

超深地層研究所計画

(地層科学研究編)

平成7年12月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター

技術開発課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Geotechnics Development Section. Tono Geoscience Center. Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 959-31, Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu-ken 509-51, Japan

目 次

1. 超深地層研究所の位置づけ	1
2. 動燃の地層科学研究の経緯	1
3. 超深地層研究所計画	3
3.1 超深地層研究所計画の目標	3
3.2 研究施設の概要	4
3.3 研究の進め方	5
3.4 研究の内容	6
(1) 地表からの調査予測研究段階 (第1段階)	6
(2) 坑道の掘削を伴う研究段階 (第2段階)	7
(3) 坑道を利用した研究段階 (第3段階)	8
3.5 超深地層研究所の運営	9
3.6 スケジュール	10
3.7 研究成果の取扱い	11
3.8 予算	11

超深地層研究所計画

1. 超深地層研究所の位置づけ

原子力委員会は、平成6年6月、『原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画(原子力長計)』を新たに決定し、その中で、『地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究を着実に進めること』との指針を示しました。ここでいう深部地質環境の科学的研究を、動力炉・核燃料開発事業団(動燃)は地層科学研究として進めています。

日本における地層処分研究開発は、当面、地域や岩石の種類を特定することなく、研究対象とすべき地質環境を幅広く想定し、地層処分が日本において実現可能であることを、科学的・技術的に明らかにして地層処分に関する国民の理解を得て行くことを目的とするものであり、処分場の候補地あるいは予定地を決めることが目的ではありません。現在、地層処分研究開発は、『地質環境条件の調査研究(場の研究)』、『処分技術の研究開発(処分施設の設計施工などの技術開発)』及び『性能評価研究(地層処分による長期的な安全確認の研究)』を重点項目として進められています。

地域や岩石の種類を特定することなくこれらの研究開発を進めるためには、日本の深部地質環境に関する普遍的かつ基盤的な知見が重要であることから、原子力長計は、深地層の研究施設を以下のように位置づけ、その重要性を明らかにしています。

- ・『地層処分研究に共通の研究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できる総合的な研究の場として整備していく』こと、
- ・『我が国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望まれる』こと、
- ・『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。

動燃が岐阜県瑞浪市に設置を計画している超深地層研究所は、原子力長計に示された深地層の研究施設の一つに相当する研究施設であり、結晶質岩を主な対象とする研究が予定されています。一方、動燃が北海道幌延町で計画している貯蔵工学センターの深地層試験場も深地層の研究施設の一つであり、ここでは堆積岩を対象とする研究が予定されています。

2. 動燃の地層科学研究の経緯

動燃では、これまで東濃地科学センターを中心として、地層科学研究を進めてきています。東濃地域は、地層科学研究に適した以下のような条件を備えています。

- ・カコウ岩の基盤を堆積岩が覆うという日本で一般的な地質構造がみられる。

- ・研究の対象として重要な地下水や断層、日本で最大のウラン鉱床などが存在する。
- ・活断層の影響が少なく、安定した条件における地震の研究にも適している。
- ・本州中央部に位置し、交通の便が良く、自然環境や生活環境にも恵まれている。
- ・極限環境をテーマとした東濃研究学園都市構想が自治体により進められている。

これらに加え、同センターには動燃が30年余にわたる国内外でのウラン資源の調査研究を通して培ってきた情報や経験が蓄積されているとともに、研究施設などが整備されており、これらの研究資源を地層科学研究に利用できることも大きな利点となっています。東濃鉱山もその一つであり、研究者が地下に入って安全に研究を進めることのできる場として活用されています。これまで、東濃鉱山や鉱山周辺における地層科学研究の成果として、地下水の動きや性質、坑道の掘削が周辺の地質環境に与える影響などが、徐々に明らかにされてきました。特に、平成元年から同3年にかけて直径6m、深さ150mの第2立坑を掘削しつつ行った立坑掘削影響試験や、平成4年から東濃鉱山周辺の約8km×約7kmの地域を対象に実施している広域地下水流動研究は、その時点における最新の調査技術を駆使して取り組んだものであり、その成果は、地層処分研究開発や学術的研究分野において、基盤的な知見として役立てられてきています。また、深部地質環境を詳しく調べるために必要とされる技術や手法などは、動燃とその協力機関などにより開発・実用化されてきています。動燃の地層科学研究の成果は、技術報告書や学術論文として公開され、国内外の専門家による評価を受けています。

