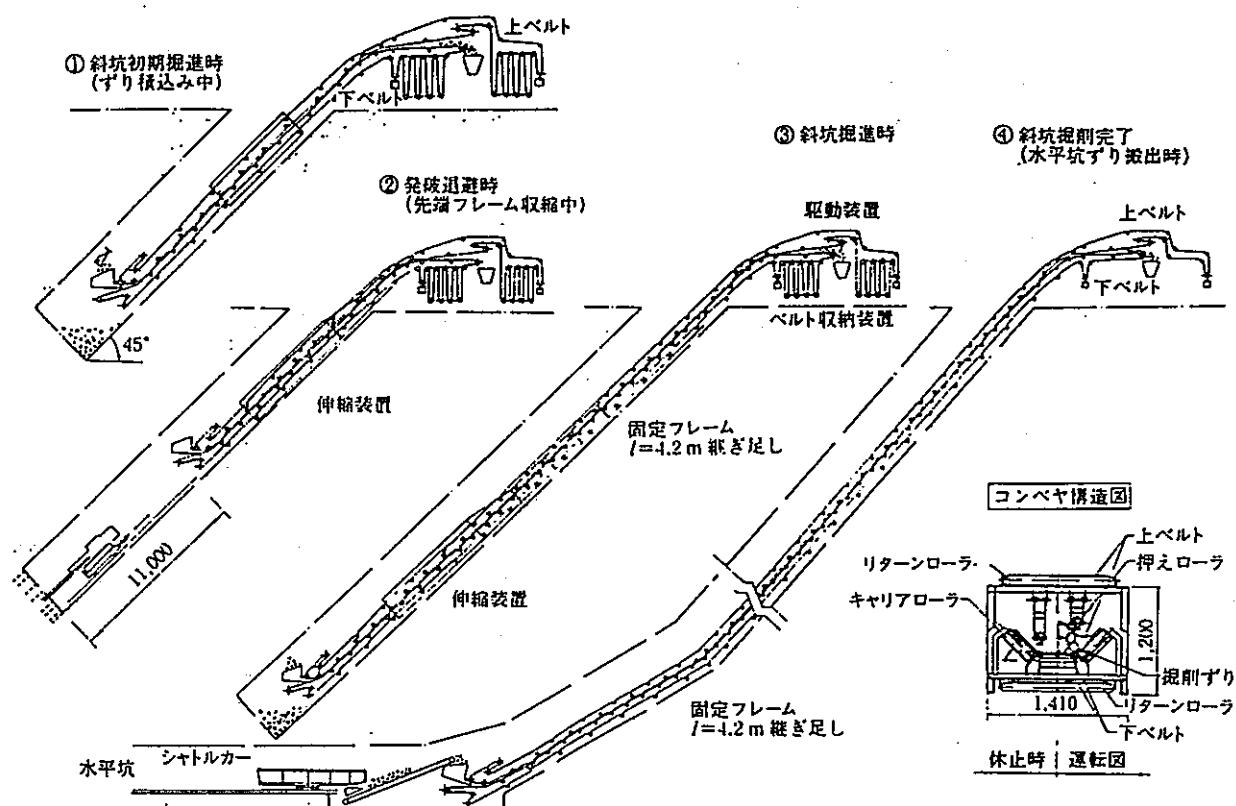
J E P 断面



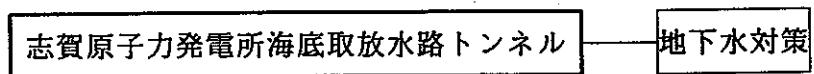
平面図



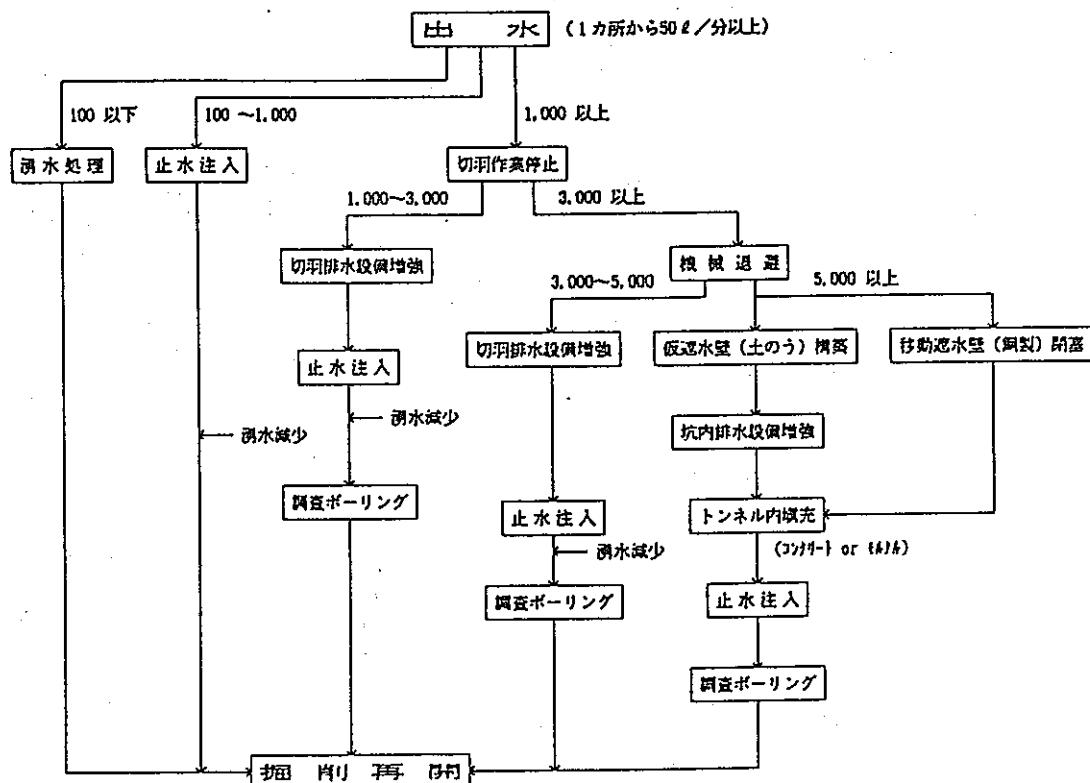
インクラインド・コンベアシステムの概要



主 要 仕 様	
①搬 送 物	免震ブリ (岩石及び土砂) $r = 1.6t/m^3$ 、最大粒径 $\phi = 30cm$
②搬 送 能 力	最大時 $60m^3/h$ (約 $100t/h$) $30m^3/h$ (約 $50t/h$)
③搬 送 距 離	斜長: 約 $100m$ 搭程: 約 $50m$
④搬 送 速 度	$30m/min$ 及び $60m/min$ (2段切替可)
⑤ペ ルト 仕 様	主 (下): $1.050W \times 5P \times 6.0 \times 3.0 BS$ $R \times 800/5$ 從 (上): $1.050W \times 2P \times 6.0 \times 3.0 BS$ $R \times 500/2$ (突起付)
⑥ペ ルト 駆動装置	駆動方式: ヘッドシングル・ドライブ $\times 2$ 基 電動機: $55kW \times 4P/8P \times 1$ 基 $45kW \times 4P/8P \times 1$ 基 減速機: ヘリカル減速機 $750 SSM2, 1/28$
⑦フレーム伸縮装置	伸縮方式: チェーン式 (テレスコ型) 電動機: サイクル減速機付モータ $11kW \times 4P \times 1/289 \times 1$ 基 伸縮ストローク: 有効 $11m$
⑧ペ ルト 収納装置 (スダレ装置)	伸縮方式: チェーン式 電動機: サイクル減速機付モータ $2.2kW \times 4P \times 1/2, 557 \times 2$ 基 ペベルト収納長: ベルト $30m$ 分
⑨テークアップ装置	下部: ネジ式 上部: 重锤式



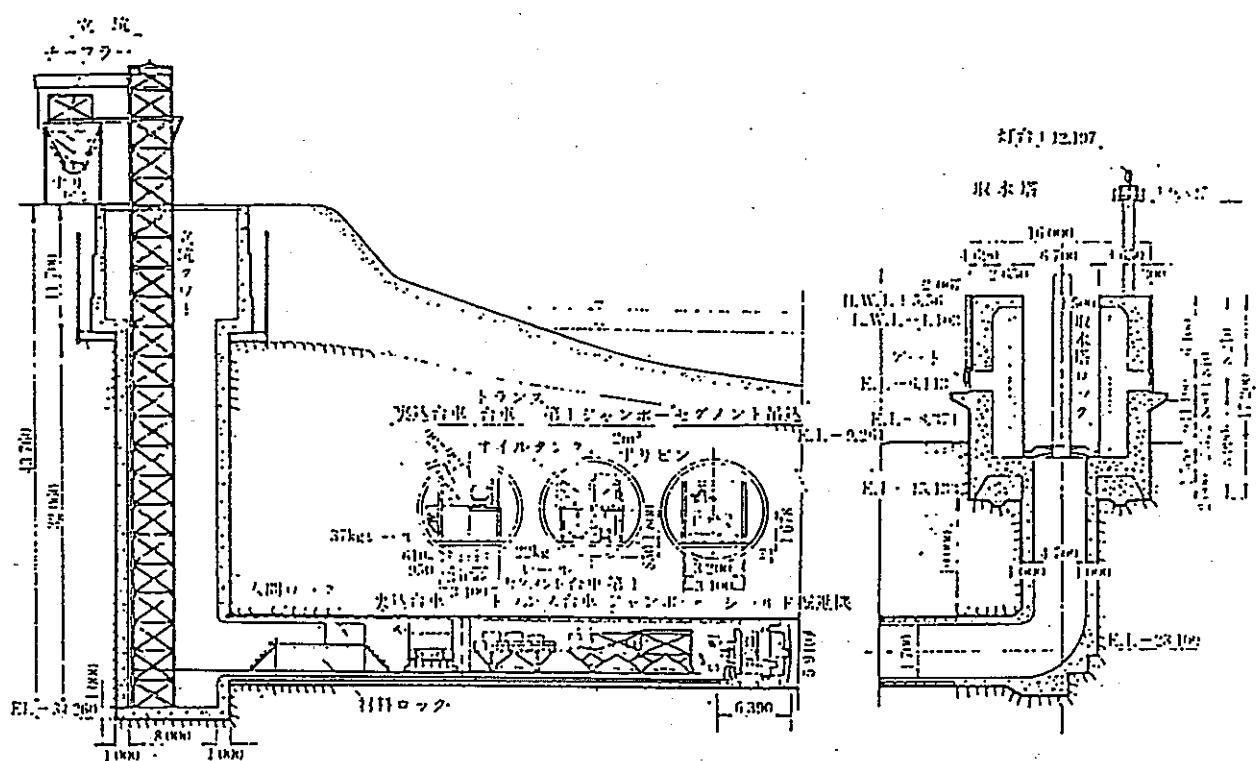
異常出水発生時の処置計画



浜岡原子力発電所海底取水トンネル

トンネル断面

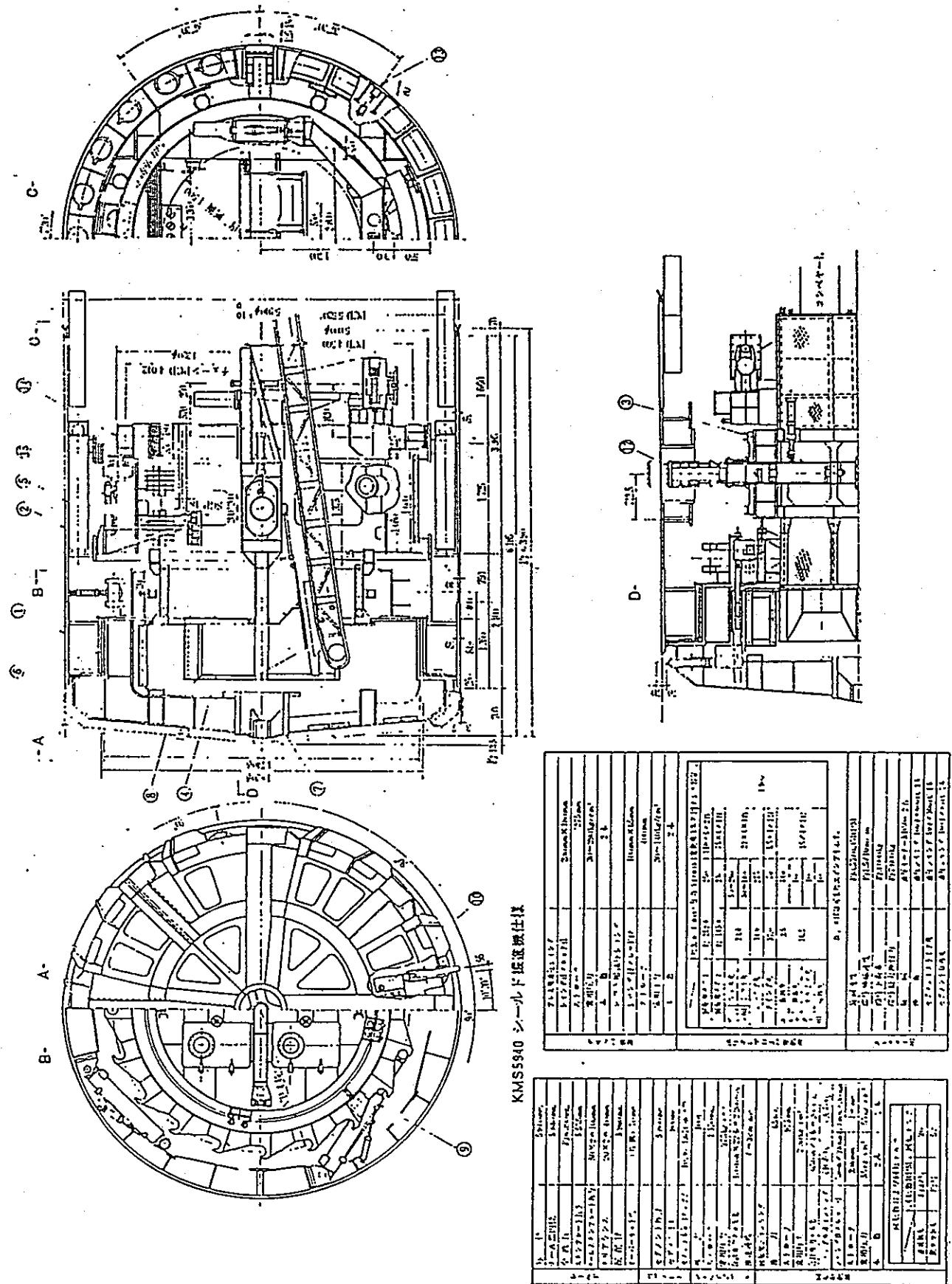
取水トンネル断面



浜岡原子力発電所海底取水トンネル

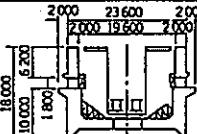
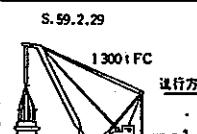
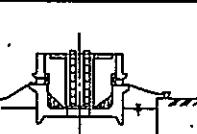
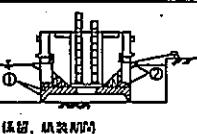
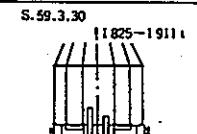
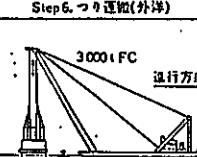
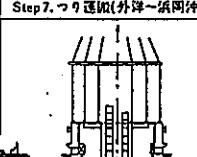
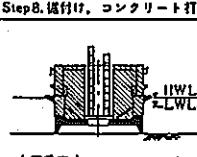
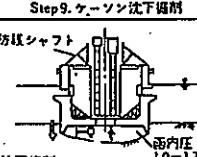
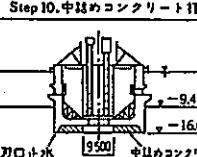
施工上の特徴（1）

シールド機構造図

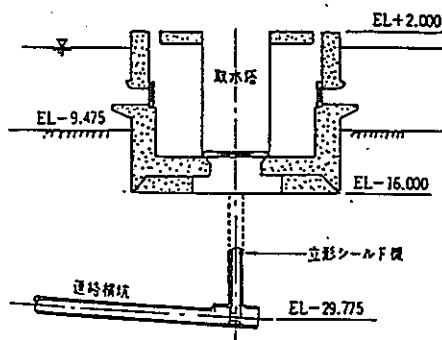


浜岡原子力発電所海底取水トンネル 施工上の特徴（2）

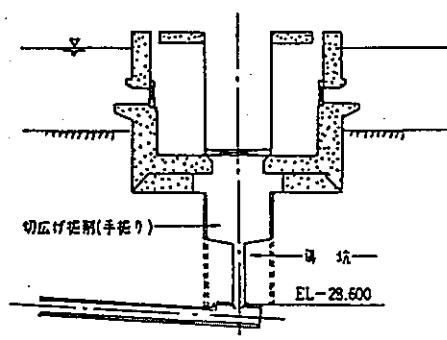
3号機取水塔の施工概要

Step 1. 鋼管製作工場(清水沢)	Step 2. つり運搬(清水沢～御前崎港)	Step 3. 船舶積装(御前崎港)	Step 4. コンクリート打設、航装	Step 5. つり運搬(御前崎港～外洋)
 <p>日本鋼管製清水製作所 製作期間 S.58.7.1～S.59.2.20 鋼管寸法 本体 775 ゲート 79 扶助 273 航装付添品 25 計 1152t</p>	 <p>S.59.2.29 1300t FC 進行方向</p> <p>船 団 1300t FC 1隻 曳船 3200PS, 1600PS 各1隻 監視船 2隻 行程 距離 35海里 所要時間 7時間 つり重量 鋼 管 1152 つり金具、ワイヤ 130 (24点入り) 計 1282t</p>	 <p>係留、積装期間 S.59.2.29～S.59.3.8 コンクリート ① 刃口天井部 3月9日 8,971m³ ② ロボ下部および下ツバ部 3月10日, 332m³ 航装内容 1.エアシャフト 12本 2.コンクリート打設設備 航装積量 Step 2 1152 エアシャフト他 17 計 1169t</p>	 <p>係留、積装期間 S.59.3.30～S.59.4.29 コンクリート ① 刃口天井部 3月9日 8,971m³ ② ロボ下部および下ツバ部 3月10日, 332m³ 航装積量 Step 2 1152 コンクリート 2997 航装材(36個) 72 エアシャフト他 17 計 4238t</p>	 <p>S.59.3.30 11825～19111 進行方向</p> <p>係留 Step 2 1152 コンクリート 2997 航装材(36個) 72 エアシャフト他 17 計 4238t</p>
 <p>船 団 3000t FC 進行方向</p> <p>3000t FC 1隻 曳船 3500PS 1隻 曳船 3200PS 1隻 曳船 2000PS 2隻 航装 行程 距離 13.5海里 所要時間 4時間</p>	 <p>係付け所要時間 設置 22分 位取め 40分 つり金具取りはずし 25分 揚げ 60分 計 147分</p>	 <p>水河貯水 水中ポンプ φ300mm×5台 充水量 2277m³ コクリート (S.59.3.30～4.2) 打設量 3065m³ 打設時間 72時間 航装 Step 3 4238 水槽貯 2345 コンクリート 7050 計 13633t</p>	 <p>方抜シャフト 沈下掘削 底面圧 13.0～17 航装 掘削期間 S.59.4.24～5.24 掘削天井部 27日(2回) 掘削土量 2899m³ 日平均掘削土量 107.4m³/日 主要伐採機械 国内伐採機(池田ブレーカ)3台 函内伐採機(パケット) 2台 大形マテリアルロッカ 1台 テルハクレーン 1基 クラッシャ 1台</p>	 <p>中詰めコンクリート 刃口止水 -9.475 -16.000 -9.500 コンクリート打設 (S.59.6.5) 打設時間 12時間 航装 584m³</p>

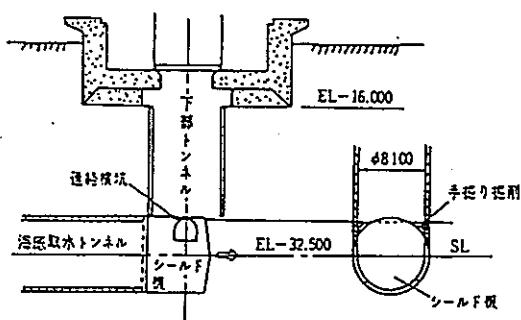
① 下部トンネル導坑掘削



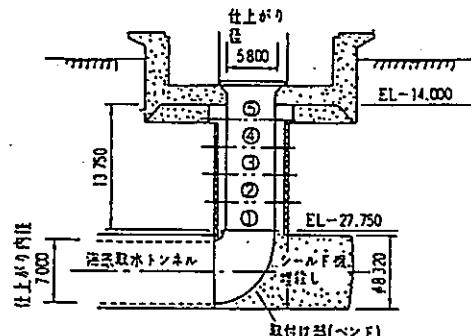
② 下部トンネル切広げ掘削

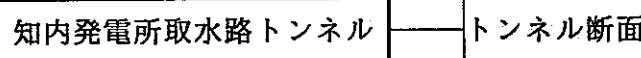


③ 取水トンネル接続掘削

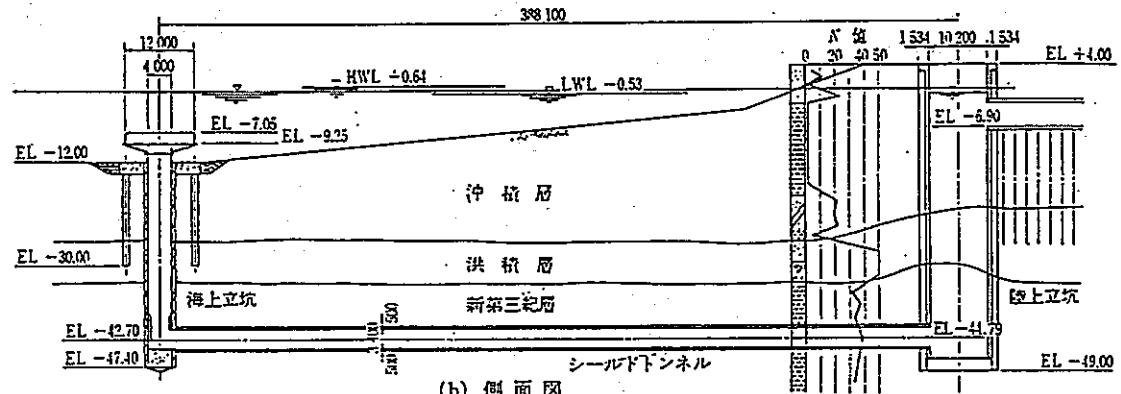
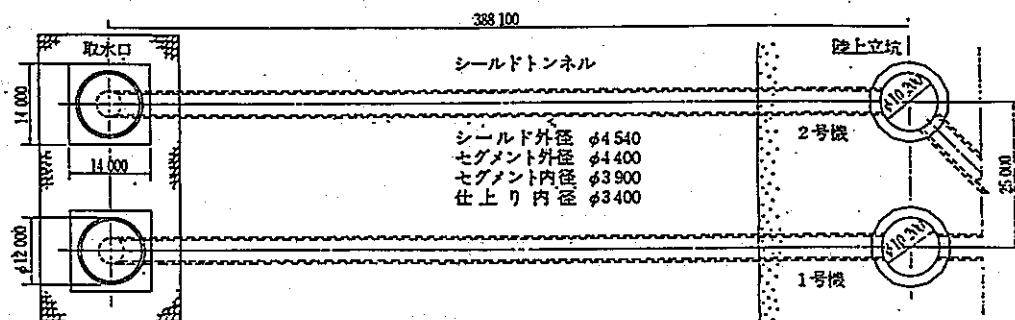


