

ジオトピア構想検討(II)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究報告書)

1989年3月



株式会社テクノバ

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒107 東京都港区赤坂 1 - 9 - 13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

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

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

ジオトピア構想検討（Ⅱ）

※

小奈勝也

要 旨

科学技術庁においては、21世紀を指向した、深部地層の持つさまざまな特徴を活かし利用する地底総合開発構想（ジオトピア構想）の検討を進めて来た。ジオトピア構想の目指すところは、地下に安全で、快適で、利便な環境を創出して行くことである。そのためにはジオトピア研究の推進が不可欠であり、広範にわたる研究を有機的、効果的にプロジェクトへ移行させるためには、ジオトピア研究センター設立が必要である旨提言してきた。本年度の検討は、昨年度に行われた検討成果を基盤とし、ジオトピアプロジェクトとして実現するまでを、シナリオとして明確化する目的で進められた。

検討の成果として、地球の工学として位置づけされるジオトピア研究は、地球研究の一端を担うものであり、研究分野に対するフィロソフィーとして、宇宙から地底までを横断的に捉えていくべき点を強調した。また、ジオトピア研究センターの実現化に当たっての検討諸課題を明らかにすると同時に、同センターでの研究テーマを、ベーシックサイエンス、デザインオーソリティ確立の観点から調査分類を行い、各々のテーマ別の具体的項目を例示した。

さらに、ジオトピア研究センターと地域社会との関わりについて検討し、施設概念、運営体制のイメージを明かにすることにより、実現化に当たっての地域への誘致誘発のシナリオ、波及効果、シナジー効果等を考察した。最後に、全体計画熟度向上のために必要とする課題を示した。

本報告書は、株式会社テクノバが動力炉・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：630D191

事業団担当者：坪谷隆夫（環境技術開発推進本部課長）

※：株式会社テクノバ調査研究第二部長

⇐

PNC TJ4360 89-001
MARCH 1989

GEOTOPIA CONCEPT STUDY (II)

Katsuya Ona*

Abstract

The Science and Technology Agency has been undertaking an investigation of the potential of an integrated underground development concept oriented towards the twenty-first century, referred to below as the "Geotopia Concept". This concept would make optimum use of the diverse special characteristics of the deep underground layers of the earth. The aim of the Geotopia Concept is to create a safe, comfortable, and convenient environment underground. To accomplish this, the promotion of Geotopia research is indispensable. It was proposed that a Geotopia Research Center is necessary for a coordinated and effective Geotopia research effort which would lead to actual projects.

The objective of the Science and Technology Agency study this fiscal year is to clarify a scenario of the stages leading up to the realization of actual Geotopia projects, based primarily on the results of the Agency study conducted last fiscal year.

One result of this study was the recognition that a research philosophy allowing for studies traversing fields ranging from space to geology was necessary, for Geotopia research is classified as a part of earth engineering, an area of earth science. The various research issues which would arise following the realization of the Geotopia Research Center were clarified. In addition, a list of specific research items was compiled in accordance with each research topic. The research topics to be treated at the center have been studied and classified, and will be approached from a basic scientific vantage point with a view towards the establishment of a design authority.

Futhermore, based on an investigation of the relationship between the Geotopia Center and the area surrounding it and a clarification of the facilities concept and operating structure, a scenario of a) the economic activity it would attract and induce, and b) the repercussion and synergistic effects on the surrounding region were considered. Finally, topics which impact upon the progress of the overall project were indicated.

Work performed by TECHNOVA Inc. under contract with the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liason: Takao Tsuboya
Deputy Director
Radioactive Waste
Management Project

*Katsuya Ona
Director
General Manager
Planning Department
TECHNOVA Inc.

ジオトピア構想検討（Ⅱ）報告書

目 次

はじめに	1
第1章 地球の工学とジオトピア構想	3
1. 1 地球の工学	3
1. 2 地球研究の考え方	3
1. 3 地球研究とジオトピア研究	4
第2章 ジオトピア構想とは	6
2. 1 ジオトピア構想の目標	6
2. 2 ジオトピア研究の範囲	15
2. 3 ジオトピア研究センターの位置づけ	17
第3章 ジオトピア研究センターの実現化	18
3. 1 実現化に必要な検討課題	18
3. 2 ジオトピア研究テーマの調査	20
3. 3 ジオトピア研究センター建設テーマの選定と分類	23
3. 4 ジオトピア研究テーマの具体例	24
第4章 ジオトピア研究センターと地域社会との係わり	26
4. 1 ジオトピア研究センターの施設概念	26
4. 2 ジオトピア研究センターの運営体制	27
4. 3 ジオトピア研究センターの誘致、誘発シナリオ	28
4. 4 ジオトピア研究センターの地域波及効果	31
4. 5 シナジー効果	34
第5章 まとめ（今後の課題）	40
ジオトピア構想検討 懇話会構成メンバー	42
Appendix	45

は　じ　め　に

20世紀、人類のフロンティアは宇宙、海洋であった。

科学技術庁においては地下・地底を人類に残された重要な未利用領域と位置づけ、21世紀を指向した、地下・地底の持つさまざまな特徴を活かし利用する地底総合開発構想（ジオトピア構想）の検討を進めて来たところである。

地下と人類とは、原始の時代から密接に関わりを有しており、今日、その重要性はますます増大しつつある。しかしながら、現在、人類の知り得る地下・地底の情報はきわめて少なく、その利用部分、到達の深さも地球半径6,400 Kmからみれば、ごく表皮の部分に過ぎない。地下・地底の利用を考えるに当たっては、単に利用対象とする領域のみではなく、全体を構成する地球自体について知見を得ること、深めることが第一歩である。地球を知ることが、また、宇宙、海洋の利用・開発にとってきわめて重要な意味を持つ。

本年度の検討は、昨年度に行われた地下・地底の基盤的研究、開発要素ならびに課題の摘出等の検討の成果を基盤として、これらの摘出された開発要素課題を、さらにプロジェクトとして実現するまでのシナリオとして明確化することを目的として進めたものである。

本検討が今後のジオトピア構想実現にとって一助となれば幸いである。

平成元年3月

株式会社 テクノバ
会長 京 谷 好 泰

第1章 地球の工学とジオトピア構想

1. 1 地球の工学

宇宙を意識する以前、ホモサピエンス・サピエンスの時代より、人間と地下との関わりは始まっているものの、現代においてもその実体的な関わりの領域はほんの表皮部分に過ぎない。

人類が月に至り、火星を始めとした宇宙惑星の探査を行い、宇宙環境の利用に着手しようとしている今日、地下数百メートルより深い地層環境に関するデータは充分とはいえない。固体地球の活用を計画する以前に、地球起源・創成に関する研究、固体地球の固有する諸物性の解析・評価等、地球を対象としたベーシックサイエンスの研究が不可欠である。

ジオトピア研究では、地下・地底環境（以下、深部地層環境と称する）、広義には地球をよく知るためのベーシックサイエンスと固体地球環境を利用していくためのテクノロジーの両者からなる、いわゆる地球の工学の発展を推進すべき課題と考える。

1. 2 地球研究の考え方

人類がアポロで月に行き、月を研究することによって様々な情報が得られ、地球の起源、創世に関する多くのことが明らかになってきた。それまで有力であった地球の原始体としての月、つまり地球は月のようなものが集まって出来たとする仮説は否定され、原始地球の実体は、宇宙空間で物が衝突し、これが繰り返されている間に、物質に含まれる水などの微量の揮発性成分がガスとして放出され、これが次第に高濃度になってドロドロに溶けてしまった状態、すなわちマグマオーシャンであったとする説が今日では定説になっている。

また、マグマオーシャンのあった段階で、大気中に豊富に含まれていた一酸化

炭素から生命に必要なアミノ酸ができ、これが海の形成される過程で海に落ちた。つまり原始大気の中から生命の源が出来たとする説が言われるようになった。

さらに、ラブロックのガイアの仮説では、植物光合成反応による酸素の蓄積や、植物の存在自体が地球の反射率を変えることなどによって、地表温度が変わっているとされているが、地球の温度は大体現在の気温付近に何十億年か安定している。

地球の温度維持には、本質的には大気、大陸、海底、マントル間の二酸化炭素の大循環が支配しており、生命は付加的に係わっていることなどが明らかになりつつある。

このように地球のことを研究する場合に、これまで、大気、地表、内部と分け、互いの相互作用を無視して議論されてきたが、こういった最近の研究からは、地球は全体を1つのシステムとして考えなければ分らないということが明らかになってきている。

地球は全体として1つのシステムをつくっており、互いにエネルギーや、物質のやりとりをしていること、そしてそれが、例えば我々が住んでいる地球環境を規定していることを充分理解した上で、それぞれの研究に取り組む姿勢が必要である。

1. 3 地球研究とジオトピア研究

地球を対象とした研究の場合、地球が複雑なシステムから成り立っていることに、まず注意しなければならない。

地球を構成している個々のシステムは単純化して考えることができるが、それが地球という規模で集まると全く別の現象が現れ、このことを無視しては研究は成立しない。

ジオトピア研究において、地下を対象とした種々の研究を行う場合でも、例えば大気と地殻とマントルの物質循環に関して、表皮の部分である1,000m程度までの地下がどのような役割を果たしているのか、あるいはこの物質間のエネルギーフローにどのように関わっているのかなどの、地球というシステムの一部を研究

すると言う観点に立ち、対象となる現象等をみていく必要がある。すなわち、クローズド・システムとして地下を考えるのではなく、大気や地殻、マントルなども含めたオープン・システムとしての地下を、研究の対象と考えていかなければならない。

このようなことから、地球の工学として位置づけられるジオトピア研究は、地球研究の一端を担うものであり、研究分野としては宇宙から地底までを横断的に捉えていくことをフィロソフィとする。

第2章 ジオトピア構想とは

2. 1 ジオトピア構想の目標

「ジオトピア構想」は、ギリシア語の地下（Geo）と、理想郷（Utopia）からなる造語を語源としており、その語源からも伝わってくる通り、深部地層において理想郷実現の願いを込めた、人類の描く壮大にしてロマンを秘めた構想である。

古来、人類と地下との関係は密接な関わりを持ちながら今日に及ぶ。古くは人類の起源としての洞窟人類がそうであったように、地下は生活の場、安らぎの場であった。今日、石油や鉱物など資源確保の場として、地下街やトンネル・水路など輸送の場として、人類にとってかけがえのない存在である。

そして近年、大都市環境や地価問題といった新たな観点から、大深度地下の開発利用構想の具体化が推進されつつある。現代の地下空間活用に対する考え方とその具体的活用例を第2-1表に示す。又、大深度地下に関する主な研究組織を第2-2表に示す。

一方、深部地層には次のような特徴がある。

- ①音や光、塵をはじめ電磁波、宇宙線など外部からの影響を隔離、遮断ができ、温度、湿度などを一定に保持出来やすいこと。
- ②耐震性に優れ、また外部からの災害に対して安全な場となり得ること。
- ③岩盤の高支持力や耐圧性が期待できること。
- ④環境上、地上の施設建造物に関係なく、また景観上の問題もないこと。
- ⑤地熱や地下資源などエネルギーの利用が可能。

ジオトピア構想の目指すところは、深部地層を有効に利用して、地下に安全で、快適で、そして利便な環境（アースアメニティ環境）を創出してゆくことである。その対象とするところは、当面深さ1,000メートル近辺までの直接開発利用する範囲、それより深いところは遠隔制御を主体とする開発利用範囲と設定する。

このことは、深さ100m程度までの領域の経済的開発に主眼を置く、他のジオフロント構想とはその本質において性格を異にしている。すなわち、ジオトピア構想では、地球システムにアースアメニティを創出するために、深部地層環境を知るためのベーシックサイエンス、および固体地球環境を利用するためのテクノロジーという地球の工学（ジオトピア研究）の推進が必要かつ不可欠である。

ジオトピア構想で、当面目標と考えているプロジェクトの一例を第2-1図に示す。

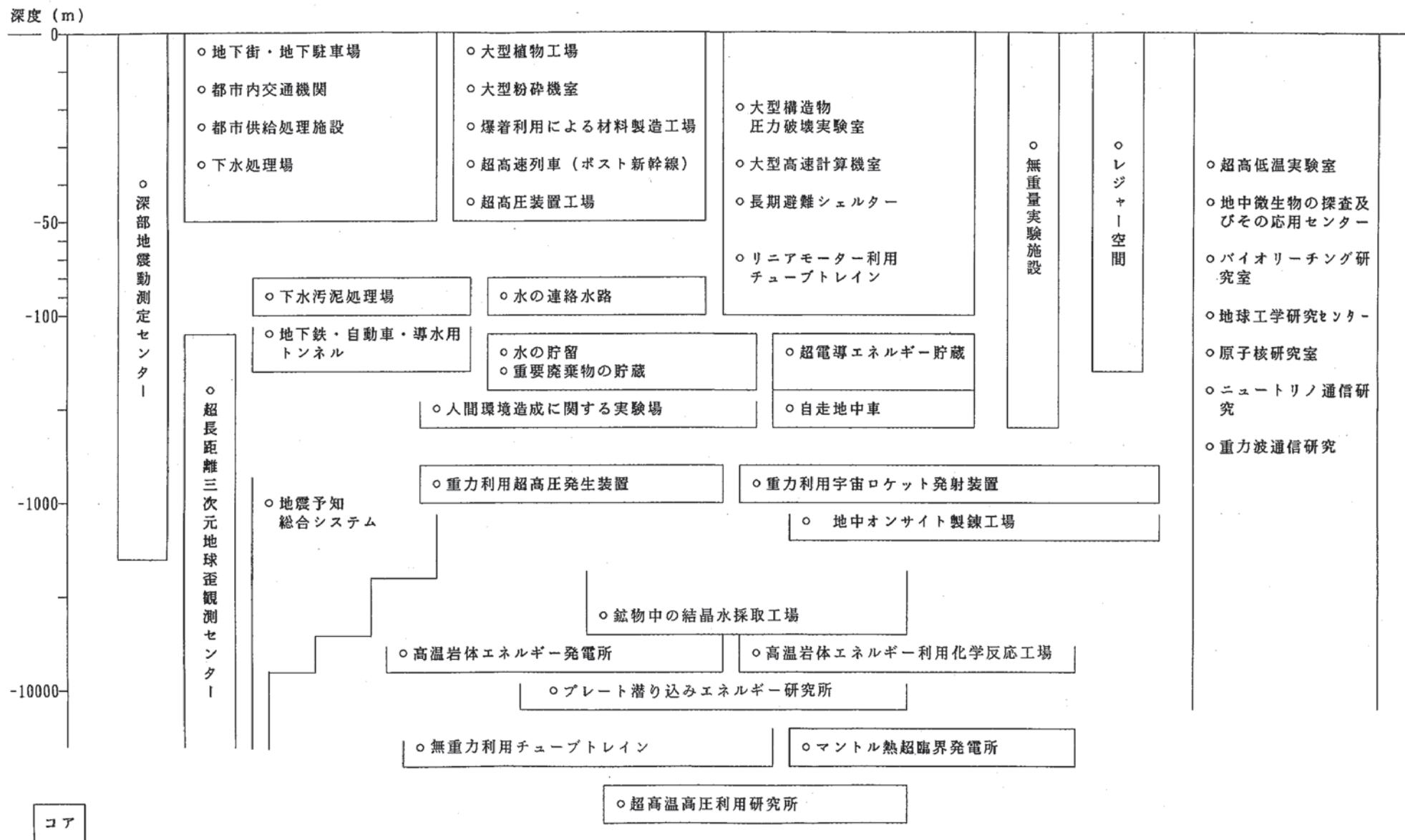
ジオトピアプロジェクトの実現化までの期間を、プロジェクト毎に予想したものが第2-2図である。図が示す通り、概念的に地底と呼ぶことがふさわしい深部地層環境を対象としたプロジェクトは、その実現に多大な研究開発期間を要する傾向がみられ、この上でもジオトピア研究の必要性は高い。

