

平成11年度研究開発課題評価(事前評価)報告書

評価課題 「深地層の研究施設における研究計画」

平成11年8月

核燃料サイクル開発機構
研究開発課題評価委員会
(廃棄物処理処分課題評価委員会)

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地 4 9
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Section
Technology Management Division
Japan Nuclear Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2000

平成 11 年度研究開発課題評価（事前評価）報告書
評価課題「深地層の研究施設における研究計画」

核燃料サイクル開発機構
研究開発課題評価委員会
(廃棄物処理処分課題評価委員会)

要 旨

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）は、内閣総理大臣が定めた「国の研究開発全般に共通する評価の実施方法の在り方についての大綱的指針」（平成 9 年 8 月 7 日決定）及びサイクル機構の「研究開発外部評価規程」（平成 10 年 10 月 1 日制定）等に基づき、研究開発課題「深地層の研究施設における研究計画」に関する事前評価を、研究開発課題評価委員会（廃棄物処理処分課題評価委員会）に諮問した。

これを受けて、廃棄物処理処分課題評価委員会は、サイクル機構から提出された評価用説明資料及びその説明に基づき、本委員会によって定めた評価項目及び評価の視点及び評価の基準に従って当該課題の事前評価を行った。

本報告書は、その評価結果をサイクル機構の関係資料とともに取りまとめたものである。

目 次

1. 概要	1
2. 廃棄物処理処分課題評価委員会の構成	1
3. 審議経過	2
4. 評価方法	2
5. 評価結果（答申書）	5

参考資料（核燃料サイクル開発機構資料）

参考資料 1 研究開発課題の事前評価について（諮問）

参考資料 2 評価結果に対する措置

参考資料 3 課題評価委員会委員の意見とサイクル機構の考え方

参考資料 4 深地層の研究施設における研究計画－計画書－

参考資料 5 深地層の研究施設における研究計画（OHP 資料）

1. 概要

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）は、内閣総理大臣が定めた「国の研究開発全般に共通する評価の実施方法の在り方についての大綱的指針」（平成9年8月7日決定）及びサイクル機構の「研究開発外部評価規程」（平成10年10月1日制定）等に基づき、研究開発課題「深地層の研究施設における研究計画」に関する事前評価を、研究開発課題評価委員会（廃棄物処理処分課題評価委員会）に諮問した。

これを受けて、廃棄物処理処分課題評価委員会は、サイクル機構から提出された評価用説明資料及びその説明に基づき、本委員会によって定めた評価項目、評価の視点及び評価基準に従って当該課題の事前評価を行い、その結果を理事長に答申した。

本報告書は、その評価方法や評価結果、及び評価結果に対する措置等のサイクル機構の関係資料をとりまとめたものである。

2. 廃棄物処理処分課題評価委員会の構成

本委員会は、平成11年1月に設置され、関連分野の専門家を中心として、社会科学の専門家、評論家、ジャーナリスト、ユーザーなど、幅広い分野の委員から構成されている。

委員長	石 樽 顯吉	東京大学大学院工学系研究科システム量子工学専攻教授
委 員	片 山 薫	中部電力(株)原子力管理部部長
	小佐古敏荘	東京大学原子力研究総合センター助教授
	佐藤 正知	北海道大学大学院工学研究科量子工学専攻助教授
	鈴木 潤	未来工学研究所R & D戦略研究グループリーダー
	鈴木 康夫	高レベル事業推進準備会専務理事
	田崎 耕次	共同通信社科学部長
	田中 博	電力中央研究所企画部・部長(平成11年6月30日まで)
	田中 和広	電力中央研究所我孫子研究所地質部長

(平成11年7月1日から)

	田中 貢	日本原子力研究所バックエンド技術部長
	千木良雅弘	京都大学防災研究所教授
	土田 昭司	関西大学社会学部教授
	中杉 修身	国立環境研究所化学環境部長
	松田美夜子	生活環境評論家（廃棄物問題とリサイクル）

3. 審議経過

(1)第1回目の委員会開催（平成11年度第1回） 平成11年6月25日（金）

- ・評価方法の決定
- ・課題内容の説明、検討

(2)第2回目の委員会開催（平成11年度第2回） 平成11年7月14日（水）

- ・課題内容に関する補足説明、質問への回答
- ・課題の評価、評価結果報告書の検討

(3)評価結果報告書（答申書）のまとめ

第2回目の委員会における検討結果、委員のコメント等により報告書の修正を行い、文書による協議により各委員の了承を得て、報告書をまとめた。

4. 評価方法

第1回目の委員会において、以下の評価作業手順、評価項目、評価基準等を決定し、これらに基づき評価を行った。

(1)評価作業手順

原則として、以下の手順で評価を実施する。

①第1回目の課題評価委員会開催（評価方法の決定、課題内容の把握・検討）

- ・評価方法を決める。
- ・被評価者から課題の説明を受け、内容を把握・検討する。
- ・なお、欠席した委員に対しては、別途、対応させる。

②各委員の評価作業

- ・各委員は、第1回目の課題評価委員会開催後、評価用資料及び委員会における説明を基に、評価項目に従って各課題についての評価を行い、評価意見及び質問を書面で事務局に提出する。
- ・事務局は、これらを整理して、次の課題評価委員会の検討資料とする。

③第2回目の課題評価委員会開催（課題の評価）

- ・必要に応じて、被評価者より課題についての補足説明を受けた後、各委員が行った評価を基に、課題評価委員会としての評価を行う。

④評価結果の答申

- ・委員長は、委員会の審議結果に基づき、事務局の補佐を得て委員会としての評価結果をまとめ、理事長に答申する。
- ・答申書には、次項に示す各評価項目及び総合評価について、評価委員会としての評価結果を記述する。
- ・評価委員会としての評価結果と異なる意見がある場合には、答申書にその意見を併記する。

なお、評価をよりの確なものとし、また評価に対する被評価者の理解を深めるため、上記の委員会には研究実施責任者及び担当者を出席させ、議論に参加させるものとする。

(2)評価項目

事前評価の評価項目は次のとおりとする。(○は評価の視点)

また、研究開発を進めていく上での提言、留意点があれば、コメントする。

①研究開発課題の目的・意義、緊要性について

- 国の計画・方針、中長期事業計画との整合
- サイクル機構が実施すべき課題か
- 緊急性、重要性が高く優先して実施すべき課題か
(長期的に見て重要性が高いもの、将来に備えて今から対応しておくべき課題を含む)
- 社会的・経済的ニーズ、民間からのニーズ
- 国内外の技術動向・水準が的確に把握されているか

②最終目標について

- 最終目標は適切か
- 目的・意義達成のために十分な指標となっているか
- ブレークスルーすべき点が明確か
- 国内外の技術動向・水準が的確に反映されているか

③課題の進め方について（全体計画）

- 研究開発の方向性

- 小課題の設定、内容は適切か
- 国内外の技術動向・水準が的確に反映されているか
- 実用化への道筋が適切に考えられているか

④次期評価までの実施計画について（評価期間の実施計画）

- 達成目標は適切か
- 実施内容及びスケジュールは適切か（項目相互間の関連性を含む）
- 国内外の技術動向・水準を的確に反映した計画か
- 実施体制（他機関との協力・連携、国際協力を含む）は適切か

⑤資源配分について

- 資金、人員計画は適切か

⑥期待される成果及び波及効果

- 当該分野への効果はあるか
- 技術移転を含む成果の普及が期待できるか

⑦成果に対する情報公開の考え方

- 情報公開に関する考え方は適切か

⑧その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

⑨総合評価

(3)評価基準

上記の評価の視点を基に評価項目について評価を行い、研究開発課題を実施していくことの妥当性を総合的に判断する。

(4)その他

各委員は、事務局に提出した評価意見について修正を希望する場合には、第2回目の課題評価委員会終了後、修正版を事務局に提出する。（各委員の評価意見は、サイクル機構内において活用される。）

5. 評価結果（答申書）

平成 11 年 8 月 4 日

核燃料サイクル開発機構

理事長 都甲 泰正 殿

研究開発課題評価委員会

(廃棄物処理処分課題評価委員会)

委員長 石樽 顯吉



研究開発課題の評価結果について(答申)

当委員会に諮問[11 サイクル機構(経企)006]のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「深地層の研究施設における研究計画」

以上

事前評価課題「深地層の研究施設における研究計画」

廃棄物処理処分課題評価委員会 評価結果の概要

「深地層の研究施設における研究計画」は、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究に共通の基盤研究施設として超深地層研究所(岐阜県瑞浪市)及び深地層研究所(仮称、北海道幌延町)を建設し、実際の深地層における体系的な調査研究を通じて、深部地質環境に関する知見の充実や 2000 年レポート(地層処分研究開発第 2 次取りまとめ)に示される技術・知見の確認を行い、安全の確保を前提として、地層処分技術の確立と処分計画の円滑な推進に寄与することを目的としている。

本研究計画は、地表からアプローチする調査研究(第 1 段階)、地下施設建設時の調査研究(第 2 段階)及び地下施設における調査研究(第 3 段階)から構成されるが、本評価においては、主として、第 1 段階の具体的な研究計画について評価を行った。

全体として本研究開発課題は概ね妥当なものであると判断する。

地層処分について安全性を確かめ、技術を確立すること、また安全性を評価する基準の策定に必要な知見やデータを提供することは、サイクル機構として最優先に取り組むべき課題であり、高レベル廃棄物処分の事業や安全規制の基盤となる研究開発として重要性、緊急性が極めて大きい。また、これまで地上及び海外施設において進めてきた調査研究によって得られた技術や知見を、実際の深地層におけるデータの取得を通じて体系化し、確認していくことが、地層処分を推進する上で不可欠である。

このため、研究資源の適切な配分により研究開発の充実と効率的な推進を図るとともに、地元や国民の十分な理解を得つつ、また関係機関との連携や計画に柔軟性を持たせるなどの最善の努力により計画を遅滞なく進め、成果をタイムリーに今後設立される実施主体の事業や安全規制に反映していくことが重要である。

また、本研究は地層処分に関する国民の理解獲得のためにも必要不可欠であり、目標の一つに国民の理解の推進を加え、深地層の研究施設をそのための恰好の場として活用することが極めて重要である。

事前評価課題「深地層の研究施設における研究計画」

廃棄物処理処分課題評価委員会の評価結果

【総合評価】

「深地層の研究施設における研究計画」は、高レベル廃棄物の地層処分研究に共通の基盤研究施設として超深地層研究所(岐阜県瑞浪市)及び深地層研究所(仮称、北海道幌延町)を建設し、実際の深地層における体系的な調査研究を通じて、深部地質環境に関する知見の充実や 2000 年レポート(地層処分研究開発第 2 次取りまとめ)に示される技術・知見の確認を行い、安全の確保を前提として、地層処分技術の確立と処分計画の円滑な推進に寄与することを目的としている。

本研究計画は、地表からアプローチする調査研究(第 1 段階)、地下施設建設時の調査研究(第 2 段階)及び地下施設における調査研究(第 3 段階)から構成されるが、本評価においては、主として、第 1 段階の具体的な研究計画について評価を行った。

評価は、廃棄物処理処分課題評価委員会において、核燃料サイクル開発機構(以下、サイクル機構)から提出された評価用説明資料及びその説明に基づき、本委員会によって定めた評価項目、評価の視点及び評価基準に従って行われた。

本報告書は、様々な分野の委員から出された広範囲な意見を包括的に記したものである。

全体として本研究開発課題は概ね妥当なものであると判断する。

深地層の研究施設計画は、国の原子力長期計画、原子力バックエンド対策専門部会報告書及び高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書の方針に従って進められているものであり、高レベル廃棄物処分の事業や安全規制の基盤となる研究開発としての役割が大きいことから緊要性・緊急性は極めて大きく、計画を遅滞なく進め、成果をタイムリーに今後設立される実施主体の事業及び安全規制に反映していくことが重要である。今回の計画書の内容は第 1 段階に着目しているが、そのみでも 6 ～ 7 年、全体計画では約 20 年間にわたっており、処分事業のスケジュールを考慮すると、場合によっては計画全体を前倒しにするなどの変更についても考慮が必要である。本研究施設の研究の遅れによって、実施主体による処分予定地の選定や処分事業の推進に大きな影響を与えるようなことがあってはならない。

このため、現計画よりさらに資金と人員(特に人員)を適切に配分し、研究開発の充実と効率的な推進を図ることが重要である。また、本研究成果の反映先、役割

分担等を明確にし、十分に検討した上で研究を進め、得られた成果を実際に役に立たせることが肝要である。

研究計画については、高レベル廃棄物処理・処分研究の全体像を示し、その上で深地層の研究施設における研究計画や、それをサポートする研究、例えば、地層の長期的安定性に関する研究、天然類似現象に関する研究、地層処分基盤研究施設（ENTRY）や地層処分放射化学研究施設（QUALITY）を用いた研究などを含めた地層処分研究の全体計画を、サイクル機構の中長期事業計画あるいはその基本となる研究計画として策定されていることが望ましい。

放射性廃棄物の処理・処分は、原子力を利用している国の責務であり、世界中の英知を結集して安全性の確保に努めるべき課題である。情報公開はもとより、積極的な共同研究の道を探ることについても、サイクル機構が内外のあらゆる研究機関に共同研究を呼び掛け、その統括を担当すべきであるとの指摘があった。

なお、本研究計画を進めていく上での留意事項は、次のとおりである。

1. 研究計画の遂行にあたって

本研究計画を効率的、効果的に推進し、良い成果を挙げるためには、その計画的遂行を強力に管理する体制の整備、深地層研究所と超深地層研究所で行う各研究の有機的な連携、国内外の研究成果の積極的な活用、国内外の他機関からの積極的な研究計画の募集や研究者の受け入れなどが重要である。

2. 着実な施設計画の推進

深地層の研究施設を早期に立ち上げるためには、本研究施設の目的、意義、緊要性などを理解してもらうことが必要である。そのためには専門家のみならず、地元住民や一般の人々にも分かりやすい説明とタイムスケジュールを示していくなどにより、地元や国民の十分な理解を得つつ、着実に計画を進めることが期待される。

幌延の深地層研究所に関しては、地質学的観点からの必要性等を明確に示す必要がある。また、実際の廃棄物を持ち込む考えはないとされているものの、実際に坑道ができた後には、これらを持ち込むのではないかと懸念が現地では強い。これを払拭するため、計画が始まる現段階において、研究終了後の深地層研究所の措置に関する考え方を明示することが必要である。

一方、実施主体の処分候補地の選定に際し、堆積岩系のデータ不足を理由として公募、応募に制限が生じないように、本計画が遅れた場合の措置についても考慮しておく必要がある。

3. 研究計画の内容について

本研究施設で得られる 20 年程度の実験結果を長期の評価に適用するための研究や、サイトスペシフィックな(そのサイトに特有な)結果を一般化するための研究など、深地層の研究施設において得られる限られた研究成果を最大限活用するための研究を同時に推進することが望ましい。

また、高レベル廃棄物処分において「予想しなかった」事態が生じることのないよう、一見関連が薄いと思われる研究開発事項についても広く研究しておく姿勢が必要であろう。

4. 社会的理解促進への取り組み

情報公開は、成果のみならず計画の段階から行うことが必要である。従って本計画においては、情報公開の記述を充実させることが望ましい。

本研究施設は、学問的な研究の場としての役割と同時に、社会的な理解を得るための場としての役割も大きいことを認識し、研究者の自己満足に陥ることのないように留意すべきである。また、地元住民を含め広く国民から理解を得るために、基本的姿勢として、「安全を確保する」ことを重視した課題設定と資源配分が必要である。さらに、リスク・コミュニケーションについての科学的研究開発など、社会的側面に関する研究についても広義の研究計画として取り組むことを提案する。

21 世紀は環境問題と資源エネルギー問題が政策の主軸になっていき、人々の関心もそこへ集中していくと予測され、原子力に対する理解を得ていく絶好の機会である。そのカギとなる日本語を正確にすることが重要であり、まず、人々に混乱を起こしやすい超深地層研究所と深地層研究所の名称を改めることを提案する。

【各評価項目に対する評価意見】

(1) 研究開発課題の目的・意義、緊要性について

高レベル廃棄物の処分問題解決の道筋を付けることは、世代間の負担の公正という観点から照らしても、直ちに進めなければならない喫緊の課題である。その最有力な方法として国の方針としても定まっている地層処分について、安全性を確かめ、技術を確立すること、また安全性を評価する基準の策定に必要な知見やデータを提供することは、サイクル機構として最優先に取り組むべき緊急の課題である。また、これまで地上及び海外施設において進めてきた調査研究によって得られた技術や知見を、実際の深地層におけるデータの取得を通じて体系化し、確認していくことが、

地層処分を推進する上で不可欠である。このため、深地層の研究施設における研究開発の意義及び緊要性は高く、最善の努力により、計画を遅滞なく進めることが重要である。

サイクル機構はこれまで地層処分の研究開発を中核的推進機関として進めてきていることから、本研究計画を推進する総合的能力を有していると判断され、実施機関として相応しく、早急に深地層の研究を進め成果を挙げることが期待される。

2000年には実施主体が設立され、処分事業の具体化に着手することとなるが、本研究計画は、この実施主体における処分地選定に資する研究開発としても位置づけられるものである。処分予定地選定段階において本研究計画の成果を生かせるようにするためには、一刻の猶予も許されず、迅速に本計画が履行されることが必要である。処分場の選定、建設が開始している段階に一般的な基礎研究を行っている状況にならないよう、特に幌延の研究施設の意義付け、及び全体計画のタイムスケジュールについてはこれら処分事業との整合を図ることが重要である。

個別の研究テーマの具体的な反映・適用先については、処分場の立地選定、設計・建設、運転・維持管理及び処分終了後のモニタリングなど処分事業の各段階との関連において明確化を図る必要がある。また、処分予定地選定時に適用される「地質環境の調査技術」については、地表からの評価項目及び内容、既存の技術にて評価できる限界、信頼性向上のためにブレイクスルーすべき課題等を明らかにし、本計画に反映しておく必要がある。

本研究施設が利用できるまでの期間については、継続して海外の地下研究施設を利用して必要な研究を進めるとともに、適宜国内外の技術動向・水準を的確に把握することが適当であると思われる。

本研究計画は、地層処分に関する国民の理解獲得の側面からも、必要不可欠である。

(2) 最終目標について

処分事業の展開及び安全規制への貢献を目標として設定し、そのブレイクダウンを行った各項目はいずれも極めて妥当なものと判断する。

本研究計画の目標として、処分事業で行う調査・評価への貢献や、安全規制の観点から技術基準や安全基準の策定に必要なモデル、データの提供等を挙げていることは妥当であるが、加えて処分地選定要件への反映についても明記する必要がある。また、本研究によって取得される成果をどのように公表し、実施主体へ引き渡すの

かについても言及することが望ましい。一方、処分の実施主体及び安全規制側という相反する立場に同時に成果を反映することによる安全側の説得力に対して生じる懸念を払拭するため、客観的データの取得に関する事項であるか、事業化のための研究開発項目であるか等について整理する必要があるとの指摘があった。

地層処分の実施は処分地の立地ができるかどうかにかかっている。そのためには、深地層研究の信頼性に関して国民の理解を得ることが不可欠であり、高レベル放射性廃棄物処分懇談会の指摘にもあるように、深地層の研究施設をその恰好の場として活用を図ることが極めて重要である。従って、本研究計画の目標の一つに国民の理解の促進も加えるべきである。また、「どういうことが分かれば処分地として安心できるか」、「どういうことが分かったのでここを予定地に選定したのか」について広く国民の理解が得られるよう、本計画における研究成果が反映されることが重要である。

なお、本研究開発課題のすべての最終目標が高レベル廃棄処分の安全についての研究開発であるという認識は、本研究開発遂行に関わるすべての人々に自明のこととして自覚されていなければならない。

(3) 課題の進め方について（全体計画）

将来の処分予定地の選定等に本研究の成果が有効に活用されるためには、サイト特性に依存する部分とそれには依存せず共通する部分とを明確にし、この両部分が二つの施設の課題として適切に配分され、成果が将来の処分予定地の選定等にどのようなつながっていくかを、さらに明確に整理する必要がある。このことは、研究資源、期間等の効率性の観点からも必要である。その一方で、深地層の研究施設において研究開発を進めていく過程で新たな検討課題が見い出された場合、重要性に応じ、適宜、新たな実験計画を追加するなど、柔軟性をもって計画を進めることが必要である。

日本原子力研究所等の関連研究機関や大学、高レベル事業推進準備会、電気事業者等との連携についても検討し、場合によっては原子力委員会等での総合的な役割分担とタイムスケジュールの議論を経てその明示を図ることが必要である。

課題によっては、サイクル機構よりも研究資源に優る外部の大学、研究機関が存在する場合があります。そのような課題については、積極的に研究開発を外部機関に委託するなど、適切な役割分担等を図ることが望ましい。地震・断層、隆起・沈降などの地質環境の調査研究や地下施設の設計などの工学的技術がこの例として挙げられるであろう。

我が国の有望な処分候補地層を構成する岩石として、結晶質岩と堆積岩があり、それらの典型的な地層を対象に、地層処分に係わる本格的な研究の実施が求められ、その意味で幌延の深地層研究所における研究開発は重要である。その一方で、この深地層研究所の地層がどの程度、我が国の典型的な堆積岩と見なし得るのか、また我が国に見られる堆積岩の諸特性をほぼ把握できる見通しなのか、という点から、この深地層研究所の位置づけを明確にする必要があるのではないだろうか。

地質環境条件については場所による特殊性も考えられることから、選定された両研究施設において検討が可能なものとそうでないものとを整理する必要がある。地質環境の長期安定性に関する研究の見地からは、両研究施設における研究だけではなく、合わせて全国的な調査・評価も必要になると思われるとの指摘があった。

また、2000年レポートにおいて将来10万年程度の安定性を推論できると記述されていることに関して、本研究計画における長期安定性研究との関連を明確にすることが必要である。

処分予定地選定のための予備的調査に反映される個別研究課題に関しては、処分予定地の選定に必要な手順を整理し、本研究課題ではそのうちどの部分の手法を提供するのかを明確にしておく必要がある。

地層処分研究開発と地層科学研究の2つの研究分野が全体として整合性が図られるよう、得られた情報・データの相互活用、両分野の研究者の密な関係維持が求められる。限られた時間の中で、各分野について並行的に研究開発を進めることは当然であるが、その際、大型プロジェクトのマネジメントツールとしてのOR手法やPERT/GERTなど、米国で実績のある方法論の積極的な適用についても考慮することが望まれる。

本研究開発課題の成果を実施主体に活用して高レベル廃棄物処分を実現するためには、処分地の選定などにおいて、本研究開発課題の成果が信頼できるものであると一般住民からも信じてもらうことが必要である。しかしながら、本研究計画では、このことについての社会科学研究開発についてはまったく触れられていない。高レベル廃棄物処分地の決定が、人々のリスク受容についての行動科学／社会科学研究開発なくして可能であろうか。このためにも行動科学／社会科学からの処分地リスク受容に関するリスク・コミュニケーション研究開発が本研究開発課題に含まれることが望まれる。

一方、平成12年度から処分候補地の選定が始まるのであれば、場合によっては無理な姿勢で幌延の研究所を立ち上げるよりも、候補地の中から選ぶのも方法ではなかろうかとの指摘もあった。

(4) 次期評価までの実施計画について(評価期間の実実施計画)

第1段階として地表からアプローチする調査研究を設定し、必要なデータの収集と第2、第3段階に向けての前段的調査研究を実施することは妥当である。坑道の掘削や地下施設の建設によって地下環境が受ける影響と、将来、施設を埋め戻した後における地下環境の回復とその時間的变化に関する知見を得ることは重要な課題の一つと考えられ、第1段階でこの点に関する包括的研究計画を立案することが必要である。また、候補地における限られた調査内容で予定地を選定するための合理的で体系化された調査・評価手法の確立が求められており、第1段階の実実施計画の中にこのための検討項目を盛り込むことが必要である。

実施主体がサイト特性調査に入ると見込まれる頃に幌延の坑道からの調査が始まることは、本計画における成果の反映の時期として疑問があるため、緊急性の高い課題に優先度を与えるなど、今後、研究計画の適時見直しや期間短縮について考慮が必要である。

幌延の深地層研究所の場合、500m程度の深さの空洞を掘削する方法と、空洞保持の見通しと実現性を最初の段階で示しておく必要がある。

実際の深地層の特性と深地層研究施設周辺の岩盤が経てきた履歴(構造発達史)との関連性を十分に突き詰める試験計画を立案し、その上で、新しい地殻変動の研究を変化の一時期断面として位置付けることが求められる。こうした研究によって、ボーリングなどの調査が不十分の個所でも、ある程度深地層の地質環境を推定することが可能になると思われる。

第1段階を地表からアプローチする調査研究段階とするにしても、どの研究が地下研究施設内で行われ、それと関連あるいはサポートする研究がどのように構成されているかについて明確にすることが望まれる。

声問層の泥岩はおそらく珪藻化石を多量に含んでいることから、他の一般的な泥岩と多少異なる力学的性質を持つ可能性があることについても確認しておく必要がある。また、地下水の条件や還元環境の保持にも十分注意を払う必要がある。

第1段階での調査孔のボーリングと個別観測、物質移行試験のトレーサの選択等については、綿密な試験計画の立案の下に行われる必要がある。また、地下水流や水質の変化を把握するために対象とする地下水については、人間あるいは生態系に及ぼすリスクを解明して、重要でない調査は省略することが肝要である。

なお、本研究計画の主目的は技術の確認にあるので、「幌延、瑞浪の地質・地下水の調査研究」にならないように留意することが必要である。

(5) 資源配分について

深地層研究の重要性に鑑み、人員の強化と適切な配分が必要である。瑞浪に比べ幌延の配置人員が少ないことは、両者の研究開発テーマ数及び資金面が同等であることからバランスが悪いと思われる。「少なすぎる」研究者が研究達成のネックになるばかりか、疑惑を招きかねないことにも配慮する必要がある。

また、必要に応じて関連機関に応援を求めること、メーカも含め国内外の研究者に対して広く門戸を開放すること等により、他機関からも積極的に研究者を受け入れ、必要かつ十分な研究者数を確保することが必要である。

施設が2つできることにより双方の意思の疎通が疎遠になることを避けるため、両施設で行われる研究内容を総合的視野からマネジメントする体制作りが重要であり、その点の考え方を示すことが必要である。また、あらゆるデータを総合的に理解し、活用していける人材の育成や、個々のデータをつなぐ作業を行うプロジェクトチームが必要である。

資金計画に関しては、現行の処分研究の予算規模とほぼ同等額であり、特に問題はないと考えられ、平成13年度以降も継続的確保が必要である。外注事業については競争入札なども検討されたい。

また、高レベル廃棄物処分においては、どのような理由であれ事故や失敗は許されない。したがって、一見高レベル廃棄物処分とは関連しないように思われる研究開発事項についても、可能な限り、広い視野から資源を配分すべきである。

これらの資源配分については、常に効率的に使用するよう見直すことが必要である。

(6) 期待される成果及び波及効果について

本研究成果は処分事業に重要な効果をもたらすものと考えられる。適切な技術移転が実施主体や規制当局に対してスムーズかつタイムリーに行われることが期待される。また、本研究計画により地下深部の地質環境の調査・評価技術が大きく進歩すると期待され、地層処分の基礎的な技術の確立に資するところが大きい。

高レベル廃棄物の地層処分にとどまらず、今後処分方策が策定されるであろうTRU廃棄物（超ウラン核種を含む放射性廃棄物）及びウラン廃棄物の処分とも密接に関連があり、これらの検討も視野に入れながら研究を進め、本研究計画の成果を活用していくことが期待される。高 β ・ γ 廃棄物（現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物）の処分や原子力発電所の地下立地などにも一部波及効果が考えられる。また、深部地下空間利用に大きな技術的展開が期待できる。地球科

学の面では依然として分からないことが多く、岩盤力学モデルの構築手法や地下水の地球化学的特性の把握は、地層処分だけでなく、深部地下利用技術への応用の可能性も考えられる。この様な研究の波及効果については、絶えず検討を進めていくべきであろう。

一方、第1段階での成果の波及効果については疑問との指摘もあった。

高レベル廃棄物の実証試験的な研究開発の役割以外に、さらに一般的な地下環境の学問を進めるという観点もあってもよいのではないか。その方が研究に柔軟性が出てくるし、また周辺研究の協力体制の形成を図ることもできる。

(7) 成果に対する情報公開の考え方について

成果を積極的に公開していくという方針は評価できる。また、情報ネットワークの整備や展示館の整備、他研究機関の研究者との共同研究が考慮されており、開かれた研究を行う姿勢が伺える。しかし未だやや受け身の姿勢である印象を受ける。深地層の研究施設を国民の理解を得る貴重な場と考えて、実際に見てもらうことが研究の理解に一番役立つこと、また一般への情報提供に寄与できることから、さらに積極的な対応が望まれる。より広く国民に成果を伝え、原子力の安全性に対する国民的な議論を巻き起こすきっかけとなることが望まれる。また、本研究施設は貴重な研究資産であるため、大学や他の機関との共同研究の場として一部を提供できるようにすることが望まれる。

本研究成果について、専門家のみならず一般の人にも分かる形で、誤解のないように情報提供を行うことが必要である。マスコミ関係者への情報公開を特に重視すべきであり、記者懇談会などを定期的を開催しリスク・コミュニケーションを深めることが、社会一般からの理解と受容を得る上で必須のことであると考ええる。

世界や我が国のエネルギー・環境・経済について、我々が置かれている現状と将来像をデータに基づき平易に示す中で、原子力・地層処分の意義について広い視点に立って説明できる信頼されるスタッフを置くなど、早くから時間をかけて社会的理解を得るための取り組みを行うことが、最終目標の実現において重要であると考えられる。

専門家の客観的なレビューにより、得られた成果が学術的に正しいことを示すことが国民の信頼を得る上で極めて重要であること、技術成果は学会や論文誌上で議論されることにより、より良くなっていき、更には新たな課題の発見に繋がるもの

であることから、成果を学会等に積極的に公表することが必要である。

サイクル機構が費用負担した委託研究開発や共同研究の成果については、民間の研究開発意欲を高めるためにも、場合によっては民間のノウハウとして非公開とする部分や、公開を遅らせるなどの仕組みを取り入れる必要性があるとの指摘があった。

(8) その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

評価委員会とは別に、研究の進捗をチェックし、専門の立場からアドバイスを行う外部の識者を中心とした実施委員会のようなものが設置されることが求められる。

大学等他の機関との連携、及び海外との研究協力の成果を極力我が国の研究に反映することが必要である。

参 考 資 料

核燃料サイクル開発機構

参 考 資 料 目 次

参考資料 1	研究開発課題の事前評価について（諮問）	(1)
参考資料 2	評価結果に対する措置	(3)
参考資料 3	評価委員会委員の意見とサイクル機構の考え方	(8)
参考資料 4	深地層の研究施設における研究計画－計画書－	(53)
	[計画書本文]	(54)
	[添付図表]	(77)
	[付録]	(87)
	（付録 1）海外の地下研究施設を利用した研究開発	(88)
	（付録 2）平成 1 0 年度までの地層科学研究の成果と反映先	(94)
	（付録 3）用語集	(106)
参考資料 5	深地層の研究施設における研究計画（OHP 資料）	(115)

参 考 資 料 1

研究開発課題の事前評価について（諮問）

11 サイクル機構(経企)006

平成11年6月16日

研究開発課題評価委員会

(廃棄物処理処分課題評価委員会)

委員長 石樽 顯吉 殿

核燃料サイクル開発機構

理事長 都甲 泰正



研究開発課題の事前評価について(諮問)

研究開発外部評価規程第7条第1項に基づき、次の事項について、理由を附して諮問致します。

なお、検討結果については、平成11年7月下旬までに答申を示されたく申し添えます。

1. 諮問事項

高レベル放射性廃棄物の処理処分技術の研究開発のうち、深地層の研究施設における研究計画についての評価

2. 理由

サイクル機構の中長期事業計画に定めた深地層の研究施設計画に関する具体的研究計画について評価を受け、その結果を予算要求、研究計画等に反映させることにより、研究開発活動の効率化・活性化に資する。

以上

参 考 資 料 2

評価結果に対する措置

研究開発課題評価委員会

「深地層の研究施設における研究計画」の評価結果に対する措置

平成11年8月6日

核燃料サイクル開発機構

「深地層の研究施設における研究計画」のうち、今回評価の対象とした、地表からアプローチする調査研究（第1段階）の研究計画について、概ね妥当という評価を頂いたので、本計画に従い研究開発を進めて行くこととします。なお、主要な御指摘については以下の措置をとるとともに、その他の御指摘についても計画書に反映し研究開発を進めていきます。

1. 全体計画の策定と成果の適時反映

深地層の研究施設計画を含めた、地層処分に係る研究開発の全体計画を策定し進めていくことが望ましいこと、成果を実施主体の処分事業や国の安全規制に適時反映していくことという御指摘に対し、

- ・サイクル機構としては今後2000年以降の地層処分研究開発の全体計画案を取りまとめます。これについては、国による検討や実施主体等関係機関との協議を踏まえ見直していくこととします。
- ・更に、深地層の研究施設計画は高レベル廃棄物処分の基盤となる研究開発でありその役割が大きいことを十分認識し、遅滞なく効率的に進め、成果を適時実施主体の処分事業や国の安全規制に反映していきます。なお、今後国による検討や実施主体等関係機関との協議を踏まえ実施内容、スケジュール等について見直していくこととします。

2. 関係機関の連携と役割分担の明確化

研究開発を遅滞なく効率的に進めていくという観点から、関連研究機関や、SHP、電事連との連携を深めて検討する必要があるという御指摘に対し、

- ・深地層の研究施設における研究計画を含め地層処分研究開発の全体の進め方や役割分担について、今後国や関係機関との間で検討していくことになると考えられます。それを踏まえサイクル機構としてなすべき責務を果たしていくこととします。
- ・更に、大学や国内外の関係機関との共同研究等については、従来より実施していますが、今後研究開発の進展や必要性に応じ適切に見直していくことと

します。

3. 2つの深地層の研究施設計画の効率的な推進と体制の強化

2つの深地層の研究施設計画を計画的に遂行していく管理体制の強化、両研究施設の有機的な連携、特に幌延の深地層研究所（仮称）の人員強化の御指摘に対し、

- ・両研究所計画の進展に合わせ、サイクル機構内の体制、要員をタイムリーに見直し、適切なものに移行していくこととします。

4. 安全確保を重視した課題の設定

本研究開発課題は、最終的に高レベル廃棄物処分の安全を確保して実現することを目的とする研究開発であることから、基本的な姿勢として安全を確保することを重視して研究開発課題と資源配分を決定すべきという御指摘に対し、

- ・その趣旨を十分認識し、安全確保を重視して地層処分技術の実用化に資する研究開発を進めていきます。

5. 幅広い課題の設定と柔軟性のある計画の推進

高レベル廃棄物処分において「予想しなかった」事態が生じることのないよう、広く研究しておく姿勢とともに、新たな検討課題が見出された場合、計画を追加するなど柔軟性をもって計画を進めることが必要という御指摘に対し、

- ・関係機関や大学との協力を含め、深地層の研究施設を広く国内外の研究者に研究の場として提供することとします。
- ・計画を柔軟性をもって進めることについては、御指摘の通り進めることとします。

6. 長期評価を可能にするための研究の推進

深地層の研究施設で得られる実験結果を長期評価へ適用する研究や一般化するための研究などが必要という御指摘に対し、

- ・現象を理解し、将来予測を信頼性高く行うために、現象をモデル化（一般化）するとともに、深地層の研究施設計画の限られた期間での調査・試験結果に基づいて長期間の挙動を推定するために、以下の内容を実施します。

○古水理地質学的手法の検討

過去の地下水流動とそれに伴う地球化学的な変化や規則性を明らかにして、現在を理解し、将来予測に役立てる古水理地質学的手法を検討します。

○地質構造発達史の構築

深地層の研究施設一帯の地質構造発達史を構築し、その中で現在の地質環境を捉え、将来変化の予測に役立つ手法として検討を行います。

7. 幌延の深地層研究所計画の意義及び理解の促進

幌延の地質学的状況を踏まえ、幌延で深地層の研究所計画を推進する意義付けをきちんと示すべきとの御指摘に対し、

- ・計画書に、幌延町に分布する地質の特質に着目した場合の研究の意義を示しました。

8. 成果の信頼性、客観性の向上

専門家の客観的なレビュー等により、得られた成果が学術的に正しいことを示すことが国民の信頼を得る上で極めて重要という御指摘に対し、

- ・御指摘の趣旨は極めて重要との認識のもと、研究成果を学会や論文誌上に公表し、広く関係者に議論して頂くようにするとともに、研究計画の段階から専門家の客観的評価を受けて進めるための委員会の設置を検討します。

9. 社会的合意形成のための取り組みと情報公開の積極的な推進

本研究は地層処分に関する国民の理解獲得のためにも必要不可欠であり、目標の一つに国民の理解の推進を加え、深地層の研究施設を国民の理解を得る貴重な場と考え、実際に見てもらうことへ積極的に対応する必要があること、深地層の研究施設の研究終了後の措置に関する考え方を現段階から示しておく必要があること、マスコミ関係者への情報公開を特に重視し、リスクコミュニケーションを深める等の対応が必要との御指摘に対し、

- ・本研究の最終目標の一つに「深地層の環境や地層処分についての社会の理解の促進に資する」を加えることとします。具体例としては、施設公開にあたり、実際の深地層の環境を体験するという観点から、見学者の深地層へのアクセスの方法や体験の方法について検討を加え、施設計画に反映していきます。なお、計画が先行している瑞浪の超深地層研究所の方では、地下施設建設時の調査研究（第2段階）の出来るだけ早い時期に坑道内に入り、実際の深地層が体験できるようにしていきます。

- ・研究終了後の措置については、瑞浪の超深地層研究所では既に設置されている「跡利用委員会」において検討が進められています。幌延の深地層研究所（仮称）については、今後地元と相談しながら進めていきます。
- ・社会学者やマスコミ関係者の助言を仰ぎ、社会の理解と信頼が得られるように情報公開に努めていきます。
- ・なお、研究所名称を改めるべきとの御指摘がありました。瑞浪の超深地層研究所は地元の意向も考慮して名づけたものです。幌延の深地層研究所（仮称）についても、地元の意向を踏まえつつ検討していきたいと考えております。

10. 高レベル放射性廃棄物の処分以外へ成果の反映

本研究開発成果をTRU廃棄物及びウラン廃棄物の処分にも活用できるような研究開発を進めていくこと、深部地下利用技術への応用の可能性も考えられるため成果の普及に努めていくことが必要との御指摘に対し、

- ・深地層の研究施設で得られる成果は、他の放射性廃棄物の処分研究開発にも活用できると考えられるので、ご指摘の点も視野に入れ研究開発を進めます。
- ・成果の普及については、サイクル機構の業務の一つであり、学会発表等の情報発信を常に行うことにより、成果の普及に努めます。

11. 主な技術的事項

実際の深地層の特性と構造発達史との関連性を研究することで、ボーリングなどの調査が不十分な個所でも、ある程度深地層の地質環境の推定が可能になると、坑道の掘削や地下施設の建設によって地下環境が受ける影響や、埋め戻し後の地下環境の回復とその時間的変化に関する知見を得ることは重要な課題であり、第1段階で計画を立案することが必要であるとの御指摘に対し、

- ・地下深部の岩盤の性質や地下水の性質や動きは、その岩盤が経てきた履歴と密接に関連しており、また、現在おかれている場にも規制されます。深地層の研究施設計画の対象地域の地質履歴の調査研究（地質構造発達史の構築）は、地質環境調査技術開発の一環として実施します。また、現在を過去から未来への地質展開の一断面と位置付ける研究として、古水理地質学の手法（考え方）の導入について検討します。
- ・施設の埋め戻しの技術やそれに伴う地質環境の回復などは、重要なテーマと考えています。埋め戻しに伴う地質環境の回復現象は、地質環境のモニタリングシステムの確立に資するための観測対象でもあり、第1段階から研究計画を立案していきます。

参 考 資 料 3

課題評価委員会委員の意見とサイクル機構の考え方

(参考資料3)

課題評価委員会委員の意見とサイクル機構の考え方

平成11年8月

核燃料サイクル開発機構

1. 総合評価 (1/8～8/8)	1
2. 各評価項目に対する評価意見	9
(1) 研究開発課題の目的・意義、緊急性について (1/4～4/4)	9
(2) 最終目標について (1/5～5/5)	13
(3) 課題の進め方について (1/8～8/8)	18
(4) 次期評価までの実施計画について (1/7～7/7)	26
(5) 資源配分について (1/3～3/3)	33
(6) 期待される成果及び波及効果について (1/2～2/2)	36
(7) 情報公開の考え方について (1/3～3/3)	38
(8) その他について (1/2～2/2)	41

1. 総合評価(1/8)

コメント内容	対 応	備 考
(資金・人員計画について) ・全体として本研究開発課題は概ね妥当なものであると判断する。本課題の緊急性・緊急性は極めて大きく、高レベル放射性廃棄物の処分に向けた計画に沿って、遅滞なく進められることを強く希望する。この場合、必要な時期には、現計画より更に資金と人員（特に人員）を投入して、研究開発の効率化と充実をはかることも検討に値するのではないか。 ・我が国の高レベル放射性廃棄物処分のために、深地層の研究施設をなるべく早い時期に立ちあげべきことは、JNC にとって最重要課題であろう。問題は研究施設の目的、意義、緊急性をどのように理解してもらいであり、専門家のみならず、立地の住民、一般の人々にも分かりやすい説明とタイムスケジュールを示すことであろう。JNC もそれに際して、他機関との調整、将来に展開された予算、人員等、現時点でここに書き示すには難しい側面もあるが、是非努力の上これを実現して欲しい。 ・今回の評価は第一段階に着目しているが、そのみでも 6～7 年とされている。全体計画が約 20 年となっているが、処分事業のスケジュールを考慮すると、できるだけスピードアップを図ることが望ましい。それに見合うように人、資金の配分を考慮されたい。(留意点)	・拝承 ・研究開発の効率化と質の向上を図るために、計画の進展に合わせ、資金と人員について常に見直しを行います。 ・拝承 ・地表からアプローチする調査研究段階は、例えば地質・地質構造調査のように、地質調査、物理探査、試験調査という手順を踏む必要があるものがあり、6～7 年が必要として計画を立てています。今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きたいと考えています。	計画書に追記

1. 総合評価(2/8)

コメント内容	対 応	備 考
(その他全体) ・ 深部地質環境の調査は、原子力長計においても課題とされてきたが、処分施設報告では「深地層の研究施設の実証は早急に着手する必要がある」ともとされた。したがって、本研究はこれらの一連の考え方に沿うものであり実施されることが重要であると考ええる。 ・ 幌延に地層処分研究課題が課されているが、堆積岩系の情報が必要だと考えられるので、処分候補地の選定に際し、堆積岩系のデータ不足を理由に公募、応募が出来ないことがないように、本計画が遅れた場合の措置も考えておかれてはどうか。(留意点) ・ 総合評価は瑞浪については概ね良いと思うが、幌延町の深地層研究所についてはこの地質学的状況の必要性等をきちんと書き込む必要がある。 ・ タイムスケジュールについては処分予定地の選定等とのタイミングを充分に考慮の上、場合によっては全体を前倒しにするなどの変更が必要であろうと考える。	・ 押承 ・ 本計画が遅滞なく進むよう鋭意努力する所存です。 ・ 堆積岩系の研究開発であるスイスのモンテリ－共同研究プロジェクトを継続し、データや知見の蓄積に努力していくことを考えております。また、仏 ANDRA（粘土質岩と花崗岩の両方の地下の研究施設を計画）との協定を活用して共同研究を検討していきたいと考えております。 ・ 幌延の地質学的状況の必要性等については、計画書に追加記載します。 ・ 地表からアプローチする調査研究段階は、例えば地質・地質構造調査のように、地質調査、物理探査、試錐調査という手順を踏む必要があるものがあり、6～7 年が必要として計画を立てています。今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きたいと考えています。	計画書に追記 計画書に追記

1. 総合評価(3/8)