④ 下部トンネルコンクリート打設

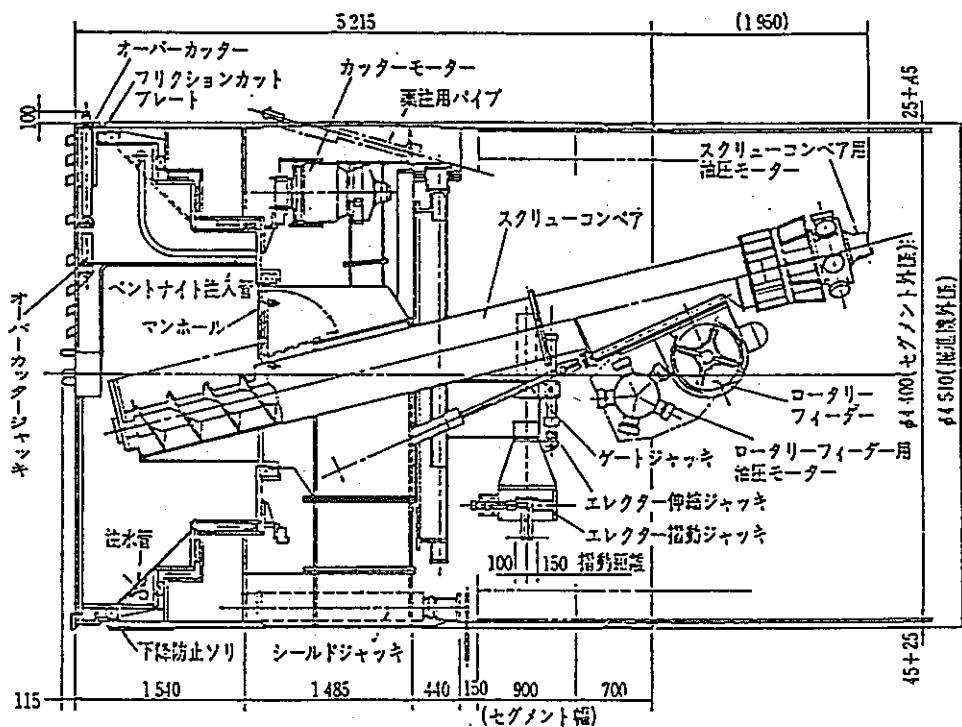




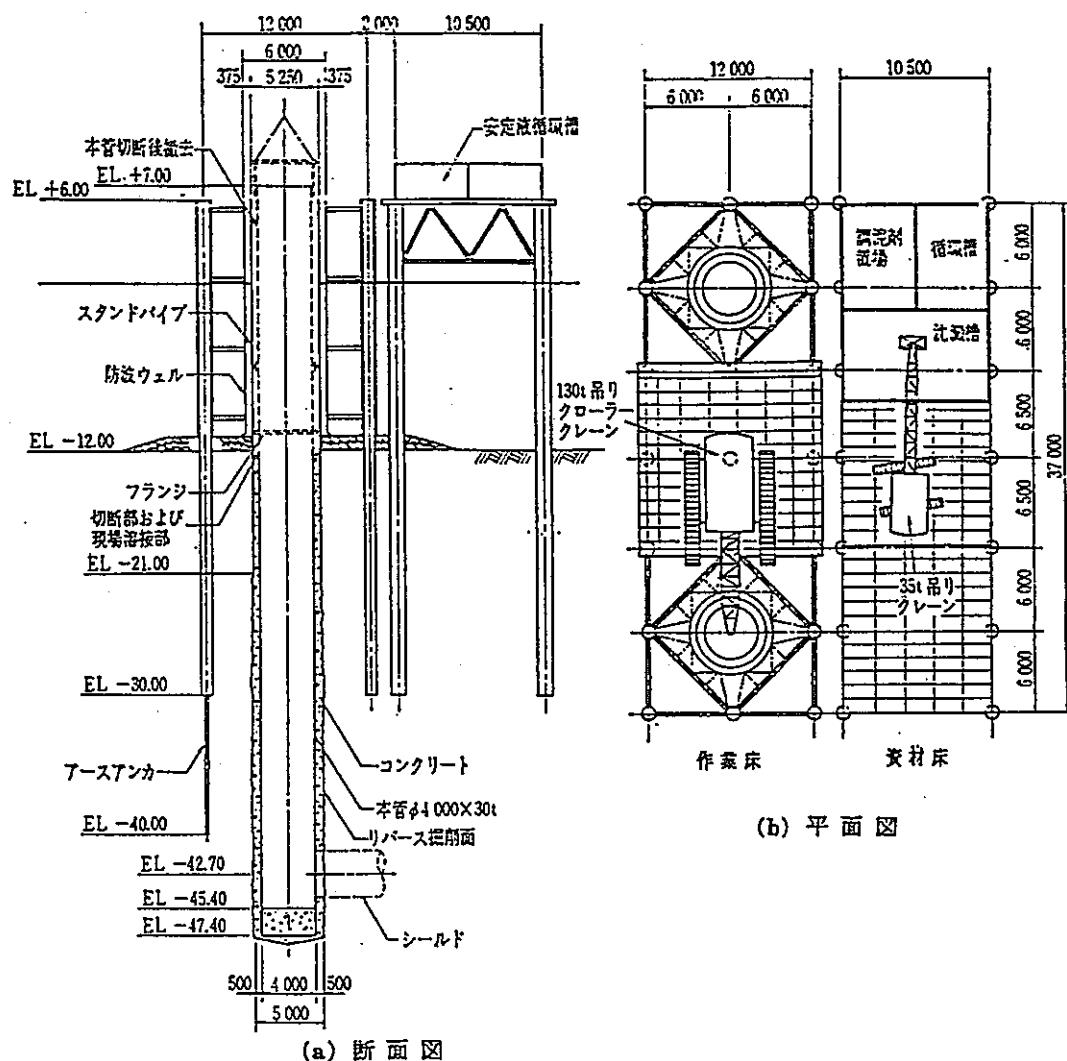
取水路トンネル断面



シールド機構造図



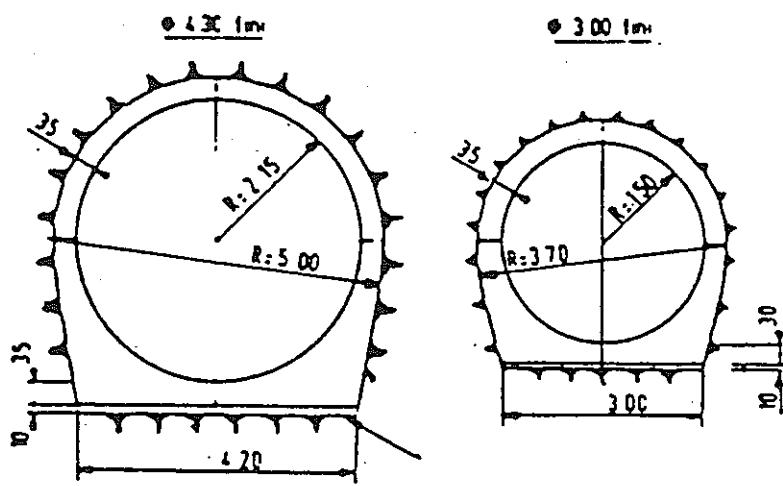
海上立坑構造図



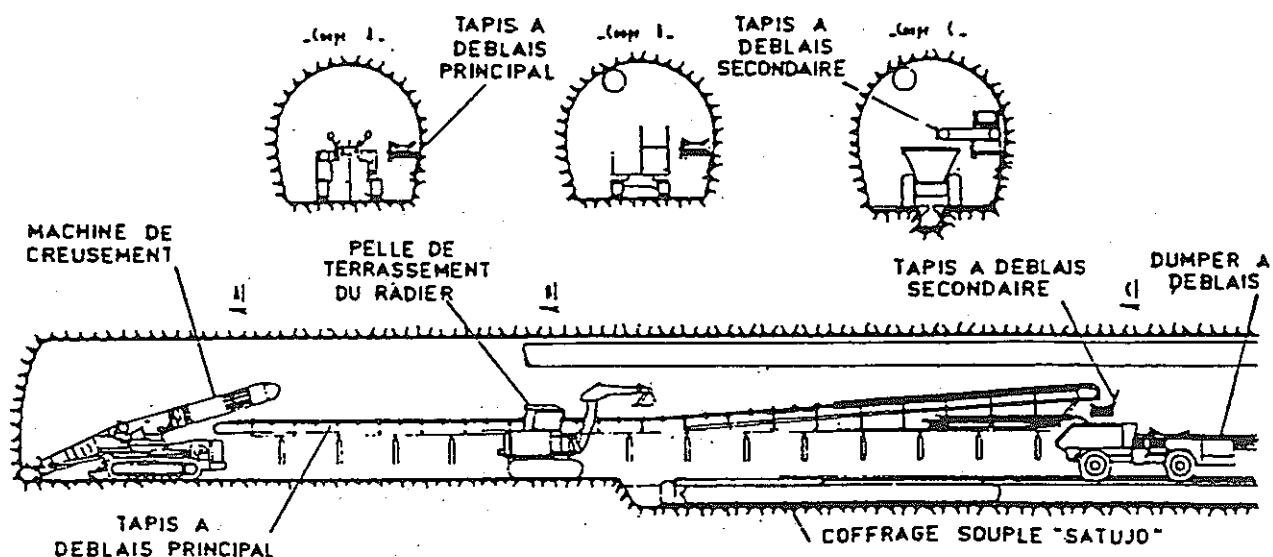
パリュエル発電所放水路トンネル

トンネル断面

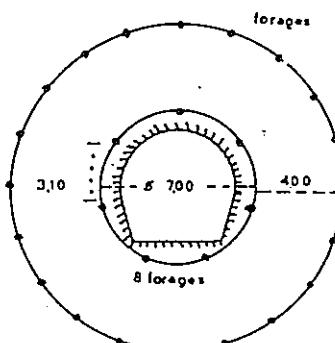
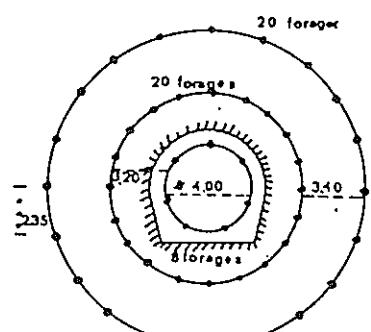
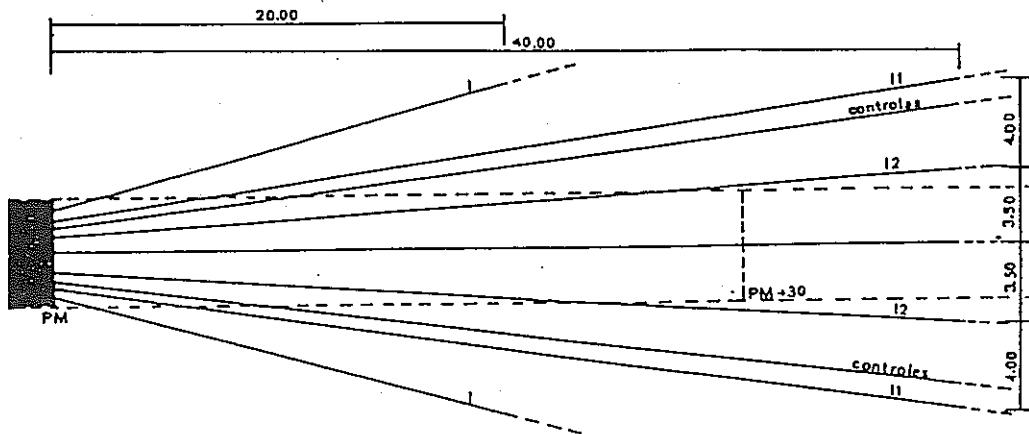
トンネル断面



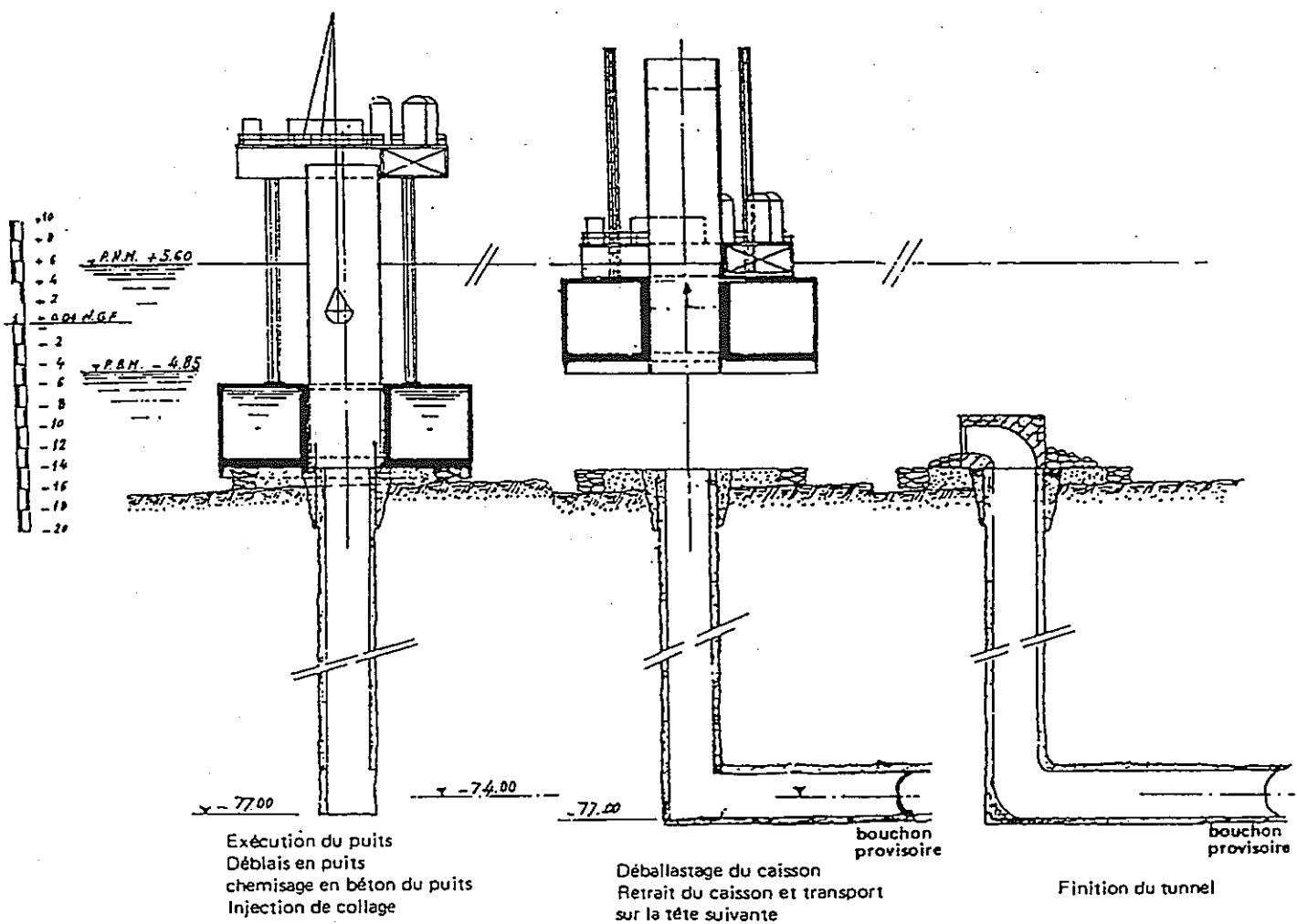
施工断面



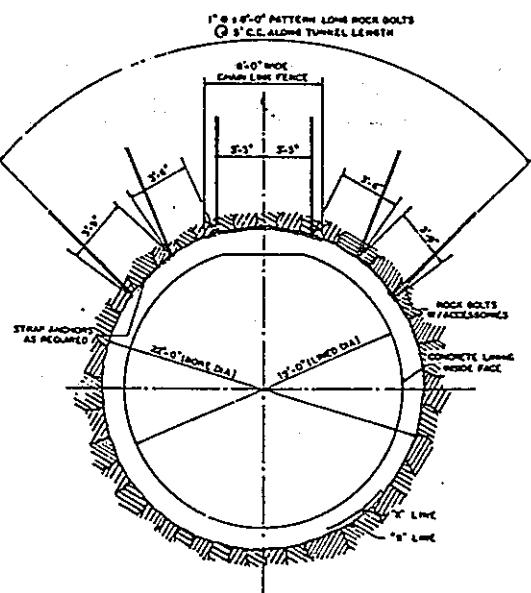
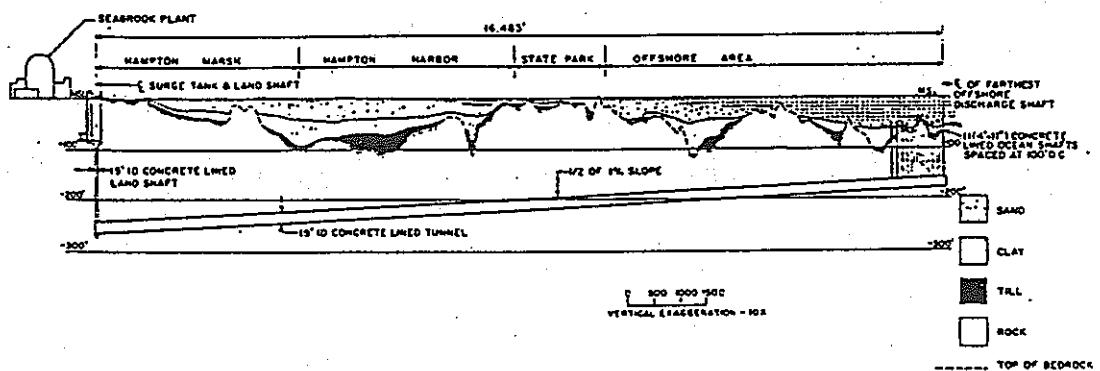
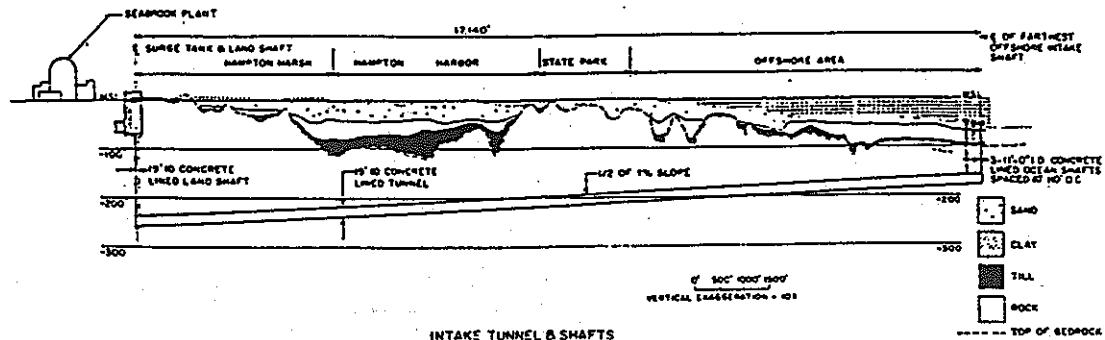
薬液注入範囲



海上立坑の施工概要

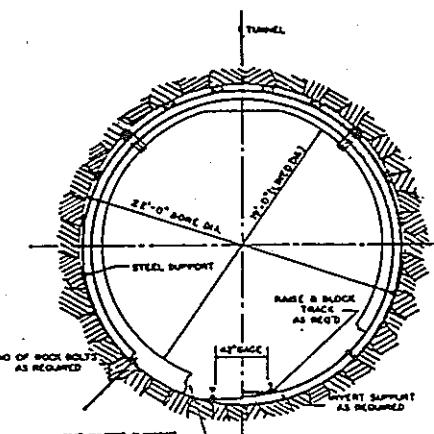


取・放水路トンネル断面



CLASS "A" TUNNEL : ROCK BOLTS
& CHAIN LINK FENCE AT CROWN ONLY

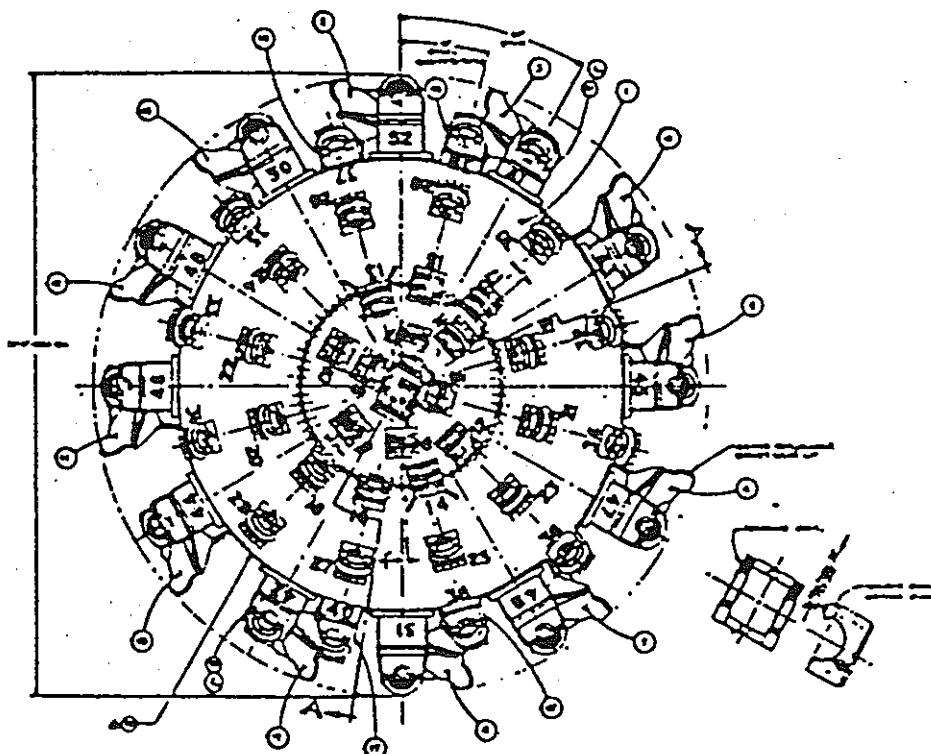
NOTE: ADDITIONAL SPOT ROCK BOLTS,
CHAIN LINK FENCE AND STRAP
ANCHORS AS REQUIRED.



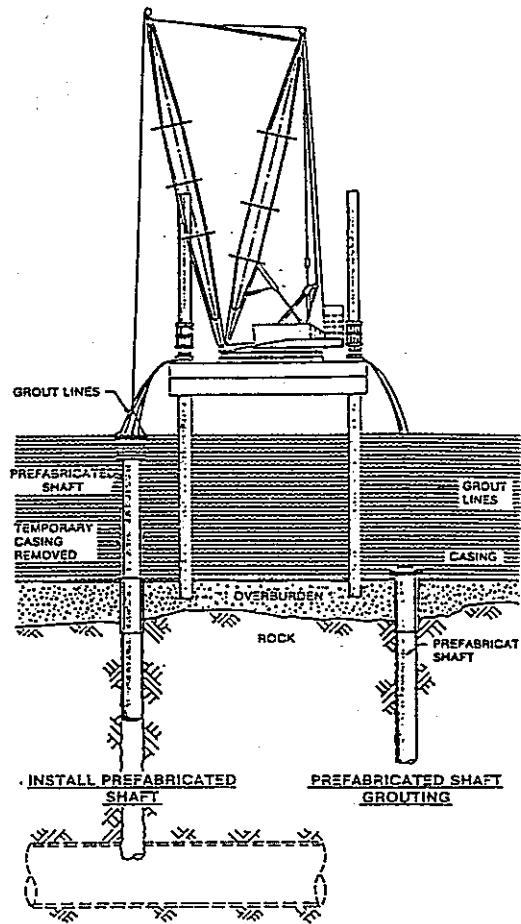
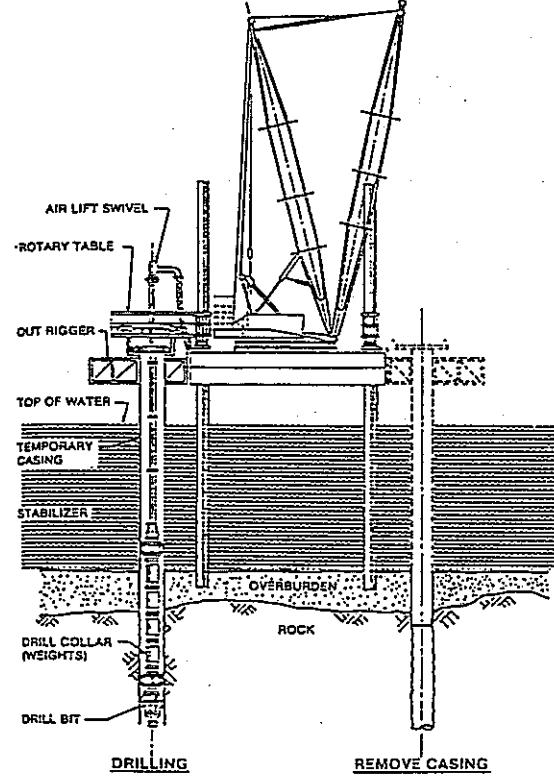
CLASS C, TUNNEL: STEEL SETS • 5'-0" SPACING
CLASS C₂, TUNNEL: STEEL SETS • 2'-6" SPACING

NOTE: SPOT ROCK BOLTS, CHAIN LINK FENCE,
STRAP ANCHORS & W.W.F. AS REQUIRED.

TBMの前面構造図



海上立坑の施工概要



2. 4 トンネル施工技術の将来的な課題

ここでは、トンネル建設のために将来、要求されると考えられる技術的な課題を述べ、将来の沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工方法に関するひとつのコンセプトを示すものである。

2. 4. 1 トンネル建設のための施工技術課題

(1) 挖削に伴うゆるみ域の抑制

掘削に伴うゆるみを抑制することは、トンネルの安定性を保つ上で重要な課題である。

しかし、現状では、埋戻しが行われる高レベル放射性廃棄物処分トンネルにおいてゆるみが処分施設にどのような影響を与えるか、また、ゆるみとはトンネル力学上及び地下水理学上、どのように定義されるべきかなど不明な点が多く、これらの解明が必要である。

従って、今後、室内試験、解析的アプローチ、及び地下研究施設における現位置試験を通じてゆるみの性状を解明し、掘削に伴うゆるみ域抑制のための対策を検討していくべきである。

(2) 湧水の予測及び対策

沿岸海底下のトンネル建設では、大規模な湧水が想定され、処分場の建設工程・費用などに大きな影響を与える可能性がある。従って、トンネル掘削中の湧水予測及び対策方法は今後の大きな研究課題である。

現在、切羽前方の地質を予測する技術としては、

- 先進ボーリング調査
- 前方弾性波探査
- ジオトモグラフィー

などがあり、これらの発展あるいは応用によって、より遠い前方の湧水状況を知るために技術開発が望まれる。

(3) トンネル支保の問題

高レベル放射性廃棄物処分トンネルにおいて要求される特徴的な支保性能は次のように挙げることができる。

- ① トンネルは最終的に埋戻されるため、埋戻し後の支保性能は要求されない。
- ② 支保自体又は支保が周辺の地盤と化学反応を起こし、放射性核種のバリア性能を低下させてはならない。

例えば、

- a. 鋼製支保工、覆工コンクリート又は鋼製ロックボルトが腐食し核種の流路を作ってはならない。
- b. 覆工コンクリートのセメント材料が地下水、周辺地山、埋戻し材料などと化学反応を起こし、天然・人工バリアを性能を損ねてはならない。

従って、上記の問題に対応するため、新材料による支保の開発が必要と考えられる。

(4) トンネル建設のためのロボット化

建設産業は3K（きつい、汚い、危険）などの言葉に示されるよう、若年労働力の確保が困難であること、また、先進的な産業に比べ生産性の向上が難しく、継続的なコスト上昇など大きな問題を抱えている。そのため、約10年前から建設作業に用いるロボットの研究開発が開始された。

今後の沿岸海底下地層処分におけるトンネル建設も、大深度、海底下、大規模掘削など極めて過酷な条件での施工になり、いかに少ない人員で施工を進めるかという問題に対する解答のひとつにロボット化が考えられる。

掘削用のロボットとして幾つかのアイデアが提案されているが、実用的な段階には程遠い状況である。現在、トンネル施工の中で最も機械化が進んでいるものとして、シールド工法が挙げられ、セグメントの組立などで自動化が進んでいる。しかし、今後の建設ロボット化を進めていくために解決していかなければならない問題も多く、それらは次のようにまとめることができる。

A. ロボット技術関係

- ① データベースの構築
- ② ロボットのハンドリング作業計画のコーディネーション
- ③ ロボットとコントロールシステムの信頼性
- ④ 通信システム
- ⑤ 新型バッテリーの開発による動力供給

B. 建設技術関係

- ① ロボット化に適した工法の開発
- ② ロボット化を配慮した資材搬入の際の荷姿の正常化
- ③ プレハブ技術の導入
- ④ ロボット化による品質の向上

C. マネジメント関係

- ① 建設工事の組織の改善
- ② 安全対策
- ③ Man/Robotインターフェイスの研究

D. 法律的課題

- ① ロボット作業員の資格認定制度
- ② 安全規則の制定

E. 一般的な事項

- ① 公共的な建設ロボット研究施設の設置
- ② 小規模建設業者のロボット化に対する無関心
- ③ 建設の自動化に適した産業・企業構造への改善

2. 4. 2 沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工コンセプトの提案

ここでは、将来の施工技術・機械などの進歩を想定し、沿岸海底下地層処分における処分トンネルの施工方法に関するひとつのコンセプトを示す。

(1) コンセプトの基本思想

ここに今回、提案したコンセプトの基本思想は以下に示す通りである。

A. トンネル覆工の除去

高レベル放射性廃棄物処分においては、次の理由から廃棄物処分時にはトンネル覆工を除去するものとする。

- ① 処分施設は、これまでの土木構造物が経験したことのないような長期耐久性を求められることになるため、現時点で長期耐久性に疑問がもたれるトンネル覆工を除去し、処分施設の機能維持のための不確定要素を取り除く。
- ② 廃棄物、埋戻し材及び周辺の地質と、覆工の相互作用が処分施設に対して、アクティブに作用するか、ネガティブに作用するかは不明であり、①と同様に処分施設の機能維持のための不確定要素を取り除く。
- ③ 処分トンネルは最終的には埋戻し後、閉鎖されるため、永久覆工は必要がない。

B. トンネル掘削に伴う周辺地山のゆるみの抑制

高レベル放射性廃棄物処分においては、核種移行の問題から極力、地下水とのインテラクションを避けるべきであり、周辺地山のゆるみに伴う透水性の増大はできるだけ防がなければならない。従って、シールド工法のように掘削直後にセグメントを組立て、地山のゆるみの抑制、トンネルの安定性を確保しなければならない。