(第2-1図) 現代の地下空間活用に対する考え方・具体的活用例

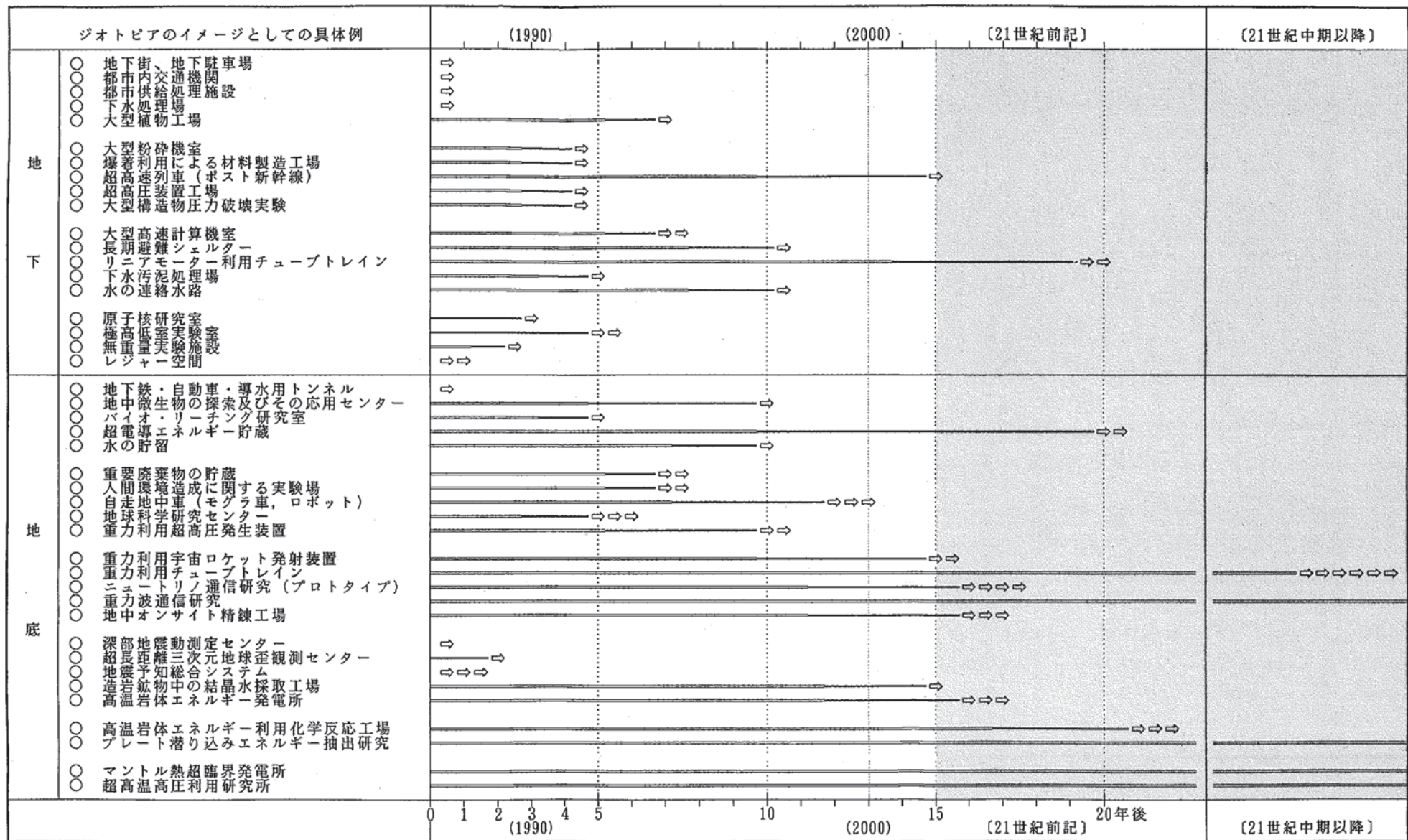
地下空間活用に対する考え方	具体的活用例
必ずしも地上空間が不足しているわけではないが、地下空間の活用も含めて施設を集中化・立体化した方が、より多くの商業的利潤が得られたり、施設の性能が向上したりするため	住宅・事務所・店舗・駐車場等を含む拠点的高密度複合開発、商店街を大幅に導入した地下街、オフィスと地下向上の一体化等。
国土の地理的・地形的悪条件を克服し、国土を合理的に活用するため	道路・鉄道等の山岳横断トンネルや河底・海底横断トンネル等。
人口・産業が集中して過密となっている都市の地上代替空間とするため	道路・鉄道・駐車場等交通施設、情報通信ケーブル、倉庫・備蓄タンク、発電所、河川・雨水貯留施設等、必ずしも地上になる必要が無いものの地下化。さらに、地上にある方が望ましいが止むなく地下化する工場等の生産施設及びオフィス等の業務施設。
地下空間を活用して、都市や地域全体の安全性・快適性・効率性を一層向上させるため	必ずしも地上にある必要のないものの地下化による文化空間・防災空間の確保、比較的大規模な地上公共施設・地下の防災センター、配電線・通信線・高架道路等等景観阻害物の地下化、地域分断となる高速道路等の地下化、歴史的な構造物を保存するための新設建造物の地下化、積雪寒冷地における活動空間の地下化等。
構造物安定性・遮音性・恒温性・恒湿性・断熱性・遮光性・気密性・閉鎖性等の地下空間特性を活用するため	地下工場、地下実験・研究施設・石油・食品等の地下備蓄・貯蔵、地下防災シェルター、放射性廃棄物の地下貯蔵、住宅地下室のオーディオルーム等。
施設の特性上どうしても地下になるため	下水道や地下ダム

(第2-2表) 大深度地下に関する主な研究組織

管 掌 省 庁	研 究 組 織 名	概 要
建 設 省	地下空間利用技術開発委員会 (昭和62年度～)	道路、河川等、地下空間の合理的かつ安全な開発を図るための技術開発を五ヶ年計画で研究。建築、土木、地質や地中の利用状況等の地中国土情報の3分野で構成。平成元年度に財団法人 先端建設技術開発センター(仮称)設立の方針。
	大深度地下空間利用懇談会 (昭和62年度～)	大深度地下利用の際の保障、手続面など行政法、民法の分野から専門的に検討。
運 輸 省	大深度地下鉄整備に関する調査研究委員会(昭和62年度～)	都心部の大深度地下に対する私権を制限することで、地下50m 前後に補償費なしで地下鉄を建設することの検討。
通 産 省	大深度地下空間利用懇談会 (昭和62年度～)	地下にドーム状の空間を開発し、産業・エネルギー施設を建設するための開発技術および法制面について研究。
郵 政 省	大深度地下利用研究会 (昭和62年度～)	電気通信施設、郵便輸送施設等の整備を図るための大深度地下の開発のあり方についての検討。
環 境 庁	地下開発環境管理検討会 (平成元年度～)	地下空間開発に伴う地盤環境影響を予測するために必要な基礎情報を収集整理するとともに、当面の対策、留意事項等を明らかにするための検討。
厚 生 省	大深度水道管路検討会 (昭和62年度～)	大深度地下における水道管敷設を検討。
都市みらい推進機構(官・民)	都市地下空間活用研究会 (昭和62年度～)	建設省と意見交換しながら、通信・エネルギー等、産業施設の地下建設のための開発技術について研究。



(第2-1図) 深さ別にみたジオトピアプロジェクトのイメージ具体例



(凡例) — : R & D期間、— : 実施可能時期、⇒ : ⇒の多いものほど実現困難と予想される

(第2-2図) 開発スケジュールでみたジオトピアプロジェクトのイメージ具体例

2. 2. ジオトピア研究の範囲

(1) 地球観測・探査

現状の地下探査技術では、坑道、ボーリング孔を利用したコア採取、検層等により、ボーリング孔等の周辺の情報を得るに留まっているが、この方法では大規模かつ高精度の情報を得る上で困難がある。このため、種々の探査手法が研究開発されつつあり、リモートセンシングや物理探査、化学探査等も近來相当の速さで具体化しつつある。しかしながら、迅速かつ安価で広範な地域の深部地層環境の高精度な3次元情報については、未だボーリングによる実体的なアプローチが最も有効な手段の範囲であり、今後、このような情報の入手、解析、利用システムを逐次研究開発していく必要がある。具体的には次の各項目が推進課題としてある。

①地表・地中からのリモートセンシング

高指向性エネルギーの利用を含めた技術開発等

②地震予知システム研究開発

地下深部における早期、的確な情報の入手を核としたシステム開発等

③大深度ボーリング

プレート科学解明を目標とした高度掘削技術の開発等

④地中微生物を指標とした地科学探査

深部地層環境に生息すると予想される微生物の調査及び利用技術開発等

(2) 基盤的科学技術

地中環境の利用という観点では、アメニティーの創出の観点から、利便、快適、安全の三課題についての研究開発が重要である。具体的には、次の各項目について技術開発を推進して行くことが望まれる。

①地中アクセス技術開発

高速、超重量、快適、連続三次元移動等高度化及びコスト性を考慮した研究開発等

②空洞開削維持管理・防災技術開発

自動・無人掘削支保、応力等壁面観測・保守システム、排気・排水等閉サイクル技術の研究開発等

また、安全な地中活動のための防災技術の確立等

③地中環境下貯蔵技術開発

生命活動維持に必要な資源・エネルギー、食糧等物資の貯蔵およびその他重要物の貯蔵に関する技術開発

④地中環境の資源利用研究開発

バイオリーチング等による原位置製品化（オンサイト精練技術）等に係る技術開発

（３）閉鎖環境利用研究

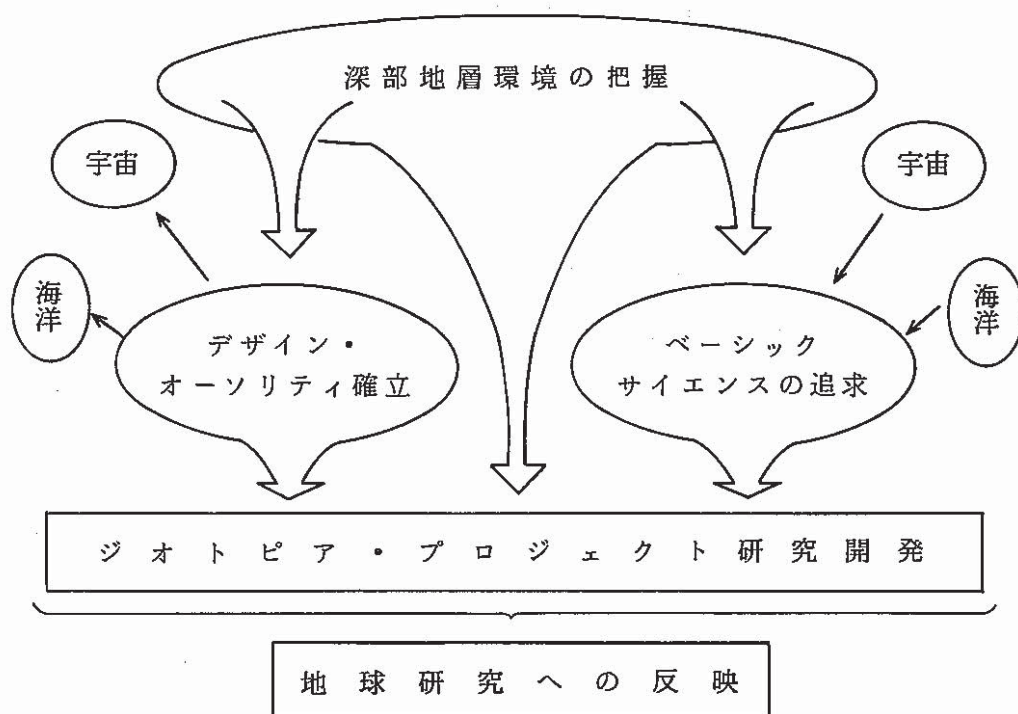
深部地層環境を利用しその開発を進めるという立場では、この環境は、今後利用が期待されている宇宙空間の生活圏を模擬した環境での試験が効率よく実施できるといったように、非常に適した環境である。

また、月面基地あるいはスペースコロニー等、地球から離れた空間・場所（大気等の関係から閉ざされた空間といえるところ）での生命維持に必要な食糧・水等の供給の問題解決の方策のひとつとして、深部地層に独立した密閉空間を設け、自給可能な食料供給システムの研究などに関連の、地中バイオスフェア実証試験などを行うようなことに対しても、非常に適した環境と言える。

