



高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発

1. 地層処分研究開発

1.1 処分技術の信頼性向上

(1) 緩衝材の連成挙動に関する研究

熱 - 水 - 応力 - 化学連成挙動に関する連成評価モデルの開発を継続して実施している。また、熱 - 水 - 応力連成試験設備 (COUPLE) を用いた連成挙動試験のための準備を継続した。

(2) 緩衝材の長期力学的変形挙動

緩衝材の基本特性については、海水条件下におけるデータの拡充という観点から NaCl 溶液及び幌延地下水を用いた透水試験を実施し、関係式の導出を行った。また、埋め戻し材の基本特性データの取得を目的とした降水及び海水条件下での試験を継続した。さらに、緩衝材の流出に関する研究として、X線CT装置を用いた亀裂内侵入ベントナイトの密度分布測定や降水・海水条件下での緩衝材クリープ試験を行うとともに、ガス移行試験を継続した。

(3) 緩衝材の化学的相互作用による変化

ベントナイト - 鉄反応の加速試験用試料として層間イオンを Fe^{2+} に置換した試料を用い、オートクレーブを用いて250 で1ヶ月・6ヶ月間加熱した試料のX線回折分析、SEM・TEM分析を行った。その結果、6ヶ月後の試料では、微量ではあるが非膨潤性の粘土鉱物に変質している箇所が認められた。また、雰囲気制御ボックス中の恒温槽を用いて150 での加熱試験を継続して実施している。

(4) オーバーパック材料の腐食評価に関する研究

炭素鋼の腐食挙動に関して、マグネタイト影響評価試験、溶接影響評価試験を継続した。チタンの不動態皮膜の安定性及び水素吸収挙動に関して、主に還元性環境での実験研究を継続するとともに、3年間浸漬した試料の取り出し、評価を継続した。銅については、酸化性環境及び緩衝材中における腐食局在化に関する試験、還元性環境に

おける硫化物の影響試験を継続するとともに、セメントの影響評価として、高pH下における腐食挙動試験を行った。

(5) ナチュラルアナログ研究 [地層処分で想定される現象と類似した自然界での現象についての研究]

火山ガラス等のナチュラルアナログ研究については、既存のデータの整理や新たな試料の適用性に関する検討を継続している。金属ナチュラルアナログ研究として、国内の遺跡から出土した鉄器について出土事例の情報収集を継続している。

(6) 公募型研究

核燃料サイクル公募型研究で実施している「緩衝材及び周辺岩盤の力学的安定基準の作成」においては、2004年度に実施する試験研究を進めた。

1.2 安全評価手法の高度化

(1) 水理・物質移行に関する研究

多孔質媒体水理試験装置 (MACRO) を用いた試験研究では、沿岸域等での地下水中の塩水と淡水の境界の様子を調べることを目的として、均質な透水性の地層を模擬した場での塩水くさび (塩水と淡水の密度の違いにより、塩水が淡水の下部にくさび状に浸入する現象) を再現するための試験の準備を行った。

堆積プロセスを考慮した地質構造の推定手法開発については、幌延地域に分布する新第三紀層の堆積環境の推定及び地層ごとの空隙構造の調査の一環として、幌延地域の岩石試料の採取・分析を行った。

亀裂ネットワーク岩体水理物質移行試験設備 (NETBLOCK) に付設された岩体試料平面研削装置により、単一亀裂を有する花崗岩体 (1辺50cmのブロック岩体) の研削を開始した。

(2) 不確実性評価に関する研究

具体的な地質環境を対象とした不確実性評価を実施するために、地下水流動に関するパーティクルトラッキングの結果得られるパーティクルごとの移行経路や流速を取り込んだ核種移行解析を行うためのモデル化を行った。また、シナリオの不確実性として、天然現象の影響評価に供するための天然現象の発生やそれによる影響に関する情報の整理を東濃地科学センターと共同で継続するとともに、それら情報に基づく核種移行解析の条件設定に関する検討を開始した。