コメント内容	対 応	備 考
・高レベル放射性廃棄物処分事業の基盤となる研究であり、役割と期待は大きい。広く一般に研究の意味合いを説明し、その成果をタイムリーに実施主体および安全規制に反映していただきたい。 ・研究開発課題の意義や緊要性についての認識は適切であり、本研究課題を積極的に推進することは必要と考えられるが、研究成果の位置づけが明確でない。本研究課題の成果が生かされるのはどのような場面か、その中で本研究課題の成果はどのような役割を分担するかを明確にして研究を進めることが肝要である。これが十分に検討されないと、得られた成果が実際には役に立たない可能性がある。 ・本研究計画は、国の計画・方針に従っており、社会的ニーズの高い研究課題であり、サイクル機構が緊急に実施すべきものである。 本研究は概ね妥当に計画されているが、深地層研究施設を用いた全体計画は、本来、サイクル機構の中長期事業計画あるいはその基本となる研究計画として策定されるべきと考える。 深地層研究施設を用いた研究は容易には実施できないため、そこで得られる成果を最大限生かす研究のフレームを意識的に作って、深地層研究施設を用いた研究と同時に推進する必要がある。たとえば、深地層研究施設で行われる 20 年程度の実験結果をもっと長期間に適用するための研究や、研究施設で得られるサイトスペシフィックな結果を一般化するための研究を同時に推進することが望ましい。	・拝承 ・処分事業の展開や国による安全基準等の策定にタイムリーに反映できるように、課題や内容を設定して進めていきます。 ・研究開発成果の反映については、添付図表に追加しました。 ・ご指摘の点に留意しながら、深地層の研究施設計画を含むサイクル機構としての地層処分研究開発の全体計画案を早急にとりまとめる予定です。	計画書に追記 計画書に追記

1. 総合評価(4/8)

コメント内容	対 応	備 考
・ 21 世紀は、環境問題と資源エネルギー問題が政策の主軸になっていき、人々の関心もそこへ集中していくと予測されます。原子力に対する理解を得ていく絶好の機会です。そのカギとなる日本語を正確にすることは、この分野の人々は今ままであまり体験してこなかったことだと思えます。まず次のことを改めましょう。 この計画書の中にある超深地層研究所と深地層研究所の名称は人々に最も混乱を起こしやすい名称です。「核変換」を「消滅」と表現することでも誤解を招きます。 今まで使われてきた言葉を変えることについては、誰が決めていくのでしょうか。	・「超」とした理由は、瑞浪周辺に東濃研究学園都市構想があり、超高温材料研究センターなど極限環境をテーマとしたいくつかの研究施設があるため、地元の意向も考慮して名づけたものです。 幌延の深地層研究所（仮称）についても、地元の意向を踏まえつつ検討したいと考えております。	
・ 深地層の研究は、わが国の高レベル廃棄物を 2030 年までに安全に埋設するための研究をすることです。タイムスケジュールを考えると、基礎研究を緊急にしていかなければ施設建設地は決まりません。研究のスピードを上げていただきたいと思います。	・ 地表からアプローチする調査研究段階は、例えば地質・地質構造調査のように、地質調査、物理探査、試験調査という手順を踏む必要があるものがあり、6～7 年が必要として計画を立てています。今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きたいと考えています。	計画書に追記
・ 高レベル放射性廃棄物の処理、処分対策を緊急に進めなければならぬことはいうまでもない。日本や英仏のように再処理した後の廃棄物対策も、米国や一部の欧州の国が行おうとしている使用済み燃料の処分も、処分対象を長期にわたって生活する環境に影響しない場所に処分しなければならぬことは同じである。従って処分は商業用原子力発電所を持つ国すべての問題であり、処理・処分方法の技術革新はあっても、処理技術の囲い込みは存在しないはずである。つまり各評価項目の（７）で出てくる情報公開は、成果だけでなく、そもそもの始まりから行わなければならない。その情報公開の記述が簡単すぎるのではないかと思える。	・（７）では得られる研究開発成果の公開について示しましたが、成果だけでなく計画の段階から情報公開していきたいと考えております。また、それに加えて背景や周辺情報についても積極的に公開していく考えです。また、この深地層の研究施設についても、地上や地下の施設などできるだけ多くの方々に公開し、実際の深地層の環境を体験し、見学していただけるよう計画致します。	計画書に追記

1. 総合評価(5/8)

コメント内容	対 応	備 考
・サイクル機構の前進である動燃時代、幌延町では実際に高レベル廃棄物を持ち込む貯蔵工学センターを計画されていた。深地層研究所はコールドテストだけであり、廃棄物を持ち込む考えはないとされているが、実際に坑道ができたから持ち込むのではないかと懸念が現地では強い。昨年从今年にかけての一連の話し合いが難航したのも、そのためである。そうした懸念を払拭するには、計画が始まる現段階で、2020 年以降、深地層研究所をどう処分するかを明示すべきである。 同じことは瑞浪市の超深地層研究所についてもいえる。	・深地層の研究施設の研究終了後の措置については、瑞浪の超深地層研究所では既に設置されている「跡利用委員会」において検討が進められています。幌延の深地層の研究施設については、今後地元と相談していきます。	計画書に追記
・こうした懸念にもかかわらず、サイクル機構が地層処分研究を進めようというのは、高レベル廃棄物の処理、処分研究を実施するよう求められた法人だからであるはず。 地層処分研究はサイクル機構が機構法の定めで進めなければならない処分研究の一つになる。従ってサイクル機構が実施しようとしている処分研究の全体像がなければ、地層処分研究だけを取り出しても評価し得ないのではないか。	・サイクル機構が実施しようとしている研究開発全体象については、早急に取りまとめる予定ですが、計画書の中に基本的なところを追記しました。	計画書に追記
・新たに送付された補足資料の中で、「8.おわりに」の記述に「国内の研究機関と充分に協力しながら研究を進めていく」の表記が加わったが、当然とはいえ、これだけでは十分とは言えない。サイクル機構がすべてを担う必要性があるのか、への答は不十分だ。旧動燃時代、多額の投資をしながら実を結ばなかった多くの「無駄」が指摘された。地層処分研究が「無駄遣い」との批判を浴びないためには、他研究機関の成果を積極的に取り入れて効率の良い研究を進める必要があるが、提供資料は十分な説得力があるとは言えない。	・ご指摘の通り、他研究機関の成果を積極的に取り入れて効率のよい研究を進めていく所存です。なお、この旨を追加記載することといたします。	計画書に追記

1. 総合評価(6/8)

コメント内容	対 応	備 考
・現在示されている資料で、幌延町および北海道が懸念を拭えないのではないかと問題がもう一つある。求めている課題に対する研究人員が少なすぎるのではないかとの疑問である。	・研究人員については、幌延が第1年度の立ちあがりであること、瑞浪についてはすでに平成4年度から進行中の広域地下水流動研究の人員が含まれていること、などにより人員の差が生じており、すなわち、瑞浪の人員については、地球科学や土木学の研究者の他に、物理探査や加速器を含めた分析、情報システム運用の技術者等からなります。これらの技術者は地元説明等に参加しています。 ・一方、幌延については、共通の調査技術開発等は、東濃地科学センターを活用し、同位体分析、化学鉱物分析等については東濃地科学センターや東海事業所の施設を活用することを考えています。また、(釜石原位試験で採用したように)必要に応じて東濃地科学センターや東海事業所から研究者が試験に参加する形態を念頭に置いていますし、現在の数字のなかには見学対応などの社会的な側面から必要な人数を考慮していません。計画書に示した幌延の人員はサイトオフィスに常駐の技術者数を示しています。 2つの深地層の研究施設計画を効率的に行えるよう、人員・体制の見直しを今後行っていきます。	

1. 総合評価(7/8)

コメント内容	対 応	備 考
・国内外の他機関で行われる関連研究の成果の活用や、深地層研究所と超深地層研究所で行う各研究の有機的な連携に努め、本研究計画の成果が、少しでもより効果的に且つ効率的に上がるよう努力して欲しい。 ・また、実施主体による 2010 年頃の処分予定地の選定や 2020 年頃の処分事業の申請は大きなマイルストーンであり、研究の遅れによってこれらのマイルストーンが変更されるようなことがあってはならない。このためには、業務の計画的遂行を強力に管理する体制が不可欠であり、是非ともこの点にも留意して、計画を実施して欲しい。 ・行動科学／社会科学に携わる者として、社会一般からの理解を得るという観点からの見解を 4 点記したい。 ①本研究開発課題は、最終的にすべてが高レベル廃棄物処分の安全を確保して実現することを目的とする研究開発であるが、基本的姿勢として「実現する」ことよりも「安全を確保する」ことを重視して課題設定とその資源配分を決定していただきたい。 ②高レベル廃棄物処分は、住民／国民からの理解を得なければ、処分地を決定してこれを「実現する」ことができない。したがって、住民／国民から理解を得るためのリスク・コミュニケーションについての科学的な研究開発が必要である。 ③高レベル廃棄物処分においては、「予想しなかった」事態が生じてしまうことは許されない。これを避けるためには、一見関連が薄いと思われる研究開発事項をもてきうる限り対象とする姿勢が必要であろう。 ④情報公開においては、マスコミ関係者へのリスク・コミュニケーションを深める措置が必要である。	・拝承 ・前々から早期着手の必要性が唱えられてきたものであり、ご指摘の通り、計画の前倒しを含めタイムリーに成果が反映できるよううにしていきたい。また、2 つの深地層の研究施設計画の調整や計画的遂行を管理するための組織の設置を検討しています。 ①安全確保を重視した地層処分技術の実用化に資する研究開発を進めます。 ②深地層の研究施設計画は、実際の地層処分とは、明確に区分して計画されるものです。地層処分についての社会の理解を得ていくとの観点から、サイクル機構としてどこまでやれるかを考えながら、リスクコミュニケーションの検討も進めて参ります。 ③拝承 関係機関や大学との協力を含め深地層の研究施設を広く国内外の研究者に研究の場として提供する方針であります。 ④当機構の広報部門と連携して検討していきたいと思います。	計画書に追記 計画書に追記

1. 総合評価(8/8)

コメント内容	対 応	備 考
・地層処分の実現のために、地下研究施設は重要な技術開発のステップであり、地元との関係に留意しつつ、着実に計画を進めることを期待する。 ・ただし、地下研究施設は、学問的な研究の場としての役割と同時に、社会的な理解を得るための場としての役割も大きいことを認識し、研究者の自己満足に陥ることのないように留意することが必要と思われる。 ・国内外の他機関からも積極的に研究計画を募り、研究者を受け入れるなどして、効率的な研究の推進に努めてほしい。 ・細かい点を別にして、第 1 段階における評価として理解できます。ただ、[各評価項目に対する評価意見]に書かれている部分を参照していただき、記述に工夫するとさらに良くなるのではと考えます。意見が分かれるところかもしれませんが、深地層研究所(仮称)での研究開発を進めるにあたり、技術的側面とともに社会的側面に関する重要性を認識し、広義の研究計画と受け止め、後者に関する何らかの取り組みについて加えてはどうかと考えます。	・拝承 ・拝承 ・拝承 ・拝承 ・具体策として 7. (1)情報及び施設の公開の項に記述しましたが、ここに、「施設の公開にあたっては、実際に深地層の環境を体験すると言う観点から、深地層へのアクセスの方法や体験の方法について検討を加え、施設計画に反映する」ことを追記することとします。	計画書 に追記 計画書 に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(1) 研究開発課題の目的・意義、緊急性について(1/4)

コメント内容	対 応	備 考
・将来の深地層処分を進めるために、深地層の研究施設を使用して、これまで地上及び海外施設において進めてきた調査研究を、実際の深地層でのデータの取得を通じて体系化し、確認していくことは必須・不可欠である。2010年ごろに処分予定地の選定が行われると想定すると、緊急性は著しく大きく、一刻の猶予も許されない。計画が遅滞なく進められることを強く希望する。また、サイクル機構はこれまでの地層処分研究を中核的機関として進めてきており、本研究を実施する機関として相応しい。	・拝承	計画書に追記
・すでに(1)で述べたように、特に幌延の研究施設の意義付けをうまく書き表すこと、全体計画のタイムスケジュールをうまく書くことが必要かと思えます。処分場の選定、建設が始まっているのに一般的な基礎研究をやる形にならないようにしてください。	・幌延の研究施設の意義付けについては、計画書に追加記載します。 ・全体計画のタイムスケジュールと反映先との関係を計画書の添付図表に追加しました。 ・安全確保を前提とした処分事業の進展や社会の理解を得ていくことに必要な研究開発となるよう留意して進めます。	計画書に追記 計画書に追記
・2000年には実施主体が設立される予定であり、処分事業の具体化に着手することになるが、実施主体設立後に、実施主体からのニーズとなる処分地選定プロセスに資する技術開発として本研究計画が位置づけられる。外部の動向を見つつ機にある研究開発が行われていくと期待している。本計画書にも書かれているように、2010年頃には処分予定地の選定が行われる予定であり、そこで本計画の成果が生かせるように、迅速に本計画が履行されることを希望する。(留意点)	・拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(1) 研究開発課題の目的・意義、緊急性について(2/4)

コメント内容	対 応	備 考
・現在の計画では、処分予定地選定時に「どのような理由」で、「具体的にどのような項目」を地表から評価する必要がある、「既存の技術で評価できる限界」はどこまでであって、「どのような課題をブレークスルーすればどのような性能（信頼性）が得られる」と期待されるのか、また、「実際に坑道を掘ると言うことがどの項目にどのように貢献するのか」がはっきりと判りません。 “掘削過程のモニタリング”や“詳細設計手法の実証”が、実際に穴を掘って初めて意味のあるデータ収集ができるというのは非常に判りやすいのですが、肝心の“地質環境の調査技術”については、もう少しご説明を頂く必要を感じます。 ・高レベル放射性廃棄物の地層処分を具現化するステップとして技術的側面および国民の理解獲得の側面から必要不可欠である。研究を進めていく総合能力のあるサイケル機構の深地層の研究が早急に進捗し成果をあげることを期待する。	・「深部地質環境に対する調査のスケールと手法について」を添付図表に追加しました。処分予定地調査にはこのような内容が参考になると思います。調査の対象となる重要な地質環境条件、必要な情報、調査技術・手法を示しました。個別の調査技術手法は資源探査や土木の分野で用いられているものやサイケル機構が開発したものであり、ほぼその適用範囲や限界が明らかになっていて確立したものであると言えます。大きな課題は、これらの技術手法を用いて不均質な媒体である地層を地層処分の安全を評価するために必要な精度で調査できるかということと、その将来変化をどのくらいの間、どのような精度で予測できるかを明らかにすることだと考えています。より具体的には、 a)地層や岩体の持つ不均質性の定量的評価手法の確立 b)地下水の主要な流路となる断層(破碎帯)や割れ目帯の分布／連続性／連結性やその内部／周辺構造についてのデータの取得および信頼性の高い調査技術の確立 c)地下水化学データや塩淡水境界まで考慮した広域の地下水流動の評価技術の確立などがあげられます。 また、処分場閉鎖後の回復現象(人工的空隙の閉塞、再冠水現象等)の確認や地質環境の将来変化を予測する技術の信頼性確認も重要な課題です。これらの課題に積極的に取り組みます。 ・拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(1) 研究開発課題の目的・意義、緊急性について(3/4)

コメント内容	対 応	備 考
・本研究計画で述べている第1段階、第2段階、第3段階の研究過程は、本来中長期事業計画、あるいはもっと長期の基本的研究計画として策定しておくべきものと考ええる。 ・本研究はサイクル機構が実施すべき課題である。 ・高レベル放射性廃棄物の深地層への埋設施設建設にかかわる重要な研究ですが、緊急性が大きいにも係わらず、研究のスピードが遅いという気がしています。地表からの調査研究に6年間も結果が分かるまでかかるのでしょうか。瑞浪で行った地表からの調査研究の手法は幌延に適応できる部分も多いはず。研究施設計画(図1)には、そのような総合的な見方が反映されていないのではないかと。もし、6年間必要なら、なぜそれだけ時間がかかると教えて下さい。 ・総合評価で述べたように、幌延に対しては十分に納得できるような説明と、住民の同意が不可欠である。その前提となるのが、研究期間終了後の利用問題まで踏み込んだ説明であろう。2020年以降の利用問題を棚上げした結果、住民の納得は得られず、研究開始が遅くなるというのは、意義自体が薄れる結果となる。	・ご指摘の点に留意しながら、深地層の研究施設計画を含むサイクル機構としての地層処分研究開発の全体計画案を早急にとりまとめる予定です。 ・拝承 ・地表からアプローチする調査研究段階は例えば地質・地質構造調査のように地質調査、物理探査、試験調査という手順を踏む必要があるものがあり、用いる技術は瑞浪の超深地層研究所計画で開発したものを使えるものもありますが、6〜7年が必要として計画を立てています。 - 幌延については、冬期間は積雪や低温のため地表での調査ができない事情もあります。 - 今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きたいと考えています。 ・深地層の研究施設の研究終了後の措置については、瑞浪の超深地層研究所では既に設置されている「跡利用委員会」において検討が進められています。幌延の深地層の研究施設については、今後地元と相談していきます。	計画書に追記 計画書に追記 計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(1) 研究開発課題の目的・意義、緊急性について(4/4)

コメント内容	対 応	備 考
・特に意見はない。地元との関係が問題になることもあると思われるが、地下研究施設における研究が残された最重要課題であることから、計画に柔軟性を持たせつつも、最善の努力をして、遅滞なく進めてほしい。 ・深地層研究施設における研究は、地元の合意が前提となるものの、堆積岩を対象とした地層処分安全確保の取り組みを進展させるため、核燃料サイクル開発機構が実施すべきものと考ええる。 第2段階以降で実施されることになると思われる評価モデルの妥当性の確認をはじめ、深地層研究施設での研究開発の重要性は高く、研究開発にかける時間を確保する上からも、なるべく早期に研究に取り組むことが望ましい。	・拝承 ・拝承	
・個別の研究テーマが具体的にはどのような場面で役に立つのかを明確にする必要あると考える。処分場の立地選定、処分場の設計・建設、および処分場の運転・維持管理及び処分終了後のモニタリングなど、これらステージと個別課題の関連を明らかにする必要がある。	・個別の研究テーマが具体的にどのような場面で役立つのかについては、第1段階を中心に添付図表「深地層の研究施設における第1段階の研究開発成果の反映先」に示しました。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(2) 最終目標について(1/5)

コメント内容	対 応	備 考
・地層処分の実施は処分地の立地ができるがどうかにかかっている。そのためには、深地層研究の信頼性に関して国民の理解を得ることが不可欠であり、「処分懇」の指摘にもあるように、深地層研究施設はその恰好の場である。目標の一つに国民の理解の推進を加えるべきである。 ・最終目標は高レベル廃棄物処分場に係わる基礎データの取得がそれであるが、これらをどのような形で公表し実施主体にひきわたしていくのかの明確な説明があって欲しい。(3)とも関連しますが) ・最終目標に掲げられている3つの目標は、今回の課題評価を受ける範囲のみならず深地層研究の全範囲にも共通する目標である。また、処分事業の進捗状況により各課題の重要度が変化していくので、その点を踏まえながら本目標をブレイクダウンして頂きたい。(留意点) ・最終目標は、処分事業の進捗とリンクするものであり、研究成果が処分地選定要件に反映されていくと明記した方が目標としてはつきりする。	・拝承 ・計画書に追記します。 ・実施主体とも協議の上、公表の仕方、技術移転の詳細について具体化していきます。 ・拝承 ・今後、第2、第3段階の目標をブレイクダウンしていきます。 ・ここでも示した最終目標は、第1～第3段階全体を通じての目標であり、処分地選定要件への反映も含まれると考えます。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(2) 最終目標について(2/5)

コメント内容	対応	備考
・本研究課題の最終目標としては、深地層処分の安全性の確認とその実施に必要な技術的手順の確認の2つが考えられる。この研究課題によって深地層処分の安全性の確認が一応は得られると期待されるが、後者を主たる目標とすることが適当と考えられる。個別研究課題の中でこの部分が処分予定地選定のための予備的調査に該当するのかわからない。処分予定地の選定にあたっては、深層地下水の水利に関する調査など、必要と考えられる調査が抜けているように思われる。必要な手順を整理して、本研究課題ではそのうちのどの部分の手法を提供するのかを明確にする必要がある。広域地下水流動調査が実施されているが、深地層レベルでの地下水流動がこの程度の広域スケールでよいのか。 ・私達一般の人が知りたいのは、次の2点です。 ① どのようなことが分かれば処分地（埋設地）として安心できるか ② どのようなことが分かったのここを予定地に選定したのか。 研究の成果をこのように翻訳して下さい。	・深地層の研究施設計画では実施主体が行うと想定される処分候補地における予備的調査（ボーリング、トレンチ調査、断層調査、ボーリング、地表地質調査、物理探査、添付図表「深地層の研究施設における第1段階の研究開発成果の反映先」参照）と同様の手法による調査研究を行いますので、その成果が反映できるものと考えています。 広域地下水流動研究の範囲については、地下深部を流れる地下水の涵養域から流出域までを含むことが重要と考え、このスケールを設定しました（添付図表「深部地質環境に対する調査のスケールと手法について」参照）。 ① 地層処分場が建設される地下深部の地質環境が 1) 長期にわたって安定で、 2) 地下水が還元性であり、放射性核種が溶けにくいこと、地下水の流れが小さいために、放射性核種が動きにくいこと 3) 処分に十分な広さの岩体が存在すること 4) 人間の侵入がないように資源が存在しないこと などが求められると考えられます。 ② 処分候補地や処分予定地での予備的調査やサイト特性調査によって、これらの要件を確認することになると想定されます。この調査に必要な技術の確立が、深地層の研究施設計画の最も大きな目標の1つです。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(2) 最終目標について(3/5)

コメント内容	対 応	備 考
・研究計画の最終目標が、処分の実施主体が実際に処分地を決定するため の評価手法の提供と、安全側の基準づくりに必要なデータ提供ということ に懸念を感じる。両者は実施側と取り締まり側になる。相反する立場にい るものが同じデータを元に論じても、安全側は説得力を持てるのかという 指摘を受けやすい。 そうでないとするためには、サイクル機構の研究課題を明確にすべきで ある。地層の物理学的特性研究などは客観的なデータである。しかし処分 方法（例えば人工バリアの開発など）は実施側に寄った研究開発目標であ る。 ・実施側と規制側が同じデータで評価することに、万人が納得できる説明 が必要だ。 ・最終目標は 2020 年頃の高レベル放射性廃棄物処分事業の申請であり、 適切である。但し、それまでに、「第 1 段階」、「第 2 段階」、「第 3 段階」 と相当量の研究開発を完成する計画であり、このためには、これらの研究 開発の計画的遂行を強力に管理する体制が不可欠である。	・サイクル機構が行う地層処分に関する研究開発は、国が行う安 全基準等の策定、実施主体が行う処分事業及び社会の理解の促進 に資するものです。このために、これらの基礎となる質の高いデ ータや知見を得ていくことが大切と考えています。なお、従来か ら、国が安全基準等を策定する際は、各種データや手法の妥当性 、信頼性等を他機関のデータと合わせ、専門家による評価を経て 使用されています。今回の深地層の研究施設計画における研究開 発成果も同様な評価が行われた上で利用されるものと考えられま す。 ・処分方法（例えば人工バリアの開発など）の成果も含めた深地 層の研究施設計画で得られた成果は、技術的資料としてとりまと め公表することになります。国も実施主体もその内容を吟味し て、使用することになると考えます。 ・ 2 つの深地層の研究施設計画の調整や計画的遂行を管理するた めの組織の設置を検討しています。	計画書 に追記 計画書 に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(2) 最終目標について(4/5)

コメント内容	対 応	備 考
・本研究開発課題の最終目標は、高レベル廃棄物を将来的にも安全に処分する方法とその評価基準を確立することであり、課題のすべての最終目標が高レベル廃棄処分の安全についての研究開発であるという認識は、本研究開発課題遂行に関わるすべての人々に自明のこととして自覚されていないなければならない。また、本研究開発課題の成果を実施主体に活用して高レベル廃棄物処分を実現してもらうためには、処分地の選定などにおいて、本研究開発課題の成果が信頼のおけるものであると一般住民からも信じてもらう必要がある。 しかしながら、本研究開発課題計画では、このことについての科学的研究開発については残念ながままったく触れられていない。原子力施設としては住民から比較的によく受容されている電力会社の原子炉でさえ新規立地が困難である現状において、高レベル廃棄物処分地の決定が、人々のリスク受容についての行動科学／社会科学からの処分地リスク受容に関するリスク・コミュニケーション研究開発が本研究開発課題に含まれることを望むものである。 また、単なる表記上の問題に過ぎないが次の点も考慮されたい。2000 年レポート（ドラフト）で抽出された研究開発課題としては、「地質環境調査技術」「地質環境の長期安定性」「人工バリア等の工学技術」「地層処分場の詳細設計手法」「安全評価手法」が挙げられている。ここで、研究開発課題の一部にのみ「安全」の語句を冠することは、他の課題では安全性については考慮されていないのではないのかという誤解を生じさせかねない。「安全評価手法」はその内容から判断しても例えば「全体システム評価手法」というべきであり、ことさら「安全」の語句を冠することは無用な誤解を招くおそれがあると考ええる。	・深地層の研究施設計画は、実際の地層処分場とは、明確に区分して計画されるものです。地層処分についての社会の理解を得ていくとの観点から、サイクル機構としてどこまでやれるかを考えながら、リスクコミュニケーションの検討も進めて参ります。 ・ここでは「安全評価手法」のみに「安全」の語句を用いていますが、地層処分は安全の確保が大前提であり、各研究開発課題はそのための信頼性の確認検証を行うことを目標として進めています。「安全評価手法」という用語については、地層処分システムが安全上受け入れられるものか否かを判断するため、人間への影響を解析した結果を基に、安全基準と比較し評価する手法であり、個別に定義された用語として使っております。	

2. 各評価項目に対する評価意見

(2) 最終目標について(5/5)

コメント内容	対 応	備 考
・安全規制とのかかわりについて少し書かれているが、第1段階とのかかわりで、どの程度のことか考慮されるべきものなのかについて、わかりにくい。明確にはかけないかもしれないが、少し説明があっても良いように思う。 ・最終目標の中で触れる点は、1)処分事業、2)安全評価、3)安全規制とのかかわりに分けて記述した方がよいようにも思いますが如何でしょうか。 ・地層処分の安全評価にかかわる部分では次の点に触れてはどうでしょうか。自然を対象とするため、安全評価にかかわる因子は多数存在する。その中から主要な因子を取り出し、検討する必要がある。したがって、計算コードを使用し、たとえば感度解析を行い、主要な因子に重点を置いて検討が進められる。その場合、解析の基礎として、堆積岩地層中における核種移行モデルの妥当性の確認が基本となる。安全評価の基本的な進め方について簡単に触れた上で、最終目標(安全評価の部分)を述べることが望ましいのではないだろうか。	・添付図表「深地層の研究施設における第1段階の研究開発成果の反映先」をご参照ください。 ・「安全評価」は、処分事業や安全規制という行為の中で行われるものであり、ここでの反映先ではないと考えています。 ・安全評価に関わる研究については、ご指摘の通りであります。核種移行評価上重要な因子は、地下水化学、水理特性、物質移行特性／経路であり、事前にこのような特性を十分に把握した上で、事前解析に基づき所定のデータが得られるように実験デザインを決めてゆく予定です。 「安全評価」に係わる手法は、深地層の研究施設計画を含む地層処分研究開発全体の最終目標として設定する方が妥当であると考え、ここでは記述しておりません。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(1/8)

コメント内容	対 応	備 考
・将来の処分予定地の選定等に本研究の成果が有効に活用されるためには、サイト特性に依存する部分とそれには依存せず共通する部分とを明確にし、この両部分が二つの施設の課題として適切に配分されており、その成果が将来の処分予定地の選定等にどのようなつながっていくかを、もう少し明確に整理する必要がある。	・2つの深地層の研究施設での研究開発によって、結晶質岩と堆積岩に一般的に適用できる技術や手法をほぼ確立できると考えています。各地点に特有の地質環境に対しては、基本的には、これから技術の改良で対応出来ると考えています。	計画書に追記
・原研等の関連研究機関や、SHP、電事連との連携を深めて検討する必要がある。当然組織が異なるわけであるから調整も難しいと思うが、場合によっては原子力委員会等での総合的な役割分担とタイムスケジュールの議論を経てその明示が必要。でないに関係者以外にはバラバラな計画が進んでいるとしか思えなくなる。	・2000年レポート取りまとめに向けて、関係機関等の協力を一層進めるために、原研、地質調査所、SHP、電事連等の各機関及び大学の専門家による「地層処分研究開発協議会」を発足させ、詳細な技術検討が行われ、その成果は2000年レポートに反映されてきました。2000年以降については、深地層の研究施設における研究計画を含め地層処分研究開発の全体の進め方について、今後国や関係機関で議論されていくことになるかと考えられ、その中でサイクル機構としてなすべき責務を果たしていきたいと考えています。	
・地質環境の長期安定性に関する研究を行うという見地からは、この2研究施設が最適ポイントか疑問である。結局のところ、全国的な調査・評価が必要となると思われる。	・地質の長期安定性に関する研究は、深地層の研究施設のみで実施できるとは考えておりません。各研究項目に適した場所で事例研究を行うことを考えております。 ・幌延は、隆起・沈降や地震断層などの活動の顕著な地域であり、これらの現象について研究を行う場として優れていると考えています。	

2. 各評価項目に対する評価意見
(3) 課題の進め方について(2/8)

コメント内容	対 応	備 考
・ 2000 年レポートでは、将来 10 万年程度の安定性を推論できるとしているが、本研究における長期安定性との関連を明確にしてほしい（見直し）。 ・ 地層科学研究と地層処分研究開発と 2 つに分かれているが、その全体が整合性を持って取りまとめることが期待される。したがって、得られた情報・データが相互に十分活用されるよう、2 分野の研究者が密に関係を持って欲しい。（留意点） ・ 限られた時間の中で、各分野並行的に検討を進めることは当然ですが、大型プロジェクトのマネージメントツールとしての OR 手法や、PERT / GERT など、米国で実績のある方法論の積極的な適用も考慮するべきではないでしょうか。 (1) (2)でも書きましたが、特に“地質環境調査技術”が大括りにされすぎて、構成要素としての個別目標やその達成手段、取り得るオプションなどが示されていないのが気になります。	・ 今後、地質環境の長期安定性に関する研究として、2000 年レポートで示された地質環境の長期安定性の考え方をより確かなものとしていくこと、各自然現象の特性を踏まえた 10 万年以降の予測手法の信頼性の向上、天然現象の地質環境に及ぼす影響の把握等を事例研究により進めることを考えています。幌延での研究は、この事例研究の一つと位置づけられます。 ・ 拝承 ・ 拝承 ・ 今後の計画の詳細化と各研究の実施に当たっては、ご指摘のような手法、ツールの適用も視野に入れ、全体の効率的な運営を図っていきたいと考えます。 ・ 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ第 2 ドラフト分冊 1 に示すとおり、各々の地質環境特性に対応するように、個別目標や達成手段を考えております。	

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(3/8)

コメント内容	対 応	備 考
・電力としても高レベル放射性廃棄物の処分事業化技術の研究を行ってき ており、反映できるところは活用していただきたい（例えば人工バリアの 設計と製作、地下施設的设计・施工）。 ・研究の内容は実施主体と調整して今後見直しを行っていくことが前提と なっているが、実施主体ができたときに、国・サイクル機構・実施主体・ 電力等の研究の役割分担を明確にする必要がある。	・拝承	
・全体計画は、深地層研究施設における研究計画だけではなく、それをサ ポートする種々の研究、たとえば、地層の長期的安定性に関する研究、天 然類似現象に関する研究、ENTRY、QUALITY を用いた研究など、を合わ せた研究計画となっているべきで、それが中長期事業計画、あるいはその 基本となる研究計画として策定されていることが望ましい。	・ご指摘の点に留意しながら、深地層の研究施設計画を含むサイ クル機構としての地層処分研究開発の全体計画案を早急にとりま とめる予定です。	計画書 に追記
・地下研究施設で得られる特性は基本的にサイトスペシフィックなもので ある。これらを今後の処分場選定や特性評価に大きく役立たせるためには 、サイトスペシフィックなデータをいかに一般化するかについての基本的 な考え方が示されるべきと思う。	・2つの深地層の研究施設での研究開発によって、結晶質岩と堆 積岩に一般的に適用できる技術や手法をほぼ確立できると考えて います。各地点に特有の地質環境に対しては、基本的には、これ ら技術の改良で対応出来ると考えています。	計画書 に追記

2. 各評価項目に対する評価意見
(3) 課題の進め方について(4/8)

コメント内容	対 応	備 考
・私が最も大切だと思うのは、あらゆるデータを総合的に理解し、埋設施設建設のデータとして活用していける人材の育成です。個々のデータをただく作業をするプロジェクトチームが必要です。 ・深地層研究が必要とされる課題のうち、サイクル機構が得意とするテーマと他の機関が得意とするテーマを峻別すべきである。設定するテーマのうち、地震・断層・隆起・沈降などの地質環境研究、地下施設の設計などの工学的技術については、サイクル機構が他の機関に比べてすぐれているとは思えない。少ない人員（総合評価及び後述）で、あれもこれもというのでは国民の納得を得ることは難しいのではないか。	・ご指摘の通り、得られた個々のデータを単に並べるのではなく、これを総合化、可視化して、地表から地下深部までの地質環境をあらゆる側面から分りやすく提示していくことが大切であると考えています。 ・瑞浪の計画においては、計画全体の管理を行う責任者の下に機能別に2つに分けたグループとして計画・評価を行うグループと研究の実施を行うグループがあります。前者の中には研究と施設のチームが含まれます。後者には、地下水の水利や地球化学などの各分野の研究を行うチームの他、データの統合・解析を行う解析チームがあります。幌延においても、このような体制を考慮して研究開発を進めていく考えです。 ・本研究計画で示した研究開発課題をサイクル機構独自で全て実施していくとか、できるとは考えていません。 ご指摘の通り、地震・断層や隆起・沈降などの極めて専門性の高い課題については、これまで通り、大学や地質調査所の協力を得て進めていくことを考えています。また、民間の協力についても同様です。 それぞれの課題の実施については、2000年に設立される実施主体を含めた関係研究機関等と役割分担についての議論を行っていきたいと考えています。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(5/8)

コメント内容	対応	備考
・研究開発の、中立性・透明性を確保し、かつ、その姿勢を社会一般に示すためには、次の2点に特に留意する必要があるであろう。課題のよって、機構よりも研究開発の（人的・施設の）資源に優る外部の大学、研究機関が存在する場合があるであろう。そのような課題については積極的に研究開発を外部機関に委託することが望ましい。	・本研究計画で示した研究開発課題をサイクル機構独自で全て実施していくとか、できるとは考えていません。 外部委託や共同研究、優れた内外の研究者の招聘等により外部の優れた研究資源を活用していきます。	計画書に追記
・第一次のモニタリング技術では、旧動燃時代のウラン探査技術の応用、欧米のリモートセンシング方法の吟味などが要求される。特に旧動燃の技術的遺産については、他部門のものであっても積極的に利用する姿勢が必要であり、利用することによる効率化も示すべきである。	・ご指摘のとおりと考えます。具体的には本研究計画で用いられる地質環境調査技術はウランをはじめとする資源探査のために開発されてきた技術が応用されていますし、技術のみならずそれに携わってきた研究者が従事してきています。 サイクル機構が地層処分研究開発の中、地層に関する調査研究の役割を担ってきているのはウラン資源探査で培ってきた技術背景があったからと言えます。	計画書に追記
・小課題の設定、内容は適切か →適切と思われる。但し、常に、国内外の他機関で行われる関連研究の成果にも目を向け、必要な場合には、計画開始当初の予定にとらわれることなく、計画を変更する勇気も持って欲しい。	・拝承	
・課題に関して既に公表されている内外の研究成果を、可能な限りすべて調べて、研究開発成果と併せて報告書とすることが必須である。	・拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(6/8)

コメント内容	対 応	備 考
・幌延、瑞浪両施設での実施内容に差が見られないが、予算、人員、期間等の効率性の観点から、共通の技術があれば、どちらかの施設で実証すればよいのではないか。岩種に依存する技術とそうでない技術があれば、明確にしてほしい(表-3を理解しきれなかった)。(見直してほしい点) ・代表的な地質として2ヶ所のサイトが選定されているが、場所による特殊性もあることから選定された2ヶ所において検討が可能なのとそうでないものとの整理して欲しい(見直してほしい点)。	・2つの深地層の研究施設設計画は性質の大きく異なる地質を対象としていることから、扱うべき構造や現象が異なっており、殆どの研究開発課題についてそれぞれに実施すべきものです。しかし、花崗岩のように既に海外の地下研究施設等で相当の知見を得ているものは省略し、一部の処分技術のように厳しい地質条件下で適用することによりその有効性を確認できると考えられるものは、幌延の堆積岩の方で行うこととして計画を検討しています。得られた成果の反映先については、添付図表「深地層の研究施設における第1段階の研究開発成果の反映先」を参照して下さい。 ・代表的な地質として、本計画で基本的にカバーできると考えられますが、必要に応じて海外の地下研究施設等を活用して異なる岩種への適用性の確認を行うこととしたいと考えております。	計画書に追記
・「研究段階の設定」の項からは、処分懇報告書にあるように「一般の人々が深地層を実際に見て体験できる」という地下研の役割を果たすことが可能になるのは10年以上先になると思われる。時間をかけて着実な成果を、という趣旨は理解するが、前記の点を考慮するなどして、どちらかの施設でも、もっと早期に社会的役割を果たすことが可能にはならないだろうか(見直してほしい点)。	・瑞浪においては、第2段階のできるだけ早い時期に見学者が坑道内に入り、実際の深地層を体験できるように設計、施工上の工夫を致します。	計画書に追記
・「地層処分研究開発」の項については、ENTRY、QUALITY等における研究の役割との関係を明確にしてほしい。重複のないように(留意点)。 ・データを取得する、地質環境の長期安定性を評価するといった2つのサイトの特性を評価する趣旨の記述があるが、処分技術の実証といった本来の目的から離れた印象を受けないように留意してほしい(留意点)。	・ENTRYやQUALITYでは、深地層の研究施設で得られる地下水や岩石を用いた分析や室内試験をおこないます。さらに、深地層で行う試験に関連した基礎試験や解析モデルの開発・解析を行います。 ・2つのサイトの特性を評価するのではなく、地質環境調査技術を検証したり、体系化していくのが目的です。その過程で特性の評価が必要になるものと考えております。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(7/8)

コメント内容	対 応	備 考
・ 4.の全体計画について示す部分では、2000 年レポート以降の研究開発について書かれていて、この点についても評価が求められています。一方、2.2 の課題評価を受ける範囲の中では、「地表からアプローチする調査研究（第 1 段階）」について評価を受けるものとする。」と書かれています。2.2 の課題評価を受ける範囲について記述を工夫されては如何でしょうか。 ○研究開発の方向性 ・ 2.3 に書かれているように、確かに処分事業を具体化する時期に至っていることは理解できる。また、3.2 に書かれているように、2000 年レポートに示される地層処分技術や知見を深地層での調査研究を通じて具体的に確認することの必要性も理解できる。その一方で、深地層研究施設での研究開発の中で、新たに検討される必要のある課題が見いだされる可能性がある（実験的研究とは、そもそもそういうものである）。その場合は、その重要性に応じ、適宜、新たな実験計画を追加するなど、柔軟性のある計画になっていなければならない。この点、如何でしょうか。 ・ わが国の有望な処分候補地層を構成する岩石として、結晶質岩と堆積岩がある。処分後の安全確保を考えると、それらの典型的な地層を対象に、地層処分にかかわる本格的な研究の実施が求められる。その意味で、深地層研究所(仮称)における研究開発は重要と考える。その一方で、わが国に見られる堆積岩の地層の中で、深地層研究所(仮称)に見られる地層がどの程度、わが国の典型的な堆積岩と見なしているのか。海外の地層も参考にすると、わが国に見られる堆積岩の諸特性をほぼ把握できる見通しなのか。この点から、深地層研究所(仮称)の位置づけをある程度はつきりさせる必要があるのではないだろうか。 (8/8 へ続く)	・ 主旨は、全体計画をお示した上で、その中の第 1 段階の計画について評価を受けるというものです。2.2 の表現をそのように追記いたします。 ・ 計画を柔軟性をもって進めることは、ご指摘の通りと考えます。 ・ 計画書中に幌延の深地層の研究施設が対象としていている堆積岩についての記述を加えることとしました。	計画書に追記 計画書に追記 計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(3) 課題の進め方について(8/8)

コメント内容	対 応	備 考
・地層処分では、科学技術の手法により研究開発を行い、長期の安全性の確保を目指す。同時に、社会がその取り組みを評価し、受け入れるかにかかっている。欧米へのキャッチアップが終わった(プラザ合意後の1987年にわが国の勤労者の平均賃金が世界のトップクラスになった)わが国の高度産業化社会の中で暮らす"豊かで多様な"人々を対象にして、地層処分の実施に向けた取り組みについて理解を得ることは容易ではないと考える。そこで、たとえば、世界やわが国のエネルギー・環境・経済について、われわれが置かれている現状と将来像をデータに基づき平易に示す中で、原子力・地層処分の意義について広い視点をかけて説明できる信頼されるスタッフを置くなど、早くから時間をかけて社会的理解を得るために取り組む姿勢が求められるのではないだろうか。このような社会的取り組みを同時に進めない場合、最終目標の実現も難しくなるのではないだろうか。	・御指摘の通り、地層処分に関しては最終的には国民の理解や社会の合意形成への取り組みが重要であると考えております。今後、早急に行う2000年以降の地層処分研究開発全体計画の議論の中で検討していきたいと考えています。	

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(1/7)

コメント内容	対 応	備 考
・坑道の掘削及び第 2 フェーズで考えられる地下施設の建設によって地下環境が受ける影響と将来、施設を埋め戻した後における地下環境の回復とその時間的変化に関する知見を得ることは重要な課題の一つと考えるが、第 1 フェーズの段階でこの点に関する包括的研究計画を立案して欲しい。前者については考慮されていると判断されるが、後者については余り明確でない。 ・幌延の立地の目的、実施主体の設立等の外部要因の節目も次期評価と関連すると思います。これらとの関連でも評価期間を考えて欲しい。	・施設の埋め戻しの技術やそれに伴う地質環境の回復などは重要な研究テーマと考えており、「工学的技術の基礎の開発」として実施する予定です。 ・埋め戻しに伴う地質環境の回復現象は、地質環境のモニタリングシステムの確立に資するための観測対象でもあり、第一段階から包括的研究計画を立案していきます。	計画書に追記
・わが国の地質環境を考慮し、地質環境の異なる瑞浪と幌延の 2 研究施設を有効に利用した計画と思われる。実施主体がサイト特性調査に入る頃に幌延の坑道からの調査が始まる点が、技術的成果の反映時期として多少気にはなるが、取得できた貴重な地下深部のデータが効率よく生かされるように、緊急性の高い課題に優先度を与え、今後も研究計画を適時に見直しして欲しい。(留意点)	・次回評価時期を平成 12 年度頃としたのは、瑞浪の超深地層研究所計画の第 2 段階開始前に評価頂くことで予定したものです。2000 年レポートに対する国の評価、実施主体の設立、及び国における検討等の状況をみながら、見直しの必要性を判断していきたいと思えます。 ・拝承	
・第 1 段階の実実施計画として 6～7 年の期間が予定されている。2000 年の実施主体設立後には、処分候補地の選定を考えねばならないのであるから、ぜひとも力を注いで期間短縮を図られたい。(留意点)	・地表からアプローチする調査研究段階は、例えば地質・地質構造調査のように、地質調査、物理探査、試験調査という手順を踏む必要があるものがあり、6～7 年が必要として計画を立てています。今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きたいと考えます。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(2/7)