C. 切羽安定の確保

切羽安定の十分確保、あるいは切羽からの突発的な湧水を防ぐため、密閉型の全断面トンネル掘削機による施工を想定する。

(2) 施工コンセプト

(1) の思想を基に、以下の施工ステップを持つ施工概念を示す。

STEP 1 トンネル掘削

: 全断面による機械掘削を実施する。掘削直後に、セグメント形式の覆工を行い、掘削に伴うゆるみを極力、抑える。

STEP 2 処分孔の掘削

: 処分トンネル掘削終了後、トンネル終点に切羽安定のためコンクリートを打設する。そして、覆工したトンネル内から、処分孔を掘削する。

STEP 3 キャニスターの定置・埋戻し

: キャニスターの定置後、セグメントを取り外しながら、機械を後退させる。セグメントを取り外した空間は、早急に埋戻しを行う。

引用文献リスト

1. 建設産業調査会 : トンネル工法・機材便覧、建設産業調査会
2. 土木学会編 : 土木工学ハンドブック、技報堂
3. 長友 他 : 新体系土木工学70トンネル、技報堂
4. 高橋 他 : シールド工法の実際、鹿島出版会
5. 宮崎 他 : 新しく開発したインクラインドコンベアによる海底トンネル掘削ずりの搬出、土木施工31巻12号、p. 49-54、1990. 12
6. 宮崎 他 : 志賀原子力発電所海底取放水路トンネルの設計・施工について、電力土木No. 228、p. 23-32、1990. 9
7. 佐竹 他 : 外海における取水工事、土木学会誌1973年4月号、p. 32-38
8. 浜岡原子力発電所3号機取水塔工事、土木施工26巻12、p. 65-71、1985. 10
9. 近江谷 他 : 海底トンネル方式による取水路の施工、土木学会誌1983年2月号、p. 57-62
10. Renard, P. : REALISATION des GALERIES et des PUITS de rejet d'eau en mer a la Centrale Nucleaire EDF de PALUEL、EDF 資料
11. Hulshizer, A., et al. : Design and Installation of Large Diameter Sub-sea Connecting Shafts for the Seabrook Nuclear Power Plant 、

Offshore Technology Conference 1978

12. Hulshizer, A., et al. : Production Experience and Computerized Evaluations of the Seabrook Tunnel Excavation, RETC Proceedings Vol.1, p. 627-659, 1981
13. 阿部 他 : 東京湾横断道路シールドトンネル、土木技術46巻10号、p. 50-57、1991. 10
14. TBM工法 施工速度と環境配慮で再び注目、日経コンストラクション1991. 9. 13号、p. 20-25
15. 英仏トンネルで掘進記録を塗り替える、日経コンストラクション1991. 9. 13号、p. 90-92
16. 長谷川 : 各国における建設ロボット研究開発の動向と諸問題、第2回建設ロボットシンポジウム論文集、p. 21-32
17. 久保田 他 : ボルト締結機分離独立型セグメント自動化組立装置の開発、第2回建設ロボットシンポジウム論文集、p. 189-197
18. 勝田 他 : セグメント自動組立ロボット、第2回建設ロボットシンポジウム論文集、p. 199-204
19. 新井 他 : 地下空間開発用掘削ロボット、第2回建設ロボットシンポジウム論文集、p. 337-342

(鹿島建設株式会社 土木設計本部)

3. 地下空間利用および海洋開発の現状と動向の検討

3. 1 序

近年、ニューフロンティア計画、開発という言葉が盛んに聞かれるが、今まで人間の活動や利用が比較的少なかった宇宙、海洋、地中といった分野の開発を推進しようとする機運が急速に高まりつつある。

我が国の国土は、比較的利用し易い平野部が少ないが、この沿岸部に人口が集中し、多くの都市が形成されている。そして、これらの都市では住宅、交通、ごみ等の様々な都市問題が発生している。特に、最近の急激な地価高騰は、これらの都市問題を解決することを、より一層難しくしている。したがって、都市の諸問題の解決をはかる上でも、ニューフロンティア分野へ活動領域を広げていくことが、今後、社会的、経済的に強く求められている。

ここでは、特に、空間利用面で沿岸海底下地層処分コンセプトと関係が深いと考えられる地中開発および海洋開発に焦点をあて、これらの歴史、現状および今後の動向を代表的な文献により調査し、沿岸海底下地層処分コンセプトとの関係を明らかにすることを目的に検討を行う。

以下、はじめに地下空間利用を、続いて海洋開発を上記について述べた。そして、最後にまとめとして、地下空間利用と海洋開発の両面から見た沿岸海底下地層処分コンセプトの位置づけを簡単に示した。

3. 2 地下空間利用（地中開発）

3. 2. 1 はじめに

ここでは、地下空間利用（地中開発）の面から見て、沿岸海底下地層処分コンセプトがどのように位置づけられるか、それを明らかにすることを目的に検討を行う。

そのために、まず、現在、地下空間利用でいわれている地下空間のイメージを明らかに

した。

次に、地下空間利用の歴史を述べ、地下空間利用がその時代の社会的な背景やニーズおよび技術レベルに大きく依存していたことを示した。

続いて、地下空間利用の現状を、深度など数種類の軸を用いて示すとともに、現在、我が国の省庁が地下空間利用に対して、どのようなテーマに取り組んでいるかを示した。

次に、地下空間を実際に利用する際に、重要なポイントとなる地下空間の利用に関する技術を示した。ここでは特に、大深度地下空間利用のために必要と考えられている技術開発課題を示した。

また、地下空間利用はその時代の社会的な背景やニーズも重要なポイントとなる。したがって、近年、施設を地下に設置する際、どういう点が考慮されるかその判断要因と大深度地下利用が何故注目されているか、その社会的背景を示した。そして、これらをもとに今後の地下空間利用の方向性を示した。

3. 2. 2 地下空間のイメージ

現在、地下空間利用でいわれている地下空間のイメージとはどのようなものであるのか、文献1によれば次のとおりである。

「地下空間には自然にできた洞窟のようなものもあるが、ほとんど人為的に作られた地下の空間を指す。人為的に作られたものでも、鉱物資源の採取によって結果的に生まれる地下の空間もあるが、はじめからはっきりした目的意識があって掘られるものの方が多彩である。今日、地下空間といえば、利用を前提にイメージすることが多い。」

地層処分は、高レベル放射性廃棄物を人間の生活環境から隔離するという、目的意識をはじめからもって掘り、地下空間を利用しようとするものである。したがって、今日の地下空間のイメージに合致する。

3. 2. 3 地下空間利用の歴史

人間の地下空間利用は、自然の脅威や外敵から身を守るために、自然にできた洞窟を住居として使用することから始まった。（表一Ⅱ.3.1地下空間利用の歴史²⁾）その後、古代エジプトにおいて、ピラミッドに石室とトンネルが建設された。また、古代ローマ時代の紀元前600年頃には、ローマに下水道トンネルの建設が行われた。これらはほんの一例であるが、世界各地の文明の定着と発展に伴い、地下空間は墳墓、寺院、地下室、住居、上下水道等に利用された。しかし、地中開発のための掘削技術として、石器や鉄器といった道具を使う程度では、地下空間の利用も自ずと限界があった。

地下空間の利用が飛躍的に進んだのは、18世紀半ばにイギリスで始まった産業革命以降であり、19世紀に入って欧米において、地下空間が積極的に利用され始めた。一例を上げれば、1829年、イギリスで世界で初の鉄道トンネルが構築されたのをはじめとし、1830年代には、パリで大規模な下水道の整備が行われた。

一方、日本においては、江戸時代までは、欧米で見られるような地下空間利用の歴史は見られず、明治時代に入って、積極的な西洋技術の導入と共に、本格的な地下空間利用が始まった。

富国強兵策のもとに、鉄道網の整備が推進され、我が国で最初の鉄道トンネルである石屋川隧道をはじめとし、必然的に多数のトンネルが造られた。続いて、笹子、丹那、清水トンネルといった長大トンネルが建設された。最近では、世界最長の海底トンネルである青函トンネルも完成し、鉄道トンネルは、常に地下空間利用およびそのための技術発展の先導的役割を果たしてきた。

佐久間ダムの建設を契機に、土木工事は大型機械化施工が行われるようになり、さらに、掘削工法の進歩に伴い地中開発も大型化してきている。大規模な地下水力発電所、大断面の道路、鉄道トンネル等はその例である。

また、オイルショックの教訓から、石油類の備蓄を地下空間に行うための施設も最近建設されつつある。

このように地下空間利用の歴史は、社会的な背景やニーズおよび地中開発を行う際に保有している技術レベルに大きく依存していたといえる。

表一II. 3. 1 地下空間利用の歴史²⁾

年 代		利 用 施 設				社会的背景・ニーズ等	技 術 革 新 等
		住 宅・宗 教 施 設 等	上 下 水 道 等	交 通 施 設 等	産 業 施 設 等		
原 始	B.C 2,000	天然洞窟（住居） アカミラ洞窟等			プリント鉱山 (クロマニヨン人)	自然の脅威、外敵を防ぐための住居等 良質の石器材料の入手 遺体の保存、伝染火の使用	石器時代
		墳墓	リヨセワの井戸(エリト)				新石器時代
		立穴式住居					
古 代	B.C 1,000						
		メソポタミア・ウガ王墳 エリト・王家の谷	カレーズ上水道(イラン)、 モヘンジゴーラ下水道トンネル	ユーフラテス河底トンネル	エリト・河 (穀物倉庫) 金属鉱山	金銀銅等の地下資源入手 地下墳墓 古代都市での人口増加による飲料水不足	青銅器時代
		秦の始皇帝陵 登呂遺跡	ローマ下水道トンネル イスカンダル地下貯水場				鉄器時代
中 世	A.C 1,000	敦煌莫高窟					
		ローマ・カクンバ (地下墓地)					
地 下 空 間 利 用 の 空 白 時 代							
近 代	1,500 1,800						
		箱根用水トンネル			佐渡金山 他		火薬の使用
		利下水道整備 ロンドン下水道整備 神田下水道トンネル	仏ラングドック運河トンネル (火薬を初めて使用) 青の洞門 英テムズ川横断トンネル 仏伊万里-鐵道トンネル(アガバ横断) 英ロンドン地下鉄		鉱山開発 (高島炭鉱、三井三池炭鉱)	1800年代の世界的な都市の発展(鉄道、道路等の交通上下水道の整備)	産業革命
現 代	1,900 1,945		琵琶湖疏水	石屋川鉄道トンネル (我が国初の鉄道トンネル) 柳ヶ瀬トンネル (我が国初のダブルトunnel) 栗小道路トンネル (我が国初の道路トンネル) 仏伊シンプロン鉄道トンネル(19.8km) 地下鉄(川、ベルリン) 長大トンネル(笛子、丹那、清水) 地下鉄銀座線、御堂筋線	スウェーデン地下発電所 地中貯油槽 (佐世保) 九段坂祠溝	電気利用の普及 富国強兵策のもと鉱山開発、鉄道網の整備	電気の発明 ダブルトunnelの発明 空気圧縮機、さく岩機の発明 湧水の排出機械化
		松本大本營 核シェルター 軍事地下施設 (コロド空軍指令基地他) ブリテンランド・ロットチャーチ 覆土式省エネ住宅	スウェーデン地下下水処理場	地下鉄(東京、大阪、名古屋)	スウェーデン地下石油貯蔵施設 神須田町地下鉄 ストリート(我が国初の地下街) 雨龍地下発電所 (我が国初の地下発電所)	第2次世界大戦 原子力利用	近代的な掘削工法によるシンプロン鉄道トンネルの開通
			地下ダム (宮古島等)	地下駐車場(新宿南口、八重洲等) 青函トンネル	西独フトルンガム気貯蔵発電所 LNG地中タンク スウェーデン熱水貯蔵 神岡陽子崩壊観測施設 原油地下備蓄施設 実証プラント 大谷石採掘跡食料貯蔵倉庫 地下無重力実験場(砂川)	交通問題の解決 (道路整備、新幹線建設) 電源開発、エネルギーの多様化 石油類備蓄 (オイルショック)	佐久間弘建設に始まる我が国土木工事の大型機械化施工 ロードヘッジ、TBM等の機械化掘削 NATM工法、シールド工法の普及

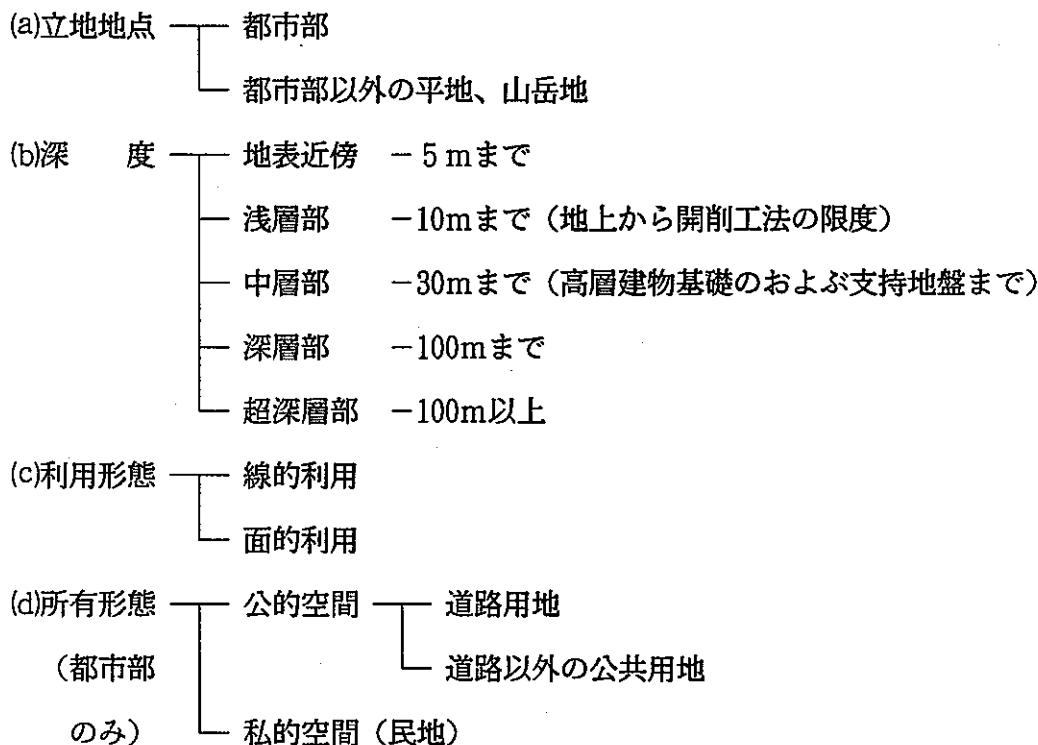
3. 2. 4 地下空間利用の現状

(1) 地下空間利用の現状³⁾

地下空間利用の現状がどのようにになっているかを把握するためには、その立地地点、深度、利用形態、地上の土地の所有形態、地形、地質等の軸に基づいてとらえてみるのが1つの手段と考えられる。

図一II. 3. 1は、地下空間利用を総合的に整理するため、次に示す4つの軸の各区分をもとにして、包括的に地下空間利用の現状をまとめたものである。

〔4つの軸〕 〔区分〕



本図によれば、以下のことが分かる。

- ①「都市部」では、特に道路用地の地下10mまでの空間において、地下鉄、地下街、上下水道等の利用が集中している。³⁾
- ②「都市部以外の平地、山岳地」では、地下発電所、エネルギー備蓄、地下ダム等の多様な利用が、地下40~50mから、場合によっては100m程度までの空間にみられる。³⁾
- ③「都市部以外の平地、山岳地」の方が「都市部」に比較して、利用深度が深い。
- ④「都市部」および「都市部以外の平地、山岳地」のいずれの利用深度も、大部分が

都市部				都市部以外の平地、山岳地	
民地		道路用地	道路以外の公共用地		
地表		地表			
・地下住宅	・地下街	・地下鉄（駅舎部） ・地下道路（一般路）* ・地下歩道* ・地下駐車場 ・共同溝*	・ユーティリティ施設の幹線及び枝線ルート* ・地下街	・地下街	・地下工場 ・交通トンネル（道路、鉄道）* ・導水トンネル*、トンネル河川*等
-5m		・地下駐車場 ・地下プラント（ポンプ場、変電所等）	・地下鉄（軌道部）* ・地下道路（通過幹線）* ・地下物流施設* ・基幹ユーティリティルート（導水管、高圧ガス管等）*	・地下駐車場 ・地下プラント（ポンプ場、変電所等）	-5m
-10m	・地域冷暖房プラント		・基幹ユーティリティルート（導水管、高圧ガス管等）*		-10m
-30m		・地下基幹プラント (高圧変電所、地下水処理場等)			-30m
-100 m				・地下発電所 ・交通トンネル（道路、鉄道）* ・食糧備蓄 ・導水トンネル*、トンネル河川* ・地下ダム ・地下実験・研究施設 ・LNG、LPGの貯蔵施設等	-100 m
				・地下発電所 ・交通トンネル（道路、鉄道）* ・エネルギー備蓄（石油） ・導水トンネル*、トンネル河川* ・地下ダム ・地下電力貯蔵施設（圧気貯蔵、超電導貯蔵） ・LNG、LPGの貯蔵施設等	
				(地下資源、地下エネルギー)	

【注】 * : 線的施設を示す

資料：地下空間利用に関する基礎資料（昭和59年科学技術庁資源調査所）
 (財)都市計画協会「都市空間の地下利用に関する総合調査」（昭和60年）
 をもとに作成した。

図一II. 3. 1 地下空間利用の現状^{⑨)}

100 m以浅である。

⑤立地地点の区分は、陸域のみであり、これは、海域の地下空間は殆ど利用されていないことを示していると思われる。

(実際、海域の地下においては、鉄道・道路用、発電所における冷却水の取排水用、およびガスや上水道の導管用の海底トンネルとして利用されている程度である。)

⑥所有形態は、特に都市部の利用に影響を及ぼしており、民地においては、地下住宅、地下街、地下駐車場、地下プラント等の限られた用途にしか利用されていない。

表一II. 3. 2 地下空間利用構造物の種類と概略規模の例¹⁾

地下構造物	空洞の概略規模		地盤の種類	利 用 深 度 (m)
	幅×高さ×奥行き、(容積m ³) (m)			
市民生活関連	地下街と地下駐車場	120 × 2 階×250, (6万)	土質	0 ~ 20
	地下鉄	9 × 5.3, 10 (直径)	土質	10 ~ 40
	地下駅	50 × 30 × 500, (60万)	土質	0 ~ 40
	共同溝	5.6 × 8.9	土質	0 ~ 10
	地下貯水池	11.2 (直径) × 1270, (12.5万)	土質	22
交通	鉄道トンネル	9.6 × 8	軟岩～硬岩	50 ~
	道路トンネル	10 × 6	軟岩～硬岩	50 ~
エネルギー関連	地下発電所 (揚水式)	25 × 50 × 150, (19万)	硬岩	100 ~ 500
	変電所	46 × 37 × 80, (14万)	土質	0 ~ 40
	石油備蓄 (菊間実証プラント)	15 × 20 × 112, (3.4万)	硬岩	70
	超電導電力貯蔵*	8 × 44 × 1250, (44万)	硬岩	500
	圧縮空気貯蔵*	15 × 20 × 50, 8本, (3.4万)	硬岩	600
	原子力発電所*	30 × 50 × 230, 数個, (100万)	硬岩	100 ~ 500
	放射性廃棄物処分*	6 × 6 × 1000, 150本, (540万)	硬岩	500 ~ 1000

【注】* : 構想

一方、表一Ⅱ.3.2は、在来の地下構造物と構想中の地下構造物を空間の規模、地質、利用深度の面からまとめたものである。構想中の地下構造物は、産業や生活の基幹となるエネルギー関連であり、今後の電力等の需要や発電に伴う廃棄物に対応するためのものである。本表のエネルギー関連の項に放射性廃棄物処分というものが有るが、利用深度が500～1000mであるので高レベル放射性廃棄物の処分と考えられる。これに利用しようと考えている空間は、従来の地下構造物が利用してきた深度よりも深く、かつ容積もかなり大きいことが分かる。地質に関しては、本表では土質、軟岩、硬岩の3つに分類されており、およそその目安で深度が100m以深では硬岩に分類されている。

いずれにせよ、現在利用されている地下空間は、都市部が中心であり、また利用深度を見ても100m以浅が大部分である。

技術的に開発可能であるかどうか、社会的に受け入れられるかどうか、あるいは経済性があるかどうか等を考慮せず、位置的な面だけから地下空間の利用の現状をみれば、都市の一部の地域の地表近傍および浅層部を除いて飽和状態ではなく、我が国全体にはかなりの未利用空間が残されているといえる。

なお、後記する大深度地下利用は、土地の所有権が地下のどこまでおよぶかが議論となっているが、大都市圏において、今まであまり利用されていない、かつ多く残されている地下空間に着目したものである。

(2) 国の取り組み

地下空間利用に取り組んでいる我が国の省庁は、表一Ⅱ.3.3に示すとおり9省庁である。この中で、通産省のジオ・ドーム構想と科学技術庁のジオトピア構想について、簡単にその内容を示す。ジオ・ドーム構想は、産業・エネルギー施設による地下空間利用の促進をはかるため、大都市部における軟岩（軟弱地盤）において、ドーム状地下空間（床面直径50m以上、高さ30m以上）を構築するための技術開発を目的としている。また、ジオトピア構想は、深さによって地下(100m以内)と地底(100m以上)とに分けたうえで、開発の重点を地底に置き、地底の総合的な開発を目指し、そのための基礎的な科学研究と工学的技術開発を実施しようとするものである。このように、国の研究開発の取り組みは、地下

のより深い部分が対象となりつつある。

表一Ⅱ. 3. 3 地下空間、大深度地下空間利用に対する各省庁の取り組み²⁾

省 庁 名	プロジェクト、検討テーマ等
建 設 省	<ul style="list-style-type: none">・政策企画推進会議「地下利用部会」主宰・総合技術開発プロジェクト「地下空間の利用技術の開発」のテーマで昭和62～平成3年度の5カ年にわたって研究・大深度地下利用の法制化を担当・道路地下空間利用の研究・都市地下空間利用の研究
運 輸 省	<ul style="list-style-type: none">・大深度地下鉄道構想
厚 生 省	<ul style="list-style-type: none">・大深度水道管路構想
通 産 省	<ul style="list-style-type: none">・大深度地下利用の法制化を担当・ジオ・ドーム構想
郵 政 省	<ul style="list-style-type: none">・大深度地下通信網構想
科学技術庁	<ul style="list-style-type: none">・ジオトピア（地底総合開発構想）
農林水産省	<ul style="list-style-type: none">・大深度地下利用の法制化を担当
消 防 庁	<ul style="list-style-type: none">・大深度地下利用の安全問題及び法制化を担当
環 境 庁	<ul style="list-style-type: none">・地下空間開発に伴う地盤管理

3. 2. 5 地下空間利用に関する技術

地下空間を利用するためには、①調査、②設計、③施工、④環境対策、⑤防災、環境制御等の技術が必要である。ここでは、特に、大深度の地下空間を利用するため今後必要とされる主な技術的課題を示す。

表一Ⅱ. 3. 4は都市内深部地下利用のための主な技術開発課題を示したものである。この技術開発課題は、次のような我が国の都市部特有の条件を考慮したものである。⁴⁾

①都市部の地山条件は、地域、深度等によって異なるが、沖積層、洪積層の砂、砂礫、

粘土あるいは泥岩、砂岩（未固結層を含む）が主体である。

②地下水位は高いのが一般的である。

③地上には多くの建物、道路、鉄道等の施設があり、地中にも各種の既設構造物がある。

都市部以外の地域の大深度の地下空間利用を考える際には、上記条件のうち、①の地山条件は、国内においてあまり条件の良い方ではないので、地山条件として、もっと良い条件のところを選択することも可能であると思われるし、また、③のように考慮する必要性が少なくなるものもある。

地下水位が高い陸上部の地下や海底トンネルのように常に上部に海水があるような海底下においては、地質によっては建設中に多量の出水が予想され、掘削が不可能となる場合や安全上問題となるため、このような場所に地下構造物を設置する際は、表に示した技術開発課題の中でも、特に、地下水に関するもの（止水等）は重要課題である。

本表に示した技術開発課題は、従来の地下構造物と同じように、品質の良い構造物をいかに低コストで安全に建設するか、また、使用中はその施設の目的を満足することは当然のことながら、特に、安全性の高い構造、設備とするか等に主要点が置かれ考えられている。これらの点は地層処分における構造物にも共通であるが、これ以外に、この施設に求められる性能に関する課題を付加する必要がある。

地層処分は、空間的に高レベル放射性廃棄物を人間の生活圏から安全に隔離すること、かつ、時間的にも人間の生活環境の超長期的な安全性を確保することが求められている。そのため、その施設には従来の構造物にはない技術開発課題もある。一例をあげれば、施設を閉鎖するという段階が考えられている点である。このため、地下の坑道等の閉鎖をどのような材料、機械、工法で行うか、また、確実に閉鎖されたかどうかその確認方法等、特別に検討しなければならない課題もある。

また、施設に使用する材料についても、開発課題となりうる。つまり、処分施設の立地場所における地下水の水質（海水であるのか、海水と濃度、成分の異なる塩水であるのか、または淡水かなど）、また、それが対象となる区域全体で一様なのか、または部分部分で異なるのか、これらは調査を行ってみなければ分からないが、こういった条件によって影響をうける施設の土木材料の長期的な耐久性、透水性等についても十分考慮する必要がある。

表一II. 3. 4 都市内深部地下利用のための主な技術開発課題⁴⁾

開発項目		開発内容	備考
地盤調査技術	地層構成の把握技術	広域的な地層構成を把握するための反射法、弾性探査等の手法を用いた探査システムの開発	都市内における調査上の制約条件（立地、ノイズ等）の克服
	地下水構造及び挙動の把握技術	広域的な地下水の分布及び流れの調査方法の開発	特定の狭い地域を対象とした地下水分布の把握
	サンプリングによらない広域地盤物性の把握	地盤定数を簡便に把握するための新しいサウンディング技術等の開発	センサー技術の開発と応用による検討
	既設の埋設構造物や空洞等の探査技術	電磁波レーダー探査等の手法を用いた探査システムの検討	実用深度は2～3m程度 土質により数10m程度まで探査できる
	データベース化の推進	地盤、地下埋設等に関する地中情報および地中地図等の整備	
設計技術	深部地下構造物の作用荷重及び設計方法	NATM、シールドトンネルにおける設計土圧、水圧の解明及び設計法の確立	NATMとシールドにおける設計土圧の考え方の整合
		深部土留め、立坑に作用する荷重及び設計法の確立	作用荷重及び地盤反力係数
	地中交差部、分岐部、拡大部の設計方法	解析方法等の設計法の開発	地盤の数値解析の信頼性が低い 観測施工が不可欠である
	耐震設計法の開発	構造物の地震時挙動及び構造物と地盤の動的相互作用の解明	鉛直に深い構造物、複雑に連なる構造物等
施工技術	NATM	高圧、多量の地下水を事前に処理する技術	特に、大深度、高水圧下でも止水効果の高い注入技術の開発
	ATM	周辺地山の安定化技術	コンクリート吹付け技術、ベルト式型枠を用いた覆工方法(NTL)等の改良、開発
	CTM	切羽前方の地盤調査技術	高感度センサー技術等による調査技術の開発
	機械化施工技術	機械化施工技術の開発	掘削、ずり搬出、支保の高速化、省力化、自動化技術の開発
	超大断面シールド技術	超大断面シールド技術	道路、河川等の超大断面シールドの開発
	特殊断面シールド技術	特殊断面シールド技術	用途に適合した変断面シールド、分岐接合技術の開発
	高水圧に対する遮水工法	高水圧に対する遮水工法	テールシール、セグメントシール材の開発、排土機構の開発 耐水圧性能はシールドで10kgf/cm ² 、セグメントシールで5kgf/cm ²
	切羽前方の地盤調査技術	切羽前方の地盤調査技術	高感度センサー技術等による調査技術の開発
	長距離掘削技術	長距離掘削技術	カッタービットの耐摩耗性、地中交換技術、シールドの耐久性等の改良、開発
	省力化、自動化技術	省力化、自動化技術	掘削、ずり出し、覆工作業の省力化、自動化技術の開発
開削・立坑	施工管理技術	施工管理技術	大深度の開削、立坑における合理的施工管理技術の開発
	機械化施工技術	機械化施工技術	地下連続壁工法等における水中掘削、水中コンクリートの打設等の技術開発 大深度(100～150m)連続地中壁の水中施工技術
	縦型シールド等による立坑建設技術の開発	縦型シールド等による立坑建設技術の開発	
環境対策技術	地盤変形防止技術	地盤変形防止技術	地下構造物の建設に伴う地盤変形による近接構造物への影響予測技術及び変形防止技術の開発 地盤の数値解析技術の信頼性が低い 観測施工が不可欠である
	地下水保全技術	地下水保全技術	地下水の挙動予測技術及び対策技術の開発 地下水の流向、流速計等の精度が低い 地下水をリチャージする技術
防災・環境制御技術	地下空間の防災技術の開発	地下空間の防災技術の開発	火災時の煙制御技術及び避難誘導システムの開発 地震、浸水等に対する防災システムの開発
	地下空間の環境制御技術の開発	地下空間の環境制御技術の開発	道路、鉄道トンネル、地下河川等における換気制御技術の開発
	地下空間の照明、採光技術	地下空間の照明、採光技術	