2. 3 ジオトピア研究センターの位置づけ

前章で示した広い分野からなる地球の工学とも言えるジオトピア研究を、有機的かつ効果的に結集させ、その成果をスムーズにプロジェクトに移行させるために、「ジオトピア研究センター」の設立が必要であることは言うまでもなく、既に昭和62年度の成果として提言されている。ジオトピア研究センターは、深部地層環境研究開発の中核的実行機関であるとともに、地下へのアクセスの諸施設群を有したいわば事業所としての機能も包含している。ここでは、主に後者のジオトピア研究センターを念頭にしており、このジオトピア研究センターの設置により、産官学にわたる国内研究機関の連携はもとより、国際的共同研究の隆盛および研究成果の公開による一般の理解等への寄与が期待できる。

すなわち、ジオトピア研究センターから、ジオトピアプロジェクトが実現されて行くスキームを第2-3図に示す。



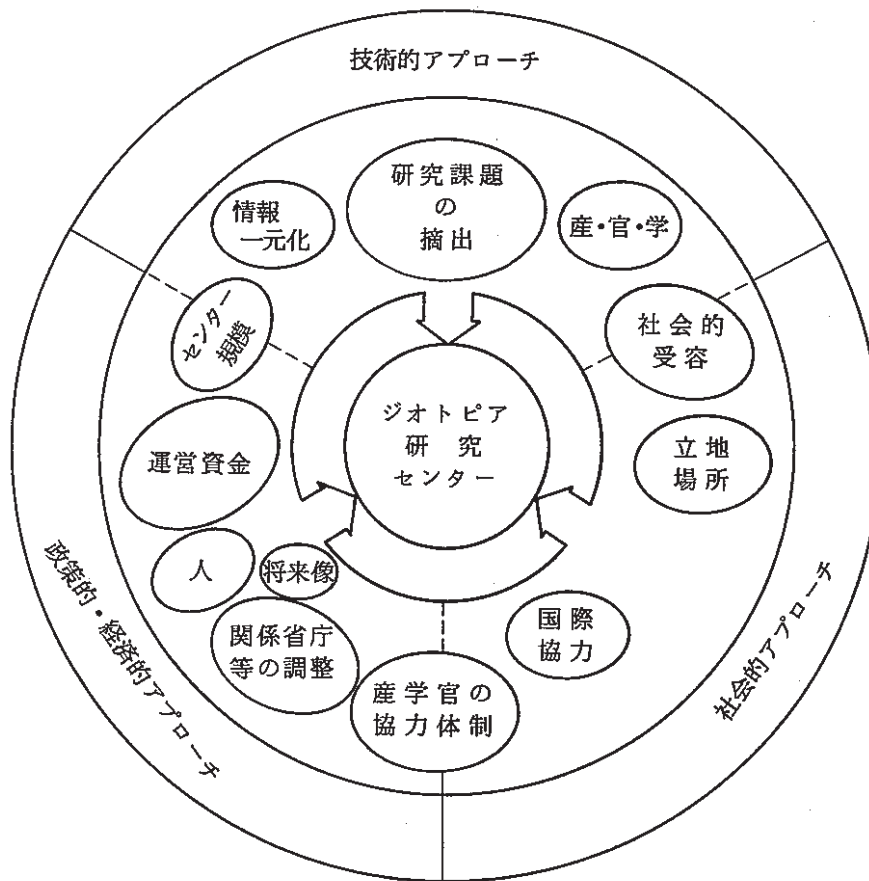
(第2-3図) 研究センターからプロジェクトへのスキーム

第3章 ジオトピア研究センターの実現化

3. 1 実現化に必要な検討課題

ジオトピア構想の実現化のためには、具体的には次のような技術・社会・運営の各面からの検討が必要であり、これらがバランスよく満たされなければならない。（第3－1図）

- ①ジオトピア研究センターにおける研究課題の抽出
- ②設置運営体制の検討
- ③センター規模、立地場所の検討
- ④関係省庁等との調整
- ⑤産官学の協力体制
- ⑥運営資金の確保策の検討
- ⑦その他センター設置、運用に関わる諸問題の検討



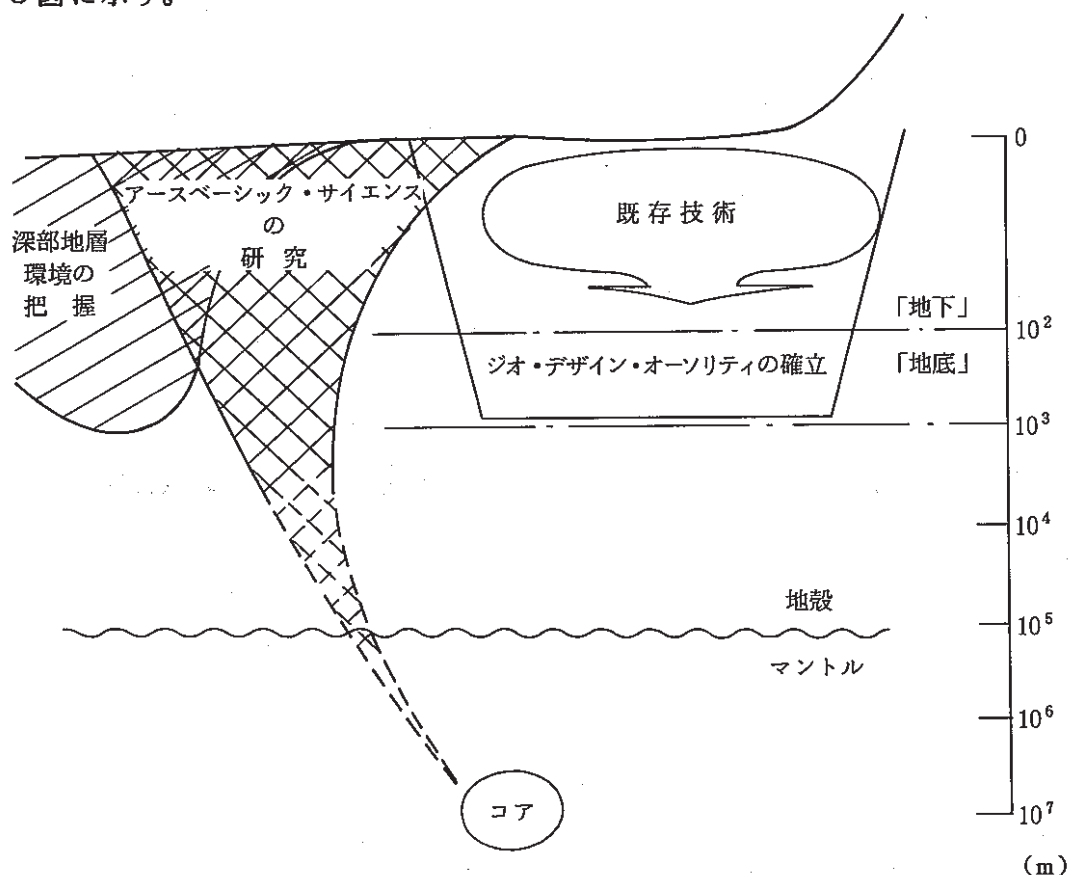
(第3-1図) ジオトピア研究センターの実現化に向けての検討事項

3. 2 ジオトピア研究テーマの調査

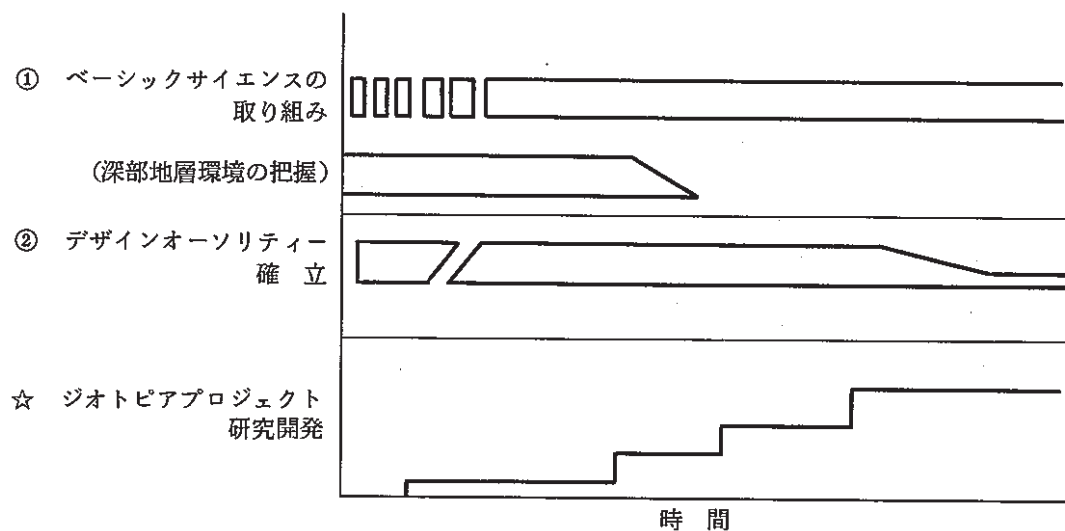
ジオトピア構想では、地下と地底の境界を地表面下100mを目安と考えており、ジオトピア研究は主に地底開発のための研究開発課題、およびこれと直接つながるような地下開発の課題について検討して行くものである。現状では鉱物等の資源利用を除いてほとんど利用されておらず、地底開発のための研究事例はいたって少ない。

このため、研究開発課題の抽出に当たっては、まずは深部地層環境の把握に関する試験研究に着目し、次いでベーシックサイエンスの観点から地底フィールドとした基礎研究に取り組むと同時に地底環境開発のための設計指針、安全性を保障する評価手法等、デザインオーソリティー（計画、製作、建設、維持管理能力）確立の観点から、わが国独自の独創的技術開発に重点を置くことが重要である。

ジオトピア研究分野の相関関係を第3-2図に、ジオトピア研究の流れを第3-3図に示す。



(第3-2図) ジオトピア研究分野の相関関係



(第3-3図) ジオトピア研究の流れ

前章の2. 3節で概観した研究範囲の中から、深部地層環境の把握のための研究開発課題、さらには当面の課題であるジオトピア研究センター建設維持に不可欠なデザインオーソリティーに係わる技術開発課題について具体的項目を以下に示す。

○深部地層の把握のための研究開発課題

(計画設計に関するもの)

- ・調査技術－地盤構造、地盤特性
- ・安全性評価、環境保全－アセスメント手法の研究開発

○デザインオーソリティーに係わる技術開発課題

(建設技術に関するもの)

- ・応力観測予知技術
- ・支保、覆工技術
- ・掘削技術
- ・機械化

(運用・維持管理技術に関するもの)

- ・空調換気設備
- ・給排水衛生設備
- ・採光照明設備
- ・防災設備

3. 3 ジオトピア研究センター建設テーマの選定と分類

前項に示した具体項目等をもとに、当面必要となるジオトピア研究テーマの選定および分類の検討を行った。その検討結果を別表に示す。（第3-1表）。

選定に当たっては、地下で行うことに大きな意義のあるものを優先し、さらに成果が早期に期待できると考えられる項目を抽出した。

（第3-1表） 研究テーマの分類項目

研究項目	研究テーマ
① 地盤構造調査研究	a. 地山応力調査研究
	b. 水理水文調査研究
	c. 割れ目調査研究
	d. 地震動調査研究
	e. 探査技術高度化研究
② 岩盤特性調査研究	a. 岩盤物性調査研究
	b. 力学特性調査研究
③ 建設技術開発研究	a. 掘削技術開発研究
	b. 支保技術開発研究
	c. 覆工技術開発研究
④ 環境・安全性研究	a. 空間特性調査研究
	b. 医学的、精神医学的研究
	c. 生物による影響研究
	d. 換気、空調技術研究
	e. 照明、採光技術研究
	f. 給排水、衛生技術研究
	g. アクセス技術研究
	h. 通信技術研究
	i. 防災技術研究

3. 4 ジオトピア研究テーマの具体例

前項で検討したジオトピア研究テーマの各々について、より具体的な研究内容を別表に示す。(第3-2表)

さらに、これら具体的な各研究内容(代表事例)について、実験方法、理論・数値解析手法等についての概念を検討し、その検討結果を別表に示した。(別表)