コメント内容	対 応	備 考
・内容的には適切と考えるが、第1段階も期間は長く、研究内容も多く相互関連もあることより、研究全体の進捗チェックのためにも図-1 深地層の研究施設設計画のブレークダウンが必要と考える。 ・地下施設建設に伴う地質環境の変化として、地下水流や水質の変化を把握することとすることで、対象とする地下水はどこか。人間あるいは生態系にどのような経路を通じてどのような影響を及ぼすかを解明して、重要でない調査は省略することが肝要である。	・計画書の図-2 に第1段階のスケジュールを示しましたが、今後より詳細にブレークダウンした計画にまとめていきます。 ・東濃地域で行った深さ 150m の立坑掘削による周辺の地下水への影響範囲の解析結果や、既存データに基づく水理解析結果によると、立坑を中心として、立坑の深さと同じオーダーの距離の範囲で地下水が水理学的影響を受けることがわかっております。本計画の「地下施設の建設に伴う地質環境の予測」でもこのような知見に基づいて研究計画を策定しており、例えば深さ 1km の立坑を掘る場合は、立坑を中心に 1～2km の範囲の地下水を対象と考えています。地下水は堆積岩では基本的に帯水層中を、花崗岩などでは亀裂のある所を動きます。また大きな断層などの地質構造も地下水の水みちとして重要な役割を担っていると考えられます。 地下水の動きを把握するためには、これら地下水の水みちの分布や連続性、その透水性を把握することが必要であり、地質環境調査技術開発では、これらの水みちの調査法（物理探査やボーリング孔を用いた割れ目調査や透水試験など）や調査によって得られたデータに基づくモデル化手法（割れ目の分布や透水性の分布の推定法や地下水流動解析手法）の開発を行い、地下水の動きを把握するために必要なデータ項目、その精度等も明かにしていくことを考えています。具体的な調査内容やそれに必要な調査技術については、添付図表「深部地質環境に対する調査のスケールと手法について」を参照ください。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(3/7)

コメント内容	対応	備考
・セメント材の寿命は、原材料の変化等に伴って大きく変化していると言われている。超長期の安定性が求められる放射性廃棄物の処分では、超長期に安定なセメント材の開発が必要ではないか。この件については、別の研究課題の中で解決済みなのか。 ・第1段階の中での詳細な調査計画は示されていないが、調査孔のボーリングと個別観測の実施は綿密な計画の下に行われる必要がある。 ・物質移行試験のトレースは何を使うのか、狭い範囲で移行を調べても、全体の流れと異なる可能性があるし、広い範囲で実施すると、適切なトレースを用いないと、トレースを回収できないことになる。	・堆積岩においては坑道の力学的支保として、経済的に有利なコンクリートが考えられています。コンクリート支保に求められるのは坑道閉鎖までの空洞安定性の維持であり、超長期的な安定性は求められていません。しかしながら、コンクリートを用いると、周囲の地下水が高 pH になるため緩衝材や岩石の変質に伴う劣化が問題となります。第2次とりまとめではこれを避ける低アルカリ性セメントの使用が述べられており、幌延でも必要に応じて同様なセメントを使用する予定です。同セメントについては、室内試験等により、pH、強度、施工性等の特性や緩衝材間隙水組成への影響が確認されています。今後は、同セメントの物理／化学的安定性や緩衝材や岩石への影響に関する詳細な研究を行う予定です。 ・第1段階の実施内容について、スケールとの関係を含めて添付図表「深部地質環境に対する調査のスケールと手法について」に示しました。 ・海外の地下研究施設等で用いられてきたトレースとしては、放射性のトリチウム、Cs、Se、Np 等や非放射性のウラニン、NaCl 等があります。今回の深地層の研究施設で用いるトレースは非放射性であり、上記海外等での経験を踏まえ岩石に対する吸着性や元素の化学的類似性を考慮して選定する予定です。試験スケールについてもご指摘のように、室内実験や事前解析等を踏まえて目的が達成できるように工夫していく予定です。	計画書 に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(4/7)

コメント内容	対 応	備 考
・地下水モニタリングは環境基準が設定されているような有害物質についても実施する必要がある。人為汚染源がなくとも、自然の地層の中から溶けだした有害物質が地下水環境基準を超過する汚染を引き起こす例が多い。利用されている表層に近い地下水の1%以上がヒ素などの有害物質によって基準を超えて汚染されている。地下水モニタリングは帯水層ごとに行う必要があるが、1本の井戸（理解できていないのかも知れないが）で深地層まで何層にもわたる帯水層のそれぞれについてどのような方法でモニタリングを行っていくのか。適切な方法がなければ、帯水層毎にボーリング孔を掘る必要がある。 ・研究計画自体は概ね妥当に設定されている。 ・幌延の場合、500m 程度深さの空洞を掘削する方法と空洞保持の見通しと実現性を最初の段階で示しておく必要がある。 ・気になるのは、時間のスケール。長期安定性について、例えば5～10年間の測定で千年、万年の安定性を評価できるのか。これに対して、何かカバーすべき面があるのではないか。	・使用するモニタリング装置はMP システムと呼ばれ、それは一本の試験孔内に複数の区間をパッカーにより設定し、各々の区間で水圧計測や地下水採取などが可能なシステムです。このシステムは①1本の試験孔内で同時に多数の区間を設定できること、②各区間における水圧や透水係数の測定および採水ができること、③被圧・不活性状態を保存したままの地下水採水が可能であることなどの特長があります。 その区間の設定は、物理検層や流量検層、水理試験によって試験孔における岩盤状況、水理状態、岩盤や亀裂の透水性を把握し、その結果を基に行います。 ・現状得られているデータに基づき地下坑道の建設可能性を検討した結果、力学的には深度500m 程度であれば、これまでに事例のある現実的な支保工厚さの範囲で安定を保てる結果を得ました。 支保は、ロックボルト併用とし、1次覆工厚（吹付けコンクリート）20～30cm、2次覆工厚30cmとして計画しています。 ・長期の試験研究の項目としては、例えば地質環境の長期安定性、地質環境の長期モニタリング、材料の劣化・腐食、埋め戻し後の地質環境の回復現象等の調査研究が考えられますが、これらの研究を進める上では、次頁に示したようなアプローズの他、ナチュラルアナログ（天然類似現象）研究や加速試験による確認等、その必要性や実施方法等について検討していきます。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(5/7)

コメント内容	対 応	備 考
・現在計画中外の地下研究施設の建設はほとんど期待できないので、この限られた実験研究の成果を最大限生かすような研究計画としていただきたい。たとえば、次のような研究を見える形で実施することが肝要と考える。 ・地下研究施設における実験期間は、たかだか 20 年程度である。この実験で得られる結果を 100 年オーダーのように長期間にわたって生かせるような研究を合わせて行うことが必要である。	・現象を理解し、将来予測を信頼性高く行うために、現象をモデル化（一般化）しますが、深地層の研究施設計画の限られた期間での実験結果に基づいて長期間の挙動を推定するために ○古水理地質学的手法の検討 過去の地下水流動とそれに伴う地球化学的な変化や規則性を明らかにして、現在を理解し、将来予測に役立てる古水理地質学的手法を検討します。 ○地質構造発達史の構築 深地層の研究施設一帯の地質構造発達史を構築し、その中で現在の地質環境を捉え、将来変化の予測に役立つ手法として検討を行います。 地殻変動の観測を例にとると、深地層の研究施設が設置される岩盤（地層）の履歴（構造発達史）を明かにして、地殻変動モデルを構築します。そして GPS や岩盤歪計等による現在の地殻の動きのデータによりそれらを検証し、必要に応じてモデルを修正します。このように 1 つの手法だけでなく、複数の手法を組み合わせて総合的に判断することが重要と考えております。	計画書に追記
・本研究計画では深地層の地質環境を調査する技術を開発・検証するとともに、実際に深地層の特性を明らかにするわけであるから、これらの特性と、深地層実験施設周辺の岩盤が経てきた履歴（構造発達史）との関連性を十分に突きつめる計画としてほしい。現在の岩盤の性質はこうした履歴によって形作られたわけであるから、その上で、新しい地殻変動の研究を变化の一時期断面として位置づけてほしい。こうした研究によって、ボーリングなどの調査が不十分の箇所でも、ある程度深地層の地質環境を推定することが可能になると思われる。単に事例研究として幌延周辺の活構造研究をするのであれば、それは深地層の研究施設における研究計画とは別研究のフレームの中になろう。	・地下深部の岩盤の性質や地下水の性質や動きは、その岩盤が経てきた履歴と密接に関連しており、また、現在おかれている場にも規制されています。深地層の研究施設計画の対象地域の地質履歴の調査研究（地質構造発達史の構築）は、地質環境調査技術開発の一環として実施します（計画書に明記します）。また、ご指摘の現在を過去から未来への地質展開の一断面と位置付ける研究の例としては、古水理地質学的手法（考え方）の導入について検討しています。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(6/7)

コメント内容	対 応	備 考
・研究計画が地下研究施設の調査・建設の段階に応じて第1、第2、第3段階に分けられているが、必ずしもそれに対応しない研究計画もある。たとえば、長期安定性や人工バリア等の工学技術の検証など。	・ご指摘のとおり、各段階を追って順に進めていくべきものと、必ずしも順を追って進めていくことが必要ないものと両方があると考えます。各試験に適した進め方を考えるです。	
・第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階とするにしても、どの研究が地下研究施設内で行われ、それと関連あるいはサポートする研究がどのような構成されているか、わかるような構成が望ましい。これは、研究の全体計画のところでも述べたことと関連する。	・計画書の表-1に、深地層の研究施設計画に関連した研究開発のうち東海事業所で行う内容を示しましたが、計画書中に、「東海の施設では深地層の研究施設で得られる地下水や岩石のサンプル等の分析やこれらを用いた室内試験を行う他、深地層の研究施設で行う各種試験に関連した基礎試験の実施、解析モデル等の開発および解析の実施などを分担する」旨を追記しました。 さらに、深地層の研究施設計画を含む地層処分研究開発の全体計画の中で明らかにしていく考えです。	計画書に追記
・以前にも指摘したことであるが、声問層の泥岩はおそらく珪藻を多量に含んでおり、他の一般的な泥岩と多少異なる力学的性質を持つ可能性がある。このことをチェックしておく必要がある。	・拝承	
・一般の人に地下の岩盤を見せ、地下の環境を体験してもらうことには大きな意義がある。しかしながら、特に幌延の場合、ライニングなしで直接岩盤に触れることができるような状態を保つことはなかなか困難のようにも思えるので、そのための方策について事前の十分な検討が必要である。また、地下水の条件や還元環境の保持にも十分注意を払う必要がある。	・安全確保の観点からは、御指摘の点について制約を伴うものと予想していますが、目的が達成できるよう努力いたします。 地下施設建設に伴う周辺環境の変化は研究対象であり、周辺に与える影響を小さく抑える技術も研究開発課題の一つと考えています。	

2. 各評価項目に対する評価意見

(4) 次期評価までの実施計画について(7/7)

コメント内容	対 応	備 考
・ (3) で指摘したのは研究の全体像であり、少なくとも第一段階までは目標の達成は可能であろう。だが、これも幌延の進捗状況、他の研究機関との協力ぶりによる。最終処分の大まかな日程が既に決まっており、それに合わせてスケジュール通りに達成させるためには、研究協力の内容を明示しておく必要がある。 ・ 内容は適切であるが、実施主体による 2010 年頃の処分予定地の選定や 2020 年頃の処分事業の申請までに行うべき研究開発課題が多数有り、全体としてスケジュールを守るかどうか、一抹の不安がある。 ・ 他機関との協力を留意するとともに、地下研究施設が利用できるまで海外の地下研究施設を利用して必要な研究を進める計画とのことであり、実施体制は適切であると思われる。 但し、多数の研究開発の計画的遂行を強力に管理する体制が不可欠である。 ・ 地下研の主目的は技術の実証にあると思うので、「幌延、瑞浪の地質・地下水の調査研究」にならないように留意してほしい(留意点)。 ・ 平成 10 年ごろまでに実施されることとなっている候補地調査においては限られた調査で予定地を選定するという重要な作業が含まれており、そのためには合理的で、体系化された調査・評価が求められている。第 1 段階の実施計画にこのような観点からの検討項目を盛り込んで欲しい(見直してほしい点)。	・ 深地層の研究施設における研究の全体計画については、今後、関係機関と実施内容、研究分担等協議し、効率的な研究が行えるようにしていく予定です。更に、専門家に広く意見を頂くことも考えており、その中で協力のあり方等も議論して頂くことになると思います。 ・ 今後関係機関との調整等を踏まえて、調査研究の前倒しを含め、タイムリーに成果が出せるよう進めて行きます。 ・ 2つの深地層の研究施設計画の調整や計画的遂行を管理するための組織の設置を検討しています。 ・ 拝承 ・ ご指摘のような観点から 2000 年レポートに示された課題を踏まえ、計画を立てたものです。 なお、添付図表「深地層の研究施設における第 1 段階の研究開発成果の反映先」をご参照ください。	計画書に追記 計画書に追記 計画書に追記 計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(5) 資源配分について(1/3)

コメント内容	対応	備考
・瑞浪と幌延の計画を対比したとき、幌延において、当初 10 名程度でスタートするとして、最終的に瑞浪の配置人員の半数にとどまっている。特に幌延においてテーマ数が少ないとも見えないし、資金面でもほぼ同等とすると、これはややバランスが悪いのではないかと。深地層研究の重要性に鑑み、人員の強化も考えられるのではないかと。 ・幌延と瑞浪の予算計画（12 年度）と要員数がアンバランスに見えるがその理由は、	・研究人員については、幌延が第 1 年度の立ちあがりであること、瑞浪についてはすでに平成 4 年度から進行中の広域地下水流動研究の人員が含まれていること、などにより人員の差が生じております。すなわち、瑞浪の人員については、地球科学や土木工学の研究者の他に、物理探査や加速器を含めた分析、情報システム運用の技術者等からなります。これらの技術者は地元説明等に参加しています。 ・一方、幌延については、共通の調査技術開発等は、東濃地科学センターを活用し、同位体分析、化学/鉱物分析等については東濃地科学センターや東海事業所の施設を活用することを考えています。また、(釜石原位置試験で行ったように)必要に応じて東濃地科学センターや東海事業所から研究者が試験に参加する形態を念頭に置いていきますし、現在の数字のなかには見学対応などの社会的側面から必要な人数を考慮していません。計画書に示した幌延の人員はサイトオフィスに常駐の技術者数を示しています。 2 つの深地層の研究施設計画を効率的に行えるよう、人員・体制の見直しを今後行っていく予定です。	

2. 各評価項目に対する評価意見

(5) 資源配分について(2/3)

コメント内容	対 応	備 考
・ H12 から処分候補地の選定が始まるのであれば、場合によっては無理な姿勢で幌延の研究所を立ちあげるよりも、候補地の中から選ぶのも方法ではなかろうか(微妙な点もあるが)。	・ 計画書にも幌延町の地質条件についての記述を加えます。 深地層の研究施設の計画は処分場の計画とは明確に区別して進めていくことになっており(平成 6 年原子力長計)、処分場候補地の中から選ぶことはできないと考えております。	計画書に追記
・ 内外の研究者(メーカ等も含め)に広く門戸を開放すべきである(留意点)。	・ 拝承	
・ 資金に関しては、現行の処分研究の予算規模とほぼ同等額であり特に問題ないと考えられるが、外注事業については競争入札なども検討されたい(留意点)。	・ 拝承	
・ 幌延の要員も今後増強され、研究所として強化されるとあるが、とかく施設が 2 つできると双方の意思の疎通が疎遠になりがちとなる。面施設で行われる研究内容を総合的視野からマネージメントする体制作りが重要であり、その点の考え方が示されると良いと思う。また、課題を解決させる上で必要なものは、関連機関に応援を求めても良いと思う(留意点)。	・ 前述のとおり、2 つの深地層の研究施設の計画調整等を行う組織の設置を現在検討しています。	計画書に追記
・ 要員については研究者 35 名とあるが、各課題の重要性に鑑み、配分が適切となるようにとりはかられたい(見直し)。	・ 拝承	
・ 長期間の研究であり、平成 13 年度以降も資金面での継続的確保が必要。	・ 拝承	
・ 人員計画については詳細がわからないが、現在よりも人員を増す必要性は十分に認める。	・ 拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(5) 資源配分について(3/3)

コメント内容	対応	備考
・ 人員計画については、総合評価で述べたように「少なすぎる」研究者が研究達成のネックになるばかりか、疑惑を招きかねない恐れがある。 ・ 資金、人員計画が適切かどうかの評価は困難である。ただし、それらについては常に効率的に使用するよう見直すことが必要である。	・ 研究人員については、幌延が第 1 年度の立ちあがりであること、瑞浪についてはすでに平成 4 年度から進行中の広域地下水流動研究の人員が含まれていること、などにより人員の差が生じております。すなわち、瑞浪の人員については、地球科学や土木工学の研究者の他に、物理探査や加速器を含めた分析、情報システム運用の技術者等からなります。これらの技術者は地元説明等に参加しています。 ・ 一方、幌延については、共通の調査技術開発等は、東濃地科学センターを活用し、同位体分析、化学・鉱物分析等については東濃地科学センターや東海事業所の施設を活用することを考えています。また、(釜石原位試験で行ったように)必要に応じて東濃地科学センターや東海事業所から研究者が試験に参加する形態を念頭に置いていきますし、現在の数字のなかには見学対応などの社会的な側面から必要な人数を考慮していません。計画書に示した幌延の人員はサイトオフィスに常駐の技術者数を示しています。 2 つの深地層の研究施設計画を効率的に行えるよう、人員・体制の見直しを今後行っていきます。 ・ 拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(6) 期待される成果及び波及効果について(1/2)

コメント内容	対 応	備 考
・高レベル廃棄物の深地層処分にとどまらず、今後処分方策が策定されるであろう TRU 廃棄物及びウラン廃棄物の処分とも密接に関連があり、成果の活用が期待される。これらの検討も視野に入れながら研究を進めて欲しい。 高β、γ廃棄物の処分や原子力発電所の地下立地などにも一部波及効果が考えられるのではないか。	・拝承。 ・深地層の研究施設で得られる成果は、他の放射性廃棄物の処分研究開発にも活用できると考えられるので、ご指摘の点も視野に入れ研究開発を進めます。	
・これらの成果は、TRU 廃棄物、ウラン廃棄物および高β・γ廃棄物の処分にとって有用であり、これらの処分への活用も念頭において研究を進めて欲しい。	・深地層の研究施設で得られる成果は、他の放射性廃棄物の処分研究開発にも活用できると考えられるので、ご指摘の点も視野に入れ研究開発を進めます。	
・高レベルの処分地の実証試験的な意味あい以外に、もっと一般的な地下環境の学問を進めるといふスタンスを持たれても良いのでは。その方が研究に柔軟性が出てくるし、周辺研究の“応援団”を形成でき良いのでは。	・深地層の研究施設は、地層処分研究開発の基盤として活用するとともに、そこでの研究は地球科学の各分野においても役立つものと考えております。 関係機関や大学との協力を含め、深地層の研究施設を広く国内外の研究者に研究の場として提供する方針であります。	
・処分事業のスケジュールを考えると、ここで述べられた本研究施設から得られる研究成果は重要な効果をもたらすと考えられる。成果が得られた後の適切な技術移転が実施主体や規制当局に対してスムーズに行われるように期待する（留意点）。 ・処分事業および安全規制へのタイムリーな成果反映を強く要望する。	・拝承 ・拝承	

2. 各評価項目に対する評価意見

(6) 期待される成果及び波及効果について(2/2)

コメント内容	対 応	備 考
・ヒヤリングの当日は、誰か別のところで意思決定するために役立つ成果を提供するとの説明であったように思うが、具体的なガイドラインはこうあるべきでそれに各個別課題の成果がどのように組み込まれるかを説明する方が本研究課題の目的を理解をしやすい。単なる個別情報の提供だけでなく、JNC 独自のガイドライン案を作成するつもりで研究を行わないと、実際の場面で使えるような成果は期待できないのではないか。 ・地下深部の地質環境の調査・評価技術が大きく進歩すると期待され、地層処分 of 基礎的な技術の確立に資するところが大きい。本研究は、波及効果として深部地下空間利用に大きな技術的展開を図ることになると考える。 ・第 1 段階での成果がどのような波及効果を持つかとなると、疑問。ただ地球化学の面では依然として分からないことが多い。岩盤力学モデルや地下水の分析は深地層だけでなく、深度地下利用に応用の可能性もある。研究のスピンオフについては絶えず検討を進めていくべきであろう。	・実施主体の処分手業の展開や国の安全基準等の策定の内容、時期を考えて、それにタイムリーに研究開発の成果が反映できるようにサイクル機構として計画を立案し、考え方を説明しました（添付図表「深地層の研究施設における第 1 段階の研究開発成果の反映先」参照）。今後関係機関との調整等の中でそれぞれのニーズがより明確になると考えますので、それに合わせて計画を見直して進めます。 ・拝承 ・深地層の研究施設における各種の研究成果は、地球化学を含め地球科学分野へ色々な面で波及できると考えます（例えば、地下水の水質形成機構の解明など）。更に資源探査やご指摘の大深度地下利用を含めた土木分野、環境分野での調査技術として応用できると考えます。 地層中の物質移行現象の理解は、石油や地熱などの資源開発や環境汚染にも応用されると考えられます。 成果の普及はサイクル機構の業務の一つであり、成果の学会発表等の情報発信を常に行うことにより、成果の普及に努める考えです。	計画書に追記 計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(7) 情報公開の考え方について(1/3)

コメント内容	対 応	備 考
・ 成果を積極的に公開していくという方針は評価できる。しかし未だやや受け身の姿勢である印象を受ける。(2)でも述べたように、深地層研究施設を国民の理解を得る貴重な場と考えて、更に積極的な対応が望まれる。 ・ 地下研究施設は貴重な研究資産である。大学や他の機関との共同研究の場として一部を提供することを考えて欲しい。 ・ この成果が専門家のみならず一般の人にも分かる形にされると良い。現在でも、処分候補地、処分予定地などその区別がつきにくい言葉も所々みられる。 ・ 国民の理解と信頼を得るためにも、計画や成果について情報公開を進めていく考えには同感である。技術成果は学会や論文誌上で議論されることにより、より良くなっていくものである。また、新たな課題が発見され抜け目のないようになってくる。そういう意味でも情報公開を積極的に進めて欲しい(留意点)。 ・ 民間の研究開発意欲を高めるためにも、機構が費用負担した委託研究開発や共同研究の成果について 100%成果を開示するのではなく、場合によっては民間のノウハウとして非公開とする部分や、公開を遅らせるなどの仕組みを取り入れる必要があると考えます。特に共同研究の場合に、論文発表などは共同研究の相手方の特許化等を阻害する恐れのないよう、配慮するべきでしょう。	・ 関係機関や大学との協力を含め、深地層の研究施設を広く国内外の研究者に研究の場として提供する方針であります。また、一般の方への公開の手段として、坑道を利用した広報施設の設置、および地下施設を地上で疑似体験するための VR 技術を用いた広報システムの検討などを行っており、社会の理解を得る場として活用していく考えております。 ・ 拝承 ・ 社会の理解を得ていく上では成果の普及が不可欠であり、これまでも 2000 年レポートチームに情報普及グループをおいて進めているところですが、今後ともこのような経験を活かしつつ、社会科学者の方々の協力やより国民の視点に近いマスコミ関係者等の協力を得て分かりやすい成果の普及を進めていきます。 ・ 研究成果は積極的に公開してきておりますが、委託研究や共同研究については、特許化、実用新案化などをはかり、権利の保護に努めてきております。本計画についても同様の方針でいく考えております。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(7) 情報公開の考え方について(2/3)

コメント内容	対 応	備 考
・また、成果の帰属（特許の帰属）についても、共同研究については共有特許や特許の独占的利用権を認めるなどの制度を取り入れて行くべきであると考えます。これは、廃棄物処理処分技術そのものとは関係が薄いかもしれないませんが、機構の他の分野における活動や今後の展開を見越して、早いに整備するべき制度であると考えます。 ・地下研究所を実際に見ていただくことが研究の理解に一番役立つ。研究成果報告所の公開以上に一般への情報提供に力を注いでいただきたい。 ・提案されている情報公開の方法は受け身であるように思われる。確かに、学会での公表や成果報告会の開催は、積極的なものと言えるが、限られた対象に対する情報公開にとどまると考えられる。より広く国民に成果を伝え、原子力の安全性に対する国民的な議論を巻き起こすきっかけとなるような方法が望まれる。 ・原子力関係者でない人にも分かる表現をする。ただし、誤解させてはいけない。	・これまでも地下水調査機器の開発など特許取得の実績はありますが、その際にも特許等、成果の帰属に関しては留意しており、委託研究や共同研究で得られた成果については共有特許や独占的利用権などを認めてきております。本研究で得られる成果について同様の取り扱いをしていく考えでおります。 ・拝承 ・情報公開を積極的に進めるとともに広く国民へ成果を伝える方法についても検討して参ります。 ・拝承	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(7) 情報公開の考え方について(3/3)

コメント内容	対 応	備 考
・情報公開は当然だが、もっと積極的に共同研究の道を探るべきである。最初に述べたように、核廃棄物の処理・処分は原子力を利用している国の責務であり、世界中の英知を結集して安全性の確保に努めるべき課題である。従って研究には、例えばウラン濃縮や再処理のよう核不拡散上秘密としなければならない項目は極めて少ない。ガラス固化体の形状などでは国によって差があるが、これは本来ならば標準化が必要な問題である。こうした研究の本質から、サイクル機構は内外のあらゆる研究機関に共同研究を呼び掛け、そのインテグレーションを担当すべきである。それによって、研究の必要性と義務について国民の納得が得られると考える。 ・本計画書では、情報公開の例として、1)学会などの専門家集団と、2)一般住民を想定しているようである。私は、この他に、マスコミ関係者への情報公開を特に重視するべきであると考え。記者懇談会などを定期的に開催して、マスコミ関係者とのリスク・コミュニケーションを深めることは、社会一般からの理解と受容を得る上で必須のことであると考える。 ・本研究計画によって得られる成果は、実施主体（推進側）の処分事業に反映されとともに、国の安全規制の整備（規制側）にも反映される。このため、得られた成果が真に学術的に正しいことを示しておくことが、高レベル廃棄物の処分の実現において国民の信頼を得る上で極めて重要である。従って、得られた成果は積極的に学会に公表し、専門家のレビューを受けておくことが重要である。	・各機関の特徴や専門性を考慮して、共同研究も積極的に推進していきます。 ・当機構の広報部門と連携して検討していききたいと思います。 ・ご指摘の通り、その重要性を認識しております。研究成果ばかりでなく計画の段階から専門家の客観的評価を受けて進めるための委員会の設置を検討しています。	計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(8) その他について(1/2)

コメント内容	対 応	備 考
・(7)で述べたことと関連するが、大学等他の機関との連携をはかりながら進めて欲しい。 ・評価委員会とは別に、外部の識者を中心とした研究の進歩をチェックし、専門の立場からアドバイスを受ける実施委員会のようなものが設置されることが求められる。 ・海外との研究協力の成果を極力わが国の研究に反映しえるようをお願いしたい（留意点）。 ・今回は深地層研究施設という限られた範囲での検討であったが、この研究計画でも研究の全体像で他の施設である地上施設（ENTRYやQUALITY）の分担も記載されている。これらの施設で実施されるであろう処分研究についても研究計画を紹介されることを望む（留意点）。 ・目次をもっときめ細かくしてはいかがでしょうか。例えば、4.4.1には、①、②、③、④、4.4.2には①、②、③、5.1には(1)、(2)、(3)、(4)、(5)があり、5.1.1には、(1)、(2)、(3)、(4)、5.1.2には、(1)の1)にa)、b)、c)、d)があり、2)、3)、4)に①、②があり、(2)ときます。延々と5.1.2が続きます。関連が分かりにくくなり、読んでいて項が多く大変読みづらい。 読む人のことを考えて目次の中で整理するか内容の中で整理して下さい。	・拝承 ・瑞浪の超深地層研究所計画は従来、地球化学、岩盤力学、土木工学等の専門の先生方の意見を個別にではありますが、お伺いしながら進めてきました。一方、幌延の深地層研究所計画は昨年度課題評価委員会で評価頂きましたが、今後、具体的な計画に基づき専門の先生方の意見を個別にお伺いする予定です。更に、2つの地下研究施設計画を有機的、効率的に進めると言う観点も含め技術的な専門の意見を頂くために委員会の設置を検討しています。 ・拝承 ・早急に地層処分研究開発の全体計画を取りまとめることとしております。 ・章立て及び章中の分類については、統一するとともに目次についても改善いたします。	計画書に追記 計画書に追記

2. 各評価項目に対する評価意見

(8) その他について(2/2)

コメント内容	対 応	備 考
・本委員会には非専門家も多いことを考慮して、資料はもう少しわかりやすく整理した記述にしてほしいと思う。例えば、4.3.3 で示された研究段階と 4.4 の研究内容との対応では、今回の評価対象（第 1 段階）は地質環境調査技術のように読めるが、実際には全部の内容が含まれるなど。図表ももっと情報を整理してほしい（要望）。	・第 1 段階の実施計画を 5.でのべる前に、全体計画の概要をご理解いただく必要があると考え、4.4 で全体に関する研究開発課題とその内容を記述したものです。 今後ともわかりやすい資料の作成に努めます。	

参 考 資 料 4

深地層の研究施設における研究計画－計画書－

【研究開発課題説明資料】

本資料は、課題評価委員会の評価意見等により改訂したものである。

深地層の研究施設における研究計画

-計画書-

平成 11 年 8 月

核燃料サイクル開発機構

(目 次)

1.課題名：深地層の研究施設における研究計画	1
2.はじめに	1
2.1 本研究計画の前提	1
2.2 課題評価を受ける範囲	1
2.3 課題選定の背景	1
3.深地層の研究施設の目的および必要性	2
3.1 国の計画・方針における深地層の研究施設の位置付けとサイクル機構の役割	2
3.2 目的および必要性	3
3.3 緊急性	3
4.深地層の研究施設全体計画	3
4.1 深地層の研究施設計画の最終目標	3
4.2 研究課題の設定	4
4.2.1 地層処分研究開発の現状	4
4.2.2 2000 年レポート（第 2 ドラフト）に示された 2000 年以降の研究開発	4
4.2.3 深地層の研究施設における研究課題	6
4.2.4 学際的研究の展開	7
4.2.5 成果の普及	7
4.3 研究の進め方	7
4.3.1 2 つの深地層の研究施設	7
4.3.2 海外の地下研究施設の活用	8
4.3.3 研究段階の設定	8
4.4 研究の内容	9
4.4.1 地層科学研究	9
4.4.2 地層処分研究開発	10
4.5 施設計画	10
5.地表からアプローチする調査研究段階（第 1 段階）の実施計画	10
5.1 第 1 段階の達成目標	10
5.2 第 1 段階の実施内容	11
5.2.1 瑞浪の超深地層研究所における第 1 段階での実施内容	11
5.2.2 幌延の深地層研究所における第 1 段階での実施内容	14
5.3 予算・要員・体制	18
5.3.1 予算	18
5.3.2 要員・体制	18
5.4 スケジュール	18
6.期待される成果および反映先	19
6.1 第 1 段階の成果の実施主体および国の安全規制への反映	19
7.成果に対する情報公開の考え方	20
8.おわりに	21
・添付図表	
・付録 1 海外の地下研究施設を利用した研究開発	
・付録 2 平成 10 年度までの地層科学研究の成果と反映先	
・付録 3 用語集	

1. 課題名: 深地層の研究施設における研究計画

(*印は用語の説明があります)

2. はじめに

2.1 本研究計画の前提

本計画は核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）としての計画を検討したものであり、今後の第2次取りまとめ（以下、2000年レポート）に対する国の評価、実施主体（2000年を目途に設立が予定されている）との調整、および国における検討等を踏まえて、見直していくものである。

深地層の研究施設の計画は、岐阜県瑞浪市の超深地層研究所計画（以下、瑞浪の超深地層研究所計画）と、北海道幌延町の深地層研究所（仮称）計画（以下、幌延の深地層研究所計画）がある。

瑞浪の超深地層研究所計画は、岐阜県瑞浪市のサイクル機構所有地に設置を計画し、平成7年8月21日に計画を公表した。さらに、同年12月28日に、県知事・瑞浪市長・土岐市長および動燃（当時）の間で四者協定を締結した。

幌延の深地層研究所計画については、平成10年12月に北海道（18日）および幌延町（19日）に申し入れ、現在、北海道庁において検討が行われている状況にある。

2.2 課題評価を受ける範囲

今回の研究開発課題評価委員会では、深地層の研究施設における研究計画のうち「地表からアプローチする調査研究（第1段階）」について評価を受けるものとする。深地層の研究施設の全体計画は、第1段階の計画の評価の参考とするものであり、今回の評価の対象ではない。

なお、幌延の深地層研究所計画については地元の理解を得て、平成12年度には本格的に研究を進めるための予算を要求することから、第1段階の計画全体について事前に評価を受ける。瑞浪の超深地層研究所計画については、平成8年度にすでに着手していることから、評価委員会では第1段階の残りの平成11年度～14年度の計画について評価を受ける。

今回は課題評価の前提も考慮し、瑞浪の超深地層研究所計画の第2段階開始前（平成12年度頃）に評価を受けることとする。

2.3 課題選定の背景

高レベル放射性廃棄物*対策は、これまでの検討や研究開発等の成果を踏まえ、処分事業を具体化する時期に至っている。具体的には、サイクル機構は、2000年レポートを提出（平成11年11月(予定):我が国における地層処分の技術的な信頼性等を示したもの）し、それに対する国の評価が予定されている。さらに、2000年を目途に実施主体が設立される予定である。実施主体の設立以降、実施主体による処分地選定プロセ

スの進捗や、国による安全基準等の策定が順次進められることとなる。また、併せて地層処分に対する国民の理解と信頼を得ていくことが重要である。そのためにも、実際の深地層での体系的な調査研究を通じ、安全確保を重視して地層処分技術の実用化に資する研究開発を進める。

3. 深地層の研究施設の目的および必要性

3.1 国の計画・方針における深地層の研究施設の位置付けとサイクル機構の役割

深地層の研究施設は、「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（平成6年6月）」において、「深地層の環境条件として考慮されるべき特性等の正確な把握や地層処分を行なうシステムの性能を評価するモデルの信頼性向上等、地層処分研究の基盤となる施設であり、我が国における深地層についての学術的研究にも寄与出来る総合的な研究の場として整備が重要」と示されている。

また、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会は、平成9年4月「高レベル放射性廃棄物*の地層処分研究開発等の今後の進め方について」をとりまとめ、その中では、深地層の研究施設について以下のように記述されている。

- ・「わが国における地下深部についての学術的研究に寄与できる開かれた研究の場として整備し、広く内外から研究者の参画を得て総合的に研究を進めていく。」
- ・「得られるデータは、“深部地質環境*条件として重要な特性の正確な把握”や、“地層処分システム*の性能評価モデルの信頼性向上”など、地層処分研究開発の基盤としても活用できる。」
- ・「わが国の代表的な地質として堆積岩系*及び結晶質岩系*の双方を対象に、表層から地下深部までの岩石や地下水に関する包括的なデータ取得に努める。」
- ・「地球科学の各分野における学術的研究によって蓄積された関連情報についても広く収集・整理し、その活用を図っていく。」

更に、平成10年5月の高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」においても、「深地層の科学的研究施設の位置付けとして、処分技術について国民の理解と信頼を得るためには研究開発の目的と成果が目に見える形でわかりやすく示されることが必要であり、特に深地層の研究施設は深部地質環境の科学的研究を実施するために建設されるが、同時に、一般の人々が深地層を実際に見て体験できるという意味で社会的な観点からもきわめて重要な役割を持つことから早期に実現することが必要である」と示されている。

サイクル機構の本来業務（核燃料サイクル開発機構法:第24条）には、「高レベル放射性廃棄物の処理及び処分に関する技術の開発及びこれに必要な研究を行うこと」が明記されている。この業務を進めるためには、わが国の地下深部について科学的知見を得、成果を体系的に整理するとともに、所要の技術を確立することが必要であり、そのため深地層の研究施設は必要なものである。

サイクル機構は、岐阜県土岐市の東濃鉱山とその周辺、釜石鉱山での試験など、地下の研究によって培ってきた地層科学研究*と、茨城県東海村の東海事業所を中心に実施してきた地層処分研究開発*を総合的に推進可能な各分野（地質、水理、地球化学、岩盤、性能評価、処分技術、地質環境条件）の経験、実績、人材を有する。この中には、ウラン資源探査を通じて蓄積してきた経験や技術、ならびに人材も含まれている。また、東海事業所には、地上の研究施設として、地層処分基盤研究施設(ENTRY)*、地層処分放射化学研究施設(QUALITY)*等を有し、総合的な研究開発が可能である。

3.2 目的および必要性

深地層の研究施設計画の目的は、深部地質環境に関する知見を一層充実させるとともに、2000 年レポートによって示される地層処分の技術や知見を、実際の深地層での体系的な調査研究を通じて具体的に確認することである。

これによって、実施主体が進める処分事業の推進や国が進める安全基準等の具体化に必要な最新の技術や成果を提供する。また、情報や研究の場を公開することによって、深地層の環境に対する社会の理解を深めることにも貢献が可能である。

3.3 緊急性

実施主体によって、処分候補地の選定後、2010 年頃に処分予定地の選定が行われることが見込まれる（平成 10 年 5 月：高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」）。そのための予備的調査および予定地でのサイト特性調査*に役立つように、それまでに各段階に応じて地表からの調査技術・評価手法を提供する必要がある。また、地表からの調査結果は、地下施設での調査試験により検証することが必要である。従って、地表からの調査技術・評価手法が信頼できるものであることを確かめるには、調査研究の開始から少なくとも 10 年程度の期間を要する。このため、すでに地表からの調査研究が進んでいる瑞浪の超深地層研究所計画に加え、幌延の深地層研究所計画では、遅くとも 2000 年度中に調査に着手しなければならない。

4. 深地層の研究施設全体計画

4.1 深地層の研究施設計画の最終目標

処分事業の展開に対応して、

- ・処分予定地選定のための予備的調査および処分予定地でのサイト特性調査に必要な地表からの調査技術・評価手法の提供
- ・処分予定地での地下におけるサイト特性調査に必要な地下における調査技術・評価手法の提供
- ・処分予定地で行われる予定の処分技術の実証に必要な技術の整備

を図る。

さらに、安全規制の観点からは、処分事業の展開と整合して進められる技術基準や安全基準の策定に必要な知見やデータを提供する。

合わせて深地層の環境や地層処分についての社会の理解の促進に資する。

なお、これらの最終目標を達成するためには、客観的で質の高いデータや知見が必要であり、これに留意した研究開発の遂行や成果の取りまとめを行う。

4.2 研究課題の設定

4.2.1 地層処分研究開発の現状

動燃事業団（当時）は、平成 4 年に、「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書-平成 3 年度-」（第 1 次取りまとめ）を取りまとめ、国へ報告した。国はこの報告書に関し、我が国における地層処分の技術的可能性が明らかになったと評価し、その後の研究開発の進め方を示した。

平成 9 年には、原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会が「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」を取りまとめた。サイクル機構ではこの報告書に基づき、地層処分研究開発と、その基盤となる地層科学研究を進めてきており、現在、これまでの成果を 2000 年レポート（第 2 ドラフト）として取りまとめ、公表するとともに、国際的なレビューを受けているところである。2000 年レポートは、平成 11 年 11 月頃に国へ報告する予定であり、その後、国ではこのレポートの内容について評価を行う計画になっている。

4.2.2 2000 年レポート（第 2 ドラフト）に示された 2000 年以降の研究開発

2000 年レポート（第 2 ドラフト）においては、2000 年以降の研究開発として、わが国の幅広い地質環境条件を対象として進められてきた研究開発の成果、すなわち、

- ・ 10 万年程度の将来にわたって安定な地質環境が存在すること
- ・ わが国の幅広い地質環境に対応して、合理的に処分場（人工バリアを含む）を設計、建設、操業、閉鎖を行うことができること、および必要に応じて一定期間の能動的な管理ができるレベルにあること
- ・ 地層処分システムの長期安全性については、廃棄物が人間環境におよぼしうる影響は、安全の指針として国際的に共有されているレベルを下回ること

について検証を進めていくとともに、具体的な地質環境条件を対象とした処分の事業化のための技術として実用化していくことと併せて、地層処分事業を円滑に進めるための幅広い理解を得るための取り組みを指向することが重要であるとの認識のもとで、2000 年以降に進めるべき研究開発課題が挙げられている。

このため深地層の研究施設での実際の深地層の環境下での研究開発、ENTRY 等での深地層の環境を模擬した条件下での試験による現象モデルの検証や工学試験等および

QUALITY 等での実核種を用いた試験による評価データ等の検証などを連携をもって進めていく必要がある。

深地層の研究施設計画に関連するものとして以下の課題が示されている。

(1) 地質環境の長期安定性に関する調査技術

天然事象による地形、地質の変化が記録として保存されている地域において事例研究を充実させ、地質環境の長期安定性の評価手法の信頼性の向上を図る。また、地域性に依存する天然現象の特徴の把握及び影響評価については、事例研究の取りまとめを通して合理的な調査解析手法の体系化を図る。

(2) 地質環境調査技術

地質環境の調査技術について、要素技術の適用性を引き続き調べ、調査・評価手法の体系化・実用化を図るとともに、地表での調査から深地層環境の詳細調査までの段階的な調査技術の適用により得られる知見を反映して、地質環境を評価する技術の高度化を図る。また、系統的なモニタリングを行うことにより、初期値から掘削に伴う変化、さらに長期的には坑道埋め戻しに伴う地質環境条件の回復に関する情報を取得し、モニタリング技術の検証を行う。

(3) 人工バリア*等の工学技術

人工バリアの製作技術や力学挙動ならびに長期安定性等については、工学規模*試験等による個別要素技術の確認および、処分場の設計・建設、埋め戻し技術、オーバーバック*および緩衝材*の製作・施工技術、オーバーバックの搬送・定置等の地層処分システムに関わる一連の工学技術に関して検証を行っていく。これらの研究開発により、要求品質に合致した人工バリアの製作・施工・搬送・定置が可能であることを具体的に示していく。

(4) 地層処分場の詳細設計手法

地層処分基盤研究施設（ENTRY）、地層処分放射化学研究施設（QUALITY）等における研究開発と国内外の地下研究施設で行う熱-水-応力連成試験*、ガス移行挙動試験、緩衝材の長期挙動試験等の知見を反映することにより、処分場の詳細設計に用いる各個別解析モデルやデータの検証、拡充及び高度化を図る。さらに、解析手法の連成化と 3 次元化、ならびに設計の合理化や品質保証についての研究開発を進め、特定の地質環境条件に対して最適な処分場を設計するための詳細設計手法を確立する。

(5) 安全評価*手法

幅広い地質環境条件を対象として開発を行ってきた解析モデル、データベースを発

展させ、地層処分システムにおける物質移行モデルの検証や放射性核種移行に関わるデータの拡充等により、具体的な地質環境条件と詳細な設計情報を反映できる、現実的なモデルとデータベースの充実を図る。

4.2.3 深地層の研究施設における研究課題

2000 年レポート（第 2 ドラフト）に示されている研究開発課題を受け、深地層の研究施設計画で実施すべき研究開発課題を次のとおり設定した。これらの研究開発課題は、従来から進めてきた地層科学研究と地層処分研究開発の 2 つの分野に分けて実施していくことで分類した。

- ・地質環境の調査技術開発

（地質環境の調査・モデル化、評価手法の体系化等）

- ・地質環境モニタリング技術の開発

（地下水圧、水質、地下構造の変化などをモニタリングする技術の開発）

- ・地質環境の長期安定性に関する研究

（地震・断層、隆起・沈降・侵食の事例研究等）

- ・深地層における工学的技術の基礎の開発¹⁾

（坑道の埋め戻し*技術の検証試験等）

以上は、地層科学研究として分類し、進めていく。

また、

- ・人工バリア等の工学技術の検証

（オーバーパックスの搬送・定置技術*の検証等）

- ・地層処分場の詳細設計手法の開発（地層処分場の設計手法、設計モデルの検証等）

- ・安全評価手法の信頼性向上（地層処分システムにおける物質移行モデルの検証等）

に関しては、地層処分研究開発として進めていく。

なお、深地層の研究施設において、上記の課題について研究開発を進めていく中で、新たに検討すべき課題が見い出された場合には新しく計画を追加あるいは見直すなど、フレキシブルに対応する。さらに、深地層の研究施設で得られる成果は、他の放射性廃棄物の処分研究開発にも活用できると考えられるので、この点も視野に入れ研究開発を進める。