(3) 生物圏評価に関する研究

最新の知見に基づく評価式とデータの更新を行った生物圏評価モデルを用いて、パラメータの重要度を把握するための感度解析を継続している。

(4) 技術情報統合システムに関する研究

技術情報の体系化及びデータベースの機能を有する基本システムについて、試運用に向けての準備を継続している。

(5) 性能評価研究

2003年8月1日より外部公開した熱力学データベース及び収着データベースホームページの運用を継続した。収着データベースについては、利用者がより使い易いシステムにするための改良版を作成するとともに利用者がホームページ上で収着データ検索が行えるシステムを構築し、ホームページ上での運用のための準備を行っている。コロイドの影響を考慮した核種移行モデル開発に関しては、これまで開発を進めてきた計算コードCOLFRACを利用して、性能評価体系（評価距離100m、期間10⁷年）のもとで解析を実施した。その結果、これまでのフィールド試験では、核種-コロイドの脱着反応が遅い場合には核種移行が促進される結果が示されたが、性能評価体系のもとではその影響を無視できるほど小さいことが示され、技術資料として取りまとめた。緩衝材間隙水の研究に関しては、クニゲルV1を用いたこれまでの試験（蒸留水、低アルカリ性セメント液）で認められた溶液接触面付近の間隙pH低下の原因を把握するため、クニピアFを用いて黄鉄鉱の有無による影響を確認するための試験を行い、試験結果の取りまとめを開始した。

(6) 地層処分放射化学研究施設（QUALITY）等における核種移行研究

QUALITYにおいては、イオン強度（I）をパラメータとした $\text{NpO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{am})$ の溶解度試験を

継続するとともに、溶媒抽出法による $\text{Np}(\quad)$ の加水分解定数導出試験を開始した。このうち、 $\text{NpO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{am})$ の溶解度積について、重金属の微生物学の先進的研究に関する国際シンポジウム（2004年11月15日-16日、茨城）において、成果を報告した。また、フミン酸共存下での $\text{Np}(\quad)$ の溶解度試験については、これを継続実施している。収着試験については、CSH（Ca-Si水和物）への R_a の収着試験及びベントナイトコロイドに対するCsの収着試験を継続するとともに、ベントナイトコロイドに対する $\text{Np}(\quad)$ の収着試験を開始した。拡散試験に関しては、先行基礎工学研究で実施した成果を受け、鉄共存下での圧縮ベントナイト中の Np の拡散試験を継続した。

また、CPFにおいては、実ガラス固化体の浸出試験を開始した。プルトニウム燃料第一開発室においては、還元条件下での凝灰岩に対するPuの収着試験及び還元条件下での圧縮ベントナイト中のPuの拡散試験を継続した。ENTRYにおいては、塩濃度をパラメータとして、花崗岩中のCs及びIの拡散試験を継続している。

(7) 博士研究員による研究及び先行基礎工学研究

博士研究員による研究「海水系地下水条件での堆積岩及びその岩盤亀裂充填鉱物に対する核種収着挙動とそのモデル構築」においては、幌延地域の堆積岩に対するCs及びSeの収着試験を継続するとともに、 Np の収着試験準備を行っている。「均質化法に基づくマイクロ-マクロモデルによる核種移行解析の高度化」においては、K型パイプライトのMD解析を実施した。また、陽イオン拡散に対応したHAコードの改良に着手した。「画像可視化計測手法による地下深部単一岩盤亀裂内水理・物質移動メカニズムの解明及び高精度モデルの構築」においては、単一亀裂の可視化水理・トレーサー試験の準備及び画像可視化計測システムの開発を継続した。

先行基礎工学研究で実施している「セルオートマトン法による亀裂マイクロ構造を考慮した流体物質移動解析」においては、2003年度までに構築した解析手法の適用性検討として、単一亀裂を有する花崗岩体（1辺10cmのブロック岩体）で取得された亀裂開口幅データを用いた解析を継続した。