(第3-2表) 研究テーマの具体例

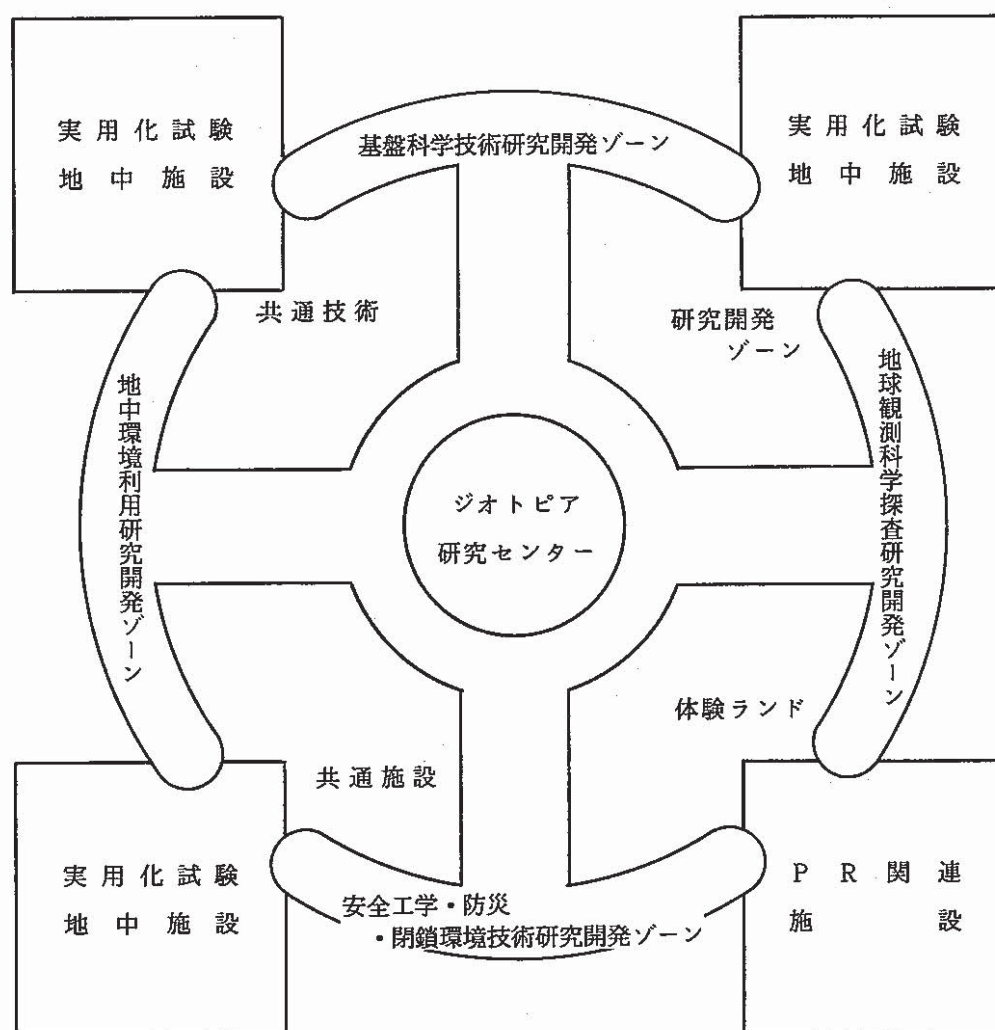
研究テーマ		研究内容
① 地盤構造調査研究	a. 地山応力調査研究	・ 逆解析手法に基づく地山の力学特性の研究 ・ 岩盤の力学特性調査の研究
	b. 水理水文調査研究	・ 深地層における水理機構の調査法の研究 ・ 地下水の水みち調査技術の研究
	c. 割れ目調査研究	・ 岩盤割れ目の調査技術の研究 ・ 水撃圧伝播測定による岩盤割れ目の脈絡探査
	d. 地震動調査研究	・ 地下深部の地震動特性に関する研究 ・ 地震時の地盤変位測定の実験
	e. 探査技術高度化	・ デオトモグラフィ手法の適用性の研究
② 岩盤特性調査研究	a. 透水性調査研究	・ ベントナイトの密封特性研究 ・ 大寸法岩盤塊試料による載荷岩盤透水試験
	b. 透気性調査研究	・ 岩盤透気実験
	c. 熱拡散性調査研究	・ 岩盤の加熱試験および注水試験 ・ 岩盤熱拡散係数の現場迅速・簡便決定試験
	d. 地下水挙動調査研究	・ 破碎帯内の地下水挙動実験 ・ 岩盤地山の地下水による放射性核種の移行実験
	e. 力学特性調査研究	・ 岩盤のゆるみ測定 ・ 高地圧及び高水圧のもとでの岩盤空洞の崩壊条件研究 ・ 破碎帯のような非均質媒体のせん断強度特性研究 ・ 高地圧のもとでの亀裂性岩盤の挙動測定
③ 建設技術開発研究	a. 掘削技術開発研究	・ 特に軟岩（堆積岩）における大深度空間の掘削の可能性に関する研究 ・ ロックメルターの開発
	b. 支保技術開発研究	・ 種々の崩壊機構に対する支保設計の概念研究 ・ 施工中の地山条件に最適な補強法および支保の計測 ・ 高地圧、高水圧、高温下での長期にわたる支保システムの安定性の研究 ・ 任意形状空洞の安定性に関する研究
	c. 覆工技術開発研究	・ 岩盤変形及び地下水流出のコントロール技術の開発 ・ 地下空洞の仕上げ技術の研究
④ 環境・安全性研究	a. 空間特性調査研究	・ 地下居住の環境生理学的研究
	b. 医学的、精神医学的研究	・ 地下居住の精神・心理学的研究
	c. 換気空調技術研究	・ 地下空洞内気流分布測定実験
	d. 防災技術研究	・ 緊急避難時の行動科学的研究 ・ 煙、熱の挙動実験

第4章 ジオトピア研究センターと地域社会との係わり

4. 1 ジオトピア研究センターの施設概念

ジオトピア研究センターの施設概念としては次の通り、基礎から応用までを含む広い範囲の研究を実施する施設からなり、総合研究機関としての性格を有するものとする。

研究施設のイメージを第4-1図に示す。



(第4-1図) ジオトピア研究施設イメージ

4. 2 ジオトピア研究センターの運営体制

運営体制に関して、次の3段階に進化させて考えるのが適当である。

第一期 政府主体の運営 地下研究サイト、地上研究施設、図書・展示館
宿泊施設、保健休養施設

第二期 政府主体の運営と 民間によるインキュベータ・情報センターの設立、
民間主体の運営 支援業務の民間運営、大学等研究機関の誘致

第三期 民間主体の運営 インキュベータ・レジュー施設の運営、試験研究
の委託、国際会議のマネジメント

初期のジオトピア研究は基礎的要素が強く、従って、この段階のセンターは、政府出資による管理運営が妥当である。この段階を第一期と呼ぶ。

ジオトピア研究に参画する企業および地方自治体等によりインキュベータを設立し、センターの支援業務を開始する。この段階から第二期に移行する。

ジオトピア研究の大部分は、政府等からインキュベータが委託を受ける。また、プロジェクト対応の研究推進をマネジメントする。従って、この段階ではセンターそのものは殆ど民間が管理運営を行うのが妥当である。この状態を第三期と呼ぶ。

4. 3 ジオトピア研究センターの誘致誘発シナリオ

(1) シナリオ策定の前提

ジオトピア研究センターの誘致、誘発シナリオの策定に当たっては、第4-2表に示された諸事項の情報の整備を前提条件として、十分に検討を行って行く必要がある。

特に、社会的特性を背景とした地域社会のニーズ把握が誘致誘発シナリオの中では最も重要であり、言い替えれば各地の地域社会の特性・ニーズに従ってアプローチの仕方も異なり、シナリオも一様とはなり得ないということである。

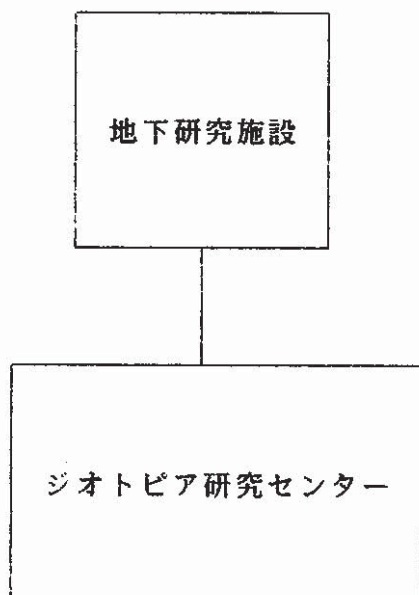
すなわち、ジオトピア研究センターの誘致誘発を引き出すためには、地元のニーズに応えるものが計画の中に包含されていることが基本であり、また、その含まれている割合が高ければ高いほど誘致誘発に関するトリガーとなるものである。

一方、ジオトピア研究センターはその性格から、どの場所にでも建設が可能と言うものではなく、推進する事業者からみて本センターにふさわしい地域が必要であり、この意味からシナリオ策定に当たっては、余りに一般的に適応し得る条件・情報を提示するのではなく、事業者から好ましく思われる地域をいくつか想定した上で、これらの条件での地元合意を形成し易い内容を十分検討する必要がある。

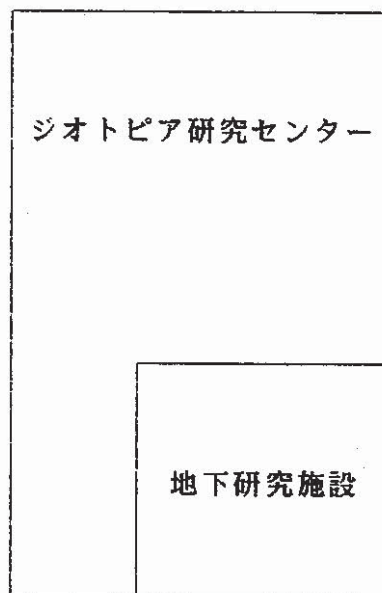
(2) シナリオの一例

ジオトピア研究センターに関しては、現時点で、実施主体（機関）が未定であり、実際の誘致行動はない状態にあるが、現在、深部地層環境に関する研究を地層処分研究の一環として行うことを目的に地下数百メートルより深い深部地層環境に計画されている地下研究施設に、本研究センターをオーバーラップ・リストラクチュアリングすることも実現化の速いものの一つと考えられる。この場合2つの考え方ができる。すなわち、

- ① 地下研究施設を誘致したところに対し、同施設の有効かつ発展的利用として将来ジオトピア研究センターを建設する。
- ② ジオトピア研究センターの建設を当初より計画した上で、実施主体の明確な地下研究施設から先ず先行して建設施工する。

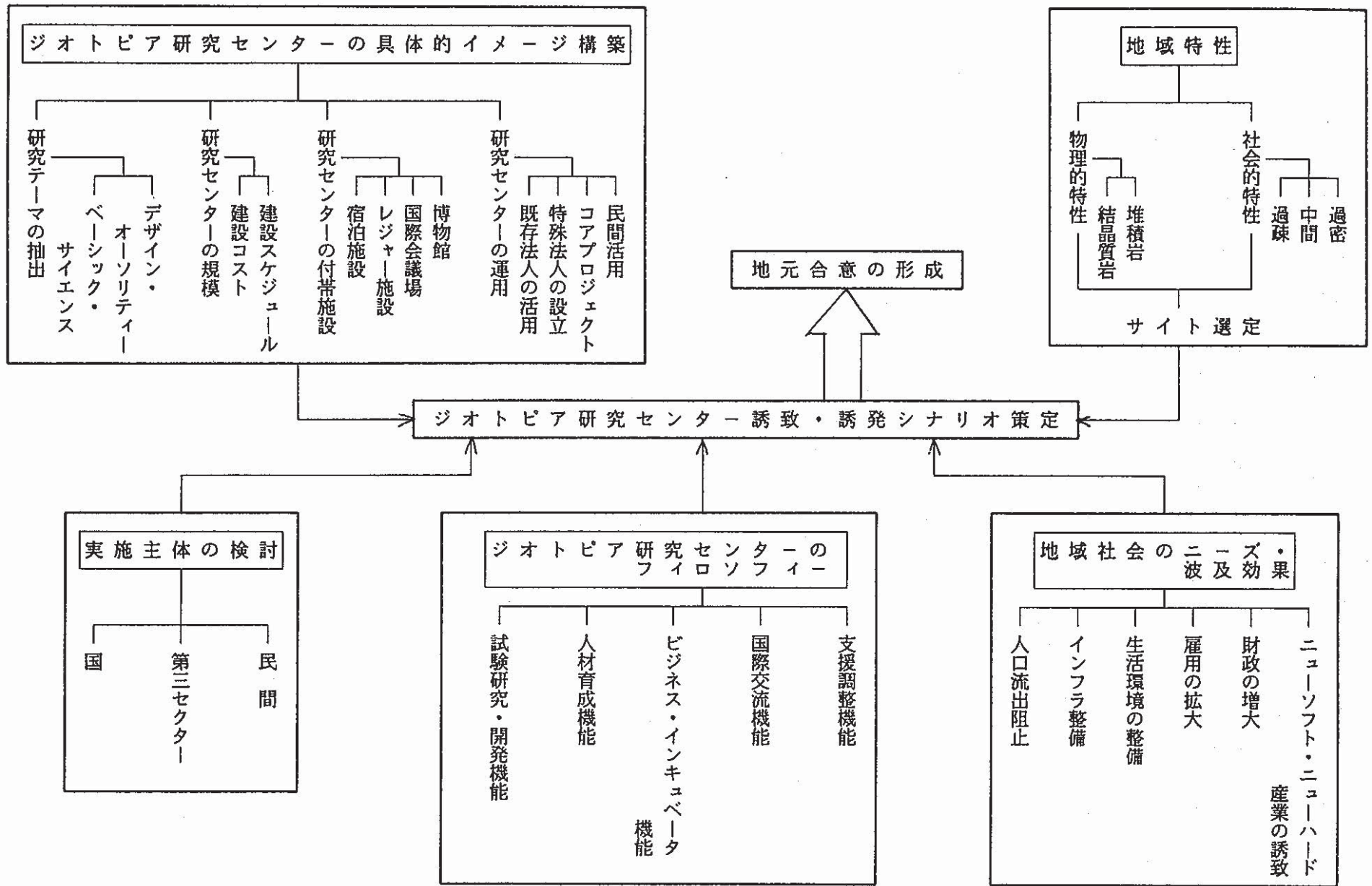


①方式



②方式

この二つのシナリオのうち何れの方法で進めるかは、前項で示したシナリオ策定の前提条件から判断されるべきと考える。



(第4-2図) 誘致誘発シナリオの策定の検討フロー

4. 4 ジオトピア研究センターの地域波及効果

ジオトピア研究センターの設置は、その建設や関連する技術・産業分野の必要性などから、地域の産業活動、雇用、所得等の経済・社会環境面、消費、住環境、教育・文化、都市基盤、交通基盤等の生活環境面において大きな効果をもたらすことになる。また、これらの直接的な効果が相乗的に作用することを通して、「地域経済の自立」、「若年層の地域定住」、「地域技術の振興」、「新しい文化、意識の醸成」、「地域間、国際間の交流拡大」をもたらし、活力に満ちた、そして世界に開かれた地域固有の文化を創り出すことになる。（第4-3図）

