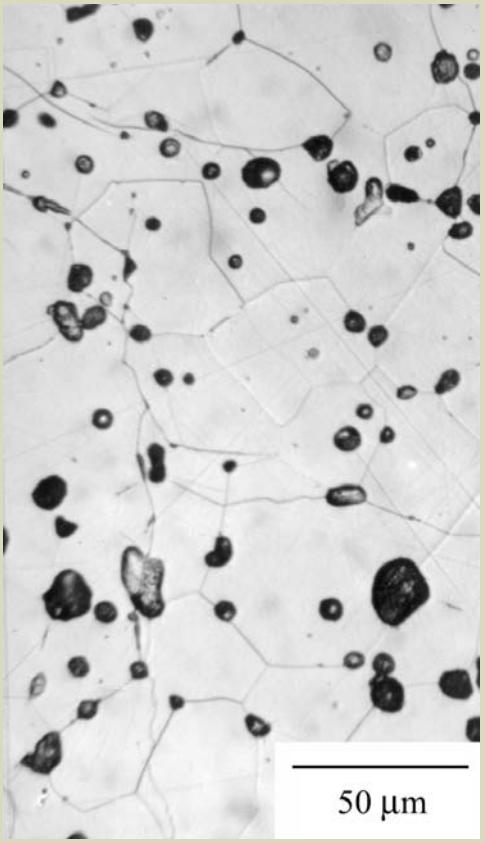
JNC TN1340 2005-002

ISSN 1344-4239

サイクル機構技報

JNC Technical Review

No.28 2005.9



5%Am含有MOXペレットの光学顕微鏡写真
（製造条件最適化）

サイクル機構技報

No.28 2005年 9 月

目　次

巻　頭　言

サイクル機構　理事　菊田　滋

技　術　概　説

幌延深地層研究計画の現状　中山　雅　1

技　術　報　告

遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発 …… 9
吉持　宏　石　洋平　関　崇行
門藤　健司　関根　伸一　小山　真一

東海再処理施設における液体廃棄物の放出モニタリングについて …… 21
水谷　朋子　宮河　直人　武石　稔

核種移行データベースの利用環境整備の現状 …… 27
笹本　広　吉田　泰　磯貝　武司　陶山　忠宏
神徳　敬　柴田　雅博　油井　三和

ガラス固化技術開発施設（TVF）における溶融炉技術開発　小坂　哲生　冨永　節夫　35

超深地層研究所計画における弾性波探査手法の適用性評価　松岡　稔幸　石垣　孝一　41

研　究　報　告

高レベル放射性廃棄物処分における天然現象影響評価技術の高度化 …… 53
川村　淳　牧野　仁史　梅田　浩司
瀬尾　俊弘　石丸　恒存　大澤　英昭

ショートノート

中性子・γ線用臨界検出器の開発　辻村　憲雄　吉田　忠義　石井　雅人　65

会　議　報　告

敦賀国際廃止措置セミナー　～地域との共存・共栄を目指して～　－2005年 5 月21日開催－　67
飯島　隆　入江　勤

平成17年度第 1 回社内公募型研究推進連絡会　－2005年 5 月30日開催－　永田　武光　70

成果展開事業等の技術移転活動と拡大オープンセミナー　－2005年 6 月 9 日, 28日, 30日開催－　73
佐々木修一

大学等との研究協力制度にかかわる2005年度研究成果報告会　－2005年 7 月12日開催－　75
亀田　昭二

核燃料サイクル創造的工学研究報告会（平成17年度第 2 回社内公募型研究推進連絡会を兼ねる）　80
－2005年 7 月28日開催－　永田　武光

第 3 回 原研－サイクル機構合同安全研究成果報告会　－2005年 7 月29日開催－　佐藤　義則　85

JNC Technical Review

No.28 2005.9

CONTENTS

概　況　報　告

高速増殖炉サイクルの研究開発
　高速増殖原型炉「もんじゅ」の研究開発 …… 89
　高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究 …… 93
　高速増殖炉の研究開発 …… 95
　高速増殖炉燃料の研究開発 …… 99
　高速増殖炉燃料再処理技術の研究開発 …… 101
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 …… 103
軽水炉燃料再処理技術の研究開発 …… 109
環境保全技術開発 …… 112
核物質管理と核不拡散対応 …… 117
安全管理と安全研究 …… 118

国　際　協　力

国際会議，海外派遣・留学，主要外国人の来訪，国際協力，余剰兵器解体プルトニウム処分協力 …… 123

活　動　報　告

業務品質保証活動 …… 125
外部発表 …… 126
技術情報管理，情報システム …… 133
大学等との研究協力，社内公募型研究 …… 134
技術協力・技術移転，開発技術の利用・展開，施設・設備の供用，国内技術協力研修 …… 140
特許・実用新案紹介 …… 142

あ　と　が　き

技術展開部長(サイクル機構技報編集委員長)　緒方　義徳

サイクル機構技報

No.28 2005年9月

表紙の全体デザインと色調

全体デザインは，「サイクル機構による情報発信」をイメージしたものです。
萌葱色(もえぎいろ)を基調とした色調は，「サイクル機構における新たな萌芽」を表現したものです。

表紙の画像

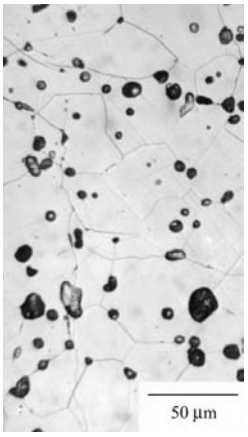
5%Am-MOXペレットの光学顕微鏡写真（製造条件最適化）

この写真は，アメリシウム（Am）を5%含有した混合酸化物（MOX）ペレットの横断面組織を光学顕微鏡（×400）で観察したものです。この燃料ペレットは，環境負荷低減，資源有効利用などに対してその効果が有望視されている，マイナーアクチニド（MA）元素や核分裂生成物を含む低除染燃料製造の要素技術開発として進めているものです。

Amは，比放射能が高いため作業者の被ばく防止の観点から遮へいを施したセル等で，遠隔操作で取扱う必要があります。

Amを含有したペレット製造当初は，ペレットの割れ，低密度化，内部の不均質化などの問題が発生しましたが，これらを防ぐために粉末の粉砕混合条件の見直し及び抑え抜き成形法といったペレット成形時の工夫，更にはペレット焼結時の昇降温速度，酸素分圧の制御などのプロセス条件を最適化した結果，約5%までのAmを含有するMOXペレットについて，遠隔での製造の見通しを得ました。本研究開発は，将来の低除染高速炉燃料に対して考えられているホットセルでの遠隔製造システムの先駆的な役割を有しています。

関連する技術報告タイトル：遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発



1,700℃×3h
5%H_2-Ar(2,000ppm水分加湿)

画像提供：大洗工学センター
燃料材料試験部

本誌及びバックナンバーの内容を核燃料サイクル開発機構インターネットホームページ内に掲載しています。

〔アドレス〕 http://jserv-internet.jnc.go.jp/
または http://www.jnc.go.jp/siryou/gihou/main.html

本誌の全部又は一部を複写・複製・転載する場合は，編集発行元へお問い合わせください。

核燃料サイクル開発機構 技術展開部 技術協力課
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4-49
©核燃料サイクル開発機構 2005

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section, Technical Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan
©2005 JAPAN NUCLEAR CYCLE DEVELOPMENT INSTITUTE

ー巻頭言ー

サイクル機構技報No.28に寄せて

理事　菊　田　　滋

核燃料サイクル開発機構は，動力炉・核燃料開発事業団を引継いで1998年10月に発足してから，高速増殖炉及びこれに必要な核燃料物質の開発，核燃料物質の再処理，高レベル放射性廃棄物の処理及び処分に関する技術の研究開発を進めてまいりました。サイクル機構技報は，このような業務の活動状況，技術動向及び研究開発成果等を広く外部に公表し，機構業務に対する国民の皆様への理解促進と成果の普及等を目的に，研究開発成果報告書として定期的に刊行してまいりました。

1998年12月，サイクル機構技報の第１号を刊行して以来，毎年度四半期ごと定期的に刊行し，2005年９月号で第28号を数えることとなります。その内容は機構内の各研究者，技術者が取組んでおります最新の研究成果を取りまとめた研究報告，技術開発成果を取りまとめた技術報告，そして各事業部門における業務の概況，活動状況，会議報告等の概要をとりまとめた活動報告で構成されております。

サイクル機構技報には,通算してこれまで300編を超える研究及び技術報告を掲載するとともに，機構業務の重要なテーマや，特定プロジェクトについて特集を組み，別冊として発刊し，紹介してまいりました。

また，機構の研究開発業務全般にわたる活動状況について，継続的かつタイムリーに報告書をとりまとめ，国，自治体，産業界，大学等社内外の関係者に広く配布，公表することによって，機構業務の理解促進に努めてまいりました。サイクル機構技報が，皆様方の理解促進，活用等に多少なりともお役に立つことができましたならば幸甚と存じます。

核燃料サイクル開発機構は，来る2005年10月に日本原子力研究所と統合し，新たに独立行政法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）として発足いたします。原子力機構におきましてもその業務目的達成のために，研究開発業務に係る成果を普及し，その活用促進をはかることはなお一層重要であり，最新の成果情報をわかりやすく簡潔にとりまとめて発信していく計画でおります。

関係各界各位の皆様方には，サイクル機構技報の編集，刊行に際しまして多くのご指導，ご協力を賜り，感謝申し上げるとともに，新たに発足する原子力機構におきましても引き続きご指導，ご鞭撻を賜りますよう重ねてお願い申し上げます。

資料番号：28－1

技術概説

幌延深地層研究計画の現状

中山　雅
幌延深地層研究センター

Current Status of the Horonobe Underground Research Laboratory Project

Masashi NAKAYAMA

Horonobe Underground Research Center

幌延深地層研究センターでは，2000年度より幌延深地層研究計画を進めている。本研究計画では，高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の信頼性向上に向けて,「幌延を例とした地表から地下深部までの具体的な地質環境の例示」,「地層処分技術の実際の地質環境への適用による信頼性の確認」及び「深地層を実際に体験できる場として整備」すること，を目標としている。本研究計画は,「地上からの調査研究段階（第１段階)」,「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第２段階)」,「地下施設での調査研究段階（第３段階)」の３段階に分け，約20年間の予定で進めている。これまで，第１段階の研究として，地質・地質構造，地下水の地球化学，地下水流動，岩盤力学などの各分野に関わる調査・研究を実施してきた。本稿では，これまでの研究の成果を中心として本研究計画の現状について報告する。

Horonobe Underground Research Center has been conducting the Horonobe Underground Research Laboratory (URL) project since 2000. The technical aims of the project are presenting concrete geological environment as an example of sedimentary formation in Japan and confirming reliability of technologies for geological disposal of high level radioactive waste by applying them to actual geological condition of sedimentary formation. Meanwhile, the social aim is providing opportunities for the general public to experience actual deep underground circumstance and conducting research and development activities there.

Research and development activities are planned over three phases that will span over a duration of about 20 years in total. These include the 1st surface-based investigation phase, the 2nd URL construction phase and the 3rd operation phase.

This report presents the outline of the project and the results of the investigations of 1st phase from 2000 to 2004.

キーワード
幌延深地層研究計画，地層処分，地層科学，地質環境，地質・地質構造，地下水流道，地下水の地球化学，岩盤力学

Horonobe Underground Research Laboratory Project, Geological Disposal, Geoscientific Research, Geological Environment, Geology and Geological Structure, Hydrogeology, Hydrochemistry, Rock Mechanics

１．はじめに

幌延深地層研究計画は，サイクル機構が進めている深地層の研究施設計画[1)]のひとつであり,研究対象地層は新第三紀の堆積岩である。

中山　雅
幌延深地層研究センター
深地層研究グループ
副主任研究員
地層処分研究開発，特に処分技術の信頼性向上に向けた研究開発業務に従事。
博士（工学）

本研究計画では，高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の信頼性向上に向けて,「幌延を例とした地表から地下深部までの具体的な地質環境の提示」,及び地質環境調査技術,地層処分の工学技術,安全評価手法といった「地層処分技術の実際の地質環境への適用による信頼性の確認」を技術的目標としている。また，一般の人を含めて多くの人に地下深部に入ってもらい,「深地層を実際に体験できる場として整備」することを社会的目標に掲げている。

本研究計画の成果は，東濃地科学センターにお

ける深地層の科学的研究（地層科学研究）の成果，東海事業所で実施している地層処分研究開発の成果，及び国際共同研究の成果と併せて，実施主体が行う処分事業及び国が行う安全規制の策定等に反映する。

2．計画の概要

幌延深地層研究計画は，調査研究の開始から終了までおよそ20年の計画であり，「地上からの調査研究段階（第１段階）」，「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第２段階）」，「地下施設での調査研究段階（第３段階）」の３つの段階に分けて実施する。幌延深地層研究計画における地層処分技術に関する研究開発は，地層科学研究及び地層処分研究開発に分けられる。

地層科学研究として，

(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) 地質環境の長期安定性に関する研究
(4) 深地層における工学的技術の基礎の開発

の４課題，地層処分研究開発として，

(1) 処分技術の信頼性向上
(2) 安全評価手法の高度化

の２課題を設定している。

3．これまでの経緯

1998年12月にサイクル機構から北海道及び幌延町に「深地層研究所（仮称）計画」の申し入れを行った。2000年10月に受け入れが表明され，同年11月に北海道，幌延町及びサイクル機構の間で「幌延町における深地層の研究に関する協定」を締結した。この協定では，

・研究実施区域に放射性廃棄物を持ち込むことや使用することはしない
・深地層研究所を放射性廃棄物の最終処分を行う実施主体へ譲渡，貸与しない
・研究終了後は地上の施設を閉鎖し，地下施設を埋め戻す
・研究実施区域を将来とも放射性廃棄物の最終処分場とせず，幌延町にガラス固化体の中間貯蔵施設を将来とも設置しない

こと等が明記されている。

2001年３月には，幌延町における調査に着手した。同年４月には幌延深地層研究センターを開設し，本格的な調査研究を開始した。2002年７月には2001年度の調査結果等に基づき，今後の調査研究の主な対象地区となる研究所設置地区を幌延町北部の北進地区に選定した[2)]。2003年３月には研究所設置地区内に，地上及び地下施設を建設するための用地を取得し，2003年度に第Ⅰ期，2004年度には第Ⅱ期の造成工事を行った（写真１）。

なお，造成工事にあたっては，埋蔵文化財の有無の確認のための調査を行った後に着工した。また，動植物への影響を評価し，必要な保全措置（エゾサンショウウオの卵塊の移動（写真２），ハイドジョウツナギの移植）を行った。

今後の地下施設の建設については，2005年度に第Ⅲ期の造成工事に続いて，立坑の掘削を開始する予定である。

4．幌延の地質環境の特徴

天北堆積盆の東端部に位置する幌延町には，その東部に蝦夷累層群を含む中生代の地層と神居古潭帯に属する変成岩・堆積岩類が分布する。幌延町の中央部から西部に向かっては，白亜紀の地層を基盤としてそれを不整合に覆う古第三紀堆積岩

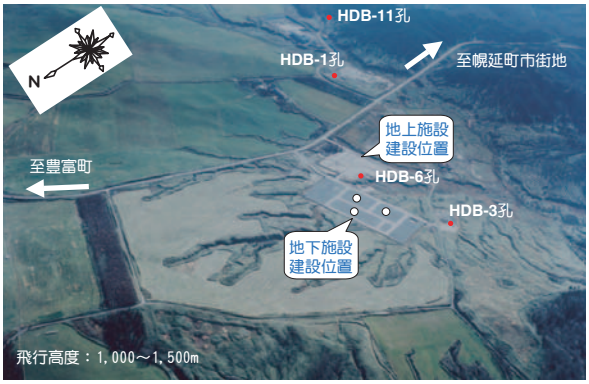


写真１　研究所用地（平成16年11月撮影）

写真２　エゾサンショウウオの卵塊

類，白亜紀と古第三紀の地層を不整合に覆う新第三紀堆積岩類（宗谷炭層，鬼志別層，増幌層，稚内層，声問層），及び新第三紀末から第四紀にかけての堆積岩類（勇知層，更別層，段丘堆積物）が分布する[3),4)]。また，ほぼ南北方向の褶曲構造や断層が発達し，活断層やとう曲等の活構造も認められる。研究対象である新第三紀の堆積岩は透水性が比較的低いこと，そこでの地下水は塩水系地下水と淡水系地下水の両者が存在すること，地下水には溶存ガスが存在することを確認している。幌延深地層研究計画では，このような地質環境の特徴に着目して研究を進めている。

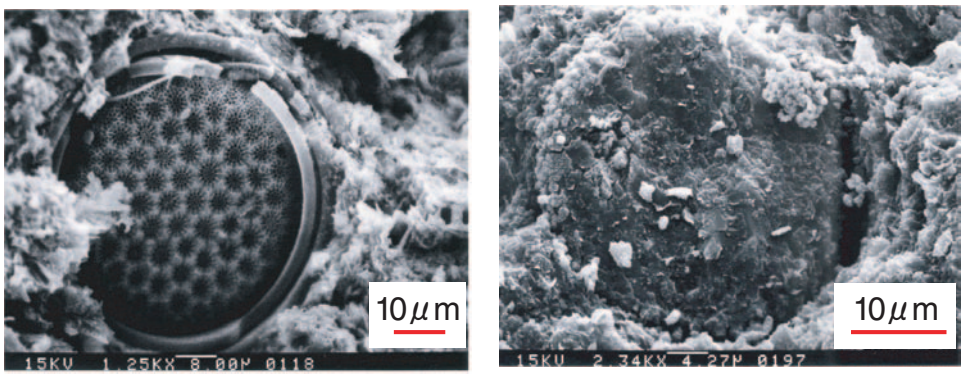
これまでの調査で得られた地質環境の特徴を以下に述べる。

主な研究対象層準は新第三紀堆積岩のうち，中期中新世の稚内層と，後期中新世～前期鮮新世の声問層である。これらの研究対象地層は単調な珪質岩であり，その埋没続成変質の程度により上下に２区分される。下位の稚内層は埋没続成変質が進み，珪藻化石がopal-CT化した硬質頁岩である。一方，上位の声問層は続成変質程度が低く，opal-Aからなる珪藻化石の形状が良く保存されている，珪藻質泥岩である（写真３）。稚内層と声問層の境界部分には，両層と遷移的な関係にある層準が存在する[4)]。また，北進地区には大曲断層が分布しているとされているが，これまでの地表踏査や物理探査，ボーリング調査ではその正確な位置や特徴を特定するには至っていない。

岩盤力学的には，稚内層と声問層は日本の新第三紀の頁岩や泥岩として一般的な岩盤力学強度を有している一方で，大きな異方性を有している。一軸圧縮強度は稚内層で20MPa程度，声問層と稚内層の遷移部分で５～20MPa程度，声問層で５MPa程度である。水圧破砕法による応力測定の結果からは，最小主応力はほぼ深度に比例して増加すること，及び最大主応力は最小主応力のほぼ1.5倍の範囲内にあることがわかった。また，最大主応力方向は幌延地域を対象とした地震のメカニズム解から推定される水平最大圧縮軸方向[5)]と概ね一致している。

透水性に関しては，原位置水理試験で得られた透水係数は稚内層では10^{-10}～10^{-5}m/s（割れ目帯）及び10^{-11}～10^{-10}m/s（健岩部），声問層で10^{-10}～10^{-8}m/sを示し，深度の増加に伴って小さくなる傾向がある（図１）。また，室内透水試験から得られた透水係数も，ばらつきはあるものの深度の増加に伴って小さくなる傾向を示した。

地下水の水質については，浅部は淡水系の地下水，深部は塩水系の地下水が存在するが，部分的には比較的深部まで天水が浸透したと考えられる淡水系地下水が確認された（図２）。酸素･水素同位体比の測定結果より，表層部の地下水はほとんどが表層から涵養した地下水であると考えられる。また，地下水の酸素・水素同位体比の深度プロファイルは，どのボーリング孔でも深度の増加に伴い大きくなる傾向を示した（図３）。図から，特にHDB-1，3孔に比べ，HDB-4，5孔は深部まで天水起源の影響を受けていると考えられる。この影響を受けていると考えられる深度は，地下水の水質分布で認められた淡水系地下水と塩水系地下水の境界深度の分布と良く一致している。



(a)Opal-Aからなる珪藻化石
(HDB-1孔，GL-288.5m，声問層)

(b)Opal-CT化した珪藻化石
(HDB-1孔，GL-528.77m，稚内層)

写真３　声問層及び稚内層における珪藻化石

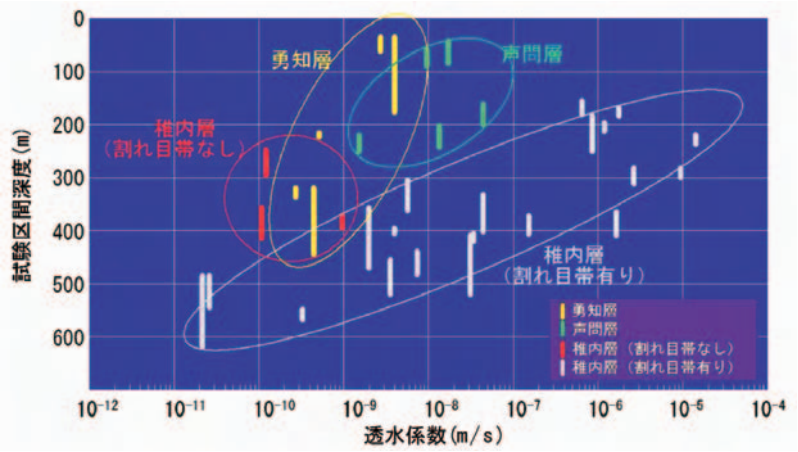


図１　透水係数の深度分布

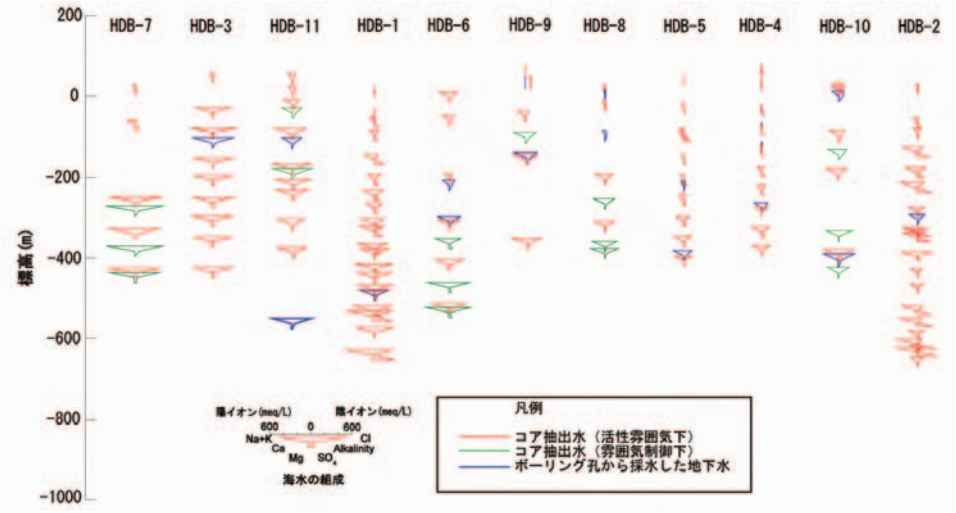


図２　地下水の水質

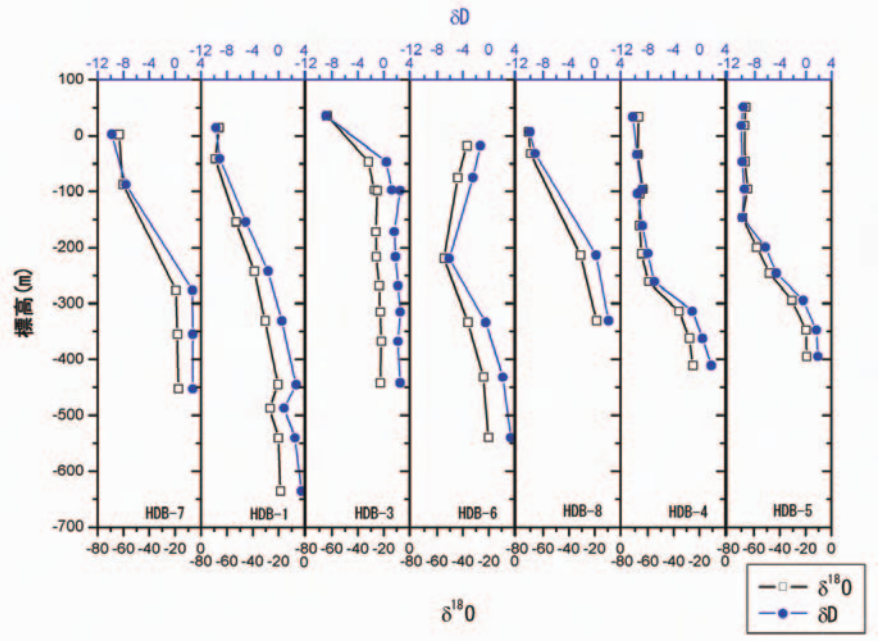


図３　酸素水素同位体比の深度プロファイル

5．調査研究の進捗状況

5.1　地層科学研究

(1) 地質環境調査技術開発

2001年度に地上からの本格的な調査研究を開始し，地表踏査，空中物理探査，地上物理探査，表層水理調査，ボーリング調査を実施し，この地区の具体的な地質環境特性について実測データを蓄積してきた。これまでに実施したボーリング調査位置を図 4 に示す。

これまでに，地質層序，岩相，地質構造，岩盤力学特性，地下水の水理特性及び地下水の地球化学特性等に関する実測データが取得され，地質環境の概略を理解しつつある。一方，これらの調査には石油・ガス関連の調査技術等を基にした調査技術や機器を使用したが，これらの調査技術や機器の一部について改善点が明らかとなり，その後も新たな知見や経験に基づいた改善点等を調査研究に反映している。

1）調査技術・調査機器開発

岩盤中での物質移行を評価するために原位置での水素イオン濃度（pH）及び酸化還元電位（Eh）のデータは必要不可欠である。これまでの調査では，揚水した地下水を地上で測定してきたため，地下水中の溶存ガスの脱ガスや，大気の影響が避けられず，信頼性のあるpH及びEhが測定できなかった。そこで，既存の水理試験装置に採水時の深度に相当する水圧環境を保持したまま採水ができる機能及び原位置でのpH，Eh，電気伝導度及び水温を測定する機能を追加した装置を開発した。

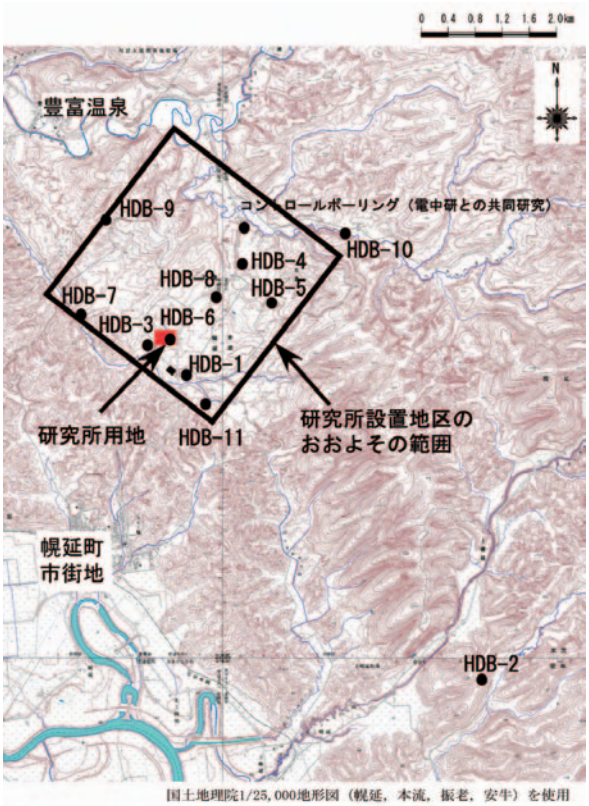


図 4　ボーリング調査実施位置

堆積軟岩を対象とした岩盤力学測定装置について，孔内水が存在する場合でも岩盤の応力状態を測定することが可能な装置の開発・改良を，北海道大学との共同研究として行った。開発した装置を用いて，ボーリング孔内で試験を行い，性能を確認した。

また，電力中央研究所との共同研究として，掘削方向や傾斜を任意に変えながらボーリングを掘削し，同時に地下水環境特性等の調査を実施可能な，コントロールボーリング技術の適用試験を北進地区で実施している(図 4)。2004年度には掘削長547.0mまで掘削を行い,掘削技術の実用化及び検層・測定技術の実用化に向けた現地適用性について確認を行った。

(2) 地質環境モニタリング技術の開発

地下水の長期モニタリングでは，地下施設建設による影響及びその後の回復過程を系統的にモニタリングするために，これまでに掘削したボーリング孔に既製のモニタリング装置を順次設置し，地下水の圧力計測等の長期観測を実施中である。この長期計測により，幌延のような地質環境に対する本装置の適用性，耐久性及び測定精度等も確認する。

東濃地科学センターにおいて技術開発が進められてきたアクロス（ACROSS:Accurately Controlled Routinely Operated Signal System）を応用した，遠隔監視システムの構築を行っている[6)]。ここで構築したシステムを地下施設の建設前から建設中、建設後まで稼動させることにより、建設に伴う周辺の地質環境の変化等を観測し、同技術の有効性を確認する。これまでに観測装置の設置に適した場所を選定するため、環境ノイズデータの解析結果をもとに、実際にアクロス信号（電磁波及び弾性波）を送信した場合の信号強度の空間分布や時間変化の検出に必要な観測時間の見積もりなどを行い、送受信装置の設置場所を決定した。2004年度には、電磁アクロスの送受信装置を設置し、地下施設建設前の状態を把握するための試験観測を

開始した。2005年度には弾性波アクロスの送受信装置を設置し，試験観測を開始する。

(3) 地質環境の長期安定性に関する研究

地層処分の長期的な安全性を確保するためには，地層処分システムの性能が長期に亘って維持されるような安定な地質環境を選定すること，天然現象による地質環境の変動を見込んで処分施設や人工バリアを適切に設計・施工し，その安全性を評価することが重要となる。そのためには，地震・断層活動等の天然現象について，その変動傾向，速度の変化及び天然現象によりもたらされる地質環境の変化を数万年以上の期間で評価・予測することが必要である。評価･予測に当たっては，過去の天然現象や現在の地殻変動を詳細に知ることが基盤となるため，それらを把握する評価手法等の研究開発を進めている。

地層に残された記録から幌延地域の地質構造発達史を明らかにするため，段丘面の分布やその形成時期の把握及び火山灰層の年代測定等を行い，地形発達史の解明に取り組んでいる。

一方，現在進行している地殻変動の特徴を把握するため，ボーリング孔内（深度138m）に1台，地表に4台の地震計を設置して観測を実施している。また，電磁探査機器やGPS観測機器を設置して，地震発生前後における地下の電磁気的性質の変化や地殻変動量等の観測を行っている。取得したデータは，防災科学技術研究所が設置した高感度地震観測網（Hi-net）[7]や国土地理院のGPS全国連続観測網（GEONET）のデータと併合処理し，震源分布，地殻変動量とその傾向に関する解析を実施している。

(4) 深地層における工学的技術の基礎の開発

工学的技術の基礎の開発として，地下研究施設の基本レイアウト及び基本的な施工計画の策定を行っている。施工計画の策定では，地下施設における調査研究の他，施設の安全性を確保するために岩盤特性に応じた地下空洞の安定性を評価するとともに，可燃性ガスの湧出を前提に施設の通気や防災対策等の検討を進めている。また，アクセス方式については，立坑方式とスパイラル方式を比較検討した結果，経済性が良く工期の短い立坑方式を採用することとし，安全性の観点から立坑3本方式とした[8]（図5）。

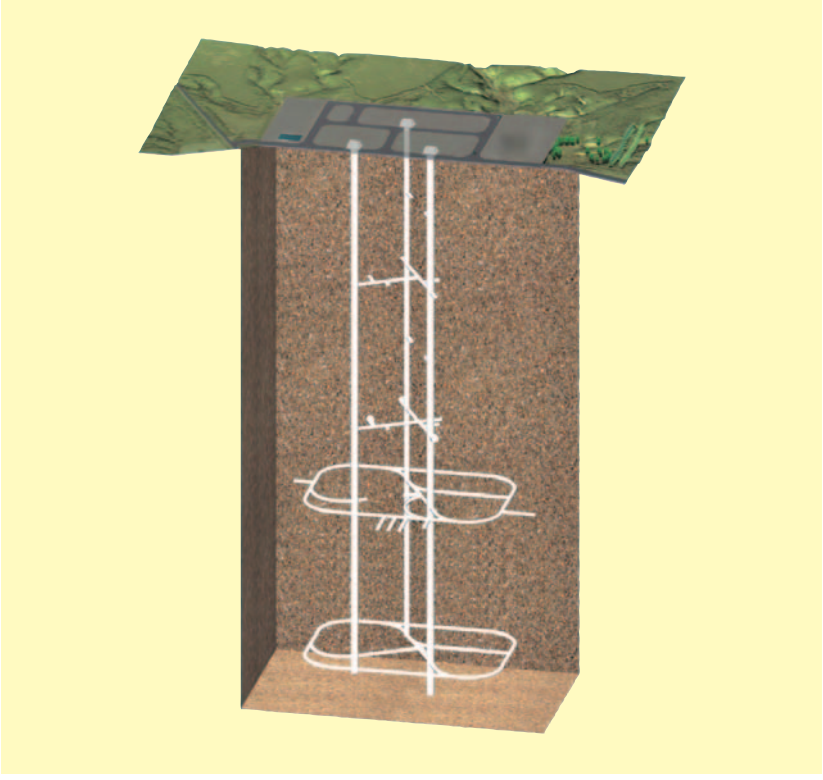


図5　地下施設レイアウトのイメージ図

このイメージ図は，今後の調査研究等の結果次第で見直すことがあります。

5.2　地層処分研究開発

地層処分研究開発については東海事業所と連携して進めており，処分技術の信頼性向上に係わる研究では，主に第２段階以降に地下研究施設を用いて行う試験研究計画の具体化のための検討を行っている。また，安全評価手法の高度化に係わる研究については，安全評価に必要なデータの項目，量，精度の確認及びモデルの適用と改良を行うこととしている。

(1) 処分技術の信頼性向上

人工バリアの搬送定置や支保工材料,坑道閉鎖，周辺岩盤を含む人工バリアの長期挙動に関して，第２段階以降に地下研究施設で行う原位置試験計画（目的，内容及びレイアウト等）の検討を進めている[9)]。

支保工材料に関する原位置試験計画の具体化のために，低アルカリ性セメントの施工性に関する室内試験を行った。施工に関しては，低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの施工試験を行い，普通コンクリートと同等の施工性を持つことを確認した。現在は目標とする低アルカリ性（pH≦11）の達成時期を確認するための試験等を行っている[10)]。

原位置試験での人工バリアの仕様を具体化するため，地下施設深部で遭遇すると考えられる塩水系地下水環境における緩衝材等として使用するベントナイト材料の力学特性に関する室内試験を行っている。ボーリング孔（HDB-6孔）から採取した地下水を用いて，一軸圧縮試験及び三軸圧縮試験等を実施し，その結果を基にオーバーパックの沈下挙動等の解析を行った。その結果，塩水系地下水環境において，オーバーパックの沈下量は10,000年後で30.9～35.4mmと見積もられた[11)]。同様の手法で,淡水系地下水環境での沈下量は30．9～31.2mmとなっており[12)]，塩水系の場合と大差ない結果が得られたが，塩水系での試験データ数が少なく解析精度が低いため引き続き試験を行い解析精度の向上を図っている。

また，第２次取りまとめ[13)]で示した人工バリア設計手法の実際の地質環境への適用性を検討するため，幌延の地質環境データを用いた人工バリアの試設計に関する検討を行った[14)]。

(2) 安全評価手法の高度化

第２次取りまとめ[15)]で示した安全評価手法の実際への地質環境への適用性を確認するとともに，その過程において安全評価に用いるモデルや評価手法を改良することにより，その信頼性を高めるために，以下の検討を進めた。

研究所設置地区及びその周辺地区について，文献情報やボーリング調査等から得られる地質環境データを用いて，取得データの安全評価への取り込み方法や取得データの増加による解析結果への影響，その不確実性の変化等について確認し，安全評価において扱うべき重要な地質環境データの項目や現象の整理並びにデータに求められる量や精度等を明らかにするための研究課題の整理を進めた。

また，東海事業所と協力して，安全評価に用いるデータの拡充のため，幌延のボーリングコアを用いて，水理／トレーサー試験及び核種の収着試験等を実施中である。

6．おわりに

幌延深地層研究計画における深地層での研究を通じて得られた成果は，処分事業の推進や国が進める安全規制の策定等へ反映する。また，多くの人に深地層やそこで行われる研究を実際に見て体験して頂くことにより，深地層の環境や地層処分についての理解を進める場としての整備を進めていく。さらに，研究を進めるにあたっては，広く国内外の機関の参加と協力を得ながら，開かれた研究を推進していく。

参考文献

1）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）：“平成13年度研究開発課題評価（中間評価）報告書”，(2001)．

2）山崎眞一，中司昇，他：“幌延深地層研究計画　平成13年度調査研究結果と研究所設置地区選定”，JNC TN1400 2002-017 (2002)．

3）保柳康一，宮坂省吾，他：“衝突帯のタービダイト相形成とテクトニクス－中新世・中央北海道の例－”，地団研専報31, pp. 265-284 (1986)．

4）岡孝雄：幌延町の地質，新幌延町史（2000)．

5）森谷武男：“北海道とその周辺における地震のメカニズム解から推定される地殻内部応力場”,月刊地球 Vol. 21, No. 9, pp557-564 (1999)．

6）大原英史，津久井朗太，他：“幌延深地層研究計画－遠隔監視システム（アクロス）の概要－”，地球惑星科学関連学会2005年合同大会予稿集（2005)．

7）岡田義光，笠原敬司，他：“Hi-net(1) 概要”，日本地震学会講演予稿集（2000)．

8）白戸伸明：“幌延における地下施設の検討状況　平成14年度地層科学研究情報・意見交換会要旨集”，

JNC TN7410 2002-006 (2002).
9) 栗原雄二, 油井三和, 他：“幌延深地層研究計画における処分技術に係わる原位置試験概念の検討”, JNC TN8400 2004-002 (2004).
10) 入矢桂史郎, 田島孝敏, 他：“幌延深地層研究センターにおけるコンクリート材料の施工性に関する研究（Ⅳ)”, JNC TJ5400 2003-008 (2004).
11) 高治一彦, 重野喜政, 他：“幌延の地下水環境下におけるベントナイト混合材料の力学特性に関する研究”, JNC TJ5400 2003-007 (2004).
12) 高治一彦, 重野喜政, 他：“緩衝材長期力学挙動構成モデルの検討（Ⅲ)”, JNC TJ8440 2003-007 (2004).
13) 核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－分冊2地層処分の工学技術”, JNC TN1400 99-022 (1999).
14) 栗原雄二, 油井三和, 他：“人工バリア等の設計検討および幌延の地質環境を条件とした原位置試験環境の検討”, JNC TN8400 2004-006 (2004).
15) 核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－分冊3地層処分システムの安全評価”, JNC TN1400 99-023 (1999).

資料番号：28ー 2

技術報告

遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発

吉持　宏　石　洋平　関　崇行*　門藤　健司
関根　伸一*1　小山　真一

大洗工学センター　照射施設運転管理センター　燃料材料試験部
*検査開発株式会社
*1原子力技術株式会社

Fabrication Technology for MOX Fuel Containing AmO_2 by an In-Cell Remote Process

Hiroshi YOSHIMOCHI　Yohei ISHI　Takayuki SEKI*　Kenji MONDO
Shinichi SEKINE*1　Shinichi KOYAMA

Fuels and Materials Division, Irradiation Center, O-ari Engineering Center
*Inspection Development Co., Ltd.
*1Nuclear Technology & Engineering Co., Ltd.

照射燃料試験室（AGS）では，ホットセル内に遠隔で燃料製造を行うための機器を設置し，アメリシウム（Am）を３%及び５%含む混合酸化物燃料（Am-MOX）の製造試験を進めてきた。本製造技術開発にあたっては，さまざまな課題に直面した。例えば，５%Am-MOXペレットの製造において，固溶が十分でなく２相に近い条件であったことである。この問題については，加湿条件を最適化することにより解決した。本稿では，直面した課題とその解決策を中心に，これまでのAm-MOX製造技術開発の状況を報告する。なお，製造された３%，５%Am-MOX燃料は，2005年11月から高速実験炉「常陽」において照射される予定である。

A series of apparatus to make fuel pellets and fuel pins remotely were systematically installed in the hot cells of Alpha-Gamma Facility (AGF), O-arai Engineering Center. Using these fabrication apparatuses, an in-cell remote fabrication technique has been developed in order to make 3% and 5% Americium contained mixed oxide (Am-MOX) fuel. In the process of this development, various difficulties were confronted. For instance, dissolution was not enough in 5% Am-MOX fuel pellets that were initially fabricated. This problem was solved by optimizing the sintering condition with moisture. This report describes the details of the manufacturing development of Am-MOX fuel mainly on the problems and their solutions. It is scheduled that fuel pins containing 3% and 5% Am-MOX fuel pellets fabricated in AGF are irradiated in the experimental fast reactor "JOYO" from November 2005.

キーワード
マイナーアクチニド，TRU，アメリシウム，混合酸化物燃料，FBR，粉末冶金，O/M比，遠隔製造，シュウ酸，AGF，ペレット

Minor Actinide, Trans-Uranium, Americium, Mixed Oxide Fuel, Fast Reactor, Powder Metallurgy, Oxygen to Metal Ratio, In-Cell Remote Fabrication, Oxalate, AGF, Pellet

吉持　宏
照射燃料試験室所属
技術主幹
MA燃料製造技術開発及び照射済MOX燃料の照射後試験にかかわる業務に従事

石　洋平
照射燃料試験室所属
MA燃料製造技術開発にかかわる業務に従事

関　崇行
照射燃料試験室所属
MA燃料製造技術開発にかかわる業務に従事

門藤　健司
照射燃料試験室所属
MA燃料製造技術開発及び照射済MOX燃料の照射後試験にかかわる業務に従事

関根　伸一
照射燃料試験室所属
MA燃料製造技術開発及び照射済MOX燃料の照射後試験にかかわる業務に従事

小山　真一
照射燃料試験室所属
副主任研究員
放射化分析及びMA燃料製造技術開発にかかわる業務に従事
第一種放射線取扱主任者

1．はじめに

高速増殖炉（FBR）サイクルの実用化概念のひとつとして，環境に対する負荷の低減，経済性向上などの観点から，「低除染TRUリサイクルシステム」が検討されている[1),2)]。

このシステムは，現状の再処理工程を大幅に簡素化し，除染係数の低い燃料原料に，高レベル廃棄物中に移行していたマイナーアクチニド（MA）核種を加えて，FBRでリサイクルする将来の実用化燃料の概念である。このシステムの課題のひとつは，MAに加え低除染のために少量の核分裂生成物（FP）が含まれる結果，燃料が高い放射線量を有することである。このため，作業者の被ばく防止の観点から，従来のグローブボックスに代わりセルなどの使用による遮へい対策が必要となる。その場合，燃料製造などにおいて，遠隔・自動化を進めることが重要である。

大洗工学センター照射燃料試験施設（AGF）には，照射後試験施設として原子炉で照射した燃料に対する遮へい性能を有する各種設備が整っており，また30年を超える遠隔取扱技術の経験も蓄積されている。そこで，これらの設備，技術を活用し，低除染TRU酸化物（MOX）燃料の研究開発に取り組むこととした。その一環として，MA核種の１つであるアメリシウム（Am）を含有した混合酸化物燃料（Am-MOX燃料）の遠隔製造に関する研究開発を進めている。

この研究開発では，遠隔操作による製造技術開発に加え，製造した燃料の品質保証技術開発及び物性評価を行っている[3)~12)]。

本稿では，

・セル内に設置したペレット製造設備の概要
・設備の機能を確認するために行ったウラン試験
・AmをMOX燃料中に含有することによるペレットの製造性を確認するためのプルトニウム試験
・照射用Am含有MOXペレットの製造条件を最終確認するための総合確認試験

についての技術成果を報告する。

2．遠隔ペレット製造設備の機能及び構成

図１にピン加工設備を含めた遠隔燃料製造設備の配置構成を示す。ペレット製造するための主要な設備は，その機能に対応してホットセル内に設置されている３つのインナーボックス内に分けて配置している。配置構成は，原料粉末を取り扱う装置群，ペレット焼結を行う装置群及びペレット検査を行う装置群となっている。目標とする製造能力は，1バッチ当たり35～60g（「もんじゅ」サイズでペレット約15～30個に相当）の小規模な燃料取扱設備である。

ペレット製造は，まず原料粉末中の水分などを除去するため熱処理から始める。次に各原料粉末を秤量後，Amを含有したMOX粉末を機械混合法により粉末調製する。それを冷間成形法にてペレット成形体とする。その後，ペレット成形体を高温で焼き固め，焼結後のペレット寸法，密度検査までを行う。ペレット製造工程では，その各段階において原料である核燃料物質は，性状及び形状が変化するため，各セルにおいて重量測定に基づく質量管理を行っている。

遠隔操作による燃料ペレットの製造状況を写真１に示す。以下に，写真に示す①～⑧の工程について，主要な機器の外観及び機能に関する説明を行う。

(1) 粉末供給装置（写真１中の①振動切出しフィーダによる粉末調製）

マニピュレータによりUO_2，PuO_2，AmO_2原料粉末を３つのホッパ内にそれぞれ投入する。その後，振動フィーダと電子天秤との組合せにより，全自動でホッパ中の粉末を粉砕混合容器（ボール

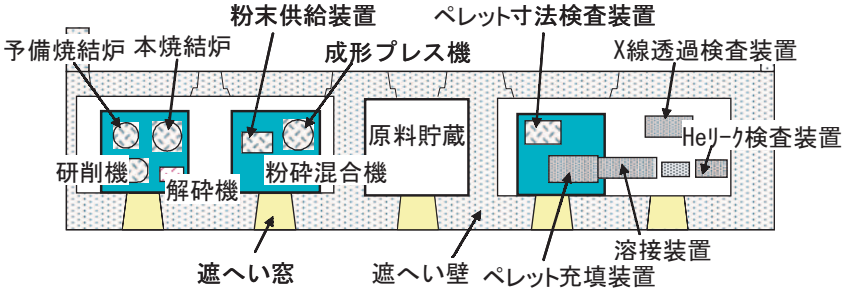


図１　遠隔燃料製造設備の配置構成

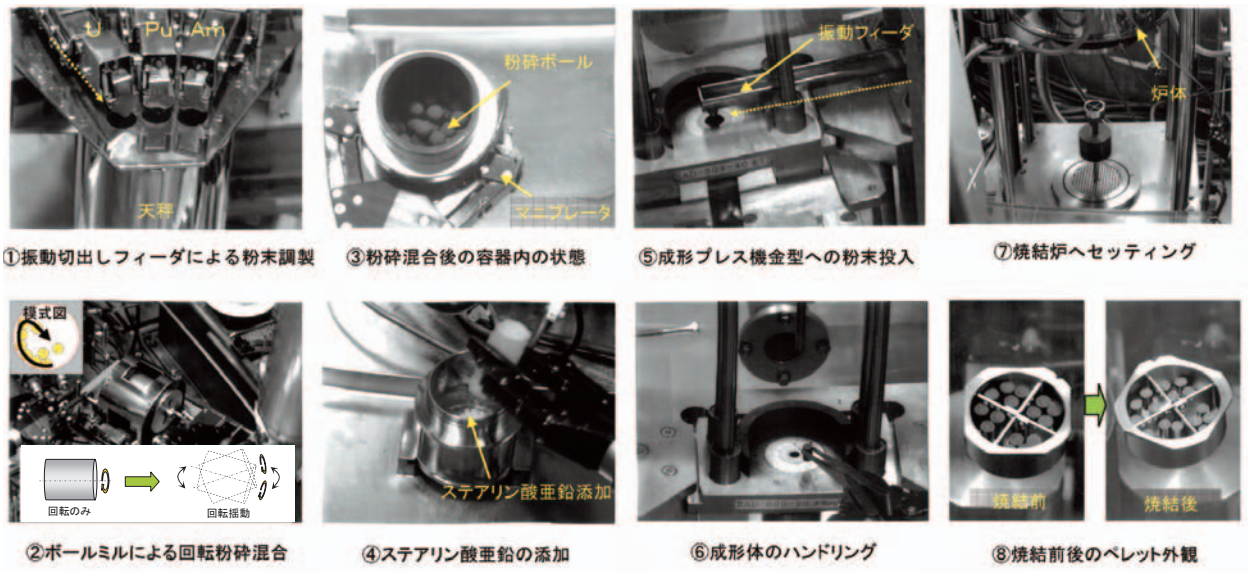


写真１　セル内での燃料ペレット製造状況

ミルポット）内に指定の混合割合で切り出す。粉末の切出し制御は，振動の強弱で行われ，粗秤量モードと精密秤量モードにより，燃料組成を任意にミリグラムオーダの精度で配合設定することが可能である。

(2) 粉砕混合機（写真１中の②ボールミルよる回転粉砕混合，③粉砕混合後の容器内の状態，④潤滑材の添加）

本装置は，１台で回転運動により粉末を粉砕するボールミル機能及び粉末をスライディングさせながら混合する揺動機能を兼ね備えている。

原料粉末の粉砕は,凝集している粒子を分解し，微細化するために行うものであり，容器の回転運動によって粉砕ボールに発生するエネルギーにより行われる。それと同時に揺動運動が加わる結果，結集・分離を繰り返すことで粉末が均一に混合される。

粉砕混合容器は，内壁からの不純物混入防止の観点からシリコンゴムでライニングしている。粉砕に用いたボールと粉末の分離は，特殊なアダプタを容器に接続し，密閉した状態で振動を与えながらふるいにより分離する。

その後，ペレット成形する際の粉末の結合及び潤滑剤として，粉砕混合した粉末中にステアリン酸亜鉛を添加し，揺動運動で混合する。

(3) 成形プレス機（写真１中の⑤成形プレス機金型への粉末投入，⑥成形体のハンドリング）

本装置は，粉砕混合処理した粉末を自動的にプレス成形機ダイス金型（以下「ダイス金型」という。)に充填する粉末投入装置及び圧縮成形を行うプレス機本体から構成される。プレス能力は，全油圧方式により最高49MNである。

プレス機本体の特徴は，基本的に一軸プレス成形機であるが，ペレットを圧縮成形する際，上パンチ下降時にダイスがフローティングする機能を備えているため，両軸成形の効果を有することである。ダイス金型への粉末充填は，粉末供給装置の粉末の切り出しと同一方式を採用している。ここでは，ペレット１個分（約２～３g）の粉末量を秤量しながらダイス金型へ投入するため，寸法及び密度のバラツキが少ない一様な成形体（グリーンペレット）の製造が可能である。

写真２に示すようにダイス金型と上下パンチは，遠隔交換可能な一体型のモジュールである。そのため，交換時の上下パンチ，ダイス金型の微調整は一切不要である。

(4) 予備焼結炉（写真１中の⑦焼結炉へセッティング）

ペレット成形時における粉末の結合及び潤滑剤として使用した有機物（ステアリン酸亜鉛など）を除去するため，還元雰囲気中（５％ H_2-Ar）で約800℃の予備焼結を行う。予備焼結炉は,ペレット径が5.4mmの場合，１バッチ当たり最大16個のペレットを装荷でき，最高1,000℃ までの昇温が可能である。現在では，焼結皿を改良し２段に積み重ねることにより,6.5mm径のペレットを最

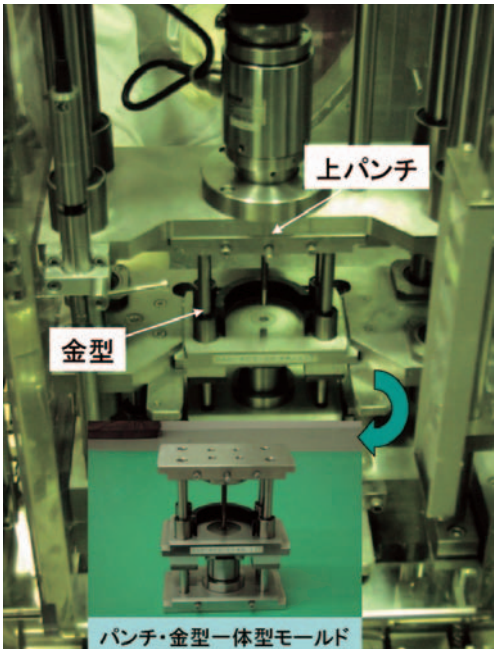


写真２　成形プレス機のモジュール

大24個まで装荷可能である。また，炉体は外熱式であるため，酸化炉としても使用可能である。この酸化炉としての役割は，製造時に発生した不良ペレットに対し空気雰囲気で焙焼を行い，ペレットの酸化による相変化を利用して破砕させるもので,原料の有効利用を図るための回収手段である。

(5) 本焼結炉（写真１中の⑧焼結前後のペレット外観）

本焼結炉は,予備焼結が終了した燃料ペレット(グリーンペレット）を高密度のセラミック体として焼き固めるため使用する。本装置へのペレット装荷量は予備焼結と同一である。焼結は還元雰囲気中（５％H_2-Ar）において，1,600～1,800℃ の高温で行う。炉体には内熱式のタングステンヒータを使用し，最高2,000℃ までの昇温が可能である。焼結に際しては,ペレットのO/M比の調整が必要となることから，炉内の酸素分圧を制御するための加湿器及び露点計が配置されている。

(6) ペレット寸法検査装置

本装置は，ペレット成形体及び焼結ペレットの直径，高さをレーザ測長器により計測するとともに，電子天秤にて重量を量ることにより，ペレット密度を求めることが可能である。測定は,ペレット10個をトレイに整列させた後は，マテリアルハンドリング機構により，全自動にて行う。測定点は，ペレット周方向最大20ポイント（９°毎），高さ方向最大20ポイント（0.5mm毎）のデータが取得可能である。

３．機能確認のためのウラン試験

本試験は，セル内に設置したペレット製造設備の機能，性能確認及び遠隔での粉末取扱い操作の習熟を目的として行った。

3.1　試験内容

始めにUO_2粉末を使用して,現行MOX燃料製造と同じ乾式製造法で粉末の秤量から粉砕混合，造粒，成形，予備焼結及び本焼結の各工程を経て，UO_2ペレットを製造した。なお，本試験では，以下の点に着目した。

①ホッパからフィーダへの粉末の流動
②粉砕混合後の粉砕ボールと粉末との分離性
③成形密度の制御
④粉末取扱い設備の粉末移行状況
⑤ペレット焼結密度の制御

3.2　試験結果

(1) 設備の機能，性能確認

１）ホッパからフィーダへの粉末の流動

試験に供した粒径0.5μmのUO_2粉末は,微粉末であるため，ホッパ内下部に架橋（ブリッジ）が形成した。これによりホッパ下部出口で粉末の詰まりが生じ，振動フィーダへの円滑な粉末供給が困難となった。この処置対策として，写真３に示すように詰まった粉末を砕く機能をホッパ内に設けることにより，この問題を解消した。

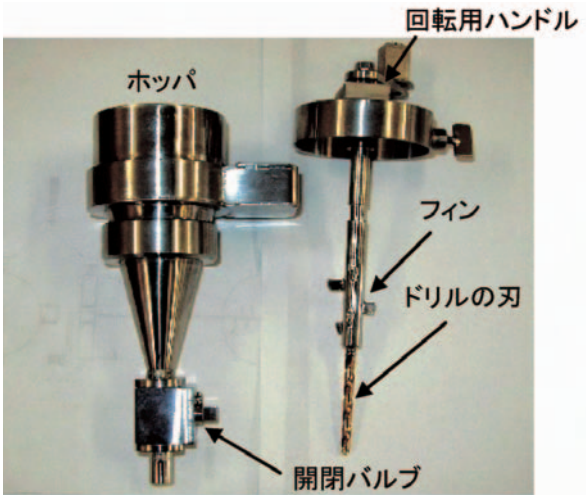


写真３　ホッパ内の粉末をほぐすための治具

2）粉砕ボールと粉末の分離性

粉砕混合後の粉砕ボール（φ10mmアルミナ製またはタングステン製）と粉末の分離は，セル内での粉末飛散防止対策のため，特殊なアダプタを粉砕混合容器と容器の間に接続し，密閉状態で振動を与えながらふるいにより分離した。図2に粉砕混合容器に接続するアダプタの構造図を示す。容器とアダプタはボールロック方式により固定され，Oリングで密閉性を担保している。最初に使用した容器内壁には，重量で約3％相当の粉末が付着したが,現在では付着によるロスは0.3%以下であり問題はない。なお，粉砕ボール及びアダプタには，ほとんど粉末の付着は認められず，分離性は良好であった。

3）成形密度の制御

3種類の造粒粉（0.61mm，0.84mm及び1.14mm）にそれぞれ0.2wt%のステアリン酸亜鉛を添加混合した後，成形密度をパラメータとして約φ6mm×10mm高さのUO_2ペレットを製造した。図3に粒径0.84mm，粉末密度5.0g/ccの造粒粉から成形密度5.75～6.15g/ccの範囲で成形したペレットの密度分布を示す。このようにすべての成形密度は，ばらつきもなく設定した目標密度を満足した。また，成形密度が5.75g/cc，6.0g/cc及び6.15g/ccにおいて,それぞれ10μmずつ直径が増加し，成形密度に対するスプリングバックは，明確な傾向が現れていることがわかった。

4）粉末取扱い設備における粉末移行状況

粉末取扱いセル（No.3-1セル）内での原料粉末の移行状況を把握するため，400gのUO_2粉末を用いて確認した。図4は，全装置をクリーンナップして初期状態とし，秤量からペレット成形体までの物質収支を表したものである。成形体及び回収分は初期投入分の97%となり，回収不可能分は3％と推定される。

5）ペレット焼結密度の制御

成形密度5.75～6.15g/ccに調製したペレット成形体を1,650℃，1,700℃及び1,750℃の温度でそれぞれ2時間加熱保持し焼結した。焼結雰囲気は，5%H_2-Arガス気流中とした。図5に示すようにペレット焼結密度は，最高96% T.Dまで達し，焼結温度の上昇及び焼結時間の伸長に伴いペレット密度も上昇することを確認した。

一方，成形密度の違いに対しては，焼結密度にそれほど大きな差が認められなかった。これは，供したUO_2粉末が高い焼結性能を有する活性粉末であったこと，設定焼結温度が高かったことが原因と推測される。

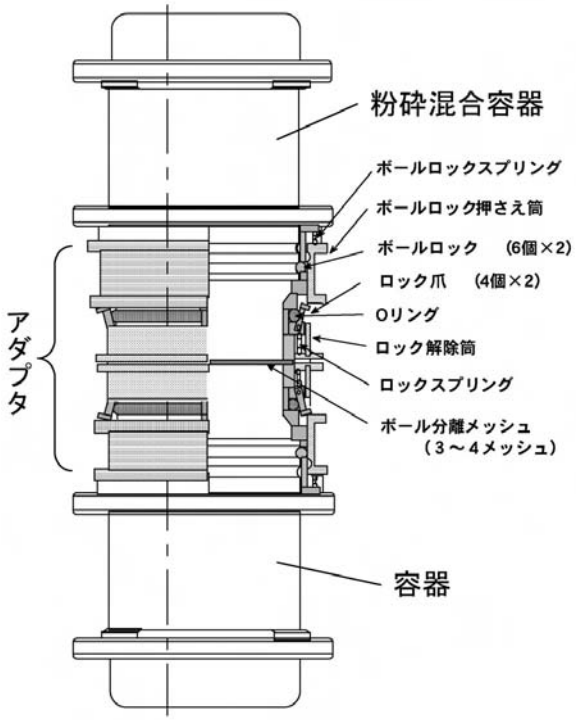


図2　粉末空替え用アダプタの構造

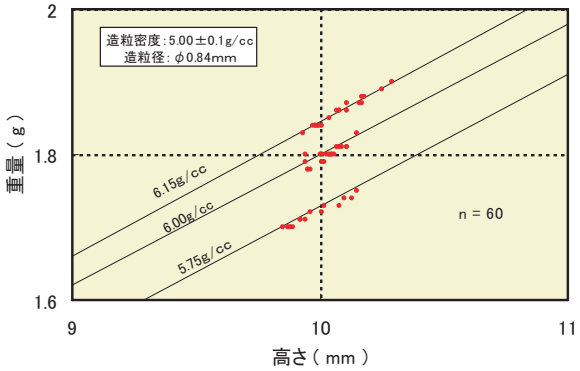


図3　UO_2ペレットの成形密度分布

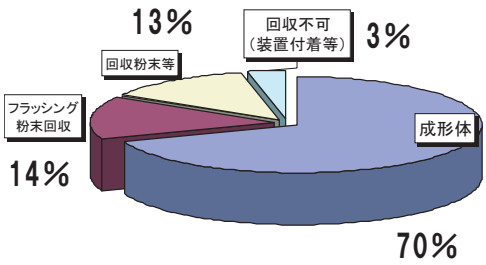


図4　原料粉からペレット成形体作製までの物質収支

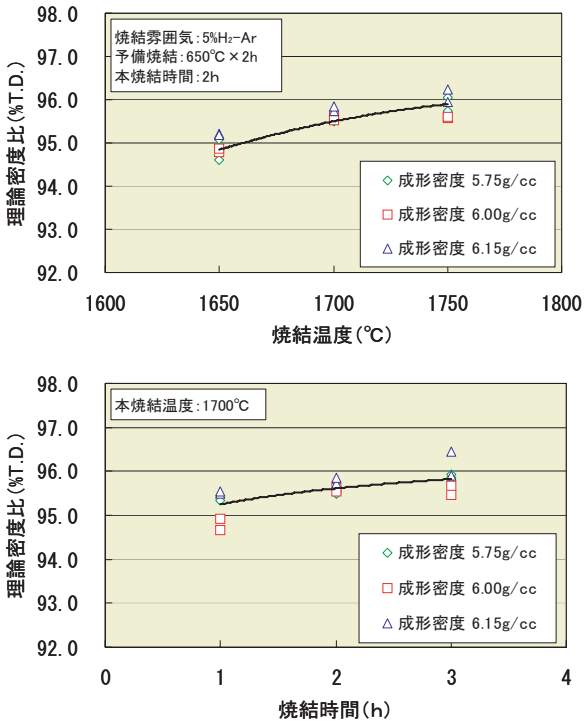


図５　UO_2ペレットの焼結密度

前述の試験結果からAm含有MOXペレットの焼結に反映できる基本的なデータを取得することができた。

４．Am含有MOXペレットの製造性確認のためのプルトニウム試験

本試験は，３％及び５％Am含有MOXペレット（以下「Am-MOXペレット」という。）の製造試験を通して，Amを含有するMOXペレットの焼結性，均質性などの最適な製造条件を確認した。

4.1　試験内容

(1)　３％Am-MOXペレット

シュウ酸沈殿法にて製造されたPuO_2粉末及びADU法（硝酸ウラニウム溶液にアンモニアを加え沈殿物を生成させ，焙焼還元を行う方法）で製造されたUO_2粉末を使用して，約３％のAmを含有するPu富化度30％のMOXペレットを製造した。このPuO_2粉末は，約30年前に海外より購入したもので，Pu-241の崩壊によって生成したAm-241を約９wt%含んでいる。