2. 深地層の科学的研究

2.1 地質環境の長期安定性に関する研究

隆起・侵食に関する研究では、10万年オーダーの隆起・侵食による地形変化が地質環境へ与える影響を把握することを目的とした、地形変化シミュレーション・モデルの開発を継続するとともに、気候変動や地形変化が地下水流動に与える影響を評価するため、東濃地域を事例として、将来10万年間にわたる地形変化のシミュレーションを行った。また、気候変動や侵食速度の変遷を復元するための調査・試料分析、海水準変動が地質環境に与える影響を把握するため、海水準変動にともなう平野の地層・地形の発達を明らかにするためのボーリング調査・コア分析を継続した。

火山活動に関する研究では、地下深部のマグマ・高温岩体等の探査技術の一環として、地磁気地電流法（MT法）による観測データの品質が比抵抗構造解析に及ぼす影響についての調査を継続した。また、過去から現在までの火山・地熱活動の履歴を精度良く把握するための調査技術として熱年代学的手法や多量屈折率測定地質解析法（RIPL法）等の適用性調査を継続するとともに、マグマ・高温岩体等による周辺岩盤への影響を評価するため、坑井温度プロファイルから熱流束、熱水の上昇速度を算定する方法（一次元熱輸送モデル）についての検討を行った。

地震・断層に関する研究では、地下の震源断層を抽出する技術開発の一環として、地下での震源断層の存在が指摘されている中国地方を事例研究の対象とし、潜在的震源断層の活動に伴う地形・地質学的特徴の解析方法に関する検討を継続した。また、断層活動による地質環境への力学的及び水理学的な影響を把握する手法の開発を目的として、活断層帯の三次元分布と発達過程に関する調査・解析手法の検討を行った。

地質環境の長期安定性に関する研究で得られたデータを効率的に活用できるよう、収集データを一元管理するためのGIS（Geographical Information System：地理情報システム）データベースの整備を継続した。

陸域地下構造フロンティア研究のうち、地震発生に関する研究では、東濃鉱山内及びHi net等を用いた弾性波アクリスの長期・遠方観測試験及び正馬様用地内で地震計アレイ観測を継続し、送受信及びデータ処理のルーチン化を進めた。また、

東海・東南海地震震源域の能動監視を目的として、臨時観測点を設置し、観測を開始した。電磁アクリスについては、アクリス信号を正馬様用地内及び既存のボーリング孔内で受信する電場・磁場観測を継続した。活断層帯での地殻活動研究では、測地用GPS観測網による跡津川断層周辺の精密地殻変動観測のほか、地震観測、地殻応力観測を継続した。また、活断層破砕帯での地球化学的調査及びボーリング調査を実施した。

ナチュラアナログ研究については、地質環境の変化がウラン鉱床の長期保存に及ぼした影響の評価にかかわる研究の一環として、地下水・岩石・微生物の相互反応による酸化還元緩衝能力に関する研究を継続した。また、東濃ウラン鉱床において、月吉断層沿いの物質移行調査（ボーリング調査）を継続した。

2.2 地質環境特性に関する調査研究

(1) 広域地下水流動研究

地下水涵養量の算定及び表層部の地下水特性の長期的な変化を把握するため、表層水理観測機器を用いた長期観測を継続した。

深層を対象としたボーリング調査（DH 14, 15号孔）は、DH 14号孔については調査・試験結果の取りまとめを継続した。DH 15号孔についてはVSP調査及び地下水の長期観測装置の設置等の現場作業が完了し、調査・試験結果の取りまとめを継続した。また、既存ボーリング孔における地下深部の水圧及び水質の長期的な変化の観測を継続した。

2.3 超深地層研究所計画

2004年10月21日 - 22日に、瑞浪市総合文化センターにおいて「瑞浪地層科学研究国際会議 04」を開催した。本会議ではスイス、スウェーデン、カナダ、韓国等の海外研究者の参加を得て、地下研究施設の役割が討議された。会議後には、瑞浪超深地層研究所において現場見学を行った。