3. 2. 6 地下空間利用の今後の方向性

地下空間利用の今後の方向性を把握するためには、在来の地下施設が、どういう要因でもって地下化されたかということや社会的背景、および最近の地下空間利用にどのような傾向が見られるかという点を明確にすれば良いと考える。

(1) 施設の地下化の判断要因

建設省総合開発プロジェクト「地下空間の利用技術の開発—研究のアウトライン」では、施設をなぜ地下に設置したかという理由とその施設がどのような地下特性を利用しているかを取りまとめて表—II.3.5⁵⁾ のように示している。ここでは、施設の地下化の理由を用地難、輻湊化回避、景観向上、自然的特性、防災の5項目、また、地下の特性として、恒温性、恒湿性、断熱性、遮光性、遮音性、気密性、隔離性の7項目に対してまとめている。

この資料を含めいくつかの資料を参考にし、施設を地下に設置するかどうかを判断をする際に、考慮される主な要因をまとめたものを示すと以下のとおりである。

- ①経済性
- ②景観保全あるいは環境上
- ③地下の諸特性（恒温性、隔離性等）を有効に活用できる
- ④その施設を地下に移設することによって、地上の過密を緩和できる
- ⑤安全上（自然現象、災害の影響を受けにくい等地下にあった方が安全である）
- ⑥その他の地下有利性（用地難、スペースの制約がない等）

従来は、これらの要因の中でも「経済性」に対して、特に重きが置かれていたが、最近の傾向では、「経済性」以外の要因に力点が置かれ、地下空間利用が行われるケースが多くなってきている。

表一Ⅱ. 3. 5 地下空間利用施設の地下化の理由と地下特性⁵⁾

名 称	対 象	地 下 化 の 理 由					利 用 地 下 特 性					
		用 地 難	輻 漢 化 回 避	景 觀 向 上	自 然 的 特 性	防 災	恒 温 性	恒 湿 性	斷 热 性	遮 光 性	遮 音 性	氣 密 性
業務施設	地 下 街	○										
	地 下 駐 車 場	○								○	○	
道路施設	道 路	○	○							○	○	
鉄道施設	鐵道（駅含む）	○	○							○	○	
	地下鉄（駅含む）	○	○							○	○	
河川施設	地 下 河 川	○										
	地 下 調 整 池	○										○
供給処理 通信施設	電 力 施 設			○			○	○				○
	通 信 施 設			○								○
	共 同 溝			○			○	○				○
	上 水 道			○				○				○
	下 水 道 (処理場合含む)	○		○	○							○
生 産 貯蔵施設	地 下 発 電 所				○							○
	地 下 変 電 所	○										○
	エ ネ ル ギ 一 貯 藏				○	○	○	○	○	○	○	○
	食 料 貯 藏				○		○	○	○	○	○	
	特 殊 工 場	○			○		○	○	○			○
地 下 水 貯蔵施設	地 下 ダ ム				○							○
居住施設	居 室	○					○	○	○			
変換施設	汚 水 处 理 場	○										○
	ゴ ミ 处 理 場	○										○

(2) 大深度地下利用の社会的背景

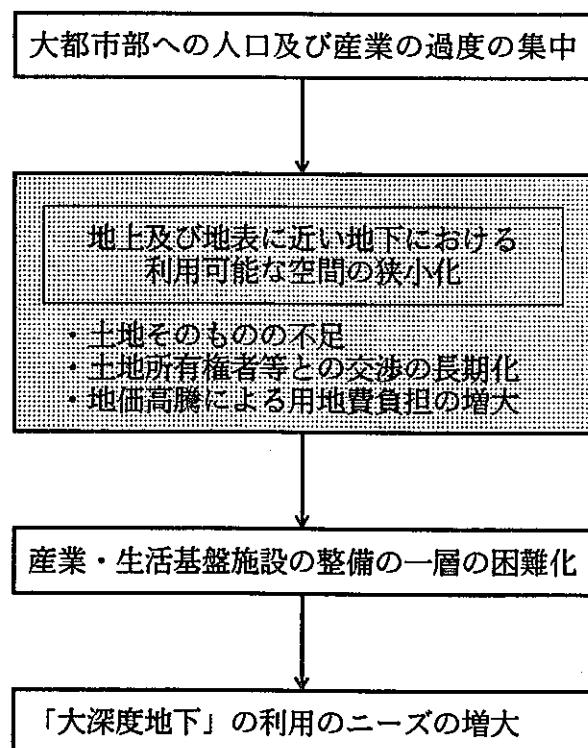
近年、首都圏などの大都市において、大深度地下を利用する構想が示されるようになってきている。

建設白書⁶⁾によれば、

「大深度地下とは、大都市地域の地下のうち、地下室その他これに類する地下の工作物が通常存する地表からの深さより下であり、かつ、建築物その他の通常工作物を支持することのできる良好な地盤面より下の地表をいう。」

と定義されている。

一律に地下何mから大深度というように定義づけることは難しいが、東京都内における地下利用の実績から判断すると、通常の場合、地下50m前後が大深度地下の境界線になるといわれている。現在、この定義には「大都市地域の地下のうち」という条件がついているが、これが将来その他の地域にどの程度展開されるかは不明である。しかし、なぜ大深度地下が利用されるようになってきたか、その社会的背景をみれば、その他の地域への展開の可能性は十分考えられる。（図一II.3.2）



図一II. 3. 2 大深度地下利用の社会的背景⁷⁾

(3) 地下空間利用の今後の方向性

地下空間は、今後の経済社会の新たな発展基盤となる国土建設を展開する上で、貴重な空間資源として位置づけられている。また、現在でも景観や環境の保全、地上の過密の緩和といった社会的ニーズが有るが、これから、ますますこれらのニーズが重視されると思われる。このようなことから、今後、各種施設が地下に設置される傾向が強まると予想される。

この際、目的とする施設を単に地下化するするということではなく、総合的・複合的な地下の利用も合わせて、全体的な土地利用の中で、地下空間利用を考えていく必要がある。また、人間環境と地下空間のかかわり、地上と地下空間との融合的・一体的利用を考えることも重要である。

以上のような観点に基づく枠の中で、さらに地下空間利用の今後の方向性の一つとして、地表から地下深くへと鉛直方向に延ばしていく利用が考えられる。その理由として、図一Ⅱ.3.2のハッチ部に示した要因が今後とも続くと思われ、この要因が解消しない限り都市部における利用深度は、ますます深くなる傾向は続くと考えられる。

また、我が国のいくつかの省庁においては、表一Ⅱ.3.3に示す様に、大深度地下空間利用に関する構想およびそれらの実現にむけての検討や技術開発が行なわれている。

一方、表一Ⅱ.3.2に示される現在構想中のエネルギー関連の圧縮空気貯蔵や超伝導電力貯蔵などの施設は、圧縮空気の高圧に耐えるためや電磁力を支持するために強度のある硬い岩盤が条件として必要であり、それを満足するための場所は、深度が従来の他の施設と比較してかなり深い位置となる。今後、より深い地下空間を利用していくという動きが、これら資料からも読み取ることができる。また、地下の持つ利点（地下の諸特性等）を有效地に活用した地下施設の設置も増加する傾向があると考えられる。

以上をまとめると、今後の地下空間利用に当たっては、

- ①秩序ある計画的利用
- ②合理化された高度利用・開発（立体化、多重利用、再開発等）
および地下空間のシステム化
- ③地下特性の発展的利用
- ④経済性と利用技術の開発

⑤社会的および人間工学的視点

⑥法制度面の確立

⑦地下情報の整備とデータ化

⑧防災、安全性と環境への配慮

などの諸点に留意して、開発・利用を進めていく姿勢が望まれる。¹⁾

また、施設の地下化の判断要因を前述したが、施設の地下化を考える時、これらは現在必ずしも十分に定量化されて判断されているとはいえない。今後、従来にも増して様々な施設が地下に設置されると思われるが、地下空間を利用する際は、社会面、経済面、機能面、安全面、技術面、環境面、人間の心理面等いろいろな方向から地下化のメリット、デメリットを定量化して総合的な評価を下すことが必要となる。

3. 3 海洋開発（海洋空間利用）

3. 3. 1 はじめに

ここでは、海洋開発、特に海洋空間利用に焦点を当て、その現在までの利用状況、および今後の方向性を示し、沿岸海底下地層処分コンセプトとの関連を少しでも明らか出来ればという目的で検討を行った。以下にどのような事項について検討を行ったか簡単に示した。

最初に、現在いわれている海洋開発とはどういうものかを明らかにした。続いて海洋空間利用の歴史的変遷では、どのような観点でもって海洋空間が利用されてきたかということを示した。

海洋空間利用の現状においては、我が国の周囲の海洋空間は大きな広がりを有していることを示したが、その大部分が海象条件が厳しいため利用されておらず、主に利用されているのは、利用がし易い静穏な湾域や内海を中心であることを示した。また、国における取り組みにおいては、廃棄物処理の場として位置づけがあり、無公害の一般廃棄物や産業廃棄物の海面埋立処分等に利用されること、また、海域の地下空間の利用形態としては、海底トンネル以外にはほとんど無いことを示した。

次に、海洋空間利用をする際それを実現するための技術もまた重要であるが、ここでは海洋構造物を構築するための技術に大きく影響を与える海洋環境条件について示した。

最後に、海洋空間利用の今後の方向性を示すために、明治時代以降の主要な海洋構造物の建設の推移、西暦2000年における海洋空間の利用需要、プロジェクトの社会的背景の面から検討を行うとともに、今後の海洋空間利用を進める上で重要な視点を述べた。

3. 3. 2 海洋開発とは

現在いわれている海洋開発とは、どのようなことをいうのであろうか。文献8によれば、次のように示されている。

「今までよく利用されていた海岸沿いの陸地と、海岸前面の水深20m程度までの比較

的浅い海域から、沖合の水深200m～300mの大陸棚に向けての深い海域の利用や、コバルトやマンガン塊採取のように、さらに沖合の水深数千mにおよぶ深海まで広い範囲で海の利用を促進することを指している。」

つまり、従来から利用してきた海岸に面した陸地も含めて、沖合の水深数千mにおよぶ広範囲な海の空間、資源、エネルギー等の利用を図ることを意味している。

3. 3. 3 海洋空間利用の歴史的変遷^{①)}

人類は数千年間にわたって魚介類を採取するための場、および、人や物資を運搬するための場として海洋を利用している。この過程の中で船に関する技術の進歩は著しいものがあり、また、漁業や交易を容易にするために港湾の構築が行われてきた。これらの海洋利用は、海そのものの特性を直接的に利用しようとする観念に基づくものであった。

近代にいたるまで、この利用形態は変化なく推移してきたが、18世紀の産業革命以後、経済性の重視の傾向が生まれ、投資効果や利便性という観念でもって、海あるいは沿岸を積極的に利用しようとする方向へと変化していった。

文献9によれば、近代における社会と海洋空間の係わり方を、歴史的に「第1次海洋空間利用」、「第2次海洋空間利用」に分け、さらに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」という用語を使用し示している。これらの用語について、文献中の説明を抜粋し、以下に示した。

「第1次海洋空間利用」とは、産業革命以後、港湾の持つ重要性が飛躍的に高まり、倉庫や加工場をはじめとして、様々な機能が複合化して、いわゆる港町を形成してきたような、海洋空間の利用のあり方を指している。これは、流通、交易空間としての海洋とそのネットワークの玄関としての港湾の利用であり、その後、港湾部の埋立てへと続く利用のパターンである。

第1次世界大戦後、先進国は重工業化を推進するため、基幹となるエネルギーを石油や石炭に求め、その開発を盛んにおこなった。やがて第2次世界大戦後、資源開発の場は陸のみならず海へと展開していった。

「第2次海洋空間利用」とは、エネルギー源、特に石油を求めて陸から、海洋へと進出

したパターンを指している。つまり、海洋に賦存する資源を採取するという利用である。

その後、我々人類は、世界人口の増加およびそれに伴う食料の供給不足、また、エネルギー源を始めとする資源の枯渇等の危機感を持つようになってきている。この危機を解決する一つの道として、地球表面の約70%を構成する海洋の開発利用がある。最新の科学技術を結集すれば、これの開発利用は可能であると考えられ、この意味からも、海洋がいかに重要であり、まさに人類存亡に係る残された資源の空間となる。これこそが、「第三次海洋空間利用」といわれるものである。

この「第三次海洋空間利用」とは、単純な海を媒体とする原始的海洋空間利用、陸の代替としての第一次海洋空間利用や海に賦存する資源を採取するという第二次海洋空間利用とは、異なるもので、空間の存在そのものが資源であるという捉え方であり、新しい世代のために海洋空間利用の秩序を創造し活用することを意味する。

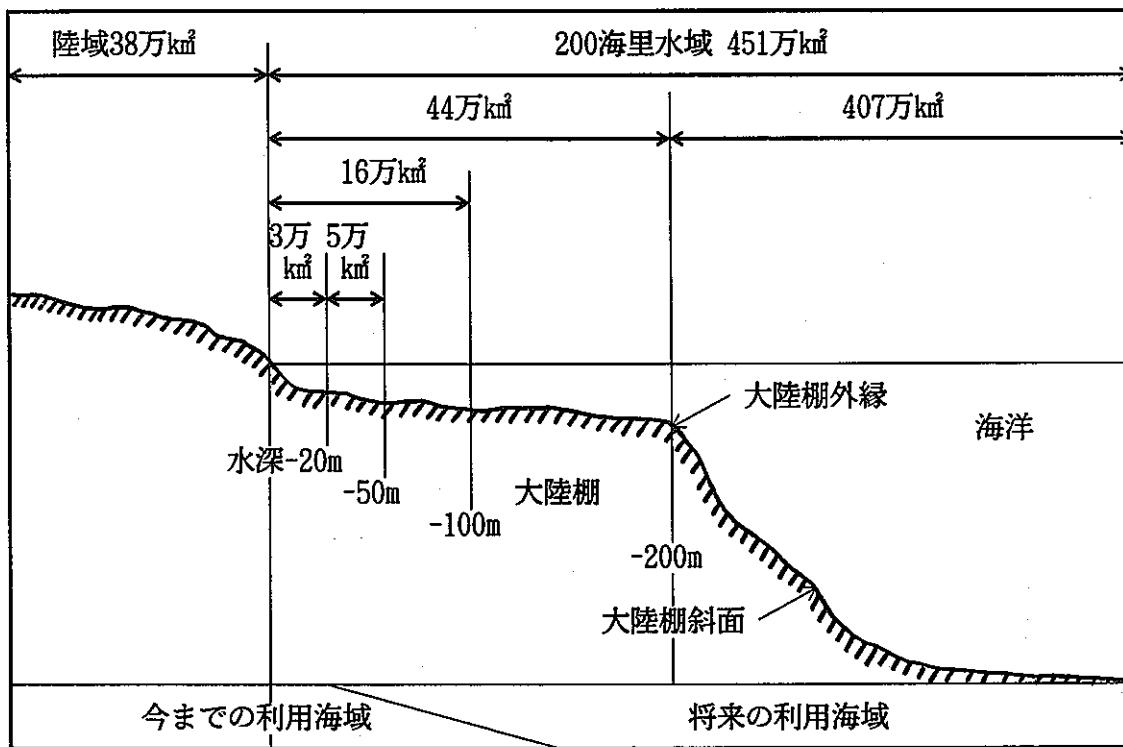
この資源と捉えている海洋空間は、海上・海中・海底（海底下も含む）から構成される三次元的な広がりを有している。

このように「空間」を有限な「資源」と位置づけ利用を図ることは、地下空間と同様、比較的新しい考え方である。

3. 3. 4 海洋空間利用の現状

(1) 海洋空間の広がり

我が国の海洋の広がりを平面的に見れば、領海12海里海域は国土面積（約38万km²）にはほぼ匹敵する約37万km²におよび、さらに200海里水域は国土の12倍の約451万km²におよんでいる。（図-II.3.3）また、これら平面全体に対して、鉛直方向にも、海面上、海中、海底（海底下を含む）という広がりを有している。したがって、このように大きな広がりをもった海洋空間を有効に利用することができれば、そのポテンシャルは極めて大きいものがある。



資料：海洋空間の高度利用に関する調査（科学技術庁）^{⑨)}

図一Ⅱ. 3. 3 水深別海域面積概念図 ^{⑨), ⑩)}

(2) 我が国の沿岸海域の利用状況

我が国の沿岸海域のうち水深50m以内の浅海域の面積は、図一Ⅱ. 3. 3に示すとおり、約8万km²であり、その約80%は未利用である。さらにこの中の約70%は開発適地として有望であるが有効利用されていない。その理由は、この海域の多くが外洋に面しており、海象条件が厳しいためである。

また、沿岸海域は岩礁海域と砂浜海域とに大別される。このうち、砂浜海域は我が国沿岸域の約35%を占めている。この海域は、波浪、漂砂現象が激しく、更に生物の安定した再生産機構を妨げる拡散系流動現象が激しいことにより、従来から海洋空間利用の観点から取り残されてきている。^{⑩)}

ところで、海洋空間を利用していく上で、海洋の実態を把握するための調査技術や施設などの構造物を建造するための建設技術が必要であるが、これらは水深が深くなるほど、また沿岸から離れるほど高度になり、そのためコストも増大する。従って、現在最も利用しやすい、かつ、利用可能な海域は、水深が比較的浅く、波浪等の海象条件が緩い沿岸に

近い海域である。そして、これらの条件を満たすのは、特に湾域や内海であると考えられる。

実際、東京、大阪、名古屋という大都市が臨海部に控える東京湾、大阪湾、伊勢湾の三大内湾や内海である瀬戸内海においては、その沿岸域に関するプロジェクトが多数展開され、沿岸域の再開発の推進が図られている。

(3) 国の取り組み¹¹⁾

我が国の海洋開発に関しては、昭和53年2月、海洋開発審議会に対し内閣総理大臣から「長期展望にたつ海洋開発の基本的構想及び推進方策について」の諮問が出され、昭和54年8月に諮問の前半部である「長期展望にたつ海洋開発の基本的構想について」の第1次答申が行われた。同答申においては、まず社会・経済の発展動向を踏まえて西暦2000年における社会の展望を描き、同社会における海洋開発の望ましい役割が示されている。次に、その役割を実現するためには、2000年に期待される姿と答申時の現状との中間点に目標を設定することが適当であると考え、1990年における海洋開発の目標が設定された。

続いて、昭和55年1月に諮問の後半部である「長期展望にたつ海洋開発の推進方策について」の2次答申が行われた。この答申では、第1次答申に示された1990年の目標を達成するための推進方策がとりまとめられた。これら答申に基づき、昭和54年度から58年度までは海洋科学技術開発推進連絡会議が、毎年度、「海洋科学技術開発推進計画」を取りまとめてきた。その後、海洋科学技術のみならず海洋開発事業を含めた海洋開発全般の推進を関係省庁のより緊密な連携の下に進めていく必要が強く認識され、昭和59年度からは、海洋開発関係省庁連絡会議が、「海洋開発推進計画」を毎年度見直しを行いながら作成していくことになり、現在これに基づき我が国の海洋開発は推進されている。

ここで、我が国の海洋開発の基本となっている昭和54年の第1次答申の主要点を示すと表-II.3.6の通りである。それによれば、海洋空間の利用目的の区分として、次の6つの場が取り上げられている。

- ①日常生活の場
- ②工業生産の場
- ③貯蔵の場

④レクリエーションの場

⑤交通・輸送の場

⑥廃棄物処理の場

この中で、特に、「廃棄物処理の場」に関して説明を加えると、答申によれば、「沿岸都市の生活ゴミを含む最終処理については、陸上での処理が困難な大都市地域等においては、環境保全に配慮するとともに、処理費のコストアップの負担問題等を適切に解決した上で、海面埋立処分、海上処理プラント等によって対処すべきである」と述べられている。ここにははっきり表現されていないが、この廃棄物処理の場には、下水道終末処理場もふくまれている。また、対象となる廃棄物の種類は、無公害の一般廃棄物・産業廃棄物であり、放射性廃棄物は含まれていない。現在、首都圏や近畿圏などの大都市圏においては、一般廃棄物や産業廃棄物を内陸部で処分しきれないため、海面埋立に頼らざるを得なくなっている。海洋空間も有限な資源であることを考えれば、将来的には、その用地は不足することは明らかである。

また、「海洋開発推進計画」¹¹⁾によれば、海洋空間利用調査研究の課題に、放射性廃棄物の処分に関するものが1件ある。具体的には「放射性固体廃棄物の海洋処分に関する調査研究」という課題であるが、これは、放射能レベルの低い廃棄物を安全に処理した上で、これを深海底に処分（投棄）するための調査研究であり、昭和47年に開始され現在も継続されている。調査内容としては、①投棄候補海域放射能調査、②深層流観測、③中深層における鉛直拡散観測、④海産生物放射能調査、⑤深海底探査技術開発、⑥中規模渦観測が挙げられている。

なお、昭和37年4月11日の原子力委員会廃棄物処理専門部会中間報告によれば、高レベル放射廃棄物の最終処分方式として、安全性が確認されるまで行うべきでないという条件付きであるが、容器に入れて深海に投棄することが考えられていた。しかし、その後、国内外の海洋環境問題に関する意識の向上やロンドンダンピング条約（廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約）を日本が批准した経緯等もあるためか、現在、我が国の海洋開発の取り組みの中には、高レベル放射性廃棄物の処分は含まれていない。

表一II. 3. 6 第1次答申の主要点¹¹⁾

(1) 海洋開発利用分野

項目	現 状	1990年	2000年	
海洋生物資源	総需用量 水域別供給量 我が国200海里水域 公海域 外国200海里水域 純輸入量	約1,000万トン 約 600万トン 約 40万トン 約 350万トン 約 10万トン	1,200～1,400万トン 850～1,050万トン 50万トン 200万トン 100万トン	1,300～1,600万トン 900～1,200万トン 100万トン 200万トン 100万トン
海水・海底資源	海水溶存ウラン回収 海底石炭 石油・天然ガス マンガン団塊 海砂利・砂	実験室規模 52年度生産 971万トン (全生産量52.3%) 53年度生産約 530万㎘ (石油換算) 試験採取成功 実用化(西日本では砂の80%が海砂)	1990年代に実用化プラントによる生産開始 現状生産量 1,000万トン/年の維持大幅に増加させる 工業的採取600万トン/年 (我が国ニッケル消費の28%供給) 陸上骨材資源の枯渇により一層期待される	実用化 現状生産量 1,000万トン/年の維持大幅に増加させる 1,300万トン/年の採取 (我が国ニッケル消費の40%供給) 陸上骨材資源の枯渇により一層期待される
海洋エネルギー	波エネルギー 温度差エネルギー 海流エネルギー 海水濃度エネルギー 潮汐・潮波エネルギー	1,250kW 海上実験 実験室規模試験 黒潮の発電適地調査 }	合計出力 3万kW級の波力発電装置開発 1990年代前半に25万kW級の実用化 1,000～5,000kW規模 発電装置 地道な研究の継続	本格的な波力発電 相当規模での発電プラントの実現 実用化の可能性 地道な研究の継続
海洋空間	日常生活の場 埋立による臨海都市 埋立による工業生産の場 海上プラント 貯蔵の場 レクリエーションの場 海水浴場 ボーティングエリア マリーナ レクリエーション基地 交通・輸送の場 漁港 港湾 航路 海上空港 廃棄物処理の場 埋立による処理・港湾 造成分 下水道終末処理	利用されていない 昭和52年度まで 約 8,200ヘクタール 昭和50年度まで 約 38,000ヘクタール コンクリート船で実用化 タンカーによる石油の遊弋備蓄 } 28,000ヘクタール — 195,000ヘクタール 662,000ヘクタール 20,000ヘクタール 長崎空港 3,200ヘクタール 480ヘクタール	利用されていない 約29,000ヘクタール 約61,000ヘクタール 石油備蓄増分のかなりの分を海岸備蓄に期待 3,500ヘクタール 179,000ヘクタール 1,200ヘクタール — 34万ヘクタール 120万ヘクタール — 関西空港 6,000ヘクタール 1,700ヘクタール	更に長期的な目標として海上都市構想 約41,000ヘクタール 約74,000ヘクタール 発電・淡水化・廃棄物処理 ・骨材生産等 石油の他石炭・淡水・農作物・海砂利等 10,200ヘクタール 266,000ヘクタール 1,700ヘクタール 約1,000ヘクタールのもの10ヶ所 47万ヘクタール 180万ヘクタール 5万4千ヘクタール 関西空港規模のもの4ヶ所 11,500ヘクタール 2,500ヘクタール

(2) 基礎・共通分野(1990年までの目標)

海域総合利用	東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等既に過密が生じている海域について、海域利用の過密、競合等の調整、総合的な利用計画の策定、共存技術の開発等総合利用方策の確立および推進
海洋環境保全	沿岸海域は、汚染の急激な進行をみていなかった1950年以前の水質に復旧。遠洋海域は、現在以上の悪化の防止
海洋調査研究	海洋底の構造、海洋現象とその変動等基礎的な調査研究、海象予報、海洋安全等のための調査研究の推進、総合調査システムの開発、データの標準化提供システムの確立等
共通技術開発	計測・情報処理・通信システム技術、潜水技術、測位・自動位置保持技術、海中動力源技術、材料・防食・加工技術等の共通技術開発の推進
基礎設備	1980年代初めを目途に、長期的総合開発計画の策定、重要なプロジェクトの決定とその推進等を統一かつ恒常に推進する体制の確立。基本法制の整備
国際問題	新海洋秩序の早期安定。国際機関、開発途上国との総合的な協力体制の確立