Am-MOXペレット製造基本フローを図６に示す。参考に現行MOX燃料ペレットの製造フローも合わせて示す[13]。Am-MOXペレットの製造フローは，MOXペレットの製造と基本的には同じである。原料粉入手からの期間などを考慮して，粉末中に含有する水分などを除去するための熱処理の工程を追加している。

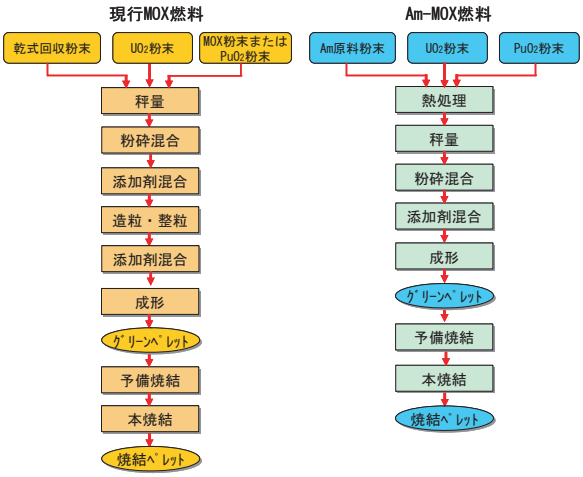


図６　Am-MOXペレット製造基本フロー

この熱処理条件は，5%H_2-Arガスの還元雰囲気下約600℃×２ｈである。この粉末を粉砕混合後直接ペレット成形した。粉砕混合，成形，焼結などの試験条件は，UO_2ペレットの製造結果を反映した。

(2)　５％Am-MOXペレット

５％Am-MOXペレットの製造は，前述の９wt%のAmを含有するPuO_2粉末及びUO_2粉末に加え，(Pu，Am)O_2（Pu：Am＝１：１）原料粉末を用いて行った。(Pu，Am)O_2原料粉末は，東海事業所保有のMOXスクラップからPUREX法によりPu，Uを回収する際に発生した抽出廃液から，更にTRUEX法によって回収したAmを使用し，これをPuの硝酸溶液と混合した後，シュウ酸沈殿したものである。沈殿後は，焙焼・還元が行われ，ボールミルで粉末調製されている[14]。

4.2　試験結果

(1)　３％Am-MOXペレット

粉砕効果の違いをパラメータとした成形密度の代表例を表１に示す。ここでは，粉砕混合時間に対するペレット密度の効果を確認するため，その他の条件をすべて同一にしてペレット成形体を製造した。表に示すように粉砕混合時間と成形体密度に相関関係が見られ，最も粉砕効果の低い条件である15minが6.07g/cc（54.7% T.D）であるのに対し，最も粉砕効果の高い720min（12h）では，

表１　粉砕効果の違いによるペレット成形密度

粉 砕 時 間	15min	240min	480min	720min
粉砕エネルギー	2.08J/g	33.2J/g	66.5J/g	99.7J/g
成 形 体 密 度	6.07g/cc (54.7%T.D)	6.25g/cc (56.3%T.D)	6.31g/cc (56.8%T.D)	6.40g/cc (57.7%T.D)

6.40g/cc（57.7%T.D）であった。このように粉砕時間の増加に伴い，成形体密度の上昇する結果が得られた。粉砕による粉末の微細化が，成形体密度に影響することを成形密度の観点から確認することができた。

次に図７には，粉砕混合時間とペレット焼結密度の関係を示す。焼結条件は，5%H_2-Ar還元ガス雰囲気下の1,700℃ ×２ｈの焼結である。成形密度と同様に，粉砕効果が高まるにつれ焼結したペレット密度も約95% T.Dまで達した。しかし，粉砕混合８時間以上ではその上昇率は緩やかであった。

光学顕微鏡で観察した結果，3% Am-MOXペレットは,同様な密度のMOXペレットと同じような組織であった。

(2)　５%Am-MOXペレット

５%Am-MOXペレットの製造開始当初は,前述の３%Am-MOXペレットと同様の条件で行った。その結果，ペレット焼結密度は，図８に示すように，3%Am-MOXと同様に高密度であり，また写真４に示すように外観及び寸法にも特に問題はなかった。しかしながら，写真５のAs-Polishedでの高倍率光学顕微鏡観察結果により，燃料マトリックス中に結晶粒界が顕著に観察された。また，結晶粒界に沿って小さな気孔が多く観察されたため，５%Am-MOXペレットは,粒界が脆化して結晶粒の結合力が低下している可能性及び固溶が十分でなく２相に近い状態が示唆されたことから，焼結条件を見直す必要が生じた。

そこでAm-MOXペレットの焼結性を改善する

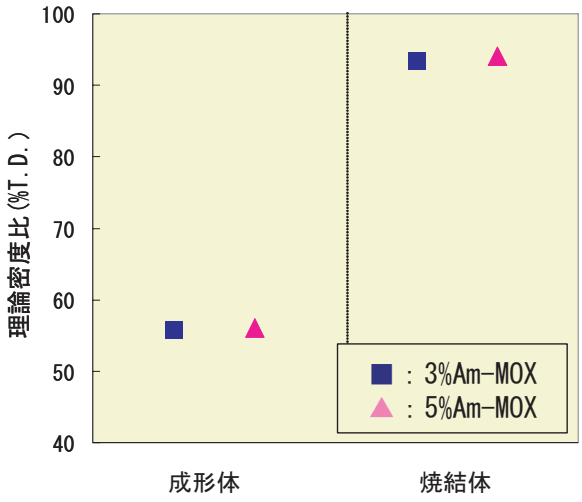


図８　Am-MOXペレットの成形密度と焼結密度

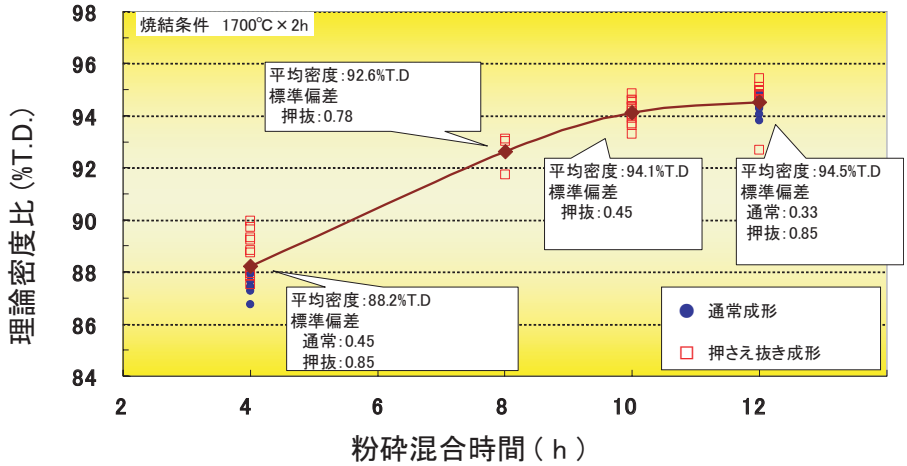


図７　３%Am-MOXペレットの焼結密度

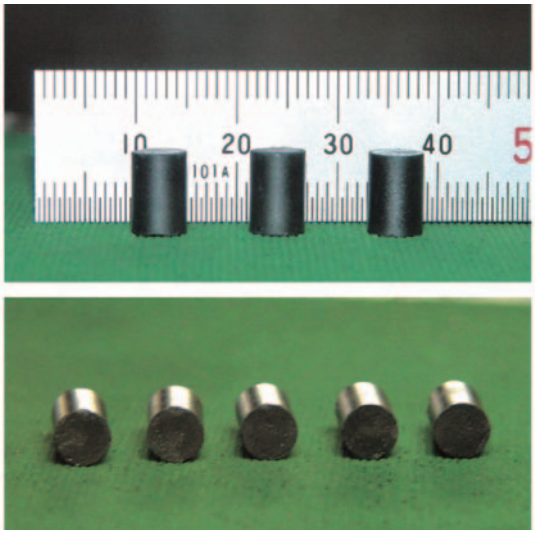


写真４　５％Am-MOXペレットの外観

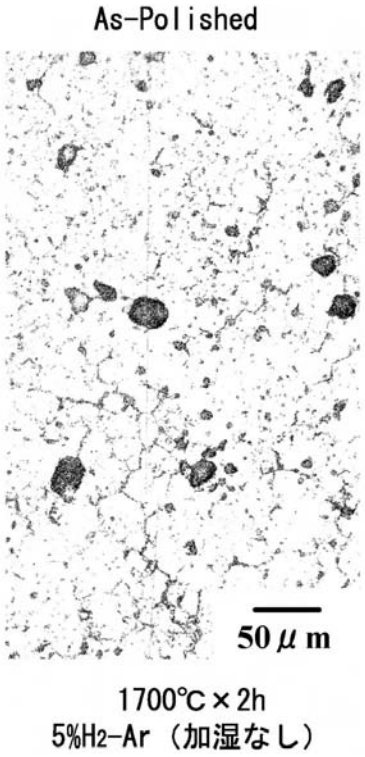


写真５　５％Am-MOXペレットの光学顕微鏡写真
（製造条件変更前）

方策として，水分加湿による焼結試験を行った。この試験では，焼結炉内の酸素分圧などをパラメータとした。表２に加湿焼結条件を示す。

表に示す条件１は，3%Am-MOX製造時と同じ５％H_2-Arドライガスの条件（−520kJ/mol）である。条件２，条件３及び条件４は，1,700℃×３ｈの加湿焼結（水分加湿量：約2,000ppm，−390kJ/mol）後，降温時に焼結炉内の酸素分圧を変化させるために加湿停止温度をそれぞれ1,700℃，150℃及び800℃に設定したものである。また，条件５における水分加湿量は，前述の１／４（水分加湿量：約500ppm，−430kJ/mol）とした。条件６は水分加湿量を増やし，高酸素分圧下（水分加湿量：約10,000ppm，−340kJ/mol）とした。すべての条件において水分加湿の停止以降は，５％H_2-Arドライガスに切替えて炉冷却した。

加湿焼結条件をパラメータとして，燃料ペレットの組織状態を光学顕微鏡観察した結果を図９に示す。条件１で焼結したペレットにおいて粒界の析出が見られた。粒界には比較的大きな気孔が析出し，また粒内で微細な気孔の形成が見られた。条件２及び条件５では，条件１と同様にともに粒界が析出し組織も不均質で，水分加湿量の違いによる差は見られなかった。条件３，条件４及び条件６で焼結したペレットは，粒界は析出せず，均一な組織であったが，条件３では，径方向に微細なクラックが発生した。なお，条件６は，組織は均一であるが，気孔は粗大化していた。

以上の結果から，5%Am-MOXペレットの焼結においては，焼結中の雰囲気ガスに約2,000ppm（−390kJ/mol）の水分加湿を行い，降温時更に800℃でのドライガスの切替えを行うことで焼結密度が最高95.9% T.Dまで達することを確認した。一方，写真６に示すように製造条件を最適化

表２　加湿焼結におけるペレット焼結条件及び焼結密度

焼結No.	焼結温度×保持時間	雰囲気ガス	水分加湿量（ppm）	焼結温度での酸素ポテンシャル（kJ/mol）	加湿停止温度（℃）	焼結密度（%T.D）
条件１*1	1,700℃×３ｈ	５％H_2-Ar	加湿なし	−520	−	92.1
条件２*1			2,000	−390	1,700	91.4
条件３*1			2,000	−390	150	93.9
条件４*1			2,000	−390	800	95.9
条件５*1			500	−430	1,700	90.9
条件６*1			10,000	−340	800	91.2

＊１　粉砕混合時間：８ｈ
＊２　粉砕混合時間：10ｈ

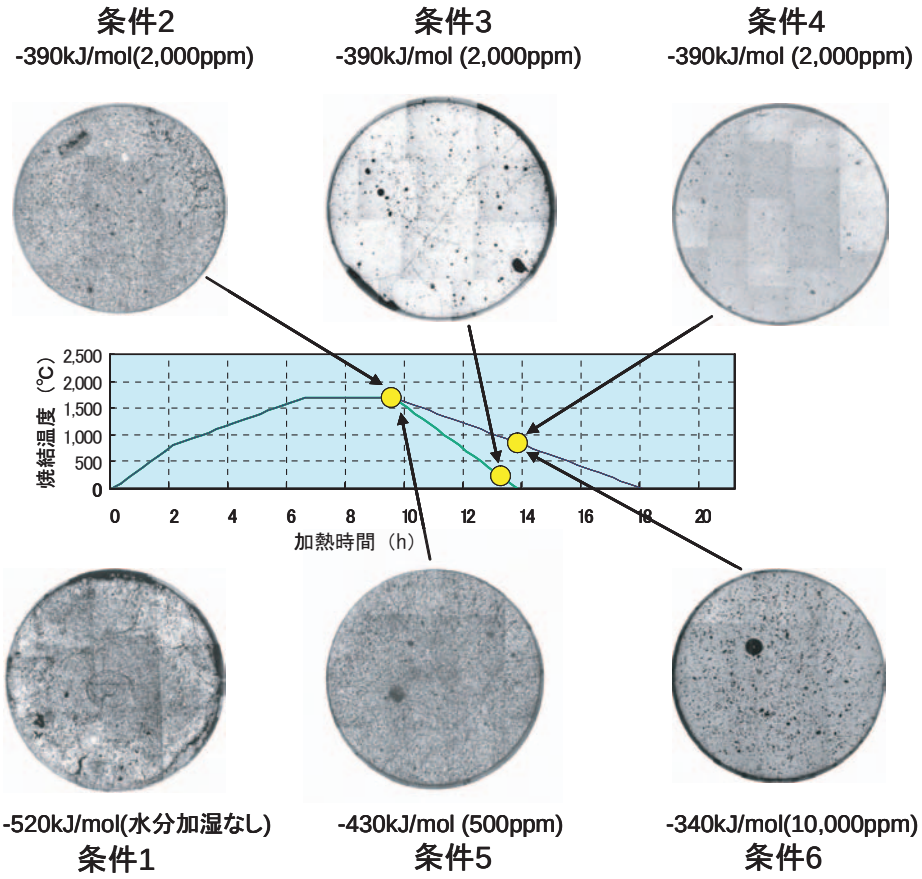


図９　焼結条件の違いによる５％Am-MOXペレットの焼結挙動

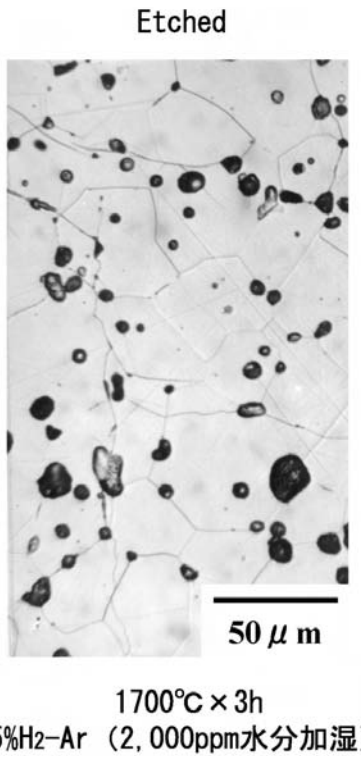


写真６　５％Am-MOXペレットの光学顕微鏡写真（製造条件最適化）

したペレットは，気孔も均一に分散し均質な燃料組織が得られ，問題となった粒界の脆化及び２相分離に近い状態を解決した。このようにして,5% Am-MOXペレット製造に関する最適条件を把握することができた。

５．総合確認試験

「常陽」MK-Ⅲで照射するAm-MOX燃料の基本仕様は，Am含有量３wt%及び５wt%，Pu富化度30wt%，O/M比（酸素原子数と重金属元素原子数の比）1.95及び1.98，ペレット直径6.5mm，初期密度93% T.Dである。これらの仕様を満たすためのペレット製造条件を決定するために総合確認試験を行った。本試験では，主にAm-MOXペレットのO/M比調整のための熱処理条件を把握した。

燃料のO/M比は,燃料設計において重要な因子であり，燃料融点，熱伝導度などの燃料物性に影響を与えるだけでなく，ペレット内に存在する元素の照射中の再分布，被覆管内面腐食など照射挙動へも影響する。このため，精度よく仕様に合致したO/M比を有する燃料製造技術を開発する必

要がある。既に東海事業所プルトニウム燃料センターでは，MOX燃料に対するO/M比調整の技術は確立している[15),16)]。基本的には，この手法に準じて，Am-MOXペレットへの適用性について検討を行った。

Am-MOXペレットのO/M比の調整は，第1ステップとして焼結したペレットを熱処理によって二酸化物の量論比である2.00へ酸化する。第2ステップとして熱処理条件（還元雰囲気と加熱条件）とO/Mの関係を把握するため，1,200℃及び1,300℃において7時間保持で実施した。また，定比である2.00の調整には，0.05%H_2-Arガス（加湿量2,000ppm）を，不定比の調整には5%H_2-Arガス（加湿量63～400ppm）を使用した。図10に熱処理時の水分加湿量，加熱条件とO/M比の関係を示す。図に示されるように5%Am-MOXペレットは，3% Am-MOXペレットと比べ僅かながら低めのO/M比となる傾向を示した。なお，酸化還元重量法で測定したO/M比は，X線回折測定での格子定数から求めたO/M比と一致することを確認している。本結果から熱処理によるO/M比調整の条件を把握でき，3%及び5% Am-MOXペレットのO/M比は±0.02の範囲で調整出来る見通しを得た。

6．考察

6.1　遠隔操作によるペレット製造について

既存のホットセルを利用し，遠隔操作性を有することが必要とされる前提条件のもと，小型で多機能性を有する試験装置を開発することにより，限られたスペースに燃料製造からピン加工設備に至る全システムを配置した。これにより，実験室規模で高線量のMA，FP核種などが含まれる燃料の製造が可能となった。

これまでのウラン試験，プルトニウム試験及び総合確認試験を通じ，約400個のペレットを製造した。この試験を進める過程において，原料粉末の特性に応じた最適な製造プロセス条件を把握し，加えてセル内機器，設備の保守を進めてきた。幸いにも製造試験において，長期間試験を中断するような大きなトラブルは生じていない。本報告で言及すべき不具合として，プレス機モジュールの不具合について述べることとする。

ペレット成形時にパンチとダイスが焼き付き，上下パンチが抜けない事象が発生したことがある。写真7にパンチの焼き付き状況を示す。ペレッ

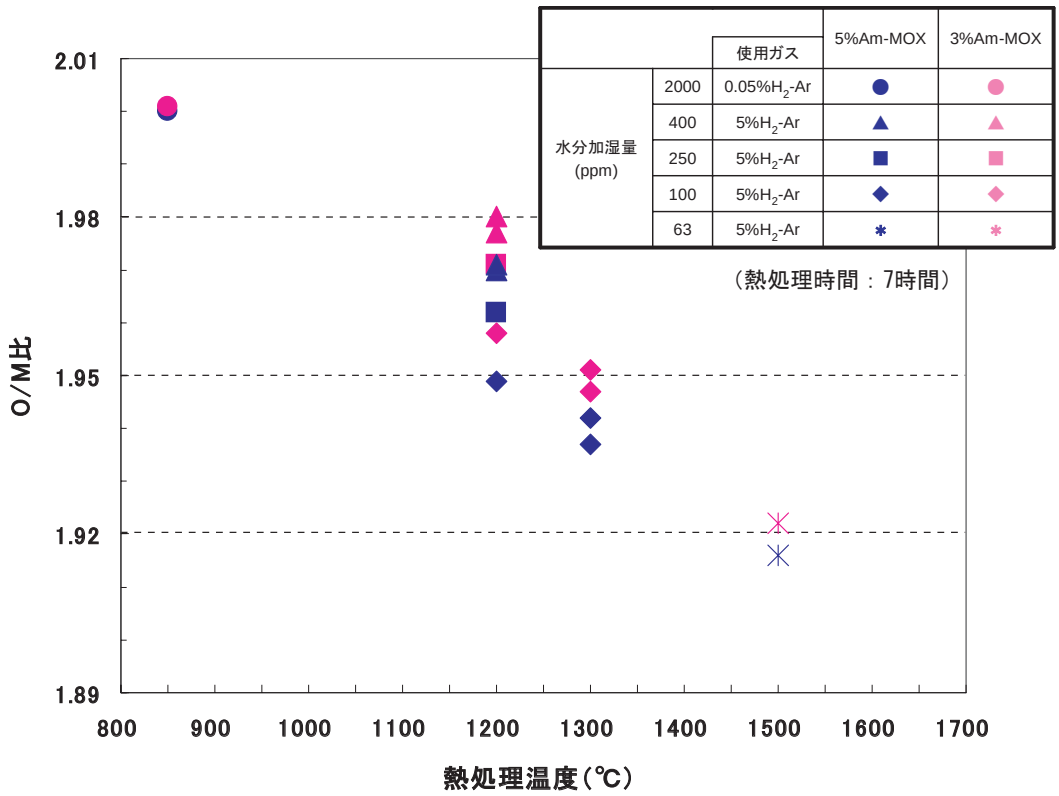


図10　Am-MOXペレットのO/M調整結果

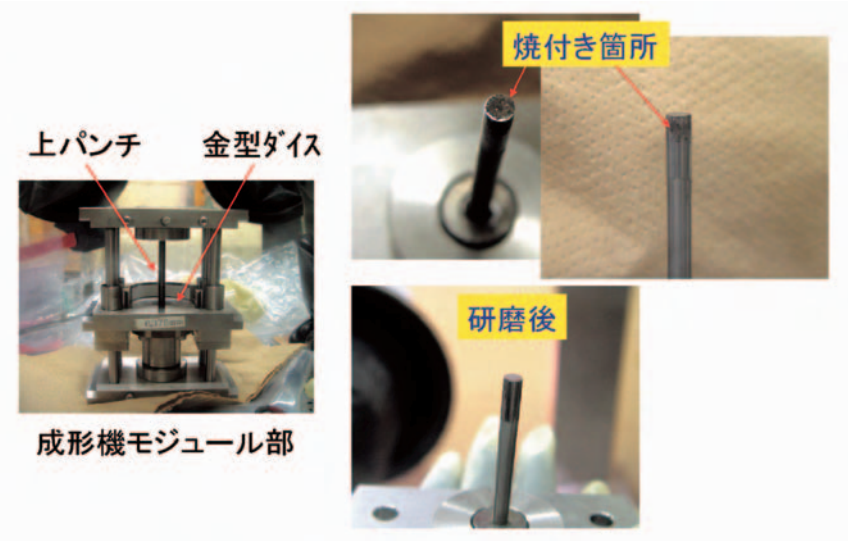


写真７　プレス成形機モジュールの不具合事象例

ト成形時では，セル外の操作室よりマニプレータを介して，約２ｍ先の機器を操作しているため，事象が発生するまでは不具合の事前検知は困難であった。原因を検討した結果，ペレット成形は微粉末を使用して成形体を作製していることから，粉末中の潤滑剤不足やセル内湿度の上昇が影響することがわかった。この防止策として，ペレット成形する際は，定期的にパンチ及びダイスをクリーニングすることとした。

一方，粉砕混合後の粉末は，凝集している粒子が解され,1次粒子として微粉化されている状態にある。粉末取扱い工程において，セル内湿度の影響で極端に流動性が悪くなり，工程内での詰まりや再凝集が発生し，取扱いが困難をきたす場合がしばしば発生した。粉末取扱い時においては，セル内の湿度を上昇させない管理が重要であることがわかった。

現在では，粉末取扱い時に際しセル内湿度の管理を行っており，粉末の焼き付きなどを改善することが可能となっている。

6.2　Am-MOXペレットの加湿焼結の有効性について

焼結雰囲気は，ペレットの焼結性に影響を及ぼす。一般にUO_2燃料及びMOX燃料とも還元雰囲気ガス中に水蒸気を含むと拡散が進み焼結性は向上する。

表２及び図９に示した結果から，５％ Am-MOXペレットの場合,加湿焼結を実施してもその加湿条件の設定により，ペレット密度及び組織に大きな影響を与えることがわかった。1,700℃×３ｈ焼結，2,000ppmの加湿条件下において，降温時800℃で加湿を停止した場合は,高密度かつ均質な組織が得られた。しかし，同条件で1,700℃ 加熱保持直後に加湿停止した場合は，不均質な組織及び約５％ T.Dの密度低下が生じた。これは，1,700℃の３時間保持直後では，緻密化及び結晶粒の成長段階で未だ不安定な状態と推定される。この時点で加湿を停止してドライガスに切り換えることで，焼結炉内の酸素分圧が急激に低下するため，結晶粒界の脆化，相分離などが起こったものと示唆される。

一方，焼結の全期間中にわたり水分加湿を実施した場合にクラックが発生した点については，過剰な水分加湿によりペレット中の酸素濃度に局部的な勾配が生まれ，体積変化が生じるためクラックが発生したと推測される。H. ELBELらは，水分加湿によるMOXペレットの焼結では,ペレットの急激な酸化が避けられればクラックの発生は抑制されると報告している[17]。すなわち，表２に示す加湿条件４では，ペレットの酸素分圧と焼結炉内の酸素分圧が平衡状態に達した後，冷却時にドライガスを供給することで,局所的なO/M比勾配の発生が抑制されクラックが生じない均質なペレットになったものと判断される。

加湿条件２において，低密度な焼結体となったペレットを条件４で再焼結した結果，約1.5%T.Dの密度上昇が確認された点からも，加湿停止温度

の違いによっても焼結状態の相違が認められた。

加湿条件６（約10,000ppm）のように過加湿条件では，焼結性能が加速されペレット中に包蔵されているガスが抜けきらない段階で焼結が終了したものと推測される。

これまでの試験を通じ,Am-MOXペレットの製造におけるペレットの焼結条件（昇温，降温，焼結炉内の雰囲気）と均質性の関係を把握した。現行のMOX燃料製造で行われている５％H_2-Arドライガス雰囲気では不均一な燃料組織となるが，高酸素ポテンシャルを有するAm-MOX燃料では,約２,000ppmの水分加湿雰囲気での焼結条件下において均質になることを実験的に確認した。

７．おわりに

本研究開発は，将来の低除染高速炉燃料に対して考えられているホットセルでの遠隔製造システムの先駆けとなるものである。ここで得られた技術成果は，低除染燃料製造の設計評価に反映されるものと期待される。

今後の当面の目標は，2005年11月から計画されている「常陽」MK-ⅢでのAm含有MOX燃料の照射試験である。それに向けて，照射用試料の準備を進めるとともに，照射特性を含めた燃料性能評価を行う予定である。

参考文献

１）核燃料サイクル開発機構：“高速増殖炉サイクル実用化調査戦略研究　フェーズⅠ”，サイクル機構技報，JNC TN1340 2001-008(2001)．

２）核燃料サイクル開発機構：“高速増殖炉サイクル実用化調査戦略研究　フェーズⅡ中間とりまとめ”,サイクル機構技報，JNC TN1340 2004-003(2004)．

３）小山真一，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅰ）ー遠隔燃料作製設備の概要と照射計画ー”，日本原子力学会2003春の年会，B1(2003)．

４）吉持宏，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅱ）ー３％Am含有MOXペレット作製試験の結果ー”，日本原子力学会2003春の年会，B2(2003)．

５）吉持宏，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅲ）ー５％Am含有MOXペレット作製試験の結果ー”，日本原子力学会2004春の年会，D10(2004)．

６）大林弘，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅳ）ーAm含有MOXペレットの品質保証検査ー”，日本原子力学会2004春の年会，D11(2004)．

７）逢坂正彦，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅴ）ーAm含有MOX燃料の酸素ポテンシャル測定および解析ー”,日本原子力学会2004秋の大会，G33(2004)．

８）小﨑葉子，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅵ）ー焼結体中の残留ハロゲン不純物に関する考察ー”，日本原子力学会2004秋の大会，G34(2004)．

９）廣沢孝志，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅶ）ー改良型融点測定装置の概要とAm含有MOX燃料の融点測定ー”,日本原子力学会2004秋の大会，G35(2004)．

10）逢坂正彦，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅷ）ーAm含有MOXの相状態ー”，日本原子力学会2005春の年会，C16(2005)．

11）三輪周平，他：“遠隔操作によるAm含有MOX燃料製造技術の開発（Ⅸ）ーAm含有MOX燃料焼結に及ぼす酸素ポテンシャルの影響ー”，日本原子力学会2005春の年会，C17(2005)．

12）H. Yoshimochi,et al.,“Fabrication Technology for MOX Fuel Containing AmO_2 by an In-cell Remote Process”, Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 41, No. 8, p. 850-856(2004)．

13）河田東海夫，他：“プルトニウム燃料の開発”，動燃技報，PNC TN 1340 96-004, p. 159(1996)．

14）川口浩一，他：“MOX燃料スクラップ中の微量Am分離回収試験”，サイクル機構技報，JNC TN1340 2000-003(2000)．

15）加藤正人，他：“MA含有低除染燃料の開発ーNp/Am含有低除染燃料の焼結性と相安定性ー”，JNC TN8400 2003-014(2003)．

16）加藤正人，他：“MA含有低除染燃料の開発ーNp/Am含有低除染MOXペレットの組織制御ー”，JNC TN8400 2003-054(2004)．

17）H.ELBEL,et.al.:“Dependence of the UO_2-PuO_2 pellet structure on fabrication parameters”, J. Nucl.Mater., vol. 153, p160(1988)．

資料番号：28ー 3

技術報告

東海再処理施設における液体廃棄物の放出モニタリングについて

水谷　朋子　　宮河　直人　　武石　稔

東海事業所　放射線安全部

Effluent Monitoring of Low Level Liquid Wastes from Tokai Reprocessing Plant

Tomoko MIZUTANI　Naoto MIYAGAWA　Minoru TAKEISHI

Radiation Protection Division, Tokai Works

サイクル機構東海事業所では，再処理施設から海洋に放出する低レベル放射性液体廃棄物の放出モニタリングを実施してきた。

放出前のモニタリングでは，迅速に放射能の定量ができる全α放射能，全β放射能，^{3}H，γ線放出核種（^{137}Csなど）を対象としている。更に，^{89}Sr，^{90}Sr，^{129}I，Pu（α）（^{238}Pu，^{239,240}Puの合計値）に係る核種ごとの放出量は，月ごとの排水量の割合に応じて調整したコンポジット試料を用い，放射化学分析を行い把握している。

これまでのモニタリング結果から，東海再処理施設からの放出放射能量は，1980年代に廃液処理工程の改良による低減が見られた。東海再処理施設からの放出放射能量を海外の再処理施設と比較するために，電気出力に換算した燃料処理量（GWa）で規格化した。規格化した放出放射能量は，運転状況に依存して放出される^{3}Hを除き，いずれの核種も海外の施設に比べて３～５桁低い量であった。

また，海洋放出口周辺の海底土で検出されるプルトニウムは，^{238}Pu/^{239,240}Pu放射能比が0．016～0．034であることからフォールアウトに起因するものであり，放射能比が約1．5～3．5である再処理施設排水の影響ではないと考えられる。

Effluent monitoring was performed for low level liquid wastes discharged from Tokai Reprocessing Plant (TRP) into the Pacific Ocean.

For every discharge, concentrations of rapid measurable radioactivity such as gross-alpha nuclides, gross-beta nuclides, ^{3}H and gamma emitters (e.g ^{137}Cs) were monitored for every batch of liquid effluent samples and were confirmed to be less than the authorized limit before discharge. For the purpose of monitoring the total amounts of radioactive materials, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{129}I and Pu isotopes (^{238}Pu, ^{239}Pu and ^{240}Pu) of a monthly composite sample were measured the radiochemical analysis.

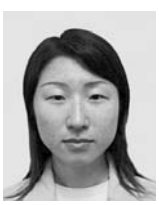
As the result of effluent monitoring, the discharge amount of radionuclide from TRP has decreased since 1980 by the improvement of the waste treatment process. To compare the discharged amounts from TRP with those of foreign reprocessing plants, both discharged amounts were normalized by the unit of energy generated (GWa) . The normalized discharged amount from TRP has been one thousand to one hundred thousand of foreign reprocessing plants except for ^{3}H.

Pu activity ratio (^{238}Pu / ^{239,240}Pu) of the effluents was approximately 1.5 to 3.5, and was different from those of the seabed sediment samples (0.016-0.034) around the discharge point of TRP. Pu isotopes detected in seabed sediment samples were not originated from TRP but from global fallout.

キーワード

放出モニタリング，迅速分析法，処理工程の改良，規格化放出量，Pu同位体，放射能比

Effluent Monitoring, Simple Method, Improvement of the Waste Treatment Process, Normalized Amount of Discharge, Pu Isotopes, Activity Ratio



水谷　朋子

環境監視課分析チーム所属
技術員
放出管理業務に従事

宮河　直人

環境監視課長代理
施設周辺環境モニタリング
及び放出管理業務に従事

武石　　稔

環境監視課長
施設周辺環境モニタリング
及び放出管理業務に従事

1．はじめに

サイクル機構東海事業所では，再処理施設から海洋へ放出する低レベル放射性液体廃棄物の放出モニタリングを行っている。

放出モニタリングでは，蒸発処理等の処理工程による放射性物質の除去，中和処理・一般公害物質の除去を行った低レベル放射性廃液を，貯留タンクから採水・分析し，放出廃液中の放射性物質濃度及び放出量が再処理施設保安規定に定められた基準(表１)を下回っていることを確認している。

一般的に，他の原子力施設等では，線量当量告示に定められている排水中濃度限度に基づいて放出基準が定められ，濃度で管理している。これに対して，再処理施設の場合は，放出後の海洋拡散による希釈効果を考慮し，周辺監視区域外の実効線量が250 μSv/３ヶ月以下となるよう管理することが法令[1)2)]で定められている。東海再処理施設保安規定に定める１年間の最大放出量の放射能が放出されたと仮定した安全審査における実効線量の評価は,5.4 μSv/年である。3 か月当たりの最大放出量は,１年間の最大放出量の約４分の１であり,海洋拡散の変動を考慮しても,放出基準を下回っていれば法令の線量限度を超えるおそれはない。

本報告では，東海再処理施設の運転開始からこれまでにおける放出モニタリング結果より，放出放射能量の推移を，運転状況及び海外再処理施設との比較結果とともに報告する。

表１　東海再処理施設保安規定に定める処理済廃液の放出基準及び１年間の最大放出量

核　種	最大放出濃　度 (Bq/cm³)	一日当たりの最大放出量 (GBq)	3か月当たりの最大放出量 (GBq)	１年間の最大放出量 (GBq)
全α放射能	3.0×10^{-2}	1.1×10^{-2}	1.0	4.1
全β放射能 (^{3}Hを除く)	1.2×10	3.7	2.4×10^{2}	9.6×10^{2}
^{3}H	2.5×10^{4}	7.4×10^{3}	4.7×10^{5}	1.9×10^{6}
^{95}Zr-^{95}Nb	5.9×10^{-1}	1.7×10^{-1}	1.0×10	4.1×10
^{103}Ru	9.3×10^{-1}	2.7×10^{-1}	1.6×10	6.4×10
^{106}Ru-^{106}Rh	7.4	2.1	1.3×10^{2}	5.1×10^{2}
^{134}Cs	8.5×10^{-1}	2.5×10^{-1}	1.5×10	6.0×10
^{137}Cs	7.8×10^{-1}	2.3×10^{-1}	1.4×10	5.5×10
^{141}Ce	8.1×10^{-2}	2.4×10^{-2}	1.5	5.9
^{144}Ce-^{144}Pr	1.7	5.2×10^{-1}	3.0×10	1.2×10^{2}
^{129}I	(注1)3.7×10^{-1}	(注2)1.1×10^{-1}	6.7	2.7×10
^{131}I	1.6	5.2×10^{-1}	3.0×10	1.2×10^{2}
^{89}Sr	(注1)2.3×10^{-1}	(注2)7.0×10^{-2}	4.1	1.6×10
^{90}Sr	(注1)4.8×10^{-1}	(注2)1.4×10^{-1}	8.1	3.2×10
Pu(α)	(注1)3.0×10^{-2}	(注2)1.1×10^{-2}	5.9×10^{-1}	2.3

（注１）１か月平均１日最大放出濃度
（注２）１か月平均１日最大放出量

また，事業所周辺の環境モニタリングの結果から，海洋放出口周辺海底土のPu放射能比を，放出廃液のそれと比較し，海底土試料で有意に検出されたプルトニウムが施設の運転に伴うものか，過去の大気圏内核実験によるものであるかを確認した。これについてもあわせて報告する。

2．モニタリング方法

液体廃棄物の放出モニタリング対象核種及び分析法を表２に示す。

再処理施設から海洋へ放出する低レベル放射性廃液は，廃液処理工程を経て，一旦貯留タンクに貯留し，バッチごとに放出前モニタリングを行っている。放出予定廃液の採水から分析，放出可否の決定までは，施設の運転上，半日程度で行う必要がある。このため，放出前のモニタリングにおいては，複雑な化学分離操作を伴わずに迅速に測定ができるγスペクトロメトリ，全α放射能分析法及び全β放射能分析法によって，放出基準を下回っていることを確認している。したがって，^{137}Csなどのγ線放出核種はγスペクトロメトリで,純β核種の^{89}Sr，^{90}Sr及びβ(γ)核種は全β放射能分析法で，Pu(α)(^{238}Pu，^{239,240}Puの合計値）は全α放射能分析法でそれぞれ評価している。

更に，^{89}Sr，^{90}Sr，^{129}I，Pu（α）については，海洋放出に起因する一般公衆の実効線量等を評価するために，月ごとに排水量に応じた割合でコンポジット試料を調整し，放射化学分析を行って核種ごとの放出量を把握している。

なお，全α，全β放射能分析は，放出基準を下回っていることを確認することが目的であるのに

表２　液体廃棄物の放出モニタリング対象核種及び分析法

	核　種	分　析　法
毎バッチ	全α放射能	蒸発乾固法，ZnS(Ag)シンチレーションカウンタ
	全β放射能 (^{3}Hを除く)	蒸発乾固法，GM計数管
	^{3}H	液体シンチレーションカウンタ
	γ線放出核種※	マリネリビーカーによる直接測定法，γ-スペクトロメトリ（HP-Ge半導体検出器）
月毎	^{129}I	PdI_2沈殿法，γ-スペクトロメトリ（HP-Ge半導体検出器）
	^{89}Sr，^{90}Sr	陽イオン交換法，液体シンチレーションカウンタ
	Pu(α)	陰イオン交換法，α-スペクトロメトリ（Si-SSD）

※γ線放出核種は，^{95}Zr-^{95}Nb,^{103}Ru,^{106}Ru-^{106}Rh,^{134}Cs,^{137}Cs,^{141}Ce, ^{144}Ce-^{144}Pr, ^{131}Iを対象とする。

対し，月ごとのコンポジット試料によるPu（α）等の核種分析は核種ごとの放出量の把握を目的としている。このため，核種分析の検出下限値は，全α，全β放射能分析の検出下限値に比べ，2桁程度低く設定している。

3．モニタリング結果

1）放出放射能量の推移

主要な核種についての年間の放出放射能量及び電気出力に換算した燃料処理量（GWa）を図1に示す。

燃料処理量は，一般的に処理燃料のウラン重量(t)で表される。しかし，再処理の過程で発生する壊変生成物や超ウラン元素など放射性廃棄物の放射能は燃焼度に依存する。そこで，燃料処理の運転状況をUNSCEAR（国連科学委員会報告書）に準じて，発生した電気エネルギーに換算した燃料処理量で表し，放出放射能量と比較した。

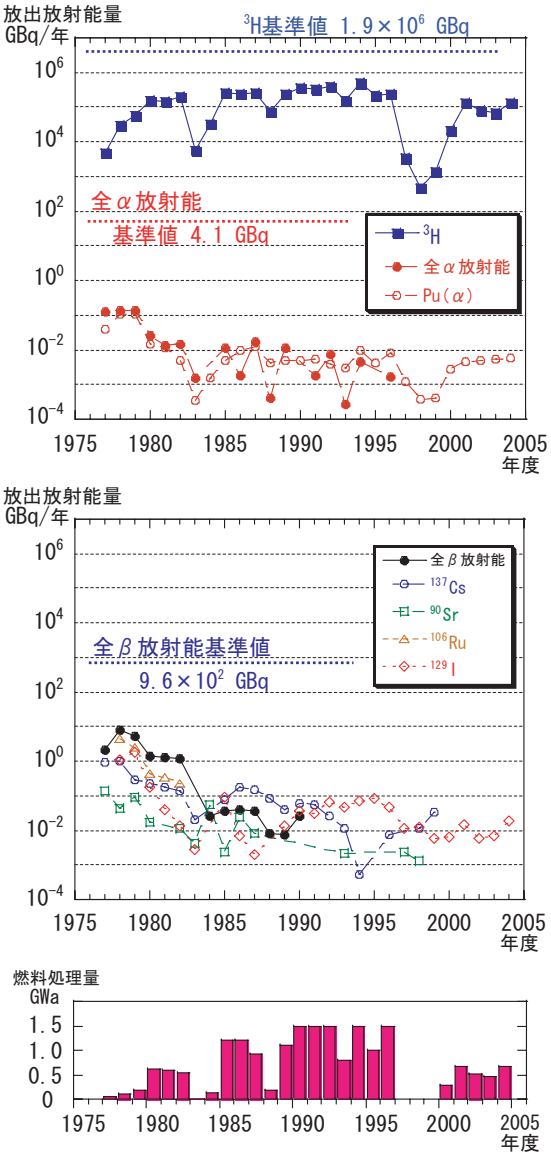


図1　海洋放出廃液の実放出放射能量及び電気出力に換算した燃料処理量

年間の放出放射能量は，(1) 全α放射能，全β放射能，^{3}H，^{137}Cs，^{106}Ruについては，放出前モニタリングにおいて有意に検出された放射能濃度に，その排水量を乗じて算出したバッチごとの放出放射能量を年間合計した値であり，(2) Pu(α)，^{90}Sr，^{129}Iは月間のコンポジット試料において有意に検出された月平均の放射能濃度にその排水量を乗じて算出した月ごとの放出放射能量を年間合計した値である。

東海再処理施設からの放出放射能量は，表1に示す保安規定に定める基準をすべて十分に下回って管理された。

核種別に見ると，^{3}Hの放出量は，燃料処理の運転中は年間およそ10^{5}GBq程度であった。運転を停止していた1983～1984年，1997～1999年は2桁程低く，10^{3}GBq程度であった。^{3}Hの放出量は，燃料処理量に依存して変化していることが分かる。^{3}Hはほとんどが水（HTO）として存在するので，蒸発処理等では除去できないことから運転状況に依存した変動を示したと考えられる。

一方，^{3}H以外の放射性核種は，蒸発処理などの廃液処理工程により大部分が除去されること，燃料処理期間だけでなく処理終了後の設備の洗浄やメンテナンス作業，廃液処理工程の運転状況により変化するので，単純に燃料処理の時期とは一致しなかった。

全β放射能では，1980年代後半以降，2桁ほど，放出放射能量の低減が見られた。これは廃液処理工程に導入された，第二低放射性廃液蒸発処理施設（E施設）及び第三低放射性廃液蒸発処理施設（Z施設）に設置された蒸発缶の運転により，放射性物質の除染効率が上がったため[3]と推測された。このような放出放射能の低減化努力を反映し，近年においては，全β放射能濃度は検出下限値未満（<2.2×10^{-2} Bq/cm^{3}）となった。図1において，1990年度以降全β放射能の値がプロットされていないのはこのためである。全α放射能の放出放射能量についても同様に，1997年度以降は検出下限値未満の濃度（<1.1×10^{-3}Bq/cm^{3}）であったため，図1にプロットされなかった。

2）分析法によるモニタリング結果の比較

放出前モニタリングにおける全α，全β放射能分析結果と，核種分析の結果から算出した合計の放出放射能量を比較した。

図1より，全α放射能の放出量はPu(α)の放出量にほぼ等しく，全α放射能として検出されたα核種の大部分が，Pu(α)であることが分かる。再処理施設の海洋放出廃液は，蒸発処理を経ているため，廃液試料中に残渣成分がほとんどない。測定上妨害となる自己吸収等の影響を受けないため，全α放射能分析結果から算出した放出量が、放射化学分析結果から算出したPu(α)の放出量と一致したものと考えられる。このことから，基準値に対するPu(α)の濃度の確認を目的とした放出前モニタリングにおいて，迅速に濃度を把握できる全α放射能分析法は有効であったといえる。同様に，1980年代前半までの全β放射能の放出量についても，^{90}Srや^{137}Csなど，主要β線放出核種の放出量の合計値とよく一致した。

なお，2項で述べたように，Pu(α)等の核種分析の検出下限値は全α，全β放射能分析の検出下限値より2桁ほど小さい。このため，全α，全β放射能分析において検出限界値未満の放出となった場合でも，Pu(α)等の核種分析結果から算出した放出量は有意に計上されることがある。1980年代後半以降は，放出廃液中の放射性物質濃度が低く抑えられており，全α，全β放射能濃度がともに検出限界値未満となることが多くなったことから，図1において，その年間放出量はPu(α)や^{137}Cs等の放出量よりも低くなっている。

3）海洋放出に起因する実効線量

東海再処理施設から海洋放出された液体廃棄物に起因する一般公衆の実効線量を，再処理施設設置承認申請書に従って評価した。

結果を図2に示す。実効線量の評価に当たり，検出されなかった核種については，検出下限値の濃度で放出されたとみなして算出した推定放出量（不検出量という）を，実測の放出量に加えて評価した。

図2に示すようにこれまでの最大値は0.2μSv/年，2004年度は0.013μSv/年であり，法令に定める周辺監視区域外の実効線量である年間1 mSv及び3ヶ月250μSvを大きく下回っていることを確認した。

4）海外再処理施設の放出放射能量との比較

東海再処理施設からの海洋放出放射能量を，イギリスBNFL社のSellafield再処理施設及びフランスコジェマ社のLa Hague再処理施設からの放出放射能量と比較した。比較にあたり，放出放射能量を燃料処理量（GWa）で除して規格化した。以下，この値を規格化放出量と表記する。

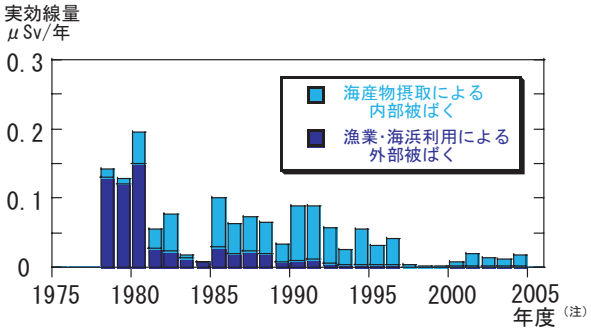


図2　海洋放出廃液に起因する周辺住民等の実効線量

（注）1979～1993年は1～12月の1年間，1994年は同年1月～翌年3月までの15ヶ月間，1995年からは4月始期の年度で表示。）

東海再処理施設については4月始期とした2004年度までの結果を，Sellafield再処理施設及びLa Hague再処理施設については1月始期とした1997年までの結果を図3に示す。

^{3}Hの規格化放出量は各施設とも同程度であった。^{3}Hは燃料処理の過程で発生したものが，燃料処理量に依存し，液体廃棄物として放出されていると考えられる。

Pu(α)では，東海再処理施設からの放出量は海外の再処理施設に比べて，百分の一から1万分の一程度であった。β線及びγ線放出核種では，^{90}Sr及び^{137}Csは1万分の1以下，^{129}Iは1千分の1程度であった。

東海再処理施設における海洋放出放射能量は，当初の設計においても海外の再処理施設に比べて低く抑えられていた。更に，ALALAの考え方に基づいて実施した廃液処理工程の改善により，放出放射能量の低減化が図られた結果が示された。

4．プルトニウム同位体の放射能比

サイクル機構では，事業所周辺の環境モニタリングの一環として海洋放出口周辺海域の海底土中の^{239,240}Puを分析している。これらの分析結果は，Shinohara[4]が報告しているように再処理施設の運転開始後も大きな変動はなかった。海底土から検出された^{239,240}Pu濃度について，^{239,240}Puと同時に定量される^{238}Pu濃度との放射能比（^{238}Pu/^{239,240}Pu）を

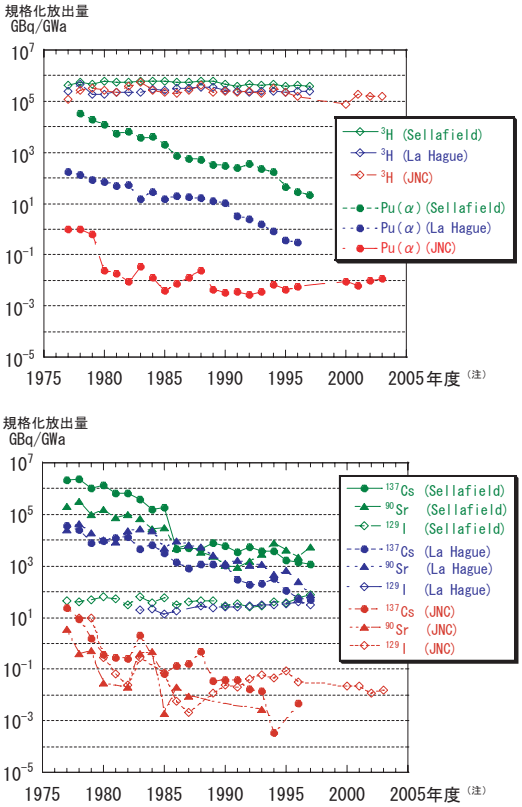


図３　海外再処理施設との規格化放出量の比較

（注）　JNCは４月始期の１年間，Sellafield及びLa Hagueは１月始期の１年間で示す。

求めた。結果は表３に示すように0.016～0.034であった。これは，山本ら[5]が報告している過去の大気圏内核実験時のフォールアウトにおける^{238}Pu/^{239,240}Puの放射能比0.034～0.043と同レベルであった。なお，^{238}Puは検出下限値に近い濃度であり，放射能比の算出には測定における標準偏差の３倍に相当する濃度を超えた結果のみ採用した。

一方，放出モニタリングによる放出廃液のコンポジット試料のPu(α)分析の結果，これまでに検出された廃液中の^{238}Pu/^{239,240}Puの放射能比はおよそ1.5～3.5の範囲であり，^{238}Puが^{239,240}Puに比べて多かった。ORIGEN2.1で評価した軽水炉中の使用済燃料の放射能比約1.9[6]とほぼ一致する値を示した。

これらのことから，海洋放出口周辺海域で検出されたプルトニウムは，フォールアウトに起因するものであり，再処理施設から放出された液体廃棄物の影響ではないことが確認された。

表３　プルトニウム同位体の放射能比

		^{238}Pu/^{239,240}Pu 放射能比
分析値	海洋放出口周辺海底土	0.016～0.034
	海洋放出廃液	1.5～3.5
文献値	フォールアウト	
	降下物*1	0.025
	湖沼土・海底土*2	0.034～0.043
	使用済燃料*3	
	PWR 28GWd/t	1.9
	PWR 35GWd/t	3.0

＊１　UNSCEAR 1982　＊２　参考文献５　＊３　参考文献６

５．まとめ

これまでの放出モニタリングの結果より，東海再処理施設からの放出放射能量は，基準に対して十分低く管理されていることが示された。

東海再処理施設では，当初の設計より放出放射能量の低減化の努力がなされていたが，運転開始後も廃液処理施設の増設など，運転方法の改善を行ったためである。この結果，燃料処理量(GWa)で規格化した放出放射能量は，海外の再処理施設と比べて，^{3}Hを除き，３桁から５桁低く抑えられてきた。

一方，環境モニタリングにおいて海洋放出口周辺海域の海底土中で検出されたプルトニウムの^{238}Pu/^{239,240}Pu放射能比を調査したところ，放出廃液の^{38}Pu/^{239,240}Pu放射能比とは大きく異なっていた。このことから，環境中で検出されたプルトニウムはフォールアウトに起因するものであり，再処理施設から放出された液体廃棄物の影響ではないことが確認された。

参考文献

１）使用済燃料の再処理の事業に関する規則（総理府令第10号：昭和46年）

２）核燃料物質の加工の事業に関する規則等の規定に基づき，線量限度等を定める件（平成12年12月26日科学技術庁告示第13号，平成12年12月26日科学技術庁告示第18号により一部改訂）

３）東海事業所再処理工場　処理部化学処理第２課・廃棄物処理課：“再処理工程の運転　7.2放射性液体廃棄物”，サイクル機構技報，No.55，p.36(1985).

４）Shinohara, K.: “Assessment of radiological effects on the regional environment due to the operation of Tokai Reprocessing Plant”, Journal of environmental radioactivity,72,299-322 (2004)

５）Yamamoto, M. et al.：“Fallout 237Np, Pu Isotopes and 241Am in Lake and sea sediments from the coastal area of the Sea of Japan”, Radiochemica Acta, 51, 85-95 (1990)

６）東海再処理施設の安全性確認に係る基本データの確認，サイクル機構，JNC TN8410 99-002，p2-2（1999）

資料番号：28― 4

技術報告

核種移行データベースの利用環境整備の現状

笹本　広　吉田　泰　磯貝　武司　陶山　忠宏
神徳　敬*　柴田　雅博　油井　三和

東海事業所　環境保全・研究開発センター　処分研究部
*石川島播磨重工業株式会社　原子力事業部

Current Status of System Development to Provide Databases of Nuclides Migration

Hiroshi SASAMOTO　Yasushi YOSHIDA　Takeshi ISOGAI　Tadahiro SUYAMA
Takashi JINTOKU*　Masahiro SHIBATA　Mikazu YUI

Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works
*Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

サイクル機構では，高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価に必要となる核種移行データベースを開発し，わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性を示す第２次取りまとめに反映した。本データベースの技術レベルや有用性は国内だけでなく，海外からも高く評価された。そこで，サイクル機構が開発した核種移行データベースを国内外に幅広く普及し，その利用を促進するため，1）地球化学コードPHREEQEからPHREEQC，GWB及びEQ3/6用にデータベースフォーマットを変換させるためのツール開発，2）核種移行データベース利用のための外部公開ホームページ（http://migrationdb.jnc.go.jp）の作成・運用を行った。これにより，核種移行データベースの利用者層が拡大され，国内外の幅広い方々に利用して頂く環境が整備されるとともに，ユーザーからの有益なコメントを適宜反映できる体制も整った。

JNC has developed databases of nuclides migration for safety assessment of high-level radioactive waste (HLW) repository, and they have been used in the second progress report to present the technical reliability of HLW geological disposal system in Japan. The technical level and applicability of databases have been highly evaluated even overseas. To provide the databases broadly over the world and to promote the use of the databases, we have performed the followings: 1) development of tools to convert the database format from geochemical code PHREEQE to PHREEQC, GWB and EQ3/6 and 2) set up a web site (http://migrationdb.jnc.go.jp) which enables the public to access to the databases. As a result, the number of database users has significantly increased. Additionally, a number of useful comments from the users can be applied to modification and/or update of databases.

キーワード
熱力学データベース，収着データベース，拡散データベース，核種移行，安全評価，高レベル放射性廃棄物，変換プログラム，地球化学コード，ホームページ，ダウンロードシステム

Thermodynamic Database, Sorption Database, Diffusion Database, Nuclide Migration, Safety Assessment, High-Level Radioactive Waste, Conversion Program, Geochemical Code, Home Page, Download System.