一方、このような地域社会の創造は、新たな産業・文化の拠点を形成することとなり、わが国の文化経済社会において、大きな役割を演ずることとなる。

（第4-4図）

地域経済の自立
地域への広がり



行政

民間

社会科学的
研究開発

理工学的研究開発

ジオトピア
研究センター
基礎研究開発
特定研究開発

工学規模研究開発

地域経済の自立
国際化への広がり



新しい文化・意識の醸成
ゆとりある生活の広がり



住民

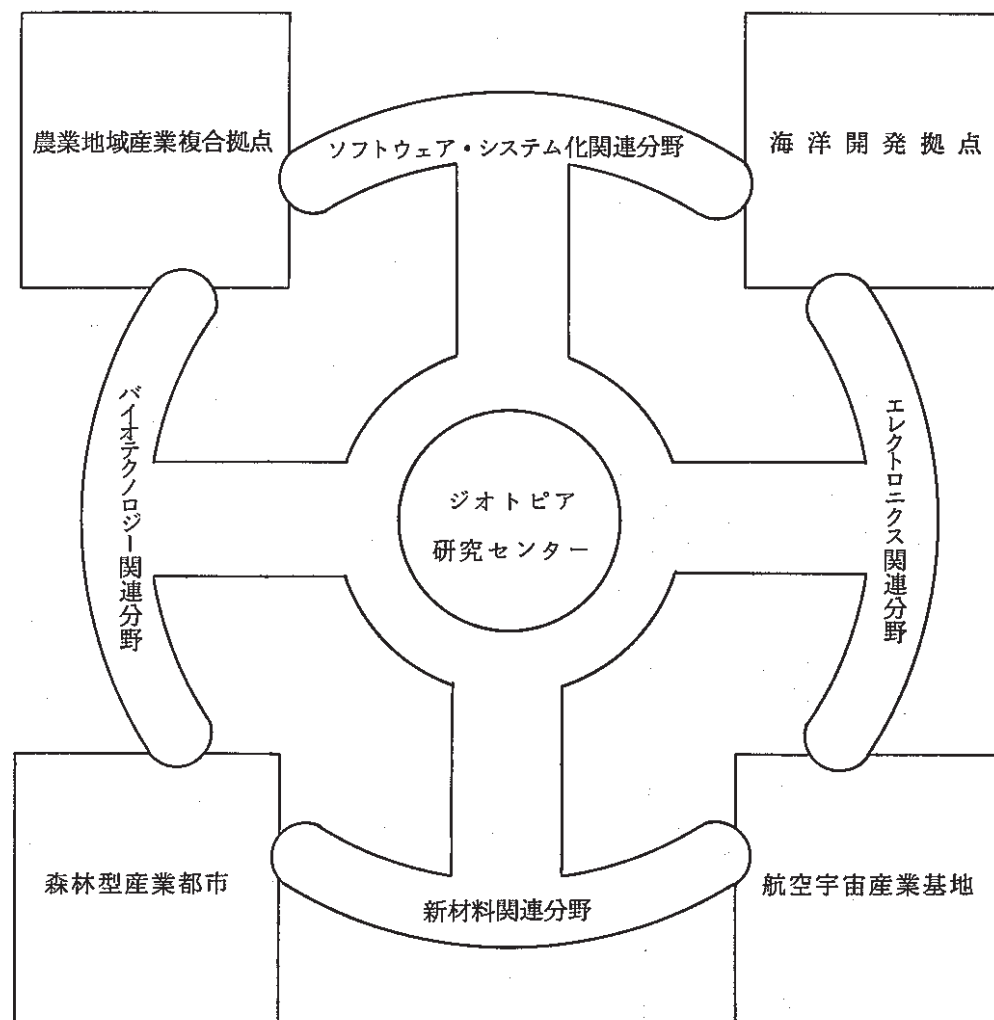
実環境下研究開発

大学研究
機関

社会への広がり
地域技術の振興



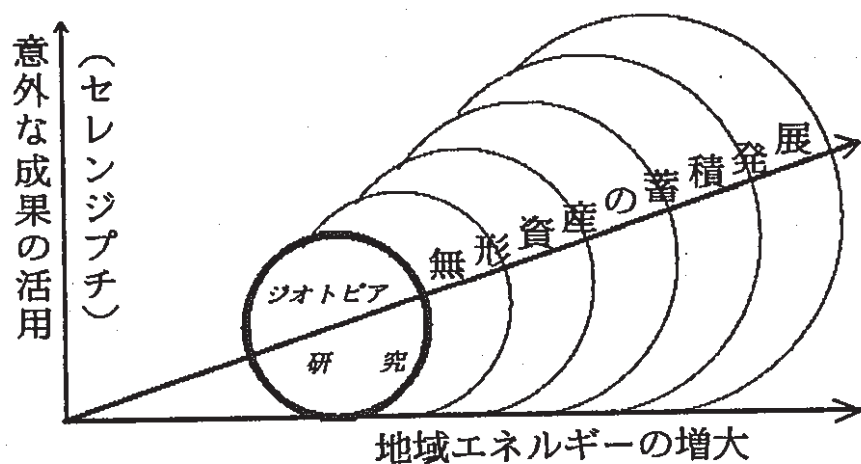
(第4-3図) 地域波及効果



(第4-4図) 地域産業

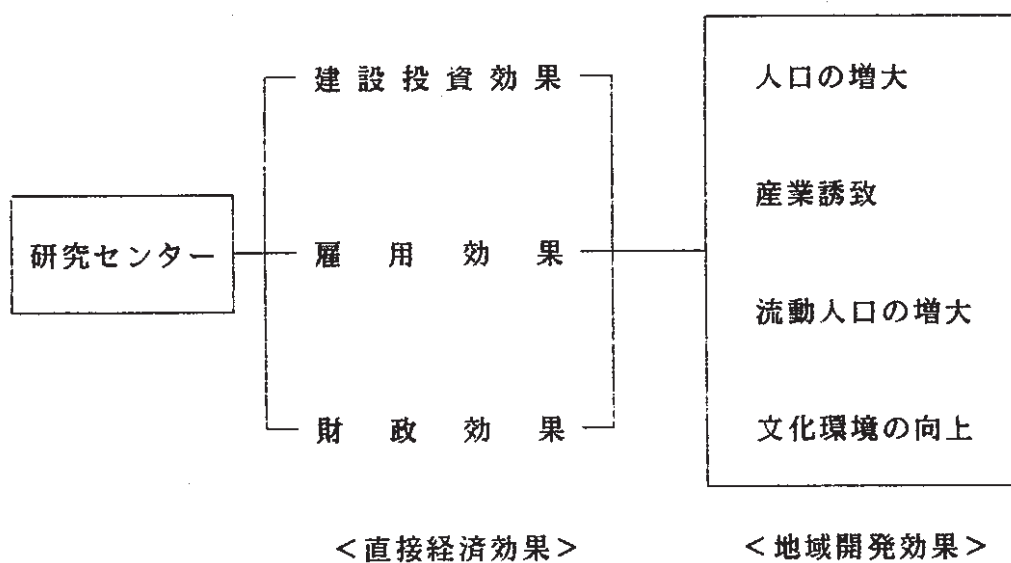
4. 5 シナジー効果

ジオトピア研究センターにおける成果から生み出されるシナジー（相乗）効果の概念を示す。（第4－5図）（第4－6図）



（第4－5図） ジオトピア研究のシナジー効果

ジオトピア研究センターの波及効果としては、次のものが考えられる。



(1) 直接経済効果

①建設投資効果

センター建設に伴う建設投資による経済的な波及効果で、建設活動が他の産業部門の需要を促すという産業連関上の効果である。

センター建設（総工費約100億円と設定）により

- ・ 地域へは約100～115億円の生産活動が誘発される。
- ・ 他地域に対しては27～39億円程度の生産が誘発される。
- ・ 約1億円の間接税（関税を除く）が発生する。

②雇用効果

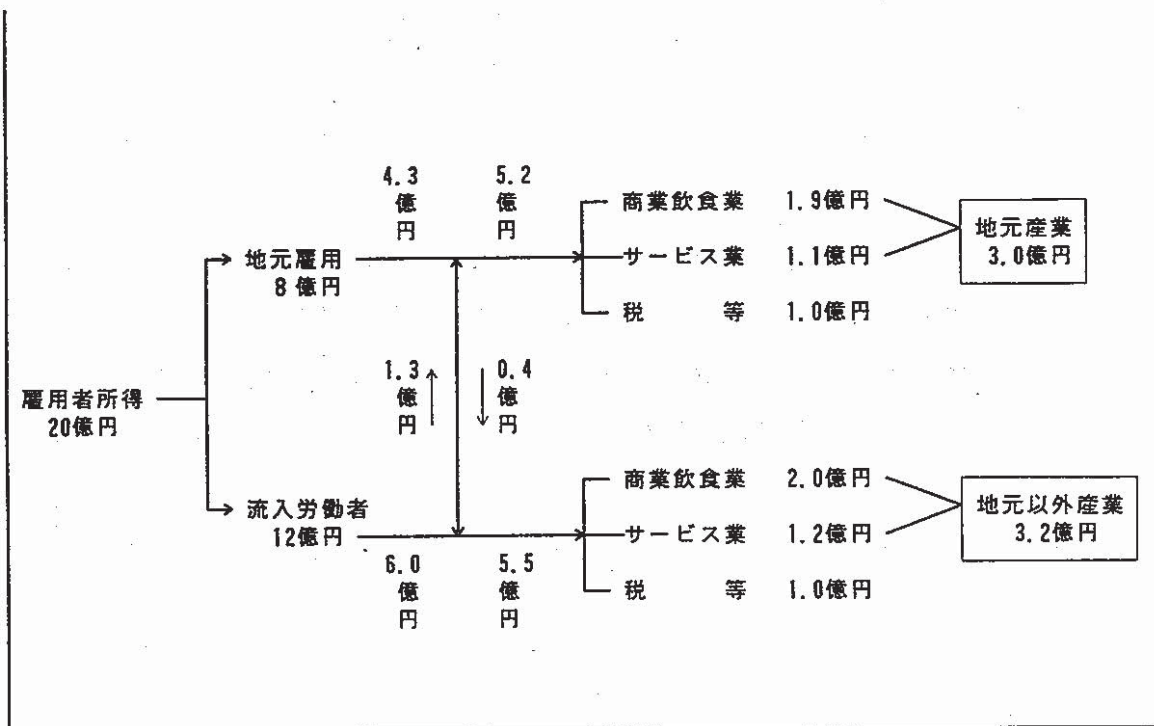
センター建設に伴っては、建設関連労働者の雇用増が見込まれる。また、センター稼働に伴っても従業者が発生することになる。これらの雇用者の地域での増加によって、主に地域の商業、サービス業等に需要増が期待される。

建設雇用者数は総計で約820人、年平均で約270人となる。

（建設工事費の27%を労務費とし、一日当たり15,000円、
労働日数220日／年・人として試算）

建設雇用者の地元雇用率40%、流入労働者の地元消費率20%

（実出費のうち）とし、地元雇用者の実出費の内10%が地元から流出するとすると、雇用者所得は次のような波及関連となる。



③財政効果

センターの建設に際しては施設そのものや、これに付随する諸活動にともなう地域への税収が増大すると考えられる。

- 建設、操業に伴う雇用者所得増に伴う直接税（主に住民税）
- 地域内産業生産の増大に伴う直接税（事業税、住民税等）および間接税
- 建設、操業に伴う流入人口に伴う間接税（たばこ消費税等）
- 地域内産業生産の増大に伴う雇用者所得増による直接税
- センターおよび関連施設に伴う固定資産税

(2) 地域開発効果

①人口の増大

操業関係雇用者、関連産業就業者、商業サービス業就業者と言った、地域の雇用増大に対応した人口の増大が期待される。これはさらに次のような影響を与えると考えられる。

- ・労働力人口の増大に伴う児童、生徒の増加。これは教育施設需要の増大にもつながる。
- ・若年層の増大、就学人口の増大に伴い、地域イベント等のコミュニティ活動の活性化が図られる。
- ・購買人口の増大により商業、サービス業の活性化が期待される。

②産業誘致

センターの研究成果を活用した産業の立地により、地域の産業振興が図られるものと期待される。この効果が生み出されるためには、センターの研究内容が商業ベースで利用可能であるか、センターに近接して立地する必然性があるかどうかが問題となる。

③流動人口の増大

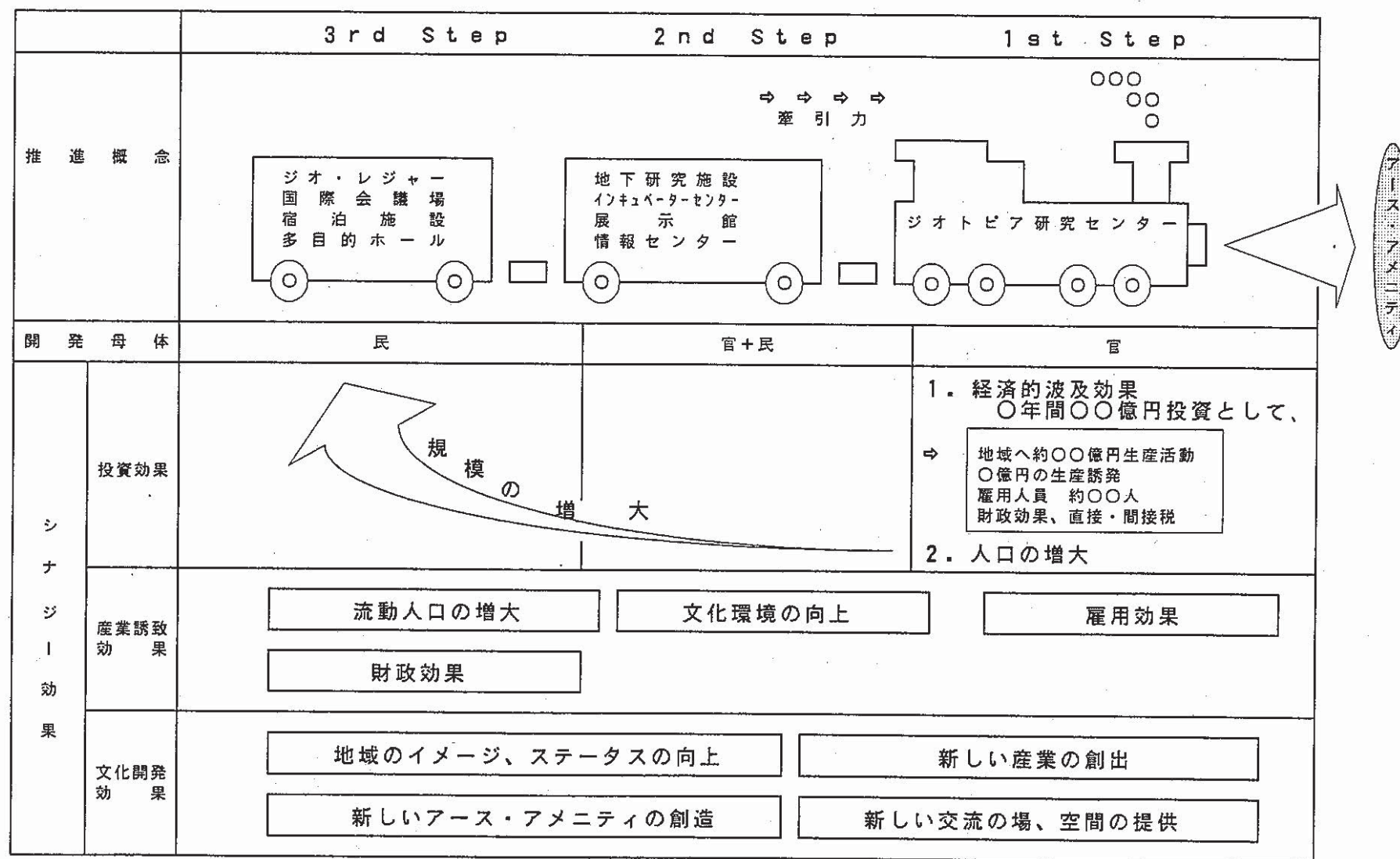
センターに関連する人間を中心に流入人口が増大する。これはさらに次のような影響を与えると考えられる。