表-II. 3. 7 海洋空間利用の用途・形態の分類³⁾

- 工業用立地関係 主として、水産加工・食料品、鉄鋼・金属機械、木材、窯業・土石製造業、先端産業等
- エネルギー関連立地 石油・石炭・LNG火力発電所、原子力・波力・温度差発電所、石油・LNG備蓄中継基地等
- 漁業関係 漁礁設置、囲い礁、導流礁、増養殖場、栽培漁業、漁港と関連施設、海洋センター、技術センター、研修施設、漁民センター、餌料保管施設等
- 海洋レクリエーション・リゾート関係 海水浴場、サーフィン、ウィンドサーフィン、ローボート、マリーナ、ヨットハーバー、プレジャーボート基地、魚釣り、公園、観光地曳網、人工海浜、海中公園、水中展望台、水族館、水中見学船、海上遊覧船、ビーチハウス、シーフードレストラン、キャンプ場、ホテル、国民宿舎等
- 都市開発関係 緑地、公園、自然遊歩道、展望園地、レストハウス、乗馬施設、テニスコート、野球場、野鳥園、見本市会場、多目的ホール、博物館、商業・業務・住宅用地、再開発用地、下水処理施設、海水淡水化施設等
- 交通・輸送施設関係 港湾関係施設、海底トンネル、海上橋、空港ヘリポート、道路・駐車場等
- 廃棄物関係 生活・産業廃棄物処理用地等
- その他の研究所等

(4) 海洋空間利用の現状

海洋空間利用の歴史的変遷の項でも述べたが、従来、海洋の利用は漁業、海運等の伝統的な分野に限られてきた。しかし、経済社会が多様化、活発化するに従って、表一Ⅱ.3.7に示すように様々な用途、形態で利用がなされるようになってきている。

沿岸海底下地層処分コンセプトにおいては、沿岸海域の地下空間を、高レベル放射性廃棄物の処分場として利用することを考えているが、本表において海域の地下空間が利用されている形態は、海底トンネルだけである。このように、海洋空間利用の用途、形態から見ると、現時点では、海域の地下空間を利用した海洋開発は、ほとんど無いことが分かる。

3. 3. 5 海洋空間利用技術に影響を与える海洋環境条件

海洋空間の開発を行う際には、地下空間利用のところでも示したように、調査、設計、施工、環境対策、防災、環境制御などの技術が必要であるが、それらは、海洋における環境条件に大きく影響される。その環境条件は陸地におけるものとは異なり、開発に際して大きな制約となるものがある。陸地と関連が深い沿岸域は、場所によっては河川の影響や都市施設や産業活動等の影響を強く受けている所も局所的にはあるが、海洋空間利用に影響を与える主な海洋環境条件は表一Ⅱ.3.8に示す通りである。

表一Ⅱ. 3. 8 海洋空間利用に影響を与える海洋環境条件 ^{⑨)}

海 象	波浪、潮位、流況、漂砂、水質、水温、塩分
気 象	気温、風、雨、霧、雪、日照
地 象	海底地形、海底地質、海浜形状
その他の	水圧、生物付着、水深

ところで、ここに示した海洋環境条件は、主に海底より上部の空間に建設される構造物

を対象としたものと考えられる。ここで、海底下に構造物を設置する場合を考えると、海上から海中を通したアクセスを考える場合は、特に海上・海中のアクセス部について、上記の条件はそのまま考慮する必要がある。一方、海底トンネルなどをを利用して陸上からアクセスする場合は、海象や気象条件の影響はほとんど受けないとと思われ、地象条件の海底地質、海浜形状やその他の項の水圧などの影響を考慮する程度で良いと考えられる。このように、地上から海底トンネルを利用して海底下に構造物を建設する際に、影響を受ける海洋環境条件は、海底より上部空間を利用する多くの海洋構造物の場合と比較して非常に少ない。

3. 3. 6 海洋空間利用の今後の方向性

(1) 我が国の海洋開発の海洋構造物による推移

表—I. 3. 9は、明治時代から昭和60年過ぎまでの我が国代表的な海洋構造物の年代別建築件数を示したものである。これによれば、我が国海洋開発がどのような傾向で推移してきたかが分かり、今後の傾向もある程度見えてくると思われる。以下に、推移の傾向を示した。

- ① 我が国の海洋開発の特徴は、臨海部の埋立てによる土地造成が主流といえる。特に、明治時代から昭和20年ころまでは、埋立てが中心に行われている。また、戦後の復興とその後に続く経済発展においても、臨海工業地帯の開発を中心に、埋立てが盛んに行われた。なお、埋立、人工島の離岸距離も近年になるにつれて、沖合化している。文献9の用語を使用すれば、第1次海洋空間利用が主流であった。
- ② 埋立てによる陸域の拡大や人工島を除けば、代表的な海洋構造物のほとんどが、昭和30年代以降に建設されている。
- ③ 近年になるにしたがって、建設される施設の種類が多様化してきている。一例として、昭和40年代の後半から、国民生活の多様化により、海洋レクリエーションのニーズが起こり海洋展望塔や海釣公園も出現している。
- ④ 昭和50年代の後半から現在にかけては、本四連絡橋、関西国際空港、東京湾横断道

路のような大規模な海洋開発プロジェクトが進められつつある。

以上をまとめると、我が国の明治以降の海洋空間利用は、近年になるにしたがって、埋立・人工島が沖合化し、建設される施設も多様化している。また、最近では本格的な海洋開発プロジェクトが行われ大規模化している。このような傾向は今後も継続すると思われる。

表一II. 3. 9 我が国の海洋構造物の年代別建設件数⁸⁾

年 代		明治 33年～	昭和(年)					例
施設の種類			20	30	40	50	60	
人工島 埋 立	0.1Km 以内	7	3	6	4	1		羽田空港拡張
	0.1Km ~3.0Km	3	2	3	9	2		神戸ポートアイランド
	3.0Km 以上	1			1	1	1	関西国際空港
渡 海 橋				1	13	21	5	本四連絡橋
沈埋トンネル		1		2	12	2	2	多摩川沈埋トンネル
シーバース				12	45	13		出光苦小牧シーバース
パイプライン					15	16		東京湾パイプライン
海中展望塔					6	2		竜串海中展望塔
海釣公園					1	6		須磨海釣公園
海底石油掘削用 プラットホーム				2	3	2		阿賀沖海洋 プラットフォーム

(2) 西暦2000年における海洋空間の利用需要

表一II. 3. 10 は、我が国の沿岸海域の空間利用について、1978年6月以前の状況と西暦2000年における利用需要の期待値を利用目的別に示したものである。資料としては若干古いが、海洋空間が水深毎にかつ面積的にどういう利用状況であるか、また、今後どういう傾向がみられるかを示す良い資料であると思われるので掲載した。

この表から以下の事項が読み取れる。

- ① 1978年6月以前においては、水深20m以浅の全海域面積の約45%が利用されているが、それより深い部分の利用は非常に少なく、利用目的も漁業に限られている。
- ② 西暦2000年の空間利用は、1978年6月以前と比較して利用面積も大きく増加し、かつ、水深が深い場所も利用される傾向が見られる。また、利用目的も海上空港、沿岸都市、海上プラント等と拡大が予想されている。
- ③ 西暦2000年における各利用目的別の期待量を単純に加算すると、水深20m以浅の海域面積を100万ha程度超過する。したがって、何の対応もしなければ将来的に利用可能な海洋空間が、利用しやすい浅い海域から順に不足することが予想される。
- ④ 表中の(6)の廃棄物処理場には、一般廃棄物、産業廃棄物の最終処分場としての海面埋立て分と、下水道の終末処理場分が含まれる。西暦2000年の空間利用は、1978年6月以前の3.8倍になっているが、上記③でも記述したが、何らかの対策をうたなければ、将来的には不足することが予想される。

以上をまとめると、利用される海域面積は水深別の各水域とも増加し、浅い海域ほど先に利用が進む。また、何の対策も打たずに利用を進めれば、将来的には海洋空間は不足する可能性がある。

(3) 海洋プロジェクトの社会的背景

海洋プロジェクトが計画され、実施されるその社会的背景を検討することもまた、今後の海洋開発の方向性を把握するのに役立つ。

文献9によれば、「海洋プロジェクトとは、何らかの形で海洋資源の利用を主な内容とするものである」としている。ここで、海洋資源とは生物資源、海水・海底資源、海洋エネルギー資源、海洋空間資源の4つに大別し示している。参考にした元の表はこれらについて、それぞれその社会的背景を示しているが、ここでは、海洋空間資源に関するものについてのみ取りあげ、利用区分ごとにその社会的背景を表-II.3.11に示した。

本表によれば、何故その海洋プロジェクトが実施されたか、その主な社会的背景として、

- ①各施設の立地用地難
- ②環境問題
- ③エネルギーの安定供給

表一Ⅱ. 3. 10 我が国沿岸海域の利用目的別空間利用状況および西暦2000年の利用需要¹⁰⁾

(単位:万ha)

	1978年6月以前の空間利用状況				西暦2000年の空間利用需要			
	0 ↓ 20	20 ↓ 50	50 ↓ 100	100 ↓ 200	0 ↓ 20	20 ↓ 50	50 ↓ 100	100 ↓ 200
全 海 域 面 積	308.8	498.5	797.4	1443.6	308.8	498.5	797.4	1443.6
(1)沿岸漁業(増養殖)利用面積	54.1	22.2	21.5	5.6	173.0	342.1	407.6	402.1
(2)港湾水域	66.2	—	—	—	180			
(3)航路水域	1.99	—	—	—	5.4			
(4)海洋性レクリエーション	2.82	—	—	—	27.8			
(5)埋立地面積	11.9	—	—	—	18.8			
(6)廃棄物処理場	0.37	—	—	—	1.4			
(7)海上空港	—	—	—	—	0.4			
(8)その他	—	—	—	—	X			
計	137.4	22.2	21.5	5.6	406.8 +X	342.1	407.6	402.1
利 用 比 率 (%)	44.5	4.5	2.7	0.4	131.7 +X	68.6	51.1	27.9

注1) 参考文献10をもとに作成した。

注2) 利用比率=(計/水深区分毎の全海域面積)×100

本項目は筆者が追加した。

注3) 全海域面積のうち、水深100m以浅は建設省「沿岸開発計画基図」(1971年7月)、
水深100~200mは水産庁(1974年)調査による。注4) (1)は水産庁「都道府県沿岸漁業整備開発構想調査」(1974年)による。
(養殖場免許面積、増殖場及び人工礁漁場面積の合計)

注5) (2)~(5)は運輸省「海洋開発に関する長期展望」(1978年6月)による。

航路水域は指定航路のみ、海洋性レクリエーション水域には、海水浴場及びボーディングエリア
を含む。注6) (6)の空間利用状況欄は、運輸省資料(同上)による0.32万ha(東京湾、大阪湾)に、建設省資料
「沿岸海域スペース利用」(1978年6月)による下水道の終末処理場分480haを加算したもの。注7) (6)の西暦2000年の空間利用需要欄は、運輸省資料(同上)による1.15万haに、建設省資料(同上)
による下水道の終末処理場分0.25万haを加算したもの。

注8) (7)は新関西国際空港の推定規模0.11万haを4ヶ所想定。

注9) (8)は沿岸都市、海上プラント等による新規需要。

注10) 上記のほか、漁港、民間埋立、演習場、航路標識、海洋石油生産プラットフォーム等による海域
利用面積がある。

表一Ⅱ. 3. 11 海洋プロジェクトの社会的背景とその現状一覧表 ^①

区分		社会的背景	海洋プロジェクトの現状
海 洋 空 間 資 源	生産	発電所	①相次ぐ石油危機による石油価格の上昇、供給の不安 ②立地可能場所の制約
		工業	①経済発展至上としての工業開発 ②環境問題・漁業との競合等
	備蓄配分基地	①第一次石油危機	①石油備蓄 (タンカー備蓄、恒久タンク備蓄)
	交通	港湾	①海陸交通の接点としての必要性
		空港	①需要増大への対応 ②騒音等環境問題解消の必要性
	通信	鉄道・道路	①国土の総合開発 ②地域の活性化
		その他	①工業基地、発電所等の沖合化
	海上都市	①大都市における工業用地・都市用地取得難	①ポートアイランド、アカボス等 ②マリン・コミュニティ・ボルス構想等
	海洋レクリエーション	①国民の生活レベルの向上・自由時間の増大	①人工海浜(幕張の浜等) ②野鳥公園、魚釣施設
	廃棄物	①最終処分場確保の困難性	①フェニックス計画 (東京湾・大阪湾圏)
	防災	①海岸保全 ②広域防災	①釜石港等の大水深防波堤 ②横浜海上防災基地(仮称)

などが挙げられている。これらの背景は、地下空間利用における社会的背景に共通する点がある。

従来、我が国の海洋空間の利用は、経済発展や国民の生活レベルの向上をはかるため、陸上部、特に地上部の土地利用上入り切らない部分や受入れ難くなってきた機能を、処理する場として用いられてきている。これは、陸域における社会的ニーズから派生したものであり、その結果、海を陸化して利用することが行われてきた。今後も、この傾向はすぐには無くならないと思われるが、こういった利用は出来るだけ少なくしていくべきである。そして、今後は次項で示す「第3次海洋空間利用」の六つの視点に基づき利用の検討を行う必要があると考える。

(4) 今後の海洋空間利用のあり方

貴重な空間資源と位置づけられている海洋空間を利用する際には、従来の海洋空間の利用より広い視点をもって、検討することが重要である。前記した「第3次海洋空間利用」は、今後の我が国の海洋空間利用のあり方を示すものと考えられる。以下に文献9において、第3次海洋空間利用計画を進める上で、重要な要素として挙げられている六つの視点（総合性、社会性、継続性、国際性、普遍性、文化性）について、文献の説明をそのまま記載した。

- ①総合性：第1次、第2次海洋空間利用は、海洋空間の資質のある一部を限定的に利用しているにすぎない。第3次海洋空間利用は機能的にも様々な形での複合利用が予想され、空間的にも海上と陸上や、海上・海中の一体的利用等、総合的に海洋空間を利用することが予想される。
- ②社会性：第3次海洋空間利用は、社会のダイナミックな動きに対応して、しかも海洋の多様な資質を活用して行われるものと考えられる。そこで、海洋空間を社会システムの中に位置付け、海洋の賦存資源の開発ばかりか、新たに発生する空間利用の要請に対応する社会・経済側面からの受入れ体制も考慮しなければならない。
- ③継続性：空間利用が長期化することが多いので、時間軸を明確にしてプログラムを設定することが必要であり、また、空間利用の成長や新陳代謝の要素も組み込ん

だ計画とする。

④国際性：第3次海洋空間利用における国際性の重要さの一つは、海洋空間利用の計画立案、実施、運営等のプロセスにおいて、国際間の協力やコンセンサスの形成が求められる点である。もう一点は、海洋空間利用のアウトプットとして出てくるものは、海洋空間の連続性、公共性等から、国際的な性格をもった施設が多く予想されることである。

⑤普遍性：今までの海洋空間利用が、特定の専門家や技術者のみによって行われていたのに対して、第3次海洋空間利用は、その枠を取り外す可能性がある。

⑥文化性：従来の経済性重視の海洋空間利用から、多様な価値観に基づく海へのアプローチが行われ、新しい海洋文化が形成されることが期待できる。

（5）海洋空間利用の今後の方向性

海洋空間利用の今後の方向性としては、二つ考えられる。一つは、従来の空間利用の延長線として利用する方向であり、もう一つは、空間を「資源」と考え空間を利用する方向で、第3次海洋空間利用と呼ばれるものである。

従来の海洋空間利用とは、陸の代用地としての海の利用であり、今利用している場所が不足すると、まだ利用されていない場所に目を向け、開発を行い、次から次へと空間を消費していくようなタイプのものである。

過去の海洋空間利用の傾向から、今後どのように空間利用が進むかその傾向をみると以下のとおりである。

①空間の不足により利用し易い海域から、技術の進歩が必要であるが利用しにくい海域へと利用が進む。

- ・陸域に近い海洋空間から遠い海洋空間の利用。（利用空間の沖合化）
- ・浅海域からより深い海域の利用。
- ・静穏な海域から、徐々に海象条件の厳しい海域の利用。

②空間利用は大規模化する。

③利用面積は増加し、将来的には不足の可能性がある。

一方、空間を「資源」と見る新しい考え方による第3次海洋空間利用は、新しい世代の

ために海洋空間利用の秩序を創造し活用することであると述べられているように、なるべく空間を消費しないように大切に、かつ、海が本来固有に有している地球科学的、情緒的等の各種資質を有効に使うべきであるという考えが根本に見られる。これは裏をかえせば、有限な海洋空間を如何に今まで、秩序なく浪費してきたかという一つの反省でもある。

今後の海洋空間利用としては、これら 2 つの方向性が混在すると思われるが、さまざまな視点から幅広く、総合的に検討して利用を行っていこうとする後者の方が望ましい姿と思われる。

3. 4 考察とまとめ

本年度は、地下空間利用と海洋開発（海洋空間利用）における従来の利用状況および今後の利用の方向性を示した。ここに、この2つの空間利用から見た、沿岸海底下地層処分コンセプトの位置づけを以下に示し、まとめとする。

(1) 今回参考とした地下空間利用に関する文献に示された範囲で、地層処分の位置づけをみれば以下のとおりであり、ほとんど位置づけはなされていない。

① 地下資源や地下エネルギーの利用を除けば大部分の地下空間利用は100 m以浅である。また、現在大都市で構想中の大深度地下利用の深度は50～100 m程度である。一方、地層処分の深度は、数100 mが考えられており、従来の深度に比較してかなり深い。

ところで、エネルギー関連で構想中のものの中には、深度的に地層処分と同程度のものもあり、また、地下空間利用の多様化、浅層の地下空間の供給不足、および技術的な進歩等に伴い、さらに深い部分へと地中開発が展開すると予想される。

② 地下特性のうち「隔離性」を利用した空間利用があるが、従来の利用において求められている隔離の時間に比較して、地層処分が求めているものは遙に長い。また、隔離の内容も、従来の地下空間利用で求められる騒音や臭気等を地上の人間環境へ出さないというものに比べて、地層処分は核種を人間環境へ出さないようにするため、化学的等質の高いものが要求される。

(2) 現在の海洋空間利用は、水深0～20mで、かつ、比較的海象条件の良い静穏域である湾域や内海に面した陸域を含めた沿岸部を中心に行われているが、これら利用されている地域においても、その地下空間はほとんど利用されていないし、今後の計画もほとんど無い。つまり、現在の海洋空間利用の枠組みの中においては、海底面より上部の空間利用が主体になっており、海底下の地下空間は除外されているように見える。したがって、日本の沿岸部の地下空間を利用する沿岸海底下地層処分コンセプトは、現在の海洋空間利用の枠組みの中には含まれていない。

(3) 地下空間と海洋空間は共に今後の経済社会の新たな発展基盤となる国土建設を展開する上で、貴重な空間資源と位置づけられるようになってきている。

しかし、これらの空間は、従来、地上と一体的かつ総合的に利用されることが非常に少なく、それぞれ、単独に利用を考えることが多かった。また、これらの空間は、一度開発されると、開発前の状況に回復することや、他の用途に変更することは非常に難しい。

したがって、これら空間の利用にあたっては、単に地上のある部分の機能を入れるためだけの利用であるような空間を消費するタイプの利用ではなく、地下や海洋の特性を活用した利用が大切である。また、開発にあたっては土地利用を考える全体の中に、地下空間や海洋空間の利用も位置づけ、地上と一体となった利用を総合的に考えていくことが重要である。海洋空間利用の章で示した第3次海洋空間利用の概念は、こういった空間利用を考える際に有効であると思われる。

(4) 現在、高レベル放射性廃棄物の処分のための空間利用として、地下空間利用の従来の枠組みの中には、地層処分は構想としてはあるもののまだ明確には位置づけられてはいない。一方、海洋空間利用の枠組みの中には、海洋投棄として過去に入っていたことはあるが、海洋環境問題等の理由で今現在は除外されている。

ところで、地下空間と海洋空間を一体的かつ総合的に利用していくという考えは、現在のところまだ出てきていないが、共に有限な資源と位置づけられた空間であるので、このような観点で今後利用が進むことは予想される。

したがって、高レベル放射性廃棄物の処分場として、海洋投棄のように海を汚染する可能性がある利用ではなく、新しく海洋の地下空間を利用しようとする沿岸海底下地層処分コンセプトは、地下空間と海洋空間を一体的かつ総合的に利用することを考えなければならないであろう将来の空間利用の枠組みの中に、位置づけられる可能性があると思われる。

そして、地層処分あるいは沿岸海底下地層処分が地下空間利用と海洋空間利用の関連で明確に位置づけられれば、現在、これら空間利用の枠組みの中にすでに明確に位置づけられ、社会的に受容されているさまざまな空間利用と同様に、これらコンセプトは受け入れ易くなると考えられる。そのため、今後さらに検討が必要である。

参考文献

1. (社)土木学会編, ニューフロンティア 地下空間: 1版, 技報堂出版, 東京(1990)
2. こうきょう編集, 地下空間利用の時代 — ジオ・フロントへの挑戦 —: 公共投資ジャーナル社, 東京(1989)
3. 建設大臣官房技術調査室監修, (財)国土開発技術研究センター編集, ニューフロンティア開発の展望: 1版, (株)大成出版社, 東京(1988)
4. 水谷敏則, 大規模・大深度地下建設技術, 地下空間利用シンポジウム1989 P17~P25 : 土木学会
5. 伊吹山四郎, 都市と地下利用計画: 地下空間利用シンポジウム1989 P5 ~P15 : 土木学会
6. 建設省編, 平成元年度版 建設白書 P378, 大蔵省印刷局発行
7. 本城 薫, 大深度地下利用に係る技術面の課題について: 地下空間利用シンポジウム 1989 P65~P70
8. 海洋工事技術委員会編集, 21世紀に向けて これからの海洋開発: (社)日本海洋開発建設協会, 東京(1988)
9. 科学技術庁 資源調査所, 海洋空間の高度利用に関する調査: (1985. 1)
10. 資源問題研究会, '81海洋開発 — 今後の政策と開発技術 —: 産業技術会議, 東京(1980. 11)
11. 海洋開発関係省庁連絡会議編, 海洋開発推進計画(平成元年度版): 大蔵省印刷局, 東京(1989. 11)

(佐藤 富男: エネルギー総合工学研究所)

4. バタイユ報告書の検討

4. 1 地下研究施設の重要性とクリスチャン・バタイユ議員報告書

高レベル放射性廃棄物処分の研究開発を進めるにあたっては、地下研究施設が必須であると言われている。しかし、その位置づけ、必要性については更に議論を深める必要がある。また、公衆の側よりみれば、地下研究施設が最終処分場になるのではないだろうかという根強い不安がある。地下研究施設計画を進めるに当たっては、その科学的及び開発計画としての位置づけを十分議論し、明確にしておかなければならないであろう。本調査においては、この地下研究施設を取り上げて科学的、社会的両面より検討を加えることを考えている。社会的側面に関連しては、フランスのクリスチャン・バタイユ議員が1990年12月、高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書を提出した。これは、地下研究施設の調査作業が公衆の反対運動により中断された状態を解消して、その再開を行なうにあたって国、担当機関がとる可き態度についてまとめたものであり、情報の公開、ANDRA の見直し、処分場選定の再検討を柱として、地層処分地点選定作業の再開の必要性を結論として述べている。

ここでは、バタイユ報告を読んでの感想と地下研究施設を考える場合に留意すべき点を述べ、次年度以後に予定されている、より本格的な調査・検討に備えることとする。

4. 1. 1 バタイユ報告書についての感想

公衆、政策双方に相応の責任を有する第3者的な立場から見た全体的に納得できる報告書である。国会議員がここまで問題を認識し解決方策を提示していることは我が国の状況と比べる時驚きでもある。日本との比較や対応を考えるとき、議論ないし確認すべき点として次の事項があげられよう。

- フランスにおいても国民の理解に向けての努力が不十分、不成功であったと認めていることは、ある意味ではショックである。どこの国もそれなりの努力は払われてき

た筈であるのに、マスコミの取り上げ方にも問題はあるとしても、透明さに欠ける点があったとの指摘は客観的に間違いではない。

- 低レベルの放射線が安全であるかについては、議論が広く行われている所であるがリスクがゼロでないことも認めなくてはならない。そこからのスタートも重要である。
- 学校教育の重要性は指摘の通りである。今は危険性、問題点が大きな比重で教えられているきらいがある。
- 科学者、技術者の責任と政治家の責任とを区別して議論している点が注目される。これまで、ややもすれば科学者、技術者が公衆の説得と言う様な能力を超えたことを要求してきた。
- 廃棄物の第2国への移送を“帝国主義的”な観点から強くいましめている。我国においては、これまで議論を避けてきたところであるが、発生者の責任、南北問題、国際協力、協調の問題ともからめて、一度 majimeに議論するに値しないか。
- 地下試験場での現地実験の重要性、必要性を報告者は良く認識している。大衆が反対する理由は、それが処分場にならないかという事である。そのプロセス、そうならないプロセスを明らかにすべきことを指摘しているのは当然でもある。
- 次の4つの保証を説いている：
 - ・研究所は2カ所以上とする
 - ・中立の評価委員会を作業開始当初から設置
 - ・地域の情報委員会による情報入手
 - ・処分センターへの移行は、評価委員会の結論に基づく

この内2カ所以上とすることは、そこが不適とされた場合への対応として考えられたものである。処分場になるかも知れないと想定しての地下試験場なのかどうか、処分場として別の所を考えるのか、曖昧なところがある。
- 高度再処理、核変換に関する研究の必要性を強調している。それと併行しての地下研究施設での実験の重要性を説いているが、我国における高度再処理、群分離、核変換に対する考え方のはっきりしなく、混乱もある。地下研究施設の計画を進めるに当たってはこれらの位置付けも明らかにしておく必要があろう。
- 責任、透明さ、民主主義を挙げている。日本の場合は責任主体、ガラス張り、民主・自主・公開が相当するのであろうか。

4. 1. 2 地下研究施設の科学的必要性を考える場合の視点

地下研究施設の目的は、次の点についての信頼性を高めることと言われている：

- 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 処分場を建設する場合の方法の実証
- ③ 処分場の安全性に係るデータ、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

これらは全てもっともな事であるが我が国においてどこまで掘り下げて議論されたか不明である。今後議論を進める場合には、次の視点が重要になると考えられる。

[科学的側面]

- ・地下施設建設、運転に必要な十分な力が養成されているか。
- ・設計、建設の前段階として行なわれる必要がある実験室、研究室での研究は十分であるか（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。）
- ・地下研究施設で行なわれなければならない試験を十分に定義できるか（項目、スケジュール、予算）。
- ・結果の評価のプロセスを確立できるか。
- ・処分場決定までのプロセスははっきりしているか。
- ・群分離、消滅処理との関係は。
- ・一ヶ所で良いのか、複数必要なのか。
- ・大学等での基礎研究の考え方。
- ・国際協力と自主性。

[社会的側面]

- ・処分場建設までのプロセスを明らかにすること。（責任主体、事業主体、合意決定のプロセス、地下研究施設設置地点選定のプロセス、等）。特に地下研究施設が処分場になるのかならないのか？
- ・今までのデータを用いて、地下研究施設の必要性を国民に納得させられるか。
- ・評価委員会、中立性、権限。

（田中 知：東京大学工学部附属原子力工学研究施設 助教授）

4. 2 バタイユ報告について

バタイユ報告について、同意できる点や幾つか気になる点、他産業での動向分析の結果との比較といった観点から見るとどういことがいえるのかといった面について2、3コメントを書くこととする。たぶん原子力の世界ではバタイユ報告でなされた分析はある種、異端的な事かも知れないが、こういった問題の捉え方というのは他の分野ではごく普通にある問題で、原子力特有の技術的問題があるにしても、問題の構造面はかなり共通部分があると考えることができる。