笹本　広
処分バリア性能グループ
チームリーダー
副主任研究員
地下水・間隙水化学研究，データベース開発に従事

吉田　泰
処分バリア性能グループ
炭酸塩鉱物の共沈現象に関する研究，データベース開発に従事

磯貝　武司
処分バリア性能グループ
間隙水化学研究，データベース開発に従事

陶山　忠宏
処分バリア性能グループ
緩衝材変質劣化研究，データベース開発に従事

神徳　敬
石川島播磨重工業株式会社
原子力事業部　バックエンドプロジェクトチーム

柴田　雅博
処分バリア性能グループ
チームリーダー
副主任研究員
データベース開発，緩衝材変質劣化研究，核種移行研究に従事
第一種放射線取扱主任者

油井　三和
処分研究部次長
主任研究員
地球化学／核種移行研究・データベース開発・処分技術開発の総括
理学博士

1．はじめに

わが国では，使用済み燃料の再処理から発生する高レベル放射性廃棄物は,最終的に地下300m以深の安定な地層中に適切に埋設（地層処分）することとしている[1]。地層処分の安全性確保の期間は非常に長期にわたるため，実験により安全性を実証することは困難である。そこで，将来，地層処分された高レベル放射性廃棄物がどのような挙動を示すか，シナリオを作成し，このシナリオに基づきコンピューターシミュレーション等による処分の安全性の評価が行われる。地層処分システムの安全評価では，放射性廃棄物から溶出した核種が地下水により人間の生活環境に運ばれるシナリオが基本であり，このような評価においては，地下水中での放射性核種の溶解度,人工バリア材(ベントナイト）や岩石への放射性核種の収着係数・拡散係数といった核種移行データを網羅した核種移行データベースが必要となる。

サイクル機構では，評価に必要となる核種移行データベースを独自に開発し，わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性を示す第２次取りまとめに反映させた[2]。地層処分の性能評価に必要な核種移行データベースは諸外国においても開発が行われている。しかしながら核種移行データを網羅したデータベースは英国[3],スイス[4]，米国[5] で開発されている程度であり，サイクル機構が開発したデータベースの技術レベルや有用性は国内だけでなく，海外からも高く評価されている。たとえば，国際機関である経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA: Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development）が中心になり進められている熱力学データベース開発プロジェクトに関わるホームページ（http://www.nea.fr/html/dbtdb/）の中では,英国,スイスで開発されたデータベースとともにサイクル機構が開発したデータベースも紹介されている。そこで，サイクル機構が開発した核種移行データベースを国内外に幅広く普及し，その活用を促進するための利用環境を整備した。本報では，核種移行データベースの利用環境整備状況について報告する。

2．これまでに整備した核種移行データベース

第２次取りまとめに向けて開発整備した核種移行データベースとしては，①熱力学データベース（Thermodynamic DataBase: TDB），②収着データベース（Sorption DataBase: SDB），③拡散データベース（Diffusion DataBase: DDB）の３つがある。各データベースの概要を以下にまとめる。

(1) 熱力学データベース（JNC-TDB）

熱力学データベースとしては，放射性元素および地球化学元素について，各々，データベース開発を行い，２つのデータベースを整備した。

放射性元素の熱力学データベースは，地下水やベントナイト間隙水中での放射性核種の溶解度や溶存化学種を計算するうえで必要なデータベースである。本データベースの開発にあたっては，アクチニド炭酸錯体，溶解度制限固相の安定性・変遷，核種の酸化還元状態の把握，コロイド影響等に着目し，膨大な文献から熱力学データを抽出した。また抽出されたデータの信頼性について，諸外国や国際機関で開発されたデータベースとの比較検討による現実性・網羅性の確認，データの系統性の確認等を行い，データベースの科学的妥当性を確認した。本データベースは,元素数25,データ数607件を収録している[6]。

一方，地球化学元素の熱力学データベースは，処分が想定されるような地下深部での地下水水質やベントナイト間隙水水質を推定するうえで必要なデータベースである。本データベースの開発にあたっては，地下水水質形成過程の評価やベントナイト間隙水化学の評価上重要な鉱物－水反応等のデータに着目し，データベースを整備した。本データベースは,16種類のガス,195種類の鉱物に関するデータを収録している[7]。これらのデータは，室内における基礎的な実験，フィールドにおける観察結果等をもとにデータの相互比較が行われ，信頼性が確認されている。

(2) 収着データベース（JNC-SDB）

収着データベースは，ベントナイトや岩石に収着する放射性核種の量や，その時の地下水中の放射性核種の濃度を推定するために必要なデータベースである。本データベースの開発にあたっては，核種移行の遅延特性を把握するうえで重要な収着挙動について，バッチ法により得られたデータを対象に膨大な文献から収着データを抽出した。本データベースは,元素数37,データ数19,890件のデータを収録していた[8]が，その後，第２次取りまとめ以降に公開された文献を調査し，37元素中19元素に対し，1,236件の収着分配係数を追加

し，データベースを更新・公開した[9]。

(3) 拡散データベース（JNC-DDB）

拡散データベースは，ベントナイトや岩石中での放射性核種の移行挙動を推定するために必要なデータベースである。第２次取りまとめにおいては，国内に分布する岩石を物質移行および地質学的観点から４種類に分類し，主要岩石に対する拡散データベースを開発した[10]。本データベースには304件の実効拡散係数が収録されており，各データに対し，岩種の違いやデータ取得条件（試験方法，溶液条件，温度，雰囲気等）に関わる情報が整備されている。

３．核種移行データベースの利用環境整備

2.で述べたような第２次取りまとめに向けて開発整備した種移行データベースについては，各々，サイクル機構の技術資料として取りまとめた。熱力学データベースについては，米国地質調査所で開発され，世界的にも汎用されている地球化学コードであるPHREEQE[11]用のデータベースフォーマットで整備し，公開した。収着データベースについては，市販のMicrosoft社製データベースソフトであるAccessを用いてデータベースを作成し，公開した（図１）。岩石に対する拡散データについては，現在のところ，電子ファイル形式での公開は行っていない。第２次取りまとめの段階では，基本的に技術資料の形で成果を公開・普及していたが，第２次取りまとめ以降の課題の１つとして，これらサイクル機構が開発した核種移行データベースを国内外に幅広く普及し，その利用促進を図ることが挙げられていた。そこで，この課題に対する対応として，核種移行データベースに関わる外部公開ホームページを作成・運用し，成果のより一層の普及を図ることとした。なお，熱力学データベースのより広範な利用促進を図るため，PHREEQEだけでなく，世界的に幅広く利用されている代表的な地球化学コードでも利用可能にするため，データベースフォーマット変換ツールも開発した。以下に，①フォーマット変換のためのツール開発，②外部公開ホームページの整備について述べる。

(1) フォーマット変換のためのツール開発

溶液中での化学種の濃度(活量)の計算や固相(鉱物等)に対する飽和度の計算等のために用いられる代表的な地球化学コードとしては，WATEQ4F[12]，PHREEQE，PHREEQC[13]，MINTEQA2[14]，EQ3/6[15]，Geochemist's Workbench[16]（GWB）等がある[17]。WATEQ4F，PHREEQEおよびPHREEQCは，米

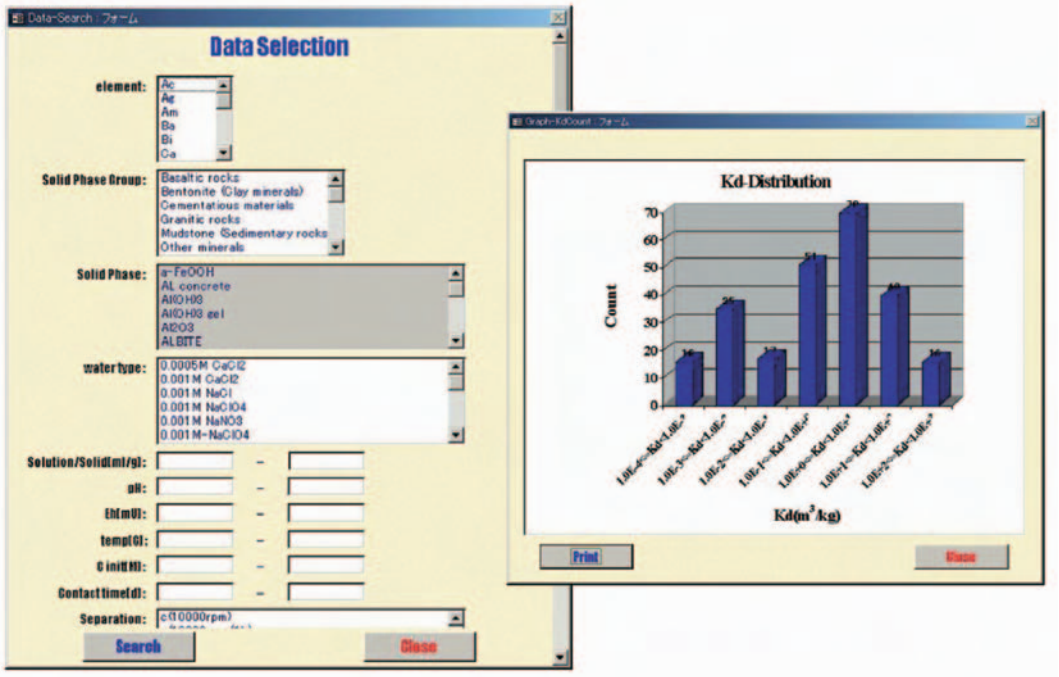


図１　収着データベースの例

データ検索画面（左図）およびデータ検索結果の一例として分配係数（Kd）のヒストグラムを表示した場合（右図）

国地質調査所で開発されたコードであるが，WATEQ系のプログラムの計算機能はPHREEQE系に類似しており，現在の主流はPHREEQE系のプログラムになっている。MINTEQA2は，米国環境保護庁で開発されたコードであり，イオンの収着に関するモデルも組み込まれている。EQ3/6は，放射性廃棄物処分の評価に用いるために米国のローレンスリバモア国立研究所で開発されたコードである。GWBは，米国イリノイ大学で開発されたコードで，近年，汎用されるようになってきている。サイクル機構では，高レベル放射性廃棄物処分の安全評価のため，第1次取りまとめ[18]の段階からPHREEQE系のプログラムを利用してきており，熱力学データベース開発にあたってもPHREEQE用のデータベースフォーマットで整備を進めている。フォーマット変換用のツール整備にあたっては，放射性廃棄物処分の分野で普及度が高く，世界的に今後も継続して利用されていく可能性の高いPHREEQC，EQ3/6，GWBを対象にした。なお，PHREEQEからEQ3/6へのデータベースフォーマット変換に関しては，米国ローレンスリバモア国立研究所とサイクル機構との共同研究の枠組みの中で開発整備された変換プログラム（GREEN. EXE）を利用している[19]。

今回，PHREEQEからPHREEQCおよびEQ3/6用のデータベースフォーマット変換のためのツールとして，FORTRANによるプログラムを独自に開発した[19]。開発されたプログラムは，PQPCN14_5（PHREEQEからPHREEQCへのデータベースフォーマット変換プログラム）およびPHGWB10（PHREEQEからGWBへのデータベースフォーマット変換プログラム）である。データベースフォーマットは各々の地球化学コードにより異なるが，共通して収録しているデータは，平衡定数（log K）および活量補正に必要となるパラメータ（イオンサイズパラメータ，WATEQ Debye-Huckelパラメータ）である。平衡定数については，25℃における定数と25℃以外での定数を算出するうえで必要な係数を含む場合（PHREEQEおよびPHREEQC）と，0，25，60，100，150，200，250，300℃の各温度における平衡定数を含む場合（GWB）があるため，PHREEQEからGWBへのフォーマット変換にあたっては，温度補正式と補正係数をもとに，各温度における平衡定数を算出している。変換プログラムは，PHREEQE用のデータベースフォーマットが収録している平衡定数および活量補正に必要となるパラメータを各地球化学コード用のデータベースフォーマットに適合するようにデータの並び替えや平衡定数の算出等を自動で行うものである。

以上のような変換プログラムを利用することにより，サイクル機構が開発整備した熱力学データベース（PHREEQE用データベースフォーマット）がPHREEQC，GWB，EQ3/6で利用できるようになった。

(2) 外部公開ホームページの整備

サイクル機構が開発した核種移行データベースを社外一般や海外の幅広い方々にも利用していただくため，処分研究部では，大洗工学センターの情報センター内に独自のサーバーを設置し，熱力学・収着データベースを利用するためのホームページ（http://migrationdb.jnc.go.jp/）を外部公開した（2003年8月1日）。本ホームページは，サイクル機構ホームページのトップページ（http://www.jnc.go.jp）の「地層処分技術に関する研究開発」あるいは「データベース」の項目からアクセスできる。情報センター内に設置した外部公開用サーバーには，WWWサーバー用ソフトウェアとしてApacheを使用した。以下に公開したホームページの内容と利用方法について述べる。

1）ホームページの構成

①トップページ

トップページを図2に示す。トップページには，データベースの利用にあたっての注意書き等が記されている。また，日本語版・英語版の各コンテンツへの入り口にもなっている。以下，日本語版をもとに各コンテンツについて説明する。

②ホーム

ホームページの概要を記したページであり，ホームページ内の各コンテンツへのリンクが張られている。

③TDB関連

JNC-TDBの概要を記したページおよびダウンロードにより利用可能なデータファイル一覧を示すページから構成される。概要を記したページからは，TDBに関係する用語解説のページへのリンクも張られている。データファイル一覧を示すページからは，PHREEQE，PHREEQC，EQ3/6，GWBの各フォーマット用のデータベースにアクセスできる。また，OECD/NEAが開発したTDB

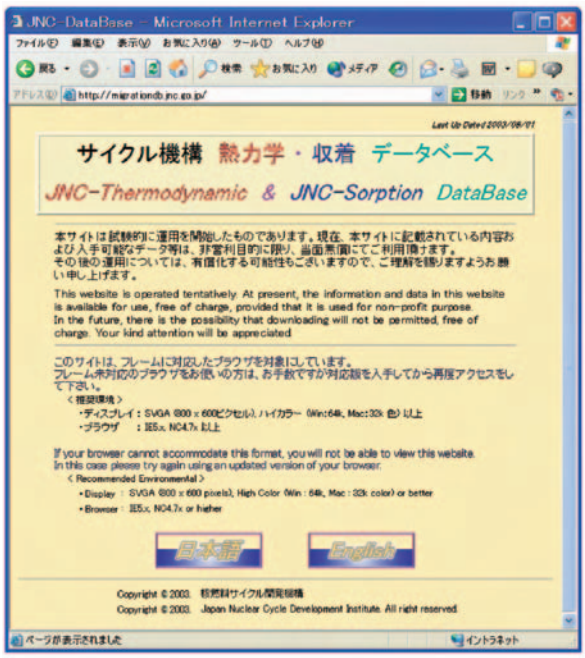


図２　熱力学・収着データベースに関するホームページのトップページ

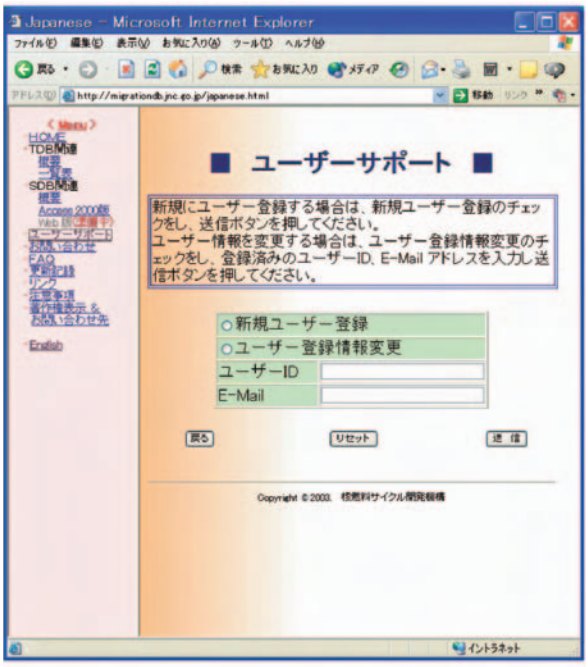


図３　ユーザ登録画面のページ

についても，NEAの承諾を得て，上記４種の地球化学コードで利用可能なフォーマットに変換し，掲載している。

④SDB関連

JNC-SDBの概要を記したページおよびJNC-SDB（Access版）の利用方法を示すページから構成される。

⑤ユーザーサポート

ホームページからデータをダウンロードする際には，ユーザー登録が必要となる（図３）。ここは，ユーザー登録や登録情報の変更を行うページである。

⑥お問い合わせ

本ホームページに関するユーザーからの意見を収集するためのページである。

⑦FAQ

ユーザーから寄せられた質問やそれに対する回答を掲載するページである。

⑧更新記録

ホームページの更新日や更新内容を掲載するページである。

⑨リンク

熱力学データベースや地球化学コードに関連する他のホームページ，国内の原子力関係機関のホームページへのリンクが張られているページである。

⑩注意事項

本ホームページに掲載されている情報やダウンロードしたデータを利用する際の注意事項として，著作権，免責事項，プライバシーポリシーに関わる内容を掲載しているページである。

⑪著作権表示＆お問い合わせ先

サイクル機構の著作権表示および本ホームページに関する問い合わせ先（東海事業所環境保全・研究開発センター処分研究部）を掲載しているページである。

２）データベースのダウンロード方法

ユーザーがデータベースをダウンロードして利用する場合，最初に「ユーザーサポート」のページにおいて，ユーザー登録を行う。ユーザー登録では，e-mail address, user ID（ユーザー側で６～８文字の任意の英数字を設定),氏名および住所を入力する。データベースをダウンロードする際には,「非営利目的に限り，当面無償にて使用することができる」ことに同意し，ユーザー登録したe-mail addressおよびuser IDを入力する。

ホームページ開設に関する案内は，国内向けでは，原子力学会バックエンド部会を通じた学会員への電子メールでの周知等を中心とし，国外向けでは,地球化学コードGWBのユーザーグループへの電子メールでの案内を行った。外部公開ホーム

ページ運用開始後のこれまでの利用実績として，282件のユーザー登録があった(2005年４月19日現在)。内訳は，国外127件，国内155件である。また，ホームページ公開後，外部の専門家からデータの一部に誤りがあることが指摘されたため，速やかに訂正し，修正版に差し替える等の対応を行った。このように，データベースを外部に公開し，これまで以上に幅広い多くの方々が利用できる環境が整うとともに，ユーザーからのコメントを適切に反映する体制も整えた。

なお，外部公開用ホームページの開設にあたっては,情報公開法,著作権法,個人情報保護法(ホームページ開設時には施行されていなかったが予め同法の適用範囲について確認）で規定される内容に留意すると共に，開設後もこれらの法に照らしつつ，ホームページの適切な運用を図っている。

４．おわりに

サイクル機構が開発した核種移行データベースを国内外に幅広く普及し，その活用促進を図るための利用環境整備として，熱力学データベースのフォーマット変換用ツールの開発，外部公開ホームページの整備を行った。データベースフォーマット変換用ツールの開発により，サイクル機構が開発したデータベースをPHREEQE以外の複数の地球化学コードでも利用することが可能となり，ユーザーの拡大，汎用性の拡大を図ることができた。また外部公開ホームページの開設により，サイクル機構が開発した核種移行データベースを国内外の幅広い方々に利用して頂く環境を整備するとともに，ユーザーからのコメントを反映する体制も整えた。

今後は,拡散データベースの利用環境を整備し，ホームページ上での公開を進めるとともに，収着データベースについては，データベース機能の一部であるデータ検索をホームページ上で実施可能なSDB Webシステムの整備を行う予定である。

また，ユーザーの方々からの意見・要望なども参考に，インターネットを通じたデータベースの活用を促進させるとともに，データの拡充や更新を継続して行い，処分事業や安全規制の基盤として，より信頼性の高いデータベース開発整備を進めていく予定である。

謝　辞

核種移行データベースの利用環境整備にあたり,A-Tech株式会社の日笠直樹氏には,JNC-SDB(Access版）の開発にあたりお世話になりました。コンピュータソフト開発株式会社の根山敦史氏には，フォーマット変換用プログラムの開発にあたり尽力して頂きました。また原子力システム株式会社の渡會清高氏，平山勇一氏にはホームページの開設にあたりお世話になりました。以上の方々に深く感謝致します。

参考文献

1）官報：“特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律”(2000).
2）核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第２次取りまとめ－総論レポート”,サイクル機構　技術資料，JNC TN 1410 99-020 (1999).
3）T. G. Heath, D. J. Ilett: “The HATCHES User Manual”, Serco Assurance, Oxfordshire (2004).
4）H.Wolfgang, B.Urs et al.: “Nagra/PSI Chemical Thermodynamic Data Base 01/01”, Universal Publishers, ISBN 1-581112-620-4 (2002).
5）T.J.Wolery: “EQ3NR, A Computer Program for Geochemical Aqueous Speciation Solubility Calculations: Theoretical Manual, User's Gide, and related Documentation (Version 7.0)”, Lawrence Livermore National Laboratory Report UCRL-MA-110662 (3) (1992).
6）M.Yui, J.Azuma et al.: “JNC Thermodynamic Database for Performance Assessment of High-Level Radioactive Waste Disposal System”, Japan Nuclear Cycle Development Institute Technical Report, JNC TN8400 99-070 (1999).
7）R.C.Arthur, H.Sasamoto et al.: “Development of Thermodynamic Databases for Geochemical Calculations”, Japan Nuclear Cycle Development Institute Technical Report, JNC TN8400 99-079 (1999).
8）澁谷朝紀，柴田雅博，他：“核種のベントナイトおよび岩石に対する収着データベース”,サイクル機構技術資料，JNC TN8410 99-050 (1999).
9）陶山忠宏，笹本　広：“JNC収着データベース（JNC－SDB）の更新：1998～2003年までに公開された文献データの追加”，JNC TN8410 2003-018 (2004).
10）H.Sato: “Diffusivity Database (DDB) for Major Rocks: Database for the Second Progress Report”, JNC TN8400 99-065 (1990).
11）D.L.Parkhurst, D.C.Thorstenson et al.: “PHREEQE-A Computer Program for Geochemical Calculations”, Rev. U.S. Geol. Survey Water Resources Investigations Report 80-96 (1990).
12）J.W.Ball, D.K.Nordstrom: “User's Manual for WATEQ4F, with Revised Thermodynamic Database and

Test Cases for Calculating Speciation of Major, Trace, and Redox Elements in Natural Waters", U.S. Geol. Survey Open File Report 91-183 (1991).
13) D.L.Parkhurst: "Users Guide to PHREEQC- A Computer Program for Speciation, Reaction-Path, Advective-Transport, and Inverse Geochemical Calculations", U.S. Geol. Survey Water Resources Investigations Report 95-4227 (1995).
14) J.D.Allison, D.S.Brown et al.: "MINTEQA2, A Geochemical Assessment Data Base and Test Cases for Environmental Systems : Vers.3.0 User's Manual", Report EPA/600/3-91/, Athens, GA: U.S.EPA (1991).
15) T.J.Wolery: "A Software Package for Geochemical Modeling of Aqueous Systems : Package Overview and Installation Guide (Ver.7.0) ", UCRL-MA-110662 (1). Lawrence Livermore National Laboratory (1992).
16) C.M.Bethke: "The Geochemist's Workbench, Version 2.0, A Users Guide to Rxn, Act2, Tact, React and Gtplot", Hydrogeology Program. Urbana, IL: University of Illinois (1994).
17) 日本地下水学会編："地下水水質の基礎",理工図書, 189p. (2000).
18) 動力炉･核燃料開発事業団："高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書ー平成 3 年度ー, 動力炉・核燃料開発事業団　技術資料, PNC TN1410 92-081 (1992).
19) 吉田　泰, 油井三和："熱力学データベースフォーマット変換プログラムの作成",サイクル機構技術資料, JNC TN8400 2002-024 (2003).

資料番号：28－5

技術報告

ガラス固化技術開発施設（TVF）における溶融炉技術開発

小坂　哲生　　冨永　節夫

東海事業所　再処理センター　環境保全部

Developments of the Vitrification Technology at TVF

Tetsuo KOZAKA　　Setsuo TOMINAGA

Waste Management Division, Tokai Reprocessing Center, Tokai Works

ガラス固化技術開発施設（TVF）は，東海再処理施設内の高放射性廃液貯蔵場に貯蔵されている高放射性廃液を，安定で取扱いが容易な形態であるガラス固化体にする技術を開発する施設である。TVFにおいて，2002年から実施していた炉底構造等を改良した改良型溶融炉の更新工事を2004年９月に完了し，10月から改良型溶融炉による開発運転を開始して2005年５月までに60本のガラス固化体を製造した。この運転を通して，改良型溶融炉の安定した溶融能力を確認するとともに，セル搬入前の作動試験結果をもとに設定した運転条件で，目標通りの運転が実施できることを確認した。

The mission of TVF is to immobilize the high level radioactive liquid waste (HLLW) stored in High Active Liquid Waste Storage into stable glass form. The exchange project for the improved melter in TVF began in 2002 and ended in September 2004. Operation of the TVF improved melter began in October 2004, and produced 60 vitrified wastes by May 2005. During this operation, the good operation conditions and the stability of vitrification performance for the melter with the improvement of bottom structure were confirmed.

キーワード

ガラス固化技術開発施設，高放射性廃液，ガラス固化体，改良型溶融炉，炉底構造，開発運転，更新工事，ガラス固化

Tokai Vitrification Facility, High Level Radioactive Liquid Waste, Vitrified Waste, Improved Melter, Bottom Structure, Operation, Exchange Project, Vitrfication

１．はじめに

東海事業所のガラス固化技術開発施設（Tokai Vitrification Facility：以下，TVF）は，再処理工場において使用済燃料を再処理した際に発生する高放射性廃液（HLLW）のガラス固化に関する技術をプラント規模で実証する施設である。TVFは，1992年４月に完成し，コールド試運転，ホット試運転を経て，1995年12月から開発運転を開始した。この開発運転を通じて，プロセス設備の安全かつ安定運転に向けた技術の改良及び遠隔保守技術の改良を図ってきている。

開発運転中の2002年３月，TVF溶融炉（１号溶融炉）の主電極温度の上昇及び主電極内冷却空気出口温度の低下が確認された。本事象は，主電極内部の冷却空気流路にガラス等の溶融物が侵入したものと推定されたことから，溶融炉の運転を停止した。発生事象の解析・評価結果を踏まえて，以前から計画していた“改良型溶融炉”への更新計画に移行した。溶融炉更新工事を2004年９月に終了し，改良型溶融炉による最初の運転（04－１キャンペーン）を10月から開始し，12月までに20本のガラス固化体を製造するとともに，2005年２月より開発運転（05－１キャンペーン）を開始し，

小坂　哲生

処理第三課
処理第三課長
ガラス固化技術開発施設の運転管理等に従事
核燃料取扱主任者

冨永　節夫

処理第三課
処理第三課長代理
ガラス固化技術開発施設の運転管理等に従事

5月までに40本のガラス固化体を製造した。なお，1号溶融炉から改良型溶融炉への更新は，サイクル機構と電気事業者10社との協定に基づき実施したものである。

本報では，TVFにおける改良型溶融炉への更新実績及び改良型溶融炉の運転実績について報告する。

2．改良型溶融炉の構造

溶融炉は，再処理工場で発生する高放射性廃液を約1100～1200℃の高温でガラス原料と共に溶融混合し，ステンレス容器に注入し，ガラス固化体を製造するものである。溶融炉の構造は，ガラス容器への溶融ガラスの抜出し性を良くするために炉底部に勾配を付け，その下端中心に流下ノズルを設けた構造となっている。TVF溶融炉の概略構造を図1に示す。

改良型溶融炉は，処理能力等の基本的性能は更新前の溶融炉（1号溶融炉）と同じ性能を有し，更に，ガラス固化の処理能力低下の防止や溶融炉の長寿命化を図るために，高放射性廃液中に含まれる白金族元素の抜き出し性を向上させる以下の改良を図った。1号溶融炉と改良型溶融炉の炉底部構造を図2に示す。

○主電極形状の変更

白金族元素は，溶融炉内の傾斜が緩やかな耐火レンガ稜線部に堆積し易いと考えられるため，改良型溶融炉では，耐火レンガ稜線部に沿った堆積物と主電極の接触による主電極電流密度の不均一化を防止するため，主電極下部の角をカットした形状（台形）に変更。

○補助電極形状の変更

補助電極が炉内への突き出し構造である場合，ガラス流下の際に障害になると考えられる。改良型溶融炉では，白金族元素をより炉底部から流下させやすい構造とするため，補助電極の炉内への突出部をなくし，傾斜部に沿った形状に変更。

○底部電極構造の変更

1号溶融炉で採用したレンガ屑等のノズル穴への流入を防止する目的のステップアップ構造では，白金族元素の堆積を助長すると考えられたため，改良型溶融炉では，炉底部の白金族元素の抜出し性を向上させかつ，レンガ屑等の流入を防止する機構を備えた炉底の傾斜に沿ったストレーナ構造に変更。

○炉底冷却方法の変更

1号溶融炉では，白金族元素の沈降を抑制する方法として溶融ガラスの流下終了後に，自然冷却方式による炉底低温運転を採用したが，炉底低温運転に速やかに移行できるよう，炉底電極を強制冷却（流下ノズルを空冷）する方式に変更。

3．改良型溶融炉への更新実績

改良型溶融炉への更新工事は，TVFにおいてホットイン以降初めての大規模な遠隔操作による更新作業となった。改良型溶融炉の更新実績及び運転実績を表1に示す。

(1) 改良型溶融炉の製作

改良型溶融炉本体（ケーシング，電極，耐火レンガ等）は，メーカー工場にて2002年5月から2003

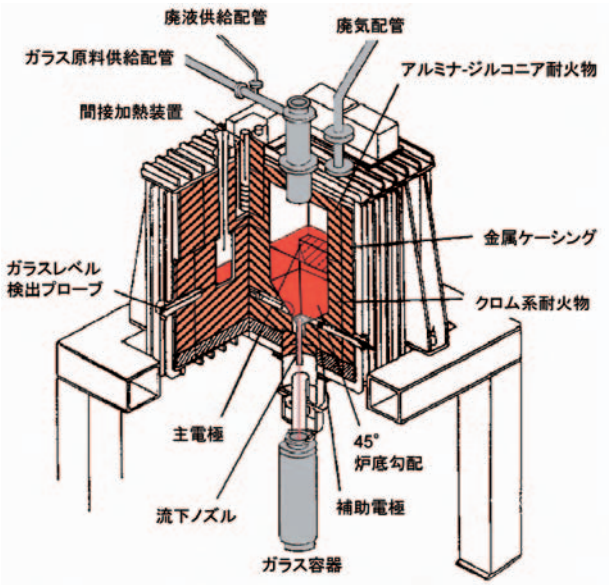


図1　溶融炉概略図

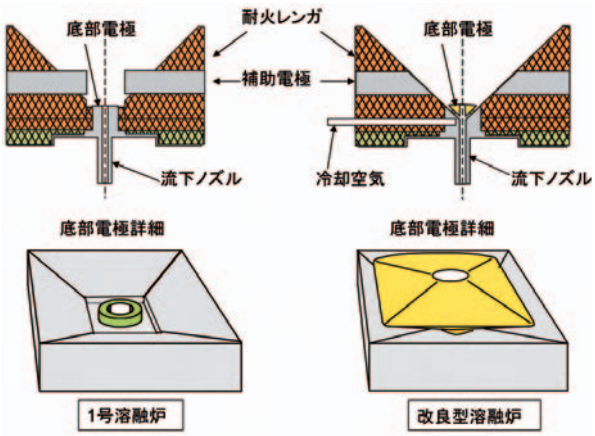
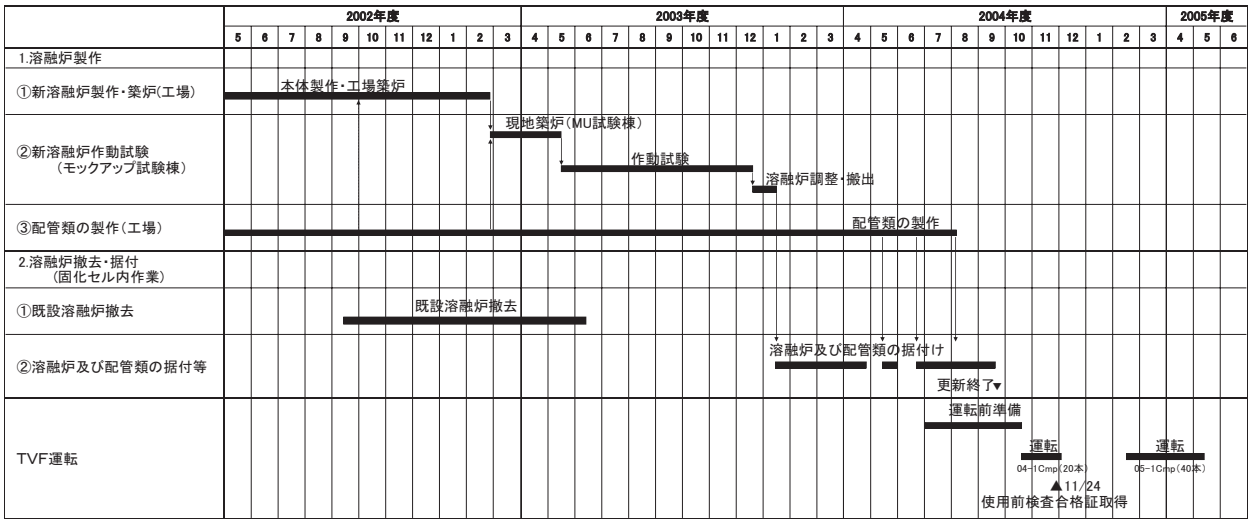


図2　炉底部構造の改良の概要

表１　改良型溶融炉の更新実績及び運転実績



年２月にかけて製作した。

(2) １号溶融炉の撤去

遠隔操作により,2002年９月から2003年６月にかけて１号溶融炉の付属品を撤去し,2003年５月に１号溶融炉をTVF固化セル内の解体場に移動した。

(3) 改良型溶融炉の作動試験

改良型溶融炉は，固化セル搬入に先立ち，溶融炉構造の改良後の運転特性（加熱特性，ガラス流下特性等）を確認することを目的として，モックアップ試験棟（東海事業所）において，模擬廃液を用いた作動試験を実施した。

試験の結果，ガラスの溶融性，流下性等について良好な運転特性を確認するとともに，溶融炉内への白金族元素堆積の兆候は見られず，白金族元素の良好な抜き出し性を確認した。

(4) 改良型溶融炉の固化セル内への据付

改良型溶融炉は，2004年１月にモックアップ試験棟からTVFに搬入し,付属機器の最終的な調整・確認を行い，３月に固化セルに搬入した。その後，改良型溶融炉本体の据付及び溶融炉と固化セル内既設配管とを連結する配管の取付作業等を行い，2004年９月に更新工事作業を終了した。

４．改良型溶融炉のホット運転実績

改良型溶融炉の運転は，2004年10月から開発運転を開始し（04－１キャンペーン），12月までに20本のガラス固化体を製造した。次に，2005年２月から開発運転を再開し（05－１キャンペーン），５月までに40本のガラス固化体を製造した。この開発運転では，改良型溶融炉が実廃液を安定に溶融する能力を有すること及びセル搬入前の作動試験で設定した運転条件の妥当性を確認することを主目的として実施した。

その結果,予定数量のガラス固化体を製造でき，目標とする製造速度や廃棄物含有率に対して溶融炉の安定した溶融能力や，溶融ガラスの良好な流下性が得られ，設定した運転条件の妥当性を確認した。なお，当該運転中に，溶融炉更新に係る最終的な使用前検査として,「放射性気体廃棄物の放出量」及び「線量率及び空気中の放射性物質濃度の測定」を受検し，2004年11月24日に使用前検査合格証を取得した。

(1) ガラス溶融

溶融運転は，主電極電力を39KW一定で，ガラス製造速度6.5kg/hを目標に実施し，安定したガラス温度及び炉内雰囲気温度で運転を行うことができた。04－１，05－１キャンペーンでのガラス温度，炉内雰囲気温度の推移を図３に示す。

１号溶融炉の運転においては，主電極や補助電極間の抵抗値の変動等により，炉内への白金族元素の堆積状況を判断していたが，改良型溶融炉の運転においては,更に,１号溶融炉の運転実績や解析結果をもとに，溶融炉内の白金族元素の異常な堆積を検知する指標を主電極間抵抗値に設定した。その結果，主電極間抵抗値は，管理目標値以上で推移した。

(2) 炉底低温運転

改良型溶融炉では，１号溶融炉で確立した炉底

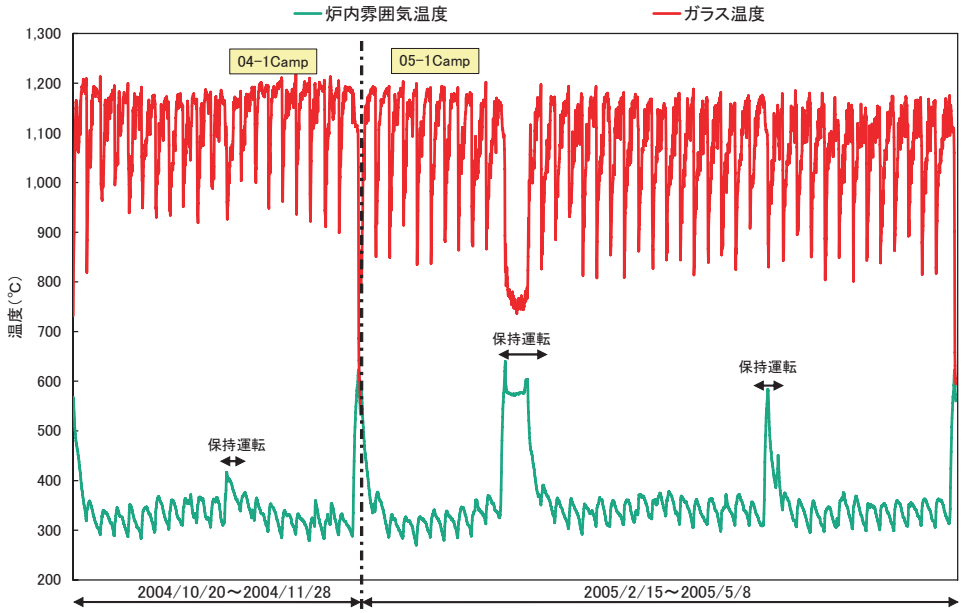


図 3　04ー 1，05ー 1 キャンペーンにおけるガラス温度，炉内雰囲気温度の推移

部のガラス温度を低くし，ガラスの粘性を高くすることによって白金族元素の沈降堆積を抑制する炉底低温運転を採用し更に，ガラス流下後に炉底低温運転への移行を早めるように，流下ノズルに圧縮空気を流して冷却する炉底強制冷却構造に変更している。

炉底低温運転の条件は，セル搬入前に実施した作動試験の結果をもとに，補助電極間中央ガラス温度が850℃になるように，補助電極温度を820℃にコントロールする運転とし，冷却温度は，流下ノズル上部温度470℃を目標として行った。その結果，実廃液を用いた運転においても 1 号溶融炉に比べ短時間で炉底低温運転の目標温度に移行でき炉底低温保持時間が長くできることを確認できた。改良型溶融炉運転中の各部温度状況模式図を図 4 に示す。

(3) ガラス流下

ガラス流下は，セル搬入前の作動試験で設定した条件を基に，流下開始 7 時間前に加熱開始，流下時の流下ノズル上部温度745℃以上で行った。その結果，ガラス流下目標重量300kg/本以下に対して，60バッチすべてにおいて目標重量を満足した。

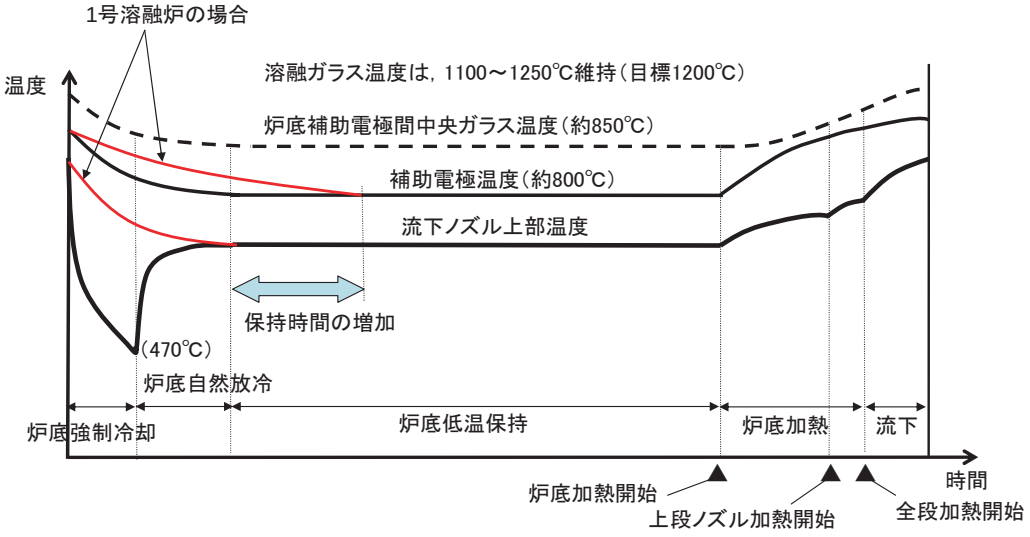


図 4　運転中の各部温度状況模式図

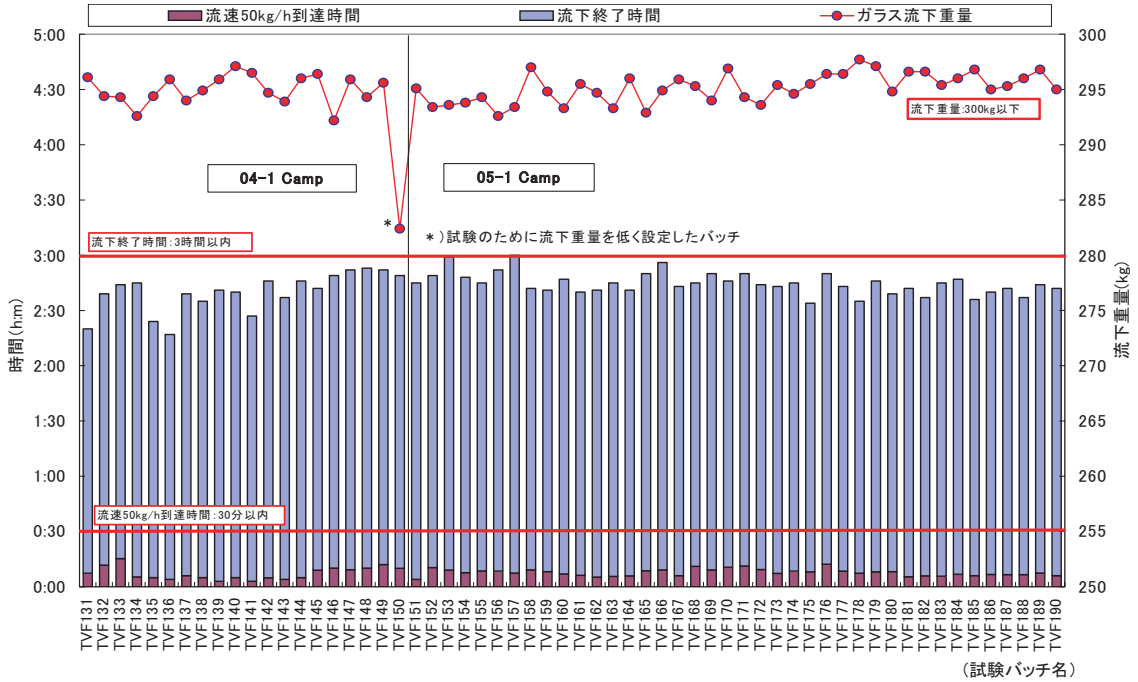


図５　04－1，05－１キャンペーンにおける流下時間，流下重量の推移

また，ガラスの流下性は，流下性の良否の指標としている流下流速50kg/h到達時間30分以内，流下終了時間３時間以内に対して，全バッチで満足する結果が得られた。更に，炉底部の加熱性の悪化や流速の低下等の事象は見られず，実廃液を用いた運転でも良好なガラス流下ができることを確認した。04－1，05－１キャンペーンでの流下時間，流下重量の推移を図５に示す。

(4) 改良型溶融炉の運転結果

04－1，05－１キャンペーンの運転の結果，溶融炉内の白金族元素堆積状況を判断する指標である主電極間抵抗は，管理目標値以内で推移していることから，運転に影響を及ぼす白金族元素の堆積は無かったと推定される。

改良型溶融炉の改良の効果については，今後，処理本数を重ねたうえで評価を行うとともに，ガラス固化体の累積製造本数が約100本になった時点で溶融ガラスの抜き出し操作を行い，炉内の観察や炉内残留ガラスの分析等を行い，総合的な評価を行っていく計画である。

５．今後の溶融炉技術開発

TVFは，ホット運転開始以来，2005年５月までに190本（改良型溶融炉運転では60本）のガラス固化体を製造した。2005年10月からは，次の開発運転である05－２キャンペーンを開始し，12月までに更に約30本のガラス固化体を製造する予定である。この様な開発運転を通じてガラス固化技術をプラント規模で実証し，運転技術・保守技術の蓄積を図っていく。

TVFの開発運転と合わせて，溶融炉の更なる長期間の安定運転を図るため，実際の溶融炉の運転を模擬できるシュミレーションコード開発や，基礎試験等による白金族元素対応技術の高度化を進めていく。また，溶融炉更新に伴い発生する溶融炉解体廃棄物量の低減化を目指し，１号溶融炉を供試体として溶融炉解体技術の開発・実証や，ガラス固化体の貯蔵・処分コストの削減を目指した廃棄物高含有率固化体製造技術の開発・実証を進めていく計画である。

６．おわりに

改良型溶融炉は，日本原燃(株)のガラス固化施設（K施設）の溶融炉と同様の炉底構造を有している。TVFでの今回の実廃液を用いたホット運転を通して得られたデータは，K施設溶融炉に対して有効な運転データであると考えている。今後，K施設溶融炉の運転管理方法等に反映できるよう，改良型溶融炉の運転に係る実績データの情報提供等を通して，ガラス固化技術の日本原燃(株)への技術移転を図っていく。

資料番号：28ー6

技術報告

超深地層研究所計画における弾性波探査手法の適用性評価

松岡　稔幸　　石垣　孝一
東濃地科学センター　瑞浪超深地層研究所

The Evaluation of Reflection Seismic Methods in the Mizunami Underground Research Laboratory Project (MIU project)

Toshiyuki MATSUOKA　　Koichi ISHIGAKI

Mizunami Underground Research Laboratory Tono Geoscience Center

超深地層研究所計画の調査・研究実施領域のひとつである正馬様用地において，断層や基盤花崗岩中の割れ目帯の分布及び堆積岩の堆積構造や堆積岩層と基盤花崗岩の不整合面の分布などを把握するための調査技術の開発を目的に，反射法地震探査並びにボーリング孔を利用したマルチオフセットVSP探査を実施し，それらの適用性を検討した。その結果，ａ）反射法地震探査では，基盤花崗岩中において相対的に低角度傾斜の割れ目が卓越するような箇所の存在の有無を推定できる可能性があること，ｂ）マルチオフセットVSP探査では，反射法地震探査結果を補完し，反射法地震探査では推定が困難なより深部（基盤花崗岩中）の割れ目の分布傾向などを捕捉する上で有効であることがわかった。

Reflection seismic and multi-offset VSP surveys were conducted at JNC Shobasama-site to develop investigation techniques in the granite area, and the applicability of these geophysical methods was evaluated.

As the result of this study : a) it is possible to infer the existence of the lower angle fracture zone in the granite by reflection seismic survey and b) multi-offset VSP supplements the result of reflection seismic survey and it is possible to infer the distribution of the fracture zone in deeper area of the granite.

キーワード

超深地層研究所計画，物理探査，反射法地震探査，VSP探査，花崗岩，断層，上部割れ目帯

Mizunami Underground Research Laboratory Project, MIU, Geophysics, Reflection Seismic, VSP, Granite, Fault, Upper Highly Fractured Domain

１．はじめに

超深地層研究所計画の地表からの調査予測研究段階における地質・地質構造に関する調査・研究では，結晶質岩である花崗岩を対象に地下水流動や地下水の水質を規制すると考えられる断層や割れ目帯などの地質構造の分布特性を把握するための調査技術の開発を行っている[1),2)]。このうち，地上からの物理探査手法を用いた調査技術として，超深地層研究所計画の調査・研究実施領域のひとつである正馬様用地（図１）において，事前に実施される文献調査や空中からの調査（リニアメント判読や空中物理探査など）では把握することが困難な，より小規模な断層や基盤花崗岩中の割れ目帯の分布及び堆積岩の堆積構造や堆積岩と基盤花崗岩の不整合面の分布などを把握するための調査技術の開発を目的に，反射法地震探査並びにボーリング孔を利用したマルチオフセットVSP探査を実施した[3),4),5)]。

これらの探査手法は，主に堆積岩中の地質構造の把握を目的として発展してきた手法であり，堆積岩に対しては，これまでに探査結果とボーリング孔データとの対比が数多く行われており，ボーリング孔で確認された地質構造に対する弾性波応

松岡　稔幸
瑞浪超深地層研究所　超深地層研究グループ　地質チーム
超深地層研究所計画及び広域地下水流動研究における物理探査手法を利用した調査・研究業務に従事

石垣　孝一
瑞浪超深地層研究所　超深地層研究グループ　地質チーム
超深地層研究所計画及び広域地下水流動研究における物理探査手法を利用した調査・研究業務に従事

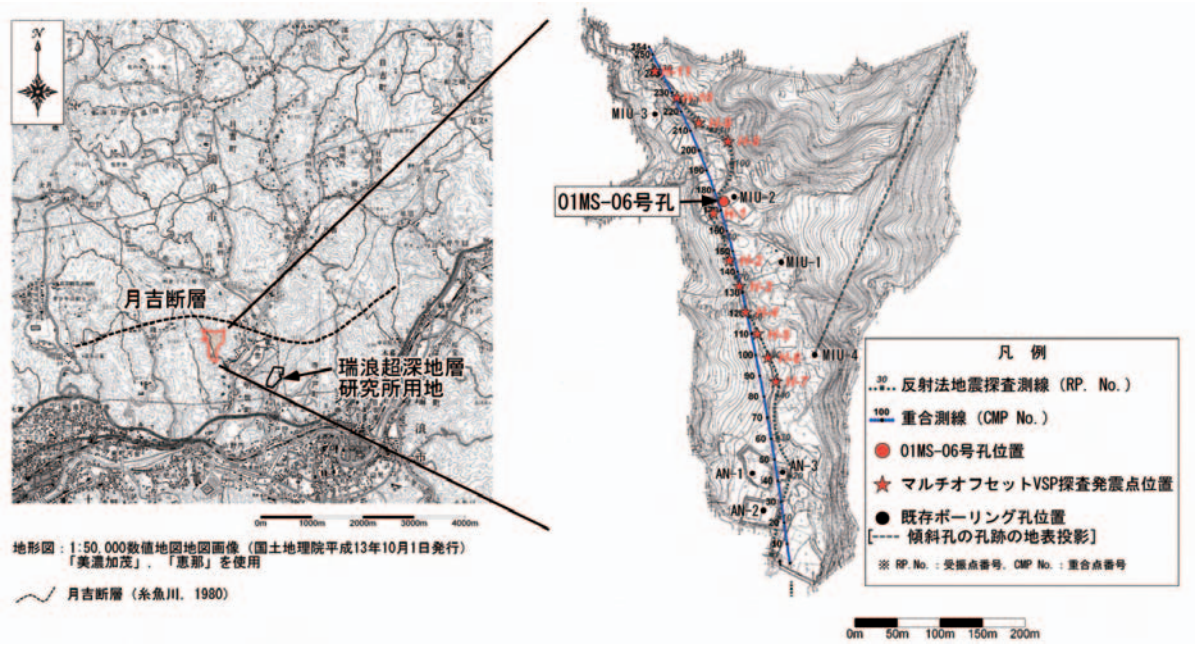


図１　調査位置

答について，比較的良く把握されているものの，花崗岩中の内部構造を把握する目的で適用した例は非常に少なく，その適用性についてはこれまでに十分に把握されていない。

本報告では，これら２つの探査手法に関して，正馬様用地におけるボーリング調査データとの比較を通して，花崗岩分布地域を対象とした地質構造調査手法としての適用性を検討した。

２．調査・研究実施領域の地質概説

超深地層研究所計画における調査・研究実施領域のひとつである正馬様用地周辺の地質は，基盤である後期白亜紀の土岐花崗岩を不整合に中新世の瑞浪層群が覆っている。正馬様用地周辺に分布する瑞浪層群は，下位より土岐夾炭累層，明世累層であり，両者の関係は不整合にある。また，正馬様用地の北方数百ｍには，東西走向，南傾斜の逆断層である月吉断層[6]が分布している。

正馬様用地では，超深地層研究所計画の一環として，掘削長約1,000ｍの鉛直ボーリング孔：MIU-１～３号孔[7),8),9)]と掘削長約790ｍの傾斜ボーリング孔：MIU-４号孔[10)]を掘削しているほか，超深地層研究所計画以前の既存のボーリング孔として，AN-１～３号孔[11),12)]が存在する（図１（右））。これらのボーリング調査結果から，正馬様用地南端に位置するAN-1，AN-３号孔では，土岐夾炭累層が

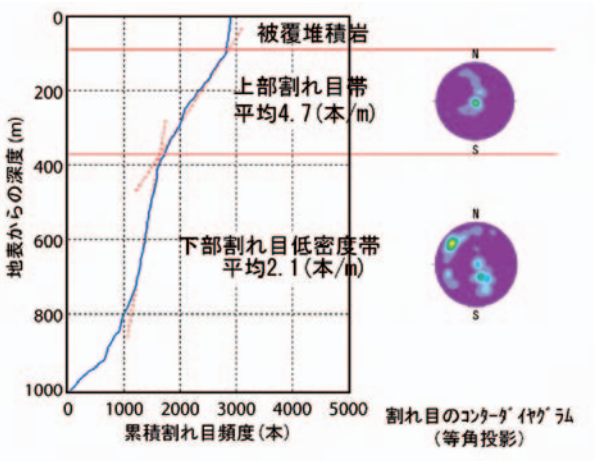


図２　花崗岩中の割れ目の分布（MIU-２号孔）

欠如し，明世累層が基盤花崗岩の上に不整合に接し（AN-２号孔では，コアが回収されておらず不明），正馬様用地の中央付近から北方に位置するMIU-１～４号孔では，基盤花崗岩の上に，下位より土岐夾炭累層，明世累層がそれぞれ不整合に堆積している。また，各ボーリング孔における基盤花崗岩の上面までの深度は，南端のAN-１号孔及びAN-３号孔でそれぞれ16.6ｍ及び30.8ｍ，中央付近から北方へかけて，MIU-１号孔で88.8ｍ，MIU-２号孔で88.6ｍ，MIU-３号孔で88.0ｍであり，南端に位置するAN孔からMIU-１号孔までの間において，基盤花崗岩上面の起伏及び堆積岩の

層厚が急激に変化していることが推定される。

一方，花崗岩内部においては，これらのボーリング調査におけるコア観察やボアホールテレビ観察（以下，BTV観察）による割れ目解析によって，堆積岩との不整合面下，190～280m付近までの花崗岩上部において低角度の傾斜（0～30°）を有する割れ目の分布密度が有意に高い岩盤領域（上部割れ目帯）が存在することが確認されている（図2）[13),14)]。また，MIU-2号孔の890～915.2m，MIU-3号孔の693.2～719.3m及びMIU-4号孔の587.59～673.43mにおいてそれぞれ，月吉断層に遭遇し，その分布が確認されている[8),9),10)]。

3．探査概要

本調査・研究で実施した反射法地震探査及びマルチオフセットVSP探査のそれぞれの原理及び仕様を以下に示す。

3.1　反射法地震探査

(1) 原理

反射法地震探査は，地表で人工的に振動（弾性波）を発生させ，地下からの応答（地震記録）を測定して地下構造を推定する手法である。人工的に発振された弾性波は，地下の弾性的性質の異なる地層や岩石などの境界面（地層境界など）に達すると，その振動エネルギーの一部は上方へ反射して地表に返ってくる。この波を地表に配列展開した受振器によってとらえ，弾性波の到達時間や振動エネルギーの減衰の状況などから地下の構造を推定する。図3（上段）に反射法地震探査の基本原理である共通反射点重合法の概念を示す。測線上に一定間隔に受振点を設け，測線上の一点で発震して多数の受振点で反射波を同時観測する。この時，同時受振する受振点数をチャンネル数と呼ぶ(概念図中では12チャンネルとしている)。次に，発震点と受振点全体を同距離だけ移動して(受振点は固定させても良い）発震を行って記録を取得する。この様に発震／受振を規則的に繰り返すことにより，地下の同一の点（共通反射点:CMP）で反射したデータが2重，3重に取られることになる。このデータに種々の補正処理を行い，足し合わせる（重合）ことにより，測線上の各CMP位置直下の地下反射波が強調される。

(2) 仕様

反射法地震探査は，正馬様用地内に南北方向に

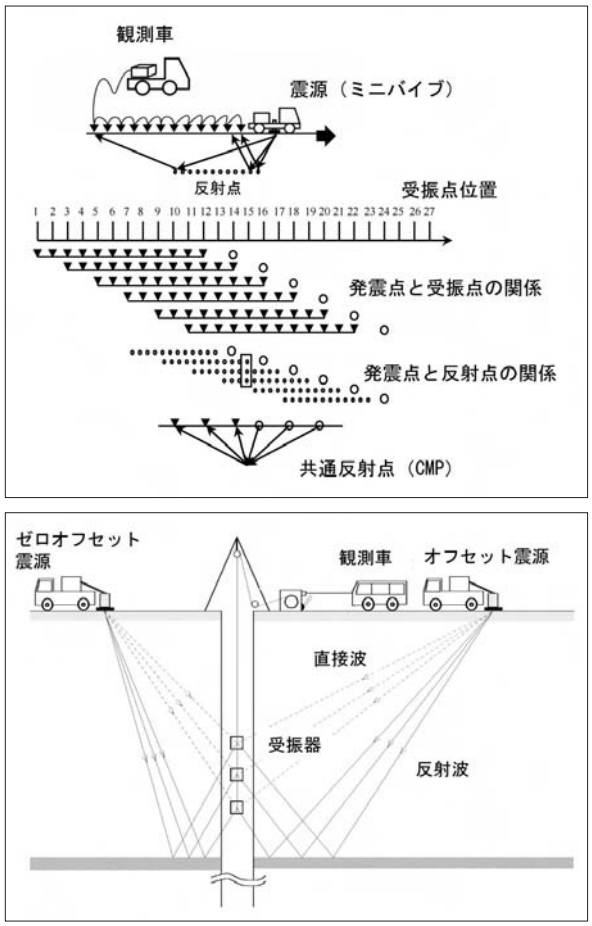


図3　探査の概念（上段：反射法地震探査，下段：VSP探査）

延びる舗装された林道において，測線長660mを展開して実施した（図1(右)の黒丸点線）。

表1に仕様並びに測定機器一覧を示す。探査測線の受振点並びに発震点間隔は，それぞれ5m間隔であり，測線の1測定あたりの展開チャンネル数は120chである。探査の震源には，ミニバイブレータ1台を使用した。

3.2　マルチオフセットVSP探査

(1) 原理

VSPとは，Vertical Seismic Profilingの略で，地表で人工的に振動（弾性波）を発生させ，この振動をボーリング孔内に設置した受振器によってとらえる地震探査の一手法である。ボーリング孔内で受振した記録には，震源から地層中を伝わる直接波やボーリング孔近傍における地層境界面からの反射波が含まれているので，弾性波の反射，透過及び減衰過程についての詳細な情報を得ることができる。

表１　反射法弾性波探査仕様および測定機器一覧

項　目	探 査 仕 様
受振点間隔	5 m
受振器グルーピング	1 m×6 個/点（5 m）
発震点間隔	5 m
垂直重合数(回/点)	4 ～ 8 回
発震周波数	20～150Hz
スウィープ長	10秒
記録長	2 秒
サンプリング間隔	1 ミリ秒
フィルタ	ローカット,ハイカット:out
記録チャンネル数	118チャンネル
CDP（水平）重合数	標準59重合
展開方法	固定展開

名　称		仕　様	製 造 元
探鉱機	Strata View R120	チャンネル数　：60ch×2 台 サンプリング間隔：0.032～2.0ms A/D変換　：24ビット 周波数帯域　：2 ～14,000Hz プリアンプ　：35dB ダイナミックレンジ：110dB以上 ハードディスク　：1 GB	Geometrics社, USA
震　源	minivib T-2500	最大起振力　：13,000N以上	IVI社，USA
受振器	UM-2	固有周波数　：10Hz, 6個グループ	Mark Products社, USA

通常の反射法地震探査では，地表で発震し，地表に展開した受振器で反射波を観測するので，その走時は地表と反射面までの往復走時となる。一方，VSP探査では，ボーリング孔内に受振器を深度方向に展開するため，観測する反射波はほぼ片道走時となり，反射法地震探査と比較して高い分解能を有する記録を得ることができる。また,VSP探査は,ボーリング孔内で観測していることから，観測される弾性波応答とボーリング孔内で観察される地質特性とを直接に対比できるため，反射法地震探査の結果と実際の地質とを対応づける際には，VSP探査データを介して行うほうが，より正確に解釈することが可能となる。なお，発震点をボーリング孔近傍に設置し，ボーリング孔近傍の地質特性を探査対象とする方法を，ゼロオフセットVSP探査といい，発震点をボーリング孔から離れた場所に設置し，その間の地質特性を探査対象とする方法をオフセットVSP探査という(図３(下段))。 本探査は，ゼロオフセットと複数のオフセット距離に発震点を設置して探査を実施していることから，これをマルチオフセットVSP探査という。

(2) 仕様

反射法地震探査の測線近傍に新たに掘削深度400mのボーリング孔（図１(右)の赤色丸印：01MS-06号孔）を掘削し，マルチオフセットVSP探査を実施した。マルチオフセットVSP探査では，反射法地震探査の結果と十分に比較できるように，反射法地震探査測線沿いに計11点の発震点を設置した（図１（右）の赤色星印)。表２に調査仕様並びに測定機器一覧を示す。孔内の受振には，多連（12連）式のハイドロフォンを使用し，震源には，反射法地震探査と同様に１発震点につきミニバイブレータ１台を使用した。

表２　VSP探査仕様および測定機器一覧

項　目	探 査 仕 様
受振点間隔	2 m
発震周波数	20～220Hz
スウィープ長	10秒
垂直重合数（回/点）	5 回
記録長	2 秒
サンプリング間隔	1 ミリ秒
フィルタ	ノッチフィルタ：60Hz
ハイドロフォン記録チャンネル数	12チャンネル

名　称		仕　様	製 造 元
探鉱機	Strata View R60	チャンネル数　：60ch サンプリング間隔：0.032～2.0ms A/D変換　：24ビット 周波数帯域　：2 ～14,000Hz プリアンプ　：36dB ダイナミックレンジ：110dB以上 ハードディスク　：1 GB	Geometrics社, USA
震　源	Minivib T-2500 Minivib T-15000	最大起振力　：13,000N以上 ：25,000N以上	IVI社，USA
受振器	ハイドロフォン TC-12	固有周波数　：10Hz～25kHz 感度　：-160dB relv/Pa	Vivrometric社，USA

4．花崗岩分布地域を対象とした各探査の適用性

4.1　反射法地震探査

(1) データ処理

反射法地震探査の重合測線の位置を図1（右）(青色線)に示す。適用したデータ処理のフローは図4のとおりである。

データ処理の結果，測線全域にわたっていくつかの明瞭な反射イベントが認められる良質な反射断面記録が得られた（図5）。往復走時100msec付近までにおいて，堆積岩中の地層境界に対応すると考えられる水平方向に連続性のよい反射イベントが複数認められ，さらにそれ以深の往復走時250msec付近までにおいても，水平方向の連続性は悪いものの比較的振幅の強い反射イベントが認められており，花崗岩内部から反射イベントが抽出されている可能性があると考えられる。

(2) 反射法地震探査結果の評価

取得した反射断面記録と既存のボーリング調査結果との比較により，花崗岩分布地域における反射法地震探査の適用性を検討した。図6（左）に既存ボーリング孔データの一例としてMIU-2号孔のボーリング調査データ[8]を示す。図6（左）は，左から地質柱状図，BTV観察により得られた花崗岩中の割れ目密度分布(黒色:全割れ目,赤色:低角度傾斜（～30°）の割れ目，青色:高角度傾斜(60°～）の割れ目)，低角度傾斜（0～30°）を有する割れ目の累積本数，物理検層記録（密度，P波速度）である。MIU-2号孔では，地表から深度43.9mまでに明世累層が，深度43.9m～88.8mまでに土岐夾炭累層が分布しており，深度88.8m以深に基盤花崗岩が分布する。また，BTV観察による割れ目解析により得られた低角度傾斜（0～30°)を有する割れ目の累積本数を示す曲線の変曲点深度から,上部割れ目帯の下限深度は深度370m付近と見積もられる。一方，P波速度及び密度の検層においては，明世累層と土岐夾炭累層の境界部付近並びに基盤花崗岩上面付近に対応して大きな物性変化が認められるとともに，基盤花崗岩中

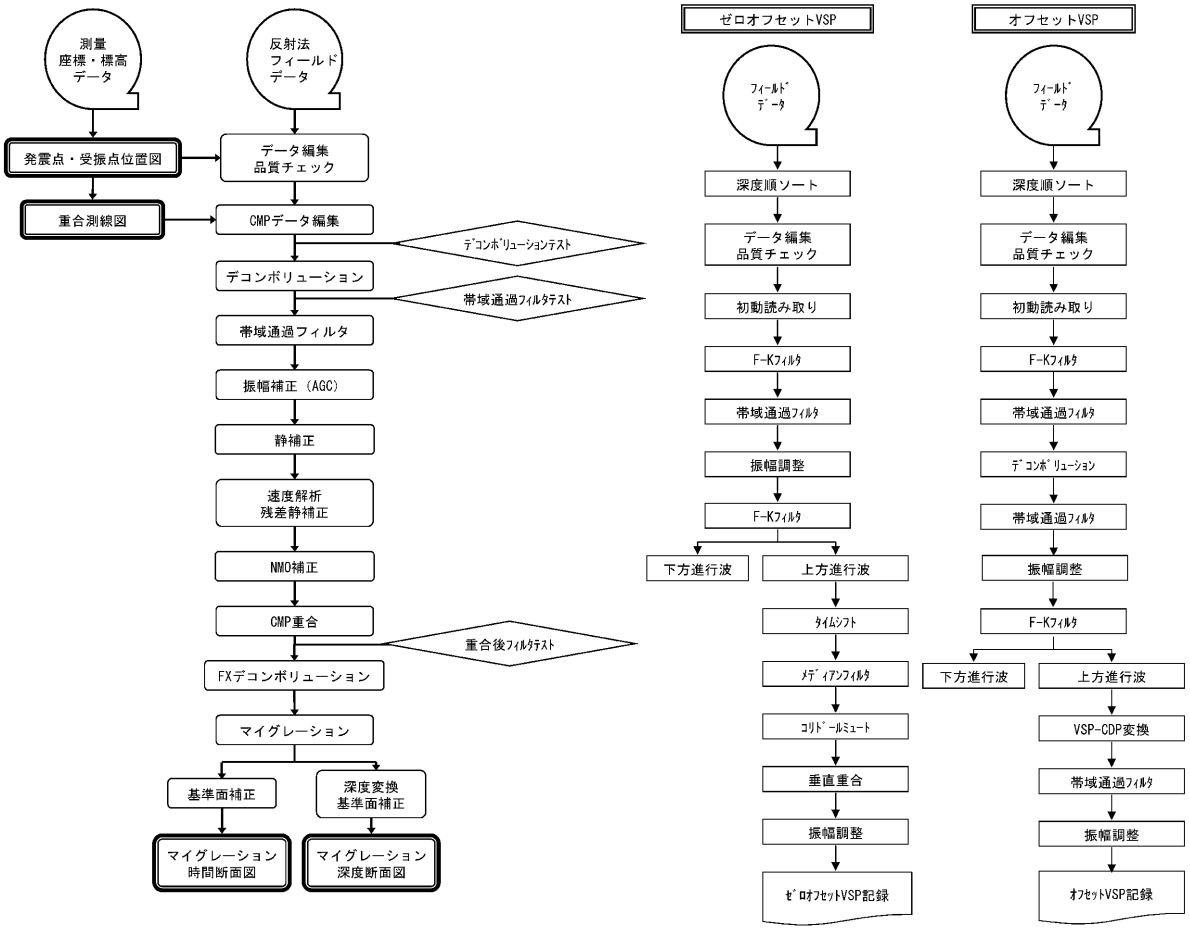


図4　データ処理の流れ（左：反射法地震探査，右：VSP探査）

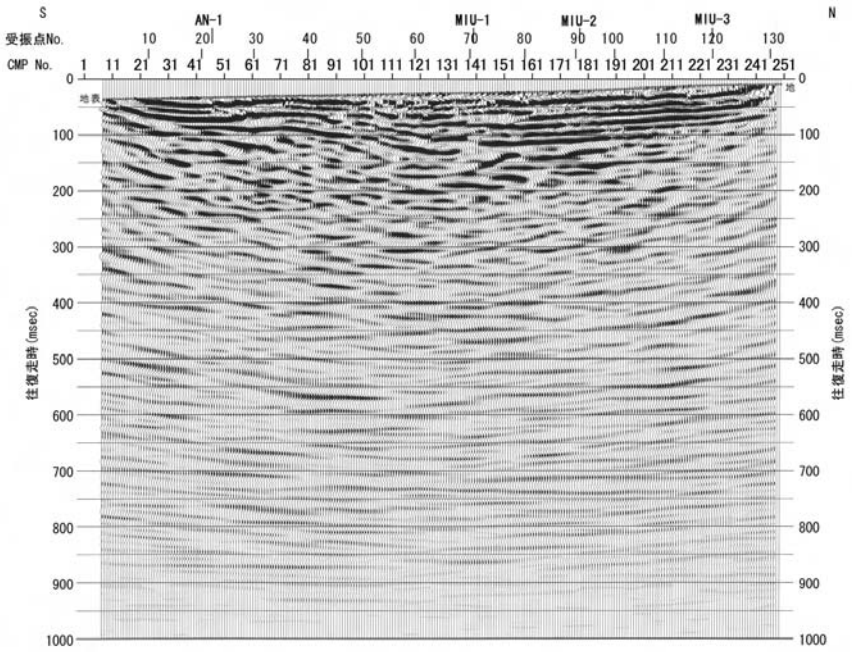


図５　マイグレーション時間断面記録

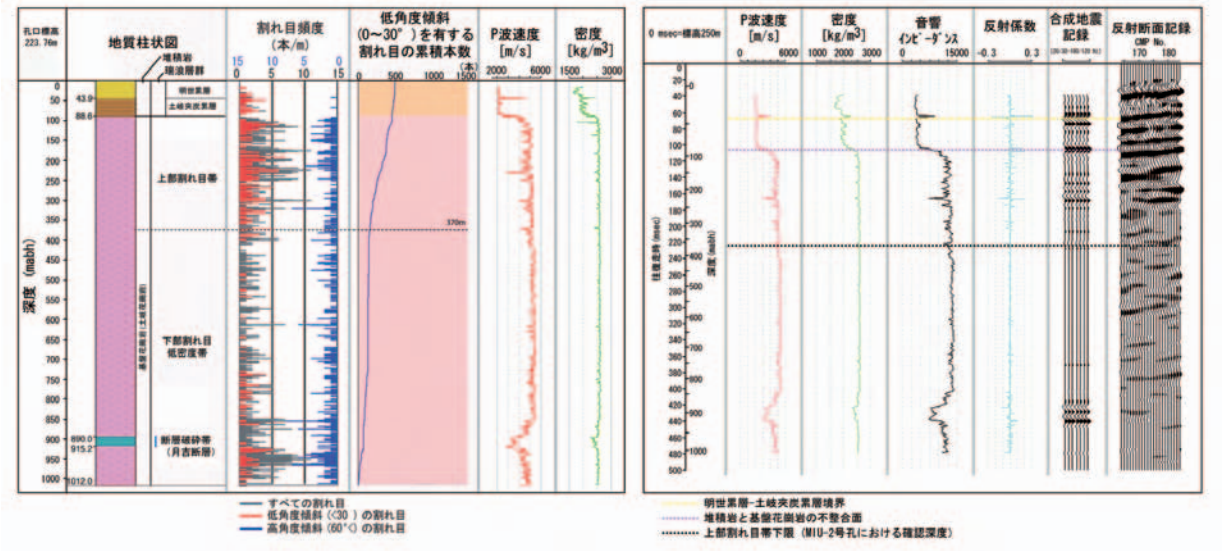


図６　MIU-２号孔ボーリング調査データ（左）と合成地震記録と反射断面記録との比較（右）

においても，上部割れ目帯の分布域及びその下部の比較的割れ目の分布密度が低い岩盤領域（下部割れ目低密度帯）中の深度890.0ｍ～915.2ｍに遭遇した月吉断層付近に対応して，比較的顕著な物性の変化が認められる[8]。

