



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

原子力長期計画等に示された役割分担に基づき、関係機関との協議も踏まえ、研究開発の全体計画を見直し、課題評価委員会(2001年7月24日、8月22日)に諮った。全体計画では、地層処分に対する国民の理解に資することはもとより、処分事業の円滑な推進と安全規制に反映するための基盤的な研究開発として、「実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認」、「地層処分システムの長期挙動の理解」の二つの目標を設定し、当面の5ヵ年に焦点をあてつつ、今後20年程度の個別研究課題と進め方を示した。また、第1四半期で見直しを行った中長期事業計画の高レベル放射性廃棄物処分研究関連部分の英訳版を作成した。関係機関との協力の推進の一環として、電力中央研究所との研究協力会議を開催した(2001年9月4日)。

1. 地層処分研究開発

1.1 処分技術の信頼性向上

人工バリア周辺でのガス移行挙動に関する研究では、ガスの移行経路を評価するため、X線CTを用いた可視化手法及び画像処理手法に関する調査を継続した。

緩衝材の連成挙動に関する研究では、これまでの熱-水-応力の三連成挙動に基づいて、さらに化学現象を考慮できるように熱-水-応力-化学の四連成挙動評価モデルの開発を開始した。

緩衝材の流出に関する研究では、緩衝材流出試験設備を用い、亀裂幅をパラメータとして、緩衝材の流出挙動並びに流出密度を把握するための試験を継続した。また、コンクリートを処分場を使用することを想定し、高pH溶液によるベントナイトの変質挙動評価のため、アルカリ溶液中でのモンモリロナイト溶解速度把握試験を継続した。

オーバーパック材料の腐食評価に関する研究では、セメントの使用を想定し、高pH環境での炭

素鋼の腐食試験を継続した。また、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的研究を継続した。

ナチュラルアナログ研究(地層処分想定される現象(廃棄体からのウラン核種の移行挙動等)と類似した自然界での現象(天然ウランの移行挙動等)についての研究)では、オクロ鉱床等の鉱物分析を継続した。

1.2 安全評価手法の高度化

水理・物質移行に関する研究では、多孔質媒体水理試験装置(MACRO)を用いた塩水浸入試験を実施するための準備作業として、充てん材として使用するガラスビーズの水理特性を取得するための試験を実施した。また、亀裂状媒体水理試験装置(LABROCK)については、透水トレーサ試験を実施し、10月に開催される土木学会での発表準備を行った。

性能評価研究に関しては、沿岸海域を核種放出域とする生物圏評価の代替モデルに関する感度解析を継続した。また2001年6月に、IAEA主催の「地層処分に關わる安全基準文書の作成のための専門家会議」において発表した「第2次取りまとめにおける線量/リスク以外の指標の適用例」に関する論文を、IAEAのTECDOC用に投稿した。

地層処分放射化学研究施設においては、緩衝材中のPbの拡散試験、緩衝材中のCsの拡散に及ぼすイオン強度の影響評価試験、還元条件下での緩衝材中のNpの拡散試験、Npの溶解度に及ぼすフミン酸及び炭酸の影響評価試験、Npの溶解度積に関する試験を継続した。

博士研究員による研究、先行基礎工学研究及び核燃料サイクル公募型研究では、各々、以下の成果が得られた。

博士研究員による研究では、「セグメント構造を

考慮した割れ目系の三次元形態の推定法および水理モデルの構築手法に関する研究」において、粘土及びアクリルを用いた断層発生に関する室内実験を行うとともに、採取したサンプルの破碎構造の解析を実施した。一方、「人工・天然バリアにおける核種拡散過程の定量解析と放射性廃棄物処分安全評価への応用」において、イオン強度をパラメータとしたスメクタイトに対するSr及びIの透過拡散試験を継続するとともに、これまでに得られた成果をMigration '01国際会議（2001年9月17日）で発表した。さらに、「コロイドの固相表面への付着現象を考慮した多孔質媒体中でのコロイドの移行メカニズムの解明および核種移行評価モデルの開発」において、モデル開発による重要因子の抽出と整理を行った。

先行基礎工学研究で実施している「緩衝材特性モデルの高度化に関する基礎研究」においては、緩衝材中の溶質の拡散挙動を分子動力学と均質化法を組み合わせた手法によりモデル化するため、スメクタイト - 水系での分子動力学計算及び緩衝材の間隙構造モデルを仮定した均質化計算を継続した。その成果を、粘土科学討論会（2001年9月14日）、日本原子力学会秋の年会（2001年9月21日）、Migration '01国際会議（2001年9月17日）において発表した。