4. 2. 1 同意できる諸点

(1) まず、「1キュリーを37億ベクレルとしたのは致命的だ」とバタイユ報告には書いてあるが、同感である。他分野でも、最近ではヒューマンスケールというものがものすごく大事であるとの共通認識がある。この点からベクレルに直すというのはやはり問題がある。学問の世界では合理的な変更であるが、学問の単位だからということで、そのまま世の中の生活者の場に持ち込むというのは配慮がものすごく足りないと言わざるをえない。

しかし、だからといって任意に勝手な単位があればいいかというとそうではない。S I 単位系という統一単位があるが、原子力の場合には、PA活動といった実用においてはヒューマンスケールに合致した慣用単位があってもいいのではないかと考える。

たとえば、「何十万ピコキュリー」と聞いて、「ピコキュリー」がいかに小さい単位かという点は無視されて、「何十万」というところで、放射能量が多いと感じるのが自然な感覚である。「ピコキュリー」でなくてはいけないということはない筈であるから、ヒューマンスケールでよく理解できる単位を用いることが大事なことなのである。

(2) 原子力に対する不安の根源は、「見ることができない」「触ることができない」「想像することができない」というところにあると指摘されている。これもまさに人

間の認知構造を表した言葉で、その通りだと思う。

- (3) 半減期という術語も、学問的には、有用かつ正確なものであるが、日常生活においては、その理解と使用には相当の訓練を要する。放射能の減衰について半減期とは別の分かりやすい概念が必要なのではないだろうか。
- (4) 「人工のものであるということもHLWのPAにとってクリティカルである」という考え方賛成である。PAの観点からいうと、同じ地帯の毒物でも、自然にあるものと、人間が作った、すなわち人工のものであるという相違点が大変重要な意味を持つものである。つまり、天然にあるものとの比較で議論しても、根本的なところが違ってきてしまう。ならばそれをどう扱えばいいのかというと、今のところアイデアがない。これも一つの基本的な問題点の指摘になっていると思う。
- (5) 「高レベルは二次的に扱われてきた」。これもその通りだと思う。大学の講義等でも高レベルの廃棄物についてのカリキュラムは必ずしも重視されていない。まるで無かったわけではないが、核燃料のサイクルにおいても濃縮や再生処理のことが重視されており、残念ながら廃棄物は何か、「いや、あんなのは簡単だよ」程度の認識だった。その知的エネルギー、創造力はあまり投入されていなかったのではないか。投入されていないというと語弊があるが、相対的にいうと少なかったことは事実であったと思う。
- (6) バタイユ報告でかなり気になった点のひとつとして「宇宙への投棄が破廉恥だ」とか、「妄想だ」とか、かなり強く言っている。やはりそういう感覚もあるのかと新鮮な驚きを感じた。筆者は宇宙への投棄も技術が進めば有り得るのではないかと思っていたので、「破廉恥だ」「妄想だ」というのはかなり強い言葉である。
それと、海底下の処分は政治的に非現実的だという話しがあった。そうすると、本調査でやってきた沿岸海底下利用というのも広い意味ではある種の海底下になる。バタイユ報告との関連で、どのように考えるべきか疑問として残る。

(7) 「慣れ故に反対が少ない」とバタイユ報告で述べているところがある。これは、やはり欧米でも日本でもおなじことがいえるのかと考えた。

4. 2. 2 気になる諸点

(1) 「処分センターはゴミ捨て場ではない」というロメッチの言葉を引用している。では何なのか、ということがバタイユ報告には書いていない。

「ゴミ捨て場」が管理が全く行われず、キタナイ、無責任というイメージのものとすれば、ロメッチの言葉は正しい。しかし、廃棄物というからには、ゴミであると一般の人々が考えるのはある意味でやむを得ない。

ゴミ捨て場だからいい加減に、要するに夜中に行ってこっそり捨てたとか、不法投棄したとか、ゴミだから汚いとかマイナスイメージがある。そこで、きちんと捨てるんだとか、ある意味で人類にとってもう不要なものであるのに、長期保管だ何だと思っている。きつく言うとごまかしていることにならないだろうか。

ものすごく手をかけるとか、事実、技術開発もやっている。それを裏返せば、そんなことでもしないと普通には捨てられない物なのであるということである。保管するにしても普通に保管できないような物なのである。

結局、そのところを素直に認めて、事実、100mの深さでなく1,000mの深さに埋めなければいけないと原子力技術者自体がそう思っている。考慮すべき期間も数百年でなく1万年も考えなければいけないとされている。これは原子力の廃棄物が容易ならざるものだという認識があるからだと思う。そこにボタンのかけ違いがあるのでないかと思う。

今の路線で、ゴミ捨て場じゃないとか、長期保存するとか言って、市民は納得するのだろうか。

(2) バタイユ報告の勧告の一つとして「高度再処理と核変換というものについて、地層

処分の、代替案にはならないけれども、並行開発すべきもの」とある。このあたりが日本ではまだあまり認識されていない。変に高度再処理、核変換などと言うと、いまやろうとしているメインの流れを阻害する、足を引っ張る、迷わすものになるという考え方がある。

私としては、高度再処理、核変換、つまり消滅ということは技術的にはナンセンスなものという可能性もあるのだろうが、廃棄物のボリューム自体がたとえば一桁少なくなるということは、まさにヒューマンスケールの観点から、技術の進歩を理解するうえで非常に分かりやすい。廃棄物の量が10分の1になる、あるいは100分の1になるというのは、原子力技術が廃棄物の分野でどれだけ進歩したかということを言うときに非常に分かりやすい。原子力の技術進歩がここまできたという時には多くの場合、発電の分野では50万キロワットが100何十万キロワットになった、新しい新型炉が臨界になったという話だけではないかと思う。それ以外の原子力技術も進歩しているのだというのは普通の人にはなかなか理解しがたい。何か難しそうな事をしているという意味でしか認識されていない。

10分の1で十分か、100分の1で十分かという面もあるが、PAの観点からいうと、量自体が一桁落ちるというのは、一般市民の理解、あるいは不安を和らげるという面で大変大きな意味を持っている。だから、この「並行開発すべきものだ」という見解には賛成である。

一方、技術経済的な評価をすると、永久消滅はナンセンスであるというレポートが出ていると言われる。それはそうかもしれない。だからそうではないということを言おうとしているのではない。このような技術経済的評価をする時には、評価基準というか、ターゲットを何に置くかというのがものすごく大事だと思う。極論すれば、評価の中で逆に被曝が増えることがあるが、オペレーションをする人の被曝が増えるのか、公衆が受ける被曝が増えるのかではちょっと質が違う。オペレーターが受けるならいろいろな手当をするという方法がとれる。

それから経済性については、最近、非常に奇妙に感じることが多い。本当に厳しく言うと、国から毎年3,000億円とかの膨大な開発資金が入って、それで成り立ってい

る。純粹に経済的に投資して、電力代の中から投資回収してやってる産業にはまだなってない。そういう意味では経済性はあまり考えていない産業である。

市場原理のメカニズムの中で回る経済性を外していくながら、0. 何錢の議論をするというの非常に奇妙な印象を持つ。

もう一つは、経済性についての世の中の考え方の大きな流れが変わってきてている。特に先進国についてはエネルギー費が経済に占める割合、あるいは家庭における電力、ガス、いわゆる光熱費と言われている比率というのはだんだんと低下しているはずだ。その代わり、情報費や、コミュニケーション費、レジャー費が増えている。

昔のように、エネルギー費というのが国の産業の競争力を決める時代には、やはり0. 何錢でも安くするというのは国家経済を考える場合の基本であったかもしれない。しかし、今、電力費が 500円上がったとして、世間が「大変だ」と騒ぐだろうか。大事なのは、今後 2、30年を見たとき世の中がどうなるかということだ。そこをどう見るかということだ。

そういった流れで見ると、私は10数年前の技術経済的判断というのは、そのときに合理性があったと思うが、しかし、それは永遠のものではない。価値を決める社会そのものが動くから、20年に一度くらいは確認作業をする価値はあるのではないか。

この問題を考える場合のもう一つの視点は、技術開発についてある種のポートフォリオを考えるべきだということである。現実の研究開発費は限られているからあれもこれもできない—という現実的な要請は事実ある。一方で、向こう30年というタームで考えた場合、一本の技術方式で行くというのはある意味で非常に危険である。何かが駄目になったときは全部倒れてしまうからだ。そういったごく普通の産業がやっているリスク管理、企業の技術開発のリスク管理から言っても原子力開発の場合もやはりポートフォリオを組むべきである。そして、絶えず自分の本命の技術を脅かすような技術開発について定期的にウォッチしておくことが必要である。たとえば、遠心分離法にとってレーザー法というのはある意味では脅威である。原子力開発でもそういう配慮をもう少しいろいろなところでやるべきだと思う。

逆の面から見ると、原子力開発も今はそれをやるだけの余裕ができたのではないだろうか。今まで大規模実証一点張りだったが、それはある程度できた。これが

らは原子力開発というのは、いろいろな断面でのポートフォリオを考える。そして時間軸でのポートフォリオを組み合わせていくことが大事で、そうすることで若者や他分野の技術者も参入してくれるような原子力界の魅力作りになるのではないだろうか。

(3) バタイユ報告の結論では3つのキーワードがあって、「責任」と「透明さ」、それから「民主主義」これが大事だと言っている。たぶん原子力を推進している立場からすると、「責任」ということはかなり自覚していろいろやってきたと思う。後の「透明さ」と「民主主義」に対してはあまり考慮がなかったといえるのではないか。特に日本の政治状況とか社会風土においては一層この傾向が強く、これからの大変な課題であると感じる。

4. 2. 3 コメント

一般企業のビジネス活動を考えると、まず技術開発部隊というのが必ずある。そして、企業だと必ず最先端に営業—セールス—というのがある。そしてもう一つ、マーケティングというのがある。その他に間接部門もいろいろあるが、基本的には技術の部門とセールスとマーケティングとがある。技術者というのはまず技術をベースに物事を考える。また、イノベーションをやろうという創造的任務もあるし、意欲もある。しかし、そういう技術の価値というのは、技術自体にあるのではなく、ユーザーとか社会の方にあると感じる。

たとえば真空管技術というのは、ある時—1930年代—に社会に大変な恩恵をもたらしたが、それからほとんど価値がなくなっていく。しかしそれは、技術そのものが衰退したのではなく、たぶん真空管技術は今でも大変なファインアートであると思う。このことを技術者がどれだけ理解するのかということが大事なのだ。

次に、セールスというのも企業には不可欠だ。やはり実際に物を売ったり何とかする人がいないといけない。原子力界を見てみるとメーカーが製品を作って電力会社という企業プラントが使うメーカー間取引である。セールスという役割を考えると、原子力というものを世の中に受け入れてもらうという意味ではP Aがそれにあたる。セールス

というのは現実にある製品を売る。その製品がいい、悪いはおいといて、「とにかくこの製品はいいですよ」「よそよりもいいですよ。新エネルギーよりもいいですよ」と、いまある物を賣るのがセールスの訴えである。今、やっているPAというのは基本的にはセールスである。いまある原子力をそのまま「これでいいんですよ」という売り方をする。だから決していまある物を「これはここに欠点があるから駄目だ」とか、「これを変えなければいけない」という発想はセールスにはない。普通のPA活動からは出ない。

最近企業で大変重要視されているマーケティングというのは、結局、企業の中にいながら発想は消費者、ユーザーの側に置くという機能である。しかし、セールスは企業の中にいて、企業の発想なのだ。要するに売ればいいのである。

しかし、マーケティングというのはそうではなく、企業の中にいても発想は消費者、社会に置いている。そして「この製品はここがまだ未熟だ」とか、他の競合製品と比べて「ここに負けている」とか、あるいは「世の中はこう動いていくから、いまうちはこういう製品を作っているけれども、こういう製品を作らなければいけない」という役割がある。

そうすると原子力ではそのマーケティングという役割は一体誰がどんな形でやっているのかと考えてみると、誰もやっていないわけではない。いろいろな研究機関や大学の識者などがやっているはずだ。ただ、そこはやはり技術の延長とか、技術開発の流れでやっていて、原子力のコンセプトそのものを変えるというようなところが弱いのではないか。結局、バタイユ報告の精神というのは、自ら「技術の素人です」と言っているにも関わらず、技術の専門家の見方をできるだけ公平に理解しようとしている。しかも発想の原点は社会とか生活者に立っている。だからバタイユ報告書というのは原子力界におけるマーケティングの一つの雛形なんじゃないかという感じがする。けっして技術を評価したり、PA活動をどうしようとか要するにセールスをどうしようと言っているのではないというのが私の得た結論である。

4. 2. 4 まとめ

ある技術を社会に適用する（商品化する）場合とのアナロジーで考えると「技術者」「セールス」「マーケティング」の3者が絡む。「技術者」は技術を擁護し、イノベーションを遂行する創造的任務がある。しかし、価値の源泉は「技術」にあるのではなくユーザーの効用にあることを忘れてはならない。「セールス」は企業にとって不可欠である。ユーザーとの接点なくして企業は成り立たない。しかし、「セールス」は現状をユーザーニーズに適合させようとする。イノベーションを求めない。マーケティングはユーザーの代弁者であることを通じて企業を発展させようとする。マーケティングは将来を見る。変革を求める。価値創造の第一歩はユーザーのニーズを確認すること。これを戦略マネジメントに統合することである。現在行われているPA活動を「セールス」と見るならば、バタイユ報告とは「マーケティング活動」と見ることができる。

すなわち、

- ① 関係者、社会システムの構成者（ユーザー）の意見をよく聞いている（ユーザーを代弁）。
- ② 技術について基本的理解を示しているが、独自に突っ込んだ判断はしていない。
- ③ 変革の推進者の立場をとっている。

（久保川 俊彦：株野村総合研究所技術産業研究部 次長）

4. 3 バタイユ報告に見られる法律上の問題

4. 3. 1 法律が制定される場合について

(1) 近代的な法治国家であれば、國家の三権すなわち立法、司法、行政の機關はそれぞれ分立し、相互に抑制と均衡を図るのが通例である。そして、立法府は國民を代表する議員によって組織され、法律を制定するのであるが、この法律は最高法規である憲法に次いで重要な法規としての地位を有するのが普通である。

しかしながら、ある事項に関し、いかなる場合に法律制定したまいかなる場合に法律を制定しないかについては、國によってかなりの相違がある。

一般的に言えば、社会の基本的なルールの定立は、法律の制定によってなされる場合が多い。刑法の制定によって何が犯罪行為であるかを明確にするとか、民法の制定によって契約や結婚のルールを定めるなどがその例である。

わが国では、しばしば「六法」と言う言葉が使われる。これは「憲法」、「民法」、「刑法」、「商法」、「民事訴訟法」および「刑事訴訟法」の総称であるが、狭義の法律（國会の制定した法規）に該当しない「憲法」を除く五種類の法分野については、概ねどの国においても法律の形式による規律が見られる。

(2) 社会の基本的なルールの定立ではない場合であっても法律が制定される場合がしばしばある。特に、行政法の分野でそれが多い。近代的な行政の理論によれば、行政は法律の優位を承認すべきものであると考えられており、いわゆる「法律による行政の原理」という原則がとられている。

すなわち、行政の基本的な原則や方針は法律をもって定めるべきであり、行政は國会の制定した法律に従いながらその範囲内で行政を行うべきであるという考えが一般に認められているのである。

このような「法律による行政の原理」によれば、何であれ行政の扱う事項であれば、その基本的な原則は法律の形式で定めるべきだということになる。

(3) なお、わが国ではいわゆる「法律事項」という言葉が実務においてしばしば用いらでいる。これは、法律をもって定めなければならない事項というほどの意味である。ある行政の活動（たとえば、ある営業の規制）が法律事項に該当する場合には、その

活動の根拠となる法律が存在しなければならない。したがって、行政機関がある新しい行動のプランを立てた場合、その中に法律事項が含まれているならば、新たに法律を制定しなければならないので、国会がその法律を議決するまでは活動できず、また、国会内の事情でそのような法律の成立が期待できない場合にはその行動プランはあきらめなければならないのである。

わが国では、一般に、行政の行為が私人の権利を侵害したは義務を課すような性質のものである場合には、それは法律事項であると解されている。例えば、ある営業活動を禁止したり許可を得ることを必要としたり、あるいは、税金を徴収したりする行為がその例である。

(4) これに対し、私人に利益を与えたは、義務を免除したりする行為については、法律事項でないとする考えが多い。すなわち、行政機関がある者に補助金を交付したり、教育や技術指導などを施す場合には、私人の利益になる行為であるから、法律の根拠がなくてもなし得ると解されている。

もっとも、この点については、国民から集めた税金の使い道については国民は無関心でいられないのであるから、たとえ補助金交付のように私人にとって授益的な行為であっても法律の根拠が必要だという主張がなされることもあるが、実務および行政法学界の大勢とはなっていない。

(5) なお、法律が法律事項について定める場合でも、その具体的な内容の決定は下位の法令等に委ねることがある。例えば、法律は一定の食品の販売業については許可を要する旨のみを定め、具体的にどのような食品の販売が規制されるかは政令の定めに委任するというのがその例である。このような委任立法が濫用されると、国会による行政監視機能が低下し、行政府の力が大きくなり過ぎるので、「法律による行政の原理」の観点からは問題が多いが、社会が複雑化し、行政の活動も高度化、肥大化しつつある現状では、ある程度政令等への委任が多くなるのはやむを得ないと考えられている。

(6) 行政の活動が法律事項を含まない場合には、行政機関は法律の根拠なくして行動できることになる。その場合には、行政機関がまったく法令の根拠なしに行動することもあるが、政令、省令や規則のような法律より下位の法令を制定して行動することもあり、また、訓令、通達や要綱のような内部的規律に基づいて行動することもある。

その他、近代的な行政においては、いわゆる行政計画に従って行政機関が行動すること

とも多い点に注意しなければならない。

(7) 以上のように、わが国では法律事項を含むかどうかによって法律を設けるかどうかが決められる場合が多いのであるが、前記の「法律による行政の原理」からすれば、法律事項を含まない場合であっても、重要な行政活動については、国会の関与や監督を明確にするため、法律を制定することが望ましいと考えられるのである。

4. 3. 2 社会的な問題解決の手段としての法律の有効性

(1) 法律がいかなる場合に制定されるのかについては前記の通りであるが、以下では、放射性廃棄物の処分を例にとって、法律の制定がどの程度必要かまたは有効かを検討してみよう。

まず、放射性廃棄物の処分を誰に行わせるか、また、どのような方法や態様で処分させるかという問題がある。

放射性廃棄物の処分は、極めて低レベルのものを除き、通常の廃棄物とは異なった取り扱いを要するものであるから、何らかの規制を行うのが適当であることは言うまでもない。そして、かかる私人の行為の規制は、一種の自由の侵害であるから、法律の根拠を要することも当然である。

それ故、法律の定めた者あるいは法律の定めに従って許可を得た者のみが放射性廃棄物の処分を行えること、また、その際、法律や政令・省令等の定める基準に従って処分を行うこと等の法制が設けられるのは、極めて当然のことである。

(2) 問題は、放射性廃棄物の処分を行う者についてのみ法律の定めを置けばよいのかということである。

通常の事業規制であれば、事業者について規制すれば十分であるが、放射性廃棄物の処分については、処分施設の付近住民の合意が得られるかどうかが実際上重要なポイントである。

伝統的な法律論によれば、付近住民が放射性廃棄物処分施設に賛成するか反対するかは重要な問題とは考えられてこなかった。つまり、ある地点に処分施設を設けてよいかどうかは放射性廃棄物処分事業者の権利にかかわる問題ではあるが、付近住民の権利に

かかわる問題ではないと解されていたのである。

(3) 放射性廃棄物処分施設にとどまらず、ある施設が付近住民に歓迎されないという現象はしばしば見受けられる。騒音、大気汚染や水質汚染等をもたらすと思われる施設、例えば、空港、道路、鉄道、ごみ焼却場、工場等はその例になり得る。また、建物でも形態や使用目的によっては付近住民の反対を受けることがある。日照・通風の障害となる高い建物、集会等に使われ静穏を害すると思われる建物、あるいは単身者が入居するワンルームマンション等に至るまで、付近住民の反対の的になる施設は枚挙にいとまがない。

これらの例のようにある施設に反対する付近住民の立場は、法律的にどう解釈されるのであろうか。

付近住民の法的な立場は、端的には、訴訟によって施設建設の中止を求めることができるかという問題に帰着する。この点については一概に言えないが、施設設置者と付近住民等の間で約束がある場合は別として、そうでなければ、付近住民は施設建設の中止を求める法的権利はないとされることがわが国では多かったと言ってよい。

(4) しかし、これにも例外は幾つか認められる。その施設の位置によって付近住民の生命・健康等に具体的な危険がおよび、それが受容すべきと考えられる範囲を超えるような場合には、付近住民に施設建設の中止を求める法的権利が認められる場合がある。

その一つの例が原子力発電所である。わが国の原子力発電所の安全性については実際上特に問題はないと思われるが、理論的な可能性としては付近住民に影響を及ぼすような大事故を想定することができるので、付近住民が原子力発電所の設置許可の取消しを求めて裁判所に訴訟を提起することが判例上認められている。

放射性廃棄物処分施設についても同様かどうかは微妙であるが、少なくとも、高レベル放射性廃棄物が容易に周囲に拡散し得るような施設であれば、付近住民の健康がおびやかされる可能性ありとして訴訟を提起する権利が認められるであろう。しかし、地中深く埋設するような処分施設について裁判所がどう判断するかは予測し難い。

なお、訴訟を提起する権利が認められても、必ずしも施設建設の中止要求が認められるわけではない点に注意する必要がある。付近住民に訴訟提起の権利が認められるということは、裁判所が施設の危険性について判断をしなければならなくなるということを意味するに過ぎない。付近住民の訴訟提起の権利を認めつつも施設に問題はないと判断

して施設建設を是認した判決は、原子力の分野に限らず、しばしば見受けられる。

(5) 以上述べたことをまとめると、放射性廃棄物処分施設を設置する場合には付近住民にも法的な関与の権利が判例上認められる可能性を否定できないということになる。このことは、法律で付近住民の権利について規定しなければならないということには必ずしもならないが、必要があれば法律で付近住民の権利について何らかの規定をおいてもおかしくないと考えられる。そして、もし放射性廃棄物処分施設の立地問題について付近住民の合意が重要であると判断されるならば、付近住民の合意を得ることを容易にするような各種の措置を法律が定めてもよいし、むしろ望ましいと言える。

また、法律において放射性廃棄物処分施設の立地に関して付近住民の合意形成に配慮した手続きが規定されれば、それは立地の実現に有効なことが多いであろう。

いずれにせよ、放射性廃棄物処分施設の円滑な立地の実現を目的として、付近住民の合意形成に配慮した法律を制定することは、理論上も实际上も好ましいことであると言えよう。

4. 3. 3 放射性廃棄物処分施設と法律の制定について

(1) 放射性廃棄物処分施設の建設を実際に進める場合には、現段階では技術的にも政策的にも未定の点が多い。このような現実のもとで放射性廃棄物処分施設について法律を制定しようとしても实际上困難な問題が多いと思われる。

例えば、高レベル放射性廃棄物を地下に埋設して長期間貯蔵する施設を考えた場合、どの程度の深さの地中にどのような態様で処理した廃棄物を貯蔵するのか種々の選択肢があり得る。また、地点をどこにするか、いかなる地層を選ぶかについて多くの選択肢がある。

これらの問題は本来、技術的なものであるから、通常の感覚からすれば法律で定める必要はなく、むしろ技術の発展に即して随時変更できるよう政令・省令等の行政立法で定めるのが適当なはずである。

(2) しかしながら、高レベル放射性廃棄物の長期間貯蔵の方法については、単なる技術的な観点のみで決することが必ずしもできないと考えられる。技術的には優れてい

ても社会的な合意が得られないプランでは現実に選択できないからである。

そこで、社会的な合意を形成する方法として法律で放射性廃棄物処分施設について定めを置くことが考えられる。その法律で何を規定すべきかは社会的な状況によって異なるが、処分施設の態様、処分の方法等のほか、国民に関心の深い立地地点の決定の方法等が考えられる。これらの点が国会で十分議論され、国民に納得のいく内容の法律が制定されるならば、放射性廃棄物処分施設の建設に大いに貢献するであろう。

(3) ところが、放射性廃棄物処分施設の態様や処分方法については、科学的にもっとも適当なものを選定し、それによって国民を説得することが可能であろうが、立地についてはそうとは限らない。たとえある地点が立地に最適との結論が説得力をもって出されても、その地点の付近住民は受け入れないことがある。

このような場合には、法律で立地決定手続等を定めたとしても立地が順調に運ぶとは限らない。それより、付近住民が反対する理由や事情をよく踏まえた上で、安全確保、環境保全、地域振興、雇用拡大等に配慮しつつ、付近住民の実質的な反対理由に一つずつ答えていくよりほかはないであろう。

かかる場合には、法律はそれほど有効とは思われないのであって、むしろ、法律でタイムスケジュール等を決めて 急に立地決定手続きを進めることができマイナスに働く可能性もある点に注意する必要がある。

4. 3. 4 フランスおよびわが国の場合

(1) バタイユ報告は、これまで高レベル放射性廃棄物の管理が純粹に技術的な問題とされ、そのため専門家の間で密かに行われていたと指摘し、国民の大多数に受け入れられなければ原子力計画の継続は不可能であると述べた上で、次のような提案を行っている(IV章参照)。

「現在の論争の争点が明白な形で提示されるようにするために、また各論者がそれぞれ公然と一つの立場を、何處に於いてもその場所に依らず一つの立場を取るように、報告者はこの問題が議会に於いて討論されることを提案するものである。」

実際問題として大きな社会問題の範疇に属することが判明しており、その選択が将来の世代をも縛るような案件について、政府が行う提案につき判断を下す権限は国民の代表たる議会にある。

(中略)

本調査の結論をして、またあらゆる意見を幅広く聴取した後、報告者は、放射性廃棄物問題で取るべき政策を決定し、場合によっては国民の一部に強制すべき義務ならびに彼らが享受すべき保証を明確にするのは法律であると考える。」

(2) そして、バタイユ報告は、「議会が決定を下すことが望ましい問題」として具体的に幾つかのものをあげている。その中には、「高レベル放射性廃棄物の最終的処分に関する研究プログラムを今すぐ実施するかどうか」、「地下研究所の作業再開」、「地下研究所の立地場所」、「他国の廃棄物の処分禁止」、「地下研究所の建設により、関係住民にいかなる補償を与えねばならないか」、「放射性廃棄物の管理機関の位置づけはどうあるべきか」等の項目が含まれている。

すなわち、バタイユ報告は、これらの問題について議会がはっきりした態度を示すことを求めるとともに、法律による規定が必要な事項については法律を制定することによって高レベル放射性廃棄物の処分問題の解決を促進させようとしているのである。

(3) このバタイユ報告においては、なぜ法律の制定が求められているのであろうか。それは、何と言っても、大きな社会問題について判断を下すべき者は行政担当者ではなく国民の代表たる議会であるという意識があるからにほかならない。これは近代民主主義の大原則にのっとった考え方であり、わが国でも当然妥当してしかるべき考え方である。

しかしながら、わが国では大きな社会問題であればその解決が国会に委ねられるべきであるという意識は余り強くないように思われる。国会は政争の場であり、与野党対決の場であって、社会問題の解決を国会の場で図るとあまりに政治的な解決に終わってしまうという危惧が強いように思われる。