¹⁾ 将来における地下利用の基礎として、深地層に大規模な施設を設計・施工する技術の有効性の確認、施設が地質環境に与える長期的な影響（例：各種工学材料と地下水や岩盤との相互作用等）を明らかにするための研究開発として定義。

4.2.4 学際的研究の展開

地下深部を対象とした研究は、極めて学際的であるため、広く関連する分野の研究機関や専門家の参加を得つつ総合的に進めていく。また、堆積岩を対象とした大深度の地下の研究施設は、国際的にも貴重なものであり、研究者の招へい等を積極的に推進し、国際的に中核となり得る総合的な研究センターとして寄与できる活動を目指す。

4.2.5 成果の普及

成果の普及はサイクル機構の業務の一つであり、学会発表等の情報発信を常に行うことにより、成果の普及に努める。

深地層の研究施設における各種の研究成果は、地球科学分野へ色々な面で活用できると考えられ（例えば、地下水の水質形成機構の解明など）、さらに、資源探査や大深度地下利用を含めた土木分野、環境分野での調査技術として応用できると考えられる。また、地層中の物質移行現象の理解は、石油や地熱などの資源開発や環境汚染対策にも応用できると考える。

4.3 研究の進め方

4.3.1 2つの深地層の研究施設

原子力委員会の原子力バックエンド対策専門部会は、平成9年4月「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」を取りまとめ、その中で、深地層の研究施設の設置に関して以下のように記述している。

- ・「わが国の代表的な地質として堆積岩系及び結晶質岩系の双方を対象に、表層から地下深部までの岩石や地下水に関する包括的なデータ取得に努める。」

このような背景から、サイクル機構は、わが国の地質（岩種）／水理（透水性）／地球化学（水質）／物質移行（移行経路）／岩盤力学（岩盤強度）等についての特徴を総合的に考慮し、多孔質媒体の堆積岩系と亀裂性媒体の結晶質岩系との2岩系に大別して、それぞれについて深地層の研究施設の計画を進める。これに対応して、深地層の研究施設は、淡水系の地下水、水理学的には亀裂性媒体、岩盤力学的には硬岩に分類される結晶質岩（花崗岩）を対象とした瑞浪の超深地層研究所、および塩分濃度の高い地下水、水理学的には多孔質媒体、岩盤力学的には軟岩に分類される堆積岩（泥岩）を対象とした幌延の深地層研究所を設置し研究開発を進める。

幌延町に分布する地質の特質に着目すると、

- ①塩水系の地下水の研究や塩水／淡水の境界についての研究
 - ②地震、活断層、隆起・沈降などの新しい時代（第四紀）の地殻変動に関する研究
 - ③地下水／ガスの地層中での動きに関する研究
 - ④断層およびその周辺の構造や断層運動の影響に関する研究
- などの研究が可能である。

地層処分研究開発の基盤としての地層科学研究については、わが国の多様な地質環境特性を踏まえ、2つの深地層の研究施設で実施する。

なお、幌延の深地層研究所計画では、その地質環境特性を生かして、地層処分研究開発を進めていく。

深地層の研究施設での研究開発を進めるにあたっては東海事業所の地上施設である、ENTRY、QUALITY を有効に活用していく。これらの施設では、深地層の研究施設で得られる地下水や岩石サンプル等の分析やこれらを用いる室内試験を行うほか、深地層の研究施設で行う各種試験に関連した基礎研究の実施、解析モデル等の開発および解析の実施などを分担する。

さらに、2つの深地層の研究施設計画を進めるにあたっては、施設の建設や研究活動が周辺環境に影響を及ぼさないように留意して進める。

なお、2つの深地層の研究施設で得られる調査手法や技術は、基本的には他の地点にも適用でき、それぞれの地点の特徴に応じて改良を行うことで広く対応できると考えられる。

4.3.2 海外の地下研究施設の活用

海外の地下研究施設の活用については、以下の原則に従って行うものとする。

- ・費用対効果や海外の地下研究施設の特徴を考慮した活用を進める
- ・国際的な専門家間の合意形成に役立つ研究課題（共通課題の国際間の検証等）を進める
- ・海外の専門家の協力により、効率的に進む研究課題

なお、地下施設を用いて試験を行える段階になるまでの間、海外の地下研究施設を利用して必要な研究を進める。

今後の予定を含めた海外の地下研究施設での研究開発について付録1に示す。

これまで海外では花崗岩を対象とした研究施設において、活発に研究開発が行われてきた。

以上のような、2つの深地層の研究施設の地質環境の特性および、これまでの海外の地下研究施設での研究開発状況を考慮し、効率的に研究開発を進める。

地層科学研究と地層処分研究開発の各課題と実施場所等を整理した結果を表-1に示す。

4.3.3 研究段階の設定

幌延の深地層研究所および瑞浪の超深地層研究所での研究は、施設の建設工程やこれに伴う研究開発課題や調査試験対象、そのスケールなどの違いから、地下施設の建設前から地下施設の完成後まで約20年の計画とし、これを以下の3段階に区分して進

める。

第1段階：地表からアプローチする調査研究（6～7年間）（今回の評価対象）

第2段階：地下施設建設時の調査研究（7～9年間）

第3段階：地下施設における調査研究（10～12年間）

第1段階では、地表からの地質環境の予測等を実施し、第2、3段階では坑道からの詳細調査で予測を確認（検証）し、第3段階では坑道を利用した試験を実施する。

なお、調査研究のスケジュールについては、今後関係機関との調整等を踏まえて、前倒しも含めタイムリーに成果が出せるように進めていく。

4.4 研究の内容

各研究の達成目標は以下の通りである。地層科学研究、地層処分研究開発の各段階ごとの研究内容を表-2、研究の全体スケジュールを図-1に示す。

4.4.1 地層科学研究

(1) 地質環境調査技術開発

地表からアプローチする調査、地下での詳細な調査により、信頼性の高いデータを体系的に取得し、地質環境の長期安定性に関する研究の成果と総合し、地質構造発達史を明らかにするとともに、地質環境特性を把握するための地質環境モデル（地質構造概念モデル*、水理地質構造モデル*、地下水の地球化学モデル*、岩盤力学モデル*）を構築し、これを逐次更新して示すことにより、地表から地下深部までの

- ・地質環境が調査・把握できること

を具体的に示し、それにより一連の調査試験研究を通して用いた調査機器、モデル化手法を含めた

- ・体系的地質環境調査技術

を確立する。

(2) 地質環境モニタリング技術の開発

坑道を掘削する初期値の取得のため、前段階から系統的モニタリングを行うとともに、埋め戻し試験を含めて地下での活動の影響を継続観測することにより、技術開発を行う。

(3) 地質環境の長期安定性に関する研究

地震/断層活動、隆起/沈降運動、海水準/気候変動、火山活動などの研究や地殻変動に関する観測を行い事例を充実させ、地質環境の長期安定性に関する評価手法の信頼性向上を図る。

(4) 深地層における工学的技術の基礎の開発

深地層に大規模な施設を設計・施工する技術や坑道掘削による岩盤領域への影響を修復する技術、埋め戻し技術の検証や、施設の建設が地質環境に与える長期的な影響（工学材料と地下水や岩盤との相互作用等）を検証する。また、施設における長期的な安全確保、環境維持のための技術開発を行う。

4.4.2 地層処分研究開発

(1) 人工バリア等の工学技術の検証

オーバーパックの搬送・定置技術や処分場の埋め戻し技術を検証するとともに、それらの設計要領・基準を整備する。

(2) 地層処分場の詳細設計手法の開発

人工バリアと周辺岩盤領域の熱-水-応力連成現象等の、ニアフィールド長期挙動モデルの検証を行うとともに、それらの結果を基にした設計要領・基準を整備する。

(3) 安全評価手法の信頼性向上

物質移行試験により、地下水移行経路に関する詳細なデータの整備、物質移行モデルの信頼性の向上を行う。

4.5 施設計画

深地層の研究施設は地下施設と地上施設から構成する。

地下施設は、結晶質岩系、堆積岩系それぞれに想定される処分場深度をにらんで、主要試験坑道を展開する。また、必要に応じて異なる深度に、小規模の試験坑道を設置する。主要な試験坑道までのアクセスは、立坑*あるいは斜坑*/スパイラル坑道*からなる。この他に通気のための立坑を掘削する。

地上施設は、既存建屋等の活用を図り、必要最小限の構成、規模とする。主たる施設として、立坑(巻上げ)建屋、コア管理棟、機器整備棟、研究管理棟よりなる。深地層の研究施設は、社会的な観点からも重要な役割を有すると位置づけられていることから、見学者の深地層へのアクセスの方法や体験の方法について工夫する。また、展示館/インフォメーションルームを設置する。

なお、研究終了後の施設の措置については、地元の意向を尊重し検討する。

5. 地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）の実施計画

5.1 第1段階の達成目標

地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）の達成目標として、以下の内容を計画する。

- ① 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ② 地下深部の地質環境のモデル化

- ③地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測
- ④地質環境モニタリング機器の開発および機器の設置と観測開始
- ⑤地震・断層活動、隆起・沈降・侵食の過去および現在における地殻活動状況に関するデータの取得（幌延の深地層研究所計画の達成目標）
- ⑥地下施設の設計および建設計画の策定
- ⑦第2段階（地下施設建設時の調査研究段階）の調査研究計画の策定
- ⑧坑道を利用した試験の基本計画の策定

5.2 第1段階の実施内容

瑞浪の超深地層研究所計画では、地層科学研究のうち、①地質環境調査技術開発、②地質環境モニタリング技術の開発、③深地層における工学的技術の基礎の開発、に関する調査研究を行う。

幌延の深地層研究所計画では、地層科学研究のうち、①地質環境調査技術開発、②地質環境モニタリング技術の開発、③深地層における工学的技術の基礎の開発、④地質環境の長期安定性に関する研究、に関する調査研究を行う。また、地層処分研究開発では、⑤人工バリア等の工学技術の検証、⑥地層処分場の詳細設計手法の開発、⑦安全評価手法の信頼性の向上、に関する調査研究を行う。

ここで、①地質環境調査技術開発を進めるにあたっては、その研究のアプローチは瑞浪の超深地層研究所計画、幌延の深地層研究所計画ともに共通のものであるが、前者においては、岩盤に亀裂が不規則に入っている結晶質岩（花崗岩）であるため、その不均質性の調査・評価に重点をおいて地下水の水理特性等に関する研究を進めることが重要である。また、軟岩である堆積岩（泥岩）を対象とする後者では、試錐掘削技術の開発を進めながら、地質・地質構造の調査を行っていく必要があり、また、岩盤力学特性の調査研究も極めて重要である。

5.2.1 瑞浪の超深地層研究所における第1段階での実施内容

各研究の実施にあたっては、すでに平成4年度から東濃鉱山周辺地域で実施している広域地下水流動研究の研究成果を有効に反映していく。なお、超深地層研究所計画を含めこれまでの地層科学研究の現状を付録2に示す。

(1) 地質環境調査技術開発

地質環境特性の調査手法・調査機器の有効性の確認などを行い、これらの技術の体系化を行っていく。その際には、地質環境モデルの更新に必要なデータベースおよび可視化システムなどを整備しつつ進めていく。

1) 地質・地質構造

地下水流動を規制する地質構造要素（地下水および物質の移行経路と成り得る断層、割れ目等）、岩盤の水理学的な不均質性、岩相および風化変質帯等の抽出に重

点をおいた既存の地質学的データの収集・解析や、地表地質踏査、物理探査、試錐調査などにより地質構造発達史を構築するとともに、地質・地質構造、地質層序を把握する。これを基に地質構造概念モデルを構築するとともに、その過程において調査技術の適用性を検討する。

研究開始からこれまでに得られた成果は、

- ・地表地質踏査*、地表電気探査*による概略的な地質環境の把握
- ・試錐コア観察、物理検層*結果から花崗岩の岩相、割れ目、破碎帯*等の分布と構造を把握し、さらに、研究領域北部に位置する月吉断層の位置、性状を把握した。
- ・これらのデータを用いて、地質構造概念モデルの作成を開始した。

今後は、深度1000m級の試錐を11年度1本、12年度1本の2本の掘削を計画し、得られた岩相や割れ目分布などの情報を取得し、モデルの信頼性を向上させる。その後の試錐計画は、12年度までの結果に基づいて策定する。更に、これらの調査結果をもとに実施する地質構造のモデル化のなかで、技術の適用性を検討する。

2) 地下水の水理特性

地質構造概念モデルで表現された各地質構造要素の透水性および水理学的連続性といった水理学的特性や、その深度依存性を把握するとともに、地下水流動解析に必要な境界条件や初期条件となる水理観測データを取得するため、以下の調査を行う。これらを基に、水理地質構造モデルを構築する。このモデルによって、地下水流動解析を行い、掘削後の地下水流動を推定するとともに、その過程において、調査技術の適用性、モデル化手法、解析手法の検討を行う。

なお、これまでに、表層水理調査結果からの研究領域全域の地下水涵養量の算出、深層水理調査による花崗岩の健岩部から割れ目帯にわたる透水係数の把握、間隙水圧の深度分布の把握などを行い、水理地質構造モデルに必要なデータの一部を取得した。

①表層水理調査

地下水の涵養量や流出特性を把握するため、河川水質・比流量調査、気象観測、表層水理定数観測（河川流量、土壌水分、自由地下水面）等の調査および長期観測を行う。

②深層水理調査

花崗岩の透水性とその深度依存性等の把握および境界条件設定のため、試錐孔を掘削し、物理検層、水理試験（透水係数*、間隙水圧測定）等を実施する。また、コアを用いた物性・透水試験により、間隙率、分配係数、拡散係数、透水係数等の物性値を取得する。また、断層・破碎帯などの水理学的に重要な地質構造の透水性および、その深度依存性、異方性、構造の連続性を把握するため試錐孔を掘削し、水理試験（単孔式および孔間）を実施する。さらに、試錐孔を揚水孔とした長期の揚水試験を実施し、周辺の試錐孔の間隙水圧の変化な

どから構築された水理地質構造モデルを改良する。この水理地質構造モデルに基づき、第2段階で予定されている坑道掘削に伴う湧水量等を予測する。

3) 地下水の地球化学特性*

地表から深部までの地下水の地球化学特性および、坑道掘削に伴う地下水の地球化学特性の変化を予測することを目的とする。

そのために、試錐孔から採取される地下水・コアについて地下水の地球化学調査（地下水の物理化学パラメーター、主要溶存成分濃度、微量溶存成分濃度、溶存ガス、環境同位体*、コロイド*/有機物、微生物）や、岩石の地質学的・地球化学的調査（母岩の変質、割れ目の形状、母岩および割れ目充填鉱物の全岩化学組成、構成鉱物組成、各鉱物の化学組成）を行う。さらに、岩石—地下水反応に関わる室内試験を行う。これらの調査試験で得られたデータを基に、地下水の地球化学モデルを構築するとともに、水質形成機構の解析を行う。さらに、地下水の地球化学モデルと地下水流動解析結果を総合して、坑道の掘削に伴う地球化学特性の分布の変化を予測する。これらの過程において、調査技術の適用性、モデル化手法、解析手法の検討を行う。

これまでに、他の地層科学研究の成果から、この地域では地下水が降水起源であり、深度 500m 以深では還元性を示すことが推定されている。また、試錐孔から採水するためには、多点式間隙水圧観測システムを用いることが合理的と考えられ、現在、そのための準備を進めている。

4) 岩盤力学特性

地表からの試錐孔やコアを用いて、初期応力測定を行いその分布を把握する。また、コアを用いた物理試験、室内力学試験、熱特性試験により、深部岩盤の力学特性および熱特性を把握する。これらのデータを基に岩盤力学モデルを作成し、数値解析を実施することにより、第2段階に予定されている坑道掘削による岩盤挙動、地下施設の力学的安定性を予測する。その過程において調査技術の適用性を検討する。

岩盤力学に関しては、これまでに試錐孔における水圧破碎法による応力測定の結果から、研究領域内の花崗岩の最大主応力の方向が把握されている。その方向は、地表から 300m までの範囲では NS 方向、それ以深は NW 方向に変化しており、深度 300m 以深の最大主応力方向が測地学的な最大圧縮軸の方向とほぼ一致し、広域応力場をある程度反映したものと考えられることが分かった。

(2)地質環境モニタリング技術の開発

地質環境の長期的な変化をモニタリングするには、季節変動等を含めた初期値、地下施設の建設等に伴うその変化の理解が不可欠であり、試錐孔での地下水圧・水質、地下水物理化学パラメータなどのモニタリングシステムを設置し、深地層の研究施設計画の初期段階からの系統的なモニタリングを実施中である。

(3) 深地層における工学的技術の基礎の開発

大深度地下空間の開発利用に必要な技術として設計手法、坑道等の埋め戻し技術および埋め戻した後における地質環境の回復現象とその時間変化の測定・評価、岩盤への影響の修復技術の検証試験等の基本計画を策定する。さらに、地下深部で遭遇する現象を考慮した坑道の安全確保、坑内環境の維持のために必要となる対策工*（支保工*の選定等）の検討等、施工管理方法の検討を実施する。これらの成果を踏まえ、地下施設の設計を行う。

5.2.2 幌延の深地層研究所における第1段階での実施内容

第1段階では、幌延町内から施設調査領域を選定するための調査から始まり、選定された施設領域周辺の数 km×数 km の領域を対象に調査研究を実施する。

(1) 地質環境調査技術開発

地質環境特性の調査手法・調査機器の有効性の確認などを行い、これらの技術の体系化を行っていく。その際には、地質環境モデルの更新に必要なデータベースおよび可視化システムなどを整備しつつ進めていく。さらに、研究実施区域の地質環境条件を念頭に置いた調査手法・調査機器の改良・開発も必要となり、具体的には、下記の条件を考慮しなければならない。

- ・崩壊性、変形性、膨潤性の堆積岩：試錐掘削、試錐孔を用いた試験・観測技術等
- ・耐油・耐ガス：試錐孔における調査機器の耐油／耐ガス性の向上
- ・適用深度 1500m 程度：試錐孔における調査機器の耐圧性の向上
- ・塩水の混合：密度流等に対応する地下水流動解析手法

1) 地質・地質構造

この地域に関する既存のデータおよび地球科学分野の論文や石油・天然ガス・金属鉱床探査等のデータを収集・解析する。地表地質踏査により地質情報を補完するとともに、必要に応じて地層の断裂系調査などの地質精査を行う。さらに、物理探査および試錐調査により、地質・地質構造、地質層序を把握する。

次に、本調査領域の堆積岩は、石油・ガスを胚胎することが予想されること、および、潜在断層等の地質構造を把握するため、土壌ガス探査によるラドン、二酸化炭素、および地温等の測定を行う。

これらの結果と(4)地質環境の長期安定性に関する研究の成果と総合し、調査領域の地質構造発達史を構築するとともに、地質・地質構造、熱構造を把握し、地質構造概念モデルを構築する。その過程において、調査技術の適用性、モデル化手法、解析手法の検討を行う。

2) 地下水の水理特性

地質構造概念モデルで表現された各地質構造要素の透水性および水理学的連続

性といった水理学的特性や、その深度依存性を把握するとともに、地下水流動解析に必要な境界条件や初期条件となる水理観測データを取得するため、以下の調査を行う。これらを基に、水理地質構造モデルを構築する。このモデルによって、地下水流動解析を行い、掘削後の地下水流動を推定するとともに、その過程において調査技術の適用性を検討する。

①表層水理調査

地下水の涵養量や流出特性を把握するため、河川水質・比流量調査、気象観測、表層水理定数観測（河川流量、土壌水分、自由地下水面）を実施する。また、試錐孔および室内での試験によって、土壌の透水係数*やその不飽和特性を把握する。

②深層水理調査

各地層の透水性とその深度依存性等の把握および境界条件設定のため、試錐孔を掘削し、物理検層、水理試験（透水係数、間隙水圧測定）等を実施する。また、コアを用いた物性・透水試験により、間隙率、分配係数、拡散係数、透水係数などの物性値を取得する。また、深地層研究所に交差あるいは近接する断層・破碎帯などの水理学的に重要な地質構造の透水性および、その深度依存性、異方性、構造の連続性を把握するため、対象となる地質単位ごとに複数の試錐孔を掘削し、水理試験（単孔式および孔間）を実施する。さらに、深地層研究所の地下施設予定地点に掘削される試錐孔を揚水孔とした長期の揚水試験と非放射性トレーサー試験を実施し、周辺の試錐孔の間隙水圧の変化や物質移行の破過曲線などから構築された水理地質構造モデルを改良する。この水理地質構造モデルに基づき、第2段階で予定されている坑道掘削に伴う湧水量等を予測する。

3)地下水の地球化学特性

地表から深部までの地下水の地球化学特性および、坑道掘削に伴う地下水の地球化学特性の変化を予測することを目的とする。

そのために、試錐孔から採取される地下水・コアについて地下水の地球化学調査（地下水の物理化学パラメーター、主要溶存成分濃度、微量溶存成分濃度、溶存ガス、環境同位体、コロイド／有機物、微生物）や、岩石の地質学的・地球化学的調査（母岩の鉱物組成（含む有機物）や化学組成、続成変質組織、鉱物組成等）を行う。さらに、岩石－地下水反応に関わる室内試験を行う。

これらの調査試験で得られたデータを基に、地下水の地球化学モデルの構築をするとともに、水質形成機構の解析を行う。さらに、地下水の地球化学モデルと地下水流動解析結果を総合して、坑道の掘削に伴う地球化学特性の分布の変化を予測する。これらの過程において、調査技術の適用性、モデル化手法、解析手法の検討を行う。

なお、地下水の塩淡境界に関する研究はこの地域の地下水流動モデル化に重要な情報であり、第2段階の調査研究計画を策定し、第2段階以降に実施することとする。

4)岩盤力学特性

声問層は比較的軟質な泥岩を主体とする堆積岩であり、幌延の深地層研究所を建設する場合、通常行われている物理試験や室内力学試験の評価に加えて、長期的な変形特性を把握し、力学的安定性の評価手法の開発を行うことが重要である。地表からの試錐孔あるいは、コアを用いて、岩盤力学、初期応力データを取得し、地表からの試錐孔やコアを用いて初期応力測定を行い、その分布を把握する。また、試錐コアを用いた物理試験・室内力学試験・熱特性試験および試錐孔を利用した孔内載荷試験により、深部岩盤の力学特性および熱特性を把握する。これらのデータを基に、岩盤力学モデルを作成し、数値解析を実施することにより、第2段階で予定されている坑道掘削による岩盤挙動を予測する。その過程において調査技術の適用性を検討する。

(2)地質環境モニタリング技術の開発

地質環境の長期的な変化をモニタリングするには、季節変動等を含めた初期値、地下施設の建設等に伴うその変化の理解が不可欠であり、GPS*や歪計による岩盤変位/歪みや試錐孔での地下水圧・水質、地下水物理化学パラメータなどを測定するモニタリングシステムおよび弾性波や電磁波を用いた遠隔的なモニタリングシステムを開発設置し、深地層の研究施設計画の初期段階から系統的なモニタリングを開始する。

(3)深地層における工学的技術の基礎の開発

大深度地下空間の開発利用に必要な技術として設計手法、坑道等の埋め戻し技術および埋め戻した後における地質環境の回復現象とその時間変化の測定・評価、岩盤への影響の修復技術の検証試験等の基本計画を策定する。さらに、地下深部で遭遇する現象を考慮した坑道の安全確保、坑内環境の維持のために必要となる対策工（支保工の選定等）の検討等、施工管理方法の検討を実施する。これらの成果を踏まえて、地下施設の設計を行う。

(4)地質環境の長期安定性に関する研究

1)地震研究

幌延町地域では、1975年の豊富町周辺の群発地震、1986年の幌延町周辺の群発地震などの特徴的な地震活動の場にある。これを含めた北海道北部地域の地震活動状況を事例的に把握すること、および地震が地下水に与える影響を把握することを目的とする。

地震計（速度計、加速度計）を設置し、得られたデータと、他の研究機関の観測データと併合処理を行い震源決定を実施し、幌延町周辺地域の地震活動と断層

等との関係を明らかにするためのデータを蓄積する。

2)活構造研究*

大曲断層の活動性、段丘面の傾動運動、天塩盆地の隆起・沈降、海水準変動の履歴を明らかにすることを目的とする。

GPS を用いて長期的な連続観測を実施し、他の研究機関の GPS と併合処理することにより広域的な変位観測を行うとともに、ボアホール型歪み計*と体積歪み計による岩盤歪みの連続観測により、幌延地域の局所的な地殻の変動を把握する。また、大曲断層のトレンチ調査による断層の変位関係を調査し、その活動性を明らかにする。

また、火山研究としては、幌延地域に近接する利尻火山の火山灰層序*について調査研究を実施し、火山活動履歴調査手法の開発を行う。

(5)人工バリア等の工学技術の検証

オーバーバックの定置・搬送機能（軌道方式、車輪方式等）および定置機能を備えた定置設備の開発を行う。2000 年レポート（第2ドラフト）で示された概念に基づき、定置装置の基本設計、各動作部分の要素技術の設計を行い、さらに、定置・搬送設備の開発において摘出された技術的な課題のうち、坑道の形状に影響するものに関しては、試験坑道の設計に反映する。また、プラグ施工技術等に関する基本設計を行う。

(6)地層処分場の詳細設計手法の開発

ニアフィールドで発生する現象を理解するため、人工バリアと周辺岩盤領域の熱-水-応力連成、岩盤と人工バリアの長期クリープ*挙動、ガス移行挙動、人工バリアに対するセメント材の影響およびオーバーバックの腐食挙動の評価試験計画の検討を行う。

この段階では、搬送・定置装置の要求を反映した人工バリアを設計するとともに、熱-水-応力連成挙動、岩盤と人工バリアの長期クリープ挙動およびガス移行挙動、人工バリアに対するセメント材の影響およびオーバーバックの腐食挙動に関する予備的評価と具体的課題の抽出を行う。抽出した具体的課題に対応した試験計画の立案と全体研究計画への反映を行う。

また、各試験において必要となる計測機器の開発を行う。

(7)安全評価手法の信頼性の向上

幌延における岩相や断層の情報（構造、充填物、鉱物、化学組成、地下水の化学組成、コロイド、有機物、微生物等）を踏まえ、地層処分システムにおける物質移行挙動を把握するための試験計画を策定する。

地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）における2つの深地層の研究施設の実施内容を表-3に整理した。

5.3 予算・要員・体制

2つの深地層の研究施設計画を管理する組織を設置し、相互の調整や計画的遂行を図る。また、今後、関係機関との協議を通じて役割分担を明らかにしていくとともに、計画の進展に合わせ、資金と人員について見直し、研究の効率化と充実を図る。さらに、計画を効率的かつ高品質に推進するため、共同研究の積極的な推進を含め、国内外の機関の専門性や専門家を活用する。

5.3.1 予算

予算については、2つの深地層の研究所計画で、平成12年度に約19億円（平成12年度概算要求（案））の資金を要する。

5.3.2 要員・体制

調査試験研究を実施するための要員は、当初は地質/地質構造、水理、地球化学、岩盤力学、調査技術開発、モデリング/データ管理などの分野の研究者を主体とするが、特に幌延の深地層研究所計画の進捗に伴い、性能評価研究*、処分技術開発の研究者の役割が増加する。この他、技術総括、計画/予算/工程管理、施設設計/施工管理などの調整、管理のための技術者を配する必要がある。

平成12年度の研究に必要な技術者として、瑞浪の超深地層研究所計画に約55名（総括・管理・調整約15名、施設技術者約5名、研究者約35名（地質、水理、地球化学、岩盤力学、測定機器技術開発等））、幌延の深地層研究所計画は、10名程度（総括・管理・調整約2名、施設技術者約2名、研究者約6名）を計画しているが、今後体制を整備する。上記に加え、内外の研究者（国際特別研究員、客員研究員等）を積極的に受け入れ、協力を得る。

5.4 スケジュール

2つの深地層の研究施設計画とも地層処分事業のスケジュールへのタイムリーな技術的成果の反映を考慮した上で、6~7年間実施する予定の「地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）」において、①地質環境調査技術開発、②地質環境モニタリング技術の開発、③深地層における工学的技術の基礎の開発、④地質環境の長期安定性に関する研究、⑤人工バリア等の工学技術の検証、⑥地層処分場の詳細設計手法の開発、⑦安全評価手法の信頼性の向上、に関する研究を実施する（図-2）。

なお、本計画のスケジュールについては、地層処分事業への的確に成果を反映するために、より前倒しに進めるように、関係機関の協力を得ながら検討・見直しを行っていく。

6.期待される成果および反映先

6.1 第1段階の成果の実施主体および国の安全規制への反映

深地層の研究施設で実施される第1段階の調査研究では、各研究分野から、下記に示すような成果が得られることが期待される。研究成果は、第2段階での検証（坑道掘削により直接確認）を経て地表からの調査・評価手法の体系化を行っていく。これらの研究成果は、地層処分の観点から整理し、実施主体が行う処分事業、国が行う安全規制等に反映する。

(1) 処分事業への反映

1) 地質環境調査技術開発

本研究からは、

- ・ 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ・ 地下深部の地質環境のモデル化
- ・ 地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測

等の成果が得られ、実施主体が行う処分候補地での予備的調査、処分予定地でのサイト特性調査における地上からの調査計画の作成に反映できる。具体的には、データ取得の考え方／方法、モデル化の考え方／方法の提供および地下施設建設に伴う影響範囲の考え方や評価手法の提供等があげられる。

2) 地質環境モニタリング技術の開発

本研究からは、

- ・ モニタリング機器の開発・設置と観測開始

等の成果が得られ、処分場の状況の把握と管理としてのモニタリングシステムの構築等に反映できる。具体的には、モニタリングの考え方や／方法の提供等があげられる。

3) 地質環境の長期安定性の研究

本研究からは、

- ・ 地震・断層活動、隆起・沈降・侵食に関するデータの取得

等の成果が得られ、処分候補地での予備的調査、処分予定地でのサイト特性調査における計画の作成に反映できる。具体的には、長期安定性の考え方等の提供、サイト特性調査のデータ取得方法の提供等があげられる。

4) 深地層における工学的技術の基礎の開発

本研究からは、

- ・ 地下施設の設計および建設計画の策定

等の成果が得られ、処分予定地での地下施設の設計や建設計画に反映できる。具体的には、地下施設の設計例、設計方法の提供があげられる。

(2) 安全規制への反映

1) 地質環境調査技術開発

本研究からは、

- ・ 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ・ 地下深部の地質環境のモデル化
- ・ 地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測

等の成果が得られ、処分候補地選定の要件、処分予定地選定基準の策定において基準を設ける際の科学的根拠の整備に反映できる。具体的には、調査手法、モデル化手法、解析コードの妥当性の評価の考え方、地下水の採水仕様に関する知見や情報の提供があげられる。

2) 地質環境モニタリング技術の開発

本研究からは、

- ・ モニタリング機器の開発・設置と観測開始

等の成果が得られ、その技術的方法に関する科学的根拠の提供に反映できる。具体的には、モニタリングシステムが有すべき機能、耐久性などに関する知見の提供があげられる。

なお、このように、深地層の研究施設における研究成果を適切に反映していくことで、深地層の研究施設計画が着実に進められ地層処分の技術的な基盤が整いつつあることを示すことになり、地層処分に対する社会の理解と信頼を得ることに資することができると考えられる。

7. 成果に対する情報公開の考え方

深地層の研究施設計画は、情報公開、透明性の確保等に努めることを基本として進める。その際、計画、成果等に関して、適切な時期に有識者の公正な評価を受け、情報公開の指針等に基づき公開していくこととする。また、社会学者やマスコミ関係者等から、社会的観点からの助言を仰ぎ、国民の方々の理解と信頼を得られるように情報公開に努める。

計画や成果については、背景情報や周辺情報も含め、学会での発表、報告書の作成と公開や成果報告会の開催等によって、情報公開を進める。さらに、施設自体を広く公開する。施設の公開にあたっては、実際に深地層の環境を体験するという観点から、見学者の深地層へのアクセスの方法や体験の方法について検討を加え、施設計画に反映する。また、情報ネットワークの整備や展示館の設置等、広報メディアの充実を図っていく。

8. おわりに

本計画は、サイクル機構としての計画を検討したものであり、2000年レポートに対する国の評価、実施主体との調整、国における検討等を踏まえて今後見直し、調査研究の節目、節目で外部評価および各分野の専門家の評価を受けつつ進めていく。また、国内外の研究機関の成果を積極的に取り入れるとともに、十分に協力しながら効率的に研究開発を進めていく。調査研究の成果は積極的に情報公開を行い、地元を始め社会の理解と信頼を得て進めていく。さらに、国際的な貢献も視野に入れて進める。

なお、本計画を含むサイクル機構としての地層処分研究開発全体計画（案）を早急に取りまとめ、関係機関との調整・協議に活用し、処分事業の推進や国で行われる安全基準等の策定へ反映できる研究開発の遂行を図る。

以 上

【添付図表】

- 表－１ 地層科学研究と地層処分研究開発；研究課題と実施場所
- 表－２ 深地層研究施設の各段階における試験の実施内容
- 表－３ 地表からアプローチする調査研究段階（第１段階）の実施内容
- 表－４ 深部地質環境に対する調査のスケールと手法
- 図－１ 深地層の研究施設計画
- 図－２ 地表からアプローチする調査研究段階のスケジュール
- 図－３ 深地層の研究施設の第１段階における各研究の相関
- 図－４ 深地層の研究施設における第１段階の研究開発成果の反映先
- 図－５ 第１段階における研究開発の展開

表-1 地層科学研究と地層処分研究開発；研究課題と実施場所

	瑞浪の超深地層研究所（結晶質岩／淡水）	幌延の深地層研究所（堆積岩／塩水）	東海事業所（ENTRY, QUALITY）	海外の地下研究施設
地質環境調査技術開発 （地質環境データの 取得を含む）	- 地質環境データの取得 - 地下施設建設に伴う地質環境の変化の予測 - 予測手法の検証 - 調査・解析・評価手法の体系化	- 地下施設建設に伴う地質環境の変化の予測 - 予測手法の検証 - 調査・解析・評価手法の体系化		
地質環境モニタリング 技術の開発		- 試錐孔を用いたモニタリング技術開発 - 遠隔監視システムの開発		
地質環境の長期安定性 に関する研究(1)		主に、地震・断層、隆起・沈降・侵食 に関する事例研究等		
深地層における工学的 技術の基礎の開発	- 地下施設の設計・建設 - 設計および建設技術の検証 - 施工材料、施工技術に関する技術の検証 - 安全確保、環境維持技術の検証 - 岩盤領域の熱影響試験	- 坑道掘削影響を修復するための検証試験 - 地下水の再冠水挙動の評価 - 坑道および試錐孔の埋め戻しの検証試験 - 空洞の力学的安定性評価・支保工の設計		
人工バリア等の 工学技術の検証			- 地質環境条件の調査研究 （調査・解析・評価手法の体系化、地質環境を評価するための 技術の高度化、モニタリング技術の検証） - 処分場建設技術の取りまとめ	カナダ(AECL)、プラグ施工技術の検証 （花崗岩、URL地下研究施設）
		オーバーバック搬送・定置技術の検証に 関するデータの取得	オーバーバック搬送・定置装置の設計	
		緩衝材施工技術の検証に関するデータの取得	緩衝材施工（定置）装置の設計	
		プラグ施行技術等の検証に関するデータの取得	プラグ施工技術等の仕様設定	
地層処分場の詳細設 計手法の開発		セメント系材料が人工バリア性能に及ぼす影響 に関する検証データの取得	セメント系材料が人工バリア性能に及ぼす影響の評価	スイス(NAGRA)、セメント影響評価 （花崗岩、グリムゼル地下研究施設）
			地下施設の耐震設計における既存の原子力施設の耐震設計指針 との関連評価	
		- 人工バリアの熱－水－応力連成試験 - 岩盤と人工バリアの長期クリープ挙動試験 - ガス移行挙動試験 - 人工バリアに対するセメント材の影響評価試験	- 人工バリアの熱－水－応力連成現象モデルの開発・評価 - 人工バリア設置の要素技術の体系化・評価、 岩盤および緩衝材のクリープ挙動の複合評価 - ガス移行挙動の評価（選択的ガス移行モデルの確立） - 人工バリアの総合的健全性評価（複合現象の長期挙動の評価、 解析手法の高度化）	スウェーデン(SKB)、 人工バリア施工定置技術の検証 （花崗岩、エスポ地下研究施設）
		オーバーバック腐食挙動に関する検証データの取得	緩衝材仕様の合理化（密度、ケイ砂混合率他）	
			プラグ仕様等の合理化	
			緩衝材の流出・侵食、長期クリープ、膨潤、長期変質挙動の評価・確認	
			岩盤の長期健全性解析（腐食膨張等による岩盤への影響評価、 処分場の性能への影響評価）	
		オーバーバック腐食挙動に関する検証データの取得	オーバーバック腐食挙動の評価	
			オーバーバック長期腐食評価の妥当性の検討	
			腐食生成物の膨張量、物性、緩衝材への影響の評価・確認	
			腐食生成物の緩衝材への影響評価	
		人工バリアの長期変質挙動の評価	人工バリアの長期変質挙動の評価	
			塩水環境下での人工バリアの特性に関する データの整備	
			塩水環境下での人工バリアの特性の評価・確認	スウェーデン(SKB)、水理物質移行モデルの 比較（花崗岩、エスポ地下研究施設）
			品質管理手法の確立	
安全評価手法の 信頼性向上		地層処分システムにおける物質移行試験	水理・核種移行モデルの信頼性の向上	スイス(NAGRA)、物質移行データの取得 （堆積岩、モンテリー地下研究施設）
			安全評価モデルの検証、安全評価データの充実	スイス(NAGRA)、コロイド移行試験 （花崗岩、グリムゼル地下研究施設）

(1) 長期安定性に関する研究では、深地層の研究施設以外に、各研究項目に適した場所で事例研究を行います。

表－２ 深地層の研究施設の各段階における試験の実施内容

	課 題	全 体 目 標	地表からアプローチする調査研究段階 (第１段階)	地下施設建設時の調査研究段階 (第２段階)	地下施設における調査研究段階 (第３段階)
地層科学研究	地質環境調査技術開発	・信頼性の高いデータの体系的取得 ・地質環境モデルの構築 ・地質環境が調査・把握できることの具体的例示 ・体系的な地質環境調査技術の確立	・地質環境データの取得（空中・地上物理探査、試錐調査、岩石・地下水の分析） ・地質構造概念モデル、水理地質構造モデル、地下水の地球化学モデル、岩盤力学モデルの構築 ・地下施設建設に伴う地質環境変化の予測解析	・地質環境データの取得（掘削される坑道での地質調査、物理探査、湧水量等の測定、岩石や地下水の分析等） ・取得されたデータに基づいた前段階の予測結果の確認と評価 ・次段階の坑道周辺の地質環境の予測	・地質環境データの取得（坑道内での詳細な地質調査、トモグラフィ調査、試錐調査、湧水量等の測定、岩石や地下水の分析等） ・取得されたデータに基づいた前段階での予測結果の確認と評価
	地質環境モニタリング技術の開発	・前段階から研究施設の一部埋め戻し試験後までの系統的モニタリングの実施 ・継続観測により埋め戻し試験を含めた地下での活動の影響を検証	・試錐孔内の地下水圧・水質モニタリング機器の開発・設置、観測開始 ・電磁波等による遠隔モニタリング装置の開発・設置、観測開始	・第１段階で設置したモニタリング機器・装置による観測の継続による機器・装置の有効性の確認と技術の改良	・モニタリング機器・装置による観測の継続と技術の改良（坑道埋め戻しのモニタリングを含む）
	地質環境の長期安定性に関する研究	・地震／断層活動、隆起／沈降、海水準／気候変動、火山活動などに関する観測による事例充実 ・長期安定性に関する評価手法の信頼性向上	・文献調査、地震観測、GPS測位、トレンチ調査等によるデータの蓄積	・地震観測、GPS測位、トレンチ調査、年代層序等による断層活動、隆起／沈降、海水準／気候変動等の明確化	・地震観測、GPS測位、岩盤歪み観測等の継続と地質環境変化の将来予測
	深地層における工学的技術の基礎の開発	・深地層に大規模な施設を設計・施工する技術や坑道掘削による岩盤領域への影響を修復する技術、埋め戻し技術、施設の建設が地質環境に与える長期的な影響の検証 ・施設における長期的な安全確保、環境維持のための技術開発	・地下施設の設計および建設計画の策定 ・坑道等の埋め戻し技術検証試験の基本計画策定 ・岩盤への影響の修復技術検証試験の基本計画策定	・地下施設の建設・建設技術の評価 ・坑道掘削技術の評価 ・坑道等の埋め戻し技術、岩盤への影響の修復技術等、検証試験の詳細計画策定等	・坑道維持技術の検証試験 ・坑道掘削の岩盤への影響の修復技術検証試験 ・岩盤の熱の影響、坑道等の埋め戻し技術の検証に関する試験
地層処分研究開発	人工バリア等の工学技術の検証	・オーバーバックの搬送・定置技術や処分場の埋め戻し技術の検証 ・それらの結果を基にした設計要領・基準の整備	・オーバーバックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の設計・研究	・オーバーバックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の詳細設計 ・模擬オーバーバックおよび緩衝材ブロックに係わる設計	・オーバーバックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の検証 ・オーバーバックの搬送・定置設備の設計要領、設計基準の整理
	地層処分場の詳細設計手法の開発	・人工バリアと周辺岩盤領域の熱－水－応力連成現象等のニアフィールド長期挙動モデルの検証 ・それらの結果を基にした設計要領・基準の整備	・ニアフィールドで発生する現象を理解するための人工バリアと周辺岩盤領域の熱－水－応力連成試験の検討 ・岩盤と人工バリアの長期的クリープ挙動、ガス移行挙動、人工バリア材に対するセメントの影響およびオーバーバックの腐食挙動の試験計画の検討	・人工バリアの熱－水－応力連成試験計画の策定 ・岩盤と人工バリアの長期クリープ挙動、ガス移行挙動、人工バリア材に対するセメントの影響およびオーバーバックの腐食挙動の試験計画の策定 ・試験坑道周辺の挙動観測の機器設置	・各試験の実施とデータ取得 ・設計手法、設計モデルの検証 ・設計要領、設計基準の整理
	安全評価手法の信頼性向上	・地層処分システムにおける物質移行モデルの信頼性の向上	・地層処分システムにおける物質移行モデルを検証するための試験計画の検討	・地層処分システムにおける物質移行試験の試験計画策定	・地層処分システムにおける物質移行試験 ・モデルの検証