核燃料サイクル公募型研究で実施している「固液界面におけるアクチノイドイオンの酸化還元反応メカニズム」においては、アクチノイドイオン、特にNp(V)のFe(II)含有鉱物界面での酸化還元メカニズムを解明するための実験を継続した。また、「沿岸部帯水層内の古海水の地球化学的分析とその挙動に関する調査研究」においては、原位置で採取した岩石コア資料分析を継続した。

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

天然事象が地質環境へ与える影響の事例研究のうち、地形変化予測手法の整備については、丘陵の地形変化速度に関する調査及び地形発達シミュレーションに関する作業を実施した。地殻変動予測手法の整備については、シミュレーション手法の文献調査を実施した。地殻温度構造調査手法の整備については、西南日本の地殻温度構造に関する調査及び温泉ガスのヘリウム同位体比測定を実施した。火山活動の熱的影響調査については、火

砕流発生に伴う熱的影響に関する調査を実施した。震源断層調査手法の整備については、震源断層調査に関するリニアメント判読作業を実施した。断層周辺岩盤の影響調査については、文献調査を実施した。

将来予測手法システムの構築のうち、水理モデル・地球化学モデルの統合化については、モデル統合解析のためのデータベースの作成を継続した。東濃地域の古水理地質学的変遷の把握については、岩石及び地下水試料を採取し、処理を行った。地殻温度構造ワーキンググループ（2001年8月7日）、震源断層調査ワーキンググループ（2001年8月9日）及び地質環境の長期安定性研究検討部会（2001年8月28日）を開催した。

2.2 地質環境特性に関する調査研究

(1) 東濃鉱山における試験研究

岩盤の力学的安定性に関する研究については、三次元応力場の同定手法に関する研究及び双設坑道安定性評価試験の実施計画・仕様を検討した。長期岩盤挙動調査では、長期クリープ試験の3回目の性能試験を実施した。また、岩盤長期挙動研究中間報告会を実施した（2001年7月31日）。岩盤の長期観測については、定期観測を実施し、データをまとめた。試錐孔の劣化調査として、月1回の定期観察を実施した。地層科学研究所との共同研究（原位置長期岩盤挙動計測システムの開発）については、東濃鉱山坑内の4本の試錐孔（各10m）にひずみ計、間隙水圧計及び傾斜計を設置し、モニタリングを開始した。

坑道周辺の地質環境特性に関する研究については、坑道周辺の水理学的掘削影響に関する研究として、坑道周辺の3本の試錐孔において間隙水圧のモニタリングを実施した。不飽和領域に関する研究では、東濃鉱山坑内に2本の試錐孔（各20m）を掘削し、原位置適用試験を開始した。坑道周辺の地球化学的調査では、岩芯の分析を実施した。産業技術総合研究所との共同研究（岩盤の力学的特性に関する計測・評価方法の研究）の準備作業を実施した。

岩盤中の物質移行に関する研究では、地下水の化学組成のデータを熱力学的手法を用いて解析した。

月吉断層に関する研究では、断層部の地球化学的研究（月吉断層を対象とした地質学的・古水理

地質学的特性調査)の準備作業を実施した。

核燃料サイクル公算型研究で実施している「亀裂性岩盤の不飽和領域における水の流動とそれに伴う微生物のバイオフィルムの形成および物質の移動に関する研究」では、主に亀裂を有する不飽和堆積岩を用いた水分浸透実験を実施し、その吸水過程をTDR(Time Domain Reflectometry)法により計測した。その結果、堆積岩のような多孔質媒体では、その現象は土質分野で用いられるPhilipの式に従うことが分かった。

(2) 広域地下水流動研究

地質構造調査として、試錐調査結果(2孔)の取りまとめを実施するとともに、2002年度に計画している弾性波探査の測線設定作業を実施した。

水理調査では、既存の1,000m級試錐孔における水理試験を開始した。また、表層水理定数観測システムによる観測を継続するとともに、2001年度の表層水理調査の仕様を検討した。更に、表層水理研究におけるポイントデータ(小流域の涵養量)の代表性について検討した。

地下水の地球化学調査では、既存の1,000m級試錐孔における採水試験を開始した。

長期観測では、既存の試錐孔における水位観測及びMPシステム(多点式間隙水圧測定装置)を用いた水圧・水質観測を継続した。既存の試錐孔(2本)へのMPシステムの設置については、1本は現場作業を実施し、1本は孔壁崩壊の対策を検討した。また、既存の試錐孔(1本)における水圧・水質観測装置の設置の準備作業を実施した。