一方、これまでの研究を通して次のようなことも明らかになってきました。

- ・鉱山の既存坑道は、地下資源の利用を目的とした位置に掘削されたものであるため、これらの坑道を利用する研究は、その対象範囲の設定に制限を受けること。
- ・掘削されてから長い時間を経ている坑道については、掘削前（天然）の地層や地下水の様子（地質環境）と、現在に至るまでの経緯に関する情報が限定されること。
- ・地層科学研究を着実に進めていくためには、地下深部までの天然の地質環境と、地震などの天然事象や坑道の掘削が、地質環境に与える影響を、詳細かつ連続的に明らかにしていくことが重要であること。

これらのことから、動燃ではこれまでの地層科学研究の成果として得られた情報や、調査・解析手法を集大成して、深部地質環境を、より幅広く、より詳しく、より長期にわたってとらえ、地層科学研究を一層拡充することのできる状況にあると認識するに至りました。

3. 超深地層研究所計画

動燃では、前述の国の方針と地層科学研究の現状を踏まえ、原子力長計に示された深地層の研究施設の一つとして、瑞浪市明世町の動燃用地に超深地層研究所を設置していくこととしました。具体的には東濃鉾山やその周辺において進めてきたこれまでの地層科学研究計画（立坑掘削影響試験や広域地下水流動研究など）に超深地層研究所における研究計画を加えることにより地層科学研究の一層の拡充を図ります。特に広域地下水流動研究については、その対象区域が超深地層研究所の建設予定地を含むことから、その成果は超深地層研究所における地層科学研究にも反映させていくことができます。

3.1 超深地層研究所計画の目標

(1)地質環境の総合的な調査技術を確立すること。

地層科学研究では地下1,000m程度までの地質環境を、まず『どうなっているのか』という視点で調査し、次に『なぜそうなったのか』という視点で研究します。次にこれらの調査研究の成果を踏まえて、『今後どのようにしていくのか』という観点から予測的な研究が行われます。このような研究を進めていくために必要な要素技術については、これまでの地層科学研究により個別に開発・改良されてきており、また、今後の研究において新たに必要となる技術の仕様や開発・改良の見通しも得られています。超深地層研究所では、同一の場所においてこれらの要素技術やそれらを基に開発・改良される技術を系統的に組み合わせ、地上や地下から高い精度で効率よく深部地質環境を調査・研究・予測・検証する一連の手法としての有効性を確認することが目標となります。このようにして開発・改良された調査技術は、深部地質環境に関するデータの品質を保証するとともに、様々な地質環境に対応可能な技術の基盤となることが期待されます。

(2)深部の地質環境に関する情報を取得すること。

地層科学研究では地質環境を、地下水の動きや岩石との反応による水質の変化、坑道の掘削による岩盤物性の変化など、様々な現象を含む『システム』としてとらえていきます。特に、数百mを超える深部地質環境については、これまで詳細な情報が必要とされることが少なく、情報量は極めて限られていました。超深地層研究所では、これまでの地層科学研究で開発された手法を系統的に用いて、深部地質環境に関する質の高い情報を体系的に集めることを目標とします。これらの情報は、国内外の地球科学分野の学術的研究の成果などと併せて、日本の地質環境を概略的に示す地質構造モデルや水理地質構造モデルなどの信頼性の向上や、地下利用に用いられる工学材料を検討する上でも参考として用いられます。またこれらの情報は、国内外の地球科学分野の学

術的研究の成果などと併せて整理され、結晶質岩における地質環境条件の例として考慮されるべき特性と現象の理解にも用いられるなど、地層処分研究の基盤として役立てられます。