表-3 地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）の実施内容

	第1段階の達成目標	超深地層研究所計画（瑞浪）		深地層研究所計画（幌延）	
		成果	実施内容	実施内容	実施内容
地層科学的研究	1. 地質環境調査技術の開発 ・信頼性の高い地質環境データの取得と整理 ・地下深部の地質環境のモデル化 ・地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測	地質・地質構造	- 既存文献解析により周辺の地質構造を把握 ・比抵抗、電磁、弾性波などによる探査により堆積岩と花崗岩などの構造を把握 ・試験孔を利用した地質調査により、基盤花崗岩が黒雲母花崗岩と優白色な花崗岩からなることなどが把握された	- 地下水流動を規制する地質構造要素の抽出を重点に置いた地質構造概念モデルの構築 ・モデル構築の過程における調査手法の特性把握	- 貯蔵工学センター関連の調査データおよび地球科学分野の論文・データの収集・整理 ・物理探査および試験調査による地質・地質構造および地質層序の把握 ・地表面地質調査による調査地域周辺の地質情報の補完 ・地化学探査による石油・ガスの胚胎状況および潜在断層等の地質構造の把握
		地下水の物理特性	・表層水理調査（河川水質・比流量調査、気象観測、表層水理定数観測）と深層水理調査（主に試験孔を用いた水理試験）の実施 ・取得されたデータ基にした水理地質構造モデルの構築 ・坑道掘削に伴う周辺の地下水流動の変化の範囲と規模および試験坑道内への湧水量の予測等を目的とした地下水流動解析	・表層水理調査（河川水質・比流量調査、気象観測、表層水理定数観測）と深層水理調査（主に試験孔を用いた水理試験）の実施 ・取得されたデータ基にした水理地質構造モデルの構築 ・坑道掘削に伴う周辺の地下水流動の変化の範囲と規模および試験坑道内への湧水量の予測等を目的とした地下水流動解析	
		地球化学的特性	・広域地下水流動研究の試験調査の結果に基づき採水方法を検討し、多点式間隙水圧観測システムによる採水方法を選定 ・土岐花崗岩中の地下水は雨水起源であり、深度500m以深では還元性を示すことを推定	・試験コアや採水試料を用いた水質形成機構の解析 ・地下水の地球化学モデルの構築 ・坑道の掘削に伴う地球化学特性分布の変化の予測	・地下水の塩炭境界に関する調査研究計画の策定
		岩盤力学特性	・コアを用いた室内試験により、土岐花崗岩の一軸圧縮強度などの物性を把握 ・土岐花崗岩の物性値の深度方向の変化は亀裂状況の変化に対応 ・AE法、DRA法の結果では、鉛直応力は土被り圧とほぼ一致 ・水圧破砕法の結果では、水平面内の応力状態を把握	・試験孔およびコアを用いた岩石物性試験、岩盤物性調査および初期応力測定の実施 ・岩盤力学モデルの構築 ・岩盤力学モデルを用いた解析による地下施設の力学的安定性および地下施設建設に伴う力学的変化の予測	
	2. 地質環境モニタリング技術の開発 ・地質環境モニタリング装置の設置と初期条件データの取得		・多点式間隙水圧観測システムによる採水方法を選定	・試験孔での地下水圧・水質、地下水物理化学パラメータなどのモニタリングシステム ・試験孔の設置 ・系統的モニタリングの開始	
	3. 地質環境の長期安定性に関する研究 ・長期安定性に関する事例研究	地震研究	—	—	- 文獻調査による過去の群発地震活動の事例も含めた北海道北部地域の地震活動状況の事前把握 ・地域内に設置する地震計による調査地域の地震動特性を把握 ・水圧データ等と比較することによる地震が地下水に与える影響の把握
		活構造研究	—	—	・地震観測と合わせたGPS測位、岩盤歪み観測およびトレンチ調査の実施 ・大曲断層の活動性の把握 ・段丘面を傾斜させた地殻運動の継続しているかどうかの確認
		隆起・沈降その他の研究	—	—	・本地域は日本海東縁変動帯に含まれる地域であるので鮮新世以降地殻活動の動静把握 ・天塩盆地の隆起・沈降、海水準変動履歴の把握 ・利尻火山の火山灰層序についての調査研究および火山活動履歴調査手法の開発
	4. 深地層における工学的技術の基礎的研究 ・坑道および試験孔の埋め戻しの技術の情報収集と試験の基本計画の策定		- 地下施設の設計の検討、建設計画の策定 ・地下深部で遭遇する現象を考慮した坑道の安全確保、坑内環境の維持のため必要となる支保工の選定 ・対策工の検討などの施工管理方法の検討 ・坑道等の埋め戻し技術、岩盤への影響の修復技術の検証試験の基本計画の策定	- 地下施設の設計の検討、建設計画の策定 ・地下深部で遭遇する現象を考慮した坑道の安全確保、坑内環境の維持のため必要となる支保工の選定 ・対策工の検討などの施工管理方法の検討 ・坑道等の埋め戻し技術、岩盤への影響の修復技術の検証試験の基本計画の策定	
地層処分研究開発	1. 人工バリア等の工学技術の検討 ・地下施設建設時の調査研究段階（第2段階）の調査研究計画の策定		—	—	・オーバーバックの定置・搬送機能および定置機能を備えた定置設備の開発 ・定置装置の基本設計、各動作部分の要素技術の設計 ・定置・搬送設備の開発において抽出された技術的な課題のうち、坑道の形状に影響するものに関する試験坑道の設計への反映 ・ブラッグ施工技術に関する基本設計
	2. 地層処分場の詳細設計手法の開発 ・地下施設建設時の調査研究段階（第2段階）の調査研究計画の策定		—	—	・ニアフィールドで発生する現象理解のための人工バリアの熱・水・応力連成、岩盤と人工バリアの長期クリープ挙動、ガス移行挙動の評価試験、人工バリアに対するセメント材の影響試験およびオーバーバックの腐食挙動試験計画の検討 ・搬送・定置装置の要求を反映した人工バリアの設計 ・熱・水・応力連成挙動、岩盤と人工バリアの長期クリープ挙動およびガス移行挙動、人工バリア材に対するセメントの影響およびオーバーバックの腐食挙動に関する予備の評価と具体的課題の抽出 ・抽出した具体的課題に対応した試験計画の立案と全体計画への反映 ・各試験において必要となる計測機器の開発
	3. 安全評価手法の信頼性向上 ・地下施設建設時の調査研究段階（第2段階）の調査研究計画の策定		—	—	・地層処分システムの評価における物質の移行挙動を把握するための岩盤中の物質移行試験計画の策定 ・幌延における岩相や断層の情報（構造、充填物、鉱物、化学組成、地下水の化学組成、コロイド、有機物、微生物等）を踏まえ、地層処分システムの評価における物質の移行挙動を把握するための試験計画策定

表-4 深部地質環境に対する調査のスケールと手法

対象領域のスケール	調査の目的	研究対象	調査項目	調査・解析手法	研究プロジェクト
広域スケール (数十km～数km四方) 【領域の定義】 地下深部を流れる地下水の涵養域から流出域を包 含する領域	施設領域の広域的な位置、境界条件の把握	広域的な地下水流動を規制 する大規模な(kmオーダー) 地質構造の分布、性質の把握	地質／岩相、断層破碎帯、帯水層の性状／分布	文献調査 空中／地上物理探査【概査】 リニアメント解析(衛星画像・空中写真) 写真地質判読 地表地質調査【概査】 試験孔調査(岩芯観察)【概査】 試験孔を用いた物理探査 試験孔を用いた水理試験(単孔) 試験孔を用いた物理探査	広域地下水流動研究(東遷) ・韓延の深地層研究所計画(地表からアブローチ する調査研究段階)
施設領域スケール (数km～数百m四方) 【領域の定義】 地下研究施設の展開範囲 を包含する領域	地下施設の設計・建設に必要な 計画の策定	地下水の水質分布 の把握	地下域内の地質分布及び 深度方向の水質 分布の把握	文献調査 水理地質調査 表面水理観測 試験孔を用いた水理試験(単孔) 試験孔を用いた物理探査 地下水位観測、浸透流解析 浸透流解析 文献調査、地表水の採水 文献調査・土壌水の採水 文献調査、試験孔を用いた採水 試験孔を用いた物理化学パラメータの測定 試験孔を用いた岩石／鉱物試験(室内試験) 岩石を用いた同位体測定 地下水の同位体測定 文献調査、試験孔、岩芯を用いた初期応力測定 試験孔を用いた物理探査、岩芯を用いた物理試験 試験孔を用いた物理探査	瑞浪の超深地層研究所計画(地表からアブローチ する調査研究段階) ・韓延の深地層研究所計画(地表からアブローチ する調査研究段階)
		地質環境のモデル化	地質／岩相分布 断層破碎帯の性状／空間分布 割れ目(帯)の性状／空間分布	地上物理探査(精査) 地質地質調査(精査) 試験孔調査(岩芯観察)【精査】 試験孔を用いた物理探査 試験孔を用いた物理探査(単孔／孔間) 地球統計学的解析(地質・地質構造の空間分布の推定) 地表水理観測 試験孔を用いた水理試験(単孔／孔間) 岩芯を用いた室内透水試験 試験孔を用いた物理探査 地球統計学的解析(透水性の空間分布推定) 地下水位観測(早期、浸透流解析(定常)) 地表水・土壌水の採水 試験孔を用いた採水 試験孔を用いた物理化学パラメータの測定 地下水の化学分析(室内試験) 岩芯を用いた岩石／鉱物試験(室内試験) 熱力学解析 地下水の同位体測定 試験孔を用いた初期応力測定 試験孔を用いた物理探査、試験孔・岩芯を用いた初期応力測定 物理探査 水理地質構造モデルの構築、浸透流解析(定常・非定常) 地下水の地球化学モデルの構築、地球化学計算	
施設領域スケール (数km～数百m四方) 【領域の定義】 地下研究施設の展開範囲 を包含する領域	地下施設の設計・建設に必要な 計画の策定	地下施設建設に伴う地質 環境変化の予測	主要岩体における応力場、 岩盤物性、地温の深度分布	滞留時間(地下水の年代、起源) 初期応力の概略的な空間分布 岩盤物性 地温 地質／岩相分布 断層破碎帯の性状／空間分布 割れ目(帯)の性状／空間分布	瑞浪の超深地層研究所計画(地表からアブローチ する調査研究段階) ・韓延の深地層研究所計画(地表からアブローチ する調査研究段階)
		地下施設建設に伴う地質 環境変化の予測	地層や岩体中の地下水の 流動経路となる小規模な (数百m～数十mオーダー) 地質構造の把握	地表での水収支(地下水涵養量) 岩盤の透水性及びその空間分布 断層破碎帯の透水性及びその空間分布 透水性構造の水理学的連続性 間隙水圧の空間分布 地表水・土壌水の化学組成 地下水の水質とその空間分布 酸化還元境界 岩石の鉱物組成 地下水の水質形成機構 滞留時間(地下水の年代、起源) 初期応力の空間分布 岩盤物性 地温 地下施設建設に伴う地質 環境変化の予測	

図一 1 深地層の研究施設計画

年度		H4～H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	2031	2033	2035	2037																					
実施主体が行う処分事業のスケジュールの概要 (出典：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について)		準備段階															処分候補地の選定段階										処分予定地の選定段階										処分地の選定段階										建設段階		事業段階	
		準備段階															処分候補地の選定段階										処分予定地の選定段階										処分地の選定段階										建設段階		事業段階	
		準備段階															処分候補地の選定段階										処分予定地の選定段階										処分地の選定段階										建設段階		事業段階	
		準備段階															処分候補地の選定段階										処分予定地の選定段階										処分地の選定段階										建設段階		事業段階	

研究成果の取りまとめ (想定される研究報告書)	第2次取りまとめ															第2段階の報告										第3段階の報告				
----------------------------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--

幌延の深地層研究所での地層処分研究開発	(a) 人工バリア等の工学技術の検証 (b) 地層処分場の詳細設計手法の開発 (c) 安全評価手法の信頼性向上	(オーバーバリアの構造・機能等の設計研究) オーバーバリアの設計・検証技術の検証 (各試験計画の検討・策定) 地層処分場の設計手法・設計モデルの検証 (地層処分システムにおける物質移行経路の検討・策定) 地層処分システムにおける物質移行モデルの検証
---------------------	---	--

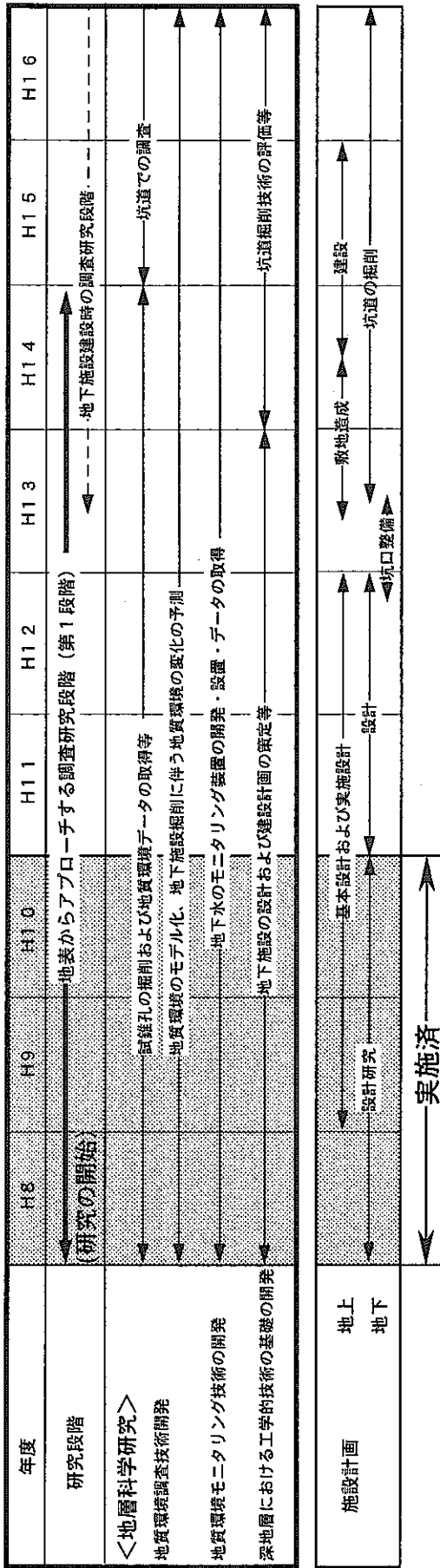
年度		H4~H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
研究の課題		(a) 地質環境調査技術開発																							
		(b) 地質環境モニタリング技術の開発																							
		(c) 深地層における工学的技術の基礎的研究																							
		(d) 地質環境の長期安定性に関する研究																							
研究の手段		深地層(仮称)研究所																							
		全体計画																							
		地表から行う調査研究																							
		坑道を掘削しながら行う調査研究																							
		坑道を利用して行う調査研究																							
		施設建設																							
		地上施設建設																							
		地下施設建設																							

		年度																															
		H4~H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30								
瑞浪の超深地層研究所での研究の課題	(a) 地質環境調査技術開発	地表からの調査、解析、評価技術の適用										坑道からの調査、解析、評価の技術の検証										地下の長期観測技術の検証											
	(b) 地質環境モニタリング技術の開発	モニタリングシステムの開発、設置、データの取得等																															
	(c) 深地層における工学的技術の基礎的研究	地下施設の設計および建設計画の策定、各種検証試験の計画策定、各種検証試験																															
研究の手段	招 深 地 層 研 究 所	全体計画																															
		地表からの調査研究段階 坑道の掘削を伴う段階 坑道を利用した研究段階																															
	施設建設																																
	地上施設建設 地下施設建設																																

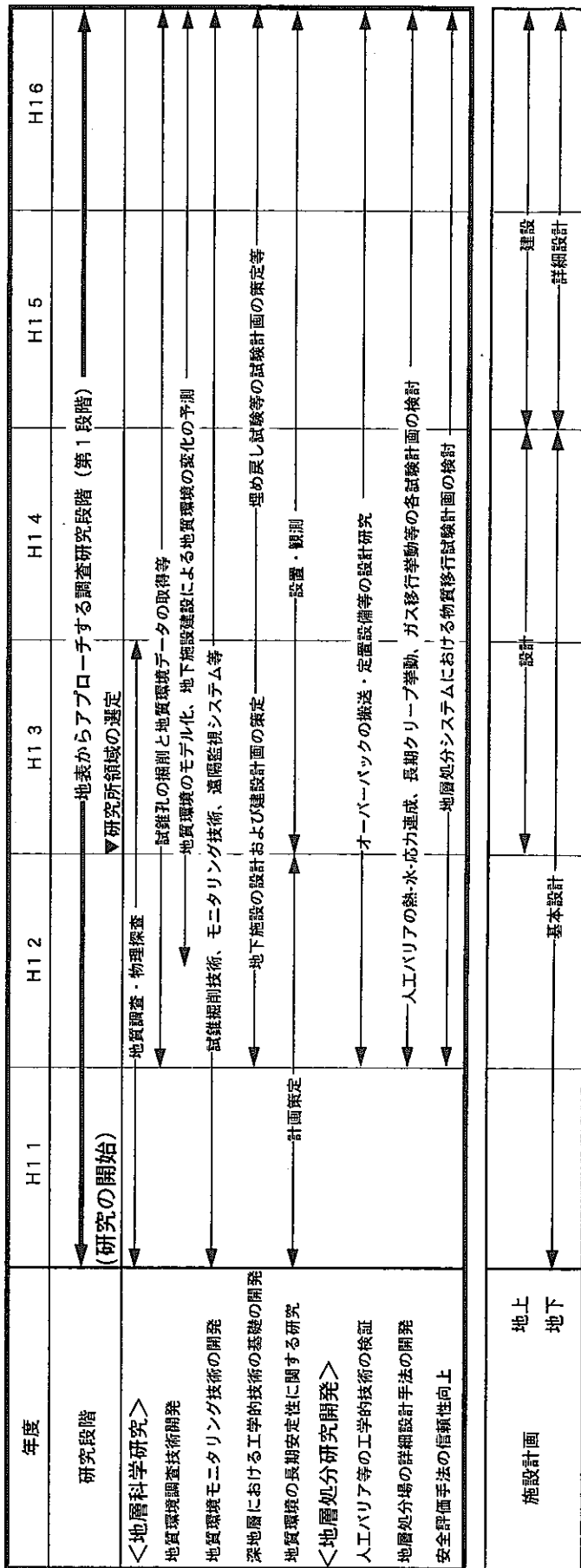
※この計画はサイクル機構が策定したもので、関係機関との協議を踏まえて適宜見直してまいります。

図-2 地表からアプローチする調査研究段階（第1段階）のスケジュール

瑞浪の超深地層研究所計画

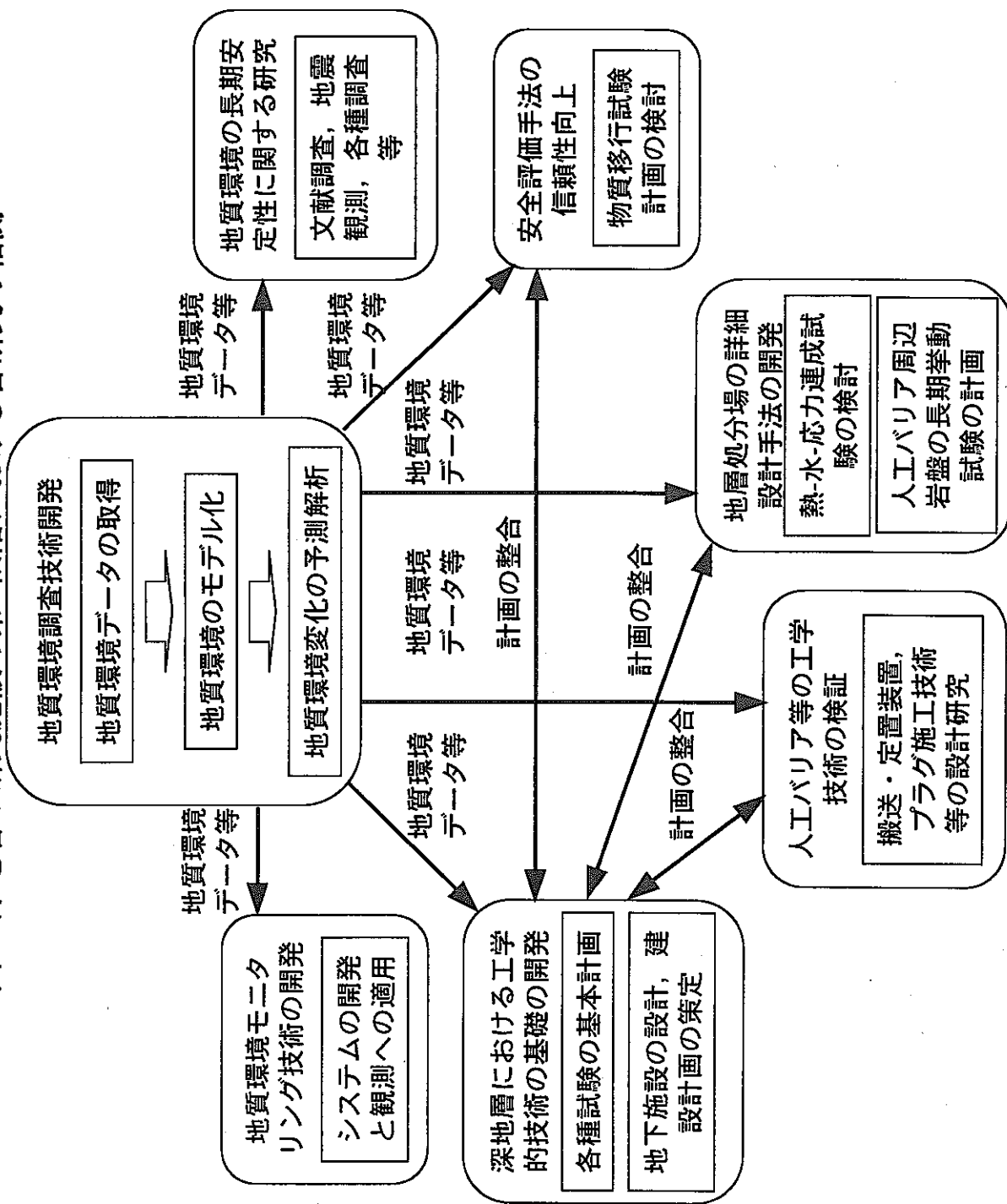


幌延の深地層研究所計画



※この計画はサイクル機構が策定したもので、関係機関との協議を踏まえて適宜見直していきます。

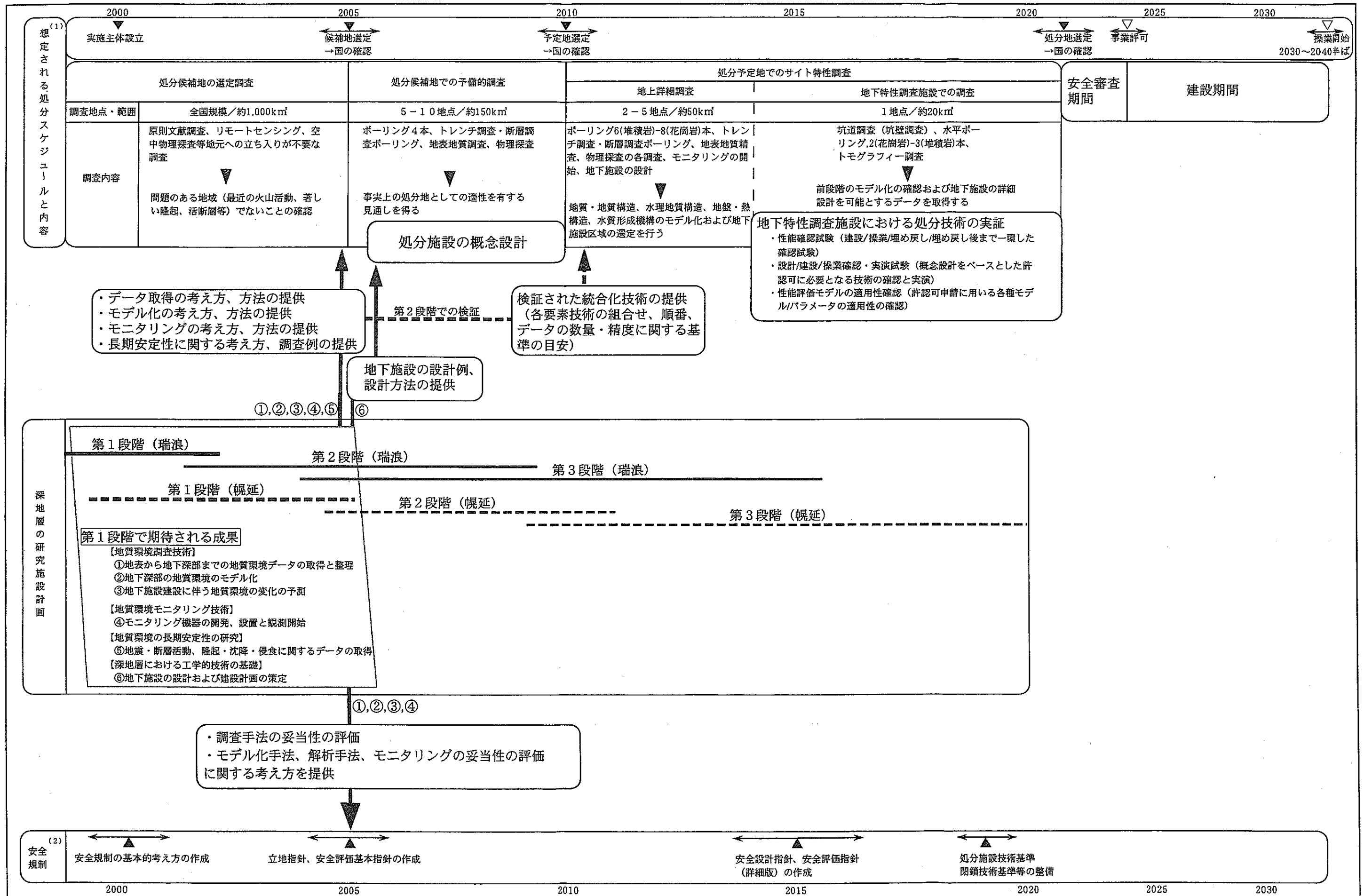
図-3 深地層の研究施設の第1段階における各研究の相関



他の研究施設

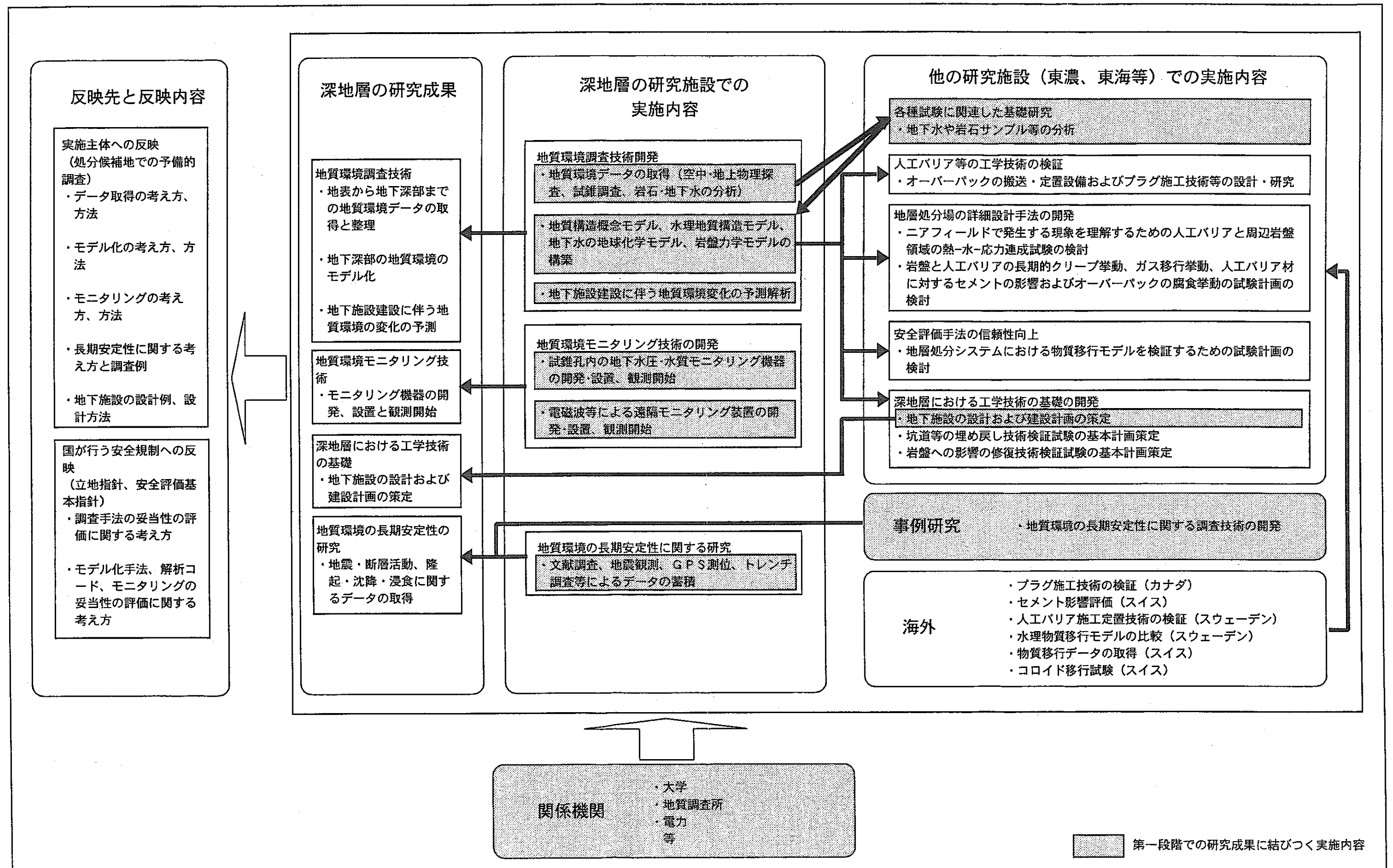
- ・性能評価
- ・各種要素試験
- ・ホット試験
- ・人工バリアの設計
- ・他の関連研究

図-4 深地層の研究施設における第1段階の研究開発成果の反映先



(1) 「高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術（平成11年3月）」を参考にした
 (2) 第26回放射性廃棄物安全規制専門部会（H11年4月15日）資料を参考にした

図-5 第1段階における研究開発の展開



【付録】

- 付録1 海外の地下研究施設を利用した研究開発
- 付録2 平成10年度までの地層科学研究の成果と反映先
- 付録3 用語集

付録1 海外の地下研究施設を利用した研究開発

(*印は用語の説明があります)

1. まえがき

国際共同研究については、国際的な合意形成が必要な項目や一国では解決が困難な課題を中心に実施してきている。海外の地下研究施設を利用した共同研究についても本考え方に基づき、スイス、スウェーデン、カナダと実施してきており、その成果は適宜第2次取りまとめ等へ反映してきている。

2. 海外の地下研究施設における成果と現状の研究開発

2.1 海外の地下研究施設の利用に関する現在までの考え方

原子力バックエンド対策専門部会の報告書（平成9年4月）によれば、「性能評価研究」におけるモデルの妥当性の検討や、「処分技術の研究開発」における処分施設の要素技術に関わる実規模試験などの実施のため、スイス、スウェーデン、カナダの試験研究に積極的に参加し、その成果を適確に第2次取りまとめに取り込むこととされている。

海外の地下研究施設における国際的な共同研究はまた、国際的なコンセンサス構築の観点からも重要であり、特に天然バリアとしての岩盤中の水理・物質移行に関する研究については、実際の地下環境における取得データ等に基づき各国の評価モデルを比較評価し、第2次取りまとめにおける性能評価モデルの信頼性確認に不可欠である。また、地下の環境条件下で確認すべき処分技術の研究開発項目に関しても、海外の研究施設を利用することにより効率的な研究開発が図られる内容を抽出し、共同研究に参画してきている。

さらに、我が国で進めている深地層の研究施設計画に対しても、これら海外の地下研究施設の知見を反映させている。

以上の様に具体的な参画内容の選定にあたっては、これまでの釜石鉱山や東濃鉱山等の既存の坑道を利用した研究で得られた成果を確認した上で、効率性及び期待される成果を留意しつつ、積極的な国際共同研究を進めてきている。

2.2 海外の地下研究施設を利用した研究状況

2.2.1 概要

海外の地下研究施設を利用した共同研究としては、スイス(NAGRA:放射性廃棄物管理共同組合)、スウェーデン(SKB:原子燃料廃棄物管理会社)、カナダ(AECL:カナダ原子力公社)との間で実施してきており、各機関との2国間協定の下で地下研究施設を利用した国際共同プロジェクトに参加している。この中で、各国の専門家との共同研究を通じて、評価手法の信頼性や処分技術の確認を行い、得られた成果を第2次取りま

とめに反映してきている。

また、これらの共同研究において、各地下研究施設の全体的な研究内容に関する情報交換等が実施され、その知見を我が国の深地層の研究施設計画に反映してきている。

全体の概要を表-1に示す。

2.2.2 海外の地下研究施設を利用した研究成果

(a) スイス (NAGRA)

グリムゼル地下研究施設* (結晶質岩系) とモンテリー地下研究施設* (堆積岩系) の2ヶ所の地下研究施設で共同研究を進めている。

グリムゼル地下研究施設では、1989年以来国際共同研究に参加し、その中で原位置核種移行試験を多国間の共同研究として実施してきている。

原位置核種移行試験では、放射性核種トレーサーを用いた核種移行試験を地下研究施設で実施し、断層粘土を挟在する断層破碎体内で比較的大きな遅延効果が認められた。また、亀裂領域におけるマトリクス拡散による核種移行の遅延効果が定量的に評価された。

現在、グリムゼル地下研究施設におけるフェーズ5の研究としてプラグや支保等に用いるセメント系材料が物質移行挙動に与える影響を評価するための高pHプルーフ影響試験、および原位置核種移行試験の一環としてコロイド影響試験を行っている。

モンテリー地下研究施設では、堆積岩系での地下研究施設として世界的にも数が少なく、サイクル機構は1996年以来多国間の国際共同研究として参加している。これまでのフェーズ1～フェーズ3において、堆積岩での試錐掘削、特性調査の技術手法、難透水性堆積岩の調査技術に関して有益な技術情報を得ている。現在のフェーズ4では、難透水性堆積岩での水理・物質移動研究として放射性核種等のトレーサーを用いた試験を進めている。

(b) スウェーデン (SKB)

エスボ HRL 地下研究施設* (結晶質岩系) では、1991年以来多国間国際共同プロジェクトとして、水理物質移行研究、酸化還元試験、坑道掘削影響試験などを実施してきた。水理・物質移行研究では、各国のモデルの比較評価が実施され、サイクル機構の亀裂ネットワークモデルの有効性が認められている。酸化還元試験では、母岩及びバクテリアによる酸素の消費が定量的に評価され、我が国の岩盤に対しても鉱物組成等を考慮することにより、得られた知見の適用が可能である。

(c) カナダ(AECL)

URL 地下研究施設* (結晶質岩系) において1995年以来、4カ国の共同プロジェクトとしてトンネルシーリング試験を実施しており、低アルカリセメント材料及びケイ砂混合圧縮ベントナイト材のプラグが実規模で試験され、その有効性が確かめられている。

3. 海外の地下研究施設利用の計画

3.1 今後の海外の地下研究施設利用の考え方

今後の海外の地下研究施設を利用した共同研究の基本的考え方は、引き続き国際的な合意形成が必要な項目、及び一国では解決が困難な課題で国際共同研究によって効率的に進めることができる項目に重点をおいていく。

海外の地下研究施設における研究開発は、基本的にはその国の処分概念に基づいた研究開発の条件設定等が行われている。わが国の処分概念と完全に一致している国はないことから、地層処分システム全体の検証／確証及び事業化のための技術として実用化を図っていくためには、我が国での深地層の研究施設において研究開発を行うことが必要である。しかしながら、個別の要素技術に関しては、海外の地下研究施設及び海外の知見を活用することにより、効率的に研究を進めることができる課題も多い。

既に海外の地下研究施設は、核種移行等の詳細な現象解明の段階から、各モデルや技術の実地検証の段階に進展してきており、放射性核種を用いたトレーサー試験や実規模での処分技術のデモンストレーション等の内容に重点が移ってきている。

以上を踏まえ、我が国の深地層の研究施設が本格的に稼働し、地下の坑道を利用する研究段階になるまでは、海外の地下研究施設を積極的に利用し、国内で実施する地層処分／地層科学研究を補完するとともに、必要な情報交換を実施していく。

また、海外の地下研究施設への研究者の派遣は、最新の知見の修得とともに、第一線の研究者との共同研究を通じた知識の向上が見込まれることから、今後とも積極的に対応を図っていく。

3.2 今後の海外の地下研究施設利用計画

今後の計画を表-2に示す。

(a) スイス (NAGRA)

グリムゼル地下研究施設における共同研究では、高pHブルームの影響試験及コロイドの影響試験をフェーズ5の共同研究として実施している。これらは、国際的に共通な課題として各国の専門家の知見を集約し、コンセンサスを得ていくものである。

モンテリー地下研究施設では、難透水性堆積岩での水理・物質移行研究として、原位置で放射性トレーサーを用いた試験を行い、堆積岩系での水理・物質移行モデルの確認を行う。

(b) スウェーデン(SKB)

エスポ HRL 地下研究施設における共同研究では、引き続き水理・物質移行研究のタスクフォースに参加し、各国の専門家による比較評価を実施していく。また、本年度より実規模処分試験 (Prototype Repository Project) が本格的に実施されることに伴い、これまで釜石鉱山で実施してきた人工バリア試験との比較評価及び深地層の研究施設へ最新の知見を反映する観点から、本プロジェクトに積極的に参加していく。さらに本プロジェクトに伴い設置される予定の人工バリアタスクフォースへも参加し、熱-水-応力連成モデルの比較評価を行う。

(c) カナダ (AECL)

現在実施中のトンネルシーリング試験は2001年までの予定で実施しており引き続き試験を進める。その後、フェーズ2の試験が計画されているが、現在の試験結果を踏まえ継続の可否を検討していく。

(d) フランス(ANDRA)

ANDRA とは、本年5月に包括的な研究協力協定を締結した段階であり、今後協力の内容を具体化していく予定である。

フランスでは地下研究施設の候補サイト（粘土質岩）が1ヶ所が決定し、さらに結晶質岩の地下研究施設候補サイトを選定中である。同国はわが国と研究の進捗状況が類似していることから、今後積極的な情報交換を進め、必要に応じて双方の地下研究施設における研究への参加を検討していく。

以 上

表-1 海外の地下研究施設を利用した地層処分研究開発の状況

国名	研究施設	共同研究項目	研究期間	内容	成果
スイス	グリムゼル 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	原位置核種移行試験	1989～1997年	放射性核種トレーサを用いた原位置核種移行試験	・断層、破碎帯内での核種移行遅延効果の確認 ・亀裂内マトリクス部により核種移行遅延効果の確認
		高pHプルーフ影響試験	1997～2002年	高pH環境による影響調査及びモニタリング研究	(試験継続中)
		コロイド影響試験	1997～2002年	亀裂中におけるコロイド移行試験及びモニタリング研究	(試験継続中)
	モンテリリー 地下研究施設 (堆積岩系岩盤)	地下水流動/物質移行試験	1996～1999年	放射性核種トレーサを用いた原位置核種移行試験	堆積岩系岩盤に対する調査技術の取得
		蒸発量測定による水理学的評価試験	1998～1999年	水理評価モデルの試験研究	(試験継続中)
スウェーデン	HRL 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	水理物質移行研究	1991～2002年	亀裂性媒体中の水理・物質移動解析の比較評価	サイクル機構の亀裂ネットワークモデルの妥当性の確認
		詳細酸化還元試験	1991～1999年	坑道掘削によって侵入した酸素の影響評価	鉱物及び微生物との反応による酸素の消費速度を測定評価
		坑道掘削影響試験	1991～1999年	坑道の緩み領域の調査	掘削影響の範囲が、数cmオーダー程度と求められた。
		気液2相流試験	1991～1999年	高圧地下水中に含まれている溶解の地下水流動への影響調査	不飽和領域での気液2相流のモデル化
カナダ	URL 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	トンネルシーリング試験	1995～2001年	地下研究施設に実規模のコンクリート及び圧縮ベントナサイトのプラグを設置し、シーリング性能を評価する。	第2次取りまとめで提示されているトンネルシーリング方法の有効性の確認

表-2 海外の地下研究施設の今後の利用計画

国名	研究施設	協定期間	内容
スイス	グリムゼル 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	フェーズV 1997～2002年	・セメント等の高pHプルームの影響試験 ・コロイド/核種移行、原位置試験
	モンテリー 地下研究施設 (堆積岩系岩盤)	フェーズIV, V 1998～2000年	・難透水性堆積岩の水理・物質移動研究 ・蒸発量測定による水理学的評価試験
スウェーデン	HR L 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	1999～2002年	・亀裂性岩盤の水理・物質移動研究 ・実規模処分試験 (Prototype Repository Project)
カナダ	URL 地下研究施設 (結晶質岩系岩盤)	1996～2001年	・トンネルシーリング試験
フランス	地下研究施設	1999～2004年	・包括的な研究協力 (今後、具体化を図る)

協定期間以降の研究の継続の可否は各試験結果を踏まえ検討していく

(*印は用語の説明があります)

はじめに

地層科学研究として実際の地下深部までの地質環境に関する研究として、昭和61年度より東濃鉱山およびその周辺地域の堆積岩を対象とした研究を平成4年度からは東濃鉱山の周辺や広域で花崗岩を対象とした広域地下水流動研究を実施してきた。昭和63年度から平成9年度までは、岩手県の釜石鉱山で花崗岩を対象とした原位置試験を実施してきた。これらの地層科学研究を一層発展させ実施するため、平成8年度より瑞浪の超深地層研究所計画を行っている。

1. 東濃鉱山における調査試験研究

地層科学研究の一環として、東濃鉱山坑道及びその周辺の地域において、堆積岩を対象とした各種の調査試験を昭和61年度より実施してきている。この調査研究では、堆積岩を対象とした地質環境特性の調査・解析技術の確立を主たる目標として、地下水の流動と地球化学的特性の研究、ウラン鉱床を利用した物質移行特性の研究、坑道の掘削に伴う周辺岩盤への影響（以下、掘削影響と呼ぶ）の研究が行われてきた。また、研究の進展に伴い、既存の調査・解析技術の改良高度化も平行して進めている。これらの研究成果は、超深地層研究所あるいは深地層研究所における坑道を利用した原位置試験研究等に反映される。

以下に主な研究成果を示す。

(1) 地質及び地質構造に関する研究

東濃鉱山周辺では、昭和39年の月吉ウラン鉱床の発見以来、約20年間、新第三紀堆積岩を対象に試錐調査を中心とする資源調査が実施され、新第三紀堆積岩の地質構造や基盤花崗岩との不整合面の形状及びウラン鉱床の成因などが詳細に明らかにされた。また、昭和61年度からの地層科学研究において、本地域における未固結砂礫層、新第三紀堆積岩、および不整合近傍の基盤花崗岩の詳細な地質構造に関するデータが取得され、後述する水理地質構造モデル構築に反映された。

(2) 岩盤力学に関する研究

岩石の物性については東濃鉱山の実測データを整理するとともに、岩盤の場の特性として、東濃鉱山周辺の応力状態調査を実施した。応力状態調査の結果、地下200m程度までの鉛直応力はほぼ土被り圧に等しく深度の増加に伴いほぼ線形的に増加することが確認された。また、東濃鉱山の坑道において、10年余にわたり空洞の長期的

な変形に関する観測を実施するとともに、超長期の岩盤挙動を予測可能なモデル化手法の開発を行っている。

東濃鉱山における掘削影響に関する研究では、坑道掘削前後における岩盤物性等の変化が計測されており、坑道の掘削によって周辺の岩盤の特性が変化する範囲は、坑道壁面から1m程度であること、坑道の掘削工法の違い（機械掘削と発破掘削）により坑道周辺岩盤への影響の程度が異なることが確認された。また、様々な種類の既存調査・解析手法が適用され、それらの手法を用いて十分な精度で掘削影響の評価が行えること、対象とした岩盤は連続体としてモデル化することが可能なこと等の知見が得られた。

(3)水理に関する研究

東濃鉱山における試錐孔調査や立坑掘削影響試験において、鉱山を含む広さ300m×300m、深さ200m程度の領域内における透水係数、水圧分布等が詳細に調査された。

これらの調査結果と地質学的な研究結果に基づき構築された水理地質構造モデルを用いて地下水流動解析を実施し、立坑掘削時に実測された水圧分布の変化や湧水量測定結果等との比較から、水理地質構造モデル及び解析手法の妥当性が確認された。

(4)地下水の地球化学に関する研究

現在までに、立坑掘削影響試験のために掘削した試錐孔における地下水の採水・分析や、鉱山坑道から掘削された試錐孔における地下水の採水・分析及び物理化学的性質の状態のモニタリングを実施してきている。その結果、鉱山内での各地層中の地下水は、すべて天水起源であること、水質が深度とともに Ca^{2+} - HCO_3^{3-} 型の水から Na^+ - HCO_3^- 型に変化すること等の知見が得られている。また、ウラン鉱化部付近より得られた地下水は強い還元性を示し、ウランをほとんど含まない特性を有していることから、長期間にわたってウランがほとんど移動しないような安定な状態を維持していることが明かとなった。