(4) わが国の場合には、むしろ「社会的な合意の形成」という錦の御旗が求められることが多い。国会であれば最後は多数決で決めざるを得ないが、「社会的な合意の形成」であれば少数意見もそれなりに考慮されることになる。

こうした事情から、大きな社会問題としての高レベル放射性廃棄物の処分問題の解決

のために法律を制定することの有効性はフランスとわが国とではいささか異なる点があることは否めない。

もっとも、前に述べたわが国の「法律事項」に相当するような考えはフランスにも存するのであって、法律をもって規定すべき事柄であれば法律の制定が必要なことはフランスにおいても同様である。

(5) 1991年6月に国民議会に提出された「長寿命放射性廃棄物に関する法案」は、バタイユ報告を相当程度取り入れた内容になっている。この法案が成立したとして直ちに高レベル放射性廃棄物処分の問題が解決されるかどうか分からぬが、法律を制定したことによる種々の好影響がもたらされる可能性は十分ある。

国情が異なるわが国においてもこのフランスの試みは参考になると思われる。前述のように、わが国では「社会的な合意の形成」が重要であるが、ある時期においては法律の制定という形で高レベル放射性廃棄物の処分を推進することが適切になることも十分考えられるからである。

(植村栄治：成蹊大学法学部 教授)

4. 4 「クリスチャン・バタイユ議員による高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書」の地質学的見地からの検討

4. 4. 1 報告書に対する全体的評価

本報告書はフランスにおける地下研究施設の建設が行き詰った状況を開示しなければならないという立場で書かれているとはいえ、全体として極めてバランスのとれた適切かつ健康的な報告書である。論旨は、「諸外国の例にあるように、原子力エネルギー生産計画を継続あるいは停止するにしても、廃棄物の処分の問題は依然として残る」という認識の上に、過去の開発研究の経過を検討し、「地下研究施設の建設は不可欠である」という結論に達している。地質学的見地からみると、不確実性とか地域性といった抽象的な表現にとどまっており専門的な内容にまでは踏み込んでいない。以下にとくに第2章を中心に検討した結果を述べる。

4. 4. 2 H L W処分：長期間にわたり隠されてきた問題

原子力発電に付随してH L W処分の問題が一般にとりあげられなかっことについて、フランスでは最近までこの点に考えが及んでいなかったことが指摘されている。この点に関する我が国の状況について以下に簡単に考察し、筆者の考え方を述べる。

(a) H L Wが存在することの認識：わが国の場合、H L Wとは何であるか、その量がどの位であるか、現在それがどんな状態で存在しているかといった基本的な知識を持っているのは国民の何%に達するであろうか。これに関する無知は、最終的には処分問題に対する誤解や政治的なプロパガンダに利用される素地を生む。とくにマスコミはすでにこの問題が存在している現実を直視して、問題の重要性を認識すべきである——正確な知識を国民に広く伝達するのは、政府や当時者というよりは、今やマスコミの義務といえる。この点ではマスコミ関係者の健康な感覚を期待する。

(b) H L W処分に対する関係者の認識：バタイユ報告書は主としてこの問題をとりあげている。筆者は昭和51年に我が国でこの問題をとりあげた時点から参画した一人とし

て、この報告には全面的に強く共感する。さて我が国では、この15年に問題の重要性に関して“関係者”的認識にどれだけの変化があったであろうか。現状は電力会社を中心とする経済性を重視する“関係者”とマスコミを中心とする環境を重視する“関係者”との間にあって右往左往しているのが実状ではあるまいか。動燃や原研などの意識と研究体制が不十分であることは勿論であるが、“関係者”的強いバックアップがないことが、最もネックとなっていることを指適しておく。

(c) H L W処分研究と処分地選定の関係：バタイユ報告書ではほとんど触れられていないが、我が国の場合には、H L W処分において地下研究施設建設と処分地選定との関係についてあいまいさを残さず説明する必要がある。フランスの場合には両者の関係は殆ど一致しており日本の場合と異なるが、バタイユ報告書ももう少し正確に、処分地決定のために何故地下研究所を作る必要があるのか、そこでは具体的に何を研究するのか、そこで判ったことが処分地でどのように生かされるのか、について具体的な説明をすべきであったと思われる。この反省から我が国では適当なステージで、上述の問題にきっちり答えを出しておくべきであると考える。

4. 4. 3 長寿命廃棄物の処分に関する非現実的または実現不可能な提案

バタイユ報告書でとりあげられた、宇宙への投棄、第三世界への輸出、および海底下処分、についての議論は正鵠を得たものであろう。

この3つの代替案はいずれも地層処分に比べて処分地の状態についてはるかに不明な点が多い——すなわち、不確実性が高いことである。この点では決定的に排除されるべき選択肢であると筆者は考えている。しかし、経済的側面からみるとこの代替案にも確かに有利な点がある。とくに第三世界への輸出については、我が国における社会的事情と第三世界側の経済的状況から両者の合意が成立する可能性がある。しかしながら、筆者は国内における地層処分以上に慎重にならざるを得ない。その理由はH L W処分の問題が経済的側面を重視するあまり長期的な地球環境と人類の保全という観点を見失う可能性があるからである。とくに地質学的観点からみると、現時点で第三世界に関する地球環境の知識は我が国内のそれと比べて乏しいと言わざるを得ない。これは、H L W

処分の最大の問題点とされる“地質学的な不確実性”が1桁も2桁も増すことを意味する。さらに、具体的なサイトによっては、放射能汚染の空中輸送というチェルノブイリ発電所事故に近い状況まで考慮しなければならない可能性がある。

しかしながら、これらの代替案が“非現実的であるか実現不可能である”かは現時点での判断であって、例えば50年先においては異なる可能性があることも指摘しておいたい。これはHLW処分が本質的に technology の問題であることから必然の結果である。すなわち、どの方法が best であるかは、いつ処分が行われるかが明確でない限り答えられないことであり、答えられない限り結論を先送りするという我が国における従来の手法を生む素地となっている。

4. 4. 4 事実上すべての専門家が勧める解決法：深部地層への処分

A. なぜこの解決法なのか？

バタイユ報告書に述べられているようにHLWの深部地層への処分が現時点で最も良い解決法であることは筆者を含め地質学者にとって異論が少いと思われる。しかしながら、このような議論に際しては感性に訴えるところが多く、具体的な reference が示されたことは殆どない。とくに“安定性”という概念はあまりに“概念的”であり過ぎる。本報告書の場合にもこの点は極めて不満足であり、いくつか例が示されているが説得力の乏しい内容となっている。地質学の専門家ではあるがHLW問題には精通していない人から全くの素人にまで及ぶ幅広い人達を対象としたテクニカルレポートをわが国でも急いで用意することを提案する。

B. 処分する地層はどのような基準を満足しなければならないか？

バタイユ報告書では、地質学的安定性、水理地質学的特性、深さ、力学的特性、熱、天然資源が存在しないことの6項目がとりあげられている。しかし、いずれの記載も短かく、専門的見地から検討する内容に達していない。さらに、この中には地質学的な要素と異なる人間活動の要因が混在しており、この報告書が地質学的側面をできるだけ避けたことが窺える。筆者の立場からは極めて不満足であり、これもテクニカルレポート

を付して補うべきであると考える。一般にH L W処分問題に関し専門家以外の人に書かれたこの種の報告書をみる限り、地質学的側面についての内容が乏しい。これは基本的に地球環境や資源問題が政府機関やマスコミなどで頻繁にとりあげる割に、一般人の具体的知識と結びついていないことを示すものである。この傾向がわが国のみでなくフランスを含む世界的なものであることも留意しておく必要がある。最終的には地球に関する正確な知識なしに経済的社会的側面からのみ問題を解決していくのかという点につき当る。現状では地質学的側面からの説明が一般人に殆ど理解されないまま事態が推移していくことに懸念を表明せざるを得ない。

C. どんな地層（または岩体）が選ばれたか？

ヨーロッパ各国で選択されたあるいは選択しようとしている地層（岩体）について解説されている。とくに目新しい記述があるわけではないが一般人を対象とした場合にはこの程度でも良いであろう。

4. 4. 5 国際機関の位置づけ

H L W処分に関する国際機関にどんなものがあり、そこでどんな合意がなされてきたかは、関係者以外は知る機会の少ないものである。しかし、H L W処分には国際的な合意の上に進められる部分が少なからずあり、国際共同研究も行われている。報告書ではIAEA、OECD／NEA、ECのその実情についても要領よくまとめられており、大変参考になる。とくに、P A G I S報告書中には膨大な量の地質学的なデータが含まれていることが記されており、我が国でも、これについて検討しておくことは重要なことと思われる。

4. 4. 6 地下実験研究所の必要性

バタイユ報告書の後半はANDRAによる地下実験研究所の建設が行き詰った事情、

立地条件や数、再開への方策について多くの頁をさいている。しかし、この報告書ではその必要性について、地質には不確実性があるとか、外国のデータと比較する必要があるといったやや抽象的な表現にとどまっている。

わが国においても地下実験所建設についてはすでに2、3の提言がされており、近い将来にこの問題が議論されることになろう。その際、以下の点について十分に考慮する必要がある。

- ①地層（または岩体）をどの程度までしづった時点で地下実験調査を行うか。
- ②地下研究所と処分地との関係をどうするか。
- ③地下研究所では具体的に何を研究し、それによってどの程度まで判る可能性があるのか。

以上のことを見つめた上で、地下実験場が何故必要であるかを社会的に認知させ、具体的提案を行うべきであるというのが筆者の結論である。

（歌田 實：東京大学総合研究資料館 助教授）

5. HRL(Hard Rock Laboratory) の検討

5. 1 HARD ROCK LABO. に関するコメント

SKB:Handling and final disposal of nuclear waste. Hard Rock Laboratory BACKGROUND REPORT TO R&D-PROGRAMME 89 に見るURLの意義と目標等について、若干のコメントをし、日本におけるURLへの期待を、技術側面から検討する。

スウェーデンはSwedish-American Cooperative Programme, International Storipa Project等を通じて、早くから地下実験施設(URL)を中心とする地層処分に関する研究開発に着手し、多くの成果を蓄積してきている。また、具体的なサイトの調査やSKB-IIIやWP-CAVEなどの高レベル放射性廃棄物処分施設の概念設計の構築もかなり進んでおり、使用済燃料の地下貯蔵施設(CLAB)や中・低レベル放射性廃棄物の処分施設(SFR)も既に操業されており、これら処分施設の建設から得られた多くのノーザウを有している。

このような状況のもとで、何故いまHard Rock Laboratoryかについて、上記レポートでは、次の点を指摘している。

(1)地表からの、あるいはボーリングによる事前調査がサイトの評価予測にどれだけ確かなものかを確認すること。

(2)種々開発された、調査坑での詳細調査の方法をテストして、詳細調査段階での調査システムを確立すること。

(3)実際と同じ環境条件で、または同じ大きさの地層中で、種々開発されている水や物質の移動に関するモデルをテストすること。そして掘削や揚水によって地層が乱されていない地域で、処分施設建設に当たってどのような乱れが進行するかを、乱れのない初期条件からたどれることも、地下水挙動等のモデリングの検証に関して重要な意味がある。

(4)処分施設の建設や操業に関する技術の開発と実証を行う。

(5)最終処分システムの長期安全性に関する重要項目、たとえば、人工バリアと周辺岩石との長期にわたる相互作用、腐食や核種移行に関する長期試験などを実規模で行い、またデモンストレイトすることも、重要な目標である。さらに、バリアの破壊に関する試験も考慮されてよい。

技術的な細目のコメントはぬきにして、Hard Rock Labo. におけるURLの目標は、従来のURLがどちらかというと、要素技術の開発と実証に重きがおかれていたのに反して、「処分場サイトの性能の事前予測があつていたかを見せる」、「処分場のひながたをつくって見せる」、「長期の安全性を見せる」など、処分システムの実証にあることである。このようなやりかたは、処分サイト候補が決まっているベルギーのMo1やURLの構想の初期からこのような考え方をいたしたカナダのWhite Shellでも既に一部実施されているが、各国でのR&Dが進み、要素技術や処分方法がほぼ定まってきたこの段階で、サイト選定・建設／操業・処分の一連のシステムを総合的に実証して見ようという試みは、技術的にも、PA上も大きな意義があり、いろいろと問題はあるにせよ、今後のURLにひとつの転機を与える構想であるといえよう。

これを、日本の自然条件、社会的条件に当てはめて考えてみると、必ずしも手放しで受け入れられないところもある。思いつくままに、いくつかの例を上げると、

(1) サイトの性能の事前予測：信頼される試験・調査法を確立することに対する期待は大きいが、スウェーデンのように先カンブリア紀の安定した地層と第四紀の被覆層しかない単純な地質の国では、地表からの調査は比較的容易であるが、日本の場合、一般には岩相、断層とも要求される精度で予測があうことは、むしろ例外で、このゴールに達しないおそれもある。むしろ地表調査から、調査坑調査へ、また建設時の調査へと、情報を修正しながら、最終処分への性能を評価していく方法の実証が必要であろう。調べながら、対策をこうじながらのシステムの構築（あわなかった時どう対処できるかを人に見せること）、この考え方を定着させることの方が重要と思われる。

(2) URLサイト 乱れていない地域の選定：モデリングに関する初期条件を与える点では、共通の重要事項ではあるが、日本のような変動帶では、地質の複雑さから、断層・割れ目を充分に考慮した、地下水流れや物質移行のモデリングには限界があり、初期条件や擾乱を考慮する以前の難点も多い。むしろ、長期的な地質現象の変化（化石水の動きや水質の変化など）を分析、解析するのに重要な条件である点で、目標が多少異なっている。

(3) 実規模またはひな型での実証：日本でも地下石油タンクや地下圧縮空気貯蔵／ガスタービン発電など、新しい地下利用に際しては、実証プラントによるシステムの実証は、しばしば試みられており、これはHard Rock Labo. の構想に近く、技術的にも、PA上も有効な実績を修めている。地層処分では、具体的な安全審査の方法を構築する面からも、実

証施設は重要である。しかし、実際のプラントは、社会的条件の違いや地質条件の違いから、設計の仕様が、実証プラントと大きく異なることがしばしばあるが、何故変わったかに対する理解が、安全規制の面からも、PA上もなかなか得られないという経験が多い。日本では、予想される設計変更に対する代案の実証も並行して行うくらいの肌理細かいプログラムが必要のようである。また、ホットな原位置試験が難しいのも実規模実証には大きな難点である。

(4)Hard Rock Labo. の目標には、Post Closureに関する試験、調査について、あまり触れられていないのが気になるところである。バッファー機能の破壊、空洞の崩壊や断層活動による変位など、「壊れても安全」や「壊れない」の解析や実証、処分後の浸水とともに、なう処分施設の環境変化の影響、周辺の地下水が動かないことの実証など、長期の変化に関するナチュラルアナログ的手法とともに、もう少し積極的にプログラムに組み込まれてもよい項目も多い。

以上、日本における、次世代のURLへの期待としたい。

(小島 圭二：東京大学工学部資源開発工学科 教授)

5. 2 HARD ROCK LAB についてのコメント

Hard Rock Lab（以下HRLと略す）の内容についての情報が少なく、その詳細は知らないが、ストリパ計画に関係した者にとっては非常に興味あるプロジェクトであるので、その関連についてコメントを述べる。

HRLはストリパ計画で使用された方式とは少し異なるが、スウェーデン独自の国際交流方式をとり、主体はスウェーデンながら各国の協力を呼びかけている。基本的な考え方は、基礎技術から応用まで段階的なプロセスを踏むことをストリパとHRLに見いだしているようであり、長年のストリパ計画を通して育まれたさまざまな技術の継続、発展との応用・検証に力点を置いている。岩盤工学の立場からみると、実物の岩盤を対象にし、かつその実証規模を大きくしていることはきわめて有用と思われる。特に自然岩盤は内部が見えないために、かつ場所場所で特性が異なるという、いわゆるサイトスペシフィックな面が強く出るため、調査、試験、設計、施工、モニタリングといった一連の作業のシステムの組上げが困難になってくる。個々の要素技術はジェネリックな面から進展が図られるが、このような複雑な現象の取り扱いには特にシステム化が重要になってくる。スウェーデンでは既に中低レベルの放射性廃棄物地層処分が進行中で、ノーハウを蓄積している。こうした積み重ねにより、方法論の確立に向けての準備が着々と進んでいるといえよう。

岩盤の中でも、地下水に関しては一般社会人が接する機会が多く、生活水と直接イメージ的に結びつくため、地層処分では、一般人の常識にみて不安と思われる要素を技術論的な観点からだけでなく、社会科学的に説明できる方法論が必要であり、そのためには地層処分の形態を体験できるURLは貴重である。HRLにそのような視点が含まれているかどうかは定かでないが、ストリパからの一連のステップバイステップの歩みはPA上も大きな役割を担っていると感じられる。ストリパでは実現しなかったが、地下施設閉鎖後の挙動を把握する研究はぜひ実施してもらいたいものである。とかく、地下の空洞掘削時の岩盤挙動が問題となるが、時間的なスケールからすると閉鎖後の時間がはるかに長い。完全に施設が封鎖され、水没した後は実物では岩盤挙動を細かくモニター出来ないこともあり、こうした実証施設での検証が望まれるしだいである。

わが国の現状は、スウェーデンのような動きを見ているといかにも心許ない。個々の要素技術はすばらしいものがあるが、日本の岩盤にそれらの技術が適用できるという証がな

いため、説得力に欠ける面が否めない。問題の洗い出し、システム化、実証といえども規模の小さい地下実験施設の限界、可能性についての十分な詰めを行い、社会的な認知を得ることがそろそろ必要ではないであろうか。

(大西 有三：京都大学工学部環境地球工学専攻 助教授)

A p p e n d i x

太平洋炭鉱における切羽出水に関する研究(第3報)

—含水層と含水層中の貯留ガスについて—

佐藤松男¹
佐藤進²

1. 緒 言

筆者らは当鉱の夾炭層の基盤をなす白亜紀層中に形成される、いわゆる下盤含水層について、主として切羽出水の防止を目的とした研究を行ない、第1報¹⁾(昭和32年)、第2報²⁾(昭和34年)として報告した。その後約20年の歳月を経過したが、この間陸上と坑内からのガスの採取、坑内からの水抜井、切羽出水の観測等によつて、多くの観測資料が蓄積され、含水層の性状が明らかとなり、また新たな現象として、含水層内の著しい水位低下がみとめられ、その結果含水層内の空隙中にメタンガスの貯留が確認され、現在まで約2,000万m³のガスが採取され、利用に供されてきた。

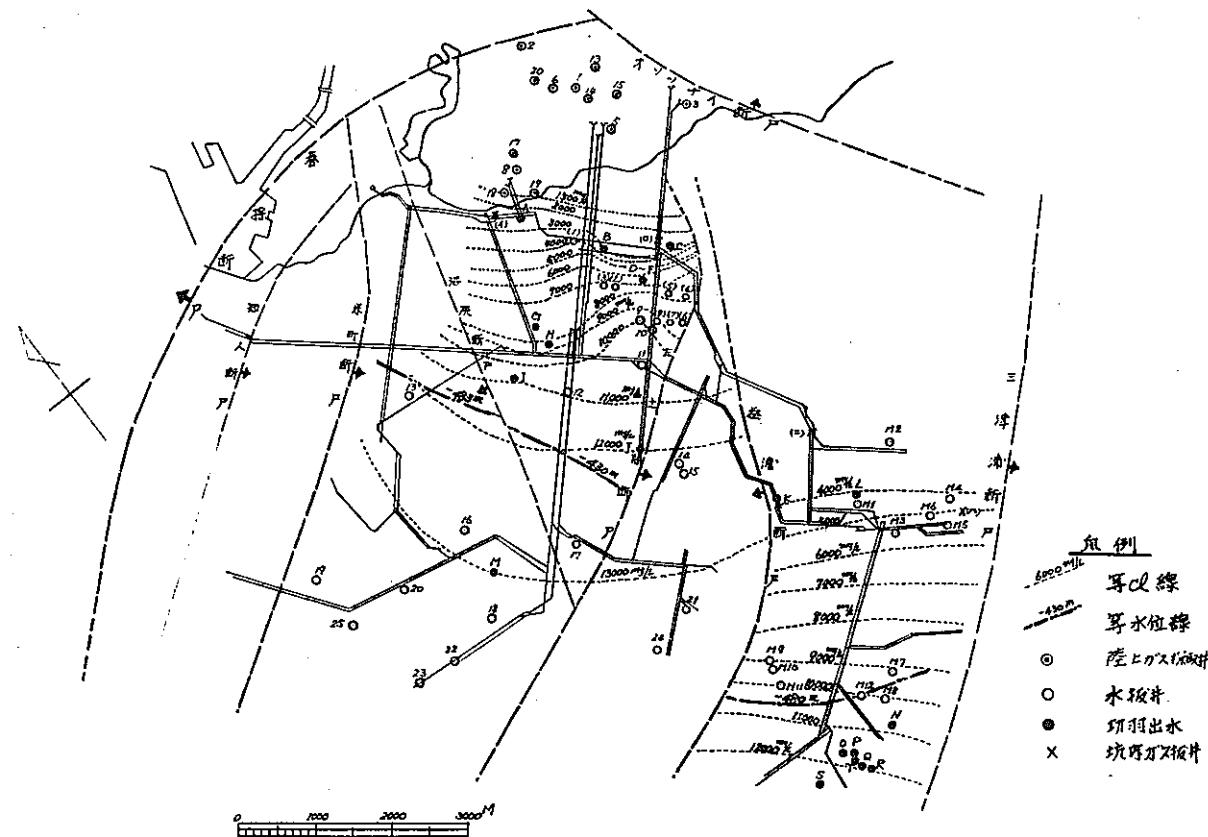
本報告では第3報として、これらの観測資料にもとづい

て、含水層の性状とその地域分布および切羽出水との関連、含水層内に形成されたいわゆる遊離ガスの二次鉱床とその資源量の評価、適正ガス採取量等について述べるものである。

2. 含水層中の化石水

すでに述べたとおり¹⁾含水層中の化石水は、Cl, Caとともに高くSO₄, Mgが少ないいわゆるCalcium-Chloride typeの化石水で、一般に化石水の水質変化のEnd typeであるといわれている。³⁾

従来の水質の観測資料¹⁾からも、化石水中のCl, Ca値は深度の増大とともに、増加の傾向を示しました各湧出孔のCl値も時間経過によつて、増大することが判明していた。現在までの切羽出水、水抜井の初期Cl値の分布を第1図



* 1979年5月25日受理
1. 正会員 太平洋炭鉱株式会社鉄路鉱業所計画課地質係長
2. 正会員 理博 太平洋炭鉱株式会社取締役

第1図 含水層中のClの地域分布および
含水層中の水位

に示した。

第1図に示したC1値の分布によれば、米町断層-益浦断層間のブロックでは、このブロックが2つの断層で区切られているにもかかわらず、等C1線が地質構造の一般傾向にそつた形を示している。これに反して益浦断層-三津浦断層間の南益浦区域では、等C1線の一般傾向は同じであるが、益浦断層を境として等C1線が大きくずれて分布している。

また米町断層-益浦断層間の区域では、浅い区域では等C1線の間隔が狭く、深部では間隔が広くなり現在の最深部では、ほぼ13,000 mg/Lで一定値を示している。このことは、化石水の起源である海水浸入の濃度を示していると考えられ、第三紀層堆積開始直前の古地形を示唆しているようにも考えられる。

3. 含水層の性状

3.1 含水層厚

第2報²⁾では白亜紀層頂部の含水層の一部を確認しただけであったが、その後数多くの水抜井、ガス採取井によつて、含水層の厚さが確認された。これらの資料からみて、含水層の厚さはなわち白亜紀層中の裂隙分布の厚さは40~50m、特殊な場合最大100m程度と考えられている。含水層中の水位については別に述べるが、第1図に示した地質構造単位の水位の差からみても、含水層中の水が断層をこえて移動していないことを示している。沼尻断層の落差は、50~60mである。

3.2 裂隙の性状

第2報²⁾において含水層を形成する裂隙の性状について述べたが、多くの水抜井の採取コアからみて、裂隙には二通りのものがあり、一つはほぼ水平とみられるものであるが、層位的には近接した孔井のものとはつながらない。

また他のものは70~80°の傾斜をもつもので、上記のものと斜交するものである。しかも後者の裂隙面にはCalcite等の沈着がみられるが、前者のものにはこれがない。これらの裂隙は、網の目状をなして連通して同一のホールを形成するものとみられる。ただ後に述べるが、地域的にみた場合、これら裂隙のよく発達する地域と、比較的少ない区域があり、これが切羽出水の頻度と出水規模に関連している。

3.3 含水層の空隙率

第1表に地質構造単位別の化石水の湧水量の実績を示した。また第1図には化石水の水位の分布を示したが、含水層の空隙率は、湧水量とこの湧水をもたらした含水層の体積から求めることができる。春採区域(沼尻断層-左11片断層)についてみれば、今までの湧水量4,000万m³として、含水層厚を50mとすれば、空隙率は6%となる。後に述べるが、この区域は過去の経緯からみても切羽出水の多い浸透率の高い区域であり、他の区域ではこの区域に比較して、空隙率は低いものと考えられる。

4. 含水層中の水位

昭和41年8月春採本坑材料専用卸の掘さく時に、ボーリングによって、含水層中の水位が確認され、その時の水位が-265mであった。その後昭和51年3月中央東1片水抜井で-415mが確認された。さらに沼尻区域、南益浦区域でもそれぞれ水抜井によつて水位が測定され、これらは第1図に示したとおりである。

春採区域について、湧水量、含水層水位と時間経過の関係を示したもののが第2図^{a)}である。第2図について●印は水位の測定点で、●印は測定結果を資料とした水位低下1m当たりの湧水量と、坑内湧水量から求めた計算値である。

これによれば含水層の最浅部から、材料専用卸の測定点までは、湧水量と水位低下の関係は12万m³/mとなり、またこの測定点と中央東1片水抜井との関係では、これが7万m³/mであり、通算の平均値では10万m³/mとなる。これについては後述するが、深度増加に伴つて切羽出水の頻度の低下、湧水量の減少すなわち浸透率の低下を示しているものと考えられる。

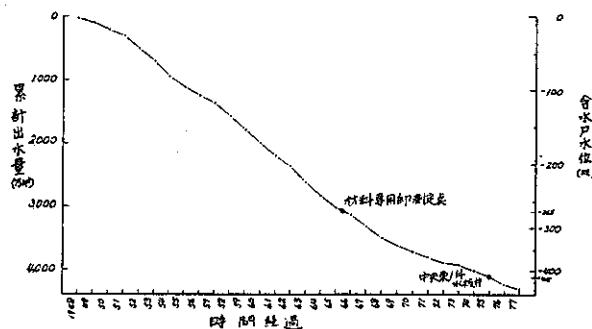
5. ガスの二次鉱床

5.1 ガス採取の経緯

上述した材料専用卸での水位の確認時に、含水層の水のない空洞中から、メタンガスの湧出をみた。その結果から、水位低下の起こつた含水層中に化石水中から分離したガスの二次鉱床が形成されていることを推定して、陸上でガスの採取井の掘さくに着手し、最初に昭和42年6月深度222mで自噴ガス量7.5m³/min、密閉圧0.5kg/cm²の孔井が完成し、陸上で昭和46年12月までに13本のガス採取井を掘さくし、この内11本が成功した。またこれと前後して坑内からもガス採取が行なわれ、これらのガス採取量は第2表に示したとおりである。孔井位置は第4図に示してある。