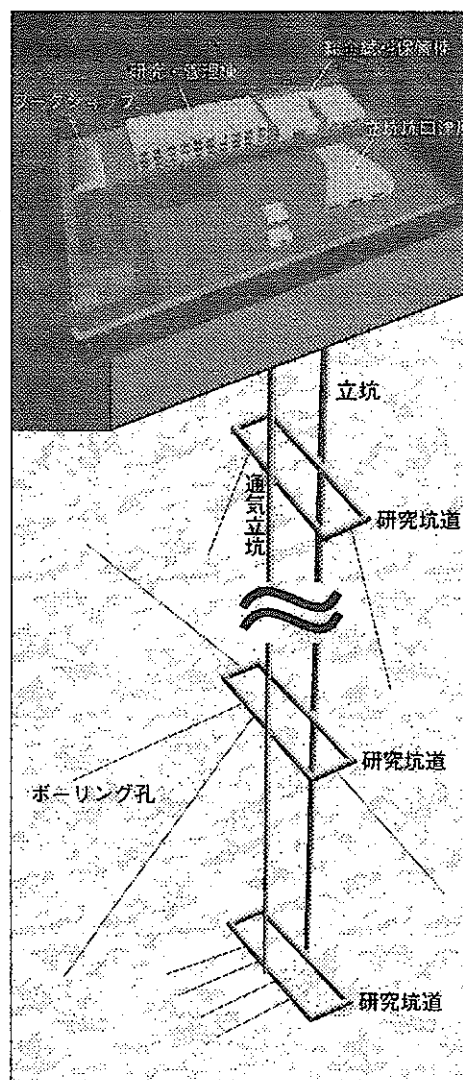
(3) 深地層における工学的技術の基礎を開発すること。

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を確かめたり、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など）を明らかにすることも、超深地層研究所における地層科学研究の目標となります。

3.2 研究施設の概要

超深地層研究所は、地上施設と地下施設からなります。その概念的な例を右下に示します。地上施設は、研究・管理棟、総合試料保管棟、ワークショップなどの研究施設群、及び坑口建屋、通気・給電設備、排気・排水設備などからなります。研究・管理棟には地層科学研究に必要な試験研究装置や、電算機システムなどが設置されることとなります。総合試料保管棟は、ボーリング孔や坑道から得られる岩石などの試料を大切に保管するとともに、超深地層研究所に関連する国内外の研究者からの様々な要請に応じて迅速に試料を提供することのできる機能を備えます。ワークショップは、地下水調査システムなど、深地層の地質環境を精密に調査・研究するために開発された機器類の整備・点検・修理及び改良などを行うための施設です。また、地上施設には、世界に向けての情報発信基地としての役割を果たすための通信システムや、国際会議にも対応できる諸施設が整備されることとなります。さらに、超深地層研究所で行われている様々な研究の内容や成果を一般の方々にもわかりやすく公開するための展示室や、地層科学研究などに関する文献を集めた資料室が付設され、開かれた研究施設としての役割を果たすこととなります。

地下施設は、立坑、研究坑道、通気立坑からなります。立坑は地層科学研究の場となるととも



超深地層研究所の施設概念図

に、研究者や見学者、研究に必要な装置などを地下深部へ安全に運ぶための通り道となるもので、地上と地下深部が高速エレベーターで結ばれます。また地下での研究活動に必要な空気、電気、水などのいわゆるライフラインや、地表とのデータ通信用の光ケーブルなども立坑を通ることになります。研究坑道は、地層科学研究の様々な調査や研究の目的に適した位置に設けられます。通気立坑は地下施設に必要な換気を行うために設けられます。地下施設の規模や最適なレイアウトについては、『地表からの調査予測研究段階』で得られる情報に基づいて最終的に決定されることとなりますが、現時点では口径6m、深さ約1,000m程度の立坑を想定しています。口径については、東濃鉾山における地層科学研究の一環として建設された第2立坑（口径6m、深さ約150m）の実績から、研究に適した規模であること、また深さについては、東濃ウラン鉾床の生成などに関与したと考えられる地下水の動きや水質を把握するためには深さ1,000m程度までの調査が必要であること、及び現有あるいは近い将来において実用化が見込まれる調査技術の限界深度などを参考としています。