各調査研究における実施内容は以下のとおりである。

(1) 調査試験研究

瑞浪超深地層研究所

超深地層研究所計画における第1段階（地表からの調査予測研究段階）及び第2段階（研究坑道の掘削を伴う研究段階）の調査研究の一環として、

瑞浪超深地層研究所用地の地質環境特性を把握するための調査研究を継続した。

第1段階の調査研究としては、2003年3月より開始した深層ボーリング調査において掘削長1,300mまでの調査試験を実施し、1,000m以深までの岩相、不連続構造、岩盤の透水性、地下水の水質などの地質環境に関する情報を取得するという所期の目的を果たしたことにより、10月初旬に現場作業を終了した。現在、調査結果の取りまとめを実施中である。また、深層ボーリング調査終了後に研究用地内の不連続構造などの地質構造を詳細に把握するため、深層ボーリング孔を用いてVSP調査、孔間弾性波・比抵抗トモグラフィ調査及び初期応力測定を実施した。12月末現在、研究所用地内に存在する不連続構造の水理学的連続性などを把握するために、深層ボーリング孔を揚水孔とした孔間水理試験を実施中である。

長期観測としては、浅層ボーリング孔4孔を利用した地下水の水圧及び水質の長期観測を継続中である。

8月から9月にかけて実施した反射法弾性波探査については、測定データの解析が完了し、反射断面から数本の不連続構造が推定された。

地質環境のモデル化・解析については、文献調査・地表踏査・物理探査、既存ボーリング孔・浅層ボーリング孔による調査で取得された情報により構築した水理地質構造モデルを用いて、情報量の増加に伴う不確実性低減の過程を評価するための地下水流動解析を実施した。また、深層ボーリング調査及び2004年度に実施した物理探査で取得された情報に基づき、地質環境モデルの更新並びに解析を実施中である。

第2段階の調査研究としては、深度1,000mまでの調査研究計画の具体化に向けた検討、及び立坑坑口下部工事（深度約10m～50m）における坑壁の地質調査結果の取りまとめを実施した。

調査技術開発については、第2段階以降の調査研究で必要となる調査手法の整備に向け、ボーリング掘削技術の開発、初期応力測定装置の開発、データベースの機能整備に関する作業を開始した。

工学技術の基礎に関する研究については、情報化施工、品質保証、突発湧水対策、地震動評価に関する検討を開始した。

正馬様用地

既存ボーリング孔を利用した地下水の水圧の長

期観測及び地下水涵養量の算定を主目的とした表層水理定数観測を継続中である。

(2) 施設設計及び建設管理

瑞浪超深地層研究所における研究坑道掘削工事において、主立坑及び換気立坑の坑口下部（深度10mから深度50m程度まで）の掘削工事を2004年9月に完了した。現在、2005年から開始する予定の主立坑及び換気立坑一般部（深度50m程度以深）の掘削工事に向け、掘削設備として櫓組立、スcaffolding組立、防音ハウス設置、コンクリートプラント設置、受電設備設置、排水処理設備設置等を実施している。また、立坑掘削工事に対する施工計画事前評価委員会を開催し、施工計画や工事の安全に関する審査を実施した（2004年12月開催）（写真1）。

2.4 幌延深地層研究計画

2004年度第3四半期においては、2004年度調査研究計画に基づき、各種の現場調査を行った。また、2004年10月25日～26日に幌延町公民館において幌延深地層研究計画国際ワークショップを開催した（写真2）。本ワークショップでは、スイス、フランス、ベルギーの深地層の研究施設等における研究の現状紹介、幌延深地層研究計画の現状報告、現場見学を行った。