地質環境のモデル化・解析については、2000年度に行った地下水流動解析結果を取りまとめ、2001年度の水理地質構造のモデル化及び地下水流動解析の実施計画を検討した。

2.3 調査技術開発

(1) 調査技術研究

アクロス(Accurately Controlled Routinely Operated Signal System:精密制御定常信号システム)技術を活用した地表調査法の開発として、電磁アクロス最適化信号送信機製作の準備作業を行った。アクロスアレイ観測試験として、主受振器アレイ用受振器の検定準備を行った。

(2) 年代測定技術開発

ペレトロン年代測定装置により、試料の¹⁴C定常分析を実施した〔255試料(社外からの依頼分24試

料を含む)〕。

試料前処理技術開発では、骨・歯試料前処理技術開発として、既知試料による確認試験を行った。前処理ラインにおける微量グラフィット定量技術の開発では、微量試料用反応管による反応試験結果を取りまとめた。

2.4 超深地層研究所計画

(1) 超深地層研究所における調査研究

岐阜県瑞浪市の東濃地科学センター用地内(正馬様洞)において、「地表からの調査予測研究段階」の研究を行っている。

試錐調査では、深度800mの試錐孔の掘削を終了し、水理試験及び採水試験を実施した。また、この試錐孔を利用した月吉断層を対象にした水理特性調査のため、水理試験、揚水試験、BTV(ボアホールテレビ)による観察及び物理検層を実施した。

地質構造調査では、VSP(Vertical Seismic Profiling)探査に使用する試錐孔(110m)の掘削を開始するとともに、超深地層研究所計画用地における反射法地震探査の再解析結果の取りまとめを実施した。

水理調査として、モデル流域への電磁流量計の設置作業を実施した。長期揚水試験の準備作業を行った。表層水理定数観測システムによる観測を継続した。

地下水の地球化学調査として、2001年度の河水・雨水の水質モニタリングを開始した。

長期観測として、2001年度に掘削した深度800mの試錐孔へのMPシステムの設置計画書の作成を行った。既存の試錐孔における水位観測及びMPシステムを用いた水圧・水質観測を継続した。

力学特性調査として、本年度掘削した1,000m級試錐孔の岩芯の採取及び室内試験を実施した。また、断層周辺岩盤を対象としたDSCA(Differential Strain Curve Analysis method)試験の契約手続きを実施した。

地質環境のモデル化・解析については、2000年度に行った地下水流動解析結果を取りまとめ、2001年度の水理地質構造のモデル化及び地下水流動解析の実施計画を検討した。また、力学的掘削影響予測解析の岩盤力学モデルを作成した。応力集中に伴う岩盤破壊のモデル化の研究については、室内試験を実施した。現在取りまとめ中の岩芯を用

いた室内試験（DSCA試験，ジョイント剪断試験）の結果から，岩盤力学モデルを作成した。

(2) 研究計画の情報普及化技術

研究計画の理解促進のためのヴァーチャルリアリティ技術の適用については，2001年度に実施するソフトウェアの改良及びシステム活用方を検討した。また，ヴァーチャルリアリティシステムを地域行事に出展した。

(3) 施設設計および建設管理

地下施設設計では，詳細設計に必要な設定条件（掘削スケジュール，掘削方法，掘削サイクル時間等）について検討した。地上施設設計では，設計の基本条件を整理した。

用地内の整備では，環境調査，用地内整備作業を実施した。

2.5 幌延深地層研究計画

2001年7月18，19日に，北海道庁，幌延町に対し，協定に基づく2000年度調査研究成果説明を実施した。また，2001年7月26日に，地域住民を対象として，2000年度調査研究成果及び2001年度調査研究計画の説明を実施した。