3.3 研究の進め方

超深地層研究所における地層科学研究は 3 段階で進められます。

第1段階は地表からの調査予測研究段階です。研究の主な視点は『深部地質環境がどうなっているのか』ということに置かれます。この段階では研究に先立ち、用地の精密な測量が行われる他、周辺環境に関する長期モニタリングが開始されます。研究としては、先ず人工衛星や航空機によって得られる画像などを用いた地質構造解析、地表での地質調査や物理探査が行われます。次にこれらの結果に基づいてボーリングを行い、地層や地下水の動きと性質などを調べます。そして、これらの調査結果を組み合わせ、深部地質環境の現状と、坑道の建設が深部地質環境に与える影響を予測します。また研究と平行して、地上施設の建設（用地造成・設計施工）もこの段階で行われます。

第2段階は坑道の掘削を伴う研究段階です。研究の視点としては、『深部地質環境がなぜそうなったのか』という点が加わります。この段階では立坑や研究坑道の建設と平行して各種の調査が行われます。それらにより、深部地質環境の様子が徐々に明らかにされ、第1段階での予測の妥当性が確かめられるとともに、必要に応じて調査手法の改良が行われます。この段階ではさらに、坑道の掘削が深部地質環境に与える影響や、その経時変化などが詳しく調べられ、第1段階における予測の妥当性が評価されます。

第3段階は地下施設を利用する研究段階です。研究の視点としては『今後どのようになっているのか』という点が加わります。この段階では地下水による物質の移動など、深部地質環境における現象を、地層科学研究の観点から長期にわたって詳しく研究し

ていきます。また地震などの天然事象が深部地質環境に与える影響についても調査研究していきます。さらに、深部地質環境における工学的技術の開発もこの段階で進められることとなります。同一地域を対象として、このように段階を踏んで研究を進めることにより、天然の深部地質環境と、地震などの天然事象や坑道の掘削が深部地質環境に与える影響などを、長期にわたり高い精度で効率よく調査・研究・予測・検証することのできる総合的な技術が確立され、深部地質環境に関する質の高い情報が収集されます。なお、超深地層研究所における研究には、いずれの段階においても、放射性廃棄物を持ち込んだり使用したりする必要は全くありません。

3.4 研究の内容

(1) 地表からの調査予測研究段階（第1段階）

第1段階では、『深部地質環境がどうなっているのか』ということ、天然の状態を乱すことなく、できるだけ正確につかむことが課題となります。このために、次のような調査を行います。