各調査研究における実施内容は以下のとおりである。

(1) 地層科学研究

地質環境調査技術開発

地表地質調査については、2004年度分の調査を継続実施した。地上物理探査（反射法地震探査、



写真1 瑞浪超深地層研究所：研究坑道掘削状況



写真2 幌延深地層研究計画国際ワークショップ
- 研究者との懇談 -

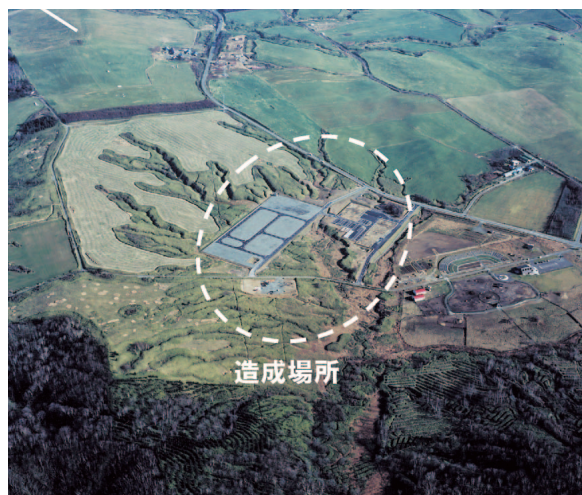


写真3 空から見た造成場所

重力探査)については、2004年度分の現場調査を終了し、解析作業を開始した。

表層水理調査については、これまでの観測結果を基に、河川流量観測システムの移設を行うとともに、観測を継続実施した。また、幌延町内の4箇所において気象観測を継続した。樹冠上蒸発散量計測については、装置の設置を終了し観測を開始した。

ボーリング調査については、2004年度のボーリング孔3本(HDB 9:予定深度520m, HDB 10:予定深度550m, HDB 11:予定深度1,020m)の掘削及び孔内での各種試験を実施した。

地質環境モニタリング技術の開発

2003年度までに地下水の水圧・水質長期モニタリング装置を設置したボーリング孔において地下水水圧のモニタリングを継続した。また、2003年度に掘削したボーリング孔への水圧・水質長期モニタリング装置の設置を開始した。

アクロス(電磁アクロス)を応用した遠隔監視システムを北進地区に設置し、試験観測を開始した。

深地層の工学的技術の基礎の開発

地下施設の実施設設計を開始した。掘削ズリの保管方法や排水処理方法についての検討を継続した。

施設の建設については、研究所用地の造成工事(第 期)を終了し(写真3)、地上施設(研究管理棟、コア倉庫・ワークショップ棟)の建設を開始した。

地質環境の長期安定性に関する研究

2002年度に開始した各種観測(地震, GPSなど)を継続した。

(2) 地層処分研究開発

下記の ~ の研究項目について、室内試験などを開始した。

- 人工バリア等の工学技術の検証
- 設計手法の適用性確認
- 安全評価手法の信頼性向上

(3) 環境調査

2004年度秋季のモニタリング調査を行った。

(4) 開かれた研究

国内外の研究機関との研究協力を進めている。原子力環境整備促進・資金管理センターとの共同研究として、高精度物理探査技術の適用性検討等に関する研究を開始した。

3. 国際共同研究

(1) スイスとの共同研究

スイスNAGRA(放射性廃棄物管理協同組合)との共同研究の一環として参加しているグリムゼル原位置試験フェーズ5・CRR(コロイドと放射性核種の遅延評価)プロジェクトでは最終報告書の取りまとめ作業を継続し、同HPF(結晶質岩中の高アルカリブルームの影響評価)プロジェクトでは、原位置試験試料を用いた室内調査・分析を実施するとともに、最終報告書の取りまとめに係る検討を開始した。また、同フェーズ6・CFM(コロイドの形成と移行の評価)プロジェクト及びLTD(放射性核種のマトリクス拡散)プロジェクトでは詳細な実施計画などの検討を継続した。瑞浪及び幌延の二つの深地層の研究施設計画に関わる技術的支援の一環としてNAGRAの研究者との

技術的打ち合わせなどを適宜行い、現在実施中のボーリング調査や研究坑道の掘削を伴う調査研究計画に関する技術的検討を継続している。

モンテリー地下研究所における国際共同プロジェクトでは、2004年7月より開始したフェーズ10における間隙水の地球化学的評価試験(PC試験)に継続参加中である。

(2) スウェーデンとの共同研究

スウェーデンSKB(核燃料廃棄物管理会社)とのHRL(Hard Rock Laboratory)における共同研究に関し、プロトタイプ処分場プロジェクト(PRIP)については、人工バリア及び周辺岩盤の挙動のデータ取得を継続した。TRUE Block Scaleプロジェクトについては、トレーサー試験周辺岩盤の主要な割れ目や周辺の微小割れ目などを考慮した亀裂ネットワークモデルに基づいてトレーサー試験の予測解析を実施した。また、11月3日にストックホルムで開催された技術会議に出席した。