反射断面記録と実際の地質分布とを対応付けるために，音波検層及び密度検層により得られたＰ波速度及び密度の値から合成地震記録※を作成した。図６（右）に合成地震記録と反射断面記録（MIU-２号孔近傍における断面の切り出し）とを比較した結果を示す。比較に際して，合成地震記録の波形には，反射法地震探査のデータ処理で適用したのと同じ帯域のバンドパスフィルター（20/30－100/120Hz）を適用した。

各検層における明世累層と土岐夾炭累層の境界部付近及び基盤花崗岩上面付近の大きな物性変化

※速度検層と密度検層から作成される人工的な反射地震記録で，反射係数と波形のコンボリューション（畳み込み積分）として計算される。反射係数は，ある境界面前後の音響インピーダンス（速度に密度を掛けた量）の差と和の比で表現される。波形には，震源波形や処理過程で使用されるフィルタなどを考慮する。

（それぞれ，図６（右）中の黄色破線及び桃色破線部）に対応して，合成地震記録にそれぞれ，負のピークと正のピーク※※を示す明瞭な反射波が得られている。反射断面記録上においても，ほぼ同じ深度において明瞭な反射イベントが認められており，合成地震記録の反射波と比較することにより，反射断面記録上で明世累層と土岐夾炭累層の境界部及び基盤花崗岩上面を容易に解釈することができる（図７）。また，基盤花崗岩中の上部割れ目帯の分布域（図６（右）：黒色破線は上部割れ目帯の下限深度）においても，各検層の物性変化に対応して，合成地震記録にはいくつかの反射波が得られており，反射断面記録上においても概ね同様の深度付近に水平に分布するいくつかの明瞭な反射イベントが認められている。このことから，反射断面記録の花崗岩中に認められる反射イベントは，上部割れ目帯に対応して現れているものと解釈される。

しかしながら，例えば，明世累層と土岐夾炭累層の境界部の直下など，反射断面記録と合成地震記録が必ずしも対応していない箇所も実際には見られる（図６（右））。これは，検層が１次元データであるのに対して反射法地震探査が２次元データであることやそれぞれで使用する信号の周波数が異なることなどによるものと考えられる[15]。

一方，断層の解釈は，反射断面記録上の解釈ホライゾン（反射面）が途切れることにより認識することができ[15]，反射断面記録上において，堆積岩及び基盤花崗岩上面に対応する明瞭な反射イベントの不連続から，数条の断層を推定することができた（図７中の赤色線）。ただし，すでにその分布が確認されている月吉断層に関しては，合成地震記録（図６（右））上では振幅の強い反射波が得られているものの，水平構造を前提とした本探査手法では，高角度傾斜を有する断層面（MIU-２号孔で実施したBTV観察による断層主要部の走向傾斜でN88E,62S）からの反射波を直接にイメージすることは困難であり，また反射断面記録上の対応する深度には，解釈の指標となる反射面も得られていないため，その分布を推定することはできなかった。

以上のことから，反射法地震探査は，地表から堆積岩中の地層境界や基盤花崗岩上面の起伏の把握，及びそれらの構造に対応する反射イベントの不連続から断層を推定することができるとともに，基盤花崗岩中で相対的に低角度傾斜の割れ目

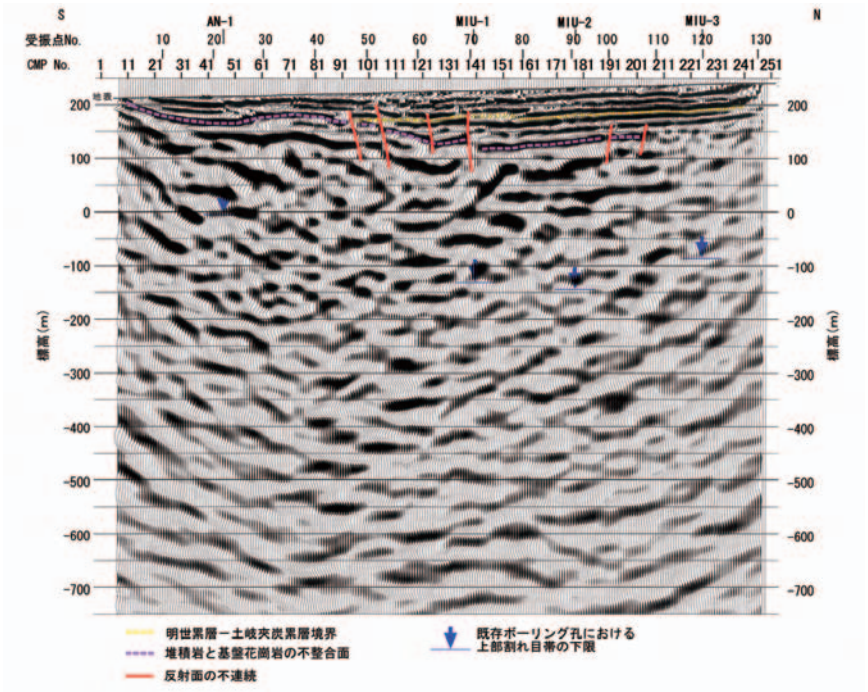


図７　反射断面記録の地質構造解釈

※※反射係数の正と負に対しコンボリューションされた波形の振幅の最大値部分

が卓越するような箇所の存在の有無を推定できる可能性があるものと考えられる。

4.2　マルチオフセットVSP探査

(1) データ処理

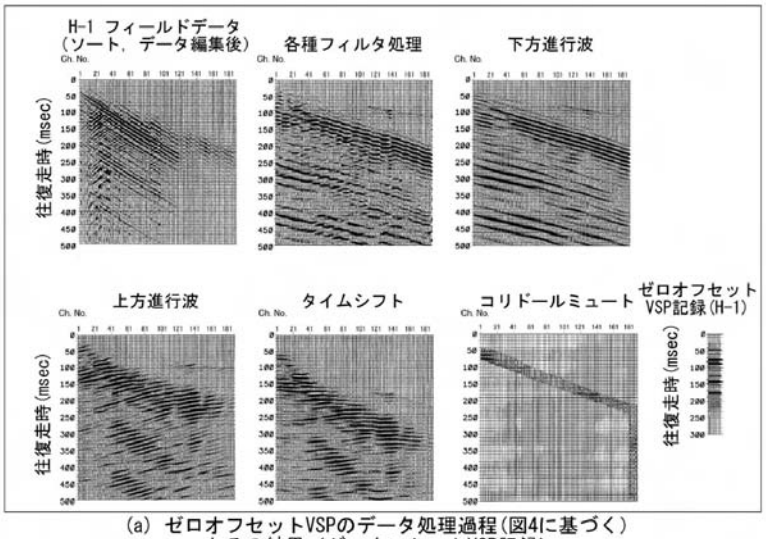
適用したデータ処理のフローを図4に示す。データ処理の結果，得られたゼロオフセットVSP記録（図8上段）及びオフセットVSP記録（図8下段）のそれぞれにおいて，反射法弾性波探査と同様に，往復走時200msec付近までの間，いくつかの明瞭な反射イベントが得られた。

(2) マルチオフセットVSP探査結果の評価

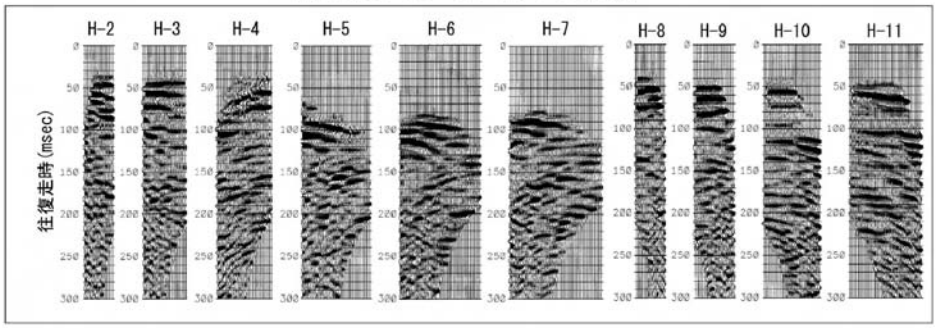
ゼロオフセットVSP記録とH1～H11のすべてのオフセットVSP記録を重合処理したオフセットVSP重合断面記録を01MS-06号孔における地質データや反射法地震探査結果と比較し，花崗岩分布地域におけるマルチオフセットVSP探査の適用性を検討した。

図9に，ゼロオフセットVSP記録と01MS-06号孔における地質データとの比較を示す。図9では，左から地質柱状図，BTV観察により得られた花崗岩中の割れ目密度分布（黒色：全割れ目，赤色：低角度傾斜（～30°）の割れ目，青色:高角度傾斜（60°～）の割れ目），物理検層記録（密度，P波速度），密度とP波速度から求めた音響インピーダンス及び反射係数であり，ゼロオフセットVSP測定記録（初動記録）から求めた深度－時間曲線を介して，ゼロオフセットVSP記録と比較している。01MS-06号孔では，地表から深度42.6mまでに明世累層が,深度42．6m～86．7mまでに土岐夾炭累層が，深度86.7m以深に基盤花崗岩が分布しており，花崗岩上部割れ目帯の下限深度はMIU-2号孔と同様に深度370m付近である。

図9から，堆積岩中の基底礫岩上面や地層境界などの地質と反射イベント（図9中の黄色線）を直接に対比することができる。基盤花崗岩中の割れ目が卓越する箇所において，対応する反射イベント（図9中の桃色線）が得られており（データ



(a) ゼロオフセットVSPのデータ処理過程(図4に基づく)
とその結果（ゼロオフセットVSP記録）



(b) オフセットVSPのデータ処理結果（オフセットVSP記録）

※H-1～H-11：図1の発震点

図8　ゼロオフセットVSP記録およびオフセットVSP記録

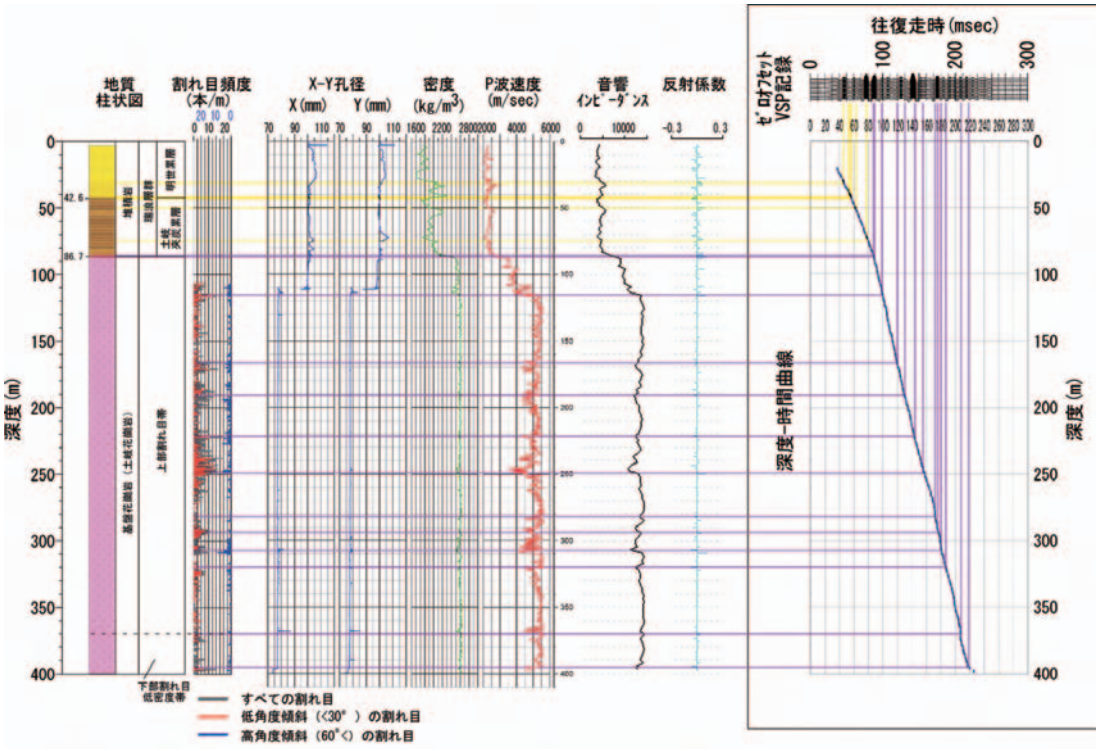


図９　ゼロオフセットVSP記録と01MS-06号孔データの比較

処理が水平構造を前提としているため，低角度の割れ目に乏しい深度190m付近や370m以深ではあまり明瞭でない)，MIU-２号孔の合成地震記録（図６（右））と同じく，花崗岩中の低角度の割れ目が卓越する箇所で，実際に反射波が発生していることを確認した。

オフセットVSP重合断面記録（図10）において，基盤花崗岩中の反射イベントに着目すると，オフセットVSP重合断面記録上の標高130m～－70m付近の反射イベントは，低角度に北傾斜を示している。これを01MS-06号孔のBTV観察による割れ目の傾斜と比較してみると，深度105m～250m及び深度250m～300mの割れ目の傾斜方位の集中点は，それぞれN24E8W，N65W6Nで低角度で北に傾斜しており，オフセットVSP重合断面記録と整合する。同様に，深度300m（標高－70m）以深についても，オフセットVSP重合断面記録の反射イベントは，01MS-06号孔の南側で南傾斜を示している。これに対して，深度300m～315m及び深度315m～399.8mにおける割れ目の傾斜方位の集中点は，それぞれN89W9S，N71W1Sで低角度で南に傾斜している。オフセットVSP重合断面記録に認められる反射イベントの分布は，実際の基盤花崗岩中の割れ目の分布傾向を示しているものと考えられる。なお，反射断面記録（図７）については，反射イベントの大局的な分布位置は一致するものの，マルチオフセットVSP探査に比べて分解能やS/Nが低いためか，上記の傾向とはあまり整合していない。

一方，基盤花崗岩中における断層の解釈については,オフセットVSP重合断面記録上の深度100m～360m（標高130m～－130m）付近に，反射イベントの不連続が数箇所で認められる（図10中の赤色破線）が，基盤花崗岩中に認められる反射イベントの不連続を，堆積岩や基盤花崗岩上面に対応する反射イベントの不連続と同様に，断層解釈の指標にできるかどうかは不明である。しかしながら，01MS-06号孔の深度197m付近，220m付近，300m付近，320m付近並びに近傍に位置するMIU-２号孔の深度150m付近，225m付近，320m付近，366m付近など[8]において，小規模ではあるが，高角度傾斜の断層が認められていること（図６及び図９では，これらの深度付近において高角度傾斜を有する割れ目が卓越)，及びオフセットVSP重合断面記録から抽出された反射イベントの不連続箇所と反射法地震探査で解釈された断層（図７）の分布位置を比較した場合（それぞれ，図10中の赤色破線と赤色実線)，それらの位置が概ね整合的で

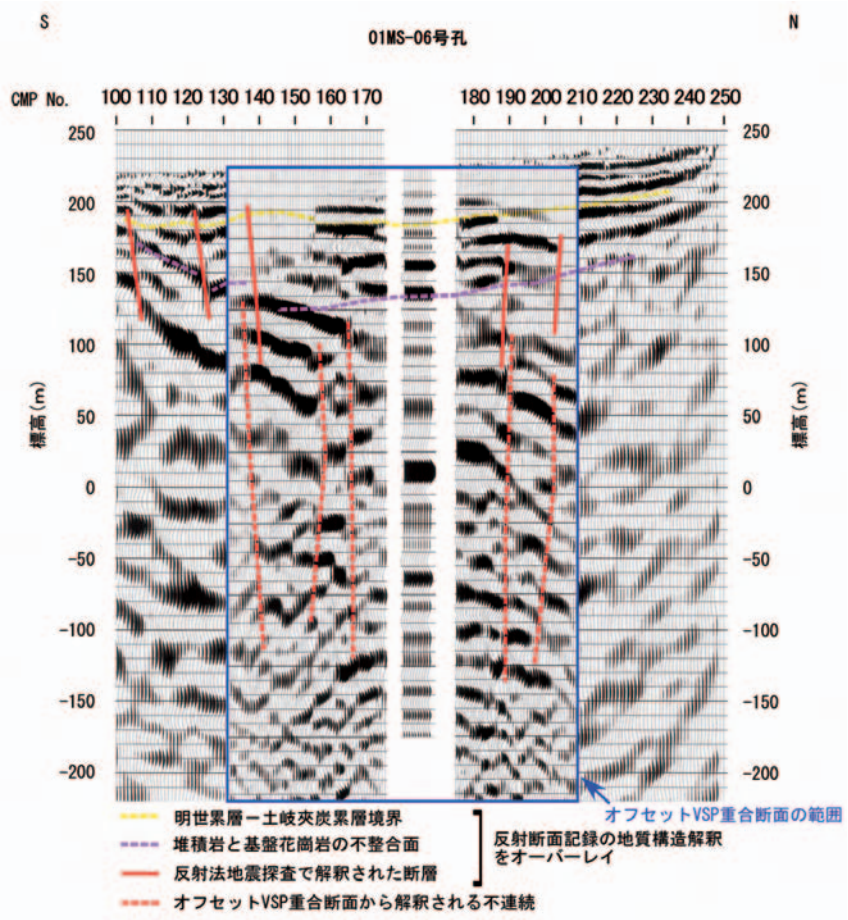


図10　オフセットVSP重合断面記録と推定される不連続構

あることなどから，オフセットVSP重合断面記録の基盤花崗岩中に認められるこれらの反射イベントの不連続は断層に対応している可能性があると考えられる。

以上のことから,マルチオフセットVSP探査は，ボーリング孔で認められる地質と反射イベントとを直接に対比できることから，反射法地震探査を補完し，地質構造解釈の精度を向上させることが可能であり，さらに反射法地震探査では推定が困難なより深部（基盤花崗岩中）の割れ目の分布傾向などを捕捉する上で有効であると考えられる。

5．まとめ

超深地層研究所計画の調査・研究実施領域のひとつである正馬様用地において，花崗岩分布地域を対象とした，反射法地震探査及びマルチオフセットVSP探査の適用性について検討した。その結果，以下の技術的な知見を得た。

(1) 反射法地震探査は，地表から堆積岩中の地層境界や基盤花崗岩上面の起伏の把握，及びそれらの構造に対応する反射イベントの不連続から断層を推定することができるとともに，基盤花崗岩中で相対的に低角度傾斜の割れ目が卓越するような箇所の存在の有無を推定できる可能性があるものと考えられる。

(2) マルチオフセットVSP探査は，ボーリング孔で認められる地質と反射イベントとを直接に対比できることから，反射法地震探査を補完し，地質構造解釈の精度を向上させることが可能であり，さらに反射法地震探査では推定が困難なより深部（基盤花崗岩中）の割れ目の分布傾向などを捕捉する上で有効であると考えられる。

6．今後の課題

基盤花崗岩中の割れ目帯に対応する反射イベントに関して，より複雑な地質構造に対応することが可能なデータ処理（例えば，重合前マイグレーションなど）の適用により，そのイメージ精度を向上できる可能性があり，今後，それらのデータ処理についても適用していく必要がある。また，

基盤花崗岩中における高角度傾斜の断層に関して，解釈の指標となる反射面がない場合には，その分布を把握することは困難であるため，別途，高角度傾斜の断層面からの反射波を直接抽出し，可視化するような解析方法についても検討する必要がある。

参考文献

1）核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所地層科学研究基本計画，JNC TN7410 2001-018(2001).
2）核燃料サイクル開発機構：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－平成14年度報告－，JNC TN1400 2003-004(2003).
3）大柳雅寒，廣岡知，他：バイブレータ振源による弾性波探査，JNC TJ7420 99-005(1999).
4）核燃料サイクル開発機構：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－平成13年度報告－，JNC TN1400 2002-003(2002).
5）核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所計画年度報告書（平成14年度），JNC TN7400 2003-006(2003).
6）糸魚川淳二：瑞浪地域の地質，瑞浪市化石博物館専報，第1号，pp.1-50（1980）.
7）西出　四郎，窪田　亮，他：立坑掘削予定地点における試錐調査（MIU-1号孔），JNC TJ7440 98-001(1998).
8）石川清，目崎吉彦，他：正馬様洞用地における試錐調査（MIU-2号孔），JNC TJ7420 99-016(1996).
9）豊蔵勇，橋井智毅，他：正馬様用地における試錐調査（MIU-3号孔），JNC TJ7440 2000-022(2000).
10）栗原正治，山口昌司，他：正馬様用地における試錐調査（MIU-4号孔），JNC TJ7440 2002-008(2001).
11）亀和田俊一，遠藤努：ボアホールテレビジョン装置によるAN-1号孔の岩盤割れ目の特性調査（0～500m区間），JNC TJ7417 95-001(1995).
12）阿部信，石川清，他：地質構造把握のための岩芯観察，JNC TJ7440 2000-015(2000).
13）三枝博光，須山泰宏：超深地層研究所計画における地質構造モデルの構築及び地下水流動解析，サイクル機構技報，No.9, pp.89-101(2000).
14）核燃料サイクル開発機構：東濃地域における地質環境特性に関する調査研究－地表からの調査研究の考え方と進め方－，JNC TN7410 2002-008(2002).
15）物理探査学会:“物理探査ハンドブック　手法編　第1章　反射法地震探査”，物理探査学会（1998）.

資料番号：28－7

研究報告

高レベル放射性廃棄物処分における天然現象影響評価技術の高度化

川村　淳　牧野　仁史　梅田　浩司*
瀬尾　俊弘*1　石丸　恒存*1　大澤　英昭*
東海事業所　環境保全・研究開発センター　処分研究部
*東濃地科学センター
*1本社　経営企画本部　バックエンド推進部

Study on Evaluation Method for Potential Effect of Natural Phenomena on a HLW Disposal System

Makoto KAWAMURA　Hitoshi MAKINO　Koji UMEDA*
Toshihiro SEO*1　Tsuneari ISHIMARU*1　Hideaki OSAWA

Waste Isolation Research Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works
*Tono Geoscience Center
*1Nuclear Cycle Backend Division

高レベル放射性廃棄物処分における天然現象影響評価技術の「第２次取りまとめ」に対する高度化として，事例研究成果を適切にシナリオに取り込み，その上で「影響のバリエーションを適切に整理した上でシナリオを現実の特徴を失わない程度に適切に単純化すること」及び「影響の伝搬等の因果関係を明らかにすること」に着目した「作業フレーム」を構築した。本論で検討した「作業フレーム」により，シナリオの「現実性」のみならず「透明性」，「追跡性」，「整合性」を向上させることができた。また，シナリオ構築あるいは影響解析の作業向上の観点から必要となる，天然現象に関するデータ・知見の種類や量あるいは品質情報，及び現状におけるそれらの過不足などについて作業を通じて明らかにできると考えられる。このことは今後，天然現象の研究者が現象理解の研究フレームを効率的かつ適切に構築することにも役立ち，さらには将来の現実性や精度の高い評価の実施へつながっていくものと考えられる。

Evaluation for the potential effect of natural phenomena on a HLW disposal system is an important issue in safety assessment. A scenario construction method for the effects on a HLW disposal system condition and performance has been developed for two purposes: the first being effective elicitation and organization of information from investigators of natural phenomena and performance assessor and the second being, maintenance of traceability of scenario construction processes with suitable records. In this method, a series of works to construct scenarios is divided into pieces to facilitate and to elicit the features of potential effect of natural phenomena on a HLW disposal system and is organized to create reasonable scenarios with consistency, traceability and adequate conservativeness within realistic view.

キーワード
高レベル放射性廃棄物，天然現象，処分環境・システム性能，シナリオ，整合性，追跡性，保守性，THMC：温度－水理－力学－地球化学，類型化

High Level Radioactive Waste, Natural Phenomena, HLW Disposal System Condition and Performance, Scenario, Consistency, Traceability, Conservativeness, T-H-M-C: Themal-Hydrological-Mechanical-Geochemical,Typification

川村　淳
システム解析グループ所属
システム性能研究チーム
高レベル放射性廃棄物地層処分の天然現象影響評価業務に従事

牧野　仁史
システム解析グループ所属
システム性能研究チームリーダ
副主任研究員
高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価解析およびその不確実性の評価に従事

梅田　浩司
地質環境研究グループ所属
チームリーダ
地質環境の長期安定性に関する研究に従事
理学博士

瀬尾　俊弘
深地層研究施設計画グループ所属
研究主幹
深地層研究施設計画に関する調査研究業務に従事

石丸　恒存
深地層研究施設計画グループ所属
副主任研究員
深地層研究施設計画に関する調査研究業務に従事

大澤　英昭
地質環境研究グループ所属
サブグループリーダ
地質環境の長期安定性に関する研究に従事

1．はじめに

1999年にサイクル機構が取りまとめた「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性（以下，『第２次取りまとめ』とする）」[1]においては,「地層処分システムに影響を及ぼす可能性のある天然現象（地震・断層活動，火山・火成活動，隆起・沈降・侵食，気候・海水準変動）の重大な影響が及ばない安定な地質環境がわが国にも広く存在する」ことを科学的根拠に基づき示した。

また同時に「第２次取りまとめ」では，地層処分の技術的信頼性を提示することを目標として，場所を特定しないジェネリックな段階の検討として地層処分システムの安全評価を実施した[2]。その中で，安全性に対する擾乱要因のひとつとしての天然現象の影響を「天然現象影響評価」として検討しており，地層処分の安全性の例示に供するために，サイト選定で適切に回避されるとした著しい影響を除外した中で，我が国での事例研究成果を参考にしながら地層処分システムが被る特徴的な影響のみに焦点をあてた保守的・簡略的なシナリオを設定し評価を実施した[2),3]。その結果，天然現象による擾乱をあえて生じさせた場合のシステムへの影響の程度を例示した。

一方，2000年10月には実施主体（原子力発電環境整備機構）が設立され2002年12月から「高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域（概要調査地区）」の公募が開始された[4]。また，同時に原子力安全･保安院をはじめとする規制機関による検討[5]も進められてきている。このことから，天然現象影響評価については，我が国で起こり得る多種多様な現象とその影響あるいは地域性の条件などの特徴が反映できる程度に現実的な取扱いが必要になるものと認識される。そのための検討の一つとして，以下の点に着目した天然現象影響評価のための作業手順を構築することを本研究の目標とした。

①保守性よりも実際に起こり得る現実性を重視し，我が国で起こり得る天然現象の発生のバリエーションとそれによる地質環境への影響のバリエーションを組合せること
②影響評価シナリオの数を合理的にするために，それら組合せを影響の種類や影響の程度の類似性の観点から類型化した上で，処分システム・性能への影響を検討すること
③一連の作業を通じて，足りない知見は何かを明らかにし，研究課題の設定に活かせるようにすること
④最終的には，どんな場の特徴の時に，どんな天然現象影響評価を考えるかを提示できるように，天然現象影響評価のコンテンツのデータベース的な整理を目指すこと

本研究の目標を満たすためには，事例研究に基づく，実際に起こり得る現実的な現象を出発点とし,影響解析に至るまでの評価手順について,以下の点に留意したアプローチを開発する必要がある。

・整合性：検討に取り込んだ天然現象の発生プロセスやそれに起因する地質環境への影響の組合せの適切性の保証のため
・透明性：検討に取り込んだ天然現象の発生プロセスやそれに起因する地質環境への影響についての記述とその際の出典，根拠の明確化のため
・追跡性：一連の作業の内容の明確化と情報の受け渡し適切性の保証のため

上記の点に留意して開発したアプローチにより，過度に保守的とならずに，また地球科学の専門家の合意が得られるレベルの現実性を有するシナリオに基づいた評価にしていく。

次章以降，全体的な作業手順を示した上で，その具体的な適用例として「火山・火成活動」を例に“バリエーションの組合せ”の部分を中心に述べる。

2．作業手順の検討

まず事例研究を出発点として天然現象の発生から処分環境・システム性能への影響を抽出する作業手順について検討した。おおよその作業としては，

①どのような様式（事象，規模など）の天然現象が発生し得るかを検討する
②それに伴いどのような様式（温度，岩盤物性，地下水質，地下水流動の変化など）の地質環境への影響が想定されるかを検討する
③それら発生様式と影響様式の組合せに対して，処分環境・システム性能への影響を想定し，モデル化・影響評価を実施する

という流れが考えられる。ここで①から②への作業を行う際に，事例研究から情報を抽出しやすいように，

「天然現象による地質環境への影響領域をまず考えた上で影響領域内の任意の位置に処分場を配置

してみることにより処分場への影響を考える」というような工夫をした[6]。これは,地層処分システムが被る特徴的な影響のみに焦点をあてた「第２次取りまとめ」とは異なる方法である。この方法により以下のような効果が期待できる。

・天然現象の発生と地質環境への影響を想定する際に，客観的な事実として既存の研究事例などの成果を利用しやすくなる
・処分場よりも大きいと考えられる天然現象による地質環境への影響領域に対して，処分場を相対的に配置することにより，天然現象による地質環境への影響のバリエーションが処分環境・システム性能に及ぼす影響を過度な保守性に偏らずに合理的に想定することが可能となる

次いで，②から③への作業については以下のような工夫をした。すなわち，現実に発生している現象及びその影響は多種多様であり，その発生は地域性などの条件とも関係する。また，例えば同一の火山であっても複数回の活動を比較すると異なる挙動を示す場合もあり得る。そのため，シナリオの現実性を向上させるためには，そのような情報について事例研究成果を網羅的に整理し，それらを組合せながらシナリオに取り込むことが必要とされる。しかしながら，それら組合せに対して逐一シナリオを構築しようとすることは，シナリオの数が膨大となると共にシナリオが複雑になりすぎるため現実的ではない。そこで，②から③の作業を実施する際に，事例研究からの情報の組合せをそのままシナリオに反映させるのではなく，それら情報を地質環境への影響の類似性などに基づきある程度パターン化することとした。また，この時に，①から③へのつながりが曖昧にならないように影響の伝播等の因果関係が追跡できるようにしておくことにも留意することとした。このように，現実の特徴を失わない程度にシナリオをある程度単純化すること（類型化）は，シナリオの分かりやすさや影響評価上の取り扱いやすさの観点からは重要な作業であると考える。

ここで，①～③の作業内容を更に細分化し，それらの作業順序と各段階における作業内容とアウト・プットを定めた「作業フレーム」として具体化することとした。具体的には，

・天然現象の実際の特徴に基づく複数のシナリオを設定可能
・それぞれのシナリオに保守的な観点を取り込み，現実的な範囲内において保守的な想定に基づくシナリオを設定可能

とし，

・更に,複数のシナリオの違いも理解容易なこと，例えば「第２次取りまとめ」のような保守的な観点で設定したシナリオが具体的にどの程度保守的なのかを検討可能

とするよう作業フレームを具体化する。

このような観点で検討された作業フレームは，今後の具体的なサイトを対象とした天然現象の影響評価作業への適用に対する柔軟性も保持するものと考えられる。

３．検討内容

ここでは，まず，前章で具体化を検討した「作業フレーム」の概要について述べ，次いで「火山・火成活動」を例に具体的な作業内容とその特徴について述べる。

3.1　作業フレームの概要

手順を具体化していく上では，まず我が国における既存の天然現象の事例研究の情報を適切に収集・分析・評価し，天然現象の合理的なバリエーション群に整理することが重要となる。本論では，天然現象の事例研究の情報の整理から影響解析までの一連の作業をバランスよく実施するための作業フレームを構築することを目的に作業ステップとその体系を構築した[7),8)]（図１）。

構築した作業フレームの特徴は，図１に示した

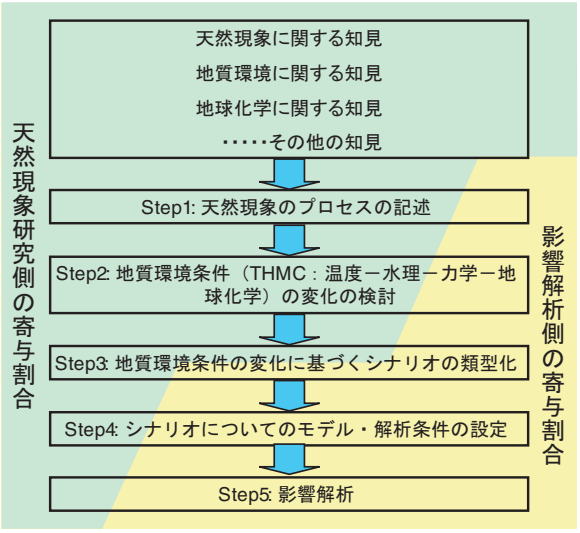


図１　天然現象影響評価の作業手順

ように，各作業を天然現象の専門家と影響解析の専門家が適切に分担及び協働できるように細分化したことである。

まず，「Step1：天然現象のプロセスの記述」と「Step2：地質環境条件（THMC：温度－水理－力学－地球化学）の変化の検討」を天然現象研究側が中心的に作業を行う。つまり，天然現象の専門家が中心となり，天然現象に関する既存の事例研究成果をそのまま活用し，どのような天然現象の発生様式やプロセスが考えられ，それに伴い地質環境へどのような変化が発生・伝播するかの検討を行う。次いで，「Step3：地質環境条件の変化に基づくシナリオの類型化」で天然現象研究と影響解析の専門家が協働し，最も重要な影響をキーとしてシナリオのパターン分類（類型化）を実施する。更に「Step4：シナリオについてのモデル・解析条件の設定」と「Step5：影響解析」は影響解析の専門家が引き継いで解析作業を実施する。Step 1 から 5 までの作業について天然現象研究と影響解析の寄与割合を模式的に示すと図 1 のようになる。すなわち，天然現象影響評価の作業全体において，天然現象研究側と影響解析側で作業の分担と連携が明確になっている。

本検討の作業手順のもう一つの特徴は，Step1とStep2の段階では処分場の位置を考えずに天然現象とそれに伴う地質環境への影響を想定し（図 2 (a) 参照），それに対してStep3において処分場の位置を天然現象に相対的に変化させて配置（図 2 (b) 参照），Step4においてその位置における処分環境・システム性能への影響を抽出し評価するという点である。これにより，事例研究の知見を処分場との位置関係とは係わらず整理できるため，天然現象の専門家の知見を引き出しやすくなった。また，事例研究の知見を整理した後に処分場の位置を選定することから，特徴的な影響を効果的に取り込んだパターン分類がしやすくなる。

3.2　作業フレームでの具体的な作業内容

3.1で概説した作業フレームでの作業内容について，火山・火成活動についてのシナリオ構築に適用した例を説明する[9]。そのうち特に「Step1：天然現象のプロセスの記述」，「Step2：地質環境

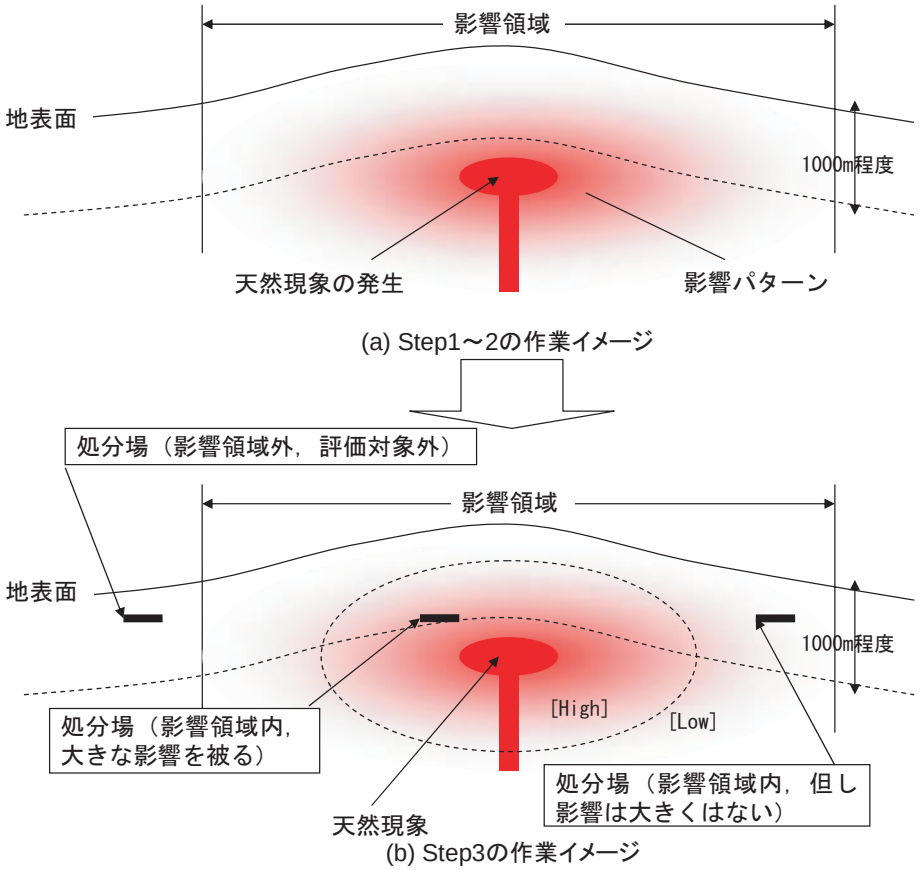


図 2　Step1～3までの作業イメージ

条件の変化の検討」及び「Step3：地質環境条件の変化に基づくシナリオの類型化」までを詳述する。

(1) Step1：天然現象のプロセスの記述

Step1で実施する作業は，主に天然現象の専門家により「天然現象のプロセス」をまず列挙することである。事例研究や一般的な科学的知見に基づき，火山・火成活動について現象の発生から地質環境への影響までのプロセスについて記述する。

図3に示すように，まずプレート運動に起因しプレート境界付近のアセノスフェアでメルト（マグマ）が発生する。溶融した状態のメルト（マグマ）は比重が周辺岩石よりも小さいため，浮力により地下深部から上昇し，ある程度の深度に貫入・定置し，マグマ溜まりを形成するという現象の発生様式が考えられる。その現象は地質環境を変化させる原因である「高温領域の発生」，「熱水流動系の形成」，また多くの場合「酸性の火山ガスや流体の発生」を伴う。Step1ではここまでの記述を行うこととする。

(2) Step2：地質環境条件の変化の検討

Step2では，Step1で列挙された「天然現象のプロセス」に対応する「地質環境条件の変化」について検討する。つまり，どのような天然現象の発生様式やプロセスが考えられ，それに伴い地質環境へどのような変化が発生・伝播するかを検討する。

具体的には，Step1で記述された「高温領域の発生」，「熱水流動系の形成」や「酸性の火山ガスや流体の発生」に起因する地質環境条件の変化，例えば「温度勾配の変化」，「地下水流動の変化」，「地下水質の変化」などを整理する。なお，この段階においては処分場は意識せずに作業を行う。また，情報を整理する際は，温度(T)，水理(H)，力学(M)，地球化学(C)(以下「THMC」とする)のフォーマットを用いることとし，後工程である影響解析パラメータの設定作業など，評価側の使いやすさ等も前もって加味する（例えば，図4のような形式を用いて)。具体的には以下の内容についての知見・データの収集・整理を行う。

- T（温度）：周辺温度（温度勾配，温度の変化など）
- H（水理）：地下水流動（透水係数，流動方向，流速の変化など）
- M（力学）：岩盤物性（各種岩盤物性の変化など）
- C（地球化学）：地下水水質（pH，酸化還元状態の変化，溶存成分の変化など)，岩盤を構成する岩石の鉱物組成の変化，水ー岩石反応速度の変化など

ここで，発生した一つの天然現象に対する地質環境への影響の様式は一様ではなく，評価地点と天然現象の位置関係や地質構造，あるいは岩石や地下水の化学組成によって多種多様の影響様式が考えられる。例えば，一つの火山活動においても火山からの距離や地質構造によって湧出する温泉水の温度，流量，水質などが異なることは普遍的に見られることである。図4の例では，Cの地下水のpHについて，火山体の火口近傍であっても必ずしも酸性になるケースばかりではないことを示している。よって，一つの「天然現象のプロセス」に対して複数の「地質環境条件の変化」が記述さ

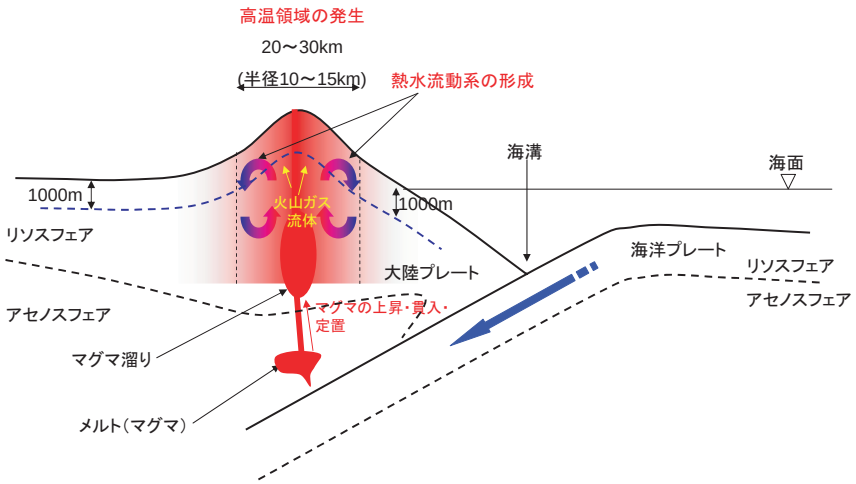


図3　Step1の作業イメージ（火山・火成活動の発生プロセスの検討例）

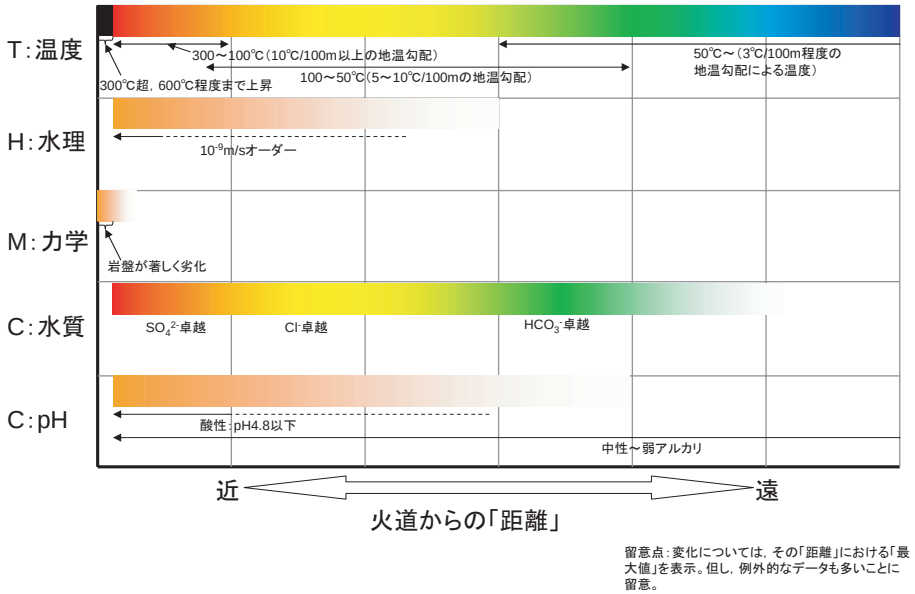


図４　Step2の作業イメージ（火山・火成活動に起因する地質環境条件の変化の記述の整理例）

れることになる。

この段階においては，可能な限り「網羅性」を重視するものとする。例えば，比較的遠方の現象でその影響が微弱あるいは短期間で可逆的であり，万年オーダーの長期的な評価の観点からは「無視できるレベル」と考えられても地下環境への変化が観測されるケースについては，可能な限り情報を整理しておくこととする。このような例としては，釜石原位置試験で得られた地震による地下水圧変化の観測事例[1),10)]や，2004年12月26日９：58（日本時間）発生したスマトラ沖地震によって震源から約5,600km離れた我が国においても地下水位の変化があったようなケース[11)]などがあげられる。

なお，天然現象の発生のしやすさについては地域性が考えられるものが多い。そのため，例えば現在の知見では事例が見いだされていない東北日本における火山フロントよりも海溝側の地域における火山活動の開始や，過去の氷河期においても形成された証拠が見いだされていない西南日本における永久凍土のような，地域性等を考慮しないシナリオを考えることは混乱を招くだけで，地球科学的な見地からは，むしろ現実性を損なうことから適切なものとは言えない。そのため天然現象が発生した後の影響を整理することと合わせて，それらの起こりやすさに係わる情報として「天然現象が発生する条件・可能性」，「地質環境が変化する条件・可能性」等の情報も各ステップのアウトプットにおいて留意事項として記述しておく。

これらの情報を，例えば表１に示すような定められたフォーマットに従って記録する。表１においては，Step1の作業として，「1．新規火成活動」が発生し「2．マグマが貫入･定置し熱エネルギーが発生」，3．で「Ⅰ．酸性流体･火山ガスが放出」される場合と「Ⅱ．放出される流体に酸性ガスや酸性流体を多く伴わない」場合の２ケースを想定している。3．のケースⅠに対応する「地質環境条件の変化」はⅠ-①～④の４ケース，ケースⅡに対応するそれはⅡ-①～③の３ケースが想定，合計７ケース想定され，それぞれのケースについて，THMC形式で影響の様式が記述されている。なお，Step1の左側に「天然現象が発生する条件･可能性」，更にStep2の左側に「地質環境が変化する条件・可能性」が記述されている。

(3) Step3：地質環境条件の変化に基づくシナリオの類型化

Step1～2までに列挙されたバリエーションの数は，単純には「天然現象のプロセス」の数に「地質環境条件の変化」の数を掛けたものとなるので十数から数十個という数となる。それらに対して逐一評価シナリオを設定し解析することは現実的ではない。また，隆起による海水準の相対的な低下と気候変動による海退のように，異なるプロセスで発生した天然現象が地質環境へ同様の影響を与えると考えられる場合もある。このように，同様あるいは似たような地質環境への特徴的な影響に注目し，それら影響の種類や影響の程度で区別

表１　各Stepの作業結果の表による取りまとめのイメージ

Step1：天然現象のプロセスの記述			現象の発生条件
1	2	3	
新規火成活動	マグマが貫入・定置し熱エネルギーが発生	Ⅰ：酸性の流体・火山ガスの放出（火成活動そのものに火山ガスや酸性熱水を多く伴うケース）	1．既存の火山近傍：Likely 2．火山フロント背弧側（東北日本場合）：Unlikely 3．火山フロント前弧側（東北日本場合）：Highly Unlikely 4．既存火山よりも背弧側ではあるが十分に遠方：Highly Unlikely
		Ⅱ：流体・火山ガスの放出（火成活動そのものに火山ガスや酸性熱水を多くは伴わないケース）	1．既存の火山近傍：Likely 2．火山フロント背弧側（東北日本場合）：Unlikely 3．火山フロント前弧側（東北日本場合）：Highly Unlikely 4．既存火山よりも背弧側ではあるが十分に遠方：Highly Unlikely

Step2：地質環境条件の変化の検討

ケースNo.	T：岩盤温度の変化	H：地下水流動特性の変化	M：岩盤物性の変化	C：地下水水質の変化	発生条件	発生可能性 （影響の伝搬の可能性検討）
Ⅰ－①	30℃／100mを超える地温勾配の発生	不明	著しく脆弱化	不明	・火道あるいはダイクが接触する近傍（数10～数100m）	非常に低い
Ⅰ－②	10～30℃／100m程度の地温勾配の発生	熱水対流系の形成（浮力の発生→上昇流の発生） 10^{-9}m/s以上の流速が発生（上昇流）	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pH<4.8に低下 SO_4^{2-}，Cl^-増加	・火道からの距離が数km～十数km以内（火山の規模により距離に幅がある） ・高透水性の岩盤で熱水流動が著しく，熱水により高温域が広がりやすい ・火成活動そのものに火山ガスや酸性熱水を多く伴う ・深部に火山ガスの移動を遮断するキャップロックや断層がない，あるいは遮断効果が低い	Ⅰ－①よりは相対的に高い
Ⅰ－③	5～10℃／100m程度の地温勾配の発生	熱水対流系の形成（主に熱伝導による） 10^{-9}m/s或いはそれ以下の流速が発生	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pH<4.8に低下 SO_4^{2-}，Cl^-増加	・火道からの距離が②よりも遠方に位置する ・マグマ溜まりが深部（標高5kmより深い）にあり，熱伝導効果が低い ・高透水性の岩盤で熱水流動が著しく，熱水により高温域が広がりやすい（但し②よりは低透水，低速流動） ・火成活動そのものに火山ガスや酸性熱水を多く伴う ・深部に火山ガスの移動を遮断するキャップロックや断層がない，あるいは遮断効果が低い	Ⅰ－①，②よりも相対的に高い
Ⅰ－④	5～10℃／100m程度の地温勾配の発生	熱水対流系の形成（主に熱伝導による） 10^{-9}m/s或いはそれ以下の流速が発生	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pHは変化しないか（弱酸性～中性），低下する場合は4.8以下にはならない Cl^-，HCO_3^-増加	・火道からの距離が②よりも遠方に位置する ・マグマ溜まりが深部（標高5kmより深い）にあり，熱伝導効果が低い ・高透水性の岩盤で熱水流動が著しく，熱水により高温域が広がりやすい（但し②よりは低透水，低速流動） ・深部に火山ガスの移動を遮断するキャップロックや断層がある	Ⅰ－①，②，③よりも相対的に高い
Ⅱ－①	30℃／100mを超える地温勾配の発生	不明	著しく脆弱化	不明	・火道あるいはダイクが接触する近傍（数10～数100m）	非常に低い
Ⅱ－②	10～30℃／100m程度の地温勾配の発生	熱水対流系の形成（浮力の発生→上昇流の発生） 10^{-9}m/s以上の流速が発生（上昇流）	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pHは変化しないか（弱酸性～中性），低下する場合は4.8以下にはならない Cl^-，HCO_3^-増加	・火道からの距離が5～10km以内（火山の規模により距離に幅がある） ・高透水性の岩盤で熱水流動が著しく，熱水により高温域が広がりやすい	Ⅱ－①よりも相対的に高い
Ⅱ－③	5～10℃／100m程度の地温勾配の発生	熱水対流系の形成（主に熱伝導による） 10^{-9}m/s或いはそれ以下の流速が発生	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pHは変化しないか（弱酸性～中性），低下する場合は4.8以下にはならない Cl^-，HCO_3^-増加	・火道からの距離が②よりも遠方に位置する ・マグマ溜まりが深部（標高5kmより深い）にあり，熱伝導効果が低い ・高透水性の岩盤で熱水流動が著しく，熱水により高温域が広がりやすい（但し②よりは低透水，低速流動）	Ⅱ－①，②よりも相対的に高い

Step3：地質環境条件の変化に基づくシナリオの類型化

類型化ケース	T：岩盤温度の変化	H：地下水流動特性の変化	M：岩盤物性の変化	C：地下水水質の変化	該当するSTEP2のケースNo.	備　考
A	30℃／100mを超える地温勾配の発生 地下1000mで300℃超	不明	著しく脆弱化	不明	Ⅰ－①，Ⅱ－①	火道，岩脈の近傍，直径500mの火道の場合は火道接触面より200m程度の狭い範囲のみで認められる影響。 火道の場合は接近シナリオとして扱うのが妥当。 直径数十m程度の岩脈の場合は高温の維持は極短期間と考えられる。 地下水変動シナリオでは取り扱わない。
B	5～30℃／100m程度の地温勾配の発生 地下1000mで50～300℃まで	熱水対流系の形成（浮力の発生→上昇流の発生） 10^{-9}m/s以上の流速が発生（上昇流）	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pH<4.8に低下 SO_4^{2-}，Cl^-増加	Ⅰ－②，Ⅰ－③	類型化の際の優先項目：「地下水水質の変化：C」 酸性に変化or変化せず，SO_4^{2-}かHCO_3^-かで分類 岩盤の化学組成の変化，水－岩石反応の変化は，地下水水質の変化と連動するものとする。 その他の影響要因の設定： T：一般的な地温勾配以上には上昇する5℃／100m，接触部（30℃／100m）以上にはならないものとする。但し，B>Cに設定。 H：10^{-9}m/s以上の流速が発生（上昇／下降流とも）するものとする。但し，B>Cに設定する。 M：詳細不明のためシナリオでは取り扱わない。
C	5～30℃／100m程度の地温勾配の発生 地下1000mで50～300℃まで	熱水対流系の形成（主に熱伝導による） 10^{-9}m/s或いはそれ以下の流速が発生	火道，岩脈の貫入による周辺岩盤の亀裂や断層の発生などの地殻変動	pHは変化しないか（弱酸性～中性），低下する場合は4.8以下にはならない Cl^-，HCO_3^-増加	Ⅰ－④，Ⅱ－②，Ⅱ－③	

され特徴づけられる比較的少数の組合せをシナリオとして設定し影響解析を実施するのが現実的である。そのため，主に事例研究に基づいて列挙されたStep1とStep2の多数のバリエーションに対し，天然現象研究と影響解析の専門家が協働して類型化するという作業を実施する。

具体的には，現象からの距離と影響の強さから複数段階の「影響領域」を設定する。地質環境への影響は一般的には現象から離れるに従って減衰していくと考えられる。しかしながら，現象からの距離と地質環境へ与える影響の強さについては図５に模式的に示すように，対象とする影響項目によって減衰パターンが異なるものと考えられる。そこで「影響領域」の設定の際には，THMCのどの影響項目が特徴的なバリエーションをもつか，及び影響解析に効くかを判断し，その影響項目によって区分する。

なお，現時点はジェネリックな検討段階であるため，影響の程度と影響領域の区分を厳密に定量的に表現することは困難であり，現時点では特に必要ないと考えられる。そのため，「影響の程度」を［Very High］，［High］，［Low］，［Very Low］などとして設定し，それらに対応する「影響領域」については「数km～十数km」，あるいは，例えば現象の規模などを基準とした場合の「数倍，十数倍」などの定性的ないし半定量的表現で区分する。

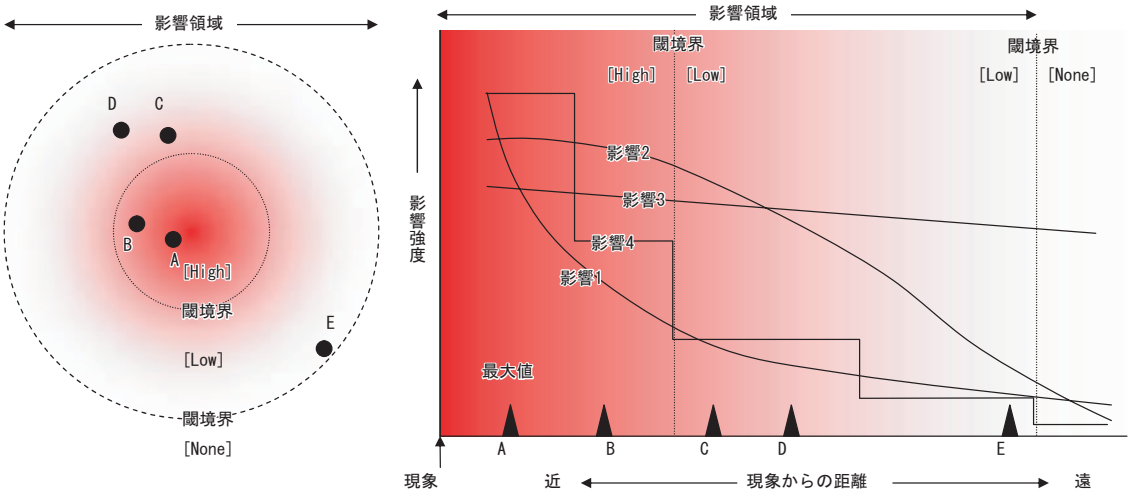
図５では影響１～４のうち，影響４を最も特徴的なバリエーションを持つと判断し，影響領域（［High］及び［Low］）を区分している。影響４を用いて区分された［High］及び［Low］の影響領域内において影響１～３がどの程度の範囲の値をとり得るかを抽出する。

表１の「Ⅰ．酸性流体・火山ガスが放出」される場合についてTHMCの影響項目のうちC：地球化学が最も特徴的なバリエーションを持つものと判断して影響領域を区分した例を図６に示す。影響［Very High］の領域は火道の極近傍の岩盤がマグマの貫入によって破砕され，かつ，熱的な影響が非常に大きい領域である。更にその外側を，Cの情報を用いて，

・影響［High］：pH≦4.8ないし水質がSO_4^{2-}に卓越する領域
・影響［Low］：弱酸性～中性（pH≧4.8）ないし水質がHCO_3^-に卓越する領域

として区分する。その区分された領域内において，残りの　T，H，Mがどの程度の値を取り得るかをStep２で収集・整理されたデータから判断して設定する。同様の作業を表１中の「Ⅱ．放出される流体に酸性ガスや酸性流体を多く伴わない」場合についても行う。

次に，上記したような影響項目に着目し，同様あるいは似たような影響であると判断されたものを統合するなどして特徴的な影響のバリエーションを記述するためのシナリオの「類型化」を行う（表１右下表参照）。このような「類型化」を，事例研究の知見を網羅的にかつTHMCという使い



影響1～4のうち，影響4を最も特徴的なバリエーションを持つと判断し，影響領域（[**High, Low**]）を区分している。影響4を用いて区分された[**High, Low**]の影響領域内において影響1～3がどの程度の範囲の値をとり得るかを抽出する。

図５　現象からの距離と影響強度の関係の概念図

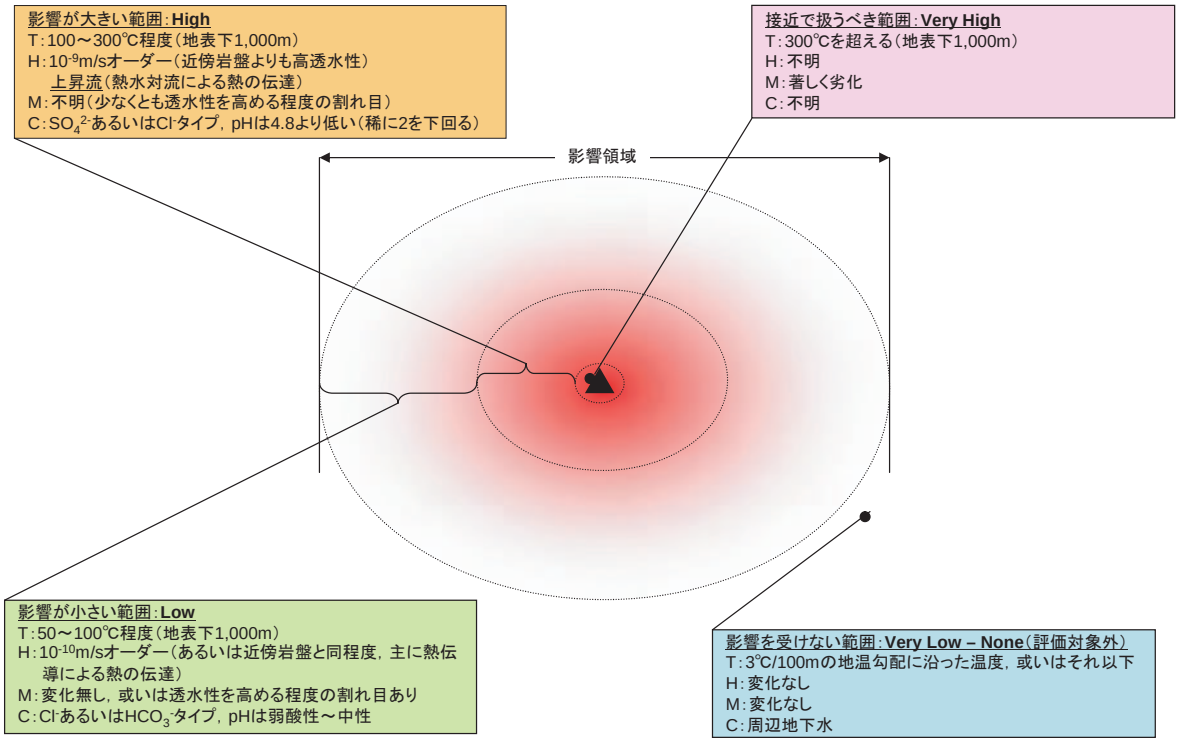


図６　Step3の作業イメージ（類型化された火山・火成活動に起因する地質環境への影響の取りまとめイメージ）

やすい形で整理した後に行うことにより，特徴的な影響を効果的に取り込んだパターン分類がしやすくなる。また，表１右下表の「備考」欄には類型化の際の優先項目やTHMCの影響項目の取り扱いなどについて記述し，類型化の際の考え方を記録するものとする。また，どの「Step1：天然現象のプロセス」のどの「Step2：地質環境条件の変化」がどの「類型化」パターンに分類されたかを明記し，追跡性を確保するものとする（表１右下表，「該当するStep2のケースNo.」欄参照）。Step2で列挙されたケース数は７ケースであった。上記のような作業の結果類型化されたケース数は類型化ケースＡ～Ｃの３ケースとなっている。

以上までの作業により影響の程度の違いを表すことができるよう影響領域を区分することができた。この段階でそれぞれの領域に処分場を設定する。図２(b)において，影響領域を[high]と[Low]の２つに分け，それぞれについて処分場を設定した例を示した。それと同様に，表１において設定された類型化ケースＡ，Ｂ，Ｃ区分された処分場を設定する（イメージ的には図６の[Very High]，[High]，[Low]の３つの領域それぞれに処分場を設定する）。表１における類型化ケースＡ～Ｃのそれぞれの THMCの記述が，次のStep4において解析条件の設定するために必要な知見・データとなる。

(4) Step4：モデル・解析条件の設定，Step5：影響解析

Step3において「類型化」された影響（シナリオ）を引き継ぎ，モデル・解析条件の設定を行う。現在は，サイト選定に関する要件を考慮し，処分場が被る確率が相対的に高くなると考えられる影響強度が［Low］に該当する場合を対象に，RES（Rock Engineering System）と呼ばれる，マトリクス形式の解析条件の設定方法について検討中である（図７）。この方法の利点は，シナリオとして記述された地質環境への影響の整理結果を起点として，処分場の周辺岩盤→施設領域→人工バリアという順序で影響解析で対象とする処分環境・システム性能への温度，水理，力学，地球化学特性の変化などの影響の伝播を明らかにすることができ，更にそれと対応づけて，人工バリア→施設領域→周辺岩盤の順で拡散係数，分配係数，溶解度，溶解速度，地下水の通過流量などの物質移行解析条件を設定できることである。