2001年度調査研究計画に基づく具体的な現地調査として，地上物理探査，地質調査，環境調査を幌延町有地，民有地について実施するとともに，試錐調査地点を選定した。

調査未実施の国有林，北海道大学天塩研究林については，今後の調査の実施に向け，理解活動を推進している。

また，2001年8月28日に，幌延町及び議会関係者に対して勉強会を行い，2001年度の現地調査の結果の中間報告と試錐調査位置選定の考え方を説明した。

現在，試錐調査を実施すべく2001年9月25日より準備作業を行っている。

2.6 陸域地下構造フロンティア研究

2001年度より第2フェーズに移行し，研究目標を「内陸地震の発生メカニズムの解明」に一元化して下記の研究を実施した。

(1) 地震発生に関する研究

固定型アクロスによる東濃鉱山内での観測を実施した。電磁アクロスについては，東濃鉱山内の送信電極の特性調査を実施した。

(2) 地震と地下水挙動に関する深地層総合研究

第1フェーズで得られた成果を地層科学研究に活用するための打合せを実施した。

(3) 活断層帯での地殻活動研究

跡津川断層帯の研究については，広域地震観測，GPS観測及びガイドウェーブ観測を実施した。

3. 国際共同研究

スイスNAGRA（スイス放射性廃棄物管理共同組合）との共同研究の一環として，グリムゼル原位置試験場において核種移行挙動等にかかわる試験研究及び解析モデルによる評価を行うとともに，超深地層研究所計画に関する技術的検討，廃棄物中のインベントリにかかわる相互評価，並びに第2次取りまとめの技術的な信頼性を裏付けるための検討を目的とした第2次取りまとめと諸外国の安全評価を比較する報告書の作成を継続して実施している。また，2001年度の研究計画に関するNagraからの提案を検討した。超深地層研究所計画技術検討会議を開催した（2001年8月31日）。さらに，Mt. Terriプロジェクトでは，サイクル機構が参加している原位置試験及び地球化学モデリングの取りまとめを継続し，新協定書の締結手続きを行った。

スウェーデンSKB（スウェーデン核燃料廃棄物管理会社）との共同研究では，エスポ地下研究所HRL（Hard Rock Laboratory）における原位置での工学技術の実証試験や，プロトタイプ処分場プロジェクト（PRP）における連成挙動に関する予測解析，ブロックスケールにおける物質移行トレーサ試験（TRUE:Tracer Retention Understanding Experiments）結果の解析を継続して実施している。また，埋戻し技術の要件に関するワークショップに参加し，研究成果に関する議論を行った（2001年8月27～29日）。

米国DOE（エネルギー省）とは，2001年度からのLBNL（ローレンスパークレー国立研究所），LLNL（ローレンスリバモア国立研究所），PNL（パシフィックノースウェスト国立研究所）及びSNL（サンディア国立研究所）の4研究所との間での研究協力について，内容の調整，研究計画の策定を進め，各個別の技術協力にかかわる協定案（Annex）を取りまとめ，締結手続きを進めている。また，2001年12月に更新時期を迎えるDOEとの協力協定について，更新のための調整を開始した。米国SNLとの共同研究では，長期揚水試験予測解

析及び不確実性解析を行った。

AECL（カナダ原子力公社）との共同研究については、地下研究施設（URL）におけるトンネルシーリング性能に関する試験について、温水注入等によるフェーズ2試験への参加にかかわる協定案を両者間で調整した。

フランスANDRA（放射性廃棄物管理機関）との研究協力については、ピュール地下研究所における岩盤クリープ及び地球化学にかかわる共同研究協力について技術協力協定の締結作業を継続して実施中。

また、アジア地域での地層処分分野における協力について、8月に韓国にてKAERI（韓国原子力研究所）との間で2機関協力のための枠組み構築について協議を行った。またDOEが提案しているアジア地域での多国間による地層処分技術に関する研究協力について検討を進めるとともに、8月に韓国にて地下研究施設及び性能評価に関する技術情報交換を行った。

4. 研究成果の公的資源化

地層処分研究開発成果を取りまとめた報告書「第2次取りまとめ」に関しては、希望者への報告書の配布、大学等の講義で使用したいとの要望に応じた提供、サイクル機構ホームページへの掲載

（和文・英文）等により、国内外への情報提供を継続した。報告書の概要を一般向けに解説したビデオやパンフレット等についても、希望者や関係機関のほか、大学等の講義で使用したいとの要望に応じた提供を継続した。

雑誌「科学」の2000年11月号と2001年3月号に掲載された、地層処分問題研究グループ（高木学校+原子力資料情報室）による第2次取りまとめへの批判論文に対して、サイクル機構の見解を「科学」に投稿した。

また、資源・素材学会誌の環境工学特集号（10月を予定）に向けて投稿した第2次取りまとめに関する4件の総説が、査読を経て資源・素材学会に受理された。

ヴァーチャルリアリティ技術を応用した「体感型」の情報普及システムとして東海事業所の展示館で運用している地層処分体験システム「ジオフューチャー21」については、当四半期の入場者数が1,500名にのぼり、運用を開始した1999年12月からの累計がのべ1万4千名を超えた。この地層処分体験システムの上映内容を収録したCD-ROMについては、国内外の関係機関等への配布を継続した。

（本社：経営企画本部
バックエンド推進部）