(3) 米国との共同研究

米国DOE(エネルギー省)各研究所との共同研究を実施している。LBNL(ローレンスバークレー国立研究所)とは、水理・物質移行にかかわるサイト特性調査及び予測技術に関する共同研究として、幌延深地層研究計画及びエスポ地下研究所HRL(スウェーデン)で取得されたデータを用いたモデルの改良及び解析を継続した。PNNL(パシフィックノースウエスト国立研究所)とは、ホウケイ酸ガラス中のトリウム溶解度制限固相の把握、シリカ系での3価のアクチニド元素の挙動に関わる熱力学データの検討を継続して実施している。SNL(サンディア国立研究所)とは、岩盤中への拡散現象、コロイド移行挙動等に関する実験研究、不確実性評価についての共同研究を継続している。

UCB(カリフォルニア大学バークレー校)との高レベル放射性廃棄物処分場の広域安全評価モデルの統合化に関する共同研究について、2004年度中間報告会(2004年12月22日、東海)を開催し、共同研究の進捗を確認するとともに、2005年度以降の計画について協議した。

(4) カナダとの共同研究

カナダAECL(原子力公社)との共同研究については、地下研究施設(URL)でのトンネルシーリング性能試験(TSX)におけるデータ取得を終了し、2003年度末に開始した解体・サンプリング

を継続した。また、共同研究に関する技術会議(2004年10月18日-19日、東海)を開催し、解体・サンプリングの状況、今後の予定等について確認した。

(5) その他の国際協力

多機関が参加している国際プロジェクトDECOVALEX(熱-水-応力-化学連成モデルの開発確認に関する国際共同研究)に関して、5つあるタスクの内結晶質岩における掘削影響領域(EDZ)のHMCに関する研究(TaskB)についての会議が開催され(2004年11月28日-29日、京都)、実施方法・計画等について協議した。

OECD/NEA熱力学データベースプロジェクト・フェーズに継続して参画した。

アジア地域での地層処分分野における研究開発協力に関しては、韓国原子力研究所(KAERI)と、地質環境調査に係る第1回技術検討会議(2004年10月19日-20日、瑞浪)並びに熱-水-応力連成に係る情報交換会議(2004年10月25日、東海)を開催し、当該分野における両国の現状について意見交換を図るとともに、今後の進め方などについて協議した。

4. 関係機関との協力

電力中央研究所とは堆積岩の変質作用に関する検討等4項目についての共同研究を継続実施した。このうち、コントロールボーリング技術の現地適用性検討では、コントロールボーリングによる掘削を542mまで実施した(2004年12月末現在)。

5. 研究成果の公的資源化

2005年度半ばにおける研究開発成果の取りまとめに向けて報告書の構成・目次案などを検討した。

2つの深地層の研究施設計画が、その第1段階である地上からの調査研究段階から第2段階である坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階へとさしかかるのを機に、国内外の専門家から一般市民までの参加を得て「深地層の研究施設計画に関する国際会議」を開催した(岐阜県瑞浪市にて2004年10月21日-22日、北海道幌延町にて2004年10月25日-26日)(幌延地区の様子は、

<http://www.jnc.go.jp/zhoronobe/forum/04/workshop.html>にて公開)。2004年12月7日には、幌延町にて地域の方々を対象とした幌延フォーラムを開催した(<http://www.jnc.go.jp/zhoronobe/forum/04/forum04.html>)。

また、2004度の研究開発成果の進捗等の報告を目的とした「地層処分技術に関する研究開発報告会」を2005年3月8日に開催することとし、その準備を開始した。

(本社：経営企画本部 バックエンド推進部)