図７の例では，岩盤の温度を起点に，それが岩盤の水理特性にどのような影響を与え，それが更

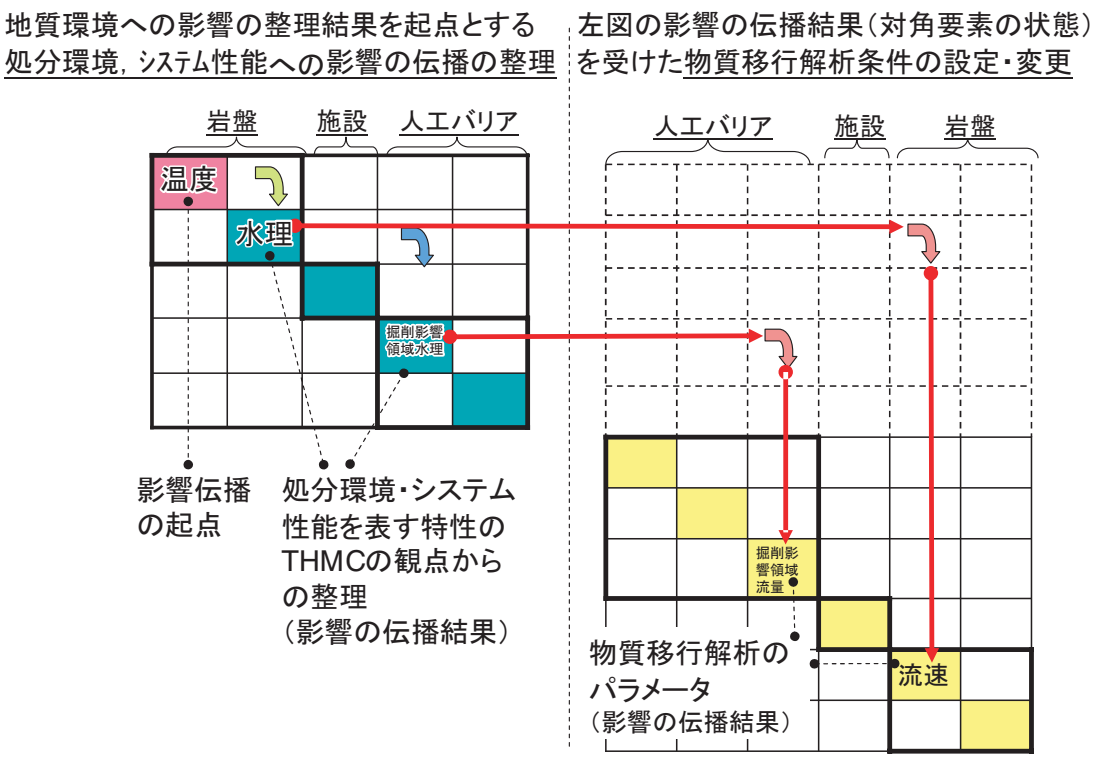


図７　Step4の作業イメージ（RESによる物質移行解析パラメータの設定イメージ）

に，施設領域を通して人工バリア中の掘削影響領域にどのような影響を与えていくかなど，影響の伝播について整理している。同時に，岩盤の水理特性の変化した結果，物質移行解析条件のうち流速がどの程度変化するか，また，人工バリア掘削影響領域の水理特性が変化した結果，そこを通過する流量がどの程度変化するかなどの物質移行解析パラメータの設定が可能である。

妥当な解析パラメータ設定後，Step5：影響解析を実施する予定である。

3.3　作業フレームの特徴

提案した作業フレームの特徴としては，図１に示したしたように天然現象の事例研究から影響評価までに至る作業工程を作業ステップとして細分化し，各ステップごとにアウトプットを定型化したフォーマットに記録・整理することとしたことにある。つまり，各ステップの作業をある程度独立した「モジュール化」し体系化したことに特徴がある。モジュール化を図ったことにより，各ステップで作業すべきことが明確になり透明性が確保できると共に，各作業の分担と協働の内容と手順を明らかにすることで追跡性が確保できる。また，後工程の作業は前工程の成果を引用・参照して次のステップの作業を実施すると共に，後工程に引用されることを前提とした前工程の作業を実施することになる。そのため，前後工程間の双方向のコミュニケーションの促進や合意形成につながり，一連の作業の整合性の確保が可能になる。

また，各ステップをある程度独立したモジュールとしたことにより，ステップごとに作業方法や内容の改良などが容易になる。

更に，定型化したフォーマットを利用して各ステップの作業成果を記録することにより，影響解析に必要な天然現象の事例研究のデータ・知見の量や品質情報などの過不足が明らかとなり，このことは天然現象の専門家が現象理解のための次の研究フレームを効率的かつ適切に構築することにも役立ち，更に将来のより現実性や精度の高い評価の実施につながっていくものと考えられる。

4．結論

「第２次取りまとめ」に対する天然現象影響評価技術の高度化として，以下の事項に着目し，作業のモジュール化や手順の体系化といった工夫を含めた作業フレームの構築を図った。

提案した作業フレームを適用することにより，1．で設定した①から④の着目点に対し,以下のような効果が期待できる。

①保守性よりも実際に起こり得る現実性を重視し，天然現象の発生のバリエーションとそれによる地質環境への影響のバリエーションを組合せること

・天然現象による地質環境への影響領域に対して，処分場を相対的に配置することにより，天然現象による地質環境への影響のバリエーションが処分環境・システム性能に及ぼす影響を合理的に想定することが可能となる

・上記の手順により，天然現象の発生と地質環境への影響を想定する際に，客観的な事実として既存の研究事例などの成果を利用しやすくなる

・また，従来は保守性を重視するあまり，起こりにくいが影響が大きくなる可能性のあるもの，つまり処分場を直撃あるいは直撃はしないまでも大きなダメージを与える場合に着目することが多かったが，本手順により「弱影響の範囲」についても知見・データを収集・整理し評価の対象とすることができる

・温度，水理，地球化学特性などの地質環境条件の変化の組合せの整合性にも留意しつつ作業を進めることにより，個別の情報から「保守的」なデータを独立に収集することに比べ，より現実に即したシナリオを構築できる

②影響評価シナリオの数を合理的にするために，それら組合せを影響の種類や影響の程度の類似性の観点から類型化した上で，処分システム・性能への影響を検討すること

・提案した作業フレームを用いることにより，考えられ得る多種・多様な現象の影響の種類や程度を，THMC形式に整理された記述内容から客観的に類型化できる

・上記の作業は，参照しやすい形の定められたフォーマットに従って整理するため，作業の透明性を確保できる

・その際どのような現実の現象のデータ・知見に基づきシナリオを構築したのか，解析用のデータやモデルを作成したのか，を記録するため，追跡性を確保できる

③作業を通じて，足りない知見は何かを明らかにし，研究課題の設定に活かすこと

・提案した作業フレームを用いることにより天然現象に関するデータ・知見の種類や量あるいは品質情報，及び現状におけるそれらの過不足などが作業を通じて明らかになり，今後，天然現象の専門家が現象理解の研究フレームを効率的に構築することにも役立つものと考えられ，将来のより現実に即した精度の高い評価の実施へつながっていく

以上より,作業フレームを適用することにより，シナリオが現実の現象に即したものになり，評価作業や内容の「透明性」,「追跡性」,「整合性」の向上を図ることができると考える。

④最終的には，どんな場の特徴の時に，どんな天然現象影響評価を考えるかが提示できるように，天然現象影響評価のコンテンツのデータベース的な整理を目指すこと

これに関しては，提案した作業フレームにおいて，現象・影響の起こりやすさに係わる情報として地域性を考慮し「天然現象が発生する条件・可能性」,「地質環境が変化する条件･可能性」等の情報も留意事項として記述し,情報を整理している。

上記のような情報整理は，特定の場所についての詳細な検討を始める前の段階において，どのような特徴をもつ地域ではどのような天然現象影響評価をしておくことが考えられるのか，そのために優先的に必要な情報は何で，それを取得するにはどのような調査・検討をする必要があるのかを判断する材料の一つとすることができる。更に，詳細な検討の段階においては，対象となった地域にとって評価が必要となる天然現象は何か，あるいは発生可能性は低いものの影響が大きいと想定されるシナリオをどう取り扱うか，などの評価の方針を検討する材料ともなると考えられる。

以上は，天然現象影響評価の信頼性や実用性の向上と同時に，地層処分技術に関する国民の理解を得ることにもつながるものと考えられる。

5．今後の課題

本報では，５つのステップに分けた作業フレームのうち,「Step3：地質環境条件の変化に基づくシナリオの類型化」までについて,「火山･火成活動」を例に実作業を通じて適用性を確認した。今後は，まずStep4のRESに基づく「モデル・解析条件の設定」とStep5の「影響解析」までを「火山・火成活動」について実施し，作業フレームの適用性と有効性を確認する。

また，「火山・火成活動」のみならず「地震・断層活動」，「隆起・沈降・侵食」，「気候・海水準変動」にも適用例を拡充することにより適用性をより確かなものとすると共に，問題点の抽出と必要に応じた改良を加えていく。

合わせて，火道が処分場を直撃する，あるいは断層が廃棄体を切断するような接近シナリオや，隆起に伴う断層あるいは火山活動に起因する断層などのような「複合した現象」についても，提案した手順の適用を図り，知見を蓄積していく必要がある。

参考文献

1）核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第２次取りまとめ－分冊１「わが国の地質環境」”，JNC TN1400 99-021 (1999).

2）核燃料サイクル開発機構：“わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第２次取りまとめ－分冊３「地層処分システムの安全評価」”，JNC TN1400 99-023 (1999).

3）牧野仁史，加藤藤孝，他：“天然現象の発生が地層処分システム性能に与える影響についての概略的検討－サイトを特定しない段階での検討例－”，JNC TN8400 2000-033 (2000).

4）原子力発電環境整備機構：“概要調査地区選定上の考慮事項”（2002）.

5）総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会：“廃棄物安全小委員会報告書－高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて－”（2003）.

6）核燃料サイクル開発機構：“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－平成15年度報告－”，JNC TN1400 2004-007 (2004).

7）川村　淳，牧野仁史，他：“天然現象影響評価シナリオ構築手法の高度化”，地球惑星科学関連学会2005年合同大会予稿集，G018-007 (2005).

8）川村　淳，牧野仁史，他：“天然現象影響評価に関する検討－①シナリオ構築手順の概要－”，地球惑星科学関連学会2005年合同大会予稿集，G018P-019 (2005).

9）川村　淳，梅田浩司，他：“天然現象影響評価に関する検討－②火山･火成活動への適用例－”，地球惑星科学関連学会2005年合同大会予稿集，G018P-019 (2005).

10）佐々木俊二，安池慎治，他：“釜石鉱山で観測された地震に伴う地下水圧の動的変化”，電力中央研究所報告，U99030 (1999).

11）産業技術総合研究所，鳥取大学工学部，他：“2004年スマトラ島西方沖の地震（M9.0）の地震波に伴う地下水位・地下水圧変化について”，http://www.aist.go.jp/RIODB/gxwell/GSJ/database/20041226.pdf, RIO-DB (2005).

資料番号：28ー 8

ショートノート

中性子・γ線用臨界検出器の開発

辻村　憲雄　　吉田　忠義　　石井　雅人*

東海事業所　放射線安全部

*（株）東芝

Development of Criticality Accident Detector Measuring Neutrons and Gamma-Rays

Norio TSUJIMURA　Tadayoshi YOSHIDA　Masato ISHII*

Radiation Protection Division, Tokai Works

* Toshiba Corporation

臨界検出器の仕様の統一を目的に，中性子とγ線を単一の検出器で検出し，かつ両者による合計の吸収線量を測定する新しい臨界検出器を開発した。本検出器は，プラスチックシンチレータと光電子増倍管からなる検出部を，熱中性子－捕獲γ線コンバータであるCd，さらに厚さ５cmのポリエチレン減速材で覆うことによって，検出器の外部から入射するγ線だけでなく，Cd（n, γ）反応を利用して間接的に中性子も検出することができる。

The authors developed a new criticality accident detector measuring neutrons and gamma-rays. The detector is a cylindrical plastic scintillator coupled to a current-mode operated photomultiplier, and is covered by an inner cadmium shell, acting as a neutron to gamma-ray converter, and a 5cm thick outer polyethylene moderator in order to respond to the same threshold triggering dose regardless of whether it was exposed to neutrons, gamma-rays or a mixture of the two radiations.

キーワード

臨界検出器，中性子，プラスチックシンチレータ，カドミウム，ポリエチレン減速材，モンテカルロ計算

Criticality Accident Detector, Neutron, Plastic Scintillator, Cadmium, Polyethylene Moderator, Monte Carlo Calculation

１．はじめに

核燃料サイクル開発機構東海事業所では，臨界事故の発生を検知し速やかに退避警報を発生させることを目的とする臨界検出器を，再処理施設及びMOX燃料製造施設等に設置している[1)]。これらの臨界検出器の多くは，主としてγ線を検出するプラスチックシンチレータ（RD120）であるが，一部の工程において中性子を検出する減速材付き核分裂検出器（RD624）を使用しており，国際規制物資である濃縮ウラン（^{235}U）を検出器の一部として使用することによる管理の煩雑さ，二種類の検出器系の同時運用に伴う保守性等に課題があった。そこで，核分裂検出器に替わる検出器の候補の一つとして，γ線と中性子の両放射線を区別せずに検出する臨界検出器を新たに開発した。

２．試作検出器の構造と特性

RD120は，直径38mm×長さ51mmのプラスチックシンチレータ（以下「PS」と記す）と光電子増倍管からなる検出部を電流モードで動作させた

辻村　憲雄

線量計測課　標準・校正チーム所属
チームリーダ，副主任研究員
放射線測定器等の校正に用いる放射線（能）標準の整備，開発業務に従事

吉田　忠義

線量計測課　標準・校正チーム所属
副主任研究員
放射線測定器等の校正に用いる放射線（能）標準の整備，開発業務に従事

石井　雅人

原子力計装制御システム部
原子力計装システム設計担当
主務
放射線計測システムの設計に従事

検出器であり，主としてγ線を検出する。このPS部分を，熱中性子ー捕獲γ線コンバータであるCd，さらに厚さ5 cmのポリエチレン減速材で覆うことによって，検出器の外部から入射するγ線だけでなく，Cd（n，γ）反応を利用して間接的に中性子も検出する検出器を試作した。ここで，減速材の厚さ等は，当該臨界検出器の設置予定箇所における臨界事故時の中性子スペクトルを考慮しつつ，γ線と中性子のそれぞれに対する吸収線量当たりのレスポンスが同等になるようモンテカルロ輸送計算コードMCNP4C2[2]による計算から決定した。

試作した中性子・γ線用臨界検出器の外観写真を図1に，モンテカルロ計算によって求めた試作検出器の中性子エネルギー特性を図2に示す。図2では，^{60}Co γ線に対する吸収線量当たりのレスポンスを1に規格化している。1 MeV以上の中性子に対して過小応答，1eV～0.1MeVのエネルギー範囲で過大応答を示しているが，これは，臨界事故時のような連続スペクトルを持つ中性子に対して，積分レスポンスが1，すなわちγ線に対するレスポンスと等しくなるよう調節したものである。現在，本試作検出器について，^{252}Cf減速中性子校正場[3]を中心に特性試験を進めており，設計段階における特性がほぼ再現されていることがこれまで判明している[4]。

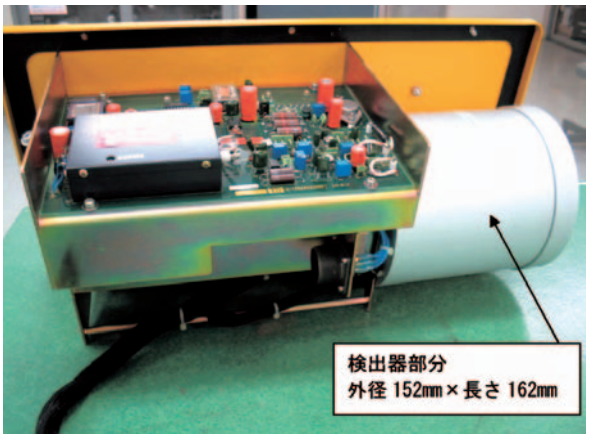


図1　試作した中性子・γ線用臨界検出器

（検出器は，圧延鋼板からなるケースのフロントパネルの背面に固定しており，写真は固定している側から見たものである。）

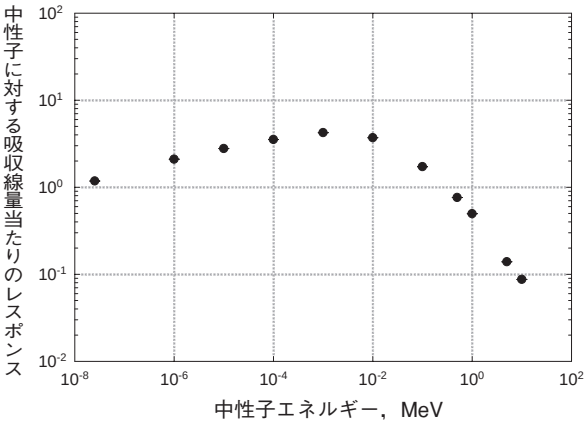


図2　モンテカルロ計算によって得られた中性子エネルギー特性

（図では，γ線に対するレスポンスを1に規格化している）

3．おわりに

単一の検出器でγ線と中性子を検出し，かつ両放射線による合計の吸収線量を測定する新しい臨界検出器を開発した。本検出器は，国際規制物資である濃縮ウランを使用するRD624に替わる臨界検出器として開発したものであり，中性子とγ線の両放射線を検出するため放射線状況に左右されない設置が可能であること，既設のRD120型臨界検出器と減速材部を除く主要部品を共通化させているため保守・点検手順が統一化できることといった特徴を有している。

今後，原子炉を利用した総合的な性能実証試験を計画している。

参考文献

1）野田喜美雄：臨界警報装置の開発，動燃技報，81，pp.59-62(1992).
2）J.F.Briesmeister (Ed.) : A general Monte Carlo N-particle code, version 4C - Manual, LA-13709-M (Los Alamos National Laboratory) (2000).
3）辻村憲雄，吉田忠義，高田千恵：中性子線量当量(率)測定器の性能実証試験フィールドの開発，サイクル機構技報，27，pp.55-57(2005).
4）吉田忠義，辻村憲雄，石井雅人：中性子ーγ線同時測定式臨界検出器の開発，日本原子力学会2005年秋の大会発表予定

会議報告

敦賀国際廃止措置セミナー
～地域との共存・共栄を目指して～
－2005年５月21日開催－

飯島　　隆　　入江　　勤
敦賀本部　技術企画部

１．はじめに

核燃料サイクル開発機構は2005年10月に日本原子力研究所と統合し，新法人「日本原子力研究開発機構」となる。新法人の発足にあたっては，敦賀地区に「原子炉廃止措置研究開発センター（仮称)」を整備し,「ふげん」を中心とした廃止措置研究開発に取組んでいく計画である。この「ふげん」の廃止措置を着実に進めていくためには，廃止措置に対する地域の方々のご理解が不可欠である。そのため，サイクル機構は５月21日に敦賀市内にあるアクアトムホールにおいて，廃止措置に関する国際セミナーを開催し，国内外の専門家による発表を通じて，世界の廃止措置の現状について，地域の方々にご紹介する機会を設けるとともに，地域の産業界の方に原子力発電所の廃止措置への期待と取組みについて発表をいただくこととした。

なお，セミナーの開催にあたっては，経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）の共催をいただくとともに,関西原子力懇談会,(財)若狭湾エネルギー研究センター，敦賀商工会議所，福井商工会議所，及び福井県鉄工業協同組合連合会から後援をいただいた。

２．内容

(1) 開会挨拶

岸本　洋一郎（サイクル機構　副理事長）

「ふげん」の廃止措置研究開発は，福井県のエネルギー研究開発拠点化計画のなかでも重要な項目の一つとして位置付けられている。施設解体廃棄物の大半を占める放射性廃棄物として扱う必要のないものの再利用などについて，地元産業界の参画を得て取組むことにより，地元産業界に廃止措置技術が定着していくことを期待している。本セミナーが関心ある皆様のご理解を深める機会となれば幸いである。

(2) 来賓挨拶

飯島　義雄氏（福井県副知事）

原子力発電所を単なる電力の生産工場として捉えるのではなく，地域と原子力の自立的な連携を目指して，新しい段階へ進むことが重要である。原子力の持つ幅広い技術を活用し，地域産業の活性化，国内外の優秀な研究者の集うしくみ作りが求められている。商業用原子力発電所の廃止措置に向けた新産業創出を目指し,様々な取組みを国,県，事業者が一体となって実行していく。エネルギー研究開発拠点化計画は，全国初めての試みであり，他の地域のモデルケースとなるよう，県としても強い決意を持って計画の実現に取組んでいきたい。

(3) 基調講演

「わが国の原子力発電所の廃止措置の現状と今後の展望」

石榑　顯吉氏（埼玉工業大学教授　先端科学研究所所長／東京大学名誉教授）

原子力発電所の廃止措置に向けて，わが国では着実に準備が進められて来た。法規制については，原子炉規制法が改正され，廃止措置の進捗に応じた合理的な規制になっていく。今まで様々な技術開発試験等が行われてきており，廃止措置は技術的には十分対応可能であるが，より合理的な廃止措置のためには技術の選択が必要である。廃止措置における一番の問題は廃棄物の処理処分である。環境負荷低減と経済性に見合う合理的処分が課題となる。廃止措置で出てくる廃棄物の90%以上は放射性廃棄物として扱う必要のないコンクリートや金属で，低レベル放射性廃棄物は２%程度である。放射性廃棄物と非放射性廃棄物の境界をわけるクリアランスレベル以下の廃棄物は一般の廃棄物と同様に処分され，可能な限り資源とし

て有効利用されなければならない。このクリアランス制度が安心感を持って受入れられることが不可欠である。その基になるのは信頼感であり，信頼感を醸成するような不断の努力が必要で，サイクル機構を始め各事業者は率先して再利用を促進し，自ら安全性について示してもらいたい。廃止措置は地域社会との関わりが非常に大きい。「ふげん」の廃止措置では，地域との共存・共栄を目指した協同作業のモデルケースとし，安全に安心して廃止措置が達成できることを実証して欲しい。

（4）各機関からの発表

「廃止措置の現状と今後の展望」

1）国内機関

①池田　博（サイクル機構　新型転換炉ふげん発電所長）

「ふげん」廃止措置の基本方針は，「安全の確保」，「既存技術の徹底活用による合理的な廃止措置」，「発生廃棄物の低減，再利用など環境への負荷低減」，「情報公開の推進」，そして「地域社会の理解と支援が得られる事業の推進」である。その成果については今後の原子力施設の廃止措置に活用されていくことを期待している。廃棄物推定量は37万トンであり，うち36万トンは放射性物質として扱う必要のない，クリアランスレベル以下のもので一般廃棄物と同様に処理できる。安全確保を最優先に，品質保証活動を向上させ，「ふげん」の廃止措置に取組んでいきたい。

②佐藤　忠道氏（日本原子力発電株式会社　廃止措置プロジェクト推進室長・部長）

東海発電所については，現在約5年間にわたる廃止措置の第1期工事中であり，廃止措置の準備工事，および附属設備撤去等が行われている。これらは技術ノウハウ蓄積のため，原電社員自らが直営で取組むことを基本としている。原電では，安全を最優先にして廃止措置を進め，商業用原子力発電所の安全かつ合理的な廃止措置を実証していく。より良い解体技術，廃棄物処理処分を実現し，将来の国内における原子力発電所の廃止措置に役立てたい。

2）海外機関

①L.バレンシア氏（ドイツ・カールスルーエ研究所廃棄物処理センター長・OECD/NEA TAG会議議長）

OECD/NEAでは「原子力施設の廃止措置プロジェクトに関する科学技術情報交換計画協定」という廃止措置に特化したプロジェクトを有していて，20年以上にわたって様々な活動を行ってきた。その活動の範囲は政策・規制，戦略，資金，廃棄物管理，サイト開放，技術，人的・組織的な側面等，さまざまな分野を網羅している。

ドイツでは原子力法が2002年1月に改定され，発電のために原子力エネルギーの利用をやめることを選択した。これは，現在運転中である19基の原子力発電所がこの先30年以内に廃止措置を迎えることを意味する。カールスルーエセンターでは研究部門から独立した廃止措置部門が設置され，廃棄物の再利用等に取組んでいる。ドイツでは合理的な廃止措置を行うため，必要とされる全ての法的枠組みが整備されている。原子力施設所有者は発生した廃棄物処分だけでなく，廃止措置にも責任がある。解体される施設の状態を考慮し，事前に詳細な廃止措置方針を立案した上でグリーンフィールドにすることが望まれている。

写真1　基調講演の様子

写真2　海外からの報告

②J.ノクハムゾン氏（ﾌﾗﾝｽ原子力庁サクレー研究所バックエンド部門国際担当副部長）

フランス原子力庁（CEA）における廃止措置方針は，廃止措置決定の前に除染や廃止措置の検討を開始し，運転スタッフを使って恒久停止後，できる限り速やかに廃止措置作業を実施するということである。フランス電力庁（EDF）では現在９基の原子力発電所を廃止措置中である。フランスには極低レベルと中低レベルの放射性廃棄物貯蔵施設がある。廃止措置成功の要因は効率的な産業組織，明確な規定と認可プロセス，発生から最終貯蔵までの廃棄物管理，有効かつ適切な財政的支援,フィードバック経験の交換,コミュニケーションと透明性である。廃止措置技術は現在の技術で充分対応できる。現在の課題は国際的ワークショップや会議などでの情報共有で解決できる。将来的には，国際的なガイダンスや規制を確立する必要がある。サクレー研究所では地域の高校生と周辺の環境測定に取り組んでいて高い評価を得ている。

③T.ベネスト氏（イギリス原子力公社　ウィンズケール上席プロジェクトマネージャー）

イギリス原子力公社（UKAEA）では26基の研究炉のうち14基を既に解体した。原子力施設を撤去して，科学技術センターとして再生したサイトもある。廃止措置は政府の出資で行われている。2005年４月には新しい政府組織で，民間の原子力施設の廃止措置を担当する原子力廃止措置機関（NDA）も設立された。NDAの任務は環境を十分に考慮し，安全かつ経済的に廃止措置を実施すること。放射性廃棄物については低レベルの最終処分施設がある。廃止措置によって地元は直接的な影響を受ける。被雇用者の再教育，新産業や新しい機会をもたらす再生組織の立ち上げ，透明性をもった取り組み等により，地域における廃止措置の影響を最小限にするため，関係者とともに取組んでいる。

(5) 地元産業界からの発表

「地元産業界における原子力発電所の廃止措置への期待と取り組み」

一柳　俊一氏（敦賀セメント株式会社取締役社長／敦賀商工会議所ふげん廃止措置研究会委員長）

原子力発電所の地域との共存・共栄を考える場合,まず地域の信頼を得ないといけない。キーワードは「安心」,「安全」,「納得」,「信頼」,「共生」,「環境」,「情報開示」である。社会と原子力の調和と共存のためには，地域参画型が望ましい。福井県のエネルギー研究開発拠点化計画には期待している。敦賀商工会議所でも，ふげん廃止措置研究会を立ち上げ，将来の廃止措置事業の参画に向け勉強を始めたところで，地元企業の関心は非常に高い。地元でできることは地元でやるという強い意志が必要。地の利を活かし，地元企業の技術力を上げ，将来的には運転中の原子力発電所にも関わりをもつべき。何ができるか，事業者と地元産業界が十分な話し合いをすべき。

(6) 閉会挨拶

柳澤　務（サイクル機構　理事）

敦賀商工会議所のふげん廃止措置研究会委員長である，一柳敦賀セメント社長からの講演で，社会と原子力との調和・共存のためには地域参画型が重要との話があったが，ふげん廃止措置についても地域の皆様の御理解とご協力をいただくとともに，大学や国内外の研究機関，電力会社，そして地域産業界とも手を携えて，廃止措置プロジェクトの完遂と地域産業における廃止措置技術が定着していくよう取組んでいきたい。

3．おわりに

セミナーでは地元企業関係者をはじめ約130名の方々にご参加をいただき，会場のアクアトムホールに入りきれない参加者については，ホール外に設置した２台のモニターにて聴講していただいた。廃止措置に対する地元の関心は高く、今回，国内外の専門家から廃止措置の現状について直接話をしていただいたことは、非常に意義深いものであった。

「ふげん」では今後,廃止措置を安全第一に進め，地域とともに原子力発電所の廃止措置技術の定着に向けて取組んでいきたい。

会議報告

平成17年度　第１回社内公募型研究推進連絡会
―2005年５月30日開催―

永田　武光
社内公募型研究推進室

１．はじめに

2005年５月30日に，東濃地科学センター第１・２会議室にて「平成17年度第１回社内公募型研究推進連絡会」を開催した。

社内公募型研究推進制度は2001年度から運用を開始したものである。それ以来，着々と成果を挙げているところであるが，推進室の各研究者の研究実施場所が異なることもあり，研究者間での意思疎通や意見交換を図ることが全くなされていない状況にあった。こういった状況を打開するため，2005年度から推進室の研究者をメンバーとする定例の社内公募型研究推進連絡会を開催することとした。

本連絡会は，推進室の研究者が取り組む研究内容を同室の他研究者に発信し，異なる分野の専門知識を有する同室の他研究者から多角的かつ客観的な意見を求めることにより，同室の研究者の相互理解とさらなるレベルの向上を図ることや本制度の下に研究を進める上での問題点や悩み，さらには将来展望などを紹介し合い，本制度の今後の発展に資することを目的としている。また，本連絡会の参加者は，推進室員に限定することなく，広く社内外の専門家の参加を求めており，幅広い深みのある議論をして行きたいと考えている。

２．発表概要

今回の連絡会では，推進室の各研究者による研究内容（2003年度から2005年度の採択研究テーマ７件）についての発表があり，その後十分な時間をかけた質疑応答がなされた（写真１，２）。

以下，発表の概要を示す。また，表１に，本連絡会での発表テーマ及び発表者を示す。

原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子銃の実用化研究（表１中No.1）では，現在，高エネルギー加速器研究機構（KEK）と共同研究で進めているフォトカソードRF電子銃について，その動作原理の解説，従来の電子源と比較した場合の優位性の説明，専用テストベンチにおけるビーム試験の現状に関する報告等がなされた。ビーム試験では，すでに１パルスあたりの発生電荷量が3nCで2.8nsec間隔の100パルスの発生に成功し，当初目標の最大定格であるパルスあたり5nCを目指した試験やビーム性能の詳細測定を継続中であることが報告された。また，今後，このフォトカソード

写真１　発表風景

写真２　出席者集合風景

表１　平成17年度　第１回社内公募型研究推進連絡会　発表テーマ

No.	発　表　テ　ー　マ	発　表　者
1	原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子銃の実用化研究	2003年度採択研究テーマ 山崎　良雄
2	原子力技術の受容に関する個人及び集団の意思決定過程分析とシミュレーション	2003年度採択研究テーマ 篠田　佳彦
3	ミュオン誘雷手法に関する研究（延長研究テーマ）	2004年度採択研究テーマ 鳥居　建男
4	地質媒体微細間隙中での核種拡散移行過程における固液界面現象に関する研究（延長研究テーマ）	2004年度採択研究テーマ 佐藤　治夫
5	溶融塩を用いた新たな乾式再処理プロセスの創造に関する研究（延長研究テーマ）	2005年度採択研究テーマ 永井　崇之
6	アメリシウム含有低酸素ポテンシャルターゲットの創製および特性評価	2005年度採択研究テーマ 逢坂　正彦
7	地殻中の深部流体の起源と熱輸送に関する研究	2005年度採択研究テーマ 梅田　浩司

RF電子銃の性能を踏まえた非破壊検査装置の概念設計を進める予定であることが紹介された。

原子力技術の受容に関する個人及び集団の意思決定過程分析とシミュレーション（表１中No.2）では，原子力を取り巻く社会的問題について，社会的問題自体の明確化，本質の把握，そして対応策の検討をする一連の研究構想が示された。そして，社会的問題の本質把握を目指し，原子力世論と社会意識調査,社会情勢の関連について分析し，人々が原子力に対する賛否態度を形成する要因として,「信頼」と「有用感」の２点が抽出された。さらに，社会意識や情勢の分析から，原子力受容に関するキーポイントとして，これまでの「説得し，受容を求める」概念の限界が示された。その限界を打破するためには，市民（住民）ー行政(実施主体)が対等なパートナーとして活動することによる相互の信頼の向上が有効である旨が説明された。本研究では，裏付けとなる情報の充実とシミュレーションによる予測や具現化を行うことで，上記内容についての納得度を高める努力をしていくことを目指していること等が示された。

ミュオン誘雷手法に関する研究（表１中No.3）では，雷雲を模擬した電界中での宇宙線等の高エネルギー荷電粒子を線源としたモンテカルロ計算の結果，荷電粒子の入射により雷雲の高電界領域で電子密度が急激に上昇することが判明し雷放電開始に放射線が寄与している可能性について報告があった。このことから，大気中で透過性の高い荷電粒子ミュオンを雷雲に照射することにより人為的に高電界領域で電子密度を高め，雷放電を誘発する手法について，これまでの解析結果をもとに報告された。また，自然界でこの現象を模擬している可能性として地磁気が極めて弱く宇宙線強度が高いと考えられるブラジル南部の南大西洋磁気異常帯（SAA）での宇宙線観測，さらに現在進めている雷雲中での放射線挙動解析や観測計画についても紹介された。

地質媒体微細間隙中での核種拡散移行過程における固液界面現象に関する研究（表１中No.4）では，放射性廃棄物の地層処分において，緩衝材としての使用が検討されている圧縮ベントナイト中のイオンの拡散移行メカニズムの研究について報告された。研究では，ベントナイトの特性を支配する粘土鉱物のスメクタイトに着目し，ベントナイトから分離精製したNa型スメクタイトを用いて，I^-及びCs^+の拡散係数（Da）と活性化エネルギー（ΔEa）をスメクタイト粒子の配向方向，乾燥密度，塩濃度を制御して測定し，Cs^+は層間と外部間隙の両方を移行できるものの，I^-は主として外部間隙を移行することをほぼ突き止めたことが報告された。また，ΔEaは塩濃度や配向方向には影響されないことやCs^+はNa^+とのイオン交換エンタルピーの影響を受けることが明らかにされたほか，乾燥密度の増加に伴う間隙水の活量低下（水の構造化）がΔEaに影響を及ぼす可能性も示された。現在，スメクタイトの層間（水分子２層）中のDaとΔEa及び圧縮スメクタイト中の間隙水の熱力学特性を測定していることが紹介された。

溶融塩を用いた新たな乾式再処理プロセスの創造に関する研究（表１中No.5）では，過去３年間の社内公募型研究で得られた成果を発展させ，アルカリ塩化物溶融塩の組成を変えてウラン，ウラ

ニルイオンの化学的性質を調査し，プロセスとして適切な溶融塩の組成を選定するとともに，新たなプロセスの提案を目的とした研究を進めており，現在，サンプル調製及びデータ取得を行っているとの報告があった。また,研究の背景として，溶融塩電解法による乾式再処理プロセスでは，米国ANLやロシアRIARで開発されたプロセスをベースに，溶融塩として3LiCl-2KClやNaCl-2CsClが用いられているが，過去３年間の社内公募型研究の成果から，溶融塩の組成によってウラニルイオンの吸収スペクトルや酸化還元平衡電位は大きく異なり，溶存イオンの錯体構造が溶融塩組成によって変化することなどが紹介された。

アメリシウム含有低酸素ポテンシャルターゲットの創製及び特性評価（表１中No.6）では，主に研究背景及び研究計画について報告された。将来高速炉サイクルにおいては，資源有効利用・環境負荷低減の観点から，マイナーアクチニドのリサイクルが有効であり，特に生成量が多く放射線毒性が高いアメリシウムの取り扱いが重要であると考えられている。本研究は，アメリシウムを高濃度に含有したターゲットについて，照射挙動の観点から問題となる酸素ポテンシャルの抑制に着目し，その作製・特性評価を行っていくことが目的である。本研究においては，トリウム及び使用済み燃料からの回収モリブデンを組み合わせる新たなコンセプトを有するターゲットを対象とするため，酸素ポテンシャルの低減，資源有効活用・廃棄物有効利用にも資するものであるとの紹介がなされた。

地殻中の深部流体の起源と熱輸送に関する研究（表１中No.7）では，主に研究背景及び研究計画について報告された。高レベル放射性廃棄物の地層処分においては，地震や火山活動等が処分環境やシステム性能に与える影響の評価が行われているが，最近になって，有馬温泉や白浜温泉等に見られるような非火山地帯における熱水活動（深部流体）が与える影響の重要性が指摘されている。本研究では，深部流体の分布・性状やそれらの起源に係わる基礎研究のほか，地層処分の安全評価に資するため，これらの流体によって地表に運ばれる熱流量や希ガスのフラックス等の評価が行われている。また，将来，新たな熱水活動が発生する可能性を検討するため，非火山地帯における過去の熱水活動の存在やそれらの熱履歴の解明が進められていることが紹介された。

３．総括

「平成17年度第１回社内公募型研究推進連絡会」においては，異なる研究分野で活動する各研究者により多角的な意見交換がなされたほか，各研究テーマの今後の発展性について独創的なアイディアも多数提案された。また，延長テーマに取り組む発表者からは，延長前３年間の社内公募型研究推進室での研究成果が，実用化戦略調査研究において採用されている旨の報告があり,“新概念の創出，技術のブレークスルーをもってサイクル機構の研究開発の活性化を図る”ことを目的とする社内公募型研究推進制度の目的が達成されつつあることが紹介された。

一方，一部の研究者からは，人的及び予算的に限られた現行社内公募型研究推進制度に基づく研究開発体制では，社外の組織化された研究機関に比肩することが困難であるという問題点も指摘された。

４．今後の予定

「平成17年度第２回社内公募型研究推進連絡会」を，7月下旬に，FBRサイクルの研究開発の拠点として期待が高まりつつある敦賀地区にて開催する予定である。第２回連絡会では，連絡会の本来の目的のほか，当該地区のこのような現況にかんがみ，研究開発活動に重要となる創造的・革新的研究に関して，サイクル機構が取組む研究内容を当該地区の社内外関係者に広く知って貰うことも目的とする。

会議報告

成果展開事業等の技術移転活動と拡大オープンセミナー
ー2005年６月９日，28日，30日開催ー

佐々木修一
本社　技術展開部

１．はじめに

核燃料サイクル開発機構（以下，サイクル機構）は，地域産業界との共生に向けた取り組みの一環として，地元企業との技術交流，技術相談，技術成果の展開等を進めている。2005年６月９日には岐阜県多治見市で，東濃地科学センターの紹介，先端原子力関連技術成果展開事業（以下，成果展開事業）で企業と共同開発した製品の紹介を実施した。また，６月28日には福井県敦賀市，６月30日には福井市で地元商工会議所の共催，日本原子力研究所の参加を得て，技術移転活動等で開発した製品の紹介と拡大オープンセミナーを実施した。

写真１　多治見会場での展示の様子

２．概要

2.1 「き業展2005 in Tajimi」（2005年６月９日）

多治見市等が主催した「き業展2005 in Tajimi」へ出展し，東濃地科学センターの研究開発や施設の紹介，成果展開事業で企業と共同開発した製品や，技術相談制度等の紹介を実施した。

本「き業展」は多治見市をはじめとした東濃地域の中小・ベンチャー企業を中心に，各々の企業が持つ技術や特異性をアピールし，事業・研究の協働化や商談につなげることを目的に多治見市産業文化センターで開催されたものであり，今回が第１回である。出展者数はサイクル機構を含め26社，参加者数は約600名であった。

サイクル機構のブースへも多くの方々が足を止め，東濃地区ビジネスコーディネーター等による，鯖の糠漬け「へしこ」や竹炭，チタン系金属を用いたアクセサリー等の説明に，原子力技術とは全く異なった身近な製品であり，興味を示していた。また，地元の金融機関関係者は，中小企業と開発費用を分担して製品の共同研究開発を実施する成果展開事業制度について興味を示していた（写真１）。

2.2　拡大オープンセミナー敦賀会場（2005年６月28日）

敦賀商工会議所の共催を得て，拡大オープンセミナーをサイクル機構の科学館「アクアトム」を会場に開催した。

当日は，敦賀本部石橋副本部長，敦賀商工会議所エネルギー産業起業化研究会の濱田代表幹事の挨拶に続き，サイクル機構と原研から２件ずつ研究開発成果の紹介を行った。以下にその概要を示す。

(1) オキシン添着活性炭を用いた廃液中の放射性金属核種除去装置の開発
（ふげん発電所　森田聡）

金属イオンと強い結合力を持つ化学物質（オキシン）を活性炭に吸着させたオキシン添着活性炭を用いて，廃液中の放射性コバルト（Co-60）等を効果的に除去する処理装置を開発した。この水処理技術と廃液処理装置開発の内容について紹介した。

(2) セルロース･カニ殻（キトサン）･ポリ乳酸の放射線改質とその応用
（原研・高崎研　吉井文男）

放射線を利用し，植物由来のハイドロゲルによる家畜糞尿処理や海産資源を原料とする植物成長促進剤や抗菌抗カビ剤について紹介した。

(3) 可搬式エネルギー回収超伝導リニアック自由電子レーザーによる環境有害物質の高感度検知と選択的分解

（原研・関西研　峰原栄介）

小型可搬な超伝導リニアック型自由電子レーザーを用いて，多くの環境有害物質を選択的に分解，また極高感度で検知できる方法について紹介した。

(4) 高速炉プラントを用いた水素製造技術

（大洗工学センター　中桐俊男）

高速炉（FBR）で発生する熱と発電した電気を利用して，水(H_2O）から水素(H_2）と酸素(O_2）を製造するハイブリット熱化学法による水素製造技術の実用化をめざした研究開発について紹介した。

各研究開発成果の紹介後には会場から質問が寄せられ活発な質疑応答がなされた。また，並行してサイクル機構と原研のそれぞれが技術移転活動を進めて出来上がった製品の展示･紹介も行った。

参加企業･機関等33社，約50名が参加し，展示品への質問や技術相談等をはじめ，地元テレビ局や青森放送が８月頃に放映を予定している「ニュートンのりんご」への取材もあり，盛況であった（写真２）。

2.3　拡大オープンセミナー福井会場

（2005年６月30日）

福井商工会議所の共催を得て，福井商工会議所の会議室を会場に開催した。

当日は，敦賀本部石橋副本部長，福井商工会議所商工相談所の浅井所長の挨拶に続き，敦賀会場と同様のプログラムで，拡大オープンセミナーとともにサイクル機構，原研の技術移転活動にともなう開発製品の展示，特許等の紹介を行った。

セミナー会場には山本福井県副知事,福井大学･地域共同研究センター高島センター長をはじめ，地元企業･機関等62社，約80名が参加した。セミナー終了後もサイクル機構と原研のスタッフやビジネスコーディネーター等へ研究開発成果の具体的内容や展示品に対して熱心な質問があった（写真３）。

３．おわりに

今回の技術移転活動による製品紹介や原研を含めた拡大オープンセミナーでも，原子力技術の一般産業への応用という点で，地元企業をはじめ多くの方々から興味を持たれ，いろいろな質問や技術相談をいただいた。

本年10月１日にはサイクル機構と原研は統合して「独立行政法人　日本原子力研究開発機構」となるが，原子力の研究開発を通して創出した新技術を企業の方々に有効に使っていただくべく，更に活発な技術移転活動を推進して行く。

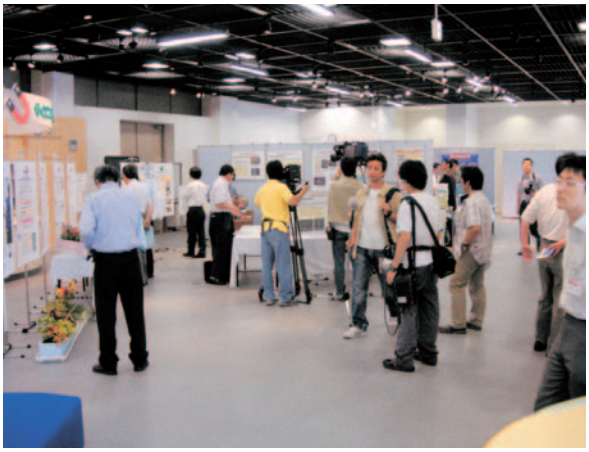


写真２　敦賀会場の展示と取材の様子

写真３　福井会場のセミナーの様子

会議報告

大学等との研究協力制度にかかわる 2005年度研究成果報告会 ―2005年７月12日開催―

亀田　昭二
本社　技術展開部

１．はじめに

技術のブレークスルーや革新的な技術展開を図るためには，研究開発にあたり広く国内外の各専門分野の人材を結集し，基礎に立ち返ることが重要である。

サイクル機構は,これまで大学及び研究機関(以下，大学等）との連携を強化し，大学等の研究者，技術者の積極的な参画を求めるとともに，施設の一層の利活用を図り，開かれた研究体制の整備を進めてきている。

その一環として，1995年度より順次，研究開発プロジェクトに先行する基礎・基盤的研究に係わる先行基礎工学研究協力制度，若手研究者の育成を兼ねた博士研究員制度，大学等の研究者から先見的，独創的な研究テーマを募集する核燃料サイクル公募型研究推進制度等の「大学等との研究協力制度」（以下，本制度）を整備，推進している。

研究協力の具体的な実施に当たっては，大学の教官及びサイクル機構の役職員等から構成される委員会及び分科会を設け,研究協力課題等の選考，研究成果の評価，研究実施に関すること等について審議･検討を行い,円滑な研究協力の実施を図っている。

また，本制度に係わる研究協力課題等が終了した後には，その成果を公開するとともに，今後の研究開発に反映するため，年１回程度の頻度で研究成果の報告会を開催している。

本稿は，2004年度で終了した研究協力課題等26件のうち，特に優れた研究成果が得られている10件の研究協力課題等に係わる研究成果報告会の様子を紹介するものである（2005年７月12日：大洗工学センター)。

２．制度の概要

2.1　先行基礎工学研究協力制度の概要

先行基礎工学研究協力制度は，1995年度から導入している。研究開発プロジェクトに先行する基礎・基盤的な研究協力テーマをサイクル機構が設定し，大学等の研究者から研究目的を達成させる上で必要な手法，アイディア等を研究協力課題として募集する。協力形態としては，共同研究の形態または大学の教官等を客員研究員として受け入れる形態のどちらかにより，原則として３年間以内の期間内で研究を進めている〔両形態ともに大学院博士課程の学生を研究生（複数参加も可能）として伴うことが可能〕。

2.2　核燃料サイクル公募型研究推進制度の概要

核燃料サイクル公募型研究推進制度は，1999年度より導入している。大学等の研究者からサイクル機構が取り組む核燃料サイクル分野の研究開発において，原則としてサイクル機構の施設等を利用し，先見的，独創的な研究テーマを募集する。応募者には，研究に主体的に取り組んで頂き，原則として３年間以内の期間内でサイクル機構の研究者と協力して研究を進めている。

なお，核燃料サイクル公募型研究推進制度は，2004年度をもって終了した。

2.3　博士研究員制度の概要

博士研究員制度は,1997年度から導入している。サイクル機構が博士号の学位を持った若手研究者を２～３年間の期間を限定して採用する。若手研究者は，サイクル機構の先導的，基礎・基盤的な研究業務に関連して，サイクル機構が承認した研究テーマを自主的に遂行し，研究者としての業績を得ていくとともに人材育成を図っている。

3．研究成果報告会

本報告会は，研究が終了した研究協力課題等の成果を公開し，大学等の関係者から助言，指導，提案等を頂き，今後の研究開発に反映させることを目的としている。今回は，2004年度で終了した研究協力課題等26件のうち，特に優れた研究成果が得られている10件の研究協力課題等について報告された。

3.1　報告会概要

本制度に関係している大学等の研究者及びサイクル機構の研究者を合せて延べ約100名の参加者があり，先生方をはじめ参加者同士の忌憚のない意見交換の場になった（写真１，２参照）。報告された研究協力課題等を表１に示す。

本報告会では，2004年度に終了した先行基礎工学研究協力制度に関する研究協力課題５件（内訳：高速増殖炉関係；３件，核燃料サイクル関係；２件），核燃料サイクル公募型研究推進制度に関する研究テーマ２件（内訳：放射線安全関係；１件，地層処分・地層科学関係；１件）及び博士研究員による研究テーマ３件の研究成果の合計10件について概要報告がなされた。表１に従い，その概要を以下に示す。

写真１　報告会風景

写真２　参加者風景

(1) フェライト系鋼の微細構造制御によるスエリング特性改善と機械的性質の向上に関する研究

ODS鋼及びF/M鋼の研究開発の課題に関し，①中性子照射データの拡充（ODS鋼），②微細構造変化とスエリング特性の相関の解明（ODS鋼及びF/M鋼），③微細構造変化と強度特性変化の相関の解明（ODS鋼及びF/M鋼），④フェライト系鋼の照射下微細構造変化モデルの構築（ODS鋼及びF/M鋼）を行った。

(2) ３級ピリジン型樹脂を用いたLn(Ⅲ)とAn(Ⅲ)の分離

核燃料サイクルの環境負荷低減性の向上を図るため，長寿命のアクチノイドと核分裂生成物の「分離・核変換」による放射性廃棄物の放射能及び放射性毒性の低減に関する基礎・基盤研究の一環として，シリカ担持ハイポーラス３級ピリジン樹脂を用いたクロマトグラフィーにより３価のランタノイドとアクチノイドの相互分離の実現，ランタノイド間の相互分離，アクチノイド間の相互分離の検討を行った。

(3) 放射線誘起表面活性効果を用いた放射線検出システムの開発

酸化金属被膜の表面における電気化学的な反応である「放射線誘起表面活性効果，Radiation Induced Surface Activation, RISA」を利用した，セル内等局所的な線量率の計測装置等，放射線管理に広く適用できる新しい放射線検出システムの開発に関する研究を行った。

(4) 深部地質環境における地下微生物の代謝活性及びその地球化学的役割

地下環境における硫酸還元菌の活性を明らかにすることは，地層処分の安全評価を行う上で，重要な情報になるため，東濃地域の地質環境中において硫酸還元反応を行っている微生物群集を明らかにするとともに，地下環境中におけるそれらの微生物の活性を見積もることによって，微生物の地球化学的プロセスにおける役割を明らかにした。

表１　大学等との研究協力制度に係わる2005年度研究成果報告会テーマの一覧

No.	研究協力テーマ／研究協力課題　研究テーマ	研究協力形態	機構側実施箇所	研究協力機関 研究協力者
1	【博士】 フェライト系鋼の微細構造制御によるスエリング特性改善と機械的性質の向上に関する研究	博士研究員	大洗工学センター 照射センター 燃材部 照射材料試験室	山下　真一郎 博士研究員　（注１）
2	【先行】 f -元素分離のための革新的抽出剤の創生研究 (1) 3級ピリジン型樹脂を用いたLn（Ⅲ）とAn（Ⅲ）の分離	共同研究	大洗工学センター システム部 分離変換工学Gr	東京工業大学 原子炉工学研究所 助手　鈴木　達也
3	【公募】 放射線誘起表面活性効果を用いた放射線検出システムの開発	共同研究	東海事業所 放安部 線量計測課	東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科 教授　賞雅　寛而
4	【博士】 深部地質環境における地下微生物の代謝活性およびその地球化学的役割	博士研究員	東濃地科学センター 地質環境研究Gr	天野　由記 博士研究員　（注２）
5	【公募】 緩衝材およびその周辺岩盤の力学的安定基準の作成	共同研究	東海事業所 環境センター 処分研究部 処分バリア性能研究Gr	京都大学 大学院農学研究科 地域環境科学専攻 助教授　小林　　晃
6	【先行】 核変換技術開発のための核データに関する研究 長寿命核中性子捕獲断面積決定に必要な即発γ線放出率の測定	共同研究	東海事業所 環境センター 先進リサイクル部 システム設計評価Gr	名古屋大学 大学院工学研究科 マテリアル理工学専攻 教授　河出　　清
7	【博士】 「もんじゅ」ISI技術開発における超音波探傷技術の高度化に関する研究	博士研究員	敦賀本部 国際センター ISIシステム開発Gr	徐　陽 博士研究員　（注３）
8	【先行】 高密度比気液二相流の界面積輸送モデルに関する研究 溶融金属二相流の界面積濃度の計測	共同研究	大洗工学センター 技開部 リスク評価研究Gr	京都大学 原子炉実験所 核エネルギー基礎研究部門 教授　三島嘉一郎
9	【先行】 配管系サーマルストライピングの緩和方策に関する基礎研究 上流にベンドを有する配管合流領域における非等温流体混合メカニズムの解明とサーマルストライピング緩和・制御法の開発	共同研究	大洗工学センター 技開部 流体計算工学研究Gr	東北大学 大学院工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授　橋爪　秀利
10	【先行】 液体金属中の酸素による金属界面反応素過程に関する基礎的研究 レーザーラマン分光法による金属液体界面の局所分析	客員研究員	大洗工学センター 技開部 新材料研究Gr	新潟大学 大学院自然科学研究科 情報理工学専攻 助教授　大鳥　範和

（注１）　現在，サイクル機構　大洗工学センター　照射施設運転管理センター　燃料材料試験部　照射材料試験室（MMS）勤務
（注２）　現在，サイクル機構　東濃地科学センター　瑞浪超深地層研究所　超深地層研究Gr勤務
（注３）　現在，新型炉技術開発株式会社勤務

（【先行】・・・先行基礎工学研究協力制度　【公募】・・・核燃料サイクル公募型研究推進制度
【博士】・・・博士研究員制度）

(5) 緩衝材及びその周辺岩盤の力学的安定基準の作成

高レベル放射性廃棄物の地層処分において，サイト選定の一つのよりどころとなる，岩盤及び緩衝材の安定性に関する破壊基準チャートを作成することにより，サイト選定時の天然バリア（地質環境条件）における力学的安定性の定量的な比較が可能になった。

(6) 長寿命核中性子捕獲断面積決定に必要な即発γ線放出率の測定

サイクル機構の推進する核変換技術開発を進めるにあたり，長寿命の核分裂生成物（LLFP）の核変換γ短寿命化を引き起こす中性子捕獲断面積に必要な高エネルギーγ線の放出率を高精度で測定できる計測法の開発及び長寿命の^{79}Se，^{93}Zr，^{107}Pdなどの中性子捕獲断面積測定のための即発γ線法の開発を行った。

(7)「もんじゅ」ISI技術開発における超音波探傷技術の高度化に関する研究

「もんじゅ」の供用期間中検査（ISI）で用いる原子炉容器（RV）廻り検査装置について，対象機器の体積検査に適用する超音波探傷技術を高度化し，欠陥検出性能の向上を図るため，新型高性能電磁超音波（EMAT）探触子の開発と性能評価及びその信号処理と探傷技術の開発を行った。

(8) 溶融金属二相流の界面積濃度の計測

高速炉炉心溶融事故時の溶融金属二相流に適用可能な界面積濃度計測法を開発し，これを用いて溶融金属二相流の界面積濃度の基本的特性を実験的に明らかにすること，そして，その結果を基にSIMMER-IIIの検証と改良を行った。

(9) 上流にベンドを有する配管合流領域における非等温流体混合メカニズムの解明とサーマルストライピング緩和・制御法の開発

今後高速炉等において，物量削減の観点から頻繁に使用されると期待される低曲率比のエルボを含む種々エルボが下流側T字配管合流域での熱流動特性と壁面温度変動に与える影響を評価，更に一般化し，最終的に流体力学的な観点から壁面温度変動の積極的制御法の開発を行った。

(10) レーザーラマン分光法による金属液体界面の局所分析

FBR冷却材候補であるNa，Pb-Bi等の液体金属溶媒と金属材料とが接する界面において，溶媒中に含まれる酸素及び酸化物が材料表面の金属元素の溶出素過程を律速すると考えられ，この反応について，その場分析及び理論的手法に基づく解析手法を開発し，界面反応によって生成した反応生成物を検出・同定し，反応過程を明らかにした。

報告会のまとめとして講評があり，本日の報告は，選ばれた研究テーマだけあり，非常に良く，いい仕事をしたのではないか。特に博士研究員による報告は詳細であり，その中に女性研究者からの報告もあり，これからは女性研究者の活躍にも大いに期待したい。

大学との共同研究を通じたインターラクションにより，自由な発想で研究に取り組んでおり，このような経験は，サイクル機構にとって二法人統合においても役立つのではないかと思う。

二法人統合では苦労を伴うであろうが，これからも更なる発展を期待したいとの講評がなされた。

4．おわりに

先行基礎工学研究協力制度，核燃料サイクル公募型研究推進制度及び博士研究員制度による本年度の研究成果の報告は，2004年度で終了した研究協力課題等26件のうち，特に優れた研究成果が得られている10件について行われた。

報告会には，多数の大学の先生方に参加して頂き，先生方をはじめ参加者から活発な質疑応答が行われた。今回のような広範な視点からの助言，指導，提案等を今後の研究開発に反映し，研究内容の更なる展開を期待したい。

最後に，今回ご多忙中のところご参加頂いた大学の先生方にお礼も申し上げるとともに，開催にあたりご協力頂いた関係者の方々にこの場を借りて感謝致します。

なお，今回の報告会に係わる研究成果に関し，既に発行及び登録手続きをおこなっている報告書を以下に示しますのでご利用下さい。

①JNC TN1400 2005-008　先行基礎工学研究に関する平成16年度研究概要報告

②JNC TN1400 2005-006　核燃料サイクル公募型研究に関する平成16年度研究概要報告

③JNC TN1400 2005-007　博士研究員による平成16年度研究概要報告

④表１のNo.1関係

・JNC研究報告書（登録中）　フェライト系鋼の微細構造制御によるスエリング特性改善と機械的性質の向上に関する研究

⑤表１のNo.2関係

・JNC研究報告書（登録中）　f-元素分離のための革新的抽出剤の創生研究　－３級ピリジン型樹脂を用いたLn(Ⅲ)とAn(Ⅲ)の分離－

⑥表１のNo.3関係

・JNC研究報告書（登録中）　放射線誘起表面活性効果を用いた放射線検出システムの開発

⑦表１のNo.4関係

・JNC研究報告書（登録中）　深部地質環境における地下微生物の代謝活性及びその地球化学的役割

⑧表１のNo.5関係

・JNC TY8400 2500-03　緩衝材及びその周辺岩盤の力学的安定基準の作成

⑨表１のNo.6関係

・JNC TY8400 2005-002　長寿命核中性子捕獲断面積決定に必要な即発γ線放出率の測定

⑩表１のNo.7関係
・JNC研究報告書（登録中）「もんじゅ」ISI技術開発における電磁超音波探傷技術の高度化に関する研究
⑪表１のNo.8関係
・JNC研究報告書（登録中） 溶融金属二相流の界面積濃度の計測
⑫表１のNo.9関係
・JNC研究報告書（登録中） 上流にベンドを有する配管合流領域における非等温流体混合メカニズムの解明とサーマルストライピング緩和・制御法の開発
⑬表１のNo.10関係
・JNC TN9400 2005-005 液体金属中の酸素による金属界面反応素過程に関する基礎的研究

問合せ先
技術展開部 技術協力課
亀田 TEL 029−282−1122（内線41111）
FAX 029−282−7980
E-mail daigaku@jnc.go.jp

会議報告

核燃料サイクル創造的工学研究報告会
（平成17年度第２回社内公募型研究推進連絡会を兼ねる）
―2005年７月28日開催―

永田　武光
社内公募型研究推進室

１．はじめに

2005年７月28日に，若狭湾エネルギー研究センター第２研修室において,「核燃料サイクル創造的工学研究報告会（平成17年度第２回社内公募型研究推進連絡会を兼ねる）」を開催した。
社内公募型研究推進制度は，2001年度から運用を開始した制度であり着々と成果を挙げている。また，2005年度から主として推進室の研究者をメンバーとする定例の社内公募型研究推進連絡会を開催することとし，2005年５月30日には,「平成17年度第１回社内公募型研究推進連絡会」を東濃地科学センターにおいて開催した。

今回の第２回連絡会は，高速増殖炉（FBR）サイクルの研究開発の拠点の１つである敦賀地区において開催することとし，推進室の研究者のほか同室OBの研究テーマについても発表の対象とした。また，本連絡会の午後の部については，敦賀地区の現況をかんがみ，当該地区の社内外関係者に社内公募型研究推進制度の下で実施している創造的工学研究成果について広く知って貰うことを目的として,「核燃料サイクル創造的工学研究報告会」と銘打ち同報告会を同時並行で開催した。本報告会では，社内公募型研究推進室が現在取り組んでいる又は過去に取り組んだ研究テーマのうち，FBR原型炉「もんじゅ」に関連する研究のほか，加速器，ナノテク及び社会科学に関する研究といった発表テーマを取り上げることとした。

２．発表概要

発表会当日は,若狭湾エネルギー研究センター，北陸電力から10名を越える方々に出席して頂いたほか，サイクル機構からは菊田理事，ふげん発電所長をはじめ約30名が出席した。

今回は，午前中に，燃料，再処理及び放射性廃棄物処分に関する研究テーマ５件の報告がなされた。また，午後には，冒頭に社内公募型研究推進室長から本制度の概要，今までに得られた成果及び核燃料サイクルを取り巻く状況などに関する紹介があり，引き続き，高速炉用構造材料，加速器，ナノテク，社会科学及び環境放射線に関する研究テーマ５件の報告がなされた。その後，敦賀地区の社内外関係者を交えた質疑応答等がなされた（写真１，写真２）。

写真１　発表風景

写真２　発表風景

以下，発表の概要等について示す。また，表１に，今回の発表テーマ及び発表者を示す。

アメリシウム含有低酸素ポテンシャルターゲットの創製及び特性評価（表１中No.1）では，化学熱力学モデルによる酸素ポテンシャルの評価及び使用済み燃料からの回収モリブデン（Mo）を高速炉炉心に装荷した場合の炉心特性へ与える影響予備評価について報告された。照射挙動評価のためには，照射による組成変化に伴う酸素ポテンシャル変化を評価する手法が必要である。本研究においては,2－３元系データの解析から熱力学データを求め，それらを組み合わせることにより多元系のデータを評価できる手法として化学熱力学モデルに着目し，(U，Pu，Am，Ln)O_2(Ln：希土類)の酸素ポテンシャルを評価することができた。またセル均質化断面積計算コード等を用いて，回収Moが炉心反応度へ与える影響を評価し,ターゲット装荷割合,Mo体積比等を調整することにより炉心が成立する可能性があることが紹介された。

溶融塩を用いた新たな乾式再処理プロセスの創造に関する研究（延長研究）（表１中No.2）では，アルカリ塩化物溶融塩の組成を変えてウラン，ウラニルイオンの化学的性質を調査し，プロセスとして適切な溶融塩の組成を選定するとともに，新たなプロセスの提案を目的とし，現在データ取得を進めており，塩化セシウム（CsCl）と塩化リチウム（LiCl）の混合塩を用いて溶存するウランイオン（U^{3+}，U^{4+}）の吸収スペクトル測定及び電気化学測定を行っているとの報告があった。また，本研究のトピックスとして，先人の研究によれば，LiCl中とCsCl中のU^{3+}の吸収スペクトルにはその形状や吸光係数に大きな違いがあると報告されているが，本研究の実験の結果，両者のスペクトルの形状は類似しており，LiCl中のU^{3+}の吸収ピーク波長がCsCl中でのピーク波長よりも短波長側にシフトすること等が紹介された。