① 人工衛星や航空機を用いた調査

人工衛星画像や航空写真を解析して、地表の地形、植生、地質構造を調査します。また、上空から天然や人工の磁場を測り、地下の地質構造を推定します。

② 地表からの物理探査手法を用いた調査

地表から弾性波や電磁波を地下深部に送り、それらの伝わり方などから地質構造を調べます（図-1.1）。

③ 地表での地質調査

がけや川など、地層が露出している場所で岩石の種類やき裂の入り方などを調べます（図-1.2）。

④ ボーリング孔での調査

ボーリング孔を掘り、岩石を採取してその種類や性質などを調べます。また、ボーリング孔の中に測定器を入れ、水の流れやすさを調査したり、地下水を採取分析したりします。

この段階の成果をもとに、地表から地下深部までの地質環境が予測されます。

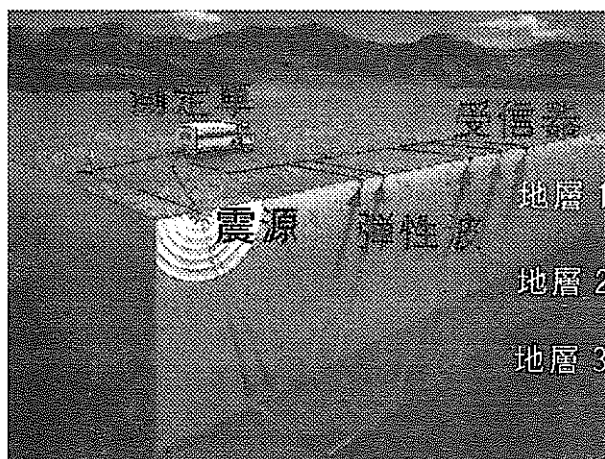


図-1.1 弾性波を用いた調査

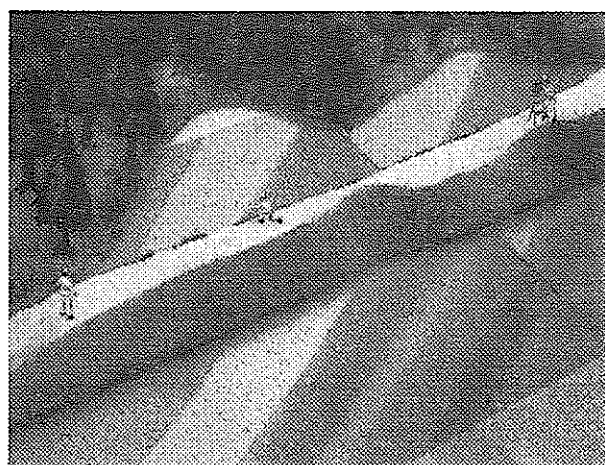


図-1.2 地質調査

これに基づいて、第2段階で建設される立坑や研究坑道の詳細な設計が行われます。さらに、地下施設の建設が周辺の地質環境に与える様々な影響についても、予測が可能となります。これらの予測がどの程度妥当なものかを確かめることが、第2段階の重要な研究課題になるので、妥当性の評価方法も含めて、第2段階の研究の詳細な内容を決め、必要とされる調査手法などを整備していくことが重要です。

一方、上記のような研究と並行して、地上施設の建設も第1段階に行われます。地上の諸施設は、周辺の自然環境を極力乱すことなくそれと調和することに配慮しつつ、用地を有効に利用できるように設計・施工されます。施設周辺の環境についての長期的なモニタリングも、この段階に開始されます。

(2)坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）

この段階では地下施設の建設と地層科学研究が一体となって進められます。これにより深部地質環境が徐々に明らかになり、第1段階における予測の妥当性が確かめられるとともに手法の改良に関する課題が明らかにされます。この段階では研究者が地層中に入り、直接的な観察や調査が行われ、第1段階と比べ質の高い情報が系統的に得られることとなります。

この段階では、第1段階で立坑予定位置周辺のボーリング孔などに設置された機器での観測に加え、次のような調査が立坑と研究坑道内で行われます。

①坑道周辺の地層の調査

坑道の壁面を観察したり、坑道からのボーリング孔で、岩石を採取したりして、地層の構造を調べます。断層などを含む部分やそれ以外の均質な部分などの位置や規模が、第1段階における予測と合っているかどうかという視点が重要となります。