- ・移動に伴う空港、鉄道、バス等公共交通機関利用者の増加で、これにより公共交通機関の収支が改善される。
- ・本地域に來た人を中心に”口こみ”等による地域イメージの伝達が行われ地域の知名度を向上する。これにより観光客の増大等が期待されるが、交通条件の改善など受け皿整備が前提となる。

④文化環境の向上

センターの施設の性格から、次のような影響が考えられる。

- ・ センターの主な目的は地球の工学というように科学的な究明にあり、このような性格の施設が立地することで地域の文化的なイメージアップが図られることが期待される。
- ・ 本施設に係わる技術者を中心に高学歴者の流入が予想され、地域の高学歴化が進行すると考えられる。これにより文化情報施設へのニーズが高まる。また、地元出身の高学歴者の地域雇用の可能性が高まり、地域の定住条件が向上する。



(第4-6図) ジオトピア研究の推進概念・シナジー効果

第5章 まとめ（今後の課題）

ニューフロンティアとしての深部地層環境を相手とするジオトピア研究では、地球という巨大なシステムの一部として深部地層環境を位置づけ、明らかにすることによって地球規模の現象を理解していくことをフィロソフィとしている。

この観点に立って、1,000m程度の深さを対象とした研究ではあっても、地球の起源や生命の誕生・進化の謎、あるいは地質学的な諸問題を解決していく糸口を与えるものであることを具体的に示した。生態系などの地球表面の環境も、深部地層環境を研究することにより、より鮮明に理解することができる。

このような研究は、エンジニアリングに対しても無限の発展性を与えるものであると同時に、地球システム研究の一環として、地下空間の有効利用や地球環境の保全に対して、適切なアイデアを提示することができるものと期待される。

地下を対象とする場合でも、その深さにより研究の主眼は自ずと異なってくると考えられる。例えば、地表と一連の生態系として地下を捉えたり、地殻としての地下を捉えることによって、研究の対象は変化する。ジオトピア研究においても、このような観点に立ち、幅広い視野で研究に取り組むことが望まれる。

今後の全体計画の熟度向上のために必要な研究課題を以下に示す。

（１）深部地層環境の開発利用に係わる社会・経済的評価

- ・ 深部地層環境の開発利用に係わる啓蒙・合意形成シナリオの検討
- ・ 深部地層環境の開発利用に係わるニーズ、シーズの調査
- ・ 深部地層環境構築物の安全解析・評価に関する法体系等の整備検討
- ・ 深部地層環境の開発利用に係わる経済評価

（２）ジオトピア研究センターに係わる全体計画の立案

- ・ ジオトピア研究の実施計画の策定
- ・ ジオトピア研究センターの施設計画（予算・人員計画を含む）

- ・ ジオトピア研究センターの立地調査計画の策定及び広域調査
- ・ ジオトピア研究センターの運用体制の具体的検討

ジオトピア構想検討懇話会構成メンバー

1. コア委員会

(顧問)	齊藤進六	東京工業大学名誉教授
	川本眺万	名古屋大学工学部教授
	長岡昌	科学技術ジャーナリスト
	坂田俊文	東海大学工学部教授
	那野比古	科学技術ジャーナリスト
(座長)	京谷好泰	(株)テクノバ

2. 分科会

(1) 実現化検討分科会

委員長	川本眺万	名古屋大学工学部教授
委員	黒田勲	早稲田大学理工学部教授
	浜田政則	東海大学海洋学部教授
	佐藤邦明	埼玉大学工学部助教授
	近藤達敏	応用地質(株)
	武藤裕宣	(株)東芝
	○早乙女政弘	三井建設(株)
	小林秀生	大成建設(株)
	里優	大成建設(株)

(2) 地域振興検討分科会

委員長	長岡昌	科学技術ジャーナリスト
委員	平武	大成建設(株)
	片山銀次	三菱商事(株)
	佐竹雄二	三井物産(株)
	○石田康	(株)日立製作所
	樋口理恵	(株)IEAジャパン
	菅野彰一	(株)日建設計

(3) 地球科学分科会

委員長	坂	田	俊	文	東海大学工学部教授
委員	斉	藤	靖	二	国立科学博物館
	松	井	孝	典	東京大学理学部
	斉	藤	敬	三	アジア航測(株)
	前	川	一	彦	三菱金属(株)
	稲	毛	正	昭	三井建設(株)
	○里			優	大成建設(株)
	中	嶋	貴	輔	東洋エンジニアリング(株)
	寺	井	律	子	(株)教育社
	小	奈	勝	也	(株)テクノバ

(4) メディア分科会

委員長	那	野	比	古	科学技術ジャーナリスト
委員	○松	谷	昭	彦	(株)旺文社
	寺	門	和	夫	(株)教育社
	原	田	英	典	日刊工業新聞社
	知	野	恵	子	読売新聞社
	久	下	敦	子	(株)テクノバ

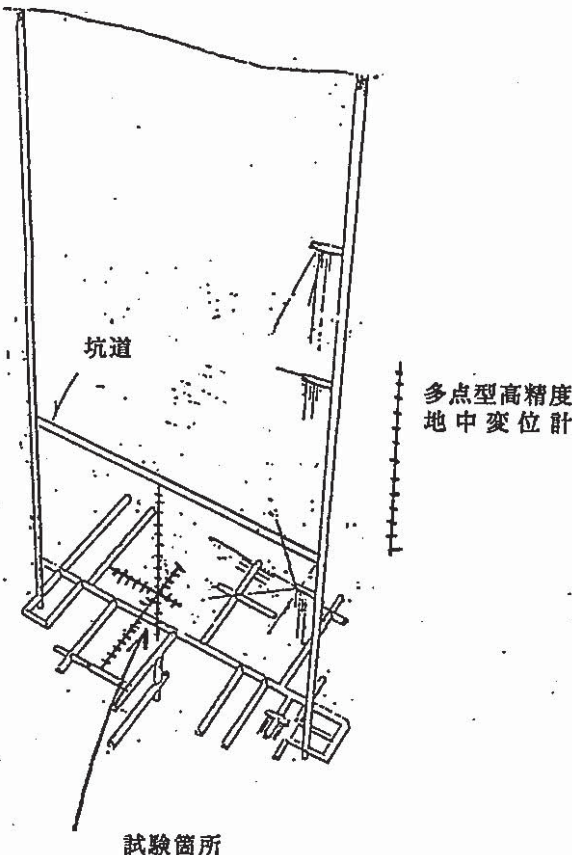
注; 順不同; ○印は各分科会の幹事

(本文第3章3－4項別表)

Appendix

ジオトピア研究テーマの具体例

表－３－１ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

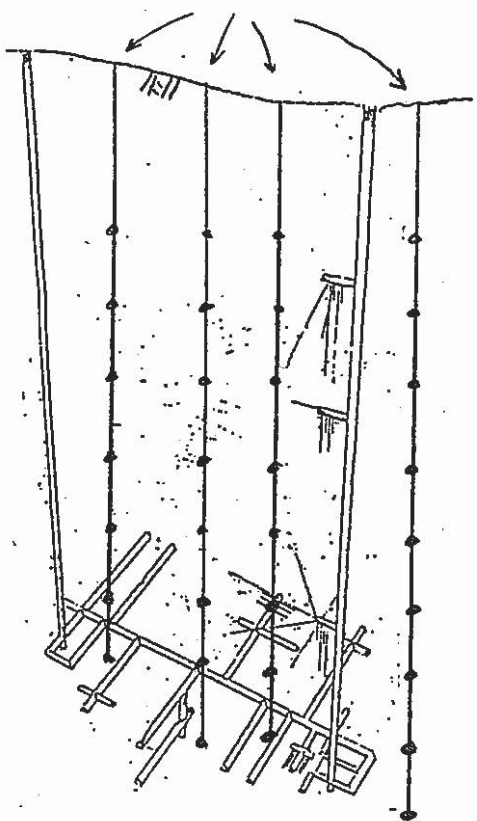
		分類	①－a
研究 1. 実験の名称 解析	逆解析手法に基づく地山の力学特性の研究		
2. 研究の目的	広域地山物性を実物大スケールで把握する		
研究 3. 実験の方法 解析	坑道掘削に伴って生ずる地山の変形を計測し、 逆解析により、初期応力、変形特性を把握する		
4. 実験設備等	多点型高精度地中変位計 コンピューターによるデータ処理、逆解析		
5. 概 念 図			

注：分類記号は本文第3章（第3－2表）「研究テーマの具体例」による

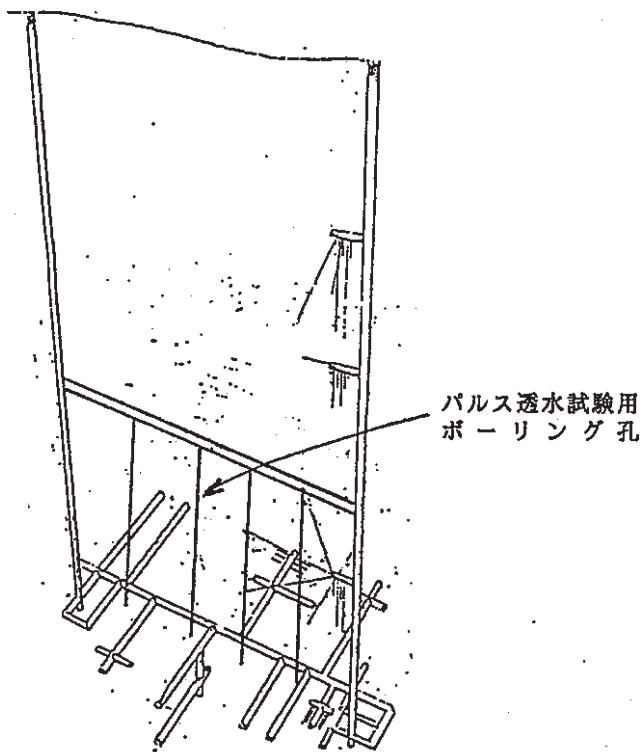
表－３－２ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①－a
研究 1. 実験の名称 解析	岩盤の力学特性調査の研究		
2. 研究の目的	ボーリング孔を利用した力学特性、初期地圧の測定技術の確立		
研究 3. 実験の方法 解析	大深部に到達するボーリング孔を利用して横方向載荷試験、 水圧破碎法、孔底歪法による初期地圧測定を行う		
4. 実験設備等	ボーリング孔 横方向載荷試験装置 水圧破碎試験装置 孔底歪法試験装置		
5. 概念図	試験用ボーリング孔 		

表-3-3 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①-b
研究 1. 実験の名称 解析	深地層における水理機構の調査法の研究		
2. 研究の目的	立坑、坑道の掘削に伴う地下水挙動の把握		
研究 3. 実験の方法 解析	立坑、坑道の掘削を行う前に地表からボーリングを行い、 ボーリング孔内に多点間隙水圧測定装置を埋設して、立坑、 坑道の掘削に伴って生ずる地下水圧の変化を測定する		
4. 実験設備等	ボーリング孔 多点間隙水圧測定装置		
5. 概念図	多点間隙水圧測定用ボーリング孔 		

表－３－４ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①－b
研究 1. 実験の名称 解析	地下水の水みち調査技術の研究		
2. 研究の目的	割れ目の開口幅、連続性、透水性などの把握		
研究 3. 実験の方法 解析	大深部の坑道の周辺地山においてパルス透水試験、 ジオトモグラフィー試験を行い、地下水の水みちの調査技術を 確立する		
4. 実験設備等	パルス透水試験装置 ジオトモグラフィーの各探査装置 トレーサ検出装置 コンピュータデータ解析、画像表示		
5. 概 念 図			