使用済み燃料の再処理における抽出を用いない湿式分離（表１中No.3）では，使用済み燃料の再処理における抽出を用いない新たな湿式分離方法についての研究成果について報告がなされた。現在の再処理工程においては，湿式・乾式にかかわらず，すべての燃料を溶解してから，分離を行う工程であるが，使用済み燃料の95%以上はウランであることから，溶解する前にウランと核分裂生成物（FP）を大まかに分離することが出来れば，後の工程への負荷を低減することが出来る。本研究では，そのための新たな工程として，ボロキシデーション等により使用済み燃料を粉体化し，次に，白金族などの合金相を相分離する。その後，UO_2に固溶している希土類を選択的に硫化し，

表１　核燃料サイクル創造的工学研究報告会
（平成17年度第２回社内公募型研究推進連絡会を兼ねる）
発表テーマ及び発表者

No.	発　表　テ　ー　マ	発　表　者
1	アメリシウム含有低酸素ポテンシャルターゲットの創製および特性評価	2005年度採択研究テーマ 逢坂　正彦
2	溶融塩を用いた新たな乾式再処理プロセスの創造に関する研究	2005年度採択研究テーマ 永井　崇之
3	使用済み燃料の再処理における抽出を用いない湿式分離	2001年度採択研究テーマ 佐藤　宗一（OB）
4	地質媒体微細間隙中での核種拡散移行過程における固液界面現象に関する研究（延長研究テーマ）	2004年度採択研究テーマ 佐藤　治夫
5	地殻中の深部流体の起源と熱輸送に関する研究	2005年度採択研究テーマ 梅田　浩司
6	高温環境複雑人工物の損傷検出技術の開発	2001年度採択研究テーマ 永江　勇二（OB）
7	原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子銃の実用化研究	2003年度採択研究テーマ 山崎　良雄
8	炭素系内包構造体を利用した放射性核種の処理方法及びその利用技術の研究	2002年度採択研究テーマ 山本　和典（OB）
9	原子力技術の受容に関する個人及び集団の意思決定過程分析とシミュレーション	2003年度採択研究テーマ 篠田　佳彦
10	ミュオン誘雷手法に関する研究（延長研究テーマ）	2004年度採択研究テーマ 鳥居　建男

UO_2から磁気分離あるいは部分溶解分離手法を用いて分離する工程を提案した。本研究の成果により，ウラン，希土類の酸化物を硫化剤としてH_2SあるいはCS_2雰囲気下で500℃，１時間加熱することにより，希土類は硫化物に，ウランは酸化物のまま存在すること，これらの試料を用いて，磁気分離を行うことにより，希土類の硫化物は酸化物と比較して，より分離能が向上することが分かった。また，希土類の硫化物は希酸にも溶解しやすいことを利用して，UO_2に混合した希土類を希硝酸で洗浄したところ，短時間でウランから希土類を洗浄除去できることが明らかにされ，これまでの基礎検討の結果，本方法が新たな再処理法の一つとなり得ることが報告された。

地質媒体微細間隙中での核種拡散移行過程における固液界面現象に関する研究（延長研究）（表１中No.4）では，放射性廃棄物の地層処分において，緩衝材としての使用が検討されている圧縮ベントナイト中のイオンの拡散移行メカニズムの研究について報告された。研究では，ベントナイトの特性を支配する粘土鉱物のスメクタイトに着目し，スメクタイト含有率が99wt.%以上のベントナイト（クニピアF）から分離精製したNa型スメクタイトを用いて，層間距離を水分子２層に制御した乾燥密度1.8Mg/m^3の条件で，I及びCs^+イオンの拡散係数（D_a）と活性化エネルギー（・E_a）をスメクタイト粒子の配向方向と塩濃度をパラメータとして測定を開始したことや，X線回折法により，層間距離が水分子２層であると確認されたことが報告された。また，スメクタイト含有率がほぼ100wt.%のベントナイト（クニピアP）から分離精製したNa型スメクタイトを用いて，板状（膜状）の定方位試料を作製し，これを加工することによって，拡散試験に使用するためのスメクタイト粒子の配向方向と水分子２層のみの層間距離を制御した圧縮スメクタイト試料の試作に成功したことや，現在，それらの試料を用いてI？及びCs＋イオンのD_aと・E_aの測定準備中であることも報告された。

地殻中の深部流体の起源と熱輸送に関する研究（表１中No.5）では，当該研究課題と関連して，発表者がこれまでに実施してきた「マグマ・高温流体等の探査技術」に関する研究成果が報告された。地下深部のマグマ等の溶融体は，これまで震源分布や地震波速度構造の解析等によってその存在が明らかにされてきたが，地磁気・地電流法（MT法）等の電磁気学的な手法を用いた研究は事例が少ない。宮城県北部の鳴子火山は，地震学的な研究が盛んに行われている活火山であり，火山下にマグマ溜りが存在することが知られている。鳴子火山で行われた電磁気観測及びデータのインバージョン解析によると火山体の地下10km以深には明瞭な低比抵抗体が存在することが明らかになった。この低比抵抗体と地震波低速度域は整合することから，この低比抵抗体は鳴子火山に関連するマグマ溜りであると考えられる。また，MT法はマグマや高温流体等の探査技術として有効な手法であることが示された。

高温環境複雑人工物の損傷検出技術の開発（表１中No.6）では，高速増殖炉の主要な構造材料であるオーステナイト系ステンレス鋼の高温損傷（クリープや疲労）による磁気変化について報告された。また，その磁気変化の要因を検討した結果が示された。き裂発生以前の損傷初期から磁気変化することが示され，その磁気変化は非磁性であるオーステナイト相から強磁性である相への相変態によることが示された。報告会では，社内公募型研究で行った成果のみならず，その後の進展についても報告された。

原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子銃の実用化研究（表１中No.7）では，小型高性能非破壊検査装置に適応するための高輝度電子源としてフォトカソードRF電子銃の開発を進めており，共同研究先の高エネルギー加速器研究機構（KEK）での試験成果の報告があった。RF電子銃専用のテストベンチで，最大でバンチ当たりの電荷量が3nCで，100バンチのマルチバンチ（繰り返し12.5pps）の発生が可能となっている。また，小型システムとしての全体概念設計に関しても検討が進んでいる。特に今回の報告では，システム全体の中でその体積，重量に大きく影響するクライストロンを含むRF電源に関する検討状況の報告があった。通常，クライストロンを駆動させるための電源には，大電流のパルスを発生させるPFN（パルスフォーミングネットワーク）と高電圧発生のためのパルストランスが必要で，トランスの絶縁のためには油タンクが必要である。今回の報告では，マルチビームクライストロンの採用で必要印加電圧を大幅に下げ，パワー半導体素子のIGBTを利用することで小型化を実現し，油タンクが不要

となるコンセプトの提示があった。ただし，最終的なビームパワーのスペックに依存するパラメータがあるため，今後詳細な検討が必要である。

炭素系内包構造体を利用した放射性核種の処理方法及びその利用技術の研究（表１中No.8）では，典型的な炭素系内包構造体であるカーボンナノカプセルを利用した高レベル放射性廃棄物を処理・処分する新しい地層処分概念の可能性について，発表が行われた。ナノサイズのカーボンナノカプセルに閉じ込めると，酸化されやすく不安定な物質を空気中500℃まで安定に保持できることが実験的に示された。この極めて高い閉じ込め性と，炭素の白金を凌ぐ高い電気化学的安定性を併せて考慮すると，カーボンナノカプセルは，地下の安定な地質環境下で放射性核種を半永久的に閉じ込めるカプセルとして機能する可能性が高いことが示された。この新しい処理・処分概念について，そのメリットとデメリットを検討し，実現のために必要な研究開発課題が示された。

原子力技術の受容に関する個人及び集団の意思決定過程分析とシミュレーション（表１中No.9）では，原子力技術の円滑な推進に最も必要となることは，市民ー行政，住民ー実施主体との相互の信頼であり，特に推進側の愛情をベースとした行動によって，相互の信頼が築かれていく道筋が示された。ここでは，信頼を築き上げるために必要な行動を熟議と配慮に基づいた住民参画活動に求め，互いの満足・納得感を高め合うことこそが，社会的問題解決へのカギであると強調された。これらを社会意識調査結果の分析や社会心理学の研究として示されている安心，安全，信頼の関係から紐解き，説明された。

ミュオン誘雷手法に関する研究（延長研究）（表１中No.10）では，「雷雲中における放射線発生機構に関する研究」（2001～2003年度実施）を実施する中で，雷雲中の高電界領域で電子密度が大幅に上昇することが解析の結果判明し，延長研究（ミュオン誘雷手法に関する研究）に到った経緯について報告された。雷雲を模擬した電界中で宇宙線等の高エネルギー荷電粒子を線源としたモンテカルロ計算の結果，荷電粒子の入射により雷雲の高電界領域で電子密度が急激に上昇することから雷雲中で電磁シャワーが発生し，これが雷放電開始に寄与している可能性が示唆された。報告では，大気中で宇宙線ミュオンの入射により高電界領域で吸収エネルギーが急激に増加することから，ミュオンを雷雲に向けて照射することにより人為的に高電界領域の電子密度を高め，雷放電を誘発する手法について，これまでの解析結果をもとに報告された。

３．総括

今回は，異なる研究分野で活躍されている敦賀地区の社内外の研究者との間で多角的かつ奥深い意見交換がなされた。

また，質疑応答や総合討論において次のような貴重な意見や励ましを頂いた。具体的には，サイクル機構が取り組んでいる核燃料サイクルに関する研究開発のうち特に基礎・基盤的な研究を大変興味深く聞かせて頂いた，社内公募型研究推進室が核燃料サイクルに関する研究開発においてこれだけ多岐にわたる研究分野を取り扱い，同室の研究者が各研究テーマを一個人で取り組んでいることに感銘を受けたとの感想を頂いた。今後とも社内公募型研究推進室での研究成果を外部に向かって積極的に公表していくべきであり，新法人後も継続して取り組んで欲しいといった激励も頂戴した。

一方，各研究テーマについては，社内公募型研究推進室の個々の研究者が取り組む研究テーマに留まるべきものではなく，サイクル機構の中で更なる組織化された体制の下で取り組んでいくべきとのご助言も頂戴した。

４．今後の予定

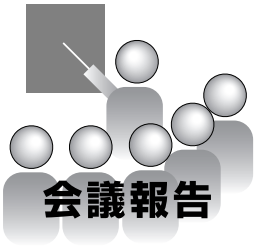
次回は，今年度９月に「平成17年度第３回社内

写真３　総合討論風景

公募型研究推進連絡会」を開催する予定である。本連絡会においても，参加者を推進室員に限定することなく広く社内外の専門家の参加を求め，幅広い深みのある議論をしたいと考えている。

5．謝辞

今回の報告会は，若狭湾エネルギー研究センター，電力会社をはじめもんじゅ建設所，ふげん発電所，敦賀本部，国際技術センター及び福井事務所の方々のご協力の下開催することができました。ここに謝辞として御礼を申し上げます。



第３回　原研ーサイクル機構合同安全研究成果報告会 ー2005年７月29日開催ー

佐藤　義則
本社　安全推進本部

１．はじめに

2005年７月29日に東京都千代田区永田町の星陵会館で「第３回原研ーサイクル機構合同安全研究成果報告会」を開催した。

サイクル機構と原研の統合を前に，原子力安全委員会の安全研究年次計画に沿って両機関が実施している安全研究の成果報告会を合同で開催することにより，研究成果を報告するとともに，統合後の日本原子力研究開発機構（以下，原子力機構）における安全研究の進め方に関する総合討論を行い，原子力機構が進める安全研究に資することとした。

報告会の開催に当たり，安全研究に関係する国，大学，関係機関等に対して案内状を送付するとともに，サイクル機構及び原研のホームページでの案内，日本原子力学会等の学会誌上及び電子メール配信での案内等により広く参加者を募集した。

２．報告会

報告会当日は，報告用スライド集（冊子），サイクル機構における安全研究成果の概要（平成15年度）（CD-ROM版）及び原研における原子力安全性研究の現状（平成16年：冊子）を参加者に配付した。

本報告会には，松浦原子力安全委員会委員長を始め，国，大学，電力，メーカー，関係法人等から234名（外部：168名，サイクル機構・原研：66名）の参加が得られた。

プログラムを表１に示す。

2.1　研究成果の概要

(1) 原研の安全研究成果の概要

原研における安全研究の目的と意義，主な研究分野，並びに最近の主要な成果の例として，高燃焼度燃料の事故時の安全性に関する研究及びウラン・TRU廃棄物のクリアランスレベルの評価に関する研究等について報告した。また，安全研究成果の指針類への反映例，及び事故時対応や原因調査への貢献について紹介し，最後に，原子力機構における安全研究について基本的な考えを述べた。

(2) サイクル機構の安全研究成果の概要

サイクル機構における安全研究の範囲，基本方針及び基本計画，並びに原子力施設等，環境放射能及び放射性廃棄物処分の各安全研究内容について紹介するとともに，最近の研究成果の例として緊急時における個人被ばくモニタリング手法に関する研究及び人工バリア材のナチュラルアナログ研究について報告した。最後に，原子力機構においても研究開発に係る安全研究の成果を取りまとめるとの考えを述べた。

2.2　安全研究成果の報告

(1) 原子力施設等安全研究

原子力施設等安全研究分野から，高経年化に関して「軽水炉の高経年化に関する研究」（原研）と「機器・配管の寿命予測評価に関する研究（高速増殖炉分野）」（サイクル機構）について成果を報告した。地震時評価における余震の考え方について質疑応答があった。続いて，リスク情報の活用に関して「MOX燃料加工施設のPSAに関する研究」（原研）と「高速増殖炉におけるリスク情報を用いた安全設計方針の設定に関する研究」（サイクル機構）について成果を報告した。MOX燃料加工施設における機器の信頼性データ及び臨界事故評価について，また，高速増殖炉の安全性の分かり易い説明方法について質疑応答があった。

(2) 環境放射能安全研究・放射性廃棄物安全研究

環境放射能分野から「シミュレーション計算によるDNA損傷・修復機構に関する研究」（原研）について成果を報告した。塩基損傷に関するシ

表１　第３回原研ーサイクル機構合同安全研究成果報告会プログラム

日時：平成17年７月29日(金)13：15～17：20 場所：星陵会館（千代田区永田町２-16-２）		※敬称略
13：15～13：20	開会挨拶	原研　理事・野村　正之
13：20～13：30	原研の安全研究成果の概要	原研　東海研究所　副所長・吉田　善行
13：30～13：40	サイクル機構の安全研究成果の概要	サイクル機構　安全推進本部 副本部長・石田順一郎
	＜安全研究成果の報告＞	
13：40～14：00	軽水炉の高経年化に関する研究	原研　原子炉安全工学部 次長・鈴木　雅秀
14：00～14：20	機器・配管の寿命予測評価に関する研究	サイクル機構　要素技術開発部 次長・青砥　紀身
14：20～14：40	MOX燃料加工施設のPSAに関する研究	原研　安全評価研究室 主任研究員・吉田　一雄
14：40～15：00	高速増殖炉におけるリスク情報を用いた安全設計方針の設定に関する研究	サイクル機構　システム技術開発部 研究主席・丹羽　元
15：00～15：20	シミュレーション計算によるDNA損傷・修復機構に関する研究	原研　放射線リスク研究室 室長・斎藤　公明
15：20～15：40	TRU廃棄物地層処分システムの長期挙動に関する研究	サイクル機構　処分材料研究Gr 副主任研究員・三原　守弘
15：40～15：55	ー休　憩ー	
15：55～16：15	特別講演：安全規制における最近の動向と新法人への期待	原子力安全委員会 委員長代理・鈴木　篤之
16：15～17：15	新法人における安全研究の進め方について	議長：㈱原子力安全システム研究所 技術システム研究所　所長・木村　逸郎 報告者：原研　安全性試験研究センター センター長・石島　清見 サイクル機構　バックエンド推進部 研究主席・梅木　博之
17：15～17：20	閉会挨拶	サイクル機構　理事・菊田　滋

ミュレーション，及びモデルの信頼性について質疑応答があった。

放射性廃棄物分野から「TRU廃棄物地層処分システムの長期挙動に関する研究」（サイクル機構）について成果を報告した。評価体系の長期的な変形，及びセメントやベントナイトに関する天然事例について質疑応答があった。

2.3　特別講演

原子力安全委員会の鈴木委員長代理から,「安全規制における最近の動向と新法人への期待」と題する特別講演をいただいた。

はじめに，安全規制における最近の動向として事故・故障・トラブルの要因及び長期的課題への取り組みについて説明された。続いて,「重点安全研究計画」（2004年７月）及び「日本原子力研究開発機構に期待する安全研究」（2005年６月）を引用し，原子力機構に期待する安全研究について紹介された。最後に，原子力安全と社会の相互依存性について述べられ，コミュニケーションの重要性を強調された。

2.4　討論

原子力安全委員会原子力安全研究専門部会の木村部会長が議長を務め，原研の石島安全性試験研究センター長及びサイクル機構の梅木バックエンド推進部研究主席を報告者として，原子力機構における安全研究の進め方について討論を行った。

はじめに，木村議長から今回の討論の趣旨説明があり，原研とサイクル機構の報告者から，まず安全研究の進め方の概要について，続いて重要な分野である高経年化，リスク情報の活用及び放射性廃棄物処分に関する安全研究の進め方について考え方を報告した。討論はフロアと報告者との間で適宜行われ，安全研究の中立性･透明性の確保，人材育成等，多岐にわたる活発な議論がなされた(写真１，２)。

最後に，サイクル機構の菊田理事から，討論でいただいた意見を原子力機構の安全研究に役立てるように努めるとの挨拶があった。

3．おわりに

今回は盛夏の中,168名もの外部参加者を得るこ

写真１　討論の様子

写真２　会場との質疑応答

とができた。鈴木原子力安全委員会委員長代理に特別講演をいただいた後，総合討論が行われ，原子力機構における安全研究の進め方についてフロアも交えて活発な議論が交わされた。

統合までの２ヶ月間で原子力機構における安全研究の進め方について検討し，決定することとなるが，その過程で今回の報告会での議論を大いに参考にしたい。

なお，本報告会で配付した資料を以下に示す。

① 第３回原研ーサイクル機構合同安全研究成果報告会　プログラム　スライド集
② JNC TN1400 2004-012　安全研究成果の概要（平成15年度ー動力炉分野）
③ JNC TN1400 2004-011　安全研究成果の概要（平成15年度ー核燃料サイクル分野）

（②，③を一枚のCD-ROMに収録。）

概況報告
2005年4月～6月

ー高速増殖炉サイクルの研究開発ー
高速増殖原型炉「もんじゅ」の研究開発

1．高速増殖原型炉「もんじゅ」

2004年度より，プラント維持費節減のため，2次主冷却系ナトリウムをドレンし，1次冷却系1系統のナトリウムのみを循環する冷却系の運用変更を行っている。

2005年度設備点検を，2005年5月16日から約11ヶ月の予定で実施している。今回の設備点検では，1次冷却系設備，原子炉補機冷却海水ポンプ，ディーゼル発電機設備内燃機関の分解点検等を実施する。また，設備の信頼性向上及び運転操作性向上を目的として，安全総点検の指摘事項に係る設備の改善工事を行う。さらに，設備保全の観点から継続的に実施している取水口廻りの浚渫作業も実施する。設備点検実績及び計画を表1及び表2に示す。サイクル機構と，「もんじゅ」の建設工事等に従事する協力会社で組織する「安全衛生推進協議会」は6月11日に「休業災害ゼロ2,000日」を達成した。

2005年3月から開始しているナトリウム漏えい対策等に係わる工事の準備工事については，照明

表1　2005年度設備点検主要工程

□：計画　■：実績　　2005年6月30日

項目	2005年度 4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
1次冷却系設備							1次アルゴンガス圧縮機（B）						
原子炉補機冷却水設備		熱交換器（C1，C2）等									熱交換器（A）等		
原子炉補機冷却海水設備		海水ポンプ（C3），海水ストレーナー（C）等								海水系逆止弁（A，C1），海水ストレーナー（A）等			
機器冷却系設備											冷却ポンプ（A）		
液体廃棄物処理設備							廃液凝縮器（A）等						
気体廃棄物処理設備			再生ガスブロワ			計器類							
換気空調設備		中央制御室空調ファン（A）等											
空調用冷媒・冷水設備										空調用冷媒設備　冷凍機（A）等			
ディーゼル発電機設備		内燃機関（C）等									内燃機関（A）等		
所内電源供給設備		メタクラ，パワーセンタ											
直流電源設備		直流電源設備（C）											
屋外開閉所主要変圧器設備				所内変圧器，起動用変圧器（A，B）等			77kV送電線引込部	275kV送電線引込部					

表２　2005年度設備点検期間内の設備保全工程

□：計画　■：実績　　2005年６月30日

項　　目	2005年度												備　　考
	４月	５月	６月	７月	８月	９月	10月	11月	12月	１月	２月	３月	
もんじゅ港湾内の浚渫	取水口，もんじゅ港の浚渫等												

注：状況によって工程の変更はあり得る。

器具撤去及び仮設照明設置作業を継続して実施している。ナトリウム漏えい対策工事の全体進捗率は６月末現在で約９％である。

2005年５月30日，最高裁判所第一小法廷は，「もんじゅ」の原子炉設置許可を無効とした名古屋高裁金沢支部判決を破棄するとともに，原告の控訴を棄却するという，「国側勝訴」の判決を言い渡した。この裁判では，「もんじゅ」の原子炉設置許可に際しての審査に，許可を無効としなければならないような重大な誤りがあるか否かが争われ，最高裁の５人の裁判官が全員一致で，安全審査には見過ごし難い誤りなどはないと判断した。今回の判決は，これまでの国の主張を認めたものであり，「もんじゅ」の安全審査の適正さが，司法の立場でも改めて確認されたものといえる。

2005年度第１回保安検査が６月６日から17日にわたり原子力安全・保安院により実施された。保安検査では，「定例試験」及び「改造工事に関する設計管理・調達管理」に係る保安活動のプロセス，並びに「内部監査・マネージメントレビューの実施状況」を中心に詳細な検査が行われた。今後も，安全確保のもと施設の適切な維持管理と改造工事を着実に実施していく。

「もんじゅ」の安全確保対策を強化すべく，「第３回もんじゅ安全委員会（委員長：西原英晃京都大学名誉教授）」を2005年５月11日に開催した。本委員会では「もんじゅ」改造工事にあたっての安全管理や，品質保証活動について，また「もんじゅ」想定トラブル事例集の作成等について審議した。

日本原子力学会に設けた「もんじゅ研究利用特別専門委員会」については，第３回委員会を2005年６月６日に開催し，各ワーキンググループ（照射利用，プラント・熱利用，教育，アンケート）の活動報告が行われた。

地域の皆様にサイクル機構の業務及び原子力の基本的な事項も含めて理解していただくことを目的に「さいくるミーティング」を継続して実施している。2001年10月１日から開始して，2005年６月30日で487回14，664人の方々と交流を図った。一方，「もんじゅ」見学会を継続的に開催し，2005年４月１日から６月30日までの期間中，1,695名（累積83,189名）の方々に直接現場を見学していただくとともに，御意見を頂いた。

２．「もんじゅ」に係る研究開発

「もんじゅ」による研究開発，FBRサイクル総合研修施設や運転訓練シミュレータを用いた運転員・保守員の教育訓練，国際協力，敦賀地区の技術情報管理にかかわる業務を進めている。

2.1　研究開発

(1) プルトニウム利用高度化を目指した研究開発

原子炉の運転サイクル期間を延ばし，プラント稼動率を上げるため，高速増殖炉燃料を高性能化し経済性を向上させる研究開発を引続き進めている。また，将来の高次化Pu利用など燃料供給側と整合の取れた炉心移行，高燃焼度化，マイナーアクチニド照射試験などを検討した。

(2) 供用期間中検査技術開発

供用期間中検査技術開発については，主として，原子炉容器廻り検査システムと蒸気発生器伝熱管検査システムの開発整備を進めている。原子炉容器廻り検査システムは，EMAT（電磁超音波探触子）について，センサー用磁石の小型高性能化のための構造検討を行っている。センサー用磁石としてHalbach磁石構造を用いることにより，従来のEMATに比べて約２倍の検出感度が得られた。更に，小型化が可能な単一探触子法の採用と新たに考案した信号処理方法の採用により，従来の1/4の重量で２倍の信号対ノイズ比（S/N比）が得られる見通しを得た。現在，実機に搭載すべく設計検討の準備を進めている。蒸気発生器伝熱管検査システムは，ECT（渦電流探傷）センサー性能

の向上を目指し，センサーの解析・試作・試験を進めている。現在，き裂状欠陥やピンホール等の小さな欠陥の検出性能の向上を目的に，センサーに用いるコイルのサイズ，形状，配置などをパラメータとした欠陥の探傷解析に着手した。また，短管試験片や実寸大のモックアップ装置を用いて各種人工欠陥の検出試験を実施するとともに，取得した欠陥信号を用いて欠陥の形状やサイズを予測する手法の検討を継続している。

(3) 運転・保守支援技術，機器・システム技術の高度化

運転･保守を支援するためのシステム開発,データベースの整備,事故･トラブルを未然に防ぐための異常診断技術の開発等を進めている。

運転･保守支援技術開発については,「もんじゅ」作業票・保修票管理システムの開発，CADデータの整備を継続して進めている。配管系統図の電子化は完了しており，今後改造工事の設備変更に対応していく。

予防保全技術の開発として，地震時構造健全性速報システムの開発並びに1次主冷却配管系の構造健全性解析・評価を継続した。また先行高速炉のトラブル事例の調査を終了した。

(4) もんじゅプラント評価

「もんじゅ」性能試験等の実機データから，系統設備の設計余裕及び設計解析の妥当性を示し，得られた知見を将来炉の設計に資することを目的に，もんじゅ設計技術評価を実施している。

高速炉の設計条件や仕様を決める際の判断を支援するソフトウエアの高度化，及び蒸気発生器の内部挙動を詳細に把握するための解析コードの整備を進めている。また，水・蒸気系設備を中心にスクラムフォルトツリーの検討・評価を実施している。

2.2 教育訓練

2005年度FBRサイクル総合研修計画及びシミュレータ研修計画を関係部署や大洗専門家等の意見を拝聴しつつ策定し，運転員や保守員の教育訓練を計画的に進めている。

2005年4月から6月にかけては，5コースのナトリウム取扱研修及び保守研修を計9回開催（延べ受講者数53名）するとともに，シミュレータ研修については8コースの研修を計19回（延べ受講者数94名）実施した。

2005年5月17日に敦賀において仏国CEAナトリウム学校と国際技術センターとの間で教育研修に係る連携協力について検討会議を行い，両機関が共同で「次世代原子炉国際オープンセミナー」(仮称)を2006年度夏季から開講することで合意した。合わせて5月18日から20日の3日間に渡って第5回目となる仏国講師による「ナトリウム特別講座」を開講（延べ聴講者数68名）した。

また，研究開発拠点化計画の一環として「地元企業原子力関連研修」のカリキュラム策定やテキスト準備を進めている。

2.3 国際協力

2005年4月19日，仏国原子力庁のビュガ長官が「もんじゅ」を視察されたほか，福井大学において「フランスの原子力戦略と日本への期待」と題する講演をされた。また，敦賀市長，福井県知事への表敬訪問をされた。

2005年4月25日に仏国カダラッシュで，及び6月29,30日に米国ワシントンDCにおいて開催された日仏米三国間でのマイナーアクチニド燃焼に関する専門家会合に出席した。日仏米の三国間協力によるマイナーアクチニド燃焼に関する三国間の作業分担についての合意文書を9月までに交換することを目標として作業を進めている。

2005年5月1日から11日にかけて殿塚理事長が仏国ANDRA,CEA,フェニックス及び米国ORNL,DOEを訪問した。

2005年5月23日から27日にかけてブラジルのサンパウロ及びリオデジャネイロで開催された「IAEA高速炉に関する技術会議（TWG-FR)」に出席し,「もんじゅ」の状況報告,「もんじゅ」自然循環試験･評価に関する共同研究案の提案等を行った。

2005年5月31日から6月1日にかけて独国カールスルーエで開催されたWANO FBR会合に出席し，情報交換を進めた。2006年度の本会合は,「もんじゅ」で開催の予定。また，5月30日に仏スーパーフェニックス発電所で，また6月3日にフェニックス発電所で，それぞれ定期情報交換会議を開催した。

2005年6月20日,英国UKAEAドーンレイ所属のGraham Crittenden氏が国際特別研究員として国際技術センターに着任した。研究テーマは,「英国での燃料・材料開発経験の「もんじゅ」高度化炉心への反映」である。

2005年６月23日，24日に仏国フェニックスサイトにおいて第４世代原子力システム（Gen-Ⅳ）ナトリウム冷却高速炉の技術試験に関するプロジェクト運営会合“SFR Technology Testing PMB”を開催し，「もんじゅ」やフェニックスを利用した開発試験の進め方について協議した。

2.4　技術情報管理

「もんじゅ」プラント運転支援に必要なネットワーク計算機，性能評価などに利用する共有科学技術計算機の運用・管理，及び事務業務・FBR研究開発業務に必要な計算機についてITインフラ環境の運用・整備・高度化を継続した。本期間中においては，OAパソコンの更新とウィルス対策ソフトバージョンアップの利用者展開作業，及び上期業務改善提案の募集などを実施した。

3．研究開発拠点化計画と研究協力等

研究開発拠点化の推進については，2004年度末に福井県「エネルギー研究開発拠点化計画策定委員会」によって拠点化計画が策定されたが，2005年度からは計画策定委員会の委員を中心に，産業界，事業者，大学・研究機関，国，及び市町村等が参画する「エネルギー研究開発拠点化推進会議」を設置し，具体的な施策を実行に移すためのプログラム等を盛り込んだ推進方針を決定して拠点化計画を進めていくこととなった。計画推進の組織は若狭湾エネルギー研究センターに設置される予定である。サイクル機構においても現在，敦賀地区の研究調査協力に関して実施内容の検討準備を実施している。

サイクル機構「敦賀本部研究開発強化検討委員会（委員長：伊藤靖彦同志社大学教授）」は，第４回委員会を2005年６月22日に開催し，サイクル機構の取り組み状況，海外調査結果，今後の進め方等について審議いただいた。

若狭湾エネルギー研究センターとの研究協力では，「水素分離（不純物除去）基礎調査を含む調査」など３件の2005年度の研究準備を実施している。

共同研究では，福井大学と「液体金属中のキャビテーション壊食に関する研究」「高出力ミリ波セラミックス焼結法による制御棒材の改良と長寿命化」，及び福井大学，福井キヤノン事務機㈱と「ヘリカルコイル型蒸発管内の沸騰現象の可視化・事象解明」の2005年度の研究を開始した。先行基礎工学研究協力では，福井大学，北海道大学と「光画像計測を応用した気液二相に関する研究」を，近畿大学と「沸騰二相流のDNB現象の研究」を，また，京都大学と「Fe基系ホイスラー合金熱電モジュールの高温システム適合技術に関する研究」を，更に，大阪大学とは「「もんじゅ」性能試験における反応度分布・増殖比解析手法の高度化研究」について2005年度研究を開始した。

更に，福井大学大学院工学研究科に非常勤講師を派遣し，「エネルギー・環境概論」，「高速炉構造工学」を，敦賀短期大学に「放射線概論」等の講義を行っている。

（敦賀本部）

概況報告
2005年4月～6月

ー高速増殖炉サイクルの研究開発ー
高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究

1．はじめに

高速増殖炉（FBR）サイクル実用化戦略調査研究は，炉型選択，再処理法，燃料製造法などの高速増殖炉サイクル技術に関する多様な選択肢について検討し，「もんじゅ」等の成果も踏まえ，高速増殖炉サイクル技術として適切な実用化像とそこに至るための研究開発計画を2015年頃に提示することを目的として，1999年から核燃料サイクル開発機構（本年10月からは日本原子力研究所と統合して日本原子力研究開発機構）が電気事業者とともに，電力中央研究所，日本原子力研究所，メーカー，大学等の協力を得つつ実施しており，現在は，2001年に開始したフェーズⅡの段階にある。

2005年度第１四半期においては，設計研究及び工学的試験を着実に進めるとともに，有望プラント概念の技術的実現性やフェーズⅡ後の研究開発計画等についての検討を継続した。また，フェーズⅡ研究開発成果のとりまとめに着手した。

2．高速増殖炉システム

フェーズⅡ取りまとめに向け，プラント概念を仕上げるべく，各炉の設計研究と要素技術開発の進展に努めた。

2.1　ナトリウム（Na）冷却炉

設計研究としては，大型炉（1,500MWe）及び中型炉（750MWe）を対象に，これまでの技術開発成果の反映，システム・構造の成立性確認，代替炉心材料を用いた炉心・プラント設計を中心に検討を進めている。

要素技術開発としては，ポンプ組込型中間熱交換器の1/4スケール模型を用いた振動伝達試験を継続するとともに，今年度後半に実施する総合試験の準備として，ポンプ及び試験ループの組立てを進めている。

2.2　鉛ビスマス冷却炉

昨年度に検討した炉心及びプラント概念について，炉心の遮へい性能の評価を実施している。また，炉心材料及び構造材料の冷却材による腐食に関するデータを拡充するため，試験研究を継続している。

2.3　ガス冷却炉

プラント設計としては，燃料集合体型式変更による燃料取扱時の除熱性評価及びプラントデータの整備を行っている。炉心設計としては，六角ブロック縦方向流冷却集合体炉心の径方向遮へい体構造仕様検討及び遮へい設計を行い，成立性の概略見通しを得た。

2.4　水冷却炉

昨年度までの検討に引き続き，炉心成立性と安全性について評価し，フェーズⅡ最終評価に必要となる統合評価用データを整備した。

2.5　小型炉

長寿命炉心を用いた電気出力50MWe程度の極地利用型について昨年度実施した日仏米との小型炉共同研究の内容について共同報告書を作成した。

電気出力300MWe程度の経済性追求型については安全性に係わる課題として１ループ及び貫通型炉心冷却系(DRACS)成立性を抽出し，１ループ成立性については１次Na漏えい時の過渡解析，貫通型DRACSについては崩壊熱除去時の過渡解析及びフローダイオード実証のための水試験を計画した。

3．燃料サイクルシステム

再処理システム及び燃料製造システムの各概念について，これまでの要素技術開発成果を踏まえた設計の合理化・詳細化を図るとともに，統合評

価用諸量データをとりまとめた。また，要素技術開発の各種試験を継続している。

3.1　再処理システム

(1) 先進湿式法

システム技術開発では，これまでに取得したデータを反映して，各工程の詳細な設計見直しを行っている。

プルトニウム（Pu）原子価等をパラメータとしたウラン（U）晶析試験，晶析結晶のX線回折及び簡素化溶媒抽出法によるU，Pu，ネプツニウム（Np）の共回収ホット試験を，高レベル放射性物質研究施設（CPF）において実施した。また，機械式解体機の概念検討，遠心抽出器の耐久性試験等の機器開発を継続した。

(2) 乾式法（酸化物電解法，金属電解法）

酸化物電解法については，応用試験棟での電解U試験により得られたU析出物中の不純物分析を行った。

金属電解法については，電中研との共同研究に基づきCPFに設置した試験用グローブボックスにおいて，混合酸化物燃料（MOX）を用いたリチウム（Li）還元試験を開始した。また，電解浴の塩調整作業を実施している。

3.2　燃料製造システム

(1) 簡素化ペレット法

システム技術開発では，これまでに取得したデータを反映して，各工程の詳細な設計見直しを行っている。

ショートプロセス製造技術については，造粒方法の異なるMOX粉末を用いた直接成型･焼結試験を継続するとともに,得られた分析データの整理･解析を行っている。また，マイナーアクチニド（MA）含有燃料ピン照射に供するMA含有燃料ペレットの製造を継続した。

(2) 振動充てん法

スイス，ポール・シェラー研究所（PSI）及びオランダ，エネルギー研究機構（NRG）との共同研究において，オランダHFR炉で照射した振動充てん燃料試験ピンの照射試験をすべて終了し，試験ピンの照射後試験を進めている。また，模擬核分裂生成物（FP）を添加したU粒子を用いた振動充てん燃料製造試験及び充てんピン検査試験を継続した。

4．統合評価

実用化候補概念の明確化のための多面的評価手法については，５つの開発目標と技術的実現性，事業容易性の評価構造と評価基準の見直しがほぼ完了し,設計データに基づく評価を実施中である。

また，将来社会での価値観に基づく評価指標の重み付けを行うためのアンケート調査を実施中である。アンケートの対象者は一般国民，有識者，電気事業者とし，このうち一般国民に対するものはインターネットによるアンケート調査を実施した。約2,200名からの回答を得て,現在,クラスター分析などにより一般国民から見た場合の将来社会での価値観に基づく種々の重みを抽出中である。また，有識者，電気事業者へのアンケートについてはその具体的実施方法等の検討を進めた。

FBRサイクルの導入シナリオの検討を進めるとともに，FBRサイクル導入にともなう，経済的影響を評価し，研究開発の費用対効果を詳細に評価することを目的としたエネルギー・経済モデルのシステム構築の検討を進めた。本システムはFBRサイクル導入の有無，二酸化炭素（CO_2）の排出制約の有無等をパラメータとしてエネルギー経済モデルから算出される世界や日本のマクロ経済指標からFBRサイクル導入による経済的効果を算出するものである。

社会的受容性の向上への取組みとして，研究者層，一般国民を対象とした効果的なFBRサイクルに関する情報発信方法及び同素材の検討を進め，フェーズⅡ最終成果を取り込んだ広報素材を製作していくこととした。

FBRサイクルに対する安全性向上への取り組みに関しては，フェーズⅡ終了以降における安全性確保努力の新たな方向性を示すべく，IAEAのレポートINSAG-10において深層防護安全思想の第５レベルとして定義されている「敷地外における緊急時活動」の必要性の実質的排除を目指す場合の原子力施設の安全設計に対する要求条件を案出した。Na冷却炉を対象としてこの要求条件案への適合性を調査するために，格納機能への脅威となりえる崩壊熱除去失敗事象及びナトリウム漏洩燃焼事象等について今年度末までに検討課題を摘出することとした。

（本社：経営企画本部
FBRサイクル開発推進部）

概況報告
2005年4月～6月

ー高速増殖炉サイクルの研究開発ー
高速増殖炉の研究開発

1．高速増殖炉固有の研究開発

高速増殖炉（FBR）の研究開発は，安全確保を前提として，「経済性向上，資源の有効利用，環境負荷低減，核不拡散性の確保」を目標に，燃料サイクルと整合をとり，実用化に向けて競争力のある技術に仕上げることを目指している。

このため，大洗工学センターを中心に，FBR固有の特徴（高速中性子の利用，高温構造システム，液体金属を冷却材として利用等）を踏まえ，「安全性の研究」，「炉心・燃料の研究」，「構造・材料の研究」をFBR基盤技術の３本柱とし，これらの研究を米国，仏国，露国等との国際協力を活用して効率的に実施している。

現在は，FBRサイクル実用化戦略調査研究における種々の候補概念の成立性判断や絞込みと国の安全研究に成果を反映することを目的に，重点化を図って研究を進めている。

1.1　安全性の研究

FBRの安全性の研究は，FBRの特徴を十分に考慮し，FBRの実用化を支える基盤研究としてFBRサイクル実用化戦略調査研究へ成果を反映すること，国の安全規制への貢献の観点から安全基準類や安全審査のための判断資料の提供等，国の研究機関として安全研究を推進する役割を果たすこと，サイクル機構が有する高速実験炉「常陽」，高速増殖原型炉「もんじゅ」の許認可及び安全性維持・向上に主体的に貢献を果たすことを目的に研究の重点化を図り進めている。

(1) 確率論的安全評価に関する研究

確率論的安全評価に関する研究は，FBRの安全性を包括的に評価するための確率論的安全評価(PSA)手法及びFBR機器の信頼性データベースを開発・整備するとともに，その適用を通じてFBRの安全性の向上に資するものである。

PSA手法の開発･整備については，「もんじゅ」を対象に調査・検討したナトリウムの漏洩規模別発生率推定法を拡張するための検討を開始した。

また，FBR機器の信頼性データベースの開発・整備については，当該データベースの拡充を目的として取得した「常陽」の機器交換及び故障データの適格審査を実施した。

(2) 燃料安全に関する研究

燃料安全に関する研究は，過渡条件下における燃料破損メカニズムと破損限界の実験的な解明と合理的な破損評価手法の開発，炉心局所事故時の燃料ピン・冷却材伝熱挙動と被覆管破損後の燃料損傷拡大挙動の実験的な解明とこれらの評価手法の開発及び混合酸化物（MOX）燃料を主としたFBR燃料の実用化と安全評価上の基準類の整備に資するものである。

定常及び除熱能力低下型条件下での破損限界評価については，酸化物分散強化型フェライト鋼（ODS鋼）及びオーステナイト鋼等の加工硬化指数から，これら材料の破損限界特性を比較評価し応力制限値の合理化を図るための方策について検討した。

新型燃料の過出力条件下での破損限界評価については，米国アルゴンヌ国立研究所（ANL）との共同研究で行う炉外基礎試験（CAFÉ）結果の分析を継続した。

(3) 炉心安全に関する研究

炉心安全に関する研究は，炉心損傷事象に係わる実験的データベース及び安全評価手法を整備・適用して，FBRの炉心安全性の向上に資するものである。

再臨界排除（溶融した燃料が再集合し，出力が上昇して有意な機械的エネルギー放出に至る事象を排除すること）可視化基礎試験については，融体の流出経路内の冷却系ボイド拡大メカニズム等

を解明するためのFCI（燃料と冷却材の熱的相互作用）試験を継続した。カザフスタン共和国国立原子力センター（NNC）の試験炉IGR（黒鉛減速パルス出力炉）を用いた再臨界問題排除に向けた試験研究（EAGLEプロジェクト）の炉内試験では，融体の排出経路の壁破損挙動に関する中規模試験（WF試験）の試験後検査を行うとともに，大規模試験（FD試験）の準備を継続した。炉外試験については，ナトリウムを用いた予備試験の解体検査・分析を進めた。

(4) 伝熱流動に関する安全研究

伝熱流動に関する安全研究は，FBRの安全性向上及び安全評価に不可欠な伝熱流動に関する評価手法，基盤データを整備し，技術基盤を確立するものである。特に，異常な過渡変化から設計基準外事故までを対象とした総合的な解析評価手法の確立及び冷却材バウンダリや炉内構造物の健全性，崩壊熱除去時の炉心除熱特性，反応度抑制機能喪失事象（ATWS）を対象とした炉心核的特性と伝熱流動を結合させた受動的安全特性を評価する手法の確立と実験的知見の取得に重点を置いている。

サーマルストライピング（高サイクル熱疲労）に関する研究では，T字管合流部に対する流速変動の影響評価結果及び壁面噴流条件で温度変動に関する壁材質の影響評価結果を取りまとめた。高燃焼炉心内熱流動の評価に関する研究では，ピン変形が流動場に与える影響を評価するため，7本燃料ピン変形試験装置によるピン周辺の流量状況の観察を行った。

(5) ナトリウム及び格納系に関する安全研究

ナトリウム及び格納系に関する安全研究は，ナトリウムに係わる安全性評価技術の高度化を図るとともに，ソースターム及び格納系安全評価技術の高度化を図るものである。

ソースターム評価手法の開発については，炉内ソースターム総合解析コード“TRACER”について，核分裂生成物（FP）放出移行挙動解析モデルの評価を開始した。ナトリウム燃焼に関する研究では，ナトリウムーコンクリート反応試験の基礎試験としてナトリウム燃焼中に水素ガスの発生を模擬した「水素ガスバブリングナトリウムプール試験」を実施した（図1試験装置概略図参照）。

蒸気発生器に関する安全技術高度化研究に関しては，ナトリウムー水反応試験装置（SWAT-1R）

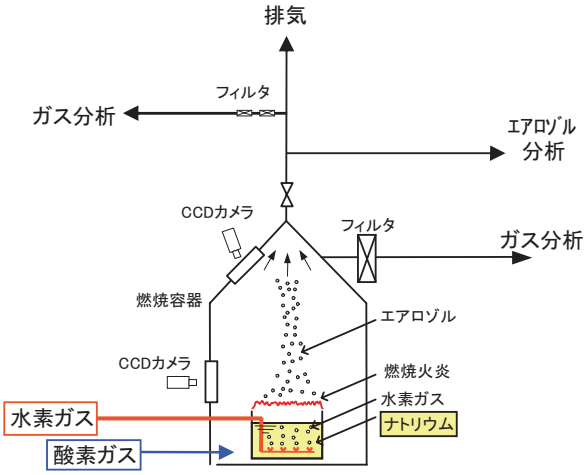


図1　水素ガスバブリングナトリウムプール試験装置

による12Cr鋼のウェステージ（損耗）挙動把握のための試験準備を進めた。また，高温ラプチャ解析コード“TRUE”及び破損伝播解析コード“LEAP-BLOW”によるSWAT-3R体系のナトリウム-水反応に係る予備解析を完了し，報告書作成に着手した。

1.2　炉心・燃料の研究

炉心・燃料の研究は，安全性に優れた合理的な設計に反映することを目的に，FBR炉心の特徴である，使用温度が高いこと，高速中性子場で照射されること，ナトリウム等を冷却材に用いること，高燃焼度まで燃料を使用すること等を踏まえて進めている。

(1) 炉心に関する研究

炉心の研究は，FBR炉心の特徴である中性子エネルギーとして核分裂スペクトルの数MeV領域から数十eVまでの5桁に及ぶ広い範囲での中性子の反応を精度よく評価するための核特性評価技術の開発，高燃焼度化や高線出力化に対応する燃料体の伝熱流動を評価するための熱流動評価技術の開発を進めている。

核特性評価技術の開発では，高速炉核特性解析システムを「もんじゅ」性能試験解析に適用したほか，全炉心ドップラ反応度の実験解析データを活用してウラン238捕獲断面積の妥当性の評価を実施した。

(2) 燃料に関する研究

燃料の研究は，燃料サイクルコストの低減や炉心サイズのコンパクト化を図るため，MOX燃料を

中心に，集合体取出平均燃焼度150GWd/t，ピーク線出力400W/cm以上，被覆管最高温度約700℃以上を目標とし，燃料ペレットから集合体規模までの挙動を評価するための燃料特性評価技術開発，高燃焼度下でのスエリング特性に優れた材料を開発するための炉心材料開発に重点を置いて進めている。また，FBRサイクル実用化戦略調査研究で対象となっている金属燃料や窒化物燃料，振動充填燃料，マイナーアクチニド（MA）含有燃料等の新型燃料開発を進めている。

燃料特性評価技術開発では，燃料挙動解析コード“CEDAR”のサブモデルを照射後試験結果に基づき検証・改良するとともに，最新のコーディング手法の導入によりサブモデルの高度化のための方策について検討を開始した。

炉心材料開発では，露国高速実験炉BOR-60を用いたODS鋼被覆燃料ピンの第2期及び第3期照射試験計画について，露国原子炉科学研究所（RIAR）との検討を開始したほか，第1期照射後試験（PIE）を継続した。

(3) 照射技術開発及び照射後試験技術開発

「常陽」では，照射試験ニーズに対応した照射装置の開発や照射条件評価のための照射技術開発を進めている。また，「常陽」等で照射した燃料や材料は高線量となることから，遮蔽窓越しにマニプレータを用いた遠隔操作により照射後試験を行う。このため，遠隔操作性・保守性に優れ高精度でデータ採取を可能とするための試験技術開発を進めている。

照射技術開発では，11月の照射に向け，キャプセル型照射リグ1号機の組立て準備を開始した。照射条件評価では，MK-Ⅲ初期に実施した出力分布測定試験に使用したドシメータのうち，B_4C遮蔽集合体の外側で照射したHe蓄積型中性子フルーエンスモニタ（HAFM）の測定を実施した。

照射後試験技術開発では，燃料融点測定装置に用いる温度計の高度化を進めており，当該四半期は，一部改造を行った温度計の特性評価試験を実施した。

(4) 分離変換技術開発

長寿命核種（核分裂生成物，アクチニド核種）の分離変換技術は，放射性廃棄物の廃棄量の低減，ウラン資源の利用効率の向上や白金族元素等の希少金属の回収，有効利用等を目的に技術開発を進めている。

分離変換技術開発では，分離・変換・利用技術に基づいた「先進オリエントサイクル」概念について検討したほか，分離技術の高度化として，Am及び希少元素FP分離に関する日露国共同研究の準備を行った。

1.3 構造・材料の研究

FBRの構造・材料の研究は，炉の使用期間に渡って運転温度が高温（「もんじゅ」の場合，原子炉容器出口最高温度529℃）でかつ機械的荷重や熱応力の厳しい条件で使用されるというFBR特有の課題に焦点をあてて，プラント建設コスト低減とプラントの高温化・長寿命化，ならびに運転信頼性の向上を通じてFBRの安全性，経済性の向上を図ることを目的としている。

(1) 高温構造設計技術開発

高温構造設計技術開発は，主要機器構造の設計最適化と信頼性向上，原子炉構造のコンパクト化と系統構成の簡素化というFBRの実用化の課題を解決するため，構造解析コードの開発，クリープ疲労損傷の防止に重点をおいた強度評価手法の高度化と構造設計基準の整備，熱過渡荷重評価から構造健全性評価を統合して解析する技術の開発，設計から製作・運転・保守を包括的にとらえ構造設計の抜本的な合理化を狙ったシステム化規格技術の開発に重点をおいて進めている。

構造解析コードの開発については，汎用非線形構造解析コード“FINAS”の実用化戦略調査研究及び基盤研究における種々の解析ニーズ（計算速度の高速化，計算精度の向上など）への反映を継続した。システム化規格技術の開発については，構造健全性定量評価システム（REAL-P）の地震荷重取扱機能等の開発に着手した。

(2) 材料評価技術開発

FBRの構造材料は，高温すなわちクリープ現象が生じる温度領域で使用されること，ナトリウム等の液体金属が冷却材として使用されること等から，軽水炉ではさほど重要でないクリープやクリープ疲労に対する強さ，さらには延性などの高温における材料特性や耐食性に優れていることが要求される。このため，高温強度に優れた低炭素・窒素添加のオーステナイト系ステンレス鋼（316FR鋼）や高クロムフェライト鋼等の材料開発，材料強度データベースと材料強度基準の整備，高温強度・寿命評価法の開発，高温・長時間使用

環境下における構造材料の損傷機構の解明と損傷検出技術の開発，ナトリウムや鉛ビスマス（Pb-Bi）などの冷却材に対する構造材料の耐食性評価と腐食機構の解明に重点をおいて進めている。

高クロムフェライト鋼の材料開発では，FBR用12Cr鋼（HCM 12A）の大気中材料強度試験及び熱時効試験を継続した。Pb-Bi腐食特性評価及び腐食制御基礎技術の開発では，Pb-Bi共晶合金（LBE）中における鉄鋼材料の主要金属元素等の溶解度特性評価の検討に着手した。また，流動LBE中腐食試験及び停留LBE中温度・酸素濃度変動試験の研究成果を原子力工学国際会議（ICONE13）に報告した。漏えいナトリウムの活性抑制技術の開発においては，ラマン分光法を用いた過酸化ナトリウムによる鉄の腐食挙動の観察結果と取りまとめた。

水素製造技術開発に関しては,「ハイブリッド熱化学法」に基づく製造能力の向上ための準備を開始した。

(3) 耐震設計技術開発

FBRの機器類は，低内圧と大きい熱応力を考慮して相対的に薄肉構造を採用することから，耐熱応力設計に加えて耐震設計を十分に行うことが重要となる。また，FBRに免震構造を採用することにより地震入力を低減でき，物量削減や設計の簡素化・標準化等が期待できる。このため，地震時の高温配管の耐震強度評価法の開発，地震荷重を根本的に緩和する技術としての３次元免震構造とその評価技術に関する研究を進めている。

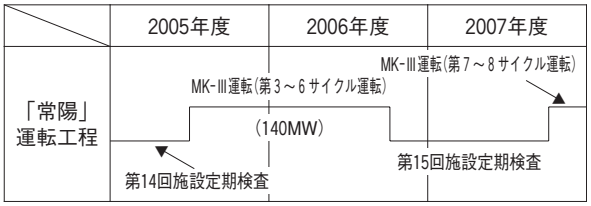
上下免震評価法の開発においては，非線形ばね要素を用いた詳細応答解析を行うとともに，免震構造縮尺試験による安全性評価の準備，免震要素の長期安定性確認試験による初期データの取得等を進めた。

２．高速実験炉「常陽」

「常陽」は，液体金属ナトリウム冷却のFBR実験炉として，1977年の初臨界達成以来，熱出力50MW及び75MWでの増殖炉心（MK-Ⅰ炉心）による運転を経て，1983年から照射用炉心（MK-Ⅱ炉心）として，熱出力100MWでの照射運転を開始し，2000年６月末に累積運転時間約６万１千時間,積算熱出力約50億６千万kWhを達成し,MK-Ⅱ炉心としての運転を終了した。

その後，照射性能向上を目的とした炉心・冷却系の改造を行い，2003年11月に高性能照射炉心（MK-Ⅲ炉心）として使用前検査に合格した。当該四半期は，第14回施設定期検査を継続するとともに，自己作動型炉停止機構（Self Actuated Shutdown System: SASS）の炉内試験装置の撤去と同位置へのSASS要素照射試験装置の設置など,11月からのMK-Ⅲ第３サイクル運転に向けた準備を行った。表１工程表参照。

表１　高速実験炉「常陽」運転工程表



（大洗：開発調整室）

概況報告
2005年4月～6月

ー高速増殖炉サイクルの研究開発ー
高速増殖炉燃料の研究開発

1．燃料の研究開発等

燃料の高燃焼度化，高性能化を通じて経済性向上を可能とする炉心・燃料概念の検討・開発を進めている。

当該四半期は，高速増殖原型炉「もんじゅ」の燃料に用いられるプルトニウム原料の多様化に対応するため，ペレット密度を高めた「もんじゅ」炉心・燃料の概念検討を継続した。

2．燃料製造技術の開発

現行の燃料ペレット製造プロセスの簡素化を図り，工程を大幅に削減して製造コストを抑えることを目的とした簡素化プロセス法の基礎試験を行っている。

当該四半期は，再処理転換施設から流動層造粒法[*1]により流動性を改良したプルトニウム富化度調整済み原料MOX粉末を受入れ，成型・焼結試験を継続した。

簡素化プロセスに係る機器開発として，乾式ダイ潤滑装置を組み込んだ中空ペレット製造用モックアップ試作機（成型設備）を用いた模擬粉末によるペレット成型試験を継続した。また，流動性不良粉末を強制的に成型機ダイスに押し込むエアタップ充填法による強制充填試験を継続した。

スフェアパック燃料開発のうち，粒子燃料製造については，応用試験棟において凍結真空乾燥法に係るウラン試験を実施し，球状のUO_2粒子が得られることを確認すると共に，改良外部ゲル化法によるUO_2粒子製造試験を実施した。

充填試験については，ウラン試験と模擬粒子を用いたコールド試験を並行して進めるとともに，模擬燃料ピンの軸方向密度分布測定のため，X線ラジオグラフィ装置を用いた測定試験を実施した。

スフェアパック燃料の照射試験については，スイスPSI(ポール･シェラー研究所)及びオランダNRG（Nuclear Research and Consultancy Group）との共同研究により2005年３月までにHFR（High Flux Reactor）において照射した燃料の照射後試験を継続した（写真１参照)。

3．核変換の技術開発

核変換技術開発は，高レベル放射性廃棄物（HLW）中の放射性物質を，核反応を利用して短寿命核種や非放射性核種に変換し，管理の時間を短縮することを目的に進めている。その中で，工学的に可能な技術とするために必要不可欠な核反応断面積データの実験研究及び測定技術開発を実施している。

核断面積測定技術開発の一環として開発を進めた飛行時間測定法の測定技術開発では，信号波形

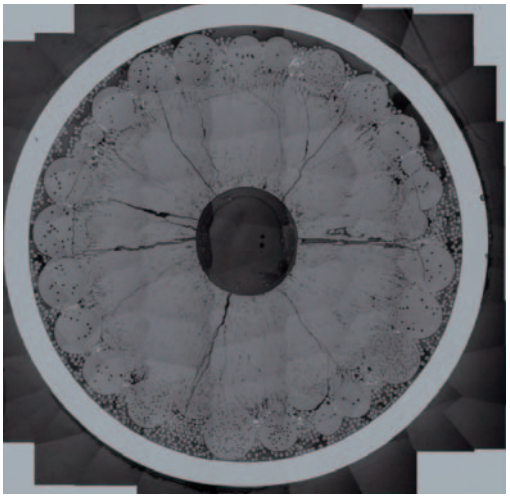


写真１　96時間定常照射後のスフェアパック燃料断面観察写真

＊１流動層造粒法：容器内に所定のPu富化度に調整した混合転換粉末を供給し，容器の底から圧縮空気（常温）を吹き込むことにより粉末を流動化・凝集させる乾式造粒法。

処理技術の高度化を実施した。本研究成果は，学術雑誌Nucl. Instru. Method.の2005年５月号に発表した。

核データ測定精度の更なる信頼性向上を目指して，文部科学省公募型研究の一環として「高度放射線測定技術による革新炉用原子核データに関する研究開発」を実施し，革新的な核データ測定装置である全立体角Ge検出器（写真２参照）を日本原子力研究所と共同で開発した。本装置は，総合性能試験を実施した後，マイナーアクチニド核種の高品質核データ整備に適用する。

写真２　完成した全立体角Ge検出器

４．燃料製造に係る確認試験

プルトニウム燃料第三開発室において，低密度燃料ペレットの製造を安定的に行うため，これまでに開発･導入した設備の性能･特性を確認するとともに，低密度ペレットを製造する上で必要な条件を把握することを目的とした製造条件確認試験を継続した。

５．プルトニウム系廃棄物処理技術開発

プルトニウム廃棄物処理開発施設では，プルトニウム系廃棄物の減容・安定化処理技術の開発を目的として，難燃物焼却設備等の実証試験運転を実施している。

04－１キャンペーン後の自主点検(2004年８月)において，廃ガス処理系統に堆積物が確認されたため，予防保全の観点から04－２キャンペーンを取りやめ，堆積物の除去作業，堆積物の発生原因等の調査を行い，設備の一部改造及び点検調整を３月までに完了した。

2005年４月から実証試験運転（05－１キャンペーン）を開始し，現在継続中である。

（東海：環境保全・研究開発センター
プルトニウム燃料センター）

概況報告
2005年4月～6月

ー高速増殖炉サイクルの研究開発ー
高速増殖炉燃料再処理技術の研究開発

1．再処理プロセスの開発

1.1　湿式法

湿式法については，経済性等の高速炉燃料サイクル実用化の要件に応えるため，湿式再処理工程の合理化やマイナーアクチニド（MA）回収技術，FP分離技術に関する研究開発を実施している。

(1) 簡素化再処理技術開発

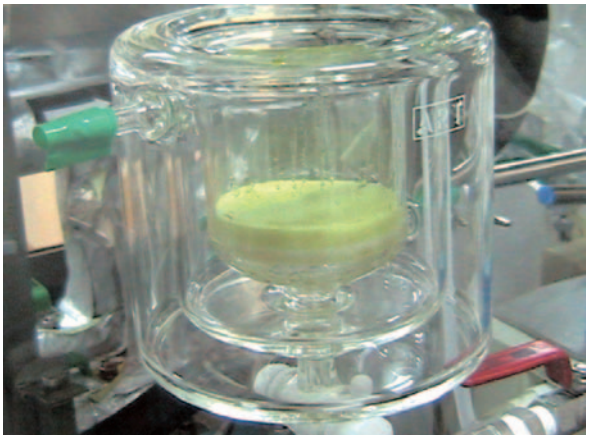
現行の再処理技術を見直し，実用化を念頭に，経済性等に優れた先進的な再処理プロセスとするため，溶解・抽出技術に関する効率化及び簡素化に係る要素技術や晶析技術に関する要素技術の開発を進めている。

簡素化溶媒抽出技術開発では，U，Pu，Npの共抽出試験を実施した。フィード液のPuを4価に調整し，洗浄液の酸濃度を調整することによりNpを積極的に酸化させる条件で，ラフィネート側及び廃溶媒側へのリーク量を測定した。さらに定常時における元素濃度プロファイルを取得した。試験は「常陽」照射済燃料溶解液に対してCPF型遠心抽出器を用いて2005年5月に実施した。

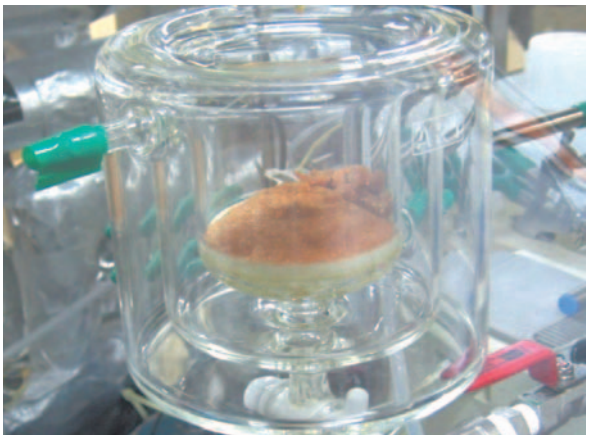
晶析技術は，高濃度溶解液から温度差を利用してUやPuを分離するものである。これまでにCPFでは，Pu富化度，Pu価数，U＋Pu濃度等をパラメータとして，使用済燃料を用いた試験を実施し，U，Puの晶析現象や，主要なFPの除染挙動等について把握してきた。2005年6月からも，Puの価数等をパラメータとするUとPuの混合溶液を用いた晶析試験を開始した。析出する結晶物（Puの価数によりU単体晶析物やUとPuの共晶析物となる（写真1参照）。）について，X線回折を行うことにより晶析物構造状態を確認した。

(2) マイナーアクチニド等の湿式分離研究

MA回収技術開発の一環として，高レベル放射性廃液から，アメリシウム（Am）等をCMPO溶媒（TRU抽出プロセスに用いられる溶媒）を用いて回収するSETFICS試験（溶媒抽出法ベース）を実施してきた。これまでの試験により一部核種の除染係数の低下を防止するようなプロセス条件（酸濃度，段数等）の修正が必要であることから，これらの検討を継続している。



（1）U（Ⅵ）とPu（Ⅳ）の混合溶液から析出したUの晶析物（黄色）



（2）U（Ⅵ）とPu（Ⅵ）の混合溶液から析出したUとPuの共晶析物（赤褐色）

写真1　晶析によって析出した結晶

(3) 超臨界直接抽出試験（代替技術）

超臨界直接抽出技術は，硝酸を抽出したTBP溶媒を超臨界二酸化炭素にて希釈し，使用済燃料粉と接触させてウランとプルトニウムを選択的に回収するという代替技術である。

2004年度において，CPFで実施した未照射MOX燃料を用いた超臨界直接抽出試験結果の評価解析を行い，U，Puの直接抽出が可能であることを確認した。本成果は，2005年度末のFBRサイクル実用化戦略調査研究の取りまとめに反映していくため，適宜取りまとめ等を実施していく。