②坑道内での採水と分析による調査

坑道の壁面や坑道からのボーリング孔から地下水を採取して、水質などを調べます（図-2.1）。これについても、第1段階における予測の妥当性が確かめられます。

③坑道を掘削する時の岩盤の歪みや岩盤にかかる力の調査

坑道を掘削すると空洞ができるため、周囲の岩盤にかかる力が変化し、岩盤の性質が変化することが知られています。これらの岩盤にかかる力、岩盤の変化や

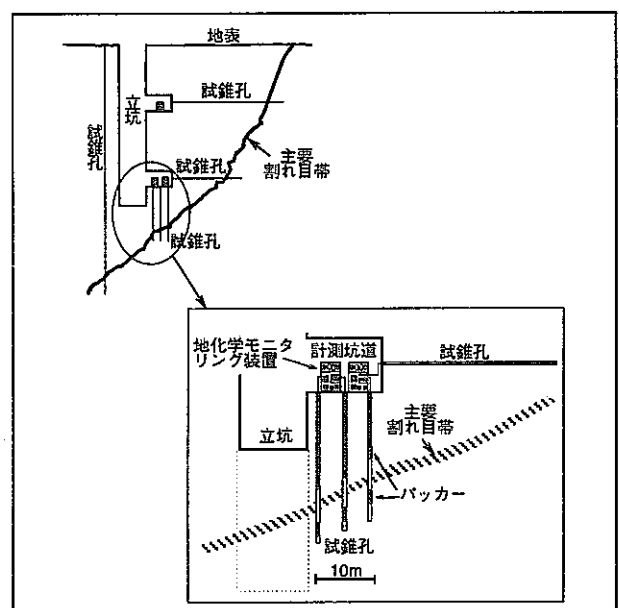
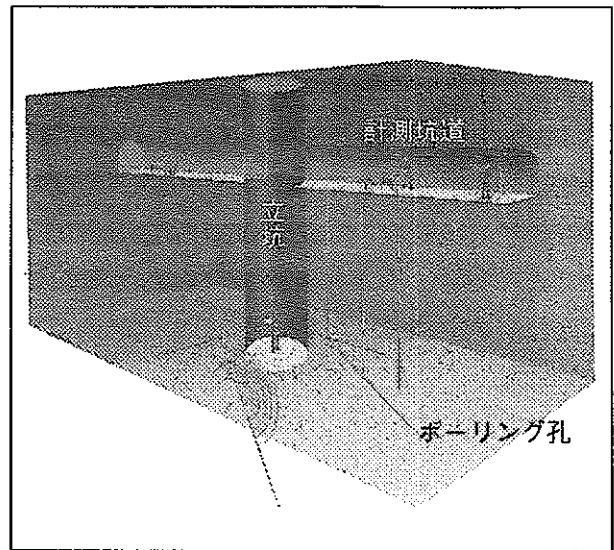


図-2.1 地下水の地球化学的調査

性質を調べます（図－2.2）。これについても第1段階における予測の妥当性が確かめられます。これら第2段階における研究の成果は、深部地質環境に関する信頼性の高い情報として整理されるとともに、第1段階で用いられた調査手法の改良に必要な情報としても利用されます。さらに、この段階において、第3段階の研究計画が具体化されます。

立坑などの施設建設によって掘り出される岩石については、関連法規の定めに従い適切に管理されます。



図－2.2 立坑掘削時の力学的調査

(3)坑道を利用した研究段階（第3段階）

地下施設が完成すると、それまでの段階における予測の妥当性がさらに確認されるとともに、深部地質環境を対象とした、以下のような研究が実施されます。

①坑道周囲の地層にかかる力や地下水の流れ方についての調査

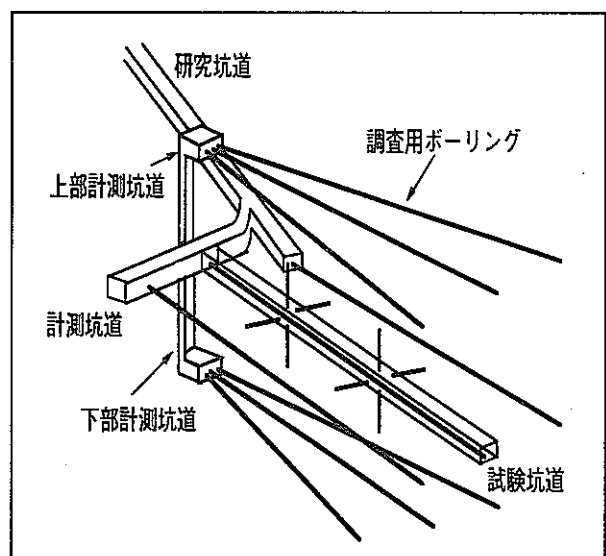
坑道内から坑道周囲の地層にかかる力の測定や、地下水の流れやすさの測定、地下水の分析などを行います（図－3.1）。これにより、坑道ができたことにより、地層にかかる力がどのような範囲でどのように変わり、地下水の流れ方や水質がどのような影響を受けるかがさらに明らかになるとともに、これらに関するより長期的な見通しが明らかになります。

②地震などの影響の調査

地下施設内の様々な場所に観測装置を設置し、地震などの天然事象が発生した場合の地層にかかる力の変化、地下水の動きや水質の変化を調査します。さらに、これらの時間の経過に伴う変化についても観測し、長期的な見通しが可能となります。