表－３－５ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

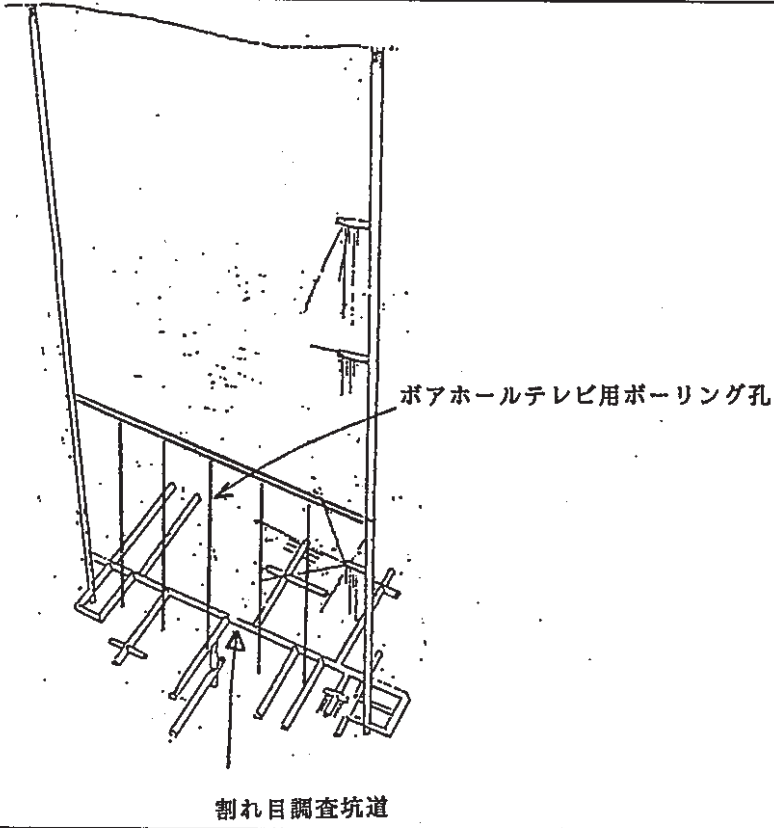
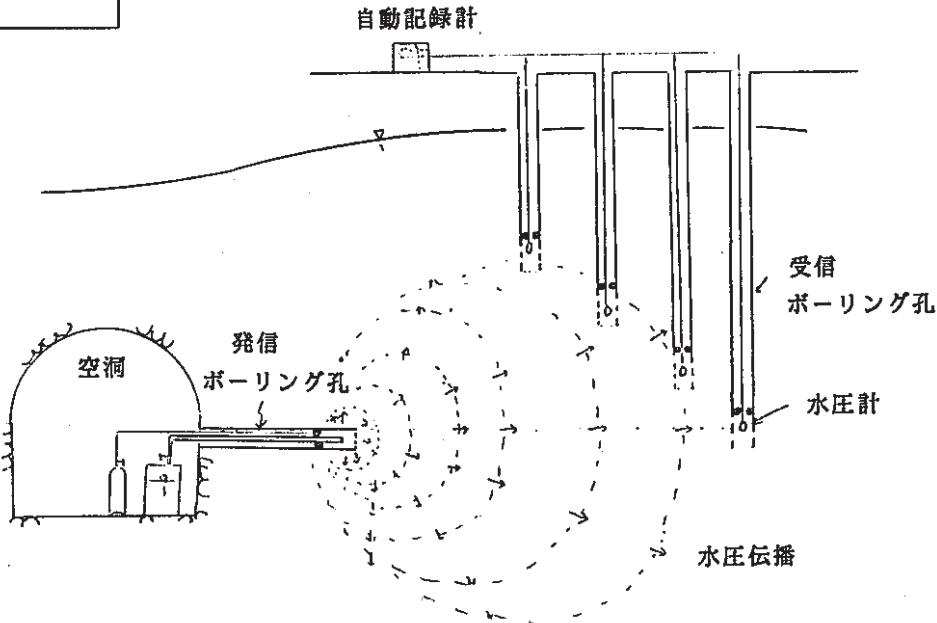
分類	①－c
研究 1. 実験の名称 解析	岩盤割れ目の調査技術の研究
2. 研究の目的	ボーリング孔内からの割れ目調査結果から広域の割れ目量を 的確に推定する手法を見い出す
研究 3. 実験の方法 解析	坑道掘削を行う予定の箇所について予めボーリング、 ボアホールテレビにより割れ目の方向、間隔等を求めておき、 坑道掘削時に実際のデータを広域に調査する。両結果を対比 することにより的確な調査手法を見い出す
4. 実験設備等	ボアホールテレビ装置 カメラ、デジタイザー コンピュータデータ解析、画像表示
5. 概 念 図	

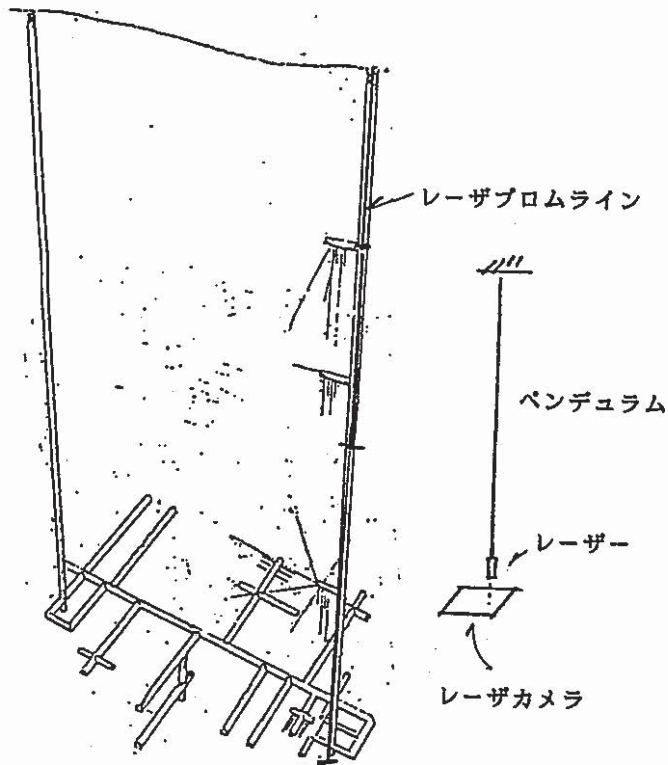
表-3-6 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①-c
研究 1. 実験の名称 解析	水撃圧伝播測定による岩盤割れ目の脈絡探査		
2. 研究の目的	水撃圧の伝播速度を測定して割れ目の脈絡構造を測定する		
研究 3. 実験の方法 解析	水撃波発信ボーリング孔から伝播した水撃波を複数の計測ボーリング孔（水圧計）で経時的に計る。その伝播の空間的構造によって割れ目系の脈絡を測定する。		
4. 実験設備等	水撃発信ボーリング孔、水撃波発生装置、受信ボーリング孔、間隙水圧計及び自動記録装置より構成される。		
5. 概 念 図			

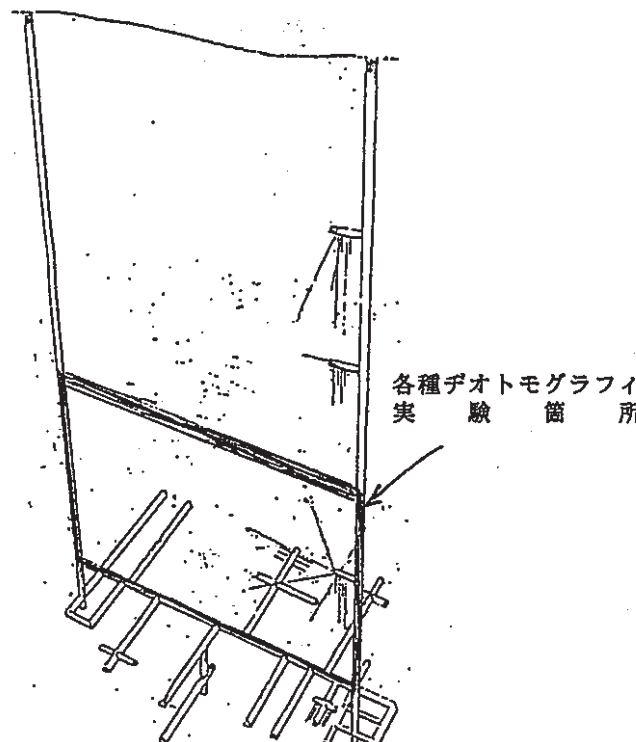
表－３－７ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①－d
研究 1. 実験の名称 解析	地下深部の地震動特性に関する研究		
2. 研究の目的	地下数kmにおける地震動特性を明らかにし、都市防災対策立案のための合理的入力地震動を設定することを目的とする。		
研究 3. 実験の方法 解析	地下深部の堅硬な岩盤に複数の地震計を設置し、表層地盤による反射・屈折の影響を受けていない地震動を観測する。この地震動記録を分析することにより断層破壊のメカニズム（破壊速度、地震波の発生機構）および地震動強度の距離減衰特性などを解明する。		
4. 実験設備等	下図に示すように地下１～２kmの深部に建設された実験用地下空洞よりボーリングを行い、これに複数の地震計を設置する。また、地下空洞の岩盤表面にはひずみ計を設置し、地震波動の伝播による空洞の変形を測定する。		
5. 概念図			

表－３－８ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①－d
研究 1. 実験の名称 解析	地震時の地盤変位測定の実験		
2. 研究の目的	地震動による立坑、地盤の変位挙動を把握する		
研究 3. 実験の方法 解析	立坑内で地表から坑底間にペンデュラム変位測定器を設置し、 地震時の変位挙動を把握する		
4. 実験設備等	レーザープロムライン 光ファイバー伝送システム コンピュータデータ処理、画像表示		
5. 概念図			

表－３－９ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	①－e
研究 1. 実験の名称 解析	ジオトモグラフィ手法の適用性の研究		
2. 研究の目的	サイスミクトモグラフィ、レーダートモグラフィ、 エレクトリックトモグラフィの大深部坑道での適用性の把握		
研究 3. 実験の方法 解析	大深部坑道の周辺地山について、サイスミクトモグラフィ、 レーダートモグラフィ、エレクトリックトモグラフィを適用し、 地下深部における適用性について把握する		
4. 実験設備等	弾性波探査装置 電磁波探査装置 電気探査装置 コンピュータデータ解析、画面表示		
5. 概 念 図	 各種ジオトモグラフィ 実 験 箇 所		

表－３－１０ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	②－a
研究 1. 実験の名称 解析	ベントナイトの密封特性		
2. 研究の目的	高密度ベントナイトの力学的特性と密封機能について把握する		
研究 3. 実験の方法 解析	ボアホールによるプラグテスト シャフトにおけるプラグテスト トンネルにおけるプラグテスト		
4. 実験設備等	不連続面や破砕帯を含む岩盤の深部におけるボアホール、シャフト、トンネル 高密度ベントナイト及びその他の材料と混合した埋め戻し材のプラント 変形測定装置および記録装置 埋設型圧力計		
5. 概 念 図			

表-3-11 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

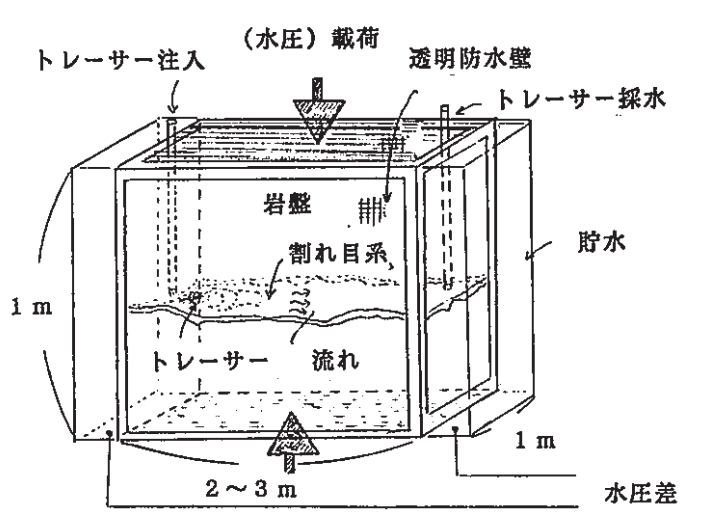
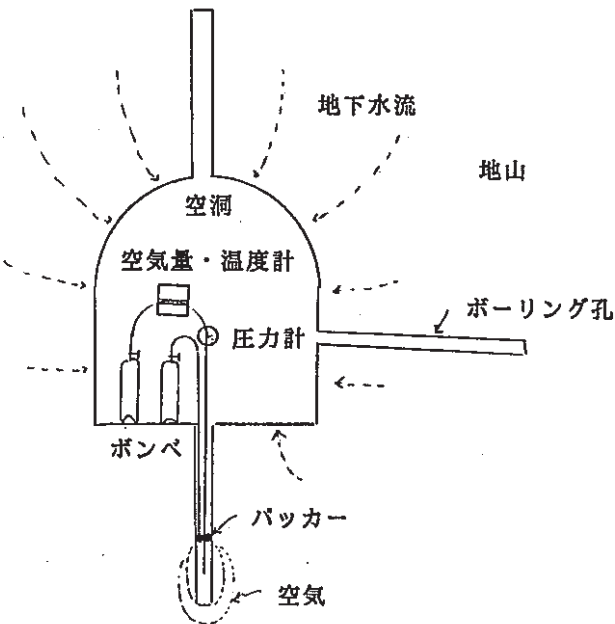
		分類	②-a
研究 1. 実験の名称 解析	大寸法岩盤塊試料による载荷岩盤透水試験		
2. 研究の目的	岩盤の透水試験（透水係数、脈絡性及び拡散係数）を比較的大寸法の载荷岩盤塊で行う		
研究 3. 実験の方法 解析	普通5～6cm程度の試料による岩石の透水試験と違って直接自然にできた割れ目系を含む岩盤塊サンプルを切り出し、それを整形して外周に防水壁を溶結する。このサンプルに上下流水圧差を与え、透水係数やトレーサー移行、吸着試験を行う。		
4. 実験設備等	この実験は大別して、岩盤塊切り出し整形装置、サンプル収納フルーム、浸透流発生水圧タンク、载荷装置、及びトレーサー注入・採水井からなる。トレーサーの濃度分布には別に分析装置が必要となる。		
5. 概 念 図			

表-3-12 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

分類	②-b
1. 研究 実験の名称 解析	岩盤透気実験
2. 研究の目的	岩盤の透気性と透気係数を現場で決定する
3. 研究 実験の方法 解析	ボーリング孔素掘り部にパッカーをかけて、定常漏気を測定する。その漏気量、圧力及び温度から透気係数を求める。
4. 実験設備等	本実験は、ボーリング孔、パッカー、空気量・温度計及び空気圧計からなる。
5. 概 念 図	

表－３－１３ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	②－c
研究 1. 実験の名称 解析	岩盤の加熱試験および注水試験		
2. 研究の目的	不連続性岩盤における熱の拡散特性および地下水流の存在による熱拡散状態の変化を把握する		
研究 3. 実験の方法 解析	不連続面の存在およびその状態が明らかな岩盤中の坑道を用いて、熱源を設置し、その周辺に埋設した温度センサーにより熱の拡散状態を計測し、不連続面との関係を明らかにする。 さらに岩盤への注水を行って、地下水の移動をシミュレーションし、熱拡散への影響を調べる。		
4. 実験設備等	電気ヒータ（熱源） 温度センサー（計測機器） 記録装置 数値解析によるモデルシミュレーション		
5. 概 念 図			