1.2 乾式法

現行の再処理法と比較し，経済性に優れることが期待されている乾式法の技術開発を進めている。

乾式再処理プルトニウム試験に関する（財）電力中央研究所との共同研究については，MOXを出発物質とした電解試験を実施するため，MOXのLi還元試験を開始した。また，電解浴の塩調整作業を実施中である。

酸化物電解法については，応用試験棟に設置した溶融塩電解試験装置を用いて実施した電解試験により得られた析出物の不純物解析を実施した。

また，RIAR（ロシア原子炉科学研究所）に委託して実施したウラン・プルトニウムを用いた基礎試験結果を基に電解制御のシミュレーション解析を実施している。

2．機器・材料開発

2.1 前処理工程機器開発

使用済燃料集合体の解体技術開発として，機械式解体方式を採用した改良型解体機の構造概念について検討を行った。また，機械式切断砥石を用いた模擬集合体の機械式切断試験結果を整理し，切断性能及び解体手順について評価中である。

また，機械式脱被覆技術開発として，機械式破砕機により細粒化処理した燃料破砕片を用いて，燃料回収率の向上を目的とした多段磁気分離試験を実施し，燃料回収率及び燃料純度の基礎データを取得した（図1参照）。

また，磁気分離後の金属片（ハル）からの微量の核物質の回収技術として開発を進めている溶融分離技術について，使用済燃料への適用性を確認するホット基礎試験の検討を開始した。

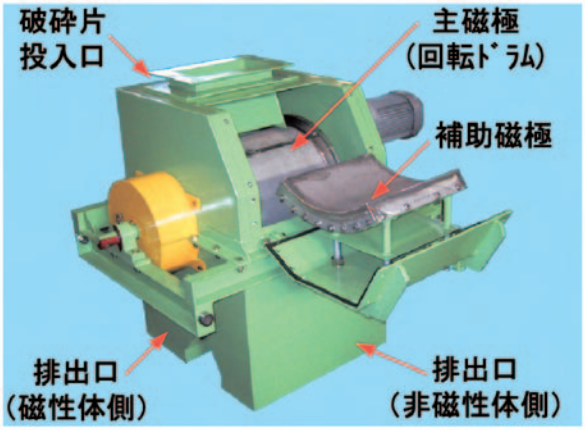


図1　磁気分離機の概念

2.2 分離工程機器開発

乾式再処理機器開発としては，高処理能力及び耐久性向上の観点から，坩堝冷却式高周波誘導加熱（CCIM技術）並びに形状管理による臨界管理方式を採用した商業規模溶融塩電解槽について，これまでのR＆D成果及び設計情報をまとめると共に，これらの成果を国際会議（ICONE13）で報告した。

湿式再処理機器開発では，工学規模遠心抽出器の耐久性評価の一環として，駆動部の安定性を改善したロータによる遠心抽出器の耐久試験を継続中である。また，ソルトフリー試薬等を用いた溶媒洗浄工程の遠心抽出器システム試験について，計画検討し，試験準備を進めた。

晶析装置開発としては，冷却伝熱面に付着する結晶スケールによる冷却効率への影響を評価する試験を計画中である。

2.3 材料技術開発

乾式再処理用装置材料の高耐食化を図る目的で，気相中におけるセラミックコーティング膜の耐久性を向上させるための改良膜の検討を進めた。

3．関連施設の設計・建設

3.1 リサイクル機器試験施設（RETF）の計画

今後の利用計画についての検討を進めている。

（東海：環境保全・研究開発センター）

概況報告
2005年4月～6月

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

熱ー水ー応力ー化学連成挙動に関する連成評価モデルの開発については，2004年度までに構築したモデルを用いた事例解析を実施している。また，熱ー水ー応力ー化学連成試験設備（COUPLE）を用いた連成挙動試験を4月より開始し，温度，飽和度，pH等の測定及びサンプリングによる溶液組成の分析を継続している。

(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，イオン強度及び乾燥密度をパラメータとした膨潤応力測定試験を開始した。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での試験を継続した。さらに，高圧ガス保安法に基づき，ガス移行試験設備の定期自主点検を行った。

(3) 緩衝材の化学的相互作用による変化

ベントナイトー鉄反応の加速試験用試料として，層間イオンをFe^{2+}に置換した試料に対して150℃にて1年間水熱処理を行った試料の取り出しを行い，試料の分析を開始した。

(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，溶接影響を評価するために，低ひずみ速度（SSRT）試験を中心としたデータ取得を開始した。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的研究を継続するとともに，3年間浸漬した試料の評価を実施した。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，高pH下における腐食挙動試験を継続している。

(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。これまでに，弱酸化性から還元性へ変遷したと推定される環境で埋設期間が1000年に及ぶ鉄器の出土事例が5点見いだされた。

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

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）の地下水流動への影響を調べるために，小型の多孔質媒体水理試験装置（MACRO）を用いた試験準備（試験条件の検討など）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）の研削を継続した。

(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継続している。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，その中で構築した作業のフレーム及び作業フレームを，火山を例に試行した内容を地球惑星科学関連学会（2005年5月22日ー26日，千葉）にて報告した。

(3) 生物圏評価に関する研究

実効線量換算係数を，現行法令に変更した場合のパラメータの重要度の分析を開始した。

(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，試運用の手順の策定及び及び既存の情報の本システムへの取り込み方法の検討を継続した。

(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（2005年６月末現在のユーザー登録者数は延べ297名）。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継続した(2005年８月公開予定)。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水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継続した。幌延地下水の水質形成に関わる解釈を進めるため,HDB-1～HDB-8孔の地下水化学データを基に，各試錐孔における水質の深度依存性に係わるデータ整理などを行った。

(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$NpO_2 \cdot xH_2O$（am）の溶解度試験，溶媒抽出法によるNp（Ⅳ）の加水分解定数導出試験，及びフミン酸共存下でのNp（Ⅳ）の溶解度試験を継続している。収着試験については，ベントナイトコロイドに対するCsNp(Ⅳ),及びAm(Ⅲ)の収着試験を継続している。拡散試験に関しては，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。

一方，CPFにおいては，実ガラス固化体の浸出試験を継続している。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た，花崗岩中のCs及びIの拡散試験を継続するとともに,塩濃度及び乾燥密度をパラメータとした圧縮ベントナイト中のフミン酸透過拡散試験を開始した。

(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Npのバッチ式収着試験及びCsのカラム式収着試験を継続した。「均質化法に基づくミクロー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，Na型，K-Na混合系バイデライトのMD（分子動力学）計算を実施した。また，陽イオンの拡散・吸着のHA（均質化法）コードの改良を継続した。「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，画像可視化計測システムを開発した。また，それを応用した亀裂開口幅の定量化と亀裂を対象としたトレーサー試験に着手した。

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ミクロ構造を考慮した流体物質移動解析」においては，これまでに構築した解析手法を用いた単一亀裂の水理特性評価についての検討を開始した。

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，気候変動や侵食速度の変遷を復元するための調査技術の一環として，ボーリングコアの分析を継続し，気候変動と侵食速度の関連性などについて検討を行った。また,隆起･侵食による将来10万年オーダーの地形変化が，地下水流動などの地質環境へ与える影響を評価することを目的とした地形変化シミュレーション・モデル開発では，河川の土砂運搬に関するアルゴリズムや温暖期・寒冷期の平衡勾配などの検討を継続した。

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，温泉ガスの希ガス同位体比調査及び内陸微小地震の震源再決定に関する調査･解析手法の検討を行った。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（U-Th）/He年代測定システムの構築及び熱年代学的手法の適用性調査について調査手法の検討を進めた。

地震・断層に関する研究では，将来の断層活動に伴う影響について，活断層帯周辺岩盤の変形と断裂系の発達過程に関する調査・評価技術と，断

層活動に伴う水理的影響に関する調査・評価技術の開発の一環として，過去数十万年間の断層の活動履歴とそれらに伴う影響の履歴の多面的な調査手法について事例研究を開始した。また，それらの事例研究の結果と，それらを反映した概念的なモデル解析により，断層の活動履歴とそれらの影響の履歴の時空的変化幅を大まかに把握するとともに，それらの調査手法の問題点を抽出するための検討を開始した。

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ロスの長期・遠方観測試験及び正馬様用地内での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及び得られた観測結果の解析を進めた。また，東海・東南海地震震源域の能動監視を目的として，臨時観測点における観測を継続した。電磁アクロスについては，アクロ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，断層破砕帯由来の地下水の連続観測を継続した。

ナチュラルアナログ研究については，東濃ウラン鉱床において，月吉断層沿いの物質移行調査として，ボーリングコアから採取した試料の化学分析を実施した。

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，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

(1) 調査試験研究

① 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）での野外調査は2004年度で終了し，2005年度からは第2段階（研究坑道の掘削を伴う研究段階）の調査研究が主体となる。

第2段階の調査研究としては，引続き研究坑道（主・換気立坑）における壁面調査及び坑内湧水量の測定などを継続した。6月中旬に深度100mの予備ステージ（主立坑と換気立坑をつなぐ水平坑道）が貫通したことにより，本予備ステージで予定している地下水水質観測のための掘削準備を開始した。なお，深度100m付近のボーリング座から掘削予定であった地下水圧力観測用のボーリング孔は，主立坑と遭遇した断層の影響を回避するため，地表からの掘削とし，6月中旬より掘削作業を開始した。また，昨年度に引続き，逆VSP探査を4月下旬に実施した。逆VSP探査は，立坑工事の発破を震源とした弾性波探査であり，立坑切羽前方の地質・地質構造の予測技術開発の一環として実施するものである。今後，主立坑の掘削深度が堆積岩の部分で約30m，花崗岩の部分で約50m掘進した時点で測定を行う予定である。

研究坑道の掘削に伴う地質環境の変化を捉えるため，第1段階で掘削した浅層ボーリング孔4孔（掘削長100～200m）及び深層ボーリング孔1孔（掘削長1,300m）を用いて地下水観測（間隙水圧，水質）を継続した。また，気象観測装置，土壌水分計，地下水観測井による表層水理定数観測，及び地下水位の変化に起因する地盤の傾斜ベクトルから水理地質構造を推定するための傾斜計による観測を継続した。

地質環境のモデル化・解析については，不確実性低減に向けた繰り返しアプローチに基づき，昨年度実施した孔間トモグラフィ調査及び孔間水理試験の結果に基づき，地質環境モデルの更新並びに解析を実施中である。また，第1，2段階で行った調査・解析結果のデータベースへの入力を継続した。

調査技術開発については，第2段階以降の調査研究に必要とされる技術として，ボーリング孔の閉塞技術に関し，本年度の開発試験の仕様を検討した。 また，研究所計画の概要及び主な研究成果を5月の地球惑星科学関連学会合同大会，6月の

アジア・大洋州地球科学学会などにおいて発表した。

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，突発湧水対策及び地震動評価に関する昨年度の検討結果を基に，設計結果の妥当性の検証方法や評価方法を具体化した。これらの成果を５月の国際トンネル協会の総会で発表した。また，策定した計測計画に基づき，坑道内での各種計測を実施しデータを取得中である。さらに，施工に深く関わる岩盤分類（等級区分）に関して，立坑坑口下部工のデータを見直して，立坑に最適な分類方法を検討した。

②　正馬様用地

既存ボーリング孔を利用した地下水の間隙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した。

(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一般部(深度50m程度以深）の掘削を行った。主立坑，換気立坑ともに2005年５月に深度100mまでの掘削を完了した。その後，主立坑と換気立坑をつなぐ水平坑道の掘削を行い，６月に掘削を完了した。主立坑と換気立坑の中心間の距離は40mであり，この水平坑道は両立坑を水平につなぐ坑道である。現在，水平坑道において電気設備や排水設備などの設置と,換気立坑において深度100m以深の掘削を行っている。

写真１　瑞浪超深地層研究所:100予備ステージ貫通式の様子（６/16撮影）

2.4　幌延深地層研究計画

2005年度第１四半期においては，2005年度調査研究計画に基づき，各種の現場調査を行うとともに，2004年度研究成果の取りまとめを実施した。2005年６月23日に幌延町役場及び及び北海道庁において，2004年度調査研究成果及び及び坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階の計画の説明を行った。

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

①　地質環境調査技術開発

地表地質調査については，大曲断層の露頭調査を開始した。また，地上物理探査（電気探査）の準備作業を開始した。

表層水理調査については，河川流量観測システムによる観測（３箇所）を継続実施した。また，幌延町内の４箇所における気象観測及び樹冠上蒸発散量計測を継続した。

ボーリング調査については，2004年度に掘削を開始したボーリング孔（HDB-11：2005年３月31日現在掘削深度803m，予定深度1,020m）の掘削及び孔内での各種試験を継続した。

②　地質環境モニタリング技術の開発

2004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，2004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のための準備を開始した。

アクロス（電磁アクロス）を応用した遠隔監視システムについては，北進地区における試験観測を継続した。

③　深地層の工学的技術の基礎の開発

地下施設の建設着手に向けた準備作業を開始した。掘削土（ズリ）置場整備工事に関わる準備作業及び地下施設排水管路の実施設計のための準備作業を実施した。

地上施設（研究管理棟，コア倉庫・ワークショップ棟）の建設を継続した（写真２）。

④　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①～③の研究項目について，室内試験などを開始した。

写真２　研究所用地の現在の様子（研究管理棟，コア倉庫・ワークショップ棟の建設）

①　人工バリア等の工学技術の検証
②　設計手法の適用性確認
③　安全評価手法の信頼性向上

(3) 環境調査

2005年度春季のモニタリング調査を行った。

(4) 開かれた研究

国内外の大学（北海道大学，京都大学など）や研究機関（電力中央研究所，産業創造研究所など）との研究協力を進めた。

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）と研究協力会議（2005年５月19−20日，スイス）を開催し，2004年度の共同研究成果の確認及び双方の研究開発に関する情報交換を行った。NAGRA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６に関しては，第３回国際管理委員会（2005年６月13−14日，スイス）に参加し，各プロジェクトの現状並びに計画の確認などを行った。CFM(コロイドの形成と移行の評価)プロジェクトについては，詳細な実施計画に基づき，JNCにおいて室内試験を継続している。LTD(放射性核種のマトリクス拡散)プロジェクトについては，キックオフ会議において詳細な実施計画を策定し，サイクル機構（瑞浪）では原位置試験に係る事前解析及び室内試験を開始した。また，グリムゼル原位置試験フェーズ５で実施したCRR(コロイドと放射性核種の遅延評価)及びHPF(結晶質岩中の高アルカリプルームの影響評価）の二つのプロジェクトについて最終取りまとめ作業を継続した。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，瑞浪に係る技術検討会議を１回開催し,NAGRAの研究者との意見交換をとおして，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(PRP)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評価のための追加解析を実施した。

(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・物質移行に関わるサイト特性調査及び予測技術に関する解析・検討を継続するとともに,2005年度以降の研究計画を検討･作成した。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の溶解度制限固相の把握，シリカ系での４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)とは，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として,コード開発･解析を継続している。

(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）に関する最終報告書作成に向けて，サンプリング試料を用いた分析，データ取得を継続している。

(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（熱ー水ー応力ー化学連成モデルの開

発確証に関する国際共同研究）に関して，各参加機関にて設定された環境条件に対して，連成解析等を実施している。

OECD/NEA熱力学データベースプロジェクト・フェーズⅡでは，Se，Zr，Ni及び有機物錯体データベース構築作業が完了した。

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）との二機関会議（2005年５月17日，東海）を開催し，双方の研究開発状況の報告と研究協力に関する協議を行った。協力の具体的な進め方やスケジュールなどについては協議を継続している。

４．関係機関との協力

国内関係機関との協力については，電力中央研究所との第２回専門委員会（６月２日）を開催するとともに，原子力環境整備促進・資金管理センターとの協力協定を締結し（４月28日），第１回協力委員会（６月14日）を開催し，今後の研究協力について協議した。電力中央研究所との協力については，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，2005年度分のコントロールボーリングによる掘削準備作業を開始した（予定掘削長700ｍ）。

５．研究成果の公的資源化

2005年３月８日に開催した2004年度の「地層処分技術に関する研究開発報告会」について，「発表資料／会場で寄せられたご意見・ご質問と回答」をホームページで公開した。
（http://www.jnc.go.jp/kaihatu/tisou/tisouqa/hokoku/siryou16.html）

また，2005年度半ばにおける研究開発成果の取りまとめの執筆を継続し，分冊１「深地層の科学的研究」，分冊２「工学技術の開発」JNC TN1400 2005－004，分冊３「安全評価手法の開発」の３冊のドラフトを公開した（JNC TN1400　2005－003～005）。さらに，報告書「地層処分技術の知識化と管理」（仮称）の執筆を継続した。

（本社：経営企画本部　バックエンド推進部）

概況報告
2005年4月～6月

軽水炉燃料再処理技術の研究開発

1．再処理施設

分離精製工場等は05－1キャンペーンの運転を2005年2月から6月に実施した。今四半期は約14.5tの使用済燃料を処理し，累積処理量は約1,089tである。

1.1　プルトニウム転換技術開発施設運転

プルトニウム転換技術開発施設は，混合転換に関する技術開発運転を2005年2月から6月に実施した。今四半期はMOXとして約158kg（Pu＋Uで約137Kg）を転換処理し，累積転換量はMOXとして約14.4t（Puとして約5.9t）である。

また，プルトニウム燃料センターに製品粉末をMOXとして約231kg（輸送回数10回）出荷した。

1.2　ガラス固化技術開発施設運転

ガラス固化技術開発施設は，改良型溶融炉を用いた開発運転を2005年2月から5月に実施した。今四半期は21本のガラス固化体を製造し，累積製造本数は190本である。

1.3　廃溶媒処理技術開発施設運転

廃溶媒処理技術開発施設は，廃溶媒の処理に関する技術開発運転を2005年2月から6月に実施した。今四半期は約5 m^3の廃溶媒を処理し，2本のプラスチック固化体を製作した。なお，廃溶媒の累積処理量は約437 m^3，プラスチック固化体の累計製作本数は1,772本である。

2．　技術開発

2.1　軽水炉燃料の再処理技術開発

(1) ガラス溶融炉に係る技術開発

1）ガラス溶融炉解体技術開発

ガラス溶融炉の更新に伴い発生した廃溶融炉の解体設備について，廃溶融炉へのアクセス方法及び解体手順の確認を行うとともに作動確認を実施した。また，電力会社との共同研究として実施する「ガラス溶融炉の解体に関する研究」の開始に向け，計画内容の検討等を行っている。

2）高減容ガラス固化研究開発

2004年度より電力会社との共同研究として進めている「再処理高レベル廃液の高減容ガラス固化に関する研究」において，追加試験に向けた試験計画内容の検討を行っている。

3）ガラス溶融炉の高度化技術開発

現行のガラス溶融炉の設計情報を整理するとともに，今後の高度化のための技術開発の進め方について検討を行っている。

(2) 低レベル放射性廃棄物処理技術開発

1）クリプトン除去技術開発

固定化ホット試験として，過去の固定化試験で発生した固化体（固定化容器）の保持特性試験を継続実施した。

固定化コールド試験として，ターゲット電極（ϕ200mm×H520mm）の容器高さを拡張した固定化容器を使用し，特性試験の準備を実施した。

クリプトン回収技術開発施設については，高圧ガス保安検査等の設備保全を行った。

2）低放射性濃縮廃液のセメント固化技術開発

硝酸塩を主成分とする低放射性廃液の処理処分費用の低減を目的に，セメントによる硝酸塩含有廃液の高充填固化技術の開発を進めている。本開発は，2002年度からセメント材の選定などの基礎試験を開始し，これまでに，模擬廃液及び実廃液のセメント固化試験を実施している。今年度は，低放射性濃縮廃液について固化処理条件を調査するとともに，実規模装置での固化試験を実施する計画である。今四半期は，当該試験の準備として計画内容の検討等を行っている。

(3) 再処理施設の安全性に係わる研究開発
再処理施設の安全性に係わる研究開発として，①再処理工程内で使用または発生する化学物質やその混合物について，反応時の挙動を把握しそれらのプロセス内での発生・蓄積・消滅等の挙動を把握することによる，施設安全性・安全裕度の評価②再処理施設の安全性を総合的に評価するための確立論的安全評価（PSA）を合理的，効果的に実施するためのシステム開発及びデータベース整備③急激な燃焼化学反応に対する施設の健全性を評価するための計算解析手法の研究を，今四半期も継続実施した。

2.2 再処理施設設置承認変更申請

東海再処理施設においては，今後，「ふげん」MOX燃料を中心とした研究開発運転に移行し，MOX燃料の再処理技術開発に向けた技術的知見の蓄積を図っていく計画である。このため「ふげん」MOX燃料の年間処理量の増加，また併せて原子炉船「むつ」の使用済燃料の処理に関する再処理施設の設置変更承認申請を2005年１月に行なっており，現在経済産業省において審査が進められている。

2.3 再処理施設の定期的な評価

使用済燃料の再処理の事業に関する規則（再処理規則）に基づく「再処理施設の定期的な評価」を2004年度より実施している。再処理規則に定められた「保安活動の実施の状況の評価」，「最新の技術的知見の反映状況の評価」，「経年変化に関する技術的な評価」及び「保全のために実施すべき措置に関する十年間の計画の策定」の４項目の実施に加え「施設の特性に応じた確率論的安全評価」を実施してきた。これらの評価内容については，５月より外部有識者による評価を受けているところである。

3．関連施設の設計・建設

3.1 低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）

(1) 施設の目的

本施設は，東海事業所再処理施設から発生する低放射性の固体及び液体廃棄物の減容処理の実証を目的とする。

(2) 施設の概要

本施設は，低放射性廃棄物処理技術開発棟（以下「技術開発棟」という。）及び発電機棟から成る。

技術開発棟の地下２階には受入貯蔵セル，蒸発固化室，給液調整室等を，地下１階には共沈セル，スラリ貯蔵セル，分析室等を，地上１階にはろ過セル，蒸発固化セル等を，地上２階には吸着セル，吸着室，焼却室，オフガス処理室等を，地上３階には焼却炉排気室，第６安全管理室，更衣室等を，地上４階には制御室，排気室，オフガス処理室等を，地上５階には給気室等を配置する。

また，低放射性液体廃棄物の受入及び払出しのため，技術開発棟は低放射性濃縮廃液貯蔵施設と第三低放射性廃液蒸発処理施設の間に設置された配管トレンチと接続する。

発電機棟の地上１階には発電機室，高圧配電盤室等を，地上２階には給気機械室等を配置する。

１）建家規模

① 技術開発棟
構造：鉄筋コンクリート造
階数：地下２階，地上５階
建築面積：約2,400m²
（延床面積：約15,000m²）

② 発電機棟
構造：鉄筋コンクリート造
階数：地上２階
建築面積：約600m²
（延床面積：約700m²）

２）主要設備

① 技術開発棟

ａ）固体廃棄物処理系

再処理施設より発生する低放射性固体廃棄物は，焼却炉にて焼却する。発生した焼却灰は，ドラム缶に封入し貯蔵施設で保管する。

（主要機器の能力）
焼却炉　約400kg／日以上　１基

ｂ）液体廃棄物処理系

再処理施設より発生する低放射性液体廃棄物は，沈殿剤等を添加して沈殿物を生成させ（共沈），ろ過処理する。ろ過処理後の廃液は，固化助剤を混ぜて調整後，蒸発缶へ供給し蒸発濃縮を行い，蒸発終了後，直接ドラム缶へ充填し自然冷却により固化体とする。発生した固化体は，貯蔵施設で保管する。

（主要機器の能力）
蒸発缶　約0.3m³/日以上　１基
　　約1.5m³/日以上　２基

② 発電機棟

技術開発棟の停電時に必要な電源を確保するため，発電機棟に発電設備を設置する。

(主要機器の能力)

ディーゼル発電機　容量1000kVA　2基

(3) 進捗状況

1）許認可

再処理施設に関する設計及び工事の方法に係る一部変更について，2005年4月28日に経済産業省へ申請した。

2）工事

技術開発棟建設工事は，建家の仕上げ工事，機器の製作・据付工事を継続した。

写真1にLWTFの工事外観を示す。

写真1　LWTFの工事外観

（東海：建設工務管理部
再処理センター）

概況報告
2005年4月～6月

環境保全技術開発

1．低レベル放射性廃棄物の管理

1.1　低レベル放射性廃棄物の処理処分技術開発

サイクル機構から発生する低レベル放射性廃棄物について，安全性を確保しつつ合理的な処理処分を進めるため，以下の対応を図っている。

(1) 低レベル放射性廃棄物管理計画

2002年３月に取りまとめた低レベル放射性廃棄物管理プログラムに基づき，各施設から発生するそれぞれの廃棄物に対して，合理的に廃棄体化処理を行うための廃棄物の分別，処理，廃棄体としての確認の方法に関する検討を継続している。

廃棄体化処理に関する検討の一環として，MOX系廃棄物，再処理系廃棄物のTRU廃棄物を処理する廃棄体化処理施設に対して，安全性，経済性の観点から最適な処理方法及び処理プロセスの検討を実施している。

また，廃棄物データの精度向上に向けた取り組みとして，昨年度に引き続き，再処理系の雑固体廃棄物に付着している核種の組成，放射能濃度のデータ取得を実施している。

(2) 低レベル放射性廃棄物処理技術開発

１）難処理有機廃棄物処理技術開発

焼却処理が困難な廃フッ素油，廃溶媒等の難処理有機廃棄物に対し有望と考えられる水蒸気改質処理（スチームリフォーミング）技術の開発を実施している。

この方法は，有機物を高温の水蒸気と混合することにより分解・ガス化し，次に空気との酸化反応により水，二酸化炭素等に分解無機化する技術であり，焼却炉と比較して小型で設備コストが低い，水分を多量に含む廃棄物及び不燃物を含む廃棄物の処理が可能といった特徴を有している。

当面の処理対象廃棄物である廃溶媒及び廃フッ素油のうち，廃溶媒の模擬試料によるコールド処理試験を終了した。廃溶媒の処理によって生成するリン酸ミストを回収するために昨年度に設置したデミスタの除去性能及び健全性確認試験を行い，リン酸ミストの99.9%以上を除去できることを確認した(写真１参照)。また,温度,空気比等の処理条件の最適化を図り，ホット処理試験に向けて試験装置の運転に問題のないことを確認した。

(3) 低レベル放射性廃棄物（TRU廃棄物）の処分技術開発

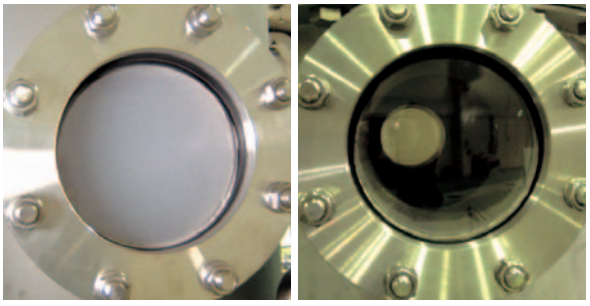
１）核種移行に係る個別現象モデル／データ整備

セメント系材料の地下水溶存成分・廃棄体溶出成分による変質，地下水溶存成分等やセメント系材料起源の高pHプルームによるベントナイト／岩盤の長期変質への影響及び硝酸塩の変遷に関する研究について，2005年度の計画を策定し，研究に着手した。

また，これまで得られた研究成果等に基づき，上記個別現象に関する解析・評価を行い，第２次TRUレポートを執筆した。さらには，第２次TRUレポートを支える技術資料及び根拠集の作成を実施している。

２）処分システムの長期安定性

これまで作成した長期力学挙動解析用の計算コード「MACBECE」の高度化（ポスト処理機能，ユーザーインターフェースの整備等）を主体とし



デミスタ通過前（白濁）　　デミスタ通過後（透明）

写真１　デミスタ通過前後のオフガスの様子

た処分システムの長期安定性に関する2005年度の計画を策定し，それに基づく作業・検討に着手した。また，既存の成果に基づく処分システムの長期安定性に関する核種移行への影響についての解析結果（力学的な変遷の影響は小さい）を第２次TRUレポートに反映させた。

３）システム性能評価

第２次TRUレポートの性能評価における決定論のレファレンスケース及び代替ケースの解析結果並びに包括的感度解析手法を用いた不確実性の影響解析結果について，第２次TRUレポートに記載すると共に，原子力学会秋の大会の予稿を作成した。なお，レファレンスケースにおいて線量を支配する核種はI-129であり，最大線量は約２μSv/年であった（図１参照）。

４）処分材料の高度化

2005年度は，ヨウ素フィルタの長期保持に関するサイクル機構の自主技術である銅マトリックス固化法について，マトリックス部とヨウ素の調和溶解性の確認等の研究計画を策定し，研究に着手した。

(4) ナトリウム洗浄・処理技術の開発

ナトリウムを使用した原子炉施設等のメンテナンスや施設の廃止解体時等には，放射性物質を含むナトリウムが付着した機器，配管等が払い出されるとともに，原子炉の冷却材として使われた多量の放射性ナトリウムが排出される。このため，安全かつ経済的に多量の放射性ナトリウムを処分する技術や機器の洗浄・除染を行う技術を確立する必要があり，それらの技術開発に取り組んでいる。

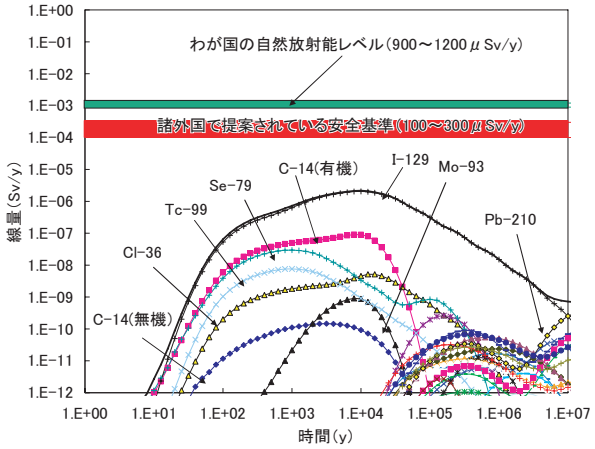


図１　レファレンスケースの解析結果

ナトリウム洗浄技術開発については，湿式ナトリウム洗浄法における洗浄方向性とナトリウム洗浄速度の関係について調査検討を進めた。ナトリウム処理技術開発においては，苛性ソーダ水溶液中にナトリウムを注入する際のナトリウム分散化について，噴出ガスの影響評価に関する反応領域確認試験を実施した。

２．廃止措置技術開発

2001年度策定した５ヶ年計画に基づき，以下のとおり各事業所にて施設の廃止措置を進めている。

2.1 「ふげん」の廃止措置

(1) 新型転換炉「ふげん」

新型転換炉ふげん発電所は，廃止措置に向けた準備作業を実施中である。

2005年３月30日から開始された第19回施設定期検査は９月末までの予定で継続実施中である。

施設の恒久停止に伴い，今後使用しない系統について，系統の水抜き・回収及び電源隔離などの措置を実施している。2005年４月にタービン設備のタービン潤滑油系について，系統（主油タンク）から潤滑油の抜き取り作業を実施した。本作業は2005年10月と2006年３月にも予定されており，最終的には約25,000リットルのタービン潤滑油を抜き出し，油脂類倉庫内にドラム缶で保管するが，この油は雑固体廃棄物焼却設備の予熱運転用の燃料として再利用していく。

「ふげん」の重水約240トンは，カナダのオンタリオパワージェネレーション(OPG)社で全量再利用される予定で，2005年度から年間約40トン（約20トン／回）の重水を搬出していく計画である。なお，搬出にあたっては，フィルタを用いて重水中のγ核種（コバルト60）を除去する作業を前年度に引き続き実施している。

2005年６月13日から２週間にわたり原子力安全・保安院による2005年度第１回保安検査が実施された。保安検査では，原子力安全に係る品質マネジメントシステムの保安規定への取り込みを踏まえ，保安活動に係るプロセス確認等を中心に詳細な検査が行われた。

今後も，安全確保のもと施設の適切な維持管理と廃止措置に向けた準備作業等を着実に実施していく。

(2)「ふげん」使用済燃料の管理及び保障措置

1）使用済燃料の搬出，輸送等

2005年度は2回の輸送を計画しており，第1回目（第25回使用済燃料輸送）を6月19日～23日にかけて実施した（ウラン燃料集合体：34体）。第2回目（第26回使用済燃料輸送）は第3四半期に計画している。

2）保障措置

IAEA及び文部科学省による通常査察が，2005年6月22日に実施され，監視機器（カメラ，放射線測定器）のデータ収集，在庫変動記録の確認及び貯蔵状況の確認が行われた。

(3) 技術開発

1）廃止措置準備

2005年1月から行っているトリチウム除去試験を継続している。本試験は，実際にトリチウムを含む重水と接していた，重水精製装置Ⅰの機器・配管の一部を試験体として使用し，重水（トリチウム）の乾燥に必要な乾燥空気の流量や湿度等のデータを取得するものである。ここで得られた成果は，将来の重水系統設備の解体を安全かつ合理的に行うための，トリチウム除去装置の設計や除去手順の策定に活用していく計画である。

「ふげん」における廃止措置エンジニアリング支援システム（DEXUS）の構築作業の一環として，廃止措置計画評価システム（COSMARD）に関する日本原子力研究所との共同研究や，拡張現実感技術（AR：Augmented Reality）を用いた現場可視化システムの開発に関する福井大学及び京都大学との共同研究等を継続している。現場可視化システムは，3次元CADによる設備情報等と実像を現場で携帯端末に重畳表示することで，例えば解体対象範囲や放射線の可視化を実現することにより，現場作業を支援するシステムで，廃止措置段階での作業に活用する計画である。

2005年5月23日から25日にかけてOECD/NEAの原子力施設廃止措置プロジェクトに関する科学技術情報交換協力計画協定の下で，第38回Technical Advisory Group（TAG）会議が，ふげん発電所にて実施された。当会議には，日本を含む6ヶ国より26名の専門家が出席し，各国の核燃料サイクル施設や原子炉の廃止措置の状況や動向について，技術情報の交換がなされた（写真2）。なお，TAG会議に先立つ5月21日に「敦賀国際廃止措置セミナー～地域との共存・共栄を目指して～」をアクアトムにおいて，一般公開で開催した。

写真2　TAG会議の様子

そのほか，放射能インベントリ評価，重水系や原子炉本体等の特有機器の解体手順，除染方法，廃棄物の処理方法等の調査，検討，試験を継続して実施している。

また，文部科学省が（財）原子力安全技術センターに委託して実施している「試験研究炉等廃止措置安全性実証等（研究開発段階炉の調査）」に継続して協力している。

2）国際貢献

①　文部科学省原子力研究交流制度

同制度の2005年度計画に基づく，海外研究者の受入れ，及び講師派遣の準備を進めている。今年度は7月に中国から2名，10月に中国，マレーシアから各1名を受け入れ，中国核動力研究設計院（NPIC）に4名の講師団を1回派遣する予定である。

これまでの同制度に基づく海外研究者の「ふげん」への受け入れ，及び講師団の派遣実績は，2005年6月末現在累計でそれぞれ72名，及び54名である。

3）高燃焼度MOX燃料の再処理特性研究

「ふげん」で高燃焼度（約40GWd/t）を達成したMOX燃料を利用し，再処理時の溶解特性を把握するため，日本原子力研究所と共同で研究を進めている。今期間中は，昨年度に実施した約10gのMOX燃料の小規模溶解試験で得た不溶解残渣の分析作業を継続して実施するとともに，燃焼率測定作業を進めた。

2.2　製錬転換施設の廃止措置

(1) スクラップウラン処理

UF_4破砕乾燥設備による二級品UF_4の乾燥処理を継続している。

(2) 含ウラン硝酸廃液処理

硝酸廃液を分解処理する廃液処理試験装置の改造と試運転を実施した。

2.3　ウラン濃縮施設の廃止措置

(1) 原型プラント

第一運転単位（DOP-1）は2001年２月に，原料の供給を終了し,窒素ガスを封入し維持している。

(2) 滞留ウラン除去・回収技術開発

濃縮機器やプラント内に滞留しているウランを除去・回収することを目的として，製錬転換施設においてフッ化ガス（７フッ化ヨウ素）製造設備の運転を実施している。また，ウラン濃縮原型プラント第二運転単位（DOP-2）で，滞留ウラン除去・回収試験を継続した。

(3) 遠心機処理技術開発

使用済み遠心機の解体・除染処理技術の開発を目的にウラン濃縮原型プラント第二運転単位（DOP-2）遠心機の処理試験等を行った。

2.4　解体エンジニアリングシステムの構築

人形峠環境技術センター施設設備に関する仕様，物量，性状等を含むデータベース化の業務を継続するとともに，解体エンジニアリングシステム（プロトタイプ）への情報集約を行なった。

また，センターのウラン系施設廃止措置計画策定に関する検討を継続した。

2.5　デコミッショニング技術の開発

大洗工学センターにおいて解体を進めている施設（重水臨界実験装置（DCA））及び今後解体が予定されている施設（旧廃棄物処理建家）について，その特徴を考慮した解体技術の開発及び合理的な施設解体方法の検討を実施している。これらの検討ツールとして，施設内に設置された機器の情報（３次元位置，材質，放射能量等）を基に解体手順などを選択して，解体に必要なコスト，人員，工程，被ばく量等を算出し，解体計画の最適化を図るデコミッショニング評価システム“DECMAN”を開発している。

解体技術開発として，旧廃棄物処理建家から取出したサンプルを用いた除染試験を実施し，目標とした除染係数が得られることを確認した。現在，この結果を元に，除染に伴い発生する廃液量低減に向けた検討を進めている。

2.6　DCA廃止措置

DCAは，1969年の初臨界以来，新型転換炉開発のための研究開発を実施し,新型転換炉原型炉「ふげん」の設計，運転及び実証炉の設計に成果を反映し，所期の目的を達成した。その後，1995年から2000年にかけて未臨界度測定技術開発を目的とした研究開発を進め，臨界度モニター開発の見通しを得た。また，1991年より，毎年東京工業大学大学院生の実習の場としても利用され，2001年９月26日に32年間の運転を終了した。その後，2002年１月21日に国に解体届を提出し，廃止措置に着手した。

DCAの廃止措置は，原子炉機能を停止する第１段階（2001年度開始），燃料棒分解洗浄設備等を解体撤去する第２段階（2003年度開始），原子炉本体を本格的に解体する第３段階（2008年頃開始),そして原子炉建屋を解体する最終段階の第４段階（2013年頃開始）に分けて実施する計画で，現在第１段階を終了し,第２段階を実施中である。また，図２に廃止措置の概略を示す。

当該四半期においては，採取試料の放射化量測定を行い，その結果を元に今年度実施する試料採取ポイント等の検討を行っている。

3．鉱山跡措置

鉱山保安法及び環境保全協定等に則して構内及び構外の鉱山関連施設の維持・管理を継続した。

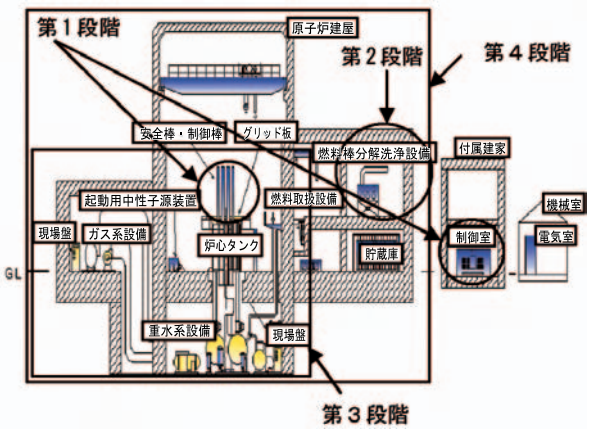


図２　DCA廃止措置概略図

また，方面捨石たい積場からの捨石撤去，措置に係る調査を継続した。

鉱さいの措置に関連して，坑水処理に係る廃棄物発生量の低減化に向けた水質調査及び鉱さい等の長期的な安定化方策及び安全性にかかわる評価に向けた検討を継続した。また,露天採掘場跡地，鉱さい堆積場周辺の地下水モニタリング及び測定技術開発等を継続した。

4．関連施設の設計・建設

4.1　低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）

「軽水炉燃料再処理技術の研究開発」の章に記載。

4.2　固体廃棄物処理技術開発施設（LEDF）

大洗工学センターの「常陽」や照射後試験施設等で発生した放射性廃棄物は，固体廃棄物前処理施設（WDF）等で前処理した後に，日本原子力研究所大洗研究所の廃棄物管理施設で処理・保管を行っている。しかし，研究開発の進展等に伴い，廃棄物発生量の増大等の課題が顕在化している。そこで，廃棄物の高減容化，安定化に関する技術開発とその実証を図るとともに，照射試験等を円滑に推進するための固体廃棄物処理技術開発施設（LEDF）の建設を計画している。

[施設の概要]

○処理能力：約13トン／年

○建家規模

・構造：鉄筋コンクリート造

○処理フロー及び建家概念

・図３にLEDFの処理フローと建家の概念を示す。

2004年度は，表１に示す計画に基づき，内装設備（部屋配置，処理プロセス，物流計画等）の詳細設計Ⅰと建屋実施設計Ⅰを実施した。2005年度は，内装設備詳細設計Ⅱと建屋実施設計Ⅱを実施することとしており，当該四半期においてはその契約準備を進めたほか，内装ー建家間の詳細な施工取合い調整等を実施した。

図３　処理フロー及びLEDF鳥瞰図

表１　固体廃棄物処理技術開発施設（LEDF）設計工程

	平成17年度	平成18年度	平成19年度
○固体廃棄物処理技術開発施設（LEDF）			
(1)　内装設計	詳細設計Ⅱ		
(2)　建家設計	実施設計Ⅱ		
(3)　建設工事等	許認可手続		建家建設工事

本社：経営企画本部
　　バックエンド推進部
東海：環境保全・研究開発センター
大洗：開発調整室
人形：環境保全技術開発部

概況報告
2005年4月～6月

核物質管理と核不拡散対応

1．核物質管理

1.1　核物質防護

(1) 核燃料施設の核物質防護に関する米国エネルギー省（DOE）との共同研究の下で「核物質防護評価手法に関するワークショップ」を実施した（6月13日～17日）。

(2) 新法人の核物質防護規定の改訂方針等を審議する中央核物質防護委員会を開催した（6月30日）。

1.2　核物質の輸送

(1) 輸送業務

ふげん使用済燃料の輸送（ふげん→東海）

(2) 輸送及び輸送容器関係許認可業務

≪輸送に係る許認可≫

主務大臣の確認が必要な輸送物及び輸送方法について，以下の許認可手続きを行った。

許認可手続き	2005年		
	4月	5月	6月
核燃料物質等運搬物確認申請（原子力安全基盤機構）	0	1	1
核燃料輸送物運搬確認申請（国土交通省又は原子力安全基盤機構）	0	1	2
件　数	0	2	3

≪輸送容器に係る許認可≫

TN-9121/B型輸送容器について，文部科学省に対し，以下の許認可手続きを行った。

許認可手続き	2005年		
	4月	5月	6月
容器承認申請	0	1	0
件　数	0	1	0

(3) 輸送容器の開発等

①六ヶ所再処理MOX粉末用輸送容器開発における原型試験容器の製作工程を含め今後の開発工程の検討を実施した。

②輸送の核物質防護に係る技術開発について，米国サンディア研究所との共同研究作業を継続実施した。

(4) 計量管理報告

核物質の在庫及びその増減の状況について以下の報告書を文部科学省へ提出した。

表1　核物質の在庫及びその増減の状況

（6月30日現在）

報告書名	件数	提出日（2005年）
在庫変動報告書(ICR)	63	4/15, 5/13, 5/31, 6/15
実在庫量明細報告書(PIL)	0	
物質収支報告書(MBR)	2	5/31
国籍管理報告書(OCR)	76	4/7, 4/28, 6/30

2．核不拡散対応・保障措置

2.1　保障措置対応

IAEA及び文部科学省との保障措置の実施等に関する会合に出席した（5月30日－6月1日WG会合及びプレナリー会合，6月2－3日保障措置技術打合せ会合)，6月28，29日（もんじゅ関係技術会合))

2.2　核不拡散

(1) 核不拡散対応研究会2005年度委員委嘱を行い，委員会開催について準備を行った（第1回：8月3日（東京事務所)，第2回：9月予定)。

(2) 核不拡散・保障措置委員会2005年度委員委嘱を行った。(開催は8月下旬－9月上旬を予定)

（本社：国際・核物質管理部）

概況報告
2005年4月～6月

安全管理と安全研究

1．個人被ばく線量測定・評価技術の高度化

1.1　外部被ばく線量測定･評価技術の高度化研究

臨界事故時における個人被ばく線量の評価手法の高度化を目的とした，モンテカルロ計算コードMCNPによる想定場所におけるスペクトル計算の準備を開始した。個人線量計による線量評価に必要となる換算係数は，事故により放出される放射線のスペクトルに大きく依存することから，まず再処理施設の一工程に着目し，事故想定の情報及び建屋構造の調査を行った。

また，現在東海事業所で使用している個人線量計（TLDバッジ）について,100 μ Sv未満の低線量域における線量評価精度の向上を目的に，γ線量当量評価用の2種のTLD，ホウ酸リチウムと硫酸カルシウムのうち，後者を活用した線量評価法の構築のための特性試験に着手した。計画では，硫酸カルシウム素子の前後に適切なエネルギー補償フィルタを配置し，エネルギー特性を改善する予定である。

1.2　内部被ばく線量測定･評価技術の高度化研究

前回報告した内部被ばく線量評価に係る相互比較試験（joint IDEAS/IAEA intercomparison exercise on internal dose assessment）のリザルトワークショップ（2005年4月:ウイーン）に参加した。ワークショップでは，参加者全体の評価結果が明らかにされるとともに，代表参加者による評価方法の紹介やガイドラインの策定に向けた議論がなされた。本試験では，実例を含む6事例が与えられており，事例によっては参加者間の評価結果に大きなばらつきが認められた。サイクル機構の評価結果は，参加者間の平均値と概ね一致した。ばらつきの要因としては，モニタリングデータと線量評価モデルの計算値とのフィッティングやモニタリングデータの不確かさ程度を表すパラメータの設定値の違い等が挙げられ，ガイドラインに反映すべき課題が具体化された。

イメージングプレート（IP）システムを用いた肺モニタリングの適用に関する研究及び体外計測機器の相互比較に関する研究については，前期から継続している。なお，前者については，これまでの成果を取りまとめ，日本保健物理学会（2005年6月：六ヶ所村）で発表した。

2．放射線モニタリング技術の高度化研究

2.1　放射線測定器の校正手法の高度化研究

中性子個人線量当量（$H_p(10)$）を測定する測定器を新たに開発した。図1に開発した中性子線量当量測定器の外観を示す。本測定器は，周辺線量当量（$H^*(10)$）を測定する，いわゆるレムカウンタを，ボロン入りポリエチレンからなる遮へい体の中に中心を偏心させた状態で埋設させ，一部分だけを遮へい体から露出させた構造をもつ。これにより，中性子エネルギーと入射角度の関数となる$H_p(10)$を測定できるようにした。

中心部の熱中性子検出器の配置，各部の形状と厚さは，モンテカルロ計算コードMCNP4C2によ

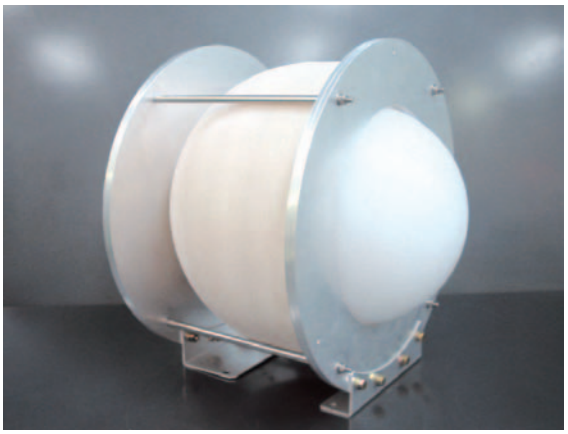


図1　中性子個人線量当量測定器の外観

るパラメータサーベイによって決定した。

MCNPで計算した，エネルギー特性とCf-252に対する方向特性は，正面入射（α＝0°）時にはレムカウンタとほぼ同等のエネルギー特性，正面入射時以外には$H_p(10)$の角度依存係数R(α）に近い方向特性を実現している。

また，製作した中性子個人線量当量測定器の特性試験を東海事業所計測機器校正施設のハイブリッド減速中性子校正場で実施しており，例えば実作業現場で中性子個人線量計の照射試験を行う場合に基準となる$H_p(10)$を評価する目的等で本測定器を使用する予定である。

以上の成果は，日本保健物理学会（2005年６月：六ヶ所村）で発表した。

2.2　臨界監視技術の高度化に関する研究

次世代臨界警報装置開発の一環として，中性子とγ線を単一の検出器で検出し，かつ両者による合計の吸収線量を測定する新しい臨界検出器を開発した。本検出器は，プラスチックシンチレータと光電子増倍管からなる検出部を，熱中性子ー捕獲γ線コンバータであるCd，さらにポリエチレン減速材で覆うことによって，検出器の外部から入射するγ線だけでなく，Cd（n，γ）反応を利用して間接的に中性子も検出する。

ポリエチレン減速材の寸法とCdコンバータの配置を変えながら，γ線と中性子に対する感度のバランス（１：１が望ましい）と，臨界事故時の想定中性子スペクトルに対する中性子感度の依存性（小さい方が良い）の２点に着目し，適切なCd及びポリエチレン減速材の配置と構造を，モンテカルロ計算コードMCNPを用いて計算した。その結果，ポリエチレン減速材の厚さを50mmとし，厚さ１mmのCdをプラスチックシンチレータと減速材の境界面と減速材表面から深さ35mmの二層に配置することとした。現在，この新型臨界検出器の特性試験を実施している。

一方，臨界安全監視システム開発の一環として，臨界事故発生直後などに想定される希ガスによる高計数率を計測することを狙いとし，従来のシステムの比例増幅器以降の計測系に替え，データの連続記録及び転送機能を含む高速データサンプリング（10^6個データ/秒）能力を有するパソコン組込型A/D変換カードを採用して，製作した計測システムの基礎試験を開始した。

2.3　放射線モニタのシミュレーション応答解析に関する研究

放射線モニタの応答シミュレーション技術の実機の設計評価への応用を進めている。

今期は，これまで電子やγ線の検出過程で使用してきたEGS4のバージョンアップへの対応の検討を開始した。

3．環境安全技術の高度化研究

3.1　海洋環境における放射性物質移行モデルに関する研究

地球規模の海洋環境における放射性物質移行モデルに関する研究では，放射性物質の海洋放出に伴う海産生物からの内部被ばく線量を計算するため，国連食料農業機関（FAO）による漁業地域区分（図２参照）に合わせて表層海水中平均濃度を

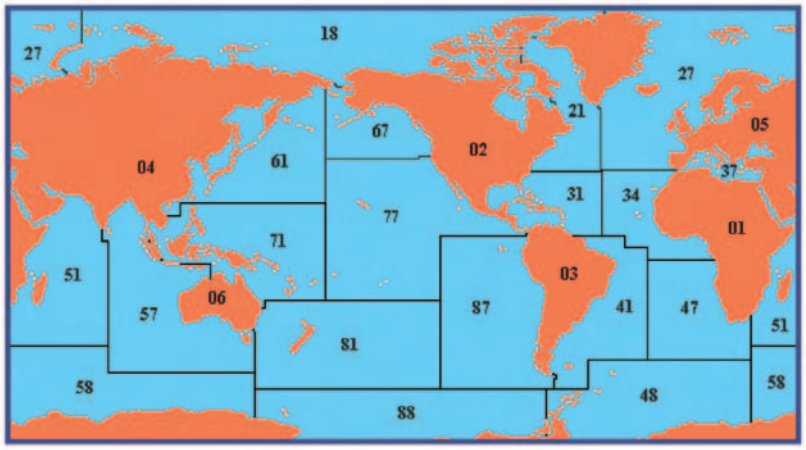


図２　FAOによる漁業地域区分（FAOホームページより）

算出できるようなプログラムを作成した。また，FAOホームページから各国の漁業地域区分別漁獲量の情報を入手し，整理した。

3.2 環境試料の分析及び測定技術の高度化に関する研究

時間間隔解析法を用いた天然放射性核種と人工放射性核種の弁別測定を目的とし，製作した改良型試作器でTh-230電着線源を用いて，相関事象率（検出器に入射したPo - 214起源のα線に対するBi-214のβ線とペアで測定されたPo-214起源のα線の割合）の測定を行った。

Po-214の全計数に対して相関事象率は30%であった（図3参照)。この結果から，検出器の計数効率を考慮すると，本システムは線源上のPo-214のうち10%程度を測定できることとなる。今後，実際の試料を測定し，α線モニタとして使用する際に必要な条件を算出する予定である。

一方，質量分析法を用いた極低濃度放射性核種の定量に関する研究では，誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）を用いたTc-99（半減期21万年）の定量法に関して研究を実施した。これまでに得られた基礎研究及び文献調査に基づき，分析方法を考案し，実試料として東海沿岸3地点の海藻を用いて分析した。実試料にTc-99を添加し本分析法の回収率を求めた結果，1）65%以上の回収率を得られ，2）ICP-MSによる測定の際に妨害となるRuの除去を行うことができた。ICP-MSによる検出下限値を算出したところ，6.5×10^{-5}Bq/mlとなり，最終溶液20ml，供試料2 kg，回収率60%とした場合の本分析法による検出下限値は，1.1×10^{-3}Bq/kg・乾となった。分析した海藻については，いずれも本検出下限値を上回り検出された。今後，さらに分析件数を増やして本分析結果の妥当性等を検討していく。

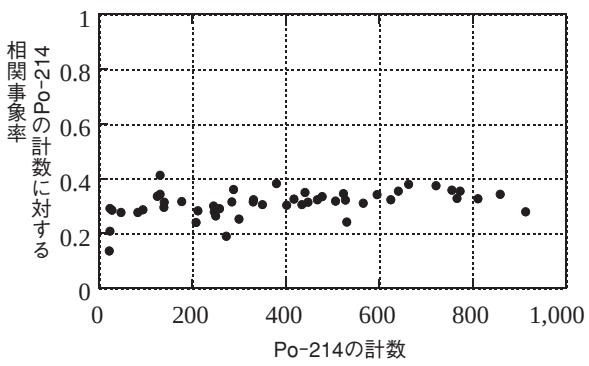


図3　Po-214の全計数と相関事象率

3.3 大気中ラドン濃度の測定

サイクル機構はウラン鉱山跡地を有し，ラドンの監視が義務づけられている。しかし，ラドン測定についてはJISなどの規格が国内に存在しないため，国内外の動向を把握しつつ，測定法自身も開発研究する必要がある。

今期は，前期に引続いて，積分型測定器による大気中ラドン濃度の測定，地表からのラドン散逸量の測定等の調査を継続した。さらに，各種測定器の試験を実施した。その他，長期間の平衡等価ラドン濃度を測定する積分型ラドン娘核種測定器による実環境試験を継続した。

また，日本保健物理学会（2005年6月：六ヶ所村）において，国内比較試験結果に関する発表を行った。

4．安全工学研究

4.1 異常事象時における換気系の安全性に関する研究

2001年度から2004年度まで実施した最近の閉じ込め機能に関する動向，解体核平和利用のため，最新のMOX加工施設として米国で建設が計画されているMFFFの閉じ込め機能（図4参照）の調査，換気系の解析として従来の研究にて実施したGB火災試験（実験）に関する一次元の解析と最近の汎用CFDコードによる3次元解析の比較等検討結果を取りまとめ成果調査票を作成した。

当該研究については,2004年度で終了した。

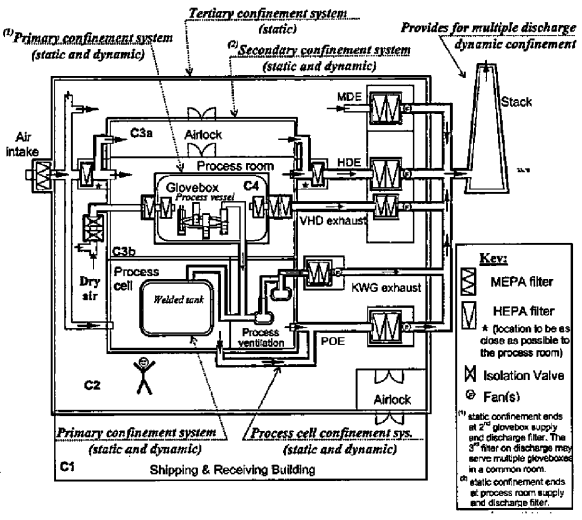


図4　MFFFの閉じ込め機能概念図

4.2　核燃料施設の安全解析手法の開発・整備

中性子及びγ線線量評価コードシステムの合理的な遮へい評価を実施するための高度化整備として，核定数ライブラリ等の改良を継続して実施した。

MOX非均質系，PuO_2均質系の臨界ベンチマークとして，これまで実施されたものに加えて，International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experimentsに示されている実験に対する評価・検討を許認可評価用解析コードシステムSCALE4を用いて行った。また，最新計算コードの核燃料施設へ迅速な適用のため，モンテカルロ計算コードMCNP5及びSCALE5のMOX均質系，MOX非均質系及びPuO_2均質系ベンチマーク計算に対する検討·評価を実施した。MOX均質系の不均一効果に対する検討をSCALE5の新機能である最適条件計算モジュールSMORESを用いて実施した。

また，プルトニウム燃料センター第三開発室等の加工事業許可申請に対する協力として，臨界安全に関する評価·検討を行った。

4.3　核燃料施設の確率論的安全評価の適用研究

MOX施設へのPSA適用性研究として,核燃料施設の事故シナリオ，事故評価・解析手法の検討のため，前年度に調査を実施した化学プラントでの定量的安全評価手法として，米国化学工業協会（AIChE）化学プロセス安全センター（CCPS）によって構築された半定量的な簡易リスクアセスメント手法である防護層解析手法：LOPA（Layer of Protection Analysis）（図５，６参照）について取りまとめ,その適用性について検討を行うとともに，事故シナリオの検討，放射性物質の移行評価，主要なリスク因子の分析の観点から,最新のMOX加工施設である米国のMFFFの安全解析に関する申請者及び規制側の資料の調査結果を取りまとめた。

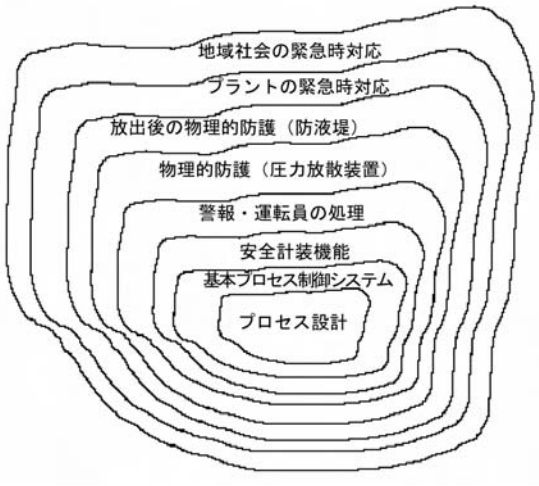


図５　化学プラントの独立防護層の概念
（各層の頑強度は,種々の条件により変化する可能性がある。）

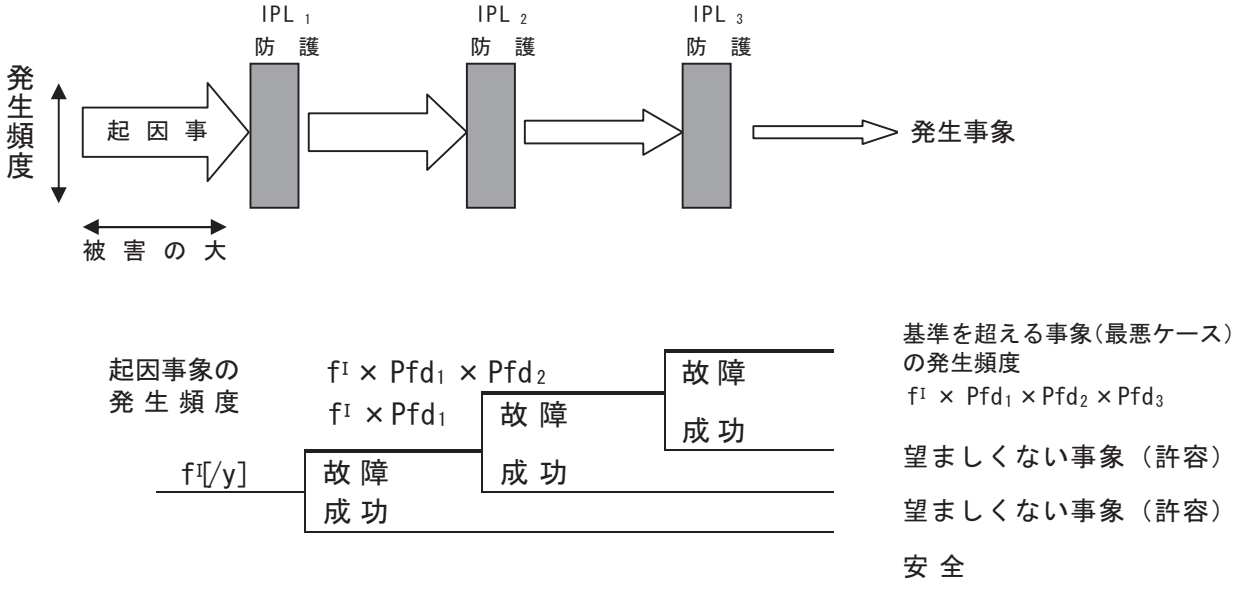


図６　防護層解析とイベントツリーの比較

（本社：安全推進本部）

国際会議
海外派遣・留学
主要外国人の来訪
国際協力
余剰兵器解体プルトニウム処分協力

1．国際会議

1.1　国内

期　　間	開 催 場 所	会　議　名　及　び　内　容
2005年５月17～18日	東　　海	JNC/KAERI間の「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発分野取り決め」に基づく二機関会議
2005年６月13～17日	東　　海	DOE/SNL間の核燃料施設の核物質防護に関するワークショップ

1.2　国外

期　　間	開 催 場 所	会　　議　　名
2005年４月23～30日	仏国 カダラッシュ研究所	日米仏三カ国間協力：「もんじゅ」MA照射試験専門家会合
2005年６月28～29日	オーストリア IAEA本部	日-IAEA 「もんじゅ」保障措置技術会合
2005年６月28～30日	米国 DOE	日仏米「もんじゅ」MA燃焼・「常陽」照射試験協力会議

2．海外派遣・留学

期　　間	派 遣 ・ 留 学 先	目　　的
2005年５月～2006年５月	米国 ロスアラモス国立研究所	非破壊測定技術に関する調査及び研究
2005年５月～2006年５月	仏国 カダラッシュ研究所	Am添加燃料等の設計，製造等の研究への参画
2005年５月～2007年６月	仏国 カダラッシュ研究所	CEA/JNC先進技術協定に基づく高速炉概念検討の共同研究

3．主要外国人の来訪

訪　問　日	訪 問 場 所	訪　　問　　者
2005年４月18日	常　　陽	仏国原子力庁（CEA）プラデル原子力局長
４月19日	もんじゅ	CEAビュガ長官
４月27日	東　　京	ロシア原子炉科学研究所（RIAR）グラチョフ所長
５月17，20日	東海，幌延	米国原子力規制委員会（NRC）ライアン原子力廃棄物諮問委員会委員長
５月20日	東　　海	韓国科学技術部（MOST）キム原子力局長
６月３日	東海、大洗	中国国家核安全局（NNSA）国際協力処長ほか
６月19日	東　　海	NRCジャツコ委員
６月24日	東　　海	ビジャゴメス駐日エクアドル大使等