③深部地質環境での物質の動きに関する調査

均質な地層や断層などを含む不均質な地層中での、地下水による物質の移動や固定の様子を調べます。これによって、深部地質環境における物質の挙動に関する

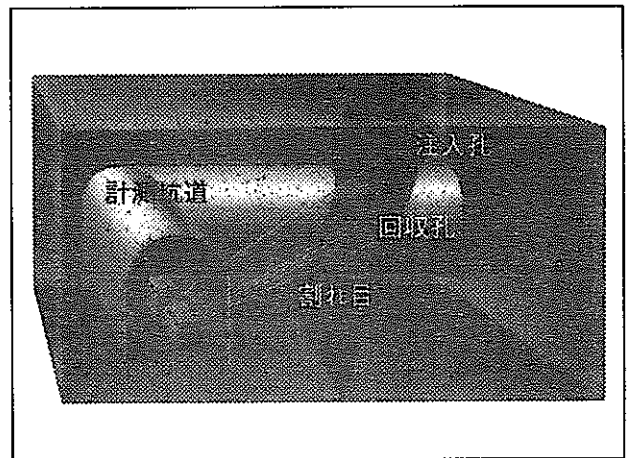


図－3.1 掘削の周辺岩盤への影響調査

る基盤的な知見の整理に資することができます（図－3.2）。

④工学材料や施工技術の研究開発

地下施設の建設後、坑道壁面などから、工学材料と岩石、地下水の試料を経時的に採取し分析します。これにより、地下深部に施設を設計・施工し、利用するための技術の有効性を確かめたり、施設が深部地質環境に与える影響（各種工学材料と地下水や岩盤との相互作用など）を明らかにします。



図－3.2 物質の動きに関する調査

第3段階の研究成果は、第2段階までの成果、及び超深地層研究所以外において実施される地層科学研究の成果などとともに、日本の一般的な地質環境に普遍的に当てはまる知見と手法に整理され、それぞれが地層処分研究の基盤として、あるいは地震研究や地下空間を利用する研究などに、広く活用されます。

3.5 超深地層研究所の運営

超深地層研究所における地層科学研究には、これまでの研究と同様に、動燃の研究者を中心として、共同研究などに従事する国内外の研究機関や大学の研究者などが参加します。また、研究所の諸施設を設計施工、及び管理するための専門家や施設の建設に従事する作業員が参加することになります。超深地層研究所においては、従来の一般的な研究施設の例とは異なり、研究と施設の建設が同時に進行するという特徴があるため、これらの調整が円滑に行えるような組織が構築されます。

超深地層研究所では、深部地質環境に関して、国際的に見ても先進的な学術的研究が進められるため、吟味された品質管理手法を用いて、研究計画の立案・研究の実施・成果のとりまとめを行うことが重要です。さらに研究の成果については公開を原則とし、国内外の学識経験者や専門家による評価を受ける必要があります。このため動燃では、研究の品質管理や成果の評価を行う委員会を設置していきます。

超深地層研究所での地層科学研究は、地質学、地球化学、水理学、岩盤力学、及び技術開発など数多くの分野にわたる極めて学際的な研究であるとともに、その推進に際して新たな土木技術や調査技術が求められる可能性があるため、国際協力を含め関係機関や大学などとの協力を進めます。また、超深地層研究所の施設は地震研究や地下空間を利用する研究の場としても期待されていることから、超深地層研究所は広く国内外の研究者に開放され、東濃研究学園都市にふさわしい、極限環境における最先端の研究が行われる中核研究所、すなわちCOE（=Center Of Excellence）として大い