(5)物質移行に関する研究

ウラン鉱床を対象として、天然ウラン系列核種の移行・固定プロセスを明らかにする研究を実施してきている。その結果、いくつかの場所から採取された岩石試料は、ウラン系列核種が平衡状態であることがわかっており、また主要な移行経路として、大きな割れ目の発達しにくい堆積岩では、粒子間の空隙や粒子中の微小割れ目等が抽出・同定された。

また、粘土鉱物及び雲母や黄鉄鉱等の鉱物は、石英、長石類、方解石等に比べ天然ウランを吸着する能力が高いことや、黄鉄鉱等の鉱物粒子中の微小割れ目、雲母鉱物のへき開、炭質物の表面や粘土鉱物が充填した空隙中に天然ウランが保持・固定されていることが確認された。

(6)月吉断層に関する研究

割れ目帯や断層等の不連続構造は、ウラン等の天然放射性核種の移行・固定プロセスを研究する場合の重要な地質構造として取り扱われることから、月吉断層（破碎帯）の構造や水理学的特性及び岩盤特性を明らかにすることが重要であり、水圧観測の結果、断層上盤と下盤において水位が 10m 以上異なることから断層部が断層に直行する方向には遮水構造となっていることが推定されている。

2.広域地下水流動研究

平成4年度より 10km 四方の範囲（岐阜県の瑞浪市で進められている超深地層研究所計画および土岐市で進められている東濃鉱山における調査試験研究の領域を包含する）を例として、地下水流動に深く関与する涵養域から流出域を包含する数 km 四方以上の広範な領域における地表から地下深部までの地質・地質構造、水理特性、地下水の地球化学特性などの把握と場をモデル化し地下水流動を予測解析するための調査・解析手法ならびに調査・解析結果の信頼性を評価するための体系的な調査技術を構築することを主題として、広域地下水流動研究が進められている。

この研究では、主に実施主体による候補地選定が終了する 2004 年ごろまでに候補地選定後の予備的調査を実施する上で必要となる調査技術および安全評価指針の基盤となる技術報告書として、その成果を取りまとめる。

広域地下水流動研究は、開始後の数年間（平成4年度～平成8年度程度）までは、主に地下深部の地質環境を調査・解析するための要素技術の開発とその有効性の確認に主眼をおいた研究が進められた。この後（平成8年度以降）は、開発した要素技術を本格的にフィールドに適用し広い領域の地質環境を調査・モデル化・解析する体系的な調査技術の確立を主題とした研究が進められつつある。

以下に、主な研究成果を記す。

(1)地質構造

- ①地下水流動に深く関与すると考えられる断層や割れ目帯を衛星や空中の情報から効率的に抽出するためにリモートセンシングデータ*の解析手法を構築した。
- ②OECD/NEA の国際共同研究の一環として、電磁波を用いて岩盤の諸特性を調査する試錐孔用レーダーシステム*を開発した。
- ③東濃地域を例に反射法弾性波探査の適用試験を実施し、堆積岩中で強い反射面の存在を確認できた他、断層や破碎帯と考えられる地質構造を捉えることができ、反射法弾性波探査が地質構造調査に有効であることを確認した。
- ④試錐孔を利用した地質調査により、土岐花崗岩の地下深部における地質構造は、粒子の粗い部分と細かい部分が交互に現れるなど不均質な組織を有することが明らかとなった。また、割れ目の変質に関する調査などから、地表から深度 200m 程度までは割れ目周辺に酸化鉄を伴う海外の研究でも報告事例のない変質が認められること、割れ目や変質の顕著な部分とほとんど割れ目が認められない部分が数 10m か

ら数百 m 単位で繰り返し認められる等の知見が得られている。

- ⑤これらの知見を基に、割れ目の形態（構造）を 4 つに分類して記載する手法を確立した。
- ⑥試錐孔から採取したコアを用いた力学試験の結果、一軸圧縮強度は $636\sim 2320\text{kg/cm}^2$ 、静弾性係数は $2.9\sim 6.3\times 10^5\text{kg/cm}^2$ 、静ポアソン比は $0.225\sim 0.403$ との値を得た。
- ⑦約 10km 四方を対象に岩盤の諸物性値の把握、岩相境界の抽出、断層などの断裂系の抽出を目的に実施したヘリコプターによる空中物理探査（磁気探査、VLF 法探査*、放射能探査、周波数領域電磁探査）により、比抵抗、全磁力、 γ 線強度などの地球物理学的な特性の平面的な分布が把握され、これにより堆積岩、花崗岩などの分布、断層などの地質構造が推定された。これまでに推定されている基盤花崗岩上面のチャンネル構造のような地質構造に対して、整合的な調査結果となった。
- ⑧約 10km 四方を対象に、基盤面の形状や基盤内の変質帯や破碎帯などの分布を把握するために、電磁探査（MT 法）を実施し、堆積層や基盤花崗岩などの分布に対応した比抵抗構造が把握され、基盤花崗岩上面のチャンネル構造などの地質構造が推定されつつある。比抵抗構造から推定される基盤花崗岩上部の堆積層の層厚変化や断層の位置は、これまでに推定されている地質構造に対して、整合的な調査結果となった。当手法は堆積層や花崗岩の分布および断層等の地質構造を把握するために有効であることが分かった。
- ⑨これまでの調査により、実施領域での地質構造に以下の知見が得られた。
- ・花崗岩は細粒～粗粒の黒雲母花崗岩からなり、概略的には南西部の浅部に細粒～中粒岩相が、北東部の深部には粗粒岩相が分布する。
 - ・全岩化学組成の深度方向のトレンドは、各孔とも同様な傾向を示し、一連の岩体であると考えられる。
 - ・土岐花崗岩西部における割れ目の方向性の特徴は試錐孔毎にそれぞれ異なり、各孔間で連続するものはみられない。
 - ・試錐調査により、定林寺付近の地表における断層および美佐野鉱床から南部に延びる次月断層に連続する可能性がある断層を確認した。
 - ・土岐花崗岩の中央部では、やや不均質な岩相を呈し、少量の角閃石を含むという点で西部と異なっている。
 - ・掘削データと物理検層における異常から、高透水性の地質構造の存在が推定されているが、それらの特性を把握し、空間的な連続性を推定する手法を確立することが今後の課題である。
- ⑩以上の知見に基づき、実施領域の西部について、3次元の地質構造概念モデルを作成した。

(2)水理特性

- ①地下深部岩盤の透水係数や間隙水圧などを把握するために、試錐孔において深度

1,000m まで調査できる水理試験装置と揚水試験装置を開発した。同装置は、孔内崩壊への対応や深度誤差の低減を図るためにパイプシステムを基本コンセプトに設計され、従来は測定不可能であった難透水性岩石の透水係数も測定可能である。

- ②地下水の水圧および水質を長期間モニタリングするために、カナダで開発された MP システムを適用し、構造的な耐久性、データの品質、操作性などにおいて優れ、地下水の長期モニタリングに有効であることを確認した。
- ③表層の水収支を把握するための表層水理定数観測システムを構築し、東濃鉱山周辺を例に地下水の涵養量や地下水面の分布と変動を把握できることを確認した。
- ④岩盤の透水係数の空間的分布を推定する手法として物理検層データを用いた透水係数データの補完方法や地球統計解析手法、クリギングおよびフラクタル理論等の有効性を確認した。
- ⑤立坑掘削などに伴い、その周辺で発生する高差圧環境下でも確実に間隙水圧変化を観測できる長期モニタリング装置（実験機）を開発した。
- ⑥表層水理観測システムを設置し、異なる岩種（基盤岩）が分布する地域における表層の未固結砂礫層中の地下水の流動特性および基盤岩への浸透量の観測を継続している。
- ⑦試錐孔を利用して実施した、数区間での透水試験および平均的な透水性を把握するための揚水試験の結果から、以下の知見が得られた。
 - ・透水性には、深度依存性は認められない。
 - ・地表付近の動水勾配*は、地形勾配に等しく、深度 500m 以深では、地形勾配の半分程度である。
- ⑧地質構造概念モデル、および試錐孔を利用して実施した透水試験、揚水試験の結果から、実施領域西部について水理地質構造モデルの作成を継続している。各岩相の透水係数の設定には、地球統計学的手法を試みている。

(3)地球化学特性

- ①地下深部岩盤の原位置での物理化学パラメーターの測定や地層水の採取を行うため、試錐孔において深度 1,000m まで調査できる地球化学特性調査機器を開発した。同装置は、孔内崩壊への対応や深度誤差の低減を図るためにパイプシステムを基本コンセプトに設計され、従来は採取不可能であった原位置での雰囲気保持了ままでの採水が可能である。
- ②試錐孔を用いて、地球化学特性調査機器によって、地下水の採水・分析を実施し、以下の知見を得た。
 - ・地表から深度 300m までは酸化性を示すが、深度 500m 以深では還元性 ($E_h < -300\text{mV}$) を示す。
 - ・地下水の水質が深度とともに $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^{3-}$ 型の水から $\text{Na}^+\text{-HCO}_3^-$ 型に変化する。
 - ・地下水の pH は深度とともに中性からアルカリ性へと変化する ($\text{pH}7 \Rightarrow \text{pH}9$)。

- ⑤採水・分析の結果を検討し、掘削水による汚染を取り除くための品質管理の重要性が明かとなり、そのための作業手順を考案した。

(4)力学特性

- ①岩芯で実施した物理試験および力学試験の結果、土岐花崗岩は日本の花崗岩が示す平均的な各物性値の範囲内にあることが判明した。
- ②対象領域における土岐花崗岩の各物性値の深度方向の変化は様々であり、深度依存性の無いもの、深度に比例するもの、500m付近から700m付近に境界をもつものが、確認された。
- ③AE法*、DRA法*による鉛直方向の初期応力測定を実施し、被り圧と一致する結果を得た。
- ④これまでの研究により以下の知見が得られている。
- ・ 今回の試験対象である土岐花崗岩は、物性値の観点からは国内に分布する一般的な花崗岩と言える。
 - ・ 深度700mを境に以深では応力解放に伴うクラックが生じており、この影響により弾性波速度や初期接線ヤング率などの封圧を作用させない時点での物性について深度依存性が認められた。
 - ・ このクラックは、一軸圧縮強度や50%接線ヤング率などの物性を変化させるには至っていないが、引張強度ではクラックの配向性と載荷方向との関係によって差が認められ、強度異方性が存在することが明らかとなった。

3.超深地層研究所計画

日本に広く分布する結晶質岩のひとつである花崗岩を主たる対象として瑞浪市明世町のサイクル機構用地において立坑や水平坑道から成る研究坑道（以下研究坑道）を建設し、その建設前の「地表からアプローチする調査研究段階」から、「地下施設建設時の調査研究」「地下施設における調査研究」へと、段階的に研究を発展させるものである。平成8年度から第1段階の研究を開始し、初年度は文献調査および各種調査機器開発、平成9年度より試錐調査などの現地調査に着手した。

以下に主な研究成果を記す。

(1)地質構造

- ①既存文献解析により周辺の地質構造を把握し、研究の対象となる白亜紀後期の土岐花崗岩、その上位の新第三紀堆積岩（瑞浪層群）、およびそれを被う未固結堆積層（瀬戸層群）の性状をまとめ、調査課題を抽出した。
- ②比抵抗法電気探査*を適用し、堆積層（瑞浪層群）に相当する10Ωm以下の浅部と基盤岩（花崗岩）に相当する1000Ωm以上の深部の比抵抗構造を把握した。
- ③電磁探査（MT法）においてS/N比の向上が見込まれるリモートリファレンス手法*の適用試験を実施した。周辺施設（変電所、鉄道など）の影響は、対象が高比

抵抗地域でもあったため、昼間、夜間とも、測定データからのノイズの除去が十分行うことができなかった。

④反射法による弾性波探査および試錐孔を対象としたマルチオフセット VSP 探査*の適用試験を実施した。その結果、堆積岩と基盤花崗岩との境界を表すと推定される反斜面や基盤花崗岩内の断裂の発達部分と考えられる反射面などが抽出され、地質構造との整合性が確認された。当手法は堆積岩と花崗岩の地層境界および破碎帯等の地質構造を把握するために有効な手法であることが確認された。

⑤試錐孔を利用した地質調査により、実施領域での地質構造に関して以下の知見が得られた。

- ・土岐花崗岩を被う堆積岩類はほぼ水平な堆積構造を示している。低角の割れ目が卓越し、開口割れ目は存在しない。
- ・基盤花崗岩は、上部は中粒～粗粒な黒雲母花崗岩、下部は中粒～細粒な優白質な花崗岩からなり、その境界は南方(MIU-1 側)に向かい浅くなる。
- ・黒雲母花崗岩と優白質な花崗岩は、化学組成においても異なるトレンドを示すことから、形成時期が異なる可能性がある。
- ・割れ目密度データを用いた地質統計学的解析では、不整合から深度 350m 付近までと深度約 800m 以深には割れ目密度が高いゾーン、深度 400～700m 付近には割れ目密度の低いゾーンが推定された。

掘削時の逸水および物理検層における異常から数本の主要な透水性割れ目の存在が推定される。

- ・1000m の試錐孔によって花崗岩中の月吉断層の破碎帯の幅(約 30m)や性状が確認された。

⑥以上の知見に基づき、3次元の地質構造概念モデルを作成した。

(2)水理特性

①表層水理観測システムを設置し、表層の未固結砂礫層中の地下水の流動特性および基盤岩への浸透量の観測を継続しており、降雨量の 7%が地下に浸透していることが算定されている。

②試錐調査によって、連続性のある透水性割れ目の存在が確認されており、その中には約 300m 離れている試錐孔で連続性が確認されている。

③試錐孔を利用して実施した透水試験および 100m 毎の平均的な透水性を把握するための揚水試験の結果から、花崗岩中の深度 400m～700m の区間で相対的に低透水性の部分($10^{-6} \sim 10^{-8} \text{cm/sec}$)が確認された。

④水理地質構造モデルを基に、有限要素法解析コード TAGSAC による飽和不飽和浸透流解析を実施し、研究領域周辺の地下水は概ね北から南へ流動しているとの結果を得ている。

⑤月吉断層を試錐孔で貫通した結果、間隙水圧の上昇が観測されたことから、月吉断層は遮水壁的な役割を果たしていることが明らかになった。

(3)地球化学特性

- ①広域地下水流動研究における試錐調査の結果から、既存の試錐孔（MIU-1,2 号孔）においては掘削水の地下水への混入が予想以上に多いことが判明したこと、および研究領域においては、掘削水の影響を排除するために大量の採水を実施した場合、周辺環境へ与える影響が大きいことが予想されたことから採水方法を再検討した。その結果、試錐掘削・調査が終了した後、多点式間隙水圧観測システムを設置して採水を行う方法が調査全体を合理的に進められるとの結論を得た。現在、この方法により採水を行うための準備を進めている。
- ②超深地層研究所用地内の地下深部に分布する土岐花崗岩中の地下水地球化学特性については、同種の土岐花崗岩帯を対象として実施している広域地下水流動研究の成果から、降雨起源であり、深度 500m 以深では還元性を示すことが推定されている。

(4)力学特性

- ①コアを用いた室内試験の結果、土岐花崗岩の物性値は日本の花崗岩が示す物性値の平均程度である。一軸圧縮強度は 100~200MPa、ヤング率は 30~60Gpa が多くを占める。
- ②土岐花崗岩の物性値の深度方向の変化は亀裂状況の変化に対応しており、深度 300m 付近と深度 700~800m で変化が見られる。
- ③A E 法、D R A 法を併用した初期応力測定の結果、鉛直方向の地圧は土被り圧とほぼ一致し、その勾配は 0.026~0.027MPa/m 程度である。
- ④水圧破碎法による初期応力測定の結果、水平面内の最小主応力はおおむね鉛直前後の値を示し、水平面内の最大主応力はこの 1.5~2 倍程度である。水平面内の最小主応力と鉛直応力の大小関係は、深度 300m と 700m 付近を境に変化し、いわゆる“stress decoupling”を呈する。水平面内の最大主応力の方向は、地表付近では N-S 方向であるのに対し、深度 300m 以深では NW-SE 方向となり、測地学あるいは断層の走向や性状から推定される主ひずみの方向と一致する。このため、深度 300m 以深では広域的な応力場を反映している可能性が高い。

(5)研究成果の情報化

- ①調査データ用データベースシステム（G E O B A S E）を導入し、調査成果を登録した。
- ②地質構造のモデル化と地下水流動の解析およびその結果を 3 次元的に表現するための地質環境データ解析・可視化システムを構築した。このシステムを用いて、地質構造概念モデルを作成した。
- ③ヴァーチャルリアリティー技術を用いた広報ソフトを開発し、現場施設に設置した。

4. 釜石原位置試験の成果

釜石原位置試験研究は、地層処分研究開発の基盤研究である地層科学研究の一環として、「わが国の地質環境を理解し、地下深部の実測データを取得すること」を目的に昭和 63 年度より 10 年間（平成 10 年 3 月末まで）、岩手県釜石市西部に位置する釜石鉱山の既存坑道において実施した。

4.1 実施内容および方法

釜石原位置試験研究は合計 10 年間の試験期間を昭和 63 年度から平成 4 年度までの 5 年間（第 1 フェーズ）と平成 5 年度から平成 9 年度までの 5 年間（第 2 フェーズ）に分けて実施した。第 1 フェーズは、地下深部の基礎的な地質環境特性の把握と現有の調査試験技術の適用性の確認を目的に、主に 550 m レベル坑道（標高 550m, 地表下約 300 m）で実施した。第 2 フェーズは、これらの基礎的な知見をもとに、地質環境の深度による依存性の把握と坑道周辺の地質環境の詳細な把握を目的に、550 m レベル坑道のみならず 250 m レベル（地表下約 700 m）での試験を実施した。第 2 フェーズの各試験項目は以下のとおりである。

- ・ TASK1：深部岩盤の地質構造・力学特性・水理特性・地球化学特性の把握
- ・ TASK2：深部岩盤における掘削影響領域の評価
- ・ TASK3：結晶質岩中の水理・物質移行に関する研究
 - TASK3-1：収着およびマトリクス拡散に関する研究
 - TASK3-2：移流および分散に関する研究
- ・ TASK4：人工バリア試験
- ・ TASK5：地震に関する調査研究

4.2 原位置試験研究の成果

(1) 栗橋花崗閃緑岩体の地質環境特性

① 深部地質環境の特性およびその安定性

栗橋花崗閃緑岩中において地下水などの移行経路として重要な割れ目について、その特性や形成メカニズムを明らかにすることができた。既存坑道での詳細な地質学的調査によって、栗橋花崗閃緑岩体中の坑道周辺には 1 本/m の頻度で割れ目または割れ目帯の存在を認めた。これらの割れ目のうち、6~7 割が開口しているかもしくは水理試験などで水みち（物質の移行経路）として機能する可能性を確認した。

また、割れ目充填物の測定により、物質の移行経路として機能する割れ目は岩体貫入に引き続く時期（約 120~80 Ma）に生じたものであり、その後（80~0 Ma）、このような割れ目（水みち）が形成された証拠は得られなかった。

さらに、約 8 年間観測することができた 344 回の地震活動によっても水理学的、地球化学的にほとんど変化することなく、地下深部の地質環境が地震などの外的な影響要素に対しても安定であることが示された。

② 物質移行に対する遅延特性

坑道周辺の岩盤中に認められる割れ目および割れ目帯において充填鉱物が存在すると物質の移行が遅延すること、岩盤の基質部分においては物質の拡散（マトリクス拡散）現象が実際に生じていることを確認した。また、透水割れ目近傍における物質移行・遅延の概念モデルを構築した。これらの物質移行に関する調査結果は、割れ目が卓越するような岩盤においても物質の移行が強く遅延されることを示している。

③ 地下坑道を利用した研究の重要性

試験を行った坑道は 20～30 年前に鉱床探査の目的で掘削されたものである。しかしながら、既存坑道を用いた地下深部の地質環境調査研究によって、栗橋花崗閃緑岩体の地質構造や地下水の地球化学的な状態について、地下数百 m まで三次元的に把握することができた。

地表付近の地質環境は、様々な物理的あるいは化学的な要因によって擾乱され、得られたデータは一般に信頼性が低い、地下では風化や植生等の影響の少ないことが古地磁気調査等によって示された。

このように三次元的なデータ取得が可能であることや地質環境が本来有する状態を把握することができるなど、地表調査のみでは得ることのできない重要なデータ取得が可能であることが示された。

(2) 坑道周辺の地質環境特性

水質、年代などを把握することによって、坑道や試錐孔へ湧水する地下水の起源は降水であることを明らかにするとともに、このような代表的な起源を有する栗橋岩体中の地下水について、その水質形成機構を明らかにし、地球化学的状态の概念モデルを構築した。また、坑道周辺の地質環境特性として、岩盤中に坑道を掘削した場合、掘削が周囲岩盤に及ぼす影響について、力学的、水理学的、地球化学的な性質の変化に着目した調査と、坑道周辺に認められる割れ目中での物質移行特性に注目した調査を行った。これらの結果より、わが国の結晶質岩の地下深部における事例として、掘削損傷や応力再配分などの掘削影響の要因に着目した坑道周辺の概念モデルおよび物質の移行経路に着目した概念モデルを構築した。

坑道周辺の地質環境に関する概念モデルは、諸外国の地下研究施設における調査結果と大きな違いはないものの、釜石原位置試験研究においては不飽和領域が約数mの範囲で坑道周辺に広がっている可能性を新たに指摘することができた。また、坑道壁面から深度約 2 m の地下水中の溶存酸素がほぼゼロであることを確認し、20 数年という坑道掘削からの経過時間にもかかわらず地質環境が本来有していたと考えられる還元状態が坑道周辺岩盤においても保存されていたことが示された。

このような知見は、地下の坑道周辺岩盤の水理学的、地球化学的状态がどのようなメカニズムで変化していくものかを今後明らかにする上で重要な情報である。

(3) 調査技術開発

①坑道を用いた調査研究手法の開発

釜石原位置試験研究における調査技術は、既存坑道による調査に重点をおいたことから地下坑道を用いた調査研究手法の改良・開発を主体とした。ここではまず既存の調査技術・手法の有用性を確認するとともに、現有の技術では不十分と判断された調査については、技術の改良・開発を行った。

②地質構造調査

地下坑道で実施した詳細な割れ目分布調査、鉱物の年代測定などの手法が、栗橋花崗閃緑岩の地質構造的特徴、割れ目解析や物質移行経路となる水みちの解析に有用であることが示された。また坑内における岩石試料を用いた古地磁気測定によって構造的な運動を経験していないことが示された。このような知見は、花崗岩類中の水みちとしての割れ目の形成およびその後の変化について、従来のいくつかの地質学的、鉱物学的手法を組み合わせることによって、ある程度予測しうることを示すものである。

③岩盤力学調査

地下深部の岩石試料を用いた物理試験、初期応力測定や坑道掘削影響評価試験を通じて各種の調査手法の有用性評価を行った。初期応力測定では、測定値がばらつくものの、複数の手法を組み合わせることで評価可能であることも示された。掘削影響調査では、坑道掘削前、掘削中及び掘削後に各種測定手法を適用し、影響範囲の定量的な解析に有用な手法を検討した。

④水理調査

坑道規模での透水試験、試錐孔を用いた透水試験など、各種透水試験を実施した結果、それぞれの手法の特徴や測定可能な透水性の範囲、原位置データ取得上の重要な知見を得た。

⑤地球化学調査

地下水の地球化学的な調査については坑道および試錐孔からの採水に用いた手法の適用性に関する知見を得た。地表からの垂直試錐孔における採水では、MP システム、MOSDAX および HGP-10 システムによる採水を行い、安定した地下水の物理化学パラメーターを取得するための方法についての知見を得た。

⑥物質移行調査

物質移行・遅延調査技術においては、Nagra（スイス）との共同研究において開発した原位置レジン注入試験とコールドトレーサー試験をわが国の地質環境に初めて適用し、物質移行経路の解明に極めて有用であることを確認したほか、その原位置試験に必要なノウハウを取得した。

また、物質移行・分散調査技術においては、非収着性トレーサー試験および圧力応答試験を通じて、数 10 m スケールの水理地質構造を把握すること、および、単一の透水性割れ目の移流・分散に係わるパラメーターを取得することへの有効性を示した。

⑦地震

地震に関する調査では、岩盤の歪みや地下水の水圧・水質などの極めて微小な変化を長期にわたって連続的に観測することに成功し、深部地質環境の安定性を示すことに寄与した。

⑧材料試験技術

ベントナイト、グラウト、大型ピット掘削および岩盤とベントナイトの熱－水－応力連成現象の調査・試験を実規模で行い、原位置試験におけるノウハウを取得するとともに、熱－水－応力連成解析手法の妥当性を確認した。

付録3 用語集

- 安全評価**：高レベル放射性廃棄物の地層処分システムが、安全上受け入れられるものか否かを判断するため、人間とその生活環境への影響を解析した結果を基に、適切な安全基準と比較評価すること。
- 埋め戻し**：空洞や坑道などにベントナイト等を充填し、全ての空間をなくしてしまうこと。地下施設を天然バリアの性能を損なわないような状態に復帰させる行為をいう。埋め戻しには、坑道などの空間を現地で発生した碎石や砂、ベントナイトやその混合物で埋め戻す空洞部の充填、坑道が水みちとなることを防ぐために設けるプラグ、破碎帯などの岩盤の弱部が水みちとなることを防ぐために施すグラウトがある。
- AE(Acoustic Emission)法**：コアを用いた初期応力測定法。コアに対する2度目の载荷の際に発生するAEは、初回の载荷の場合と異なり、初回に加えた過重に達するまでは少なく、これを越えると多くなる。この効果を初期応力測定に応用したもの。
- オーバーパック**：ガラス固化体を包み、ガラス固化体に地下水が接触することを防止し、地圧などの外力からガラス固化体を保護する容器。人工バリアの構成要素の一つ。候補材料は、炭素鋼などの金属である。
- 火成活動**：地下深部でできたマグマが地表に噴出したり、地殻内に貫入すること、及びそれらに伴う諸作用。火山の噴火、溶岩の流出、熱水や火山ガスの噴出など、地表で認められる現象のほか、地殻内に貫入したマグマが冷え固まって岩石ができるような作用も火成活動の一つ。
- 活構造研究**：活構造とは第四紀以降に活動した断層、褶曲構造などの地質構造を指す。活構造研究とはそれらの構造の活動履歴、頻度、特性などを調べるために行う文献調査・地質調査・物理探査の各手法を総合的に駆使して行う研究である。
- 火山灰層序**：火山は噴火すると広範囲に火山灰をまき散らす。その順番に重なった火山灰層を火山灰層序と言う。火山灰を基準にすると離れた地域の地層の時間を合わせることが可能となる。また、火山は複数回噴火するのが普通であり、毎回噴出する組成が若干異なり、組成の違いにより更に詳細な地層の堆積時期や環境を推定できる。
- カナダホワイトシェル地下研究施設(URL: Underground Research Laboratory)**：マニトバ州の花崗岩中に建設された地下研究施設（結晶質岩系）で、実施機関はAECL（カナダ原子力公社）。研究の目的は、処分概念の実証、カナダ盾状地の熱特性、地質構造等の知見の取得である。

ガラス固化：再処理の過程において、使用済燃料から分離される高レベル放射性廃液をガラスと一緒に高温で加熱することにより、水分を蒸発させるとともに、非晶質に固結（ガラス化）し、物理的・化学的に安定な形態にするプロセス。廃液は、ステンレス製の堅牢な容器（キャニスター）に閉じ込められ、ガラス固化され、人工バリアの構成要素の一つであるガラス固化体となる。ガラス固化体は、放射性物質を安定な形態に保持し、地下水に対する耐浸出性に優れることが特徴。

緩衝材：オーバーパックと地層の間に充填し、地下水の浸入と放射性物質の溶出・移行を抑制するもの。さらに地質の変位を物理的に緩衝するクッションの働きや、地下水の水質を化学的に緩衝して変化を抑える働きをもつ。人工バリアの構成要素の一つ。候補材料はベントナイトなどの粘土である。

岩盤力学モデル：地表および空中からの調査・試験や試錐孔を用いた調査によって得られる、対象地盤の地質構造概念モデルと岩盤の力学特性分布を比較・検討し、対象地盤の力学特性の 3 次元的な分布を表したモデルである。このモデルを用いた数値シミュレーション結果は、地下坑道の設計や坑道周辺岩盤の掘削影響の検討等に反映される。

涵養量：地下水系に水が供給される過程を涵養といい、その量を涵養量という。涵養量は気象、水文観測結果に基づき、降水量、蒸発散量、河川流出量などから算出することができる。

希釈・分散：地層処分の議論においては、「希釈」とは、放射性物質が地層などの中で地下水により薄められること、「分散」とは、放射性物質が地層の中で地下水により移動する際に、その移動方向が広がることを表す。

亀裂ネットワーク：亀裂（割れ目）を含む岩盤中での地下水、及び物質の移行経路を表現するモデルの一つ。まず岩盤中に存在する個々の亀裂を表現するモデルを作成し、それに基づき個々の亀裂から構成されるネットワーク状の移行経路を表現するモデルを作成する。

掘削影響領域：岩盤において掘削の影響を受け、その岩盤が初期に持っていた力学的、水理学的及び地球化学的な性質に変化をきたす領域。このような領域では、天然バリアとしての性能も変化すると考えられるため、その影響を把握することは重要である。

クリープ：一定の荷重または応力が作用している状態で、時間の経過とともに材料の変形（ひずみ）が進行する現象。

結晶質岩：地層処分研究における岩石媒体の分類の一つで、マグマが冷えて固まってきた岩石（火成岩）や、既存の岩石が熱・圧力によって構造が変化してできた岩石（変成岩）を指す。性能評価の観点から最も重要な特徴は、地下水の流動に対して亀裂状媒体（割れ目の中を選択的に地下水が移動する）とし

て扱われること。例：花崗岩体

広域地下水流動系：大きな河川や分水嶺などで区切られた、地表から地下深部までの一連の水の流れ。水の流入と流出は主にこの中で起こっており、隣接する地域との間で水の大きなやりとりはないと考えられる。

工学規模：ピーカーなどを使用した実験室規模の試験と、実際の地層などを利用した実規模試験との中間的なスケールを指す。

孔間透水試験装置：岩盤内の透水性の分布などの水理特性を3次元的に評価するための試験装置。複数のボーリング孔を利用し、1本のボーリング孔内に設けた注水区間から岩盤内に水を注入し、その他のボーリング孔内に設けた観測区間で水圧の変化などを観測する。注水区間と観測区間を3次元的に配置することにより、岩盤内の3次元的な透水性を表わす指標（透水係数テンソル）や、複数のボーリング孔を含む岩盤全体の水を保持する程度（比貯留係数）などが算定される。

高レベル放射性廃棄物：使用済核燃料の再処理の過程において分離されるストロンチウム-90、セシウム-137に代表される核分裂生成物とアメリシウム-241、ネプツニウム-237に代表されるアクチニド（原子番号98以上の元素。放射性元素である。）を含む高レベル放射性廃液、またはそれをガラス固化したもの。発熱量と放射能は時間と共に減衰する。ガラス固化体の発生量は、100万kWの原子力発電所の1年間の運転に対して、現状の技術では約30本程度である。

コロイド：物質の状態を示す概念で、大きさが $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-3}$ mmの粒子が水などの液体中に浮遊し、容易に沈まない状態にあるものをコロイドという。粒子の大きさがこれよりも小さい場合は溶存状態となり、大きい場合は懸濁状態となる。

サイト特性調査：処分予定地において、処分施設の設計や処分システムの性能評価に必要な情報を取得するために実施する調査。地表からボーリング調査や物理探査、地下施設を用いた調査などにより、地表から地下深部までの地層及び地下水の性質（例えば、地質構造、岩盤物性、地下水の水質や流動特性など）を体系的に調べる。

酸化還元電位：地下水などの酸化還元状態を表す。酸化還元電位が高い地下水ほど、一般に物質を酸化・溶解する能力が大きい。地層処分の観点からは、オーバーパックの腐食速度や核種の溶解量などを支配する条件として、重要な地下水の地球化学特性となる。

地下水は、土壌や岩石中に含まれる鉱物や有機物と反応することにより、還元されていくため、一般には深部にいくにしたがって地下水の酸化還元電位は低くなると考えられる。

GPS (Global Positioning System) : 米国国防省で開発された位置確認システム。静止衛星を使って、地球上のどの地域でも連続的な測位が可能。

斜坑：斜め方向に掘った作業坑や坑道

処分技術の研究開発：与えられた地質環境条件の特性に適合した人工バリアの仕様や処分場のレイアウトを示すことにより、地層処分の工学的実現性を確かめる。

支保工：支保工は、坑道の掘削に伴って力学的に不安定となる坑道周辺の岩盤を、施工中から完成後にわたって安定に保ち、掘削作業の安全と完成後の坑道の安全な供用を確保するために設置される構造物。支保部材としては、吹き付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工、コンクリート覆工が一般的であり、単純あるいは組み合わせて用いられる。

人工バリア：多重バリアシステムの構成要素のひとつで、ガラス固化体、オーバーパック及び緩衝材からなる部分。高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁として、人工的に形成したもの。

水理地質構造モデル：地質・地質構造に関する研究で明らかになった岩盤および存在が確認された断層・破碎帯、風化・変質帯、割れ目帯などの水理学的特性および、岩盤が有する水理学的な不均質性を、試錐孔を用いた水理調査により明らかにし、地質構造概念モデルに透水性などの水理学的情報を与えて構築したモデルである。

性能評価：地層処分システム全体、あるいはその要素である個別システムが有する機能について解析した結果を適切な基準と比較し、その性能について判断を行うこと。解析の対象が地層処分全体で、比較の基準が安全性に関わるものである場合には、性能評価は安全評価と同義である。

性能評価研究：与えられた地質環境とそれに対して適切に設計された処分場とによって構築される地層処分システムの性能に影響を及ぼし得るすべての事象を考慮し、システムの長期にわたる安全性を示していく。

生物圏：地球表面において、人間を含む生物が生息する大気圏、水圏及び地圏のうち、人間の生活に関連する領域。

堆積岩系：地層処分研究における岩石媒体の分類のひとつで、海底や河床などに運ばれた堆積物や火山の噴出物などが固まってできた岩石を指す。性能評価の観点から最も重要な特徴は、地下水流動に対して多孔質媒体（岩石の粒子の間の空隙中をほぼ均一に地下水が移動する）として扱われること。例：泥岩層

多重バリアシステム：高レベル放射性廃棄物を、長期的にわたり生物圏から隔離し、放射性物質の移動を抑えることにより、処分された放射性廃棄物による影響が、将来にわたって人間とその環境に及ばないようにするための多層の防護系から成るシステム。工学技術により設けられる人工バリアと、天然の地層である天然バリアにより構成される。

立坑：人間、機械、空気などが出入りする、地表と地下施設とを垂直に結ぶ通路。

対策工：坑道の建設工事において遭遇すると想定される技術的、工学的な問題点に対する対策をいう。湧水対策、山はね対策、破碎帯、ガス地熱、地圧等がある。

地下水シナリオ：処分場に埋設された高レベル放射性廃棄物に地下水が到達し、廃棄物中の放射性物質が地下水によって運ばれることにより、環境が生物圏へ及ぶことを想定するシナリオ。

地下水の地球化学モデル：試錐孔を用いた地球化学的調査によって得られた地下水の溶存化学成分濃度の分布、酸化還元境界、地下水の年代などに、地質・地質構造、地下水の水理に関する研究から得られる地下水の流動方向やそれを規制する地質構造などの情報を取り入れて構築したモデルである。

地球化学特性：地質環境の化学的な性質をいう。岩石の鉱物・化学組成や、地下水の化学組成、pH、酸化還元電位など。

地質環境（深部地質環境）：地層処分の観点からみて重要な、地層を構成する岩石や、そこに含まれる地下水などの要素から成る地下の環境。

地質環境条件：地層処分システムの性能にとって重要な、地質環境の現在の性質（地質環境の特性）と長期的な将来にわたる安定性（地質環境の長期安定性）とを一括して地質環境条件と呼ぶ。また、地質環境条件に関する調査研究によって取得、収集されたデータや知見などを総称して「地質環境についての情報」と呼ぶ。

地質環境条件の調査研究：地層処分の観点から重要な地質環境条件を明らかにし、処分場の設計あるいは性能評価研究の与条件として整備する。

地質構造概念モデル：地表および空中からの調査・試験の結果から、地下深部から表層に達するような地質学的（水理学的）不連続構造および、表層・基盤岩類が有する岩相変化、風化・変質帯、割れ目帯などをモデル化したものである。

地層処分：高レベル放射性廃棄物の最終処分として、ガラス固化体を地下数百 m より深い地層あるいは岩体中に隔離する方法をいう。処分後のいかなる時点においても、人間とその生活環境が高レベル放射性廃棄物中の放射性物質による影響を受けないようにすることを目的とする。

なお、高レベル放射性廃棄物に含まれる核種の特性、利用目的等に応じた分離（核種分離）を行い、有用核種の利用を図るとともに、長寿命核種の短寿命核種又は非放射性核種への核変換（消滅処理）を行う技術について、その実用性を見極めるための研究開発が行われている。

地層処分研究開発：研究開発項目は3つの分野、すなわち「地質環境条件の調査研究」「処分技術の研究開発」及び「性能評価研究」のいずれかあるいは複数の中に位置づけて実施してきている。

地表地質踏査：地上の岩が露出している部分を観察し、岩の種類、状況を記録し、地

質図等にまとめる。一般土木調査等でも必ず最初に実施される調査項目。

地層科学研究：地震/断層、隆起/浸食、火山などの自然現象の活動性や地質環境への影響、その将来予測に着目した地質環境の長期安定性に関する研究や鉱山など既存の地下施設を利用した地質環境特性に関する研究を進めてきており、現在、深地層の研究施設の計画が緒についた段階にある。

地層処分システム：適切な地質環境の下に多重バリアシステムを構築することによって、処分された高レベル放射性廃棄物による影響が将来にわたって人間とその生活圏に及ばないようにするための仕組み。

地層処分基盤研究施設（Engineering Scale Test and Research Facility; ENTRY）：茨城県東海村にあるサイクル機構東海事業所の施設の一つ。サイクル機構内外の関連した研究を通じて得られる成果を集約し、地層処分の技術を確立していく役割を持つ地上の施設。深い地下の環境条件を地上の工学規模の試験装置を用いて様々に再現・変化させて試験を行うとともに、コンピュータを用いた解析を行う。この施設では、放射性物質は扱わない。

地層処分放射化学研究施設（Quantitative Assessment Radionuclide Migration Experimental Facility; QUALITY）：茨城県東海村にあるサイクル機構東海事業所に建設中（平成 11 年 7 月完成予定）施設。深い地下の環境を模擬するために低酸素濃度の不活性な環境を実験室レベルで構築し、セシウムなどの放射性同位元素を用いて、実験室レベルの核種の化学特性や人工バリアおよびその周辺岩盤での核種の移行特性データを取得するための研究施設。

スイスグリムゼル地下研究施設(Grimsel)：グリムゼルの花崗岩中に建設された地下研究施設（結晶質岩系）で、実施機関は NAGRA（放射性廃棄物管理共同組合）。研究の目的は、現場実験のノウハウ蓄積、処分サイト探索・技術の開発・経験の取得、処分概念の実験的調査である。

スウェーデンエスポ地下研究施設(HRL: Hard Rock Laboratory)：エスポ島の花崗岩中に建設された地下研究施設（結晶質岩系）で、実施機関は SKB（原子燃料廃棄物管理会社）。研究の目的は、処分安全裕度の理解、処分概念の技術実証（含む、簡素化技術）である。

定置技術：ガラス固化体を内包したオーバーパックを処分場の所定の位置に収納するための技術。

電気探査：大地に電流を流し、それにより形成される電位から地下の比抵抗分布を解析する。地層は岩石を構成する鉱物等の比抵抗分布が異なるため、比抵抗分布から地下構造を推定する。

電磁探査：電磁探査は、電気探査と同様に地下の比抵抗を調査することによって、地下構造を推定する。電気探査が直流電流を用いるのに対して、電磁探査は、時間変動する電磁場を用いる。地表面で測定した電磁場は、地下の比抵抗分布

の影響を反映しているため、地下の比抵抗構造が把握できる。

天然バリア：処分された廃棄物と人間の生活環境との間にある地層などを指し、天然のものではあるが、廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁としての役割も期待される。

DRA 法：コアを用いた初期地圧測定法。岩石の一軸圧縮試験時の力学的挙動によって、先行応力を測定する手法。岩石の応力—ひずみ関係の非線形性、すなわち先行応力を境にして岩石の変形率が変わることで計測する。

同位体：原子番号が同じで、質量数が異なる核種。このうち、放射性崩壊により他の核種に変化する同位体を放射性同位体、放射性崩壊しない同位体を安定同位体と呼ぶ。

天然における安定同位体（酸素、炭素、窒素、イオウなど）の存在比は、ほぼ一定であるが、その微小な変化を捉えることにより、環境の変化を推定することができる。

透水係数：岩石の水のとおりやすさを示す係数。動水勾配が1のときに、単位面積当たりを流れる水の速度で表わす。動水勾配が同じ場合は、透水係数が小さい岩石ほど水をとおしにくい。

動水勾配：地下水の動きを決定づける要因の一つであり、一定の方向の単位距離あたりの水圧（正確には水頭）の変化をいう。地下水は、水圧の高いほうから低いほうへ移動するので、水圧の高さが同じところを結んだ等水圧面に垂直な方向が動水勾配の方向となる。

トンネルボーリングマシン（TBM）：ディスクカッター、あるいは切削ビットのついたカッターヘッド（刃先のついた面板）を回転させることにより岩盤を圧砕、切削しながら坑道の全断面を一度に掘削していくトンネル掘削機の総称。掘削されたずり（岩盤の破片）は、ベルトコンベア等により搬出される。均質な岩盤には優れた掘削能力を発揮し、坑道周辺岩盤に与える掘削時の損傷も小さいという特長を持つ。

ナチュラルアナログ：廃棄物埋設後の放射性核種の挙動や人工バリアの腐食・変質など、地層処分システムにおいて想定される現象と類似した、自然界で過去に起こった長期的変化に関する現象。火山から噴出した火山ガラス、古代の遺跡などから発掘される銅鐸、地下に埋設された古い鋳鉄管などは、人工バリアの候補材であるガラスや金属に類似しているため、これらの地下での長期的な変化を調べることにより、人工バリアで生じ得る現象を確認したり、評価方法の妥当性をチェックすることができる。また、天然の放射性核種を含むウラン鉱床などは、天然バリアを含めた地層処分システム全体のナチュラルアナログの研究の場として利用できる。

ニアフィールド：人工バリアと、その設置などにより影響を受けると考えられる人工

バリア近傍の地層とを合わせた領域。

破碎帯：断層活動に伴う断裂・圧碎などの作用によって、岩石が角れき状や粘土状に破碎された部分。断層が動いた面を中心にほぼ一定の幅をもった帯を形成する。

比抵抗・弾性波トモグラフィ：岩盤中に電気や振動を発信し、これを別の場所で受信して伝わり方の違いを解析することによって、岩盤の性質や割れ目の分布を把握する手法。岩盤の性質の違いによって、電気抵抗や振動が伝わる速度に差があることを応用した物理探査技術。

プラグ：緩衝材の移動・膨出を防ぐために、処分坑道の両端に用いる。また、湧水割れ目の隔離、坑道への人間侵入を避けるためにも適宜用いられる。材料は、コンクリート、粘土、両者の併用が考えられている。

VLF(Very Low Frequency)法探査：潜水艦などとの交信用に設けられた大電力の放送局から放射される VLF 電波 (3~30kHz) を利用して、地下の構造を測定する手法。アンテナからの電磁場と、誘導される地下の 2 次電磁場との関係から地下の導体の比抵抗を把握する。

VSP(Vertical Seismic Profiling)法探査：地震探査の一種で、地表で発震（受振）し、試錐孔内で受振（発震）する形式のものをいう。弾性波を用いて、地下の速度構造、境界面からの反射波をとらえて、地下の各層の境界面等を把握する。