5.2 ガス圧

陸上のガス採取井No.1の初期密閉圧力は、0.5kg/cm²を示したが、その後時間経過とガス採取量の増加に伴つて、ガス圧は逐次低下を示した。ガス採取量とガス圧の関係は、第3図に示すとおりである。また第3図に示したガス採取井は、3~4本の測定値で最大の孔井間隔は1km程度であるが、何れのものも同一の傾向を示すことからみて、孔



第2図 時間経過による出水量と含水層水位の関係

a) 当鉱の地質構造からみて、含水層の肩部すなわち最浅部は、春採断層で切られているが、この深度は大体0mとみなしてよい。

第1表 化石水の湧水量（その1）

年別		吸出量(m ³)		平均m ³ /日		記事		年別		全坑		音採(奥津)、深部、中央東1片)	
陸上	1967	582,900	1,597	1.11	吸出孔井 No. 1	No.1, 2	1948(23)	0.50	263	0.50	263	263	263
	1968	1,156,600	3,169	2.20		No.2, 8, 17, 18	1949(24)	1.30	683	1.30	683	946	946
	1969	705,700	1,933	1.34		No.8, 17, 18	1950(25)	2.30	1,209	2.155	2.30	1,209	2,155
	1970	572,300	1,568	1.09		No.1, 8, 17, 6, 13, 19	1951(26)	1.80	946	3.101	1.80	946	3,101
	1971	2,141,500	5,867	4.07		No.1, 6, 8, 13, 17, 19	1952(27)	3.70	1,945	5.046	3.70	1,945	5,046
	1972	1,773,800	4,860	3.37		No.1, 6, 8, 13, 17, 19	1953(28)	4.00	2,102	7,148	4.00	2,102	7,148
	1973	1,046,900	2,868	1.99		No.1, 6, 8, 13, 17, 19	1954(29)	4.35	2,285	9,434	4.35	2,286	9,434
上	1974	468,000	1,282	0.89		No.1, 6, 8, 13, 17	1955(30)	3.30	1,734	11,168	3.30	1,734	11,168
	1975	1,754,700	4,807	3.34		No.1, 6, 8, 13, 17	1956(31)	2.45	1,288	12,456	2.45	1,288	12,456
	1976	3,063,300	8,393	5.83		No.1, 6, 8, 13, 17	1957(32)	2.40	1,261	13,717	2.40	1,261	13,717
	1977	1,848,100	5,063	3.52		No.1, 6, 13, 17	1958(33)	4.00	2,102	15,819	4.00	2,102	15,819
	陸上計	15,113,800	3,764	2.61			1959(34)	4.10	2,155	17,974	4.10	2,155	17,974
坑内	1966	5,000,000					1960(35)	4.20	1,997	19,971	4.20	1,997	19,971
	~1977						1961(36)	4.10	2,155	22,126	4.10	2,155	22,126
	合計	20,113,800	5,010	3.48			1962(37)	3.10	1,629	23,755	3.10	1,629	23,755

井相互の連通は明らかである。

5・3 化石水のガス水比

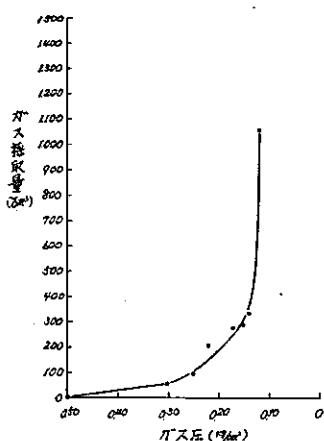
第2報²⁾で化石水中の溶存ガスを測定し、また水抜井からの湧水について、ガス水比を測定して含水層の水が水溶性のガス鉱床を形成することを推論したが、陸上のガス採取井で測定されたガス圧を 0.5 kg/cm^2 として、既存の裂隙容積と減圧によって深部から分離するガス量を計算すれば、ガス水比は理論ガス水比に比較して約2倍となる。また坑内湧水中の溶存ガスを考慮すれば（水抜井No.10では GWR 0.3²⁾）ガス水比はさらに高いものとなる。^{b)}このこ

第1表 化石水の湧水量（その2）

年別	全坑			春採興津、深部、中央東1片			沼尻-中央(沼尻断層以西)			中央東(左11片断層以東)			南益浦		
	年平均量 (m ³ /min)	年間總湧水量 (1,000 m ³)	積湧水算量 (1,000 m ³)	年平均量 (m ³ /min)	年間總湧水量 (1,000 m ³)	積湧水算量 (1,000 m ³)	年平均量 (m ³ /min)	年間總湧水量 (1,000 m ³)	積湧水算量 (1,000 m ³)	年平均量 (m ³ /min)	年間總湧水量 (1,000 m ³)	積湧水算量 (1,000 m ³)	年平均量 (m ³ /min)	年間總湧水量 (1,000 m ³)	積湧水算量 (1,000 m ³)
1963(38)	5.17	2,717	26,472	4.87	2,560	26,315	0.30	106	106	-	-	-	-	-	-
1964(39)	4.68	2,460	28,932	4.17	2,192	28,507	0.51	268	374	-	-	-	-	-	-
1965(40)	6.00	3,154	32,086	3.34	1,756	30,283	2.66	1,398	1,772	-	-	-	-	-	-
1966(41)	6.55	3,448	35,534	2.28	1,198	31,461	4.28	2,250	4,022	-	-	-	-	-	-
1967(42)	11.80	6,202	41,736	3.33	1,750	33,211	4.57	2,402	6,424	-	-	-	-	-	-
1968(43)	11.10	5,834	47,570	3.47	1,824	35,035	3.23	1,698	8,122	-	-	-	-	-	-
1969(44)	11.90	6,255	53,825	2.19	1,154	36,186	3.21	1,687	9,809	-	-	-	-	-	-
1970(45)	11.00	5,782	59,607	1.96	1,030	27,216	2.44	1,282	11,091	-	-	-	-	-	-
1971(46)	12.60	6,623	66,230	1.75	920	38,136	2.35	1,235	12,326	-	-	-	-	-	-
1972(47)	12.40	6,517	72,747	1.40	736	38,872	2.98	1,566	13,892	0.44	231	231	7.80	4,100	19,816
1973(48)	14.10	7,411	80,158	0.74	389	39,261	4.17	2,192	16,084	0.41	215	446	8.80	4,625	24,441
1974(49)	14.85	7,805	87,963	1.73	909	40,170	4.63	2,334	18,518	0.55	289	735	7.94	4,173	28,614
1975(50)	13.66	7,180	95,143	1.79	941	41,111	5.20	2,733	21,251	0.52	273	1,008	6.15	3,232	31,846
1976(51)	14.19	7,458	102,601	2.51	319	42,430	5.23	2,749	24,000	0.75	394	1,402	5.70	2,996	34,842
1977(52)	11.22	5,899	108,500	1.57	824	43,254	4.92	2,587	26,587	0.98	517	1,919	3.75	1,972	36,814

とは第三紀層中の溶存ガスの例としては、特異なものと考えられる。⁵⁾

b) 最近水抜井で測定された例では、水抜井No.24のGWR 2.35の例のようにGWRの高いものも測定されている。水抜井No. 28ではGWR 0.6。



第3図 ガス採取量とガス圧の関係

6. 含水層(含ガス層)の浸透率

含水層の浸透率を考える場合、2つの観点がある。すなわちひとつは、切羽出水の規模と頻度についての地域特性をしらためであり、もうひとつは水位低下のためにガスのたまつた地域でガス採取を行なうために、ガス採取量をあらかじめ推定するためのものである。

第3表に現在まで実施されたガス採取井、水抜井、切羽出水の資料から、圧力差 1 kg/cm^2 当たりのガス採取量(水の場合は湧水量)を求めて、生産指數^{c)}(Productivity Index)として示した。また第4図にこの表から求めたPIをプロットして、地域分布を示した。

第4図によれば、PIの高い区域——ガスの場合で $5 \text{ m}^3/\text{min}$ を示す区域は、春採区域の東側半分で、深け先に向つて長く分布し、しかも先端部で閉塞する形をとつている。また南益浦区域では北、東、南側をとりまく形で分布し、 $2 \sim 5 \text{ m}^3/\text{kg/cm}^2$ の区域が $2 \text{ m}^3/\text{kg/cm}^2$ 以下の区域の中間に分布している。

これによつてみられるとおり、春採区域については、深け先で大規模出水の可能性は、かなり低いものとなるが、南益浦区域では水位にもよるが、これと反対の傾向をもつことがいえる。

またガス採取の立場からは、 $5 \text{ m}^3/\text{kg/cm}^2$ のゾーンに対して重点的に孔

第3表 ガス採取井、水抜井、切羽出水

(1) 陸上ガス採取井

孔井 No.	実施時期	位 置	孔井口 深 度 (m)	湧出量 (m³/min)	密 閉 力 (kg/cm²)	生産指數 m³/kg/cm²	
						ガス	水
1	1967- 6	春採坑ループ北西側	+34.0	7.50	0.50	15.00	(0.15)
2	1967-10	選炭工場南側	+42.0	0.80	0.50	1.60	(0.016)
3	1968- 3	益浦扇風機座東側	+28.1	—	—	—	—
8	1968- 9	興津ブロワー室東側	+26.0	1.63	0.20	8.15	(0.081)
6	1969- 5	桜ヶ岡小学校北東側	+37.2	0.60	0.22	2.73	(0.027)
17	1969- 6	興津貯炭場北側	+29.0	0.90	0.20	4.65	(0.046)
18	1969- 7	興津ボタ山北西側	+28.5	0.60	0.20	3.00	(0.03)
14	1969- 9	春採坑原炭ポケット西側	+32.2	0.25	0.17	1.47	(0.014)
19	1969-12	興津ボタ山東側	+28.9	0.54	0.12	4.50	(0.045)
13	1970- 4	望洋グランド北側	+36.1	5.40	0.13	41.54	(0.415)
5	1970- 6	春採坑坑口東側	+29.4	1.34	0.17	7.88	(0.078)
15	1971- 4	春採坑坑口東側	+32.0	0.60	0.12	5.00	(0.05)
20	1971-12	桜ヶ岡変電所北側	+40.6	—	—	—	—

(2) 坑内ガス採取井

孔井 No.	実施時期	位 置	孔井口 深 度 (m)	湧出量 (m³/min)	密 閉 力 (kg/cm²)	生産指數 m³/kg/cm²	
						ガス	水
イ	1969- 4	興津坑西本坑道3連	-181.5	0.16	0.18	0.889	(0.009)
ロ	1976- 9	春採坑二卸第2ズリ巻立	-222.5	1.40	0.15	9.33	(0.093)
ハ	1977- 2	南益浦東1片切替昇1号	-260.0	3.60	0.15	24.00	(0.24)
ニ	1978- 2	南益浦排気坑道	-183.0	2.30	0.10	23.00	(0.23)

(3) 水抜井

孔井 No.	実施時期	位 置	孔井口 深 度 (m)	湧水量 (m³/min)	密 閉 力 (kg/cm²)	生産指數 m³/kg/cm²	
						水	ガス
M 1	1969- 8	南益浦1片排気	-305.0	0.20	11.0	0.018	(1.80)
2	1969-11	3号卸1号切羽面	-218.0	0.51	3.8	0.134	(13.40)
3	1970- 5	東1片5号目抜	-306.0	0.30	11.5	0.026	(2.60)
5	1971-12	東1片1号	-302.0	0.08	3.2	0.025	(2.50)
6	1972- 1	東1片5号	-287.0	0.30	2.0	0.15	(15.00)
8	1972- 9	東4片1号	-499.0	0.25	19.0	0.013	(1.30)
9	1972-10	西4片斜坑昇1号	-437.0	0.08	17.0	0.005	(0.50)
10	1972-12	西4片斜坑昇1号	-445.0	0.03	15.0	0.002	(0.20)
11	1972-12	西4片斜坑排水	-463.0	0.13	16.2+	0.008	(0.80)
12	1973-11	東4片昇8号	-490.0	0.09	10.0	0.009	(0.90)
No.9	1958- 5	春採坑右10片	-290.0	1.40	15.0	0.093	(9.30)
10	1958- 9	左2卸13目抜	-293.0	3.00	15.0	0.20	(20.00)
11	1961- 5	第5ポンプ座	-333.0	0.90	10.0+	0.09	(9.00)
12	1963	深部卸3目抜	-415.0	0.80	10.0+	0.08	(8.00)
13	1965- 1	沼尻2片	-517.0	0.40	24.0	0.017	(1.70)
16	1973- 5	中央西0片	-598.0	0.80	18.5	0.043	(4.30)
17	1976- 3	東1片	-533.0	0.75	11.8	0.064	(6.40)
18	1976- 4	西2片	-663.0	0.80	18.0	0.044	(4.40)
19	1976- 6	沼尻西2片	-636.0	0.09	22.0	0.004	(0.40)
20	1976- 9	西6片	-591.0	1.10	16.0	0.069	(6.90)
21	1977- 1	東1卸東1片	-603.0	0.015	29.5	0.0005	(0.05)
22	1977- 3	第7本坑道連	-662.0	0.004	19.5	0.0002	(0.02)
24	1977-12	東1卸西2片	-640.0	0.48	30.3	0.016	(1.60)
25	1978- 2	西連絡卸	-631.0	0.009	—	—	—

(4) 切羽出水

孔井 No.	実施時期	位 置	孔井口 深 度 (m)	湧水量 (m³/min)	推定密 閉压力 (kg/cm²)	生産指數 m³/kg/cm²	
						水	ガス
A	1950- 8	興津坑坑底	-200.0	1.00	18.5	0.054	(5.4)
B	1950-10	春採坑左1卸1,2号ロング	-215.0	2.00	19.8	0.101	(10.1)
C	1952- 4	左5片ロング	-205.0	7.03	17.4	0.404	(40.4)
D	1954- 6	第3本坑道 9,10号ロング	-250.0	1.80	18.0	0.10	(10.0)
E	1954- 7	—	—	1.40	17.8	0.078	(7.8)
F	1954- 8	—	—	1.60	17.8	0.09	(9.0)
G	1958- 5	興津坑東2号ロング	-315.0	1.14	19.1	0.06	(6.0)
H	1950- 4	東4号ロング	-333.0	2.00	17.1	0.117	(11.7)

c) 第3表中の水とガスについては、粘性係数で換算したものである。またこの場合PIは正式にはKL/dayで示すが、ここではm³/minで示した。

(4) 切羽出水 (つづき)

坑井 No.	実施時期	位 置	孔井口 深 度 (m)	湧水量 (m ³ /min)	指定密 閉圧力 (kg/cm ²)	生産指數 m ³ /kg/cm ²	
						水	ガス
I	1962- 3	興津坑 20片3号ロング	-370.0	1.66	18.8	0.088	(8.8)
J	1963- 1	春採坑下部2卸30-24号抜	-400.0	2.00	19.1	0.105	(10.5)
K	1967- 7	南益浦坑道	-317.0	3.50	?		
L	1979- 8	南益浦1片2号SD	-290.0	2.20	8.8	0.25	(25.0)
M	1972- 9	中央西1片5号W-SD	-620.0	1.40	18.5	0.076	(7.6)
N	1973- 1	南益浦東4片上層2号SD	-519.0	1.20	21.0	0.057	(5.7)
O	1973-12	東5片上層1号SD	-508.0	1.30	15.5	0.084	(8.4)
P	1974- 5	東5片上層2号SD	-510.0	1.00	14.0	0.071	(7.1)
Q	1974- 9	東5片上層3号SD	-530.0	2.50	14.5	0.172	(17.2)
R	1974-11	東5片上層4号SD	-533.0	2.00	14.3	0.14	(14.0)
S	1975- 1	東6片斜坑上層1号SD	-528.0	1.20	15.5	0.077	(7.7)
T	1975- 9	東5片本層3号SD	-545.0	2.50	12.8	0.195	(19.5)

生産指數の()内は計算値を示す。

井を配置することが望ましい。

7. ガス資源量の評価

全区域のガス量は、極めて概略的にみて今までの湧水量、すなわち約1.0億m³に等しいといえる。またガス圧を0.5 kg/cm²とすれば、理論ガス量は1.5億m³となり、この量から今までに採取されたガス量0.2億m³を差引いた量1.3億m³となる。しかしながらガスの吸出圧の実用限度は-4,000 mm水柱程度と考えられるので、ガス採取量はさらに少ないものとなる。

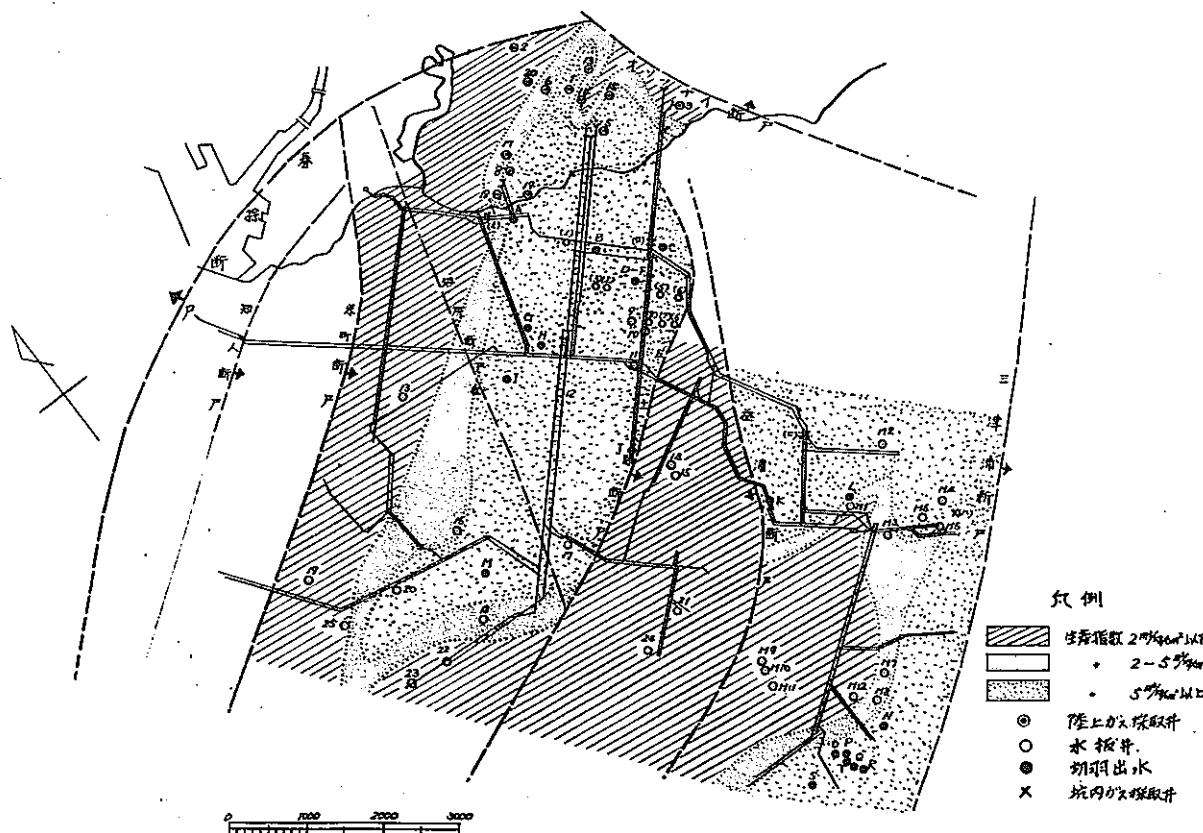
採取可能なガス量の計算は、区域別の化石水の湧水量×

(ガスの初期圧力+吸出限度圧力)-既採取ガス量となる。またこの場合生産指數 2m³/kg/cm²以下の区域では、ガス採取を行なつても、あまり経済的でないので採取井は作られないこととなるが、これらの区域のガスも隣接区域が減圧されることによつて、ガスの移動がおこると考えられる。

ガス採取可能量の計算値を第4表に示した。これによれば、10m³/min (500万m³/年)のガス採取量で、ほぼ13年分のガス埋蔵量があることになり、またさらに化石水の湧出量は、約

800万m³/年もあるのでこの分のガスの容積が増加することになる。^{d)}したがつてこの増加分を加えると、10m³/min (500万m³/年)以上のガス採取が可能である。

中央東区域(左11片断層-益浦断層)は、採掘もあり進展していないし、かつ測定点もわずか4点のみである。現在までの資料では、浸透率も小さくしたがつて大出水も考えられない。ガスについては、まだ正確な判断はできないが、多くのものは期待できないと考えられる。出水量も180万m³にすぎず、水位もまだあまり下つてはいないと考えられる。



第4図 含水層の生産指數の地域分布

d) 含水層中の化石水は、水位低下によつてすでに相当減圧されるので800万m³/年の化石水から分離されているガス量は、あまり多くは考えられない。

第4表 ガス採取量の計算

区 域	ガス量 (万m ³)	10m ³ /minの採取量の場合の採取期間(年)
(1)* 春採区域 (沼尻下-左11片下)	2,000	4
(2) 沼尻中央区域 (米町F-沼尻F)	2,400	5
(3)**南益浦区域 (益浦F-三津浦F)	1,800	3.6
合 計	6,200	12.6

* 既採取量 2,000万m³

** 炭層と白堊紀層が近接しているため、ガス採取に当たつては、採掘跡の空気が混入するため計算値1/2とした。

8. 要 約

(1) 含水層中のC1の深度分布は、米町断層-益浦断層間では、地質構造の一般傾向にそつた形で分布し、等C1線の間隔は、浅部で狭く深部で広くなり、現採掘区域の深部では、ほぼ一定値を示している。これに反して益浦断層-三津浦断層間の南益浦区域では、等C1線は大きくずれて分布している。

(2) 含水層の層厚は40~50mと考えられ、空隙率は、春採区域で6%程度である。含水層を形成する裂隙は、ほぼ水平のものと、70~80°の傾斜をもつものによつて形成されている。

(3) 含水層内の水位は、探査ボーリング、水抜井によつ

て確認されたが、各地質構造単位毎に異なる深度を示している。それぞれの深度は第1図に示すとおりである。

(4) 含水層の水位低下によつて形成された空洞中には、化石水から分離したメタンガスが貯留し、遊離ガスの二次鉱床を形成している。

(5) 含水層中の空洞中に貯留されたガスの初期圧力は、0.5 kg/cm²を示し、ガスの採取によつて減圧するが、化石水のガス水比は、理論値に対してかなり高いものと推定される。

(6) 切羽出水の規模、ガス採取量を示す指標としての含水層のガスの生産指数の地域特性を第4図に示した。

(7) 含水層中の遊離ガスの資源量を地質構造単位毎に計算して第4表に示した。これによれば現在の貯留ガス量によつて10m³/min(500万m³/年)の採取量で、13年間のガス量をまかうことができるが、さらに化石水の湧水によつて増加する分を加えると、適正ガス採取量は、10m³/min以上もののが考えられる。

参 考 文 献

- 1) 佐藤進: 日鉱誌, 73 [827], p.277~283 (1957)
- 2) 佐藤進: 日鉱誌, 75 [851], p.306~312 (1959)
- 3) 本島公司: 日鉱誌, 78 [885], p.205~210 (1962)
- 4) 佐藤進: 日鉱誌, 76 [861], p.173~178 (1960)
- 5) 金原均一・本島公司・石和田靖章: 天然ガス, 朝倉書店 (昭和33年)

On the Water-sput at the Working Faces in the Taiheiyo Coal Mine,

Kushiro City, Hokkaido (3rd Report)

— On the water reservoir and inflammable gas —

by Matsuo SATO¹ and Susumu SATO²

As we previously stated in the 1st report (1957) and the 2nd report (1959), the writers carried out a research on the water reservoir of the cretaceous formation underlying the Harutori coal bearing formation.

With newly obtained data for 20 years, it is our intention to describe herewith conditions of the water reservoir and filling inflammable gas, which can be summarised as follows:

1. The distribution of the chlorine content in the water reservoir has the same pattern with the general trend of the geological structure, the content increasing as the reservoir becomes deeper: contour intervals of the C1 content correlate with the depth of the reservoir, fine nearer the surface and coarse at deeper levels, and fixed at about 13,000 mg/L. The area of Minami-Masuura, however, has peculiar features.
2. The thickness of the water reservoir is 40m - 50m, the voids ratio at the Harutori area is about 6%, and the fissures of the reservoir are almost horizontal and cross with angles of 70° - 80°.
3. By boring and drainage wells, each water level of the reservoir has been proved different by one block of geological structure as shown in Fig. 1.
4. The cavity occurred due to lowering of the water level of the reservoir is filled with inflammable gas separated from the connate water.
5. The initial pressure of the gas filling in the cavity is 0.5 kg/cm², and the gas water ratio of the connate water is calculated pretty higher than the theoretical value.
6. The Fig. 4 shows the gas productivity index of the reservoir as a regional feature indicating quantity of the water-sput and the production rate of the gas.
7. The Table 5 indicates free gas resources of the water reservoir by one block of the geological structure. We estimated the annual production with the present reserve as 5,000,000 cm³, and taking account of the increase by pondering connate water, the possibility can be higher.

1. Chief of Geology Group, Planning Section, Kushiro Colliery, Taiheiyo Coal Mining Co., Ltd.
(Taiheiyo Coal Mining Co., Ltd.)

2. Dr., Director,

Appendix-2 平成2年度報告書の訂正

平成2年度報告書の3.2 水理地質－海底炭鉱の調査結果の検討－について、以下のとおり訂正するか、あるいは、下山氏のコメントを掲載する。

(1) 報告書 10頁：

- ① 第1行目「洪積層の厚さ200m以下の場合は」という部分は削除する。
- ② 第5行目「洪積層」という部分は削除する。
- ③ 下から第3行目「常識的にノンマリンとされてきたが、その後の化石の研究および、地下水中の硫黄の同位体の研究により、マリンである可能性が高いということであった」という部分は、「常識的に、含貝化石層準以外はノンマリンとされてきたが、その後のマイクロ化石の研究により、大部分がマリンである可能性が高いということであった。」に変更する。

(2) 報告書 11頁：

- ① 第11行目「炭鉱の操業の過程での人工的な擾乱」と書かれているが、これについての下山氏のコメントは「炭鉱の操業の過程での人工的な擾乱の影響は極めて少ないと考えている」である。
- ② 第12行目「淡水の水質の進化の説明」について、下山氏は、この考えを否定し別の機構を考える必要があるとしている。
- ③ 第21行目のトリチウムの件は、平成2年度の報告書の12頁の記録にもあるとおり、データが曖昧であるので削除する。

(3) 報告書 36頁：

- ① 第14行目「過去数1000万年の間」を削除する。
- ② 第15行目「第四紀層の水は塩水であり」という部分についての下山氏のコメントは「第四紀層の水は、塩水だけでなく、淡水もある」ということである。
- ③ 下から第2行目「基盤岩からの湧水は、20年前の水というデータもある」という部分は、データが曖昧であるので削除する。

(4) 報告書 37頁：

① 第3～4行目「この淡水の水質は、地表水とは異なり、地表水が長い間に地下で進化した経路をたどっている」という部分は、近藤氏の考え方であり、既に述べたように下山氏は別の見解を示しているわけである。

(5) 報告書 39頁：

- ① 第9～10行目「第2点は炭層の・・・・推定されたことである」の部分は削除する。
- ② 下から第4～5行目「三池炭鉱は、操業停止状態にあり」は、不正確で、三池炭鉱は現在も稼働している。