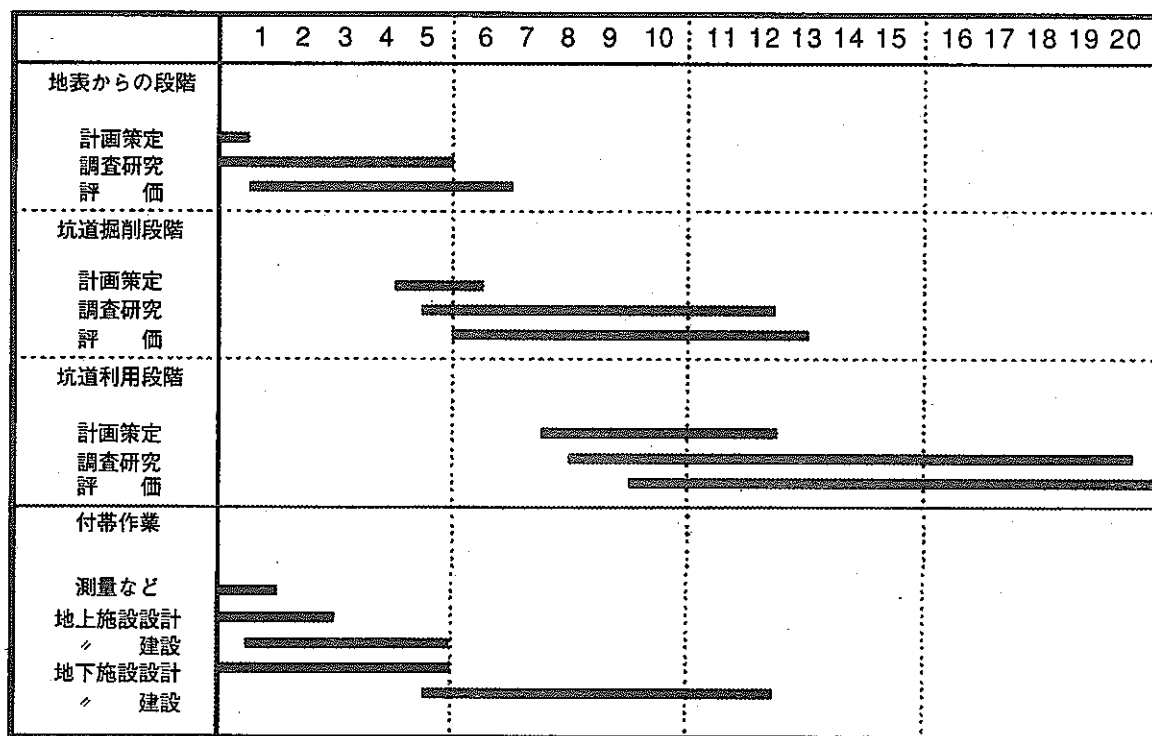
に発展していくことを企画します。さらに、超深地層研究所における研究が、地元の方々にとって心配のない内容であることについて確認して頂くために、『東濃地科学センターにおける地層科学研究に係わる協定書』（以下、協定書という。）の内容を誠実に履行していきます。

3.6 スケジュール

超深地層研究所での地層科学研究は、先に述べたように3段階に分けて実施します。各研究段階に必要な期間を考えると超深地層研究所での地層科学研究の全体的なスケジュールは表-1のようになります。全体の期間は20年程度です。研究計画の内容は、研究の進捗状況や、超深地層研究所における研究成果を活用する様々な研究分野からの要請にも答えていくため、必要に応じて見直していきます。

超深地層研究所における地層科学研究の終了後、施設をどのように利用していくかについて、現時点では、東濃研究学園都市の一角として、地震研究や地下空間を利用する研究などに引き続き利用されることが見込まれます。また、場合によっては、不要となった地下施設の一部あるいは全部を埋め戻すことも考えられます。このことに関しては、協定書にも示されているように、出来る限り速やかに関係自治体の参加を得た検討機関を設けていくこととします。

表-1 超深地層研究所での地層科学研究スケジュール



3.7 研究成果の取扱い

超深地層研究所における地層科学研究の成果については、研究施設と同様に公開してまいります。これは、研究成果に対する国内外の専門家による評価が重要であると認識しているためであり、さらには地元の皆様の変わらぬ御理解と御支援を得るために不可欠であると考えためです。研究報告書などについては、超深地層研究所の資料室や地元の図書館などにおいて、縦覧あるいは入手できるようにしていきます。

3.8 予算

超深地層研究所の予算としては、施設の建設に約200億円、地層科学研究費として約400億円（平均20億円／年×20年）、合計で約600億円が見込まれます。