ベントナイト：凝灰岩やガラス質流紋岩などが長年にわたる化学的な変質作用を受けて生成された、柔らかく可塑性をもち、モンロリナイトを主成分とする粘土の一種。水を吸収して膨潤する性質、及びイオン交換性を持つ。高レベル放射性廃棄物の地層処分では、緩衝材や処分孔の埋め戻し材の原料として用いられる。ベントナイトの膨潤により緩衝材の透水性が低下し、ガラス固化体に地下水が接触するのを防ぐ。また、ガラス固化体に地下水が接触したとしても、緩衝材の透水性が低いために放射性核種の移行が遅延し、イオン交換性により放射性核種が緩衝材に吸着される。分配係数：固体と液体が存在する中に、ある物質が入り吸着などによって一部が固体部分に、残りが液体部分にある場合、その釣合の状態（平衡状態）において、それぞれに存在する割合を示す係数。放射性物質が緩衝材や岩石などの中を地下水に溶解するなどして移動する際、緩衝材や岩石などに吸着される程度を示す指標として用いられる。

ボアホール型歪み計：ボアホールとは試錐孔のこと。ボアホール型歪み計とは、試錐孔に埋め込んで設置する岩盤歪み計である。東京大学地震研究所石井教授が開発したため「石井式歪み計」とも言う。

ホット試験 (Hot Testing)：放射性の核種を使って行う試験。非放射性の核種を使って行う同様の試験（コールド試験 (Cold Testing)）に対していう。放射性廃

棄物関連では、土壌中の核種の拡散試験を原位置で行う場合、化学的性質の似た非放射性の核種を使うコールド試験が多く、実験室内では、放射性の核種によるホット試験とすることが一般に行われている。

ボーリング（試錐）：地下の地質状況などを調べるために、地中深く、直径数cm～20 cm程度の円筒状の孔を掘ることをボーリングという。ボーリング孔を掘る際に採取した岩石試料を用いた室内試験や、ボーリング孔を利用した各種計測によって、地下の岩石や地下水に関する様々な情報を取得することができる。

モンテリー（Mt. Terri）地下研究施設：スイス北西部のモンテリー道路トンネルの調査坑を利用した地下研究施設（堆積岩系）で、実施機関はNAGRA（放射性廃棄物管理共同組合）。研究の目的は、オパリナス泥岩（Opalinus Clay）の水理地質学的、地球化学的、岩盤力学的特性の把握、調査坑道等の掘削技術開発である。

ゆるみ域：岩盤において掘削の影響を受け、その岩盤が初期に持っていた性質より変化をきたす範囲。力学的に塑性挙動を示す力学的ゆるみ域と透水係数に変化をきたす水理学的ゆるみ域がある。

スパイラル坑道：らせん状の線形で斜め方向に掘った作業坑や坑道

リスク：放射線被爆による有害な影響を生じる確率。ある線量の被爆を受ける確率と、その被爆による健康への重大な影響を引き起こす確率との積で表わされる。

リモートリファレンス：電磁法の測定手法の一つ。人工ノイズの大きい地域での測定値の信頼性を上げるため、計測点から数 km～数十 km 離れた地点に参照点を設け、参照点で測定した信号と相関のある信号を統計処理により抽出することで、ノイズの影響を減らす手法。

リモートセンシング：遠隔から探査する技術を総じていう。地球観測衛星（ランドサット等）を用いた調査などが有名である。対象物から反射・放射される電磁波（可視・近赤外域／赤外域／マイクロ波域）を用いて探査する技術と一般的に理解されている。

レーダー反射法（試錐孔用レーダースystem）：試錐孔および地表から電磁波を岩盤内に発信し、断層などの不連続面で反射してくる電磁波を受信して解析することにより、岩盤内の断層や割れ目の分布を推定する方法。

連成／熱－水－応力連成モデル：現象を解析するにあたり、熱伝導、地下水の流動、応力による変形、化学反応などの現象のうち、複数の現象による相互作用を考慮することを連成という。また、ここでは、熱伝導、地下水の流動及び応力による変形のそれぞれの相互作用を考慮した解析モデルを熱－水－応力連成モデルと呼んでいる。

参 考 資 料 5

深地層の研究施設における研究計画（OHP 資料）



JNC

核燃料サイクル開発機構

研究開発課題：
深地層の研究施設における研究計画

核燃料サイクル開発機構



JNC

核燃料サイクル開発機構

深地層の研究施設における研究計画
課題評価説明用OHP

1.はじめに

2.目的および必要性

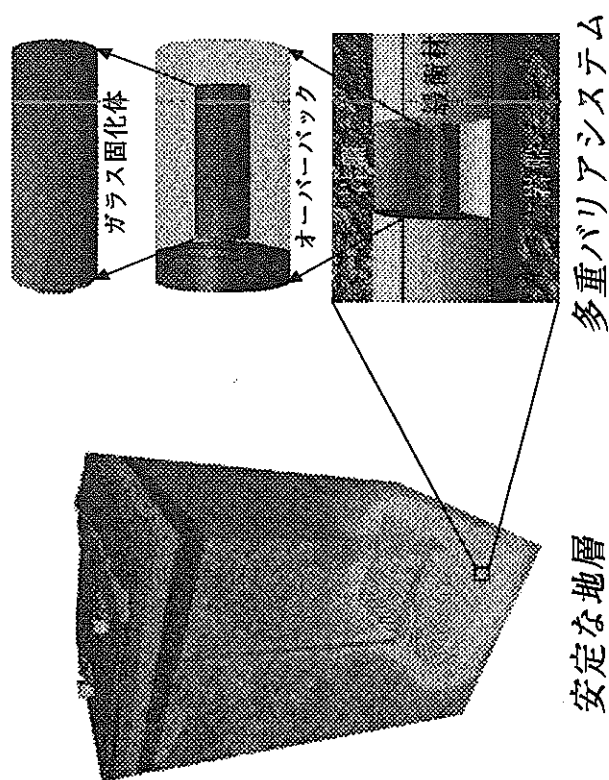
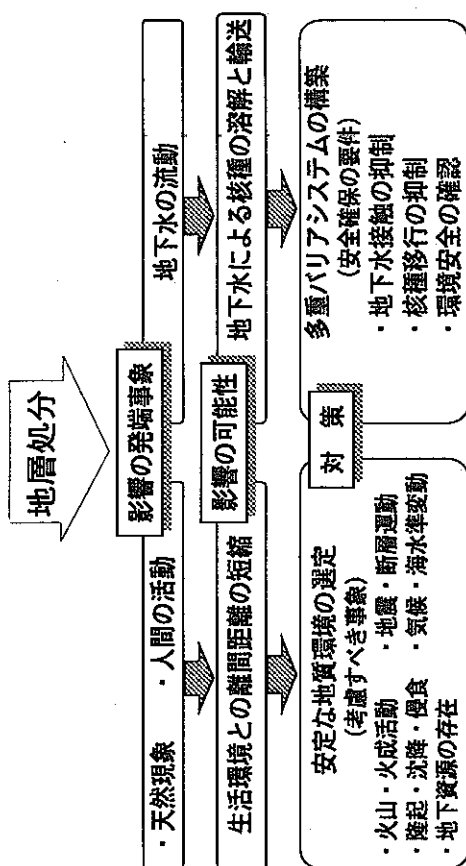
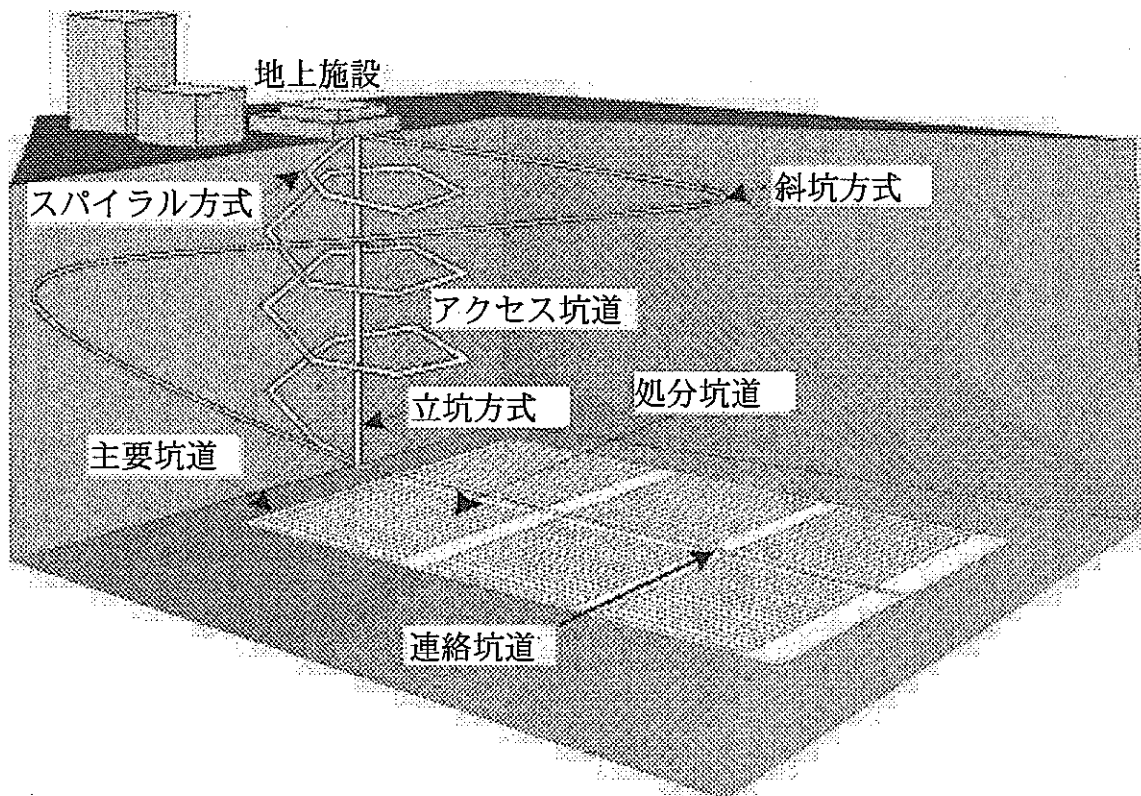
3.全体計画

4.第1段階の実施計画

5.期待される成果及び反映

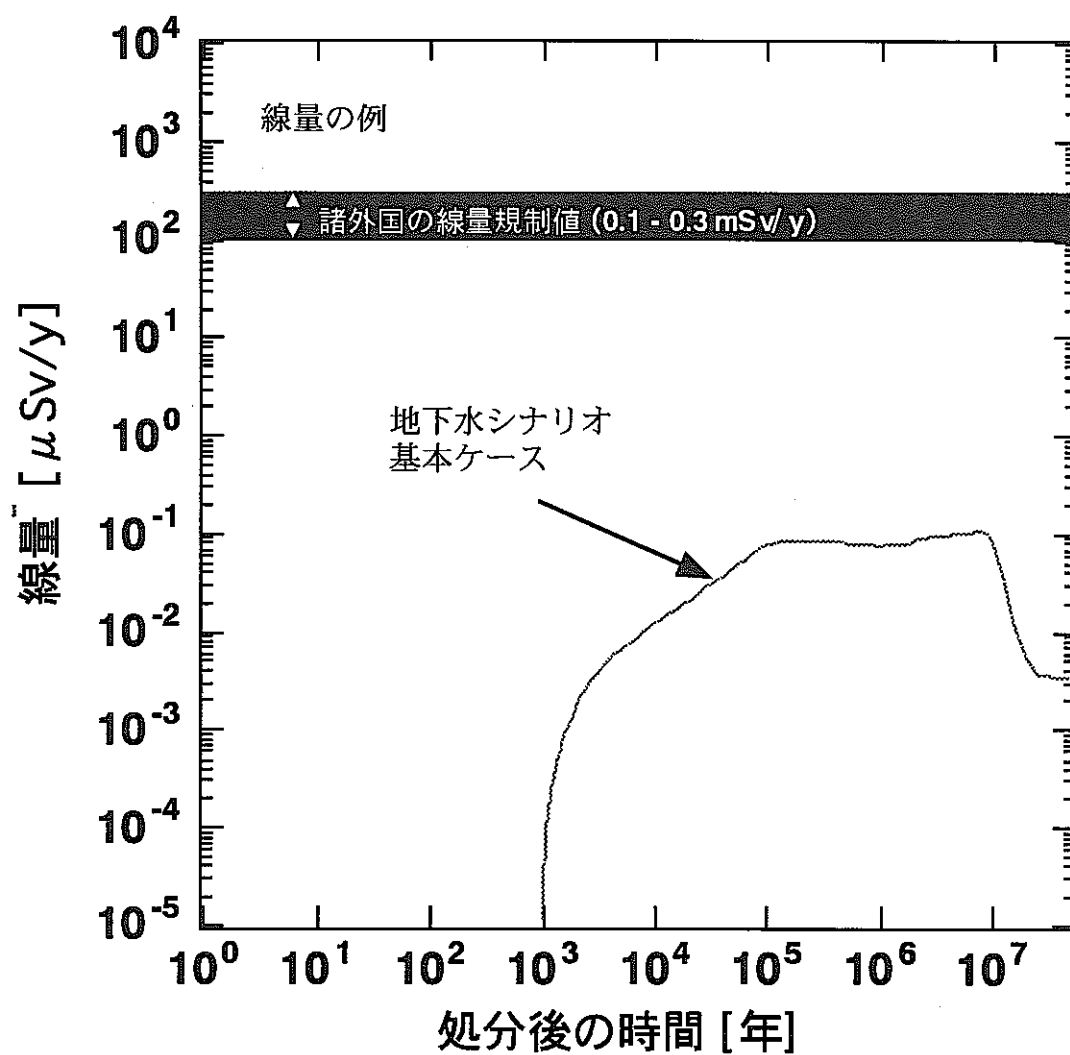
6.成果に対する情報公開の考え方

高レベル放射性廃棄物の地層処分概念（例）





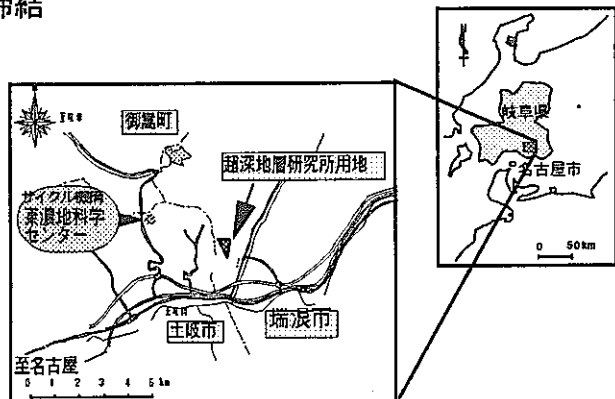
解析結果の一例



深地層の研究施設

(1) 瑞浪の超深地層研究所

- ・ 岐阜県瑞浪市のサイクル機構所有地へ設置を計画
- ・ 平成7年8月21日に計画を公表、同年12月28日に、県知事・瑞浪市長・土岐市長および動燃（当時）の間で四者協定を締結



(2) 幌延の深地層研究所（仮称）

- ・ 北海道幌延町へ設置を計画
- ・ 平成10年12月に北海道(18日)および幌延町(19日)に立地申し入れ
- ・ 現在、北海道庁にて受け入れ可否について審議中



課題評価を受ける主旨

- 深地層の研究施設の計画のうち、幌延の深地層研究所（仮称、以下略）計画については、昨年に事前評価を受けた結果、概ね妥当と判断されたが、実施に当たっては、研究をいくつかの段階に分け、各段階において適切な評価を実施しながら進めるべきとの指摘を受けている。
地元の理解を得て、平成12年度には本格的に研究を進めるための予算要求をすることから、それまでに第1段階について事前に評価を受ける。
- 中長期事業計画に関する意見で、今後の海外の地下研究施設の利用計画を含め、深地層の研究施設の計画の進め方を明らかにするよう課題評価委員会から指摘を受けている。
- 以上のことから、平成8年度から進めている瑞浪の超深地層研究所計画を含め、深地層の研究施設の計画について、現段階において評価可能な範囲で課題評価を受ける。

本研究計画の前提

- 1) JNCとして計画を検討したもの
- 2) 今後の第2次取りまとめ（2000年レポート）に対する国の評価、実施主体（2000年目途に設立予定）との調整および、国における検討等を踏まえて、見直しを行っていくもの
- 3) 幌延の深地層研究所（仮称）は地元の計画受け入れ合意が前提

評価を受ける範囲

深地層の研究施設の全体計画を踏まえた、
第1段階である地表からアプローチする
調査研究※の計画

なお次回は前提も考慮し、瑞浪の超深地層研究所計画の
第2段階開始前に評価を受ける（平成12年度頃）

※地表からアプローチする調査研究

- ・ 地表からボーリング調査等を実施し、地下深部のデータを取得する
- ・ 取得したデータを使って解析し、地下施設建設等による影響を予測する

深地層の研究施設における研究計画 課題評価説明用OHP

- 1.はじめに
- 2.目的および必要性
- 3.全体計画
- 4.第1段階の実施計画
- 5.期待される成果及び反映
- 6.成果に対する情報公開の考え方

背景

高レベル放射性廃棄物対策は、処分事業を具体化する時期にきている。

- ・ 2000年レポートの提出（平成11年11月予定：わが国における地層処分の技術的な信頼性等を示したもの）
- ・ レポートに対する国の評価（平成12年内）
- ・ 実施主体の設立（法整備を含む）（平成12年目途）

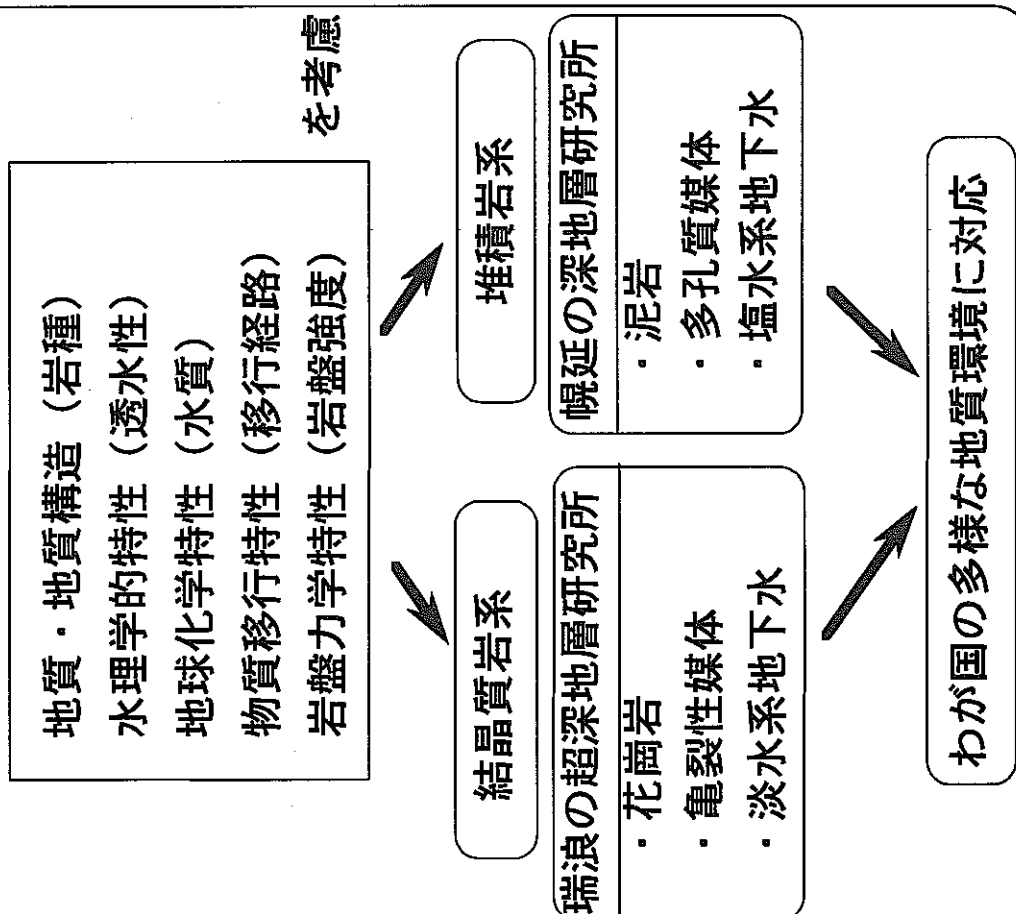


- ・ 地層処分技術の検証と実用化が必要
- ・ 安全基準等の策定が順次行われる
- ・ 国民の理解と信頼を得ることがますます重要

国の計画・方針における「深地層の研究施設」の位置付け (これを受けてJNCの「中長期事業計画」を策定している)

- ・地層処分研究開発の基盤となる施設、学術的研究にも寄与できる総合的な研究の場として整備（原子力長計、平成6年6月）
- ・深部地質環境の科学的研究を行う研究施設は、わが国の地質の特性等を考慮して堆積岩系及び結晶質岩系の双方を対象に複数の設置（原子力委員会BE対策専門部会報告書、平成9年4月）
- ・深地層の研究施設は、深部地質環境の科学的研究を実施するために建設されるが、同時に一般の人々が実際に見て体験できるという意味で社会的な観点からも極めて重要（原子力委員会処分懇報告書、平成10年5月）

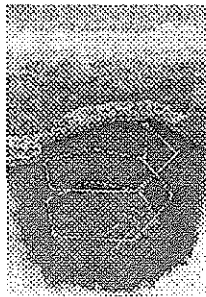
わが国の地質環境を考慮して、堆積岩系と結晶質岩系の2つの深地層の研究施設を建設し、研究開発を進めていく





深地層の研究施設と地質環境

幌延の深地層研究所（仮称）



地理的条件

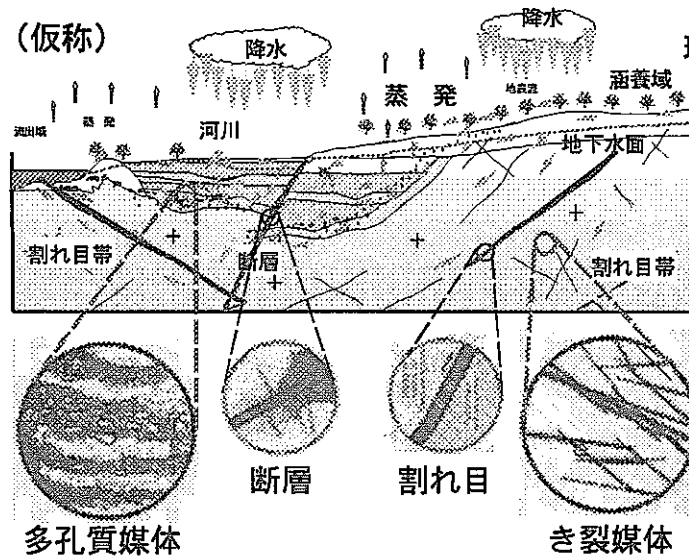
沿岸平地

泥岩

塩水系

($\sim 43000 \mu\text{S/cm}$)

($5\sim 8\text{MPa}$)

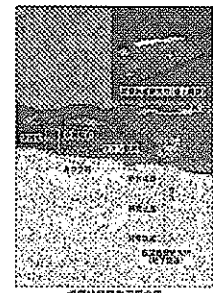


地質

地下水の性質（電気伝導度）

岩盤強度（一軸圧縮強度）

瑞浪の超深地層研究所



地理的条件

内陸盆地

花崗岩

淡水系

($\sim 300 \mu\text{S/cm}$)

($150\sim 200\text{MPa}$)



何故JNCが深地層の研究施設の計画を実施するのか

- ・核燃料サイクルを技術的に確立するために、高レベル放射性廃棄物の処理及び処分に関する技術の開発およびこれに必要な研究を行う（核燃料サイクル開発機構法）
- ・地層科学研究と地層処分研究開発を総合的に推進可能な各分野の経験、実績、人材を有する
- ・地上の研究施設(ENTRY,QUALITY等)を有する
- ・地下の研究の実績がある（東濃鉱山とその周辺における研究、釜石鉱山での試験）

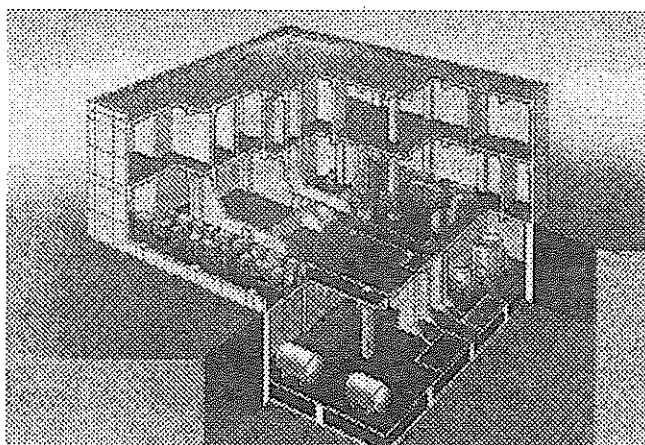
JNCが計画を実施

⇒ 社会の理解を得ていくことへの反映

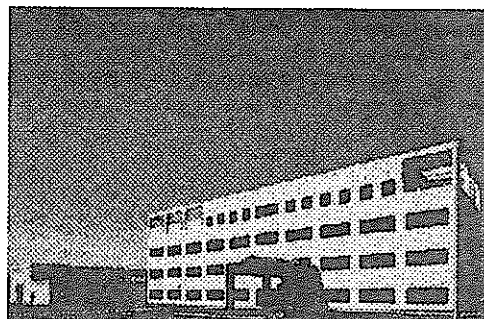
・ 処分事業への反映、国の安全規制への反映

地層処分基盤研究施設（ENTRY）および 地層処分放射化学研究施設（QUALITY）の鳥瞰図

－クオリティ（QUALITY）－



－エントリー（ENTRY）－



「深地層の研究施設の全体計画」の目的及び必要性

深部地質環境の科学的研究の一層の充実を図り、地層処分研究開発の2000年レポートによって示される地層処分の技術や知見を、実際の深地層での体系的な調査研究を通じて具体的に確認すること

これによって

- ・実施主体が進める処分事業の推進や国が進める安全基準等の具体化に必要な最新の技術や成果を提供する
- ・情報や研究の場を公開することによって深地層の環境に対する社会の理解を深める

「深地層の研究施設における研究計画」の緊急性

- ・実施主体によって、処分候補地の選定後、2010年ごろ処分予定地の選定が行われることが見込まれる（原子力委員会処分懇報告書、平成10年5月）。そのための予備的調査及び予定地でのサイト特性調査に役立つように、それまでに地表からの調査技術・評価手法を提供する必要がある。
- ・地表からの調査結果は、地下施設での調査試験により検証することが必要。したがって地表からの調査技術・評価手法が信頼できるものであることを確かめるには、調査研究の開始から少なくとも10年程度の期間を要する。
- ・このため、瑞浪の超深地層研究所計画（地表からの調査が進捗中）に加え、幌延の深地層研究所計画では遅くとも2000年度中に調査着手

深地層の研究施設における研究計画 課題評価説明用OHP

- | | |
|-------------|------------------|
| 1.はじめに | 5.期待される成果及び反映 |
| 2.目的および必要性 | 6.成果に対する情報公開の考え方 |
| 3.全体計画 | |
| 4.第1段階の実施計画 | |



「深地層の研究施設における研究計画」の最終目標

★処分事業の展開に対応して、

・処分予定地選定のための予備的調査及び処分予定地でのサイト特性調査に必要な地表からの調査技術・評価手法の提供

・処分予定地での地下におけるサイト特性調査に必要な地下における調査技術・評価手法の提供

・処分予定地で行われる予定の処分技術の実証に必要な技術の整備

★安全規制の観点からは、処分事業の展開と整合して進められる技術基準や安全基準の策定に必要な知見やデータを提供



サイト特性調査における調査項目

	必要な情報	地上からの調査における調査内容	地下施設を利用した調査における調査内容
地質・地質構造	- 地質/岩相分布 - 断層破砕帯の分布/性状 - 割れ目帯の分布/性状	- 空中/地上物理探査 - リニアメント解析 - 地表地質調査	- 坑道における地質構造調査（割れ目/断層など） - トモグラフィ調査 など
地下水の水理特性	- 表層での水収支（涵養量） - 岩盤の透水性と空間分布 - 動水勾配の空間分布 - 間隙水圧の空間分布	- 物理検層（電気・温度・音波・放射能）、ボアホールテレビ - 岩芯観測	- 坑道からの湧水量調査 - トレーサー試験
地下水の地球化学特性	- 地表水の水質 - 土壌/土壌水の化学組成 - 地下水の水質と空間分布 - 地下水の物理化学パラメータ - 岩石の鉱物化学	岩芯を用いた岩石/鉱物学的調査	水質の長期観測
岩盤力学特性	- 初期応力の深度分布 - 岩盤物性（熱物性/力学物性） - 地温 - 坑道掘削影響領域	試験孔を用いた初期応力測定	- 岩盤変位/歪み計測 - AE計測
		- 試験孔を用いた初期応力測定/物理検層（密度、温度、中性子、PS） - 岩芯を用いた物性試験	

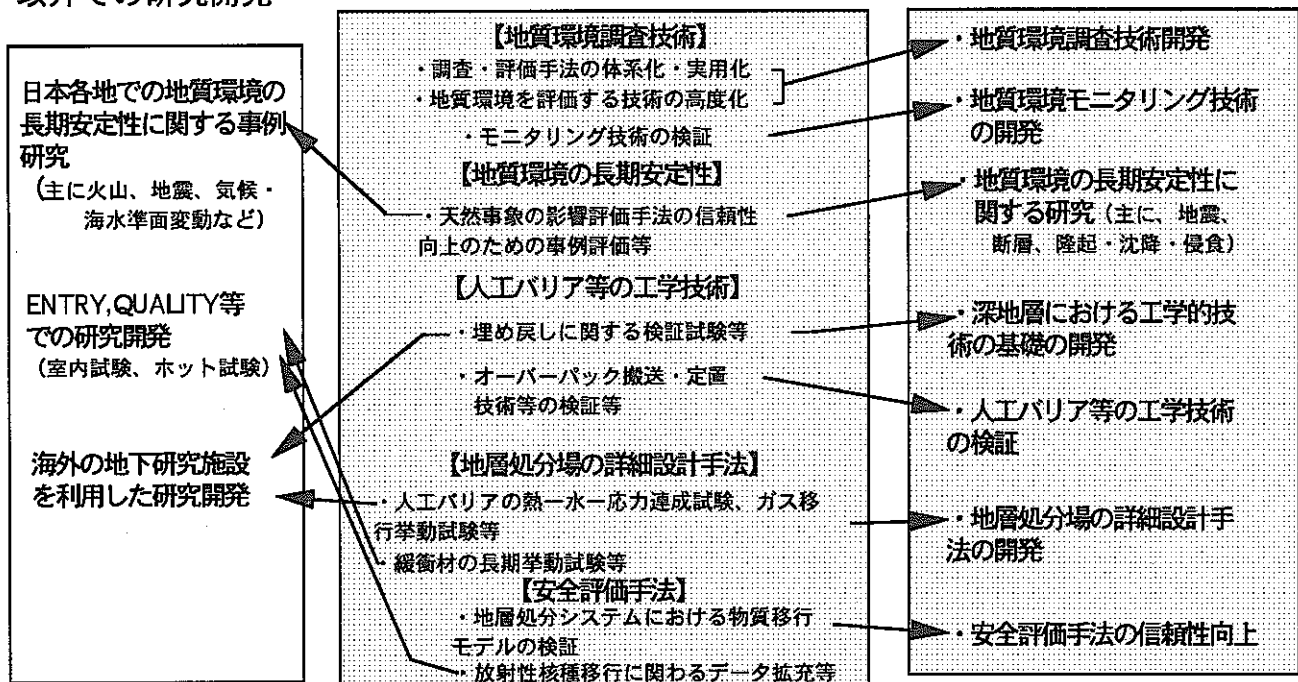


2000年レポート（ドラフト）で抽出された研究開発課題

深地層の研究施設
以外での研究開発

2000年レポート（ドラフト）※
で抽出された研究開発課題

深地層の研究施設の計画
における研究開発課題



※2000年レポート（ドラフト）で抽出された深地層の研究施設に関連する主要な課題



深地層の研究施設における研究開発課題 その1

2000年レポート（ドラフト）にまとめられているこれまでの研究開発成果を受け、次のような課題を設定：

- ・ **地質環境調査技術開発**
(地質環境の調査・モデル化・評価手法の体系化等)
- ・ **地質環境モニタリング技術の開発**
(地下水圧、水質、地下構造の変化などをモニタリングする技術の開発)
- ・ **地質環境の長期安定性に関する研究**
(地震・断層、隆起・沈降・侵食の事例研究等)
- ・ **深地層における工学的技術の基礎の開発**
(坑道の埋め戻し技術の検証試験等)

以上は、地層科学研究（瑞浪の超深地層研究所計画、幌延の深地層研究所計画の両者で実施）として分類し、進めていく

深地層の研究施設における研究開発課題 その2

2000年レポート（ドラフト）にまとめられているこれまでの研究開発成果を受け、次のような課題を設定：

- ・ 人工バリア等の工学技術の検証
（オーバーパック搬送・定置技術の検証等）
- ・ 地層処分場の詳細設計手法の開発
（地層処分場の設計手法、設計モデルの検証等）
- ・ 安全評価手法の信頼性向上
（地層処分システムにおける物質移行モデルの検証等）

以上は、地層処分研究開発（幌延の深地層研究所計画で実施）として進めていく

海外の地下研究施設を国際共同研究として活用

- ・ 費用対効果や海外の地下研究施設の特徴を考慮した活用を進める
- ・ 国際的な専門家間の合意形成に役立つ研究課題（共通課題の国際間の検証など）を進める
- ・ 海外の専門家の協力により効率的に進む研究課題
- ・ 地下施設を用いて試験を行なえる段階になるまでの間、海外の地下研究施設を利用して研究を進める

段階的に研究を進める (全期間で約20年)

☆第1段階：

地表からアプローチする調査研究(6~7年間)
[地質環境の予測] など

：今回の評価課題

重複期間有り

☆第2段階：

地下施設建設時の調査研究(7~9年間)
[坑道からの詳細調査で予測を確認(検証)] など

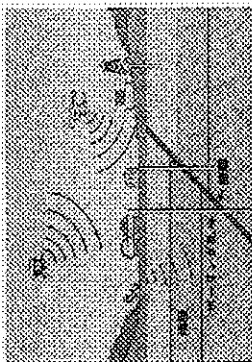
重複期間有り

☆第3段階：

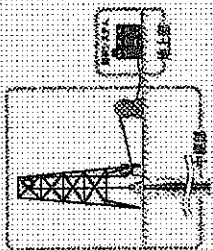
地下施設における調査研究(10~12年間)
[坑道を利用した深部岩盤特性の研究] など

地表からアプローチする調査研究段階における調査内容の例

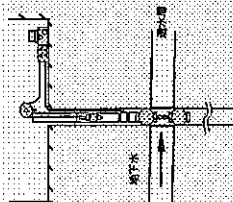
(1) 物理探査



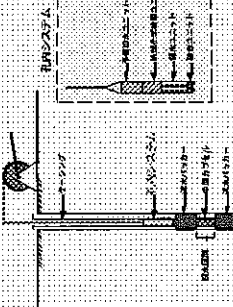
(2) 地表からのボーリング調査



(3) 岩盤の透水試験



(4) 地下水の採水



地質環境調査技術開発

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・地質環境データの取得（空中・地上物理探査、試錐調査、岩石・地下水の分析等）
- ・地質構造／水理地質構造／地下水の地球化学／岩盤力学モデルの構築
- ・地下施設建設に伴う地質環境変化の予測解析

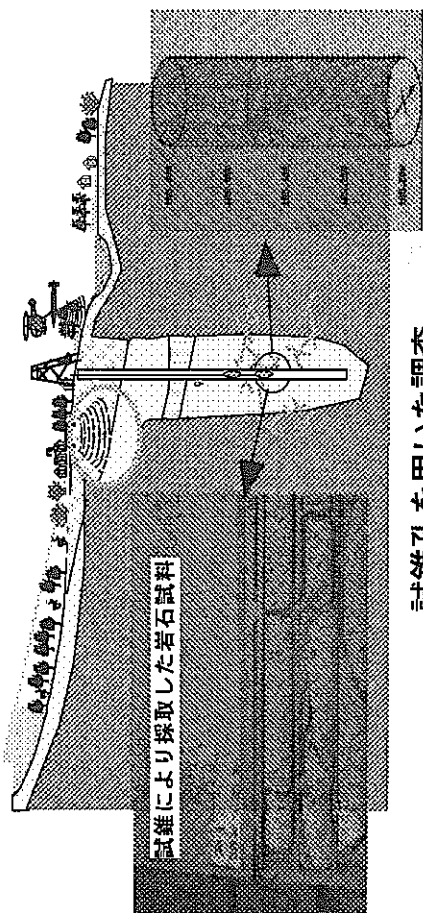
〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

- ・地質環境データの取得（掘削される坑道での地質調査、物理探査、湧水量等の測定、岩石や地下水の分析等）
- ・前段階の予測結果の確認と評価、坑道周辺の地質環境データ取得と予測

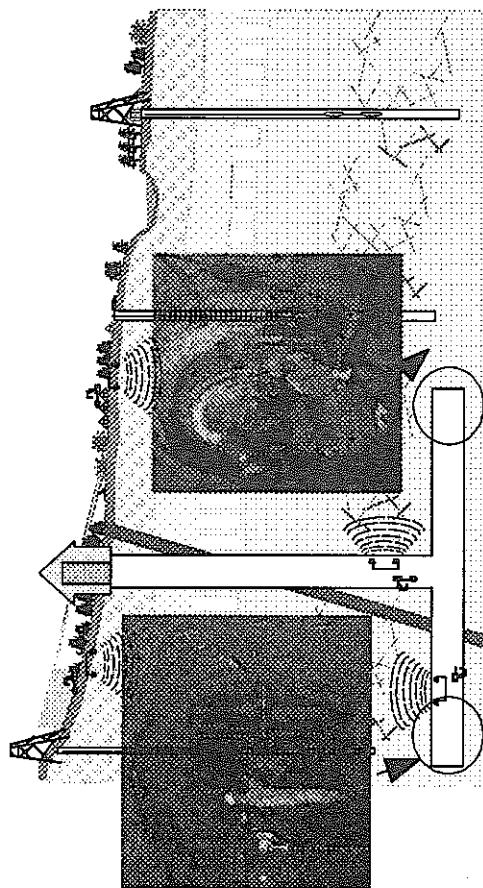
〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・地質環境データの取得（坑道内での詳細な地質調査、トモグラフィ調査、試錐調査、湧水量等の測定、岩石や地下水の分析等）
- ・前段階での予測結果の確認と評価

試錐孔や地下施設での地質環境の調査



試錐孔を用いた調査



地下施設を利用した調査

地質環境モニタリング技術の開発

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・ボーリング孔内に地下水圧・水質モニタリング機器を設置・測定、電磁波等による遠隔モニタリングシステムの開発・設置

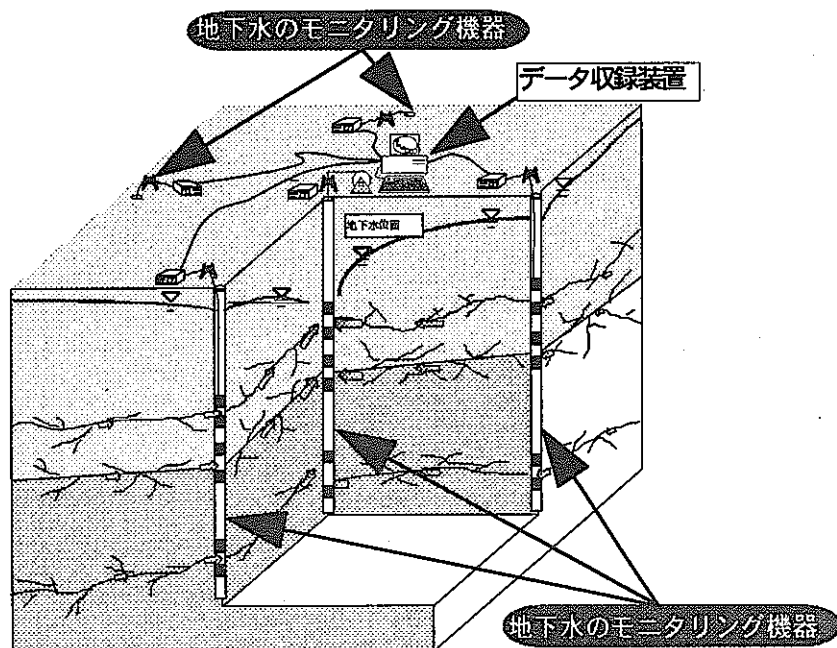
〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

- ・モニタリングシステムによる観測の継続と技術の改良

〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・モニタリングシステムによる観測の継続と技術の改良（坑道埋め戻しのモニタリングを含む）

モニタリング機器の設置概念



地質環境の長期安定性に関する研究

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・ 文献調査、地震観測開始、GPS測位開始、トレンチ調査等
過去と現在の地殻活動状況の把握

〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

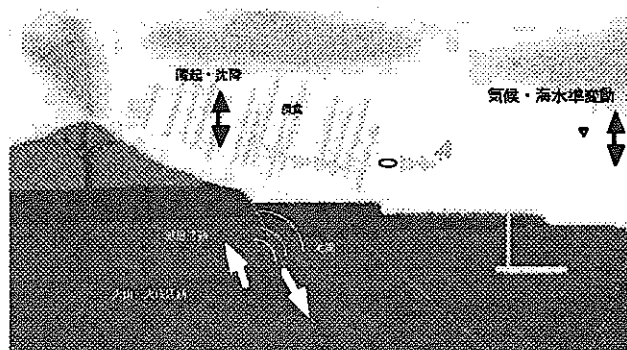
- ・ 地震観測、GPS測位、岩盤歪み観測、地下水位観測、トレンチ調査等、
地質環境変化の将来予測手法の検討

〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・ 地震観測、GPS測位、岩盤歪み観測、地下水位観測等
地質環境変化の将来予測

地質環境の長期安定性について

地層処分場として長期にわたって十分に安定であることの確認



深地層における工学的技術の基礎の開発

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・ 地下施設の設計および建設計画の策定
- ・ 坑道等の埋め戻し技術、岩盤への影響の修復技術の検証試験の基本計画の策定

〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

- ・ 坑道掘削技術の評価
- ・ 坑道掘削影響の修復および坑道等の埋め戻し検証試験の詳細計画の策定

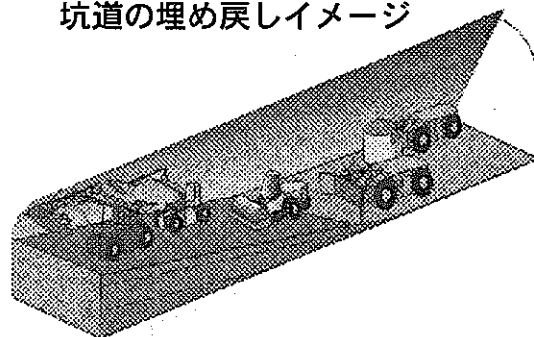
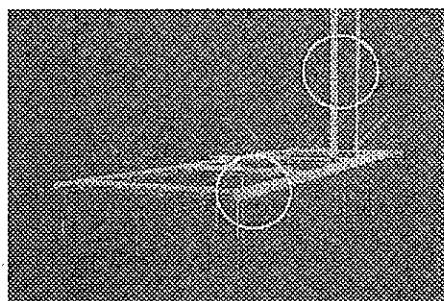
〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・ 坑道維持技術、坑道掘削の岩盤への影響の修復技術、岩盤の熱の影響、坑道等の埋め戻し検証に関する試験

深地層における工学的技術の基礎の開発

- ・ 坑道等の埋め戻し技術の検証試験
- ・ 坑道掘削の岩盤への影響の修復技術の検証試験
- ・ 岩盤領域の熱影響試験等

坑道の埋め戻しイメージ



人工バリア等の工学技術の検証

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・ オーバーパックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の設計研究

〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

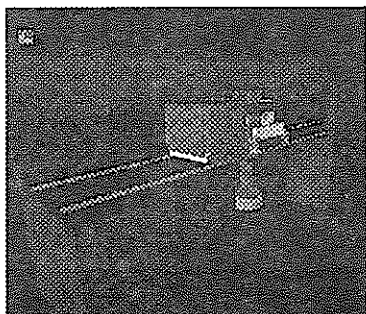
- ・ オーバーパックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の詳細設計
- ・ 模擬オーバーパックおよび緩衝材ブロックの設計

〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

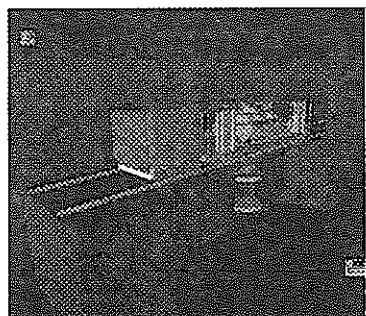
- ・ オーバーパックの搬送・定置設備およびプラグ施工技術等の検証
- ・ オーバーパック搬送・定置設備の設計要領、設計基準の整理

オーバーパックおよび緩衝材の搬送・定置装置の概念

＜縦置き方式＞

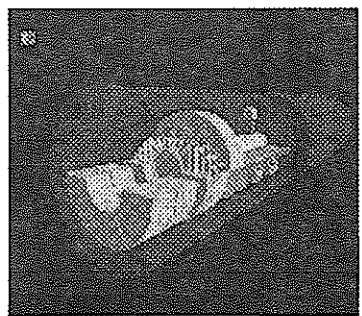
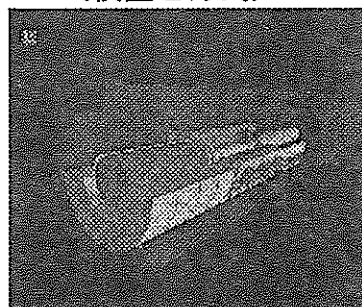


オーバーパック
搬送・定置装置



緩衝材
搬送・定置装置

＜横置き方式＞





地層処分場の詳細設計手法の開発

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・人工バリアと周辺岩盤領域の熱－水－応力連成、人工バリアおよび岩盤の長期クリープ挙動、ガス移行挙動、人工バリアに対するセメント材の影響およびオーバーバックの腐食挙動の各試験計画の検討

〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

- ・人工バリアと周辺岩盤領域の熱－水－応力連成、人工バリアおよび岩盤の長期クリープ挙動、ガス移行挙動、人工バリアに対するセメント材の影響およびオーバーバックの腐食挙動の各試験計画の策定
- ・試験坑道周辺の挙動観測の機器設置

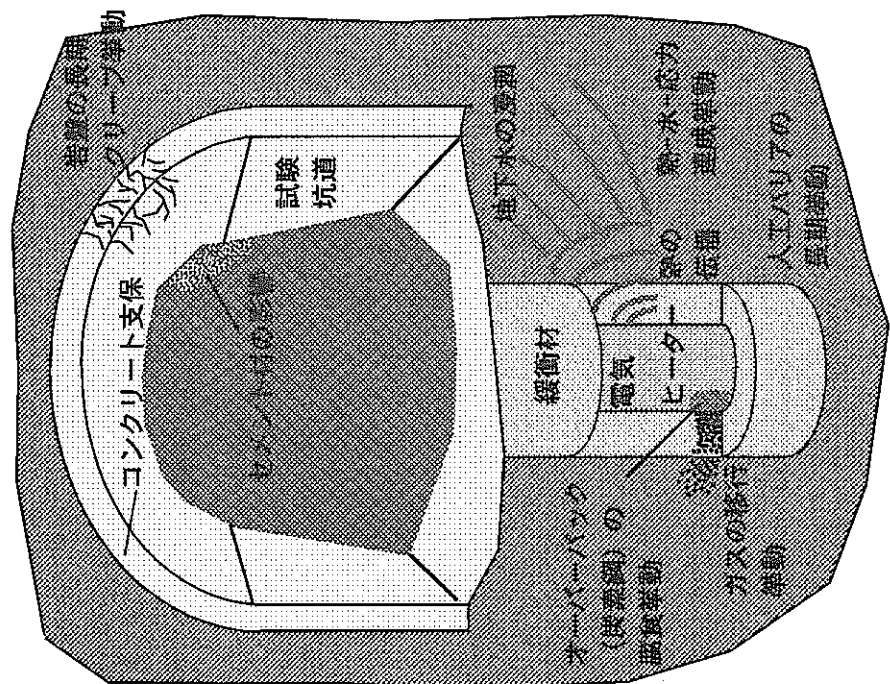
〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・各試験の実施とデータ取得
- ・設計手法、設計モデルの検証
- ・設計要領、設計基準の整理



地層処分場の詳細設計手法の開発

- ・人工バリアの熱－水－応力連成試験
- ・岩盤の長期クリープ挙動試験
- ・ガスの移行挙動試験 等





安全評価手法の信頼性向上

〔第1段階＝地表からアプローチする調査研究段階〕

- ・ 地層処分システムにおける物質移行試験の試験計画の検討

〔第2段階＝地下施設建設時の調査研究段階〕

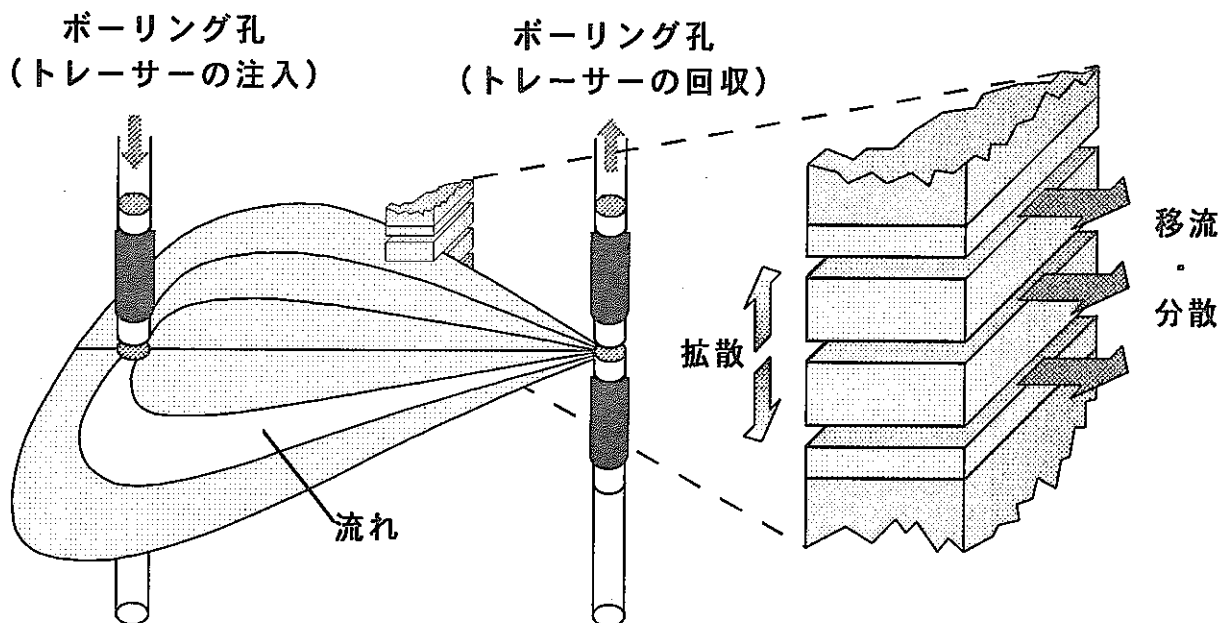
- ・ 地層処分システムにおける物質移行試験の試験計画の策定

〔第3段階＝地下施設における調査研究段階〕

- ・ 岩盤中の物質移行試験
- ・ モデルの検証



物質移行試験の概念





深地層の研究施設計画

- ・ 研究施設は瑞浪の超深地層研究所計画と幌延の深地層研究所計画で得られる地質環境データを基に設計・建設を進める
- ・ 研究施設は大きく地下施設と地上施設で構成される

【地下施設】

- ・ 各岩種で想定される処分場深度に主要坑道を展開
- ・ アクセス坑道は、瑞浪の超深地層研究所では立坑、幌延の深地層研究所では、立坑またはスパイラル坑道で検討中

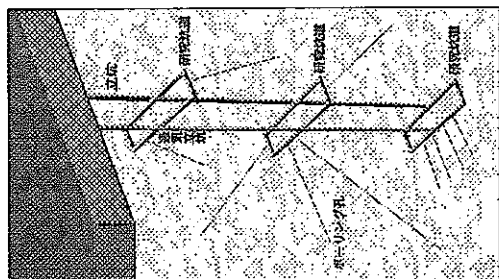
【地上施設】

- ・ 必要最小限の規模で構成
- ・ 立坑（巻上げ）建家、コア管理棟、機器整備棟、研究管理棟

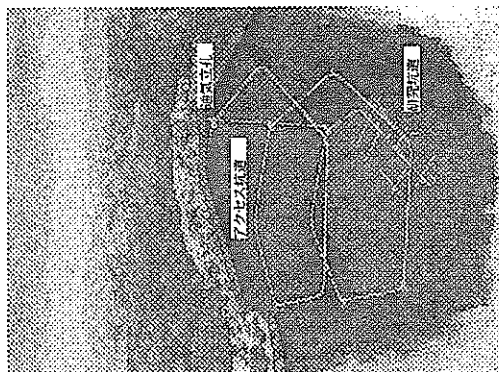
深地層の研究施設のイメージ

地下施設

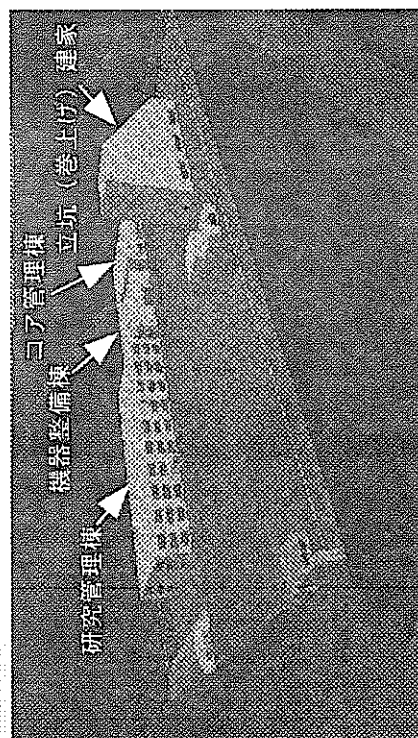
立坑方式



スパイラル方式



地上施設





JNC

核燃料サイクル開発機構

深地層の研究施設における研究計画 課題評価説明用OHP

- 1.はじめに
- 2.目的および必要性
- 3.全体計画
- 4.第1段階の実施計画
- 5.期待される成果及び反映
- 6.成果に対する情報公開の考え方



JNC

核燃料サイクル開発機構

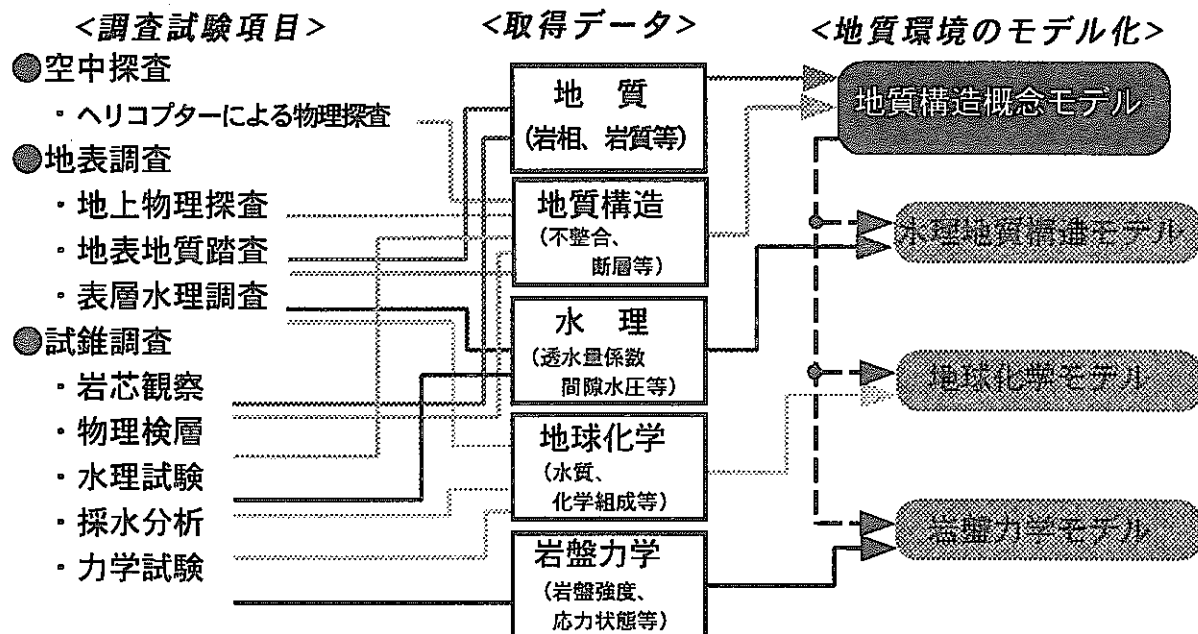
第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の達成目標

- ① 地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理
- ② 地下深部の地質環境のモデル化
- ③ 地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測
- ④ 地質環境モニタリング機器の開発および機器の設置と観測開始
- ⑤ 地震・断層活動、隆起・沈降・侵食の
過去および現在における地殻活動状況に関するデータの取得
- ⑥ 地下施設の設計および建設計画の策定
- ⑦ 第2段階（地下施設建設時の調査研究段階）の調査研究計画の策定
- ⑧ 坑道を利用した試験の基本計画の策定

※なお、◎は両研究施設に共通の、○は深地層研究所（幌延）の達成目標

第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その1

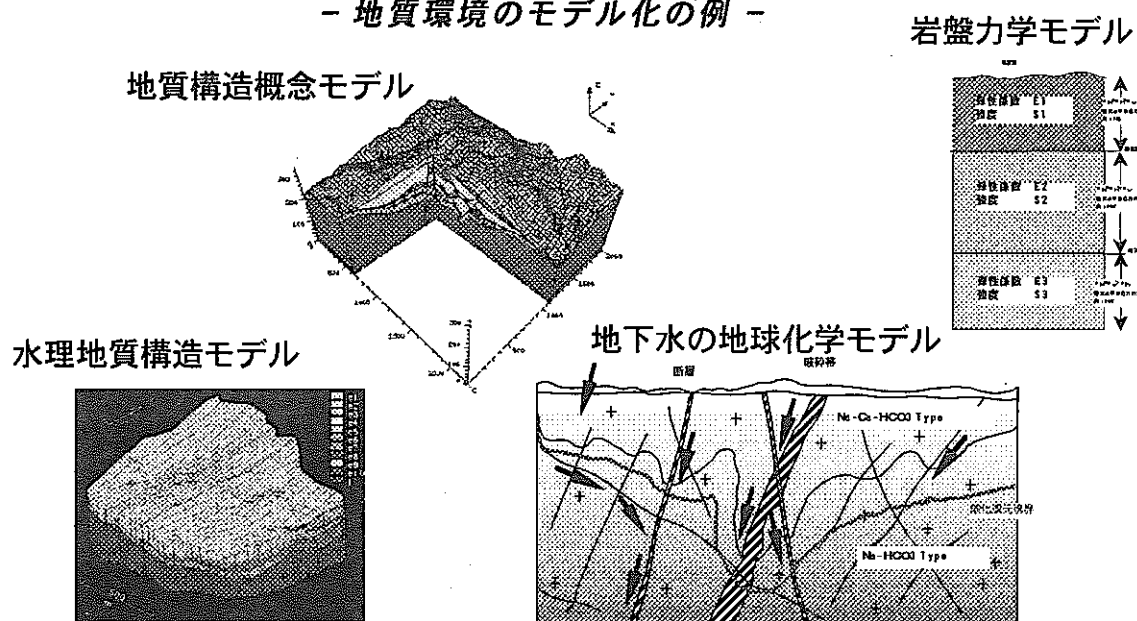
①地表から地下深部までの地質環境データの取得と整理



第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その2

②地下深部の地質環境のモデル化 (地下がどのようなになっているか推定)

- 地質環境のモデル化の例 -



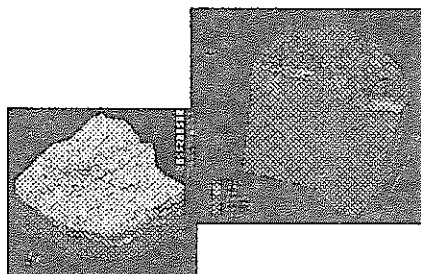
第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その3

③地下施設の建設に伴う地質環境の変化の予測

(地下水の流れ、水質、岩盤の力学的特性がどのように変化するか推定)

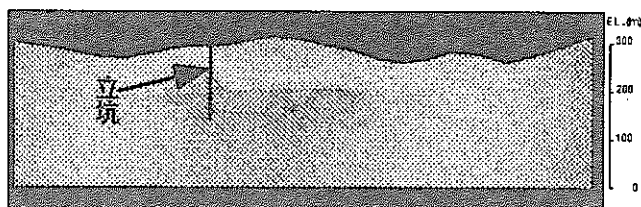
<地下施設の建設に伴う
地下水流動の変化の予測>

「地質構造概念モデル」

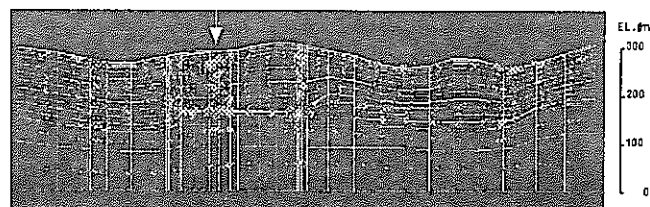


「水理地質構造モデル」

これを
使って



「地下水流動状態の変化 (全水頭)」



「地下水流動状態の変化 (流速ベクトル)」

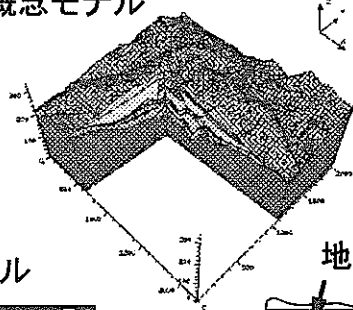
第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その2

②地下深部の地質環境のモデル化 (地下がどのようにになっているか推定)

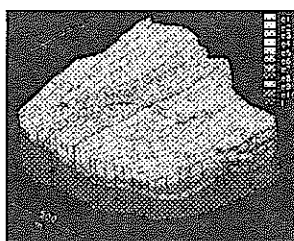
- 地質環境のモデル化の例 -

岩盤力学モデル

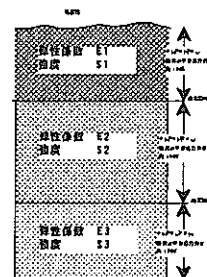
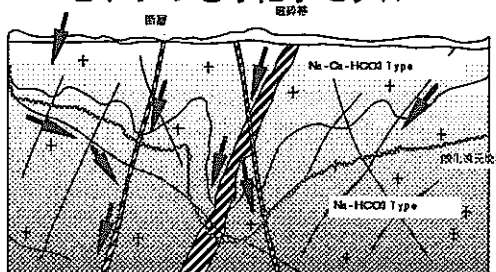
地質構造概念モデル



水理地質構造モデル



地下水の地球化学モデル



第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その4

④ 地質環境モニタリング機器の開発および機器の設置と観測開始

- (a) モニタリング機器の開発・設置
(b) 地下施設建設時および建設後の地質環境変化の観測を通じて長期モニタリング技術の開発

モニタリング機器と観測項目

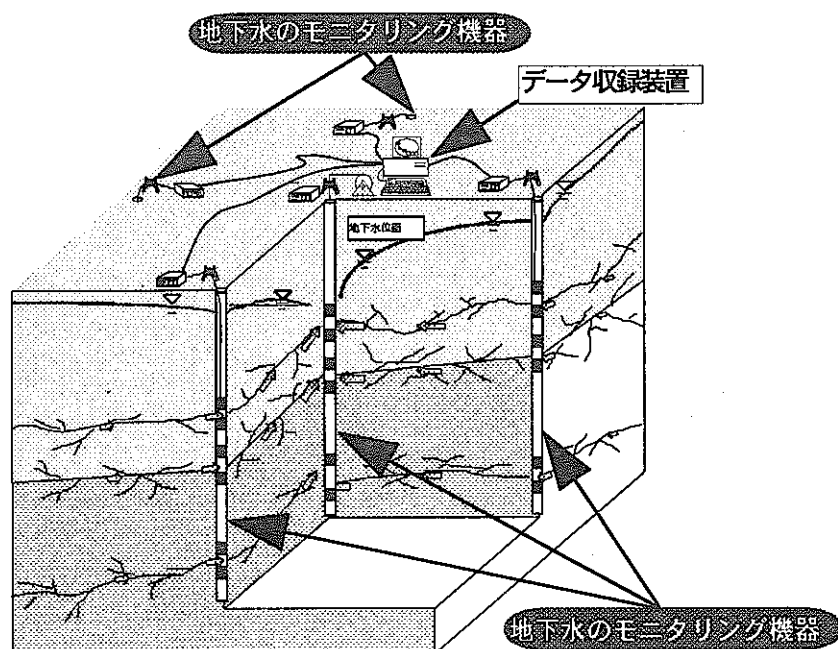
機器 設置場所	直接的		遠隔的
	GPS・歪計	地下水モニタリング装置	弾性波・電磁波
地表	岩盤変位	—	地下構造 (断層、しゅう曲)
試錐孔	歪み	間隙水圧・地下水位 水質・温度	

設置位置・数量の検討

設置・観測開始

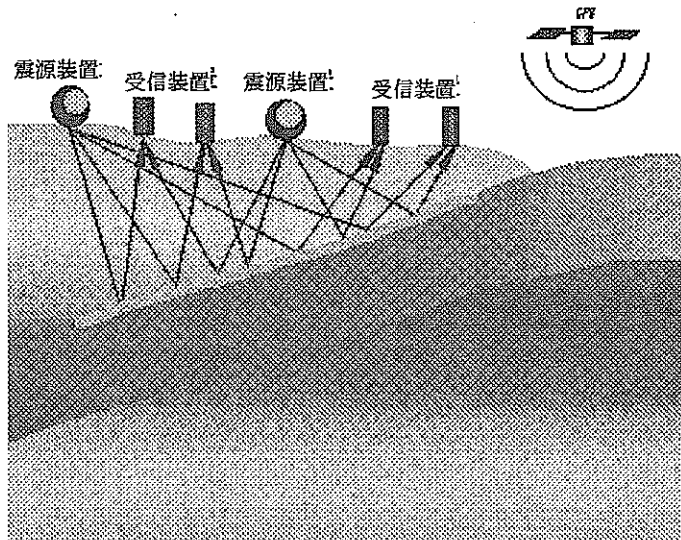
※上記内容は幌延の深地層研究所を例に記述、瑞浪の超地層研究所では既に試錐孔での水圧・水質などの観測が開始されている。

モニタリング機器の設置概念

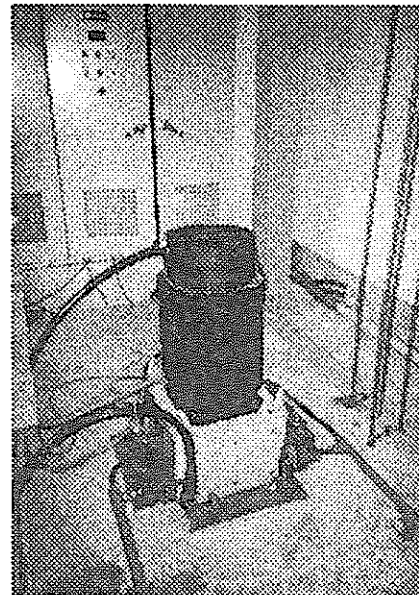


地質環境モニタリングシステムの開発

-弾性波・電磁波を用いた
モニタリング技術の概念-



遠隔モニタリングシステム概念図



震源装置

精密に回転数を制御できるモーターを用いて（写真はモーター）、人工地震波を定常的に発信する装置。

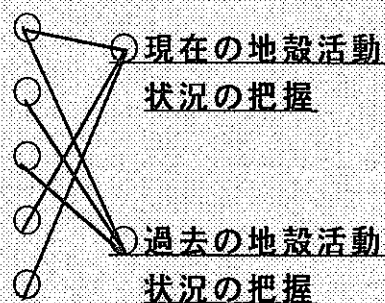
第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その5-1

⑤地震・断層活動、隆起・沈降・侵食の

過去および現在における地殻活動状況に関するデータの取得

調査手法	調査内容
文献調査	既存情報の整理
トレンチ調査	活断層の調査
物理探査	地下構造
地震観測	地震活動
GPS観測	隆起・沈降

【得られる成果】

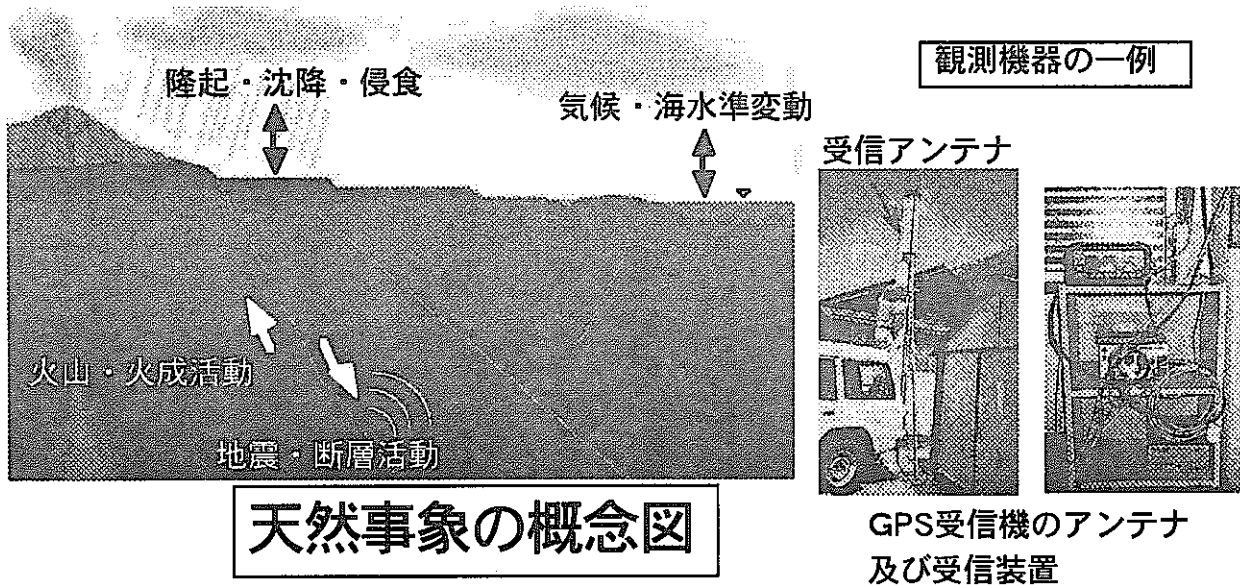


将来の地
殻活動状
況の推定
へ役立て
る

第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その5-2

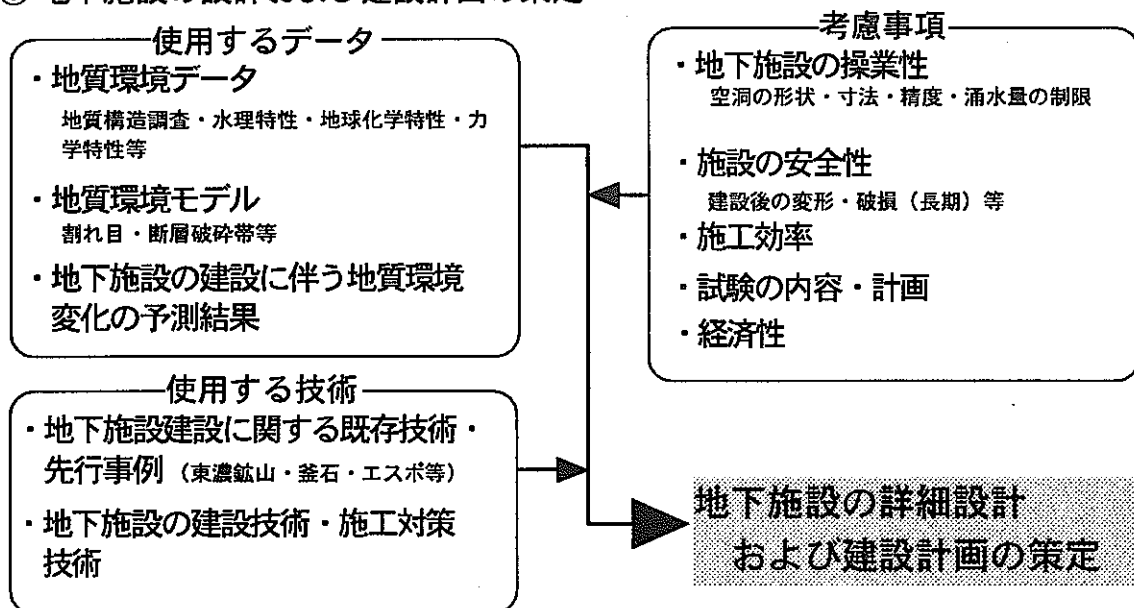
⑤地震・断層活動、隆起・沈降・侵食の

過去および現在における地殻活動状況に関するデータの取得



第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その6-1

⑥地下施設の設計および建設計画の策定





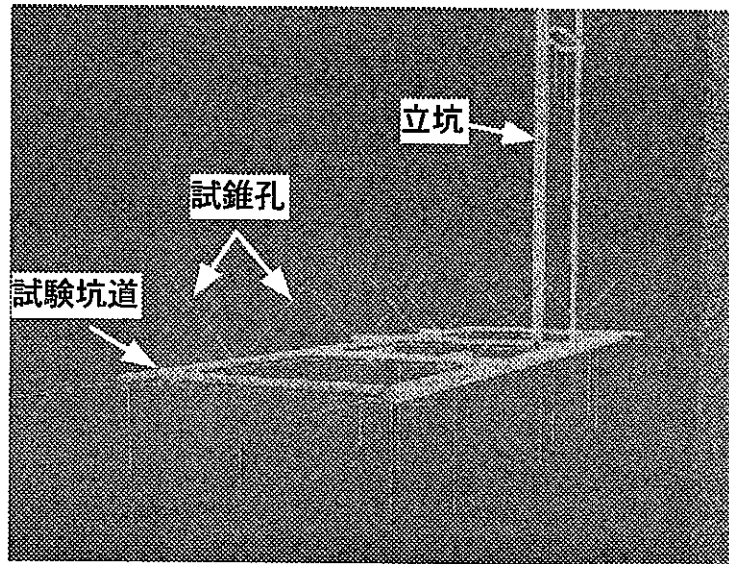
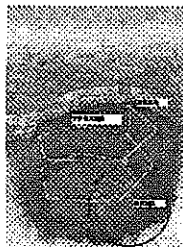
JNC

核燃料サイクル開発機構

第1段階：地表からアプローチする調査研究段階の実施内容 その6-2

⑥地下施設の設計および建設計画の策定

深地層の研究施設のイメージ



地下施設（坑道）のイメージ



JNC

核燃料サイクル開発機構

社内体制・予算

社内体制

○瑞浪の超深地層研究所

研究者：現状約55名（総括・管理・調整約15名、施設技術者約5名、研究者約35名（地質、水理、地球化学、岩盤力学、測定機器技術開発等））

○幌延の深地層研究所（仮称）

立ち上げ時は10名程度（総括・管理・調整約2名、施設技術者約2名、研究者約6名）を計画、今後、体制を整備する

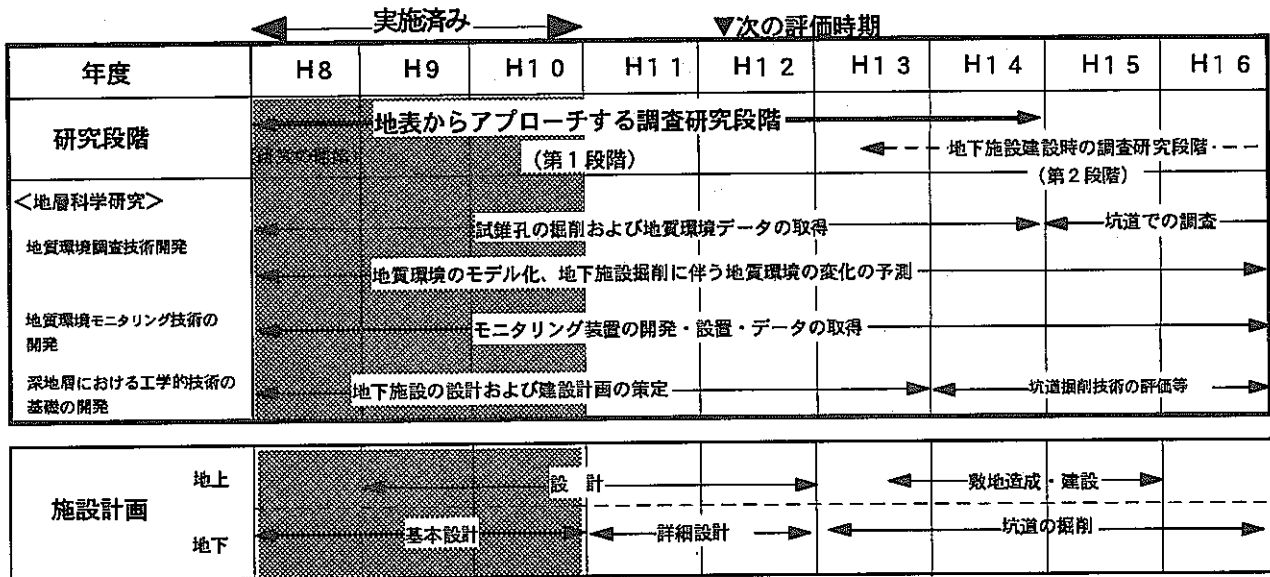
上記に加え、内外の研究者（国際特別研究員、客員研究員等）の結集を図る

予算

平成12年度予算（概算要求(案)）：約19億円



第1段階：地表からアプローチする調査研究段階のスケジュール 瑞浪の超深地層研究所計画

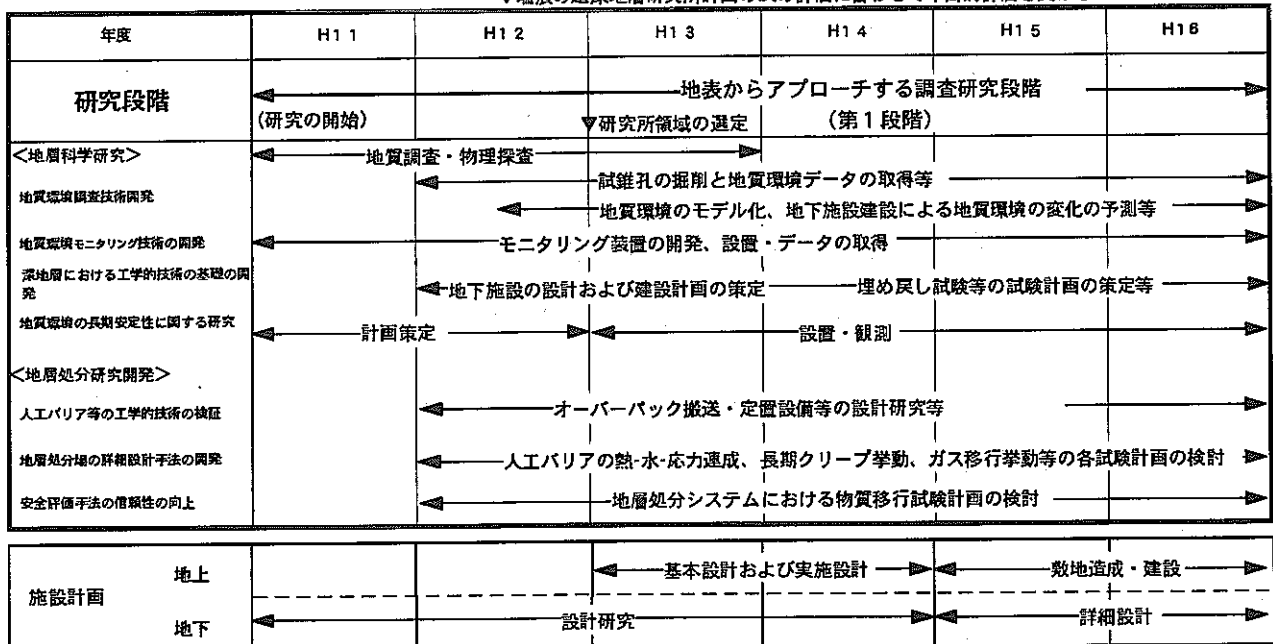


※この計画はサイクル機構が策定したもので、関係機関との協議等を踏まえて適宜見直していきます。



第1段階：地表からアプローチする調査研究段階のスケジュール 幌延の深地層研究所計画

▼瑞浪の超深地層研究所計画の次の評価に合わせて中間的評価を受ける

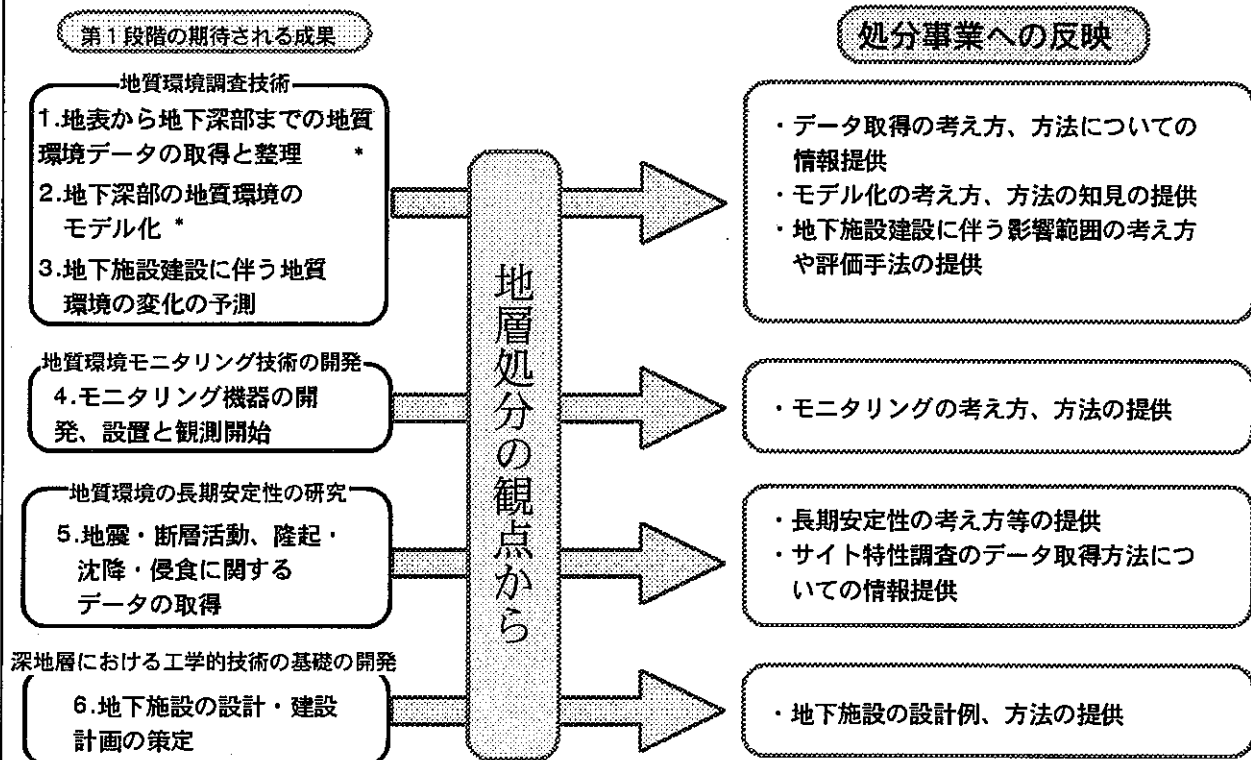


※この計画はサイクル機構が策定したもので、関係機関との協議等を踏まえて適宜見直していきます。

深地層の研究施設における研究計画 課題評価説明用OHP

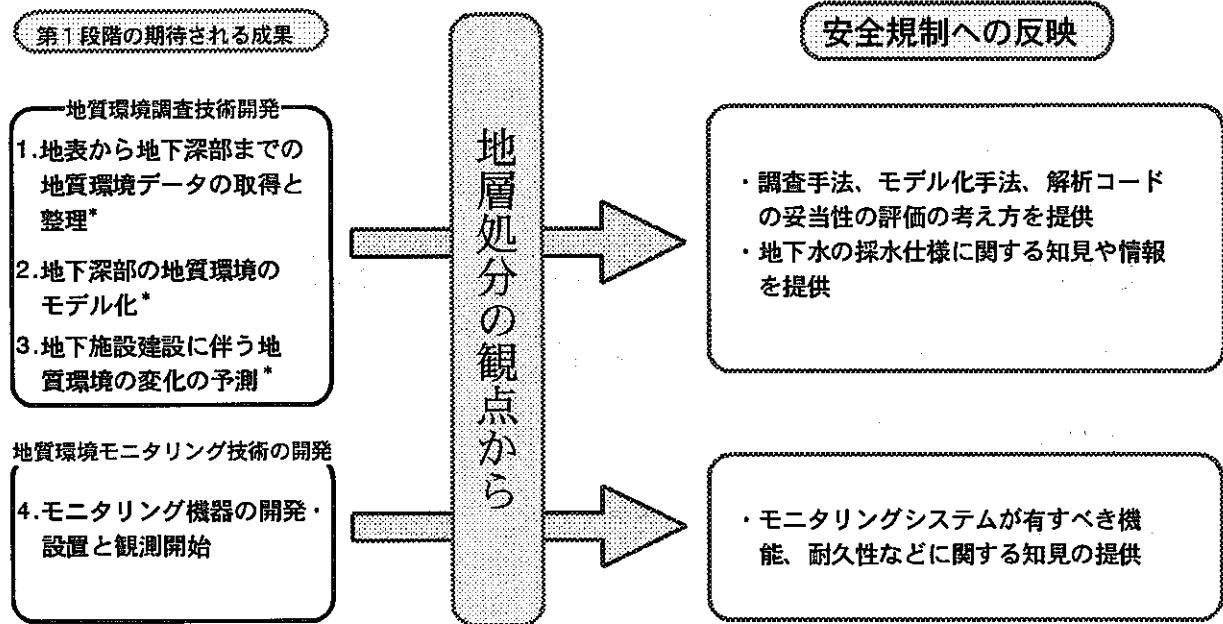
- | | |
|-------------|------------------|
| 1.はじめに | 5.期待される成果及び反映 |
| 2.目的および必要性 | 6.成果に対する情報公開の考え方 |
| 3.全体計画 | |
| 4.第1段階の実施計画 | |

期待される成果及び反映先 その1



*第2段階での検証（坑道掘削により直接確認）を経て地表からの調査・評価手法の体系化として確立

期待される成果及び反映先 その2



*第2段階での検証（坑道掘削により直接確認）を経て地表からの調査・評価手法の体系化として確立

深地層の研究施設における研究計画 課題評価説明用OHP

1. はじめに
2. 目的および必要性
3. 全体計画
4. 第1段階の実施計画
5. 期待される成果及び反映
6. 成果に対する情報公開の考え方



成果に対する情報公開の考え方

- ① 有識者の公正な評価を受ける
- ② 公開指針に基づき公開する

〔情報公開の例〕

- ・ 学会で公表
- ・ 報告書の作成、公開（年次報告書、段階報告書）
- ・ 成果報告会の開催
- ・ 施設の公開、供用
- ・ 広報メディアの充実（展示館、情報ネットワーク整備）