表-3-14 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

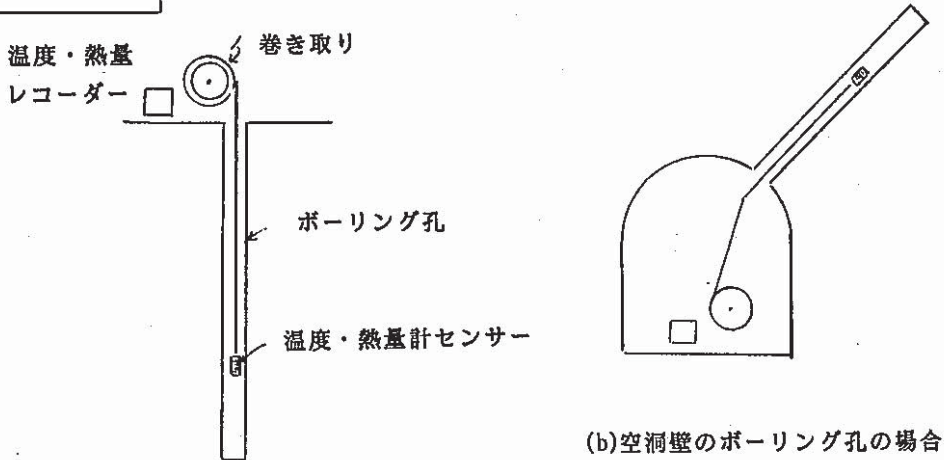
		分類	②-c
1. 研究 実験の名称 解析	岩盤熱拡散係数の現場迅速・簡便決定試験		
2. 研究の目的	単一ボーリング孔により迅速出かつ簡便に熱拡散係数を現地で測定する		
3. 研究 実験の方法 解析	素掘り単一ボーリング孔に温度・放熱センサーを挿入し、センサーの定常放熱量（電気量）を測定して、短時間で熱拡散係数を算出する。		
4. 実験設備等	測定機器は、温度・熱量計センサー、温度・熱量レコーダー及びリードワイヤーよりなり、素掘りボーリング孔からなる。		
5. 概 念 図	 (a)鉛直ボーリング孔の場合 (b)空洞壁のボーリング孔の場合		

表-3-15 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

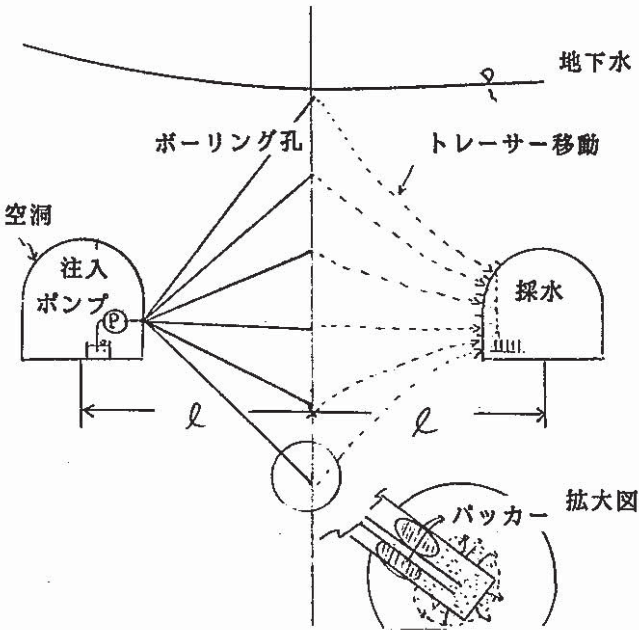
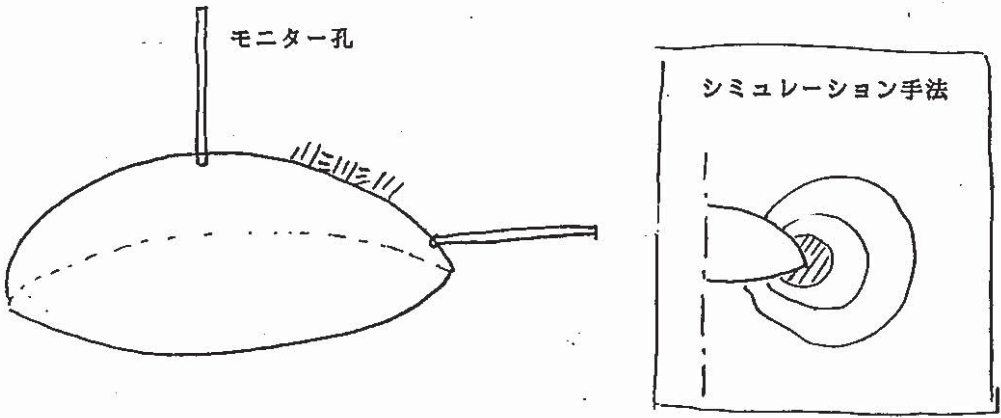
	分類	②-d
1. 研究 実験の名称 解析	岩盤地山の地下水による放射性核種の移行実験	
2. 研究の目的	岩盤地山中の放射性核種の地下水による Migrationを明らかにする	
3. 研究 実験の方法 解析	岩盤地山に調査試験空洞から素掘りボーリング孔複数进行を設け、その先端にパッカーをかけてトレーサー（放射性核種）を注入して、地下水による移行を他の採水空洞で集め、水質分析する。	
4. 実験設備等	本研究荷は実験空洞、ボーリング孔（複数）、トレーサー注入設備、採水空洞及び放射性核種濃度測定機器が必要となる。	
5. 概 念 図		

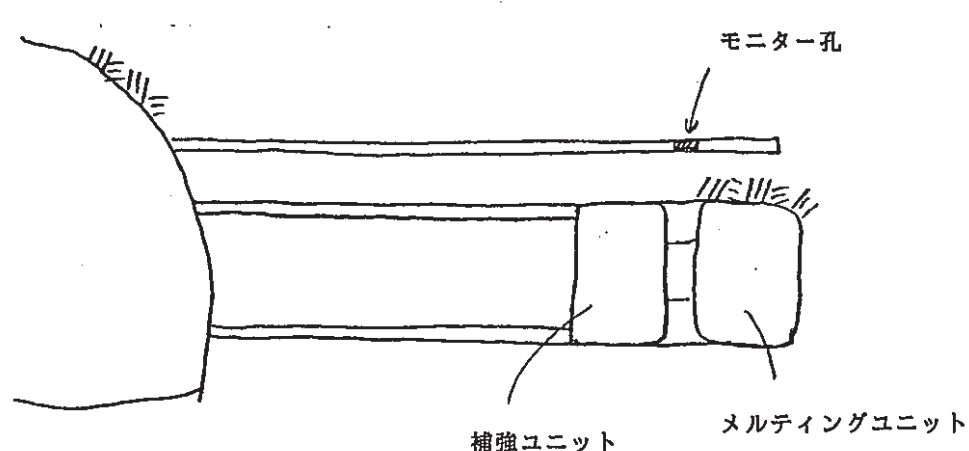
表-3-16 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	②-e
研究 1. 実験の名称 解析	岩盤のゆるみ測定		
2. 研究の目的	掘削によって生じる岩盤壁面のゆるみ状態の把握		
研究 3. 実験の方法 解析	ボアホールスキャナーやボアホールテレビを用いてトンネル掘削による岩盤周囲のクラックの発生および進展状態を観測し、一方、数値解析に対する岩盤のゆるみ特性をモデル化する。		
4. 実験設備等	ボアホールテレビカメラ ボアホールスキャナー 弾性波測定装置 数値解析 画像処理		
5. 概 念 図			

表－３－１７ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	③－a
研究 1. 実験の名称 解析	ロックメルターの開発		
2. 研究の目的	新しい無人化岩盤掘削技術の開発		
研究 3. 実験の方法 解析	・ 岩盤を溶融しながら掘削していくマシンを開発し、掘削速度、岩盤の安定度等を検討する		
4. 実験設備等	・ レーザー型ロックメルティングマシン ・ 岩盤変位、地下水圧等計測システム		
5. 概 念 図			

表－３－１８ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	③－b
研究 1. 実験の名称 解析	任意形状空洞の安定性に関する研究		
2. 研究の目的	超深度地下空間の有効利用及び安全確保		
研究 3. 実験の方法 解析	1. 任意形状空洞周辺の応力、温度、地下水压分布を シミュレーションする手法の開発 2. 任意形状空洞掘削に伴う岩盤挙動の実測 3. 掘削手法、安全確保のための補強方法の検討		
4. 実験設備等	・試験坑道 ・数値シミュレーションのためのスーパーコンピュータ等		
5. 概念図			

表－３－１９ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	③－c
研究 1. 実験の名称 解析	岩盤変形及び地下水流出のコントロール技術の開発		
2. 研究の目的	超深度地下空洞の安定確保並びに環境保全		
研究 3. 実験の方法 解析	1. 空洞掘削に伴う岩盤変形及び地下水流れの予測 (FEM等の数値シミュレーション技術の高精度化) 2. 岩盤変形及び地下水流れの測定 3. 岩盤変形及び地下水流れのコントロール技術開発		
4. 実験設備等	・ 試掘用坑道 ・ 岩盤変形、地下水制御用補強工 ・ 変形、地下水モニター ・ データ解析、制御用コンピュータシステム		
5. 概 念 図	地下水制御バルブ 反力用加圧システム 内壁(反力壁) 制御システム モニター孔 変位、圧力センサー 温湿度コントロールシステム		

表－３－２０ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	③－c
研究 1. 実験の名称 解析	地下空洞の仕上げ技術の研究		
2. 研究の目的	地下空洞の特性を最大限に発揮させるための仕上げ方を研究		
研究 3. 実験の方法 解析	・ 試掘坑を用い振動、温度・湿度変化、宇宙線等を最小化するための仕上げ技術を研究する		
4. 実験設備等	・ 試掘坑 ・ 電磁波、振動等計測システム ・ クリーンルーム ・ 空調管理システム		
5. 概 念 図			

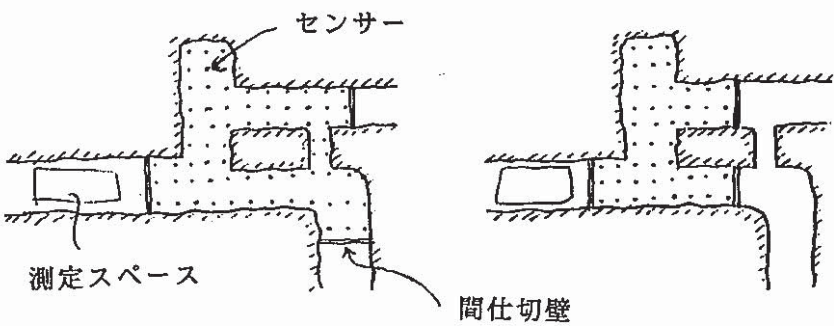
表－３－２１ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	④－a
研究 1. 実験の名称 解析	地下居住の環境生理学的研究		
2. 研究の目的	居住環境としての評価とその改善対策を検討する		
研究 3. 実験の方法 解析	気圧変動、温湿度、気流、照明、騒音、磁気、放射能、 有毒ガス、微生物、カビ、塵埃、生体リズム、空間（広さ等）、 臭気等の居住環境としての評価及び改善対策について研究を 行う		
4. 実験設備等	各種環境測定機器 生体情報測定及び総合データ評価装置 生化学的検査機器 行動観察用機器 短期及び長期居住施設		
5. 概 念 図	・ 約 20 名の研究者と約 20 名の被検者の居住、生活、運動 及び研究施設 ・ 研究機器設置施設 ・ 救急医療施設		

表－３－２２ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	④－b
研究 1. 実験の名称 解析	地下居住の精神、心理学的研究		
2. 研究の目的	地下居住の精神、心理的影響を検討する		
研究 3. 実験の方法 解析	閉所感、外界との隔絶感覚、照明、色彩、生活リズム、 地上との連絡、移動、環境医学的快適性などに対する精神、 心理的影響の研究を行う		
4. 実験設備等	生体情報測定及び総合データ評価装置 生化学的検査機器 パフォーマンス測定装置 行動観察用機器 短期及び長期居住施設		
5. 概 念 図	・ 約 20 名の研究者と約 20 名の被検者の居住、生活、運動 及び研究施設 ・ 研究機器設置施設 ・ 救急医療施設		

表-3-23 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	④-c
研究 1. 実験の名称 解析	地下空洞内気流分布測定実験		
2. 研究の目的	複雑な形状での模型実験との相似則を明らかにする。また、 数値解析技術の基礎データとする。		
研究 3. 実験の方法 解析	地下空洞内に適宜間仕切壁を設けて、種々の形状についての 気流分布測定を行う。		
4. 実験設備等	風速計、風量計、温度センサー等の測定機器 記録装置 間仕切壁		
5. 概 念 図	 The diagram illustrates the experimental setup for measuring air flow distribution in a subterranean cavity. It shows a cross-section of a cavity with a sensor (センサー) and a measurement space (測定スペース). A partition wall (間仕切壁) is also indicated.		

表－３－２４ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	④－d
研究 1. 実験の名称 解析	緊急避難時の行動科学的研究		
2. 研究の目的	緊急避難時の行動、方策、必要施設等の検討		
研究 3. 実験の方法 解析	考慮される緊急事態発生時の行動パターンのシミュレーション、救命装置、必要施設、電源等アウト時の対応行動、パニック防止の方策等について研究する		
4. 実験設備等	計画される地下施設のおのおのについてシミュレーションを行う コンピューター処理によるシミュレーション 行動解析機器		
5. 概 念 図			

表－３－２５ 実験方法および理論・数値解析手法等の概念

		分類	④－d
研究 1. 実験の名称 解析	煙、熱、の挙動実験		
2. 研究の目的	火災時の煙、熱の挙動の研究		
研究 3. 実験の方法 解析	空洞内の一部を利用して模擬火災を発生させ、煙、熱の挙動を測定する。		
4. 実験設備等	風速計、煙センサー、温度センサー等の計測機器 テレビカメラ等の観測機器 コンピューターデータ解析、画面表示		
5. 概念図	