4．国際協力協定

4.1　文部科学省原子力研究交流制度に基づく協力

原子力研究交流制度に基づき2005年度は14名の研究者受入れを計画（東海２名，大洗６名，ふげん４名，敦賀２名），現在受入れ手続きを実施中である。受入れ開始は７月を予定している。なお，2004年度受入れ研究者の2005年度継続受入れ研究者２名の内，１名が研究を終了した。

4.2　国際特別研究員制度に基づく研究者招へい

(1) 国際特別研究員の2005年度での受入れに関して，2005年１月及び４月開催の国際協力関係会議において受入が承認された研究員が幌延深地層研究センター及び敦賀国際技術センターに各１名が着任した。

(2) 同制度による研究員は，合計８名が在籍中（東海３名，敦賀２名及び本社，瑞浪，幌延各１名）である。

5．余剰兵器解体プルトニウム（解体プル）処分協力

5.1　日露共同研究

(1) ロシア解体プルトニウムを高速炉BN-600[*1)]で燃焼処分する３体デモ照射は，ロシア原子炉科学研究所（RIAR）との共同研究を終了し，国内での評価報告書を作成している。

(2) RIAR施設整備は，RIARとの共同研究契約に基づき，BN600ハイブリッド炉心へ燃料供給する設備増強のための改造を実施している。

(3) 21体デモ処分は，解体プルトニウムを振動充填法によりMOXバイパック燃料集合体（21体）とし，高速炉BN-600で燃焼処分するRIAR，（株）ペスコとの共同研究に基づき実施中である。

６月６日～６月９日にRIARにて第３回の燃料製造立会い検査を開催し，燃料製造，照射後試験の進捗状況を確認するとともに，PIE計画について調整した。

5.2　海外の動向調査

米露間で検討中の核兵器解体に伴って発生するプルトニウム処分に関する米露の取組み及びその他の国際動向について，情報収集の契約に基づき，公開資料，米国行政担当者等へのインタビューを通じ，調査を行っている。

＊1）BN-600 : Buistrui Neitron (Fast Neutron)-600　ロシアの高速原型炉

（本社：国際・核物質管理部）

活動報告
2005年4月～6月

業務品質保証活動

業務品質保証活動においては，公衆と環境の安全及び社会的信頼の確保を前提とした原子力の開発及び利用の促進に係る業務の高い品質を確保することを目的に，すべての業務を対象として，業務に要求される品質（要求品質）を定め，その達成に向けた活動を推進している。

1．業務品質改善活動

2004年度終了に伴い，各事業所等の経営管理サイクルと業務品質改善活動に係る2004年度業務の実施結果を６月に理事会議に報告した。

また，各事業所等から2004年度業務品質保証活動の実施状況に係る報告書の提出を受け，理事長への報告書をとりまとめた。

2．指導会

各事業所に対して，2005年度の検討テーマの募集を行った。また，品質保証の専門家による指導のもと，大洗工学センターの指導会を開催した。

3．安全・品質監査

2005年度の安全・品質監査実施計画は，品質保証委員会，中央安全委員会における審議を経て，６月に理事長の承認を得た。2005年度監査は６月から７月にかけて実施するほか，2004年度監査における指摘事項等の処置状況確認を行う計画である。６月は，東濃地科学センター及び幌延深地層研究センターを対象に安全･品質監査を実施した。

4．品質保証委員会

品質保証委員会は，サイクル機構における業務品質保証活動について，理事長の諮問に応えて審議を行い，業務品質保証活動の円滑な推進を図るため設けている。

５月に品質保証委員会を開催し,2005年度安全･品質監査の実施について審議したほか，各事業所等における業務品質保証活動の2004年度活動実績と2005年度活動計画について報告を行った。

5．ISOの認証取得・維持活動の推進

ISO等の国際認証取得・維持活動の推進のための教育･研修として，東海事業所において，JEAC4111内部監査員養成研修を,人形峠環境技術センターにおいてJISQ14001-2004改訂概論研修を実施した。

6．業務品質保証に関する階層別教育

業務品質保証活動の推進に必要な考え方の理解を深めることを目的に階層別教育を実施している。

主務クラスに対し，業務品質保証に関する教育を２回実施した（写真１）。

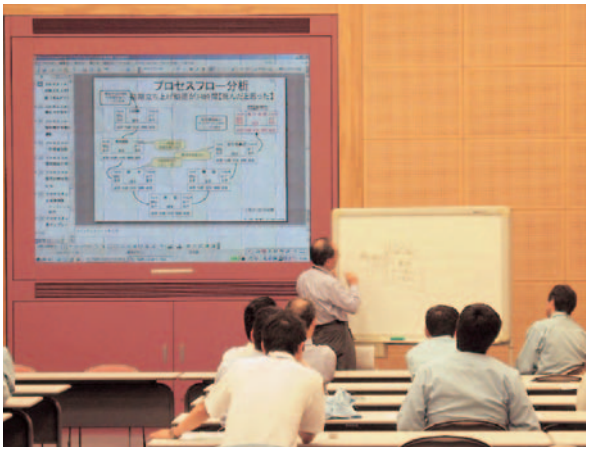


写真１　業務品質保証教育風景

（本社：品質保証推進部）

活動報告
2005年4月～6月

外　部　発　表

1．外部発表

1.1　外部発表実施状況

2005年4月から6月において外部発表終了の届けがあった外部発表資料は次のとおりである。

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	高速増殖炉（FBR）関係（51件）	
1	バスタブ渦の気液界面構造に関する数値解析	日本原子力学会北関東支部若手研究発表会（テクノ交流館リコッティ）2005年4月22日
2	高速増殖炉ヘリカル伝熱管探傷プローブの振動によるセンサノイズとその対策（第1報、モックアップによる実験）	日本機械学会論文集C編　2005年4月28日
3	高速増殖炉に適用可能な水素製造技術の開発	水素利用技術集成　2巻　2005年5月1日
4	環境助長劣化によるSUS304鋼の磁気特性変化	日本AEM学会誌　13巻2号　2005年5月1日
5	Characterization of Neutron Fields Using MCNP in the Experimental Fast Reactor JOYO	第12回原子炉ドシメトリー国際シンポジウム（ガトリンバーグ）2005年5月9日
6	温度計の流力振動ー「もんじゅ」の事故とその後の対策	流体力学の最近のトピックス2005　退官記念講演会（金沢大学）2005年5月14日
7	ガス巻込み予測のための有限要素法に基づく乱流解析コードの適用性評価	平成16年度電中研研究年報　2005年5月15日
8	Conceptual Design of Hydrogen Production Plant with Thermochemical and Electrolytic Hybrid Method Using a Sodium Cooled Reactor	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
9	Conceptual Design Study of Small Sized Sodium Cooled Reactor	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
10	Construction of Sodium-cooled Medium-scale Modular Reactor in Consideration of In-Service Inspection and Repair	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
11	Current Status of a Feasibility Study Project on Commercialized Fast Reactor Cycle Systems in Japan	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
12	Overview of an R&D Plan for the Development of a Generation IV Sodium-Cooled Fast Reactor System	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
13	Whole Region Analysis for Sodium-Heated Steam Generator Including Cover Gas Volume	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月15日
14	Experimental Study of Sodium - Carbon Dioxide Reaction	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月17日
15	The Promising Fast Reactor Systems and Their Development Plans in Japan	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月17日
16	Current Status of R&D for FBR Cycle System in Japan	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月18日
17	Advanced Core Design Studies with Oxide and Metal Fuels for Next Generation Sodium Cooled Fast Reactors	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月20日
18	Conceptual Core Design Studies of Helium Cooled Fast Reactor with Coated Particle Fuel	ICAPP2005　（ソウル）2005年5月20日
19	Investigation of Polonium Removal Systems for Lead-Bismuth Cooled Fast Reactors Using a Tellurium Surrogate -Part III	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
20	Corrosion Behavior of High Chromium Steels in Flowing Lead-Bismuth at 823K under Active Oxygen Control	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
21	Development of a New Thermochemical and Electrolytic Hybrid Hydrogen Production System for Sodium Cooled FBR	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
22	Development of Blow Down and Sodium-Water Reaction Jet Analysis Codes -Validation by Sodium-Water Reaction Tests (SWAT-1R)-	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
23	Development of Ultrasonic Flow Meter for Liquid Lead-Bismuth Flow	ICONE-13　（北京）2005年5月16日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	高速増殖炉（FBR）関係（51件）	
24	Heat Transfer Coefficient around a Single Heated Rod Immersed in Sodium Pool with Gas Jet Injection	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
25	Intermediate Evaluation of a Feasibility Study Project on Commercialized Fast Reactor Cycle Systems in Japan	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
26	Numerical Investigation on Local Heat Transfer under Large Scale Eddy Motion	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
27	Reaction Behavior of Lead-bismuth Eutectic with Liquid Sodium	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
28	Thermal-Hydraulic Design Concerning Reactor Upper Plenum and Large Diameter Piping for the Innovative Sodium-Cooled Fast Reactor	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
29	Thermophysical Properties of Lead-bismath Eutectic for Use in Reactor Safety Analysis	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
30	鉛ビスマス中で高クロム鋼表面に形成する酸化物層の酸素濃度及び温度変動条件下の安定性	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
31	水中の固体粒子ベッドからなる多相流れのシミュレーション	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
32	Study on Vortex Cavitation in a Compact Fast Reactor – Effects of System Pressure on Inception Condition –	ICONE-13　（北京）2005年5月17日
33	Promising Fast Reactor Systems in the Feasibility Study on Commercialized FR Cycle Systems	ICONE-13　（北京）2005年5月18日
34	Feasibility Study of In-Sodium Imaging Technique Employing Gamma-ray Emission	ICONE-13　（北京）2005年5月19日
35	Component Function of Self Actuated Shutdown System in the Experimental Fast Reactor JOYO	ICONE-13　（北京）2005年5月20日
36	Current Status of R&D Activities at OEC and Community Relation	International Symposium on Technetium- Science and Utilization　（大洗工学センター）2005年5月24日
37	Transmutation of Technetium in the Experimental Fast Reactor JOYO	International Symposium on Technetium- Science and Utilization　（大洗工学センター）2005年5月24日
38	Thermal Conductivity of Ceramics during Irradiation	7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology　（日本科学未来館）2005年5月26日
39	Microstructural Evolution during Creep of 9Cr-ODS Steels	7th International Symposium on Fusion Nuclear Technology　（日本科学未来館）2005年5月27日
40	Experience of WF Test Preparation and its Preliminary Results.	Nuclear energy in Republic of Kazakhstan.NE-2005　（クルチャトフ）2005年5月30日
41	Effect of Temperature Excursions on Void Swelling Behavior of Fe-Cr-Ni Alloys Irradiated with HVEM	ANL 2005 Annual Meeting　（カリフォルニア）2005年6月1日
42	使用済高速炉燃料の崩壊熱の測定と評価	核データニュース　81号　2005年6月1日
43	熱疲労き裂進展挙動の局所的破壊解析に関する一考察	第10回計算工学講演会　（東京）2005年6月1日
44	機械学会FIV研究会（A-TS-10-05）向け論文抄録：Coupling of Structure and Wake Oscillators in Vortex-induced Vibrations	日本機械学会第20回FIV研究会　（別府）2005年6月3日
45	高速炉開発の新しい展開	茨城大学イブニングセミナー（茨城大学）2005年6月9日
46	Development of Vertical Component Isolation System with Coned Disk Springs for FBR Plant	9th World Seminar on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structure　（神戸）2005年6月13日
47	Development of Three-Dimensional Seismic Isolation for Power Plant	第8回世界免震セミナー　（神戸）2005年6月13日
48	Three Dimensional Seismic Isolation Technology for Nuclear Power Plant Application	第8回世界免震セミナー　（神戸）2005年6月14日
49	「もんじゅ」の改造工事と運転再開に向けた取り組み	高速増殖炉もんじゅの運転再開と新型転換炉ふげんの廃止措置への取り組み　（敦賀）2005年6月23日
50	「もんじゅ」における研究開発と国際協力	日本原子力情報センターセミナー（東京）2005年6月23日
51	「核燃料サイクル開発機構の敦賀における今後の業務展開」	日本原子力情報センターセミナー（東京）2005年6月24日
	先進リサイクル技術関係（9件）	
1	Conceptual Design Study of the Powdered Fuel Dissolver	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
2	Engineering Test of Stripping Performance by Multi-Centrifugal Contactors System for Spent Nuclear Fuel Reprocessing	ICONE-13　（北京）2005年5月16日
3	FBRサイクルの実用化戦略調査研究フェーズII最終取りまとめにおける先進再処理技術評価の見通し	第1回「先進再処理システム技術」研究専門委員会　（東芝本社）2005年5月23日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	先進リサイクル技術関係（9件）	
4	Separation and Utilization of Tc and Other Rare Metal Fission Products by an Extended Aqueous Reprocessing	International Symposium on Technetium- Science and Utilization （大洗工学センター）2005年5月24日
5	Cross Section of Thermal-Neutron Capture Reaction by sup 99 Tc	International Symposium on Technetium -Science and Utilization- (IST 2005)（大洗工学センター）2005年5月24日
6	分子動力学（MD）シミュレーションによる溶融塩の構造解析	第157回溶融塩委員会 （六ヶ所村）2005年6月8日
7	溶融塩電解法によるMOX燃料再処理技術の開発	第157回溶融塩委員会 （六ヶ所村）2005年6月8日
8	International Workshop on Nuclear Data Needs for Generation IV Nuclear Energy Systemsに参加して	核データニュース　81号 2005年6月30日
9	A Study on a Unified Framework of Criticality Safety Design for Future Nuclear Cycle Systems	ANS 2005 Annual Meeting（サンディエゴ）2005年6月30日
	プルトニウム燃料（MOX）関係（4件）	
1	Design Study and Evaluation of Advanced Fuel Fabrication Systems for FBR Fuel Cycle	ICONE-13 （北京）2005年5月16日
2	Development and Demonstration of ATR-MOX Fuel	ICONE-13 （北京）2005年5月16日
3	国内でのMOX燃料製造実績とFBR用MOX燃料の新しい作り方	エネルギー　38巻6号 2005年6月1日
4	原子力年鑑2006年度版「海外のMOX燃料利用動向」	原子力年鑑2006年版 2005年6月30日
	放射性廃棄物関係（7件）	
1	我が国の高レベル放射性廃棄物の処理・処分問題：現状、展望、課題	EEE会議第35回講演・研究会（原子力発電技術機構）2005年4月21日
2	TRU廃棄物の放射能評価方法の開発　再処理固体廃棄物含有核種の分析	日本原子力学会北関東支部平成17年度若手研究者発表会 （テクノ交流館リコッティ）2005年4月22日
3	Reduction of Environmental Impact by FR Cycle Deployment	ICAPP2005 （ソウル）2005年5月17日
4	高レベル放射性廃棄物の処理・処分問題：その科学と実践に向けての課題	東大公共政策大学院・大学院法学政治学研究科「事例研究：環境。技術政策」講義 （東京大学）2005年5月25日
5	幌延の堆積岩中の地下水流動特性に関する解析的検討	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月26日
6	Linear Programming Approach for Modeling Solidification of HLW from PWR	ANS 2005 Annual Meeting（サンディエゴ）2005年6月9日
7	Repository Environmental Impacts of HLW from Na-Cooled FBR	ANS 2005 Annual Meeting（サンディエゴ）2005年6月9日
	地層処分関連研究関係（80件）	
1	Preliminary Results of Surface-Based Investigation at the Horonobe URL Site, Japan	TOURS 2nd International Meeting （ツール）2005年3月14日
2	Np(IV)とフミン酸との錯形成に対するpHの影響	日本原子力学会北関東支部平成17年度若手研究者発表会 （東海村リコッティ）2005年4月22日
3	Natural Analogue of Nuclear Waste Glass in a Geologic Formation -Study on Long-Term Behavior of Volcanic Glass Shards Collected from Drill Cores-	International Symposium NUCEF2005 （東海村）2005年4月30日
4	Anisotropy in Diffusion and Activation Energies of I- and Cs+ Ions in Compacted Smectite	ICONE-13 （北京）2005年5月16日
5	Status of Japanese Underground Research Laboratory - Design and Construction of 1,000m-Deep Shafts and Research Tunnels -	第31回ITA総会およびコングレス「地下空間利用：過去の分析と未来への教訓」（イスタンブール）2005年5月7日
6	The Tunnel Sealing Experiment : A Review	Waste Management, Decommissioning and Environmental Restoration for Canada's Nuclear Activities （オタワ）2005年5月8日
7	IP変換による3次元VSPイメージングの基礎的検討	物理探査学会第112回（平成17年度春季）学術講演会 （早稲田大学）2005年5月9日
8	MT法データの信頼性評価に関する一考察	物理探査学会第112回（平成17年度春季）学術講演会 （早稲田大学）2005年5月9日
9	磁気異常の「静穏域」における空中磁気探査の適用例	物理探査学会第112回（平成17年度春季）学術講演会 （早稲田大学）2005年5月9日
10	日本列島の地すべり地形ー地質・地形・気象要因からの考察ー	駒澤地理　41号 2005年5月10日
11	地下研究施設における世界最長級の立坑掘削	清水建設　土木クォータリー　146号 2005年5月20日
12	FBGセンサーを用いた多区間間隙水圧モニタリングシステムのフィージビリティスタディー	4th Workshop on Fibers and Optical Passive Components （モンデロ）2005年5月22日
13	データ追跡性を考慮した地質構造モデルの構築および各種地質環境調査技術の適用性確認	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	地層処分関連研究関係（80件）	
14	珪藻化石種を用いた堆積物の後背地解析の試み：北海道北部，幌延地域を例として	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
15	孤立力学系の応答関数としての波動場計算の新しい方法Ⅰ．能動監視法の設計とデータ解析への適用へ向けて	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
16	水平成層構造中のコントロールソースから放射される電磁波の計算について	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
17	瑞浪超深地層研究所における研究坑道での地質調査結果速報（新第三系瑞浪層群の地質層序）	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
18	瑞浪超深地層研究所における地球化学的初期条件の評価	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
19	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー深層ボーリング孔を用いた岩盤の水理特性評価技術の開発ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
20	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー花崗岩地域での物理探査手法の適用事例ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
21	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー調査研究の進め方ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
22	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー不連続構造の分布に関する不確実性の解析・評価手法の構築ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
23	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー繰り返しアプローチに基づく地下水流動特性評価の事例ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
24	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ー繰り返しアプローチに基づく地質・地質構造の調査・研究事例ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
25	瑞浪超深地層研究所用地内に分布する新第三紀中新世瑞浪層群の地質層序	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
26	仙台市南西部の名取川河床に分布する中新　ー鮮新統の堆積サイクルと相対的海水準変動	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
27	多変量解析及び地球化学計算を用いた地下水水質形成機構の検討 ー北海道幌延地域ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
28	堆積岩中における酸化還元境界の形成機構	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
29	地下深部のマグマ・高温流体等の地球物理学的調査技術　ー鬼首・鳴子火山地域および紀伊半島南部地域への適用ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
30	地殻・プレートの能動的常時監視のための弾性波アクロス連続送信	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
31	長崎高マグネシウム安山岩の起源	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
32	天然現象影響評価シナリオ構築手法の高度化	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
33	天然現象影響評価に関する検討　ー①シナリオ構築手順の概要ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
34	電磁気学的地殻能動監視システム構築に向けた電磁アクロス送受信試験	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
35	東海地域におけるプレート間カップリング能動監視の試み（概要）	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
36	東海地域におけるプレート間カップリング能動監視の試み（広域観測・第一報）	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
37	房総半島南西部館山平野から発見された関東地震津波堆積物とその堆積構造	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
38	北海道北部，幌延地域における鮮新世～更新世のテフラ層序とFT年代	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
39	北海道北部，幌延地域における鮮新世後半以降の地殻変動場の移動	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
40	北海道北部幌延町新第三紀珪質岩の地球化学的特徴からみた侵食量および隆起時期	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
41	北海道幌延町に分布する珪質岩の続成作用と岩盤物性に関する研究	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	地層処分関連研究関係（80件）	
42	幌延の堆積岩中の地下水流動特性に関する解析的検討	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
43	幌延深地層研究計画　ー新第三紀堆積岩中の地下水の地球化学特性について(1)ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
44	幌延深地層研究計画　ー新第三紀堆積岩中の地下水の地球化学特性について(2)ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
45	幌延深地層研究計画　ー遠隔監視システム（アクロス）の概要ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
46	幌延深地層研究計画　ー電磁探査を用いた断層帯調査ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
47	幌延地域における地質環境の長期安定性研究ー地殻変動の特徴ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月22日
48	熱ルミネッセンス法による変質年代の測定　ー紀伊半島南部の鉱床および変質帯ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月23日
49	方解石中の金属元素濃度に基づく地下深部の酸化還元状態の推察	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月23日
50	データ追跡性を考慮した地質構造モデルの構築および各種地質環境調査技術の適用性確認	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
51	珪藻化石種を用いた堆積物の後背地解析の試み：北海道北部，幌延地域を例として	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
52	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究～水圧破砕法による初期応力測定結果と地質構造～	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
53	北海道北部，幌延地域における鮮新世後半以降の地殻変動場の移動	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
54	北海道北部幌延町新第三紀珪質岩の地球化学的特徴からみた侵食量および隆起時期	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
55	北海道幌延町に分布する珪質岩の続成作用と岩盤物性に関する研究	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
56	幌延深地層研究計画　ー新第三紀堆積岩中の地下水の地球化学特性について(2)ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
57	幌延地域における地質環境の長期安定性研究ー地殻変動の特徴ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月24日
58	瑞浪超深地層研究所を中心とした東濃における深地層の科学的研究 ―MIUの施設概要と建設の現状―	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月25日
59	北海道北部，幌延地域における電磁探査を用いた断層帯調査	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月25日
60	幌延深地層研究計画 ー新第三紀堆積岩中の地下水の地球化学特性について(1)ー	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月25日
61	幌延深地層研究計画　―遠隔監視システム（アクロス）の概要―	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月26日
62	活発化する歪集中帯	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年5月30日
63	瑞浪超深地層研究所における立坑掘削による地下水の脱ガスの予測	地球惑星科学関連学会2005年合同大会 （幕張メッセ）2005年6月1日
64	水収支特性評価のための地表水・地下水流動を考慮した水循環モデルの構築	地下水学会2005年春季講演会 （東京農工大学）2005年5月28日
65	断層に着目した岐阜県東濃地域の広域地下水流動解析	地下水学会2005年春季講演会 （東京農工大学）2005年5月28日
66	Use of Data from a Long-term Multi-level Groundwater Monitoring Network to Identify the Influence of Faults	地下水学会2005年春季講演会 （東京農工大学）2005年5月29日
67	高レベル放射性廃棄物の地層処分と東濃地科学センターにおける地層科学研究	日本応用地質学会中部支部平成17年度特別講演会 （名古屋市民会館）2005年5月28日
68	Effects of the Orientation of Clay Particles and Ionic Strength on Diffusion and Activation Enthalpies of I- and Cs+ Ions in Compacted Bentonite	Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXVI （ピッツバーグ）2005年6月1日
69	Investigations for Characteristics of the Omagari Fault in Northern Hokkaido, Japan	Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting （シンガポール）2005年6月1日
70	深層ボーリング孔を用いた地下水の地球化学調査の課題	応用地質　46巻2号　2005年6月1日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	地層処分関連研究関係（80件）	
71	フライアッシュ含有シリカフュームコンクリート中の鉄筋腐食に関する研究	コンクリート工学年次論文集　27号　2005年6月10日
72	我が国の地質環境における放射性核種の移行に関するナチュラルアナログ研究	2005年度資源地質学会年会　（東京大学）2005年6月15日
73	東濃ウラン鉱床におけるウラン鉱石の酸化	2005年度資源地質学会年会　（東京大学）2005年6月15日
74	東濃ウラン鉱床周囲の瑞浪層群の重鉱物組成とウランの供給源	2005年度資源地質学会年会　（東京大学）2005年6月15日
75	Investigation of Hydraulic and Transport Characteristics of a Rock Fracture Using Lattice Gas Automata	11th International Conference of the International Association of Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACM2005)　（チュリン）2005年6月19日
76	Current Status of R&D Activities on Mizunami Underground Research Laboratory in Japan	Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting　（シンガポール）2005年6月20日
77	Deep Structure of the Miocene Igneous Complex in the KII Peninsula, Southwest Japan, Inferred from Wide-band Magnetotelluric Soundings	Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting　（シンガポール）2005年6月20日
78	Feasibility Study for a Multi-level Pore Water Pressure Monitoring System Using FBG Sensors	4th Workshop on Fibres and Optical Passive Components　（モンデロ）2005年6月22日
79	Current Status of Study on In-situ Stress in Mizunami Underground Research Laboratory Project	The 40th U.S. Rock Mechanics Symposium　（アンカレッジ）2005年6月25日
80	沈み込みの科学と海域地震観測	月刊地球号外　2005年6月30日
	再　処　理　関　係（7件）	
1	核燃料サイクルに関連する分析	ぶんせき　6号　2005年4月1日
2	FBRサイクル実用化戦略調査研究における再処理システムの安全設計	日本原子力学会　北関東支部　若手研究者発表会　（東海村リコッティ）2005年4月22日
3	Design of Electrodes in Geometrical Control Type Electrolyzer for Oxide Electrowinning Process	13th International Conference on Nuclear Engineering　（北京）2005年5月16日
4	核燃料再処理の意義および技術の現状について	原子動力研究会　バックエンド技術グループ定例会　（日本原子力産業会議）2005年5月19日
5	Thermal Hazard Analysis of Hydrazine and Nitric Acid Mixtures	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry Vol.79　2005年6月1日
6	使用済プルサーマル燃料の再処理	エネルギー　38巻6号　2005年6月1日
7	建屋換気系制御設備へのシーケンサ制御の適用	平成17年6月度修習技術者研修会／先端複合技術研究会　（東京）2005年6月11日
	環　境　保　全　関　係（1件）	
1	原子力施設における廃止措置の費用評価手法	デコミッショニング技法　26号　2005年4月1日
	新型転換炉（ＡＴＲ）関係（3件）	
1	Development of Decommissioning Engineering Support System for the Fugen NPS -Development of Support System during Actual dismantlement Works-	ICONE-13　（北京）2005年5月18日
2	廃止措置の現状と今後の展望　ーふげん発電所の取り組みー	敦賀国際廃止措置セミナー（アクアトム）2005年5月21日
3	発電用原子炉廃止措置工事影響評価技術調査（研究開発段階発電用原子炉施設の廃止措置に係る調査）に関する報告書	発電用原子炉廃止措置工事影響評価技術調査（研究開発段階発電用原子炉施設の廃止措置に係る調査）に関する報告書　2005年6月1日
	放射線（安全）管理関係（24件）	
1	Operational Comparison of TLD Albedo Dosemeters and Etched-Track Detectors in the PuO sub 2 -UO sub 2 Mixed Oxide Fuel Fabrication Facilities	European Workshop on Individual Monitoring of Ionising Radiation (IM 2005)　（ウィーン）2005年4月11日
2	C-14 in Rice Scenario	IAEA-EMRAS Tritium/C-14 Working Group　（カーディフ）2005年4月13日
3	Simulation of the Atmospheric Dispersion of sup 85 Kr from a Reprocessing Plant -Performance Examination of an Environmental Radiation Dose Evaluation Code System, SIERRA-II-	Journal of Environmental Radioactivity　2005年4月15日
4	Enhanced Electron and Photon Fluxes in Thunderstorm Electric Fields and the Initiation of Lightning Discharge	Monte Carlo 2005 Topical Meeting　（米国、テネシー州）2005年4月17日
5	個人線量当量基準電離箱等の特性試験結果について	第29回放射線比較校正研究会　（放射線計測協会）2005年4月26日
6	東海再処理施設の放射線管理	原子動力研究会　保健安全グループ定例会　（日本原子力産業会議）2005年5月20日
7	冬季雷活動時における空間線量率上昇の観測とその特徴	地球惑星科学関連学会2005年合同大会　（幕張メッセ）2005年5月22日

	発　表　内　容	発表先及び発表年月日
	放射線（安全）管理関係（24件）	
8	冬季雷活動時の放射線量率の上昇と宇宙線ミュオンの影響評価	地球惑星科学関連学会2005年合同大会（幕張メッセ）2005年5月22日
9	Investigation of Analytical Method for Technetium-99 in Liquid Effluent Discharged from Tokai Reprocessing Plant	International Symposium on Technetium -Science and Utilization- (IST-2005)（大洗工学センター）2005年5月24日
10	Ge半導体検出器を用いたダストモニタリング	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
11	Imaging Plate Technique for Evaluating the Sizing Characteristic of a Low Pressure Cascade Impactor for the Natural Radioactive Aerosol	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
12	MOX燃料施設を模擬した校正場における中性子線量計の特性評価	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
13	MOX燃料施設を模擬した中性子校正場の開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
14	γ・X線用TLD線量計UD-200シリーズ対応自動線量評価システムの開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
15	イメージングプレートを用いたラドン・プルトニウム弁別法の開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
16	イメージングプレートを用いる肺モニタリング法の開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
17	エボナイトを利用した臨界事故時の中性子線量評価	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
18	核燃料サイクル開発機構東海事業所における緊急時環境線量評価システムの高度化	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
19	軽量形中性子線量当量率サーベイメータの開発（Ⅱ）	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
20	原子力緊急時における環境放射能情報伝送システムの構築	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
21	事故時の希ガス放出量評価	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
22	時間間隔解析法を用いたバックグラウンド補償型ダストモニタの開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
23	中性子個人線量当量測定器の開発	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
24	放医研におけるラドン壊変生成物エアロゾルの粒径比較実験	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日
	そ　の　他（7件）	
1	原子力緊急時支援・研修センター（Nuclear Emergency Assistance & Training Center; NEAT）の役割と最近の活動	保険物理学会誌　40巻1号　2005年4月15日
2	住民との協働によるリスクメッセージの研究	日本原子力学会北関東支部平成17年度若手研究者発表会（東海村　リコッティ）2005年4月22日
3	Plutonium Ocean Shipment Safety between Europe and Japan	International Journal of Radioactive Materials Transport 2005年4月30日
4	Study on Basic Nuclear Scenarios in Japan	2005 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants（ソウル）2005年5月15日
5	イオン交換樹脂と酸化剤の混合反応危険性評価	火薬学会2005年度春季研究発表会（東京）2005年5月26日
6	マンガン砂による坑水中のラジウム除去方法の本格運転開始	全国鉱山製錬所現場担当者会議（機械振興会館）2005年6月8日
7	狭隘部及び湾曲形状物におけるα線表面密度測定器の開発について	日本保健物理学会第39回研究発表会（六ヶ所村）2005年6月30日

活動報告
2005年4月～6月

技術情報管理
情報システム

1．技術情報管理

研究開発成果をまとめた成果報告書（機構作成成果報告書，委託研究報告書，共同研究報告書等）及び外部発表資料を効果的に利活用するため，これらの書誌情報･要旨･全文のPDFファイルをデータベース化するとともに，利便性向上のため，ウェブ利用クライアント＆サーバ方式データベースシステム（成果情報データベースシステム：JSERV）の社内運用を行っている。

研究開発成果情報の普及とそれらの活用の促進並びに情報公開の一環として，社外利用者のため，インターネット利用によるJSERVを整備し，公開の研究開発成果情報に関する検索閲覧サービス（http://jserv-internet.jnc.go.jp）を行うとともに，技術資料と外部発表資料の目録をサイクル機構のホームページ（http://www.jnc.go.jp）に掲載している。

四半期ごとに発行する技術広報誌であるサイクル機構技報については，第27号を編集し，6月20日に社外に広く配布した。さらに，全頁をホームページに掲載することにより，サイクル機構の技術動向，技術開発成果及び事業計画の進ちょく状況の啓蒙に努めている。

2．情報システム

サイクル機構では，大洗工学センター内の情報センターにおいて，大型計算機システム（科学技術計算用及び業務処理用）の運用・整備，全事業所を接続する情報処理ネットワークの運用･整備，情報セキュリティ対策等を実施している。

大型計算機システムについては，科学技術計算機並びに業務処理用計算機の運用を継続している。

情報処理ネットワークについては，サイクル機構全社ネットワーク及び原研統合における先行取り組みとして、両法人のネットワーク・電話網の相互接続の運用を継続している。

情報セキュリティについては，イントラを活用したWindows Updateの推進，セキュリティ情報の掲載，ウィルスソフトの更新等，コンピュータウィルス感染及び不正アクセスの検知／防止するための対策を継続している。

（本社：技術展開部）

活動報告
2005年4月～6月

大学等との研究協力
社内公募型研究

1．大学等との研究協力

サイクル機構は開かれた研究開発機関を目指して，大学等の研究機関との研究協力制度を設け，研究協力の推進を行っている。

1.1　先行基礎工学研究

サイクル機構は，1995年度より，研究開発プロジェクトに先行した基礎工学研究について，研究協力テーマを提示している。大学等の研究者からは研究目的を達成する上で必要な手法，アイデア等を研究協力課題として提案して頂き，サイクル機構の研究者と共同研究等の形態で研究開発を行っている。2005年度は，35件の研究協力課題について実施している（表１～表３及び図１参照）。

1.2　核燃料サイクル公募型研究

サイクル機構は，1999年度より，大学及び公的研究機関の研究者から，サイクル機構が取り組む

表１　2005年度　先行基礎工学研究協力課題一覧　（新規分）

No.	研究協力テーマ 研究協力課題	サイクル機構 受入箇所	協力 形態	提案者 所属機関・氏名
	【高速増殖炉関係】（６件）			
1	高性能マイナーアクチニド含有ターゲットの基礎的特性に関する研究 シリコン系母材ターゲットの製造条件の確立と特性評価	大洗　照射センター 照射燃料試験室	共同 研究	東京工業大学 教　授　矢野　豊彦
2	高クロム鋼における強化機構の高温長時間安定性に関する研究 （1）析出核生成・成長制御による高温長時間安定な微細MXの形成	大洗 新材料研究Gr	共同 研究	群馬大学 教　授　中澤　崇徳
3	（2）高クロム鋼のΩ法によるクリープ寿命評価と組織安定性に関する研究		共同 研究	九州大学助 教　授　中島　英治
4	ナトリウム水反応の影響緩和に関する研究 ナトリウムと水が混合するときの流動と熱伝達に関する基礎研究	大洗 流体計算工学研究Gr	共同 研究	北海道大学 教　授　杉山憲一郎
5	応力再配分モデルに基づく高温構造物強度評価法に関する基礎研究 応力再配分モデルを用いた構造不連続部クリープ疲労強度評価法に関する研究	大洗 構造信頼性研究Gr	共同 研究	筑波大学 教　授　渡部　修
6	配管系の動的強度評価法に関する基礎研究 機械構造物の破壊・破損に係わる地震エネルギー入力の影響	大洗 構造信頼性研究Gr	共同 研究	東京電機大学 教　授　藤田　聡
	【核燃料サイクル関係】（２件）			
7	CHON固定抽出剤を用いた核分裂生成物の高度元素分離技術に関する研究 （2）クラウン化合物を包括固定したマイクロカプセルの合成と発熱元素の精密分離技術の開発	東海　環境センター 先進再処理技術開発Gr	共同 研究	東北大学 教　授　三村　均
8	選択反応による再処理工程中のランタニドの分析手法に関する研究 ウラン酸化物中に存在するランタニドの選択的反応及びその分離手法に関する研究	東海 再処理センター 分析第一課	共同 研究	東北大学助 教　授　佐藤　修彰
	【地層処分・地層科学関係】（２件）			
9	地下水中におけるアクチニド元素の溶解度に関する基礎研究 アクチニド元素の溶解度に関する熱力学データの整備と検証	東海　環境保センター 放射化学研究Gr	共同 研究	京都大学 教　授　森山　裕丈
10	地質環境モデルの構築と解析手法の評価 （1）塩素安定同位体比を用いた水理地質構造モデル評価技術の開発	幌延深地層研究Gr	共同 研究	東京大学 助教授　徳永　朋祥

表２　2005年度　先行基礎工学研究協力課題一覧（継続分）

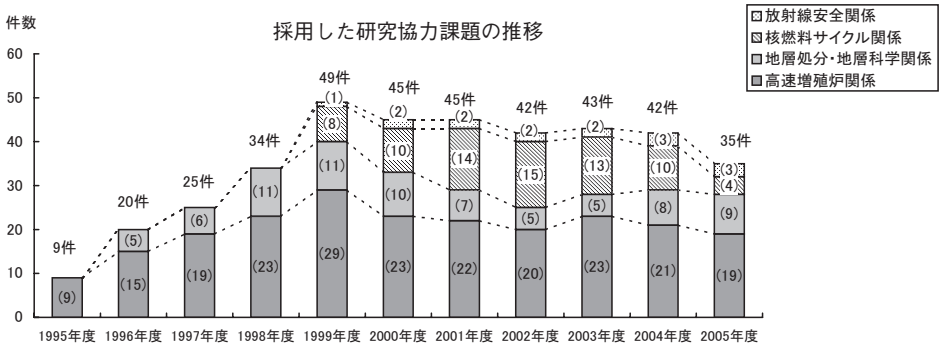
No.	研究協力テーマ 研究協力課題	サイクル機構 受入箇所	協力 形態	提案者 所属機関・氏名
	【高速増殖炉関係】（13件）			
1	電磁乱流挙動に関する基礎研究 LESによる電磁乱流モデルの開発	大洗 次世代機器研究Gr	共同 研究	慶応義塾大学 教　授　棚橋　隆彦
2	乱流プロモータによる管継手部流体混合促進効果に関する基礎研究 乱流プロモータによる管継手部の流体混合特性に関する実験的研究	大洗 流体計算工学研究Gr	共同 研究	愛媛大学助 教　授　檜原　秀樹
3	局所破壊解析法を用いた構造物のき裂発生・進展挙動の統合評価に関する研究 連続体損傷力学に基づく構成方程式モデリングと材料損傷・破壊問題の統合的有限要素解析への適用に関する研究	大洗 構造信頼性研究Gr	共同 研究	東京大学 教　授　都井　裕
4	高速炉用高クロム鋼の究極的性能発現に関する研究 強度・延性バランスに優れた高速炉用Cr-Fe系合金設計に関する研究	大洗 新材料研究Gr	客　員 研究員	東北大学 教　授　安彦　兼次
5	ターゲット燃料によるAm消滅特性評価 マイナーアクチノイド核種の生成消滅挙動の実験的研究	大洗　照射センター 照射燃料試験室	共同 研究	東北大学 助教授　三頭　聰明
6	酸化物分散強化型フェライト鋼の組織安定性および制御に関する研究 酸化物分散強化型合金の微粒子ナノ構造と組成制御	大洗　照射センター 照射材料試験室	共同 研究	東北大学 教　授　橋爪　秀利
7	光・画像計測を応用した気液二相壁面乱流の特徴抽出に関する研究 気液界面による乱流変調メカニズムのShallow-Focal PTV計測	敦賀　国際センター システム技術開発Gr	共同 研究	北海道大学 助教授　村井　祐一
8	Fe基系ホイスラー合金熱電モジュールの高温システム適合技術に関する研究 使用済燃料を熱源とする熱電変換システムの研究	敦賀　国際センター システム技術開発Gr	共同 研究	京都大学 助教授　鈴木　亮輔
9	不規則温度ゆらぎに対する熱疲労損傷評価法に関する基礎研究 不規則信号統計量を用いた疲労損傷評価量の推定	大洗 構造信頼性研究Gr	共同 研究	東京大学 教授　酒井　信介
10	低除染燃料の相状態及び物性評価に関する研究 低除染燃料の相状態と物性に関する基礎研究	大洗　照射センター 照射燃料試験室	共同 研究	大阪大学 教　授　山中　伸介
11	複雑形状内高精度熱流動シミュレーション手法に関する研究 直接乱流シミュレーション手法の応用と乱流モデルの改良	大洗 流体計算工学研究Gr	共同 研究	東京工業大学 教　授　青木　尊之
12	「もんじゅ」性能試験における反応率分布・増殖比解析手法の高度化研究 同上ー３次元化と核種の共鳴の取り扱いの高度化ー	敦賀　国際センター 炉心技術開発Gr	共同 研究	大阪大学 教　授　竹田　敏一
13	ヘリカルコイル管内沸騰二相流のDNB現象に関する研究 ヘリカルコイル管内沸騰二相流のDNB発生機構と流動構造	敦賀　国際センター システム技術開発Gr	共同 研究	近畿大学 教　授　松井　剛一
	【核燃料サイクル関係】（２件）			
14	核燃料施設における化学物質の火災爆発危険性評価に関する基礎的研究 プロセス内化学物質の火災爆発危険性評価	東海　再処理センター 技術開発課	共同 研究	横浜国立大学 教　授　小川　輝繁
15	急激な燃焼化学反応に対する施設の健全性に関する研究 ガス爆発の数値的再現による構造物に対する安全評価手法の確立	東海　再処理センター 技術開発課	共同 研究	慶應義塾大学 助教授 松尾亜紀子
	【放射線安全関係】（３件）			
16	イメージングプレートを用いた放射性エアロゾル粒径分布の定量に関する研究 ラドン・トロンバックグラウンドの定量把握とイメージングプレートによるプルトニウム弁別	東海 放射線管理第二課	共同 研究	名古屋大学 教　授　飯田　孝夫
17	緊急時被ばく線量評価手法に関する研究 天然鉱物を用いたルミネッセンス法による被ばく線量測定方法の開発	東海 環境監視課	客　員 研究員	新潟大学 教　授　橋本　哲夫
18	放射線空間分布の実時間測定 γ線位置検出装置による使用施設内の放射線空間分布の実時間測定	敦賀 環境監視課	共同 研究	早稲田大学 教　授 長谷部 信行
	【地層処分・地層科学関係】（７件）			
19	天然バリアにおける水理・物質移行モデルの信頼性向上 セルオートマトン法による亀裂ミクロ構造を考慮した流体物質移行解析	東海　環境センター システム解析Gr	共同 研究	京都大学 助教授　西山　哲
20	ルミノスコープを用いた微小割れ目による応力場解析に関する基礎研究 花崗岩に発達するヒールドマイクロクラックの準三次元解析に基づく古応力場の復元：淡路島野島花崗岩の例	東濃 瑞浪超深地層研究所 超深地層研究Gr	共同 研究	早稲田大学 教　授　高木　秀雄
21	遺伝子解析技術等による地下深部微生物調査 遺伝子プローブを用いた微生物群集構造の解析とその定量的評価	幌延 深地層研究Gr	共同 研究	静岡大学 教　授　加藤　憲二

No.	研究協力テーマ 研究協力課題	サイクル機構 受入箇所	協力 形態	提案者 所属機関・氏名
	【地層処分・地層科学関係】（7件）			
22	亀裂性岩盤中の微細な構造や不均質性が地下水移流・分散に与える影響評価 X線CTによる亀裂性岩盤内の移流・分散現象の分析	東海　環境センター システム解析Gr	共同 研究	熊本大学 助　手　佐藤　晃
23	加速器微量分析システムを用いた地球化学研究 深部地下水組成推定のための花崗岩起源流体化学組成に関する研究	東海　環境センター 処分バリア性能研究Gr	共同 研究	筑波大学 講　師　黒澤　正紀
24	堆積軟岩における掘削影響評価のための原位置AE測定手法に関する基礎的研究 ボーリングコアを用いた堆積軟岩のAE特性の分析および原位置測定手法に関する研究	幌延 深地層研究Gr	共同 研究	京都大学 教　授　青木　謙治
25	地層中のメタン量の原位置測定法に関する研究 溶存メタンセンサーによる原位置メタン量測定法に関する研究	幌延 深地層研究Gr	共同 研究	山口大学 教　授　兵動　正幸

表3　先行基礎工学研究に関する実績

〔（　）数値は当該年度終了課題であり，内数〕

項目＼年度		1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度
新規課題	応募	9件	13件	7件	12件	31件	19件	17件	25件	22件	15件	25件
	採用	9件	12件	7件	12件	27件	13件	14件	16件	13件	13件	10件
継続課題		—	8件	18件	22件	22件	32件	31件	26件	30件	29件	25件
採用課題		9件（1）	20件（2）	25件（3）	34件（12）	49件（17）	45件（14）	45件（19）	42件（12）	43件（14）	42件（16）	35件（13）



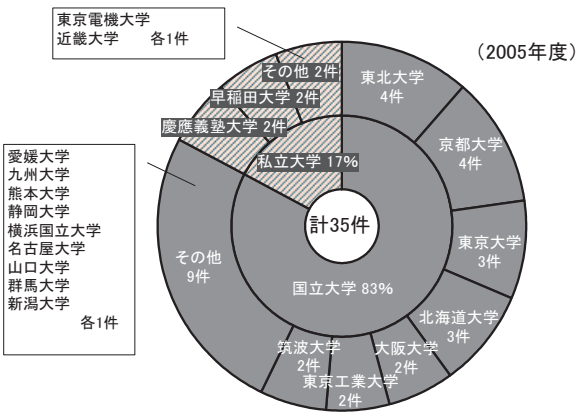


図1　先行基礎工学研究に関する実績
＜研究機関別研究協力課題の実施状況＞

核燃料サイクル分野の研究開発において，原則としてサイクル機構の施設･設備を利用し，先見的，独創的な研究テーマを広く公募している。応募者には主体的に研究に取り組んで頂き，サイクル機構の研究者と協力して進める公募型の研究協力を行っている。本研究は,2004年度をもって終了した。

1.3　博士研究員制度

サイクル機構は，1997年度より，博士号の学位を有する若手研究者を2～3年間の任期付で採用している。若手研究者はサイクル機構の先導的，基礎・基盤的な研究業務に関連して，機構が承認した研究テーマを自主的に遂行し，研究者としての業績を得ていくとともに人材育成を図っている。 2005年度は,19名の博士研究員により研究を

実施している（表４～５及び図２参照）。

1.4　その他

東京大学は，2005年４月より大学院工学研究科「原子力専攻（専門職大学院）」及び「原子力国際専攻」を開校した。サイクル機構は，原研とともに，これら大学院における教育が原子力分野の人材育成や教育に対して果たす役割の重要性を認識し，重要な業務の一つとして協力していくこととし，東京大学，サイクル機構及び原研との間で連携協力に関する協定書を４月１日に締結した。

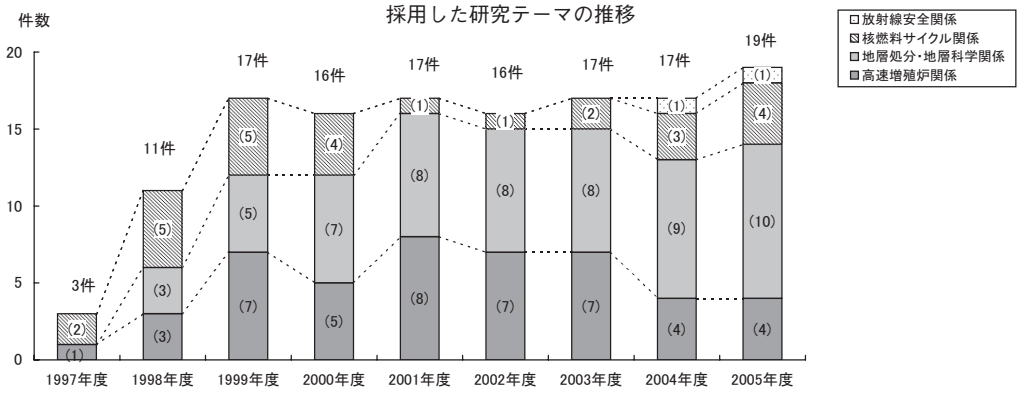
表４　博士研究員による2005年度研究テーマ一覧

No.	研　究　テ　ー　マ	サイクル機構 受 入 箇 所
1	磁気的手法を用いた環境助長疲労損傷の進行とき裂の発生の予測に関する研究	大洗 新材料研究Gr
2	長寿命核中性子捕獲断面積のための即発γ線測定法の開発	東海　環境センター システム設計評価Gr
3	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	東海　環境センター 放射化学研究Gr
4	天塩堆積盆の新第三紀から第四紀の地質構造発達史の研究	幌延 深地層研究Gr
5	火山活動の将来予測に関する研究：マグマの熱が助長する地殻変動の空間的広がりと火山活動の規模との関係の解明	東濃 地質環境研究Gr
6	酸化物分散強化型フェライト鋼の応力負荷環境下における照射効果の解明とそれに基づく照射下形状不安定性の改善	大洗 核燃料工学Gr
7	選択チャンネル核分裂モデルによる核分裂収率計算法の研究	東海　環境センター システム設計評価Gr
8	イメージングプレートを用いる被曝線量評価法の確立（イメージングプレートを用いる肺モニタリングシステムの開発）	東海 線量計測課
9	地下深部の酸化還元システムにおける岩石の鉱物学的・地球化学的役割	東濃 瑞浪超深地層研究所 超深地層研究Gr
10	均質化法に基づくミクローマクロモデルによる核種移行解析の高度化	東海　環境センター 処分バリア性能研究Gr
11	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	東海　環境センター システム解析Gr
12	島弧会合点における火山活動の研究	東濃 地質環境研究Gr
13	長寿命核に対する核変換基礎データの光核反応による評価	東海　環境センター システム設計評価Gr
14	ガス冷却高速炉炉心構造材の設計用物性値高度化に関する研究	大洗 炉心・燃料システムGr
15	ヘリカルコイル管内二相流の３次元解析と１次元二流体モデルコードの構築	敦賀　国際センター システム技術開発Gr
16	高性能三酸化イオウ電気分解セルの開発	大洗 新材料研究Gr
17	地下深部岩盤の時間依存性挙動の解明と長期安定性評価手法の開発	東濃 瑞浪超深地層研究所 超深地層研究Gr
18	活断層帯の地質構造発達史と断層ガスに関する研究	東濃 地質環境研究Gr
19	岩盤亀裂へ侵入したベントナイトの核種遅延性能の評価	東海　環境センター 処分バリア性能研究Gr

表５　博士研究員による研究実績

〔（　）数値は当該年度終了課題であり，内数〕

項目＼年度		1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2004年度追加	2005年度
新規テーマ	応募	５件	８件	15件	16件	26件	33件	26件	15件	17件	19件
	採用	３件	８件	６件	４件	７件	５件	５件	６件	２件	６件
継続テーマ		―	３件	11件	12件	10件	11件	12件	９件	―	13件
採用テーマ		３件（０）	11件（０）	17件（５）	16件（６）	17件（６）	16件（４）	17件（８）	17件（４）		19件（５）



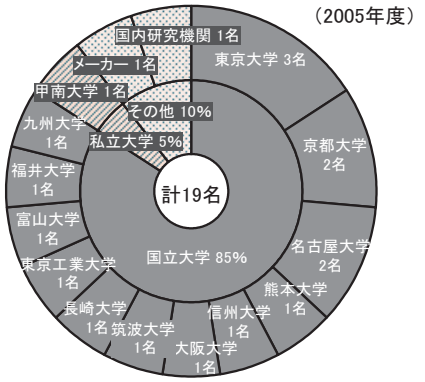


図２　博士研究員の実績＜出身別採用状況＞

２．社内公募型研究

サイクル機構内の創造的研究活動を活性化するための一方策として，サイクル機構の研究者及び技術者から新概念の創出，技術のブレークスルーを目指す研究を発掘・推進する「社内公募型研究推進制度」を2001年度より開始している。

本制度は，サイクル機構が取り組む研究開発の全分野から，独創性・新規性に優れた研究テーマ並びに研究者を募集・選定し，一定期間（原則３年間，延長の場合は２年間），研究のための予算と環境を保証し自由に研究を実施できるようにするものである。募集する研究は，原則として個人レベルで実施できる規模及び内容のもので，提案者自らが実施することを基本としている。

第２期（2002年度）の採択研究２件は，３年間が経過し，2005年５月に行われた社内公募型研究評価委員会（外部評価委員会）において最終評価を受けた。研究テーマは，それぞれ，炭素系内包構造体を利用した放射性核種の処理法及び利用技術の研究，溶融塩元素濃度の電気化学的測定手法の研究である。

第３期（2003年度）の採択研究２件（原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子銃の実用化研究，原子力技術の受容に関する個人及び集団の意思決定過程分析とシミュレーション）については，最終年度の研究に入り，内部及び外部機関の装置を利用した試験研究を継続している。

第４期（2004年度）の採択研究は，ミュオン誘雷手法に関する研究，地質媒体微細間隙中での核種拡散移行過程における固液界面現象に関する研究の２件である。これら２件の研究はいずれも延長が認められたものであり，本年度が最終年度となる。第３期の採択研究と同様に，内部及び外部機関の装置を利用した試験研究を継続している。

第５期（2005年度）として，2005年４月から下記３件の研究（第２期採択研究の延長研究１件及び新規研究２件）を新たに開始した（カッコ内は実施場所）。

(1) 溶融塩を用いた新たな乾式再処理プロセスの創造に関する研究（東海事業所）

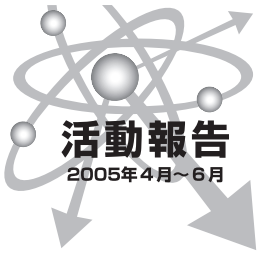
⑵ アメリシウム含有低酸素ポテンシャルターゲットの創製及び特性評価(大洗工学センター)
⑶ 地殻中の深部流体の起源と熱輸送に関する研究（東濃地科学センター）

当該期間においては，それぞれ2年間もしくは3年間の研究計画書を作成するとともに研究に着手した。

今後，第6期（2006年度）の研究テーマを募集する予定である。

また，本年度から研究者相互の意思疎通を図ることや研究成果の外部発信などを目的として，社内公募型研究推進連絡会を開催することとし，2005年5月に第1回を開催した。

（本社：技術展開部 社内公募型研究推進室）



技術協力・技術移転
開発技術の利用・展開
施設・設備の供用
国内技術協力研修

1．技術協力･技術移転

サイクル機構は，再処理，ウラン濃縮，MOX燃料加工，高速増殖炉等の技術開発成果を事業主体に円滑に技術協力・技術移転するため，技術協力協定等を締結し，技術情報の提供，技術者の派遣，技術者の教育･訓練，受託業務等を実施している。

(1) 再処理

再処理については，日本原燃(株)に対する従来の技術協力・技術移転に加え，六ヶ所再処理工場の試運転に関する技術支援を継続実施した。

(2) ウラン濃縮

ウラン濃縮の技術協力については，技術情報の提供等を実施するとともに,「新型機開発に関する技術支援（その２）」の業務を受託した。

(3) MOX燃料

MOX燃料加工技術については,技術情報の開示等を実施するとともに，日本原燃(株)と「MOX燃料加工施設の詳細設計等に係る技術協力業務（その５）」,「MOX燃料加工に係わる確証試験（実規模MOX試験その３）」及び「MOX技術研修」の業務を受託した。

(4) FBR

FBRについては，技術情報の開示等を実施するとともに，日本原子力発電(株)と「炉心安全性向上のためのIGR試験研究」及び「自己作動型炉停止機構炉内試験研究」に関する共同研究契約を締結した。

(5) 高レベル廃棄物

高レベル廃棄物の地層処分技術については，原子力発電環境整備機構と締結した「特定放射性廃棄物の地層処分技術に関する協力協定」に基づき，技術協力を継続実施した。

2．開発技術の利用・展開

2.1　先端原子力関連技術成果展開事業

開発成果の展開･活用を図るため,サイクル機構が保有する特許等を企業に提供して，企業の製品開発を支援する「先端原子力関連技術成果展開事業」を1998年度から行っている。

2005年度は10件の応募があり，８件を採択した。この８件の実用化共同研究開発を2006年３月まで実施していく。また，今期は多治見市，敦賀市及び福井市で開発製品の紹介を実施した。

2.2　特許･コンピュータコードの利用

(1) 特許の利用

サイクル機構の研究開発の過程で発明･考案された技術成果については，特許出願，技術の権利化及び技術情報の公開を図るとともに，特許の使用を希望するものと実施許諾契約を締結し，利用に供している。これまでの特許(実用新案を含む。以下同様）出願件数は，国内で約2,740件，外国で約1,070件（このうち，2005年６月末現在，開発成果として保有している特許権は，国内約600件，外国約360件）である。2005年４月から６月における登録件数は国内２件,外国５件である(表１参照)。2005年度６月末における出願件数は国内７件，外国12件である。

特許の外部利用実施状況は，使用者と実施許諾契約を締結し，契約累計はこれまで38件で，現在は15件の契約を継続している。

(2) コンピュータコードの利用

研究開発の過程で開発されたコンピュータ・プログラム（計算コード）については，外部利用が考えられるものについて，ソフトウェア会社と計算コードの販売に係る業務代行契約を締結し，利用者への使用許諾を行っている。これまでの契約累計は21件で,現在は８件の契約を継続している。

表１　2005年４月から６月における特許登録一覧

種類		登録日	登録番号	発　明　の　名　称	特　許　権　者
国内	特許	2005.4.28	3673506	ガラス溶融炉の白金族元素検出方法及び装置	サイクル機構 石川島播磨重工業(株)
		2005.5.13	3677013	放射性廃液からの元素の分離回収方法	サイクル機構 (財)産業創造研究所
外国	特許	2005.1.18	6843921 アメリカ	放射性廃液からの元素の分離回収方法	サイクル機構 (財)産業創造研究所
		2005.3.18	0003450 フランス	鉄基分散強化型合金管の製造方法	サイクル機構
		2005.4.5	2220262 カナダ	サイクロン式集塵装置	サイクル機構
		2005.4.13	2382591 イギリス	使用済核燃料中の希少元素FPの分離回収方法およびこれを利用した原子力発電ー燃料電池発電共生システム	サイクル機構
		2005.4.13	2397543 イギリス	非接触軸支構造の遠心抽出器	サイクル機構

３．施設・設備の供用

サイクル機構は，施設・設備を有効に活用する観点から外部ニーズに応じて施設等の供用を行っている。2005年度は，東濃地科学センターの第２立坑（目的：無重量研究），瑞浪地科学館の一部(目的：深地層研究)，新型転換炉ふげん発電所の一部（目的：試験研究炉等の廃止措置安全性実証)，の供用を継続実施するとともに東海事業所プルトニウム燃料センターの一部（目的：試験研究炉等の廃止措置安全性実証)の供用を新たに実施した。

４．国内技術協力研修

日本原燃(株)MOX燃料加工技術者の研修は，６名が実施した。そのほかに，東電環境エンジニアリング㈱技術者１名が放射線管理分野の研修を継続実施した。また，(財)核物質管理センター職員の放射線管理技術研修（１名）を実施した。

（本社：技術展開部）

訂正とお詫び

サイクル機構技報No. 27に掲載しました【活動報告】の記事に訂正がありましたのでお知らせ致します。

「２．開発技術の利用・展開　2.2 特許・コンピューターコードの利用

(1) 特許の利用」p124の右段下から３行目

誤「41件」→正「38件」

関係者各位にご迷惑をおかけ致しましたこと深くお詫び申し上げます。

活動報告

特許・実用新案紹介

ファイバ分光検出器及びその製造方法

出願番号：特願2002－143671
出 願 日：平成14年５月17日
特許番号：特許第3631221号
登 録 日：平成16年12月24日
特許権者：核燃料サイクル開発機構

本発明は，光ファイバを利用して，試料表面で全反射する光を測定することによって試料表面の吸収スペクトルを得る分光検出器及びその製造方法に関するものである。光ファイバを利用することで，堅牢な構造で，ハンドリングが容易な，粘性の高い試料にも挿入ができる，安定した測定が可能な光ファイバ分光検出器及びその製造方法を提供するものである。

１．目的

試料の赤外線吸収スペクトルを測定する方法の一つに,試料での全反射を利用するATR法がある。この方法では，高い屈折率を持つATRプリズムを試料に密着させ，ATRプリズムを通して赤外光を試料に照射し，そのATRからの出射光を分光分析する。このようなATR法は，試料及び測定装置の取扱いが簡便なため,一般によく利用されている。しかし，内部反射にATRプリズムを用いる構成であるため，内部反射を起こせる回数が少なく，感度もあまり高く得られないという弊害があった。

本発明は，この改良として，ATRプリズムの代わりに光ファイバを利用する方法として実用化したものである。具体的には，次のように改良することで実現できたものである。光ファイバのクラッドの一部を化学的あるいは物理的手段により除去してコアのみとしたクラッド欠陥部を設けることにより，内部反射回数の増大，高感度，小型の光ファイバを利用した分光検出装置及びその製造方法を実現した。

２．技術の概要

本発明は，四角柱状のサポート部材の一主面の長手方向に溝が形成されると共にその溝に平行に貫通穴が形成され，前述溝内に検出ファイバが収容されてファイバ固定充填材で固着され，前述貫通穴内に参照ファイバが挿通されて固定されており，それによって検出ファイバと参照ファイバがサポート部材と一体化され，前述検出ファイバのクラッドの一部が除去されコアの一部が露出することで検出面が形成されていることを特徴とするファイバ分光検出器である。このファイバ分光検出器は，光ファイバのクラッドを除去することによって，コアを伝播する光の全反射で生じるエバネッセント波と外部媒質との相互作用による吸光度を測定するものである。

特に，サポート部材及び固定充填材を共に耐熱性材料で構成し，検出ファイバに石英クラッド／石英コア構造の光ファイバを用いると，高温対応型のファイバ分光検出器を得ることができる。

図１は本発明に係るファイバ分光検出器の一実施例を示す説明図であり，Ａは縦断面を，Ｂは正面を，Ｃは底面を，それぞれ表している。また図２はそのx-x断面図である。ファイバ分光検出器10は，四角柱状のサポート部材12の細長状の一主面に縦方向に形成したＶ溝14内に，検出ファイバ16が収容されファイバ固定充填材18で固着されており，該検出ファイバ18のクラッド20の一部が除去されコア22の一部が露出することで検出面24が形成されている。サポート部材12の先端は丸味を帯びており，それに沿って曲げ返された検出ファイバの戻り部分16aは，サポート部材12の前記検出面24とは反対側の主面（裏面）にてファイバ固

定充填材26中に埋設固着されている。クラッドの除去は，ファイバ固定充填材ごとファイバを平面研磨することによって行う。これによってコアの一部も研磨される。

ここで参照ファイバ30は，検出ファイバ16と並置される。そのため，サポート部材12の長手方向に前記Ｖ溝14と平行に貫通穴32が形成され，該貫通穴32内に参照ファイバ30が挿通されファイバ固定充填材34で固着されている。サポート部材12の先端で曲げ返された参照ファイバの戻り部分30aは，検出ファイバの戻り部分16aと平行に配置され，ファイバ固定充填材26中に埋設固着されている。参照ファイバ30を貫通穴32内に収容することで，検出ファイバの研磨時に参照ファイバが研磨されないようにしている。このようにして，検出ファイバ16と参照ファイバ30とが極力同じ位置を経由して，サポート部材12と一体化したファイバ分光検出器10が得られる。

本発明のファイバ分光検出器10は，脆弱なファイバ検出部がサポート部材12に固着されているため，屈曲等の外乱による損失変化の影響を受け難く安定した測定が可能となる。また，このように製作したファイバ分光検出器10では，検出面以外の光伝播部はクラッド／コア構造が残っているために，低損失で外乱の影響を受けずに入出力光が伝播する。被測定物（試料）は，主にファイバ分光検出器周辺の液体もしくは気体である。しかし，ファイバ検出部はサポート部材によって支えられ機械的強度が高くなっているので，検出面を試料に圧接する方法による固体表面の測定も可能である。

図３は，ファイバ分光測定系の一例を示す説明図である。ファイバ分光検出器10は試料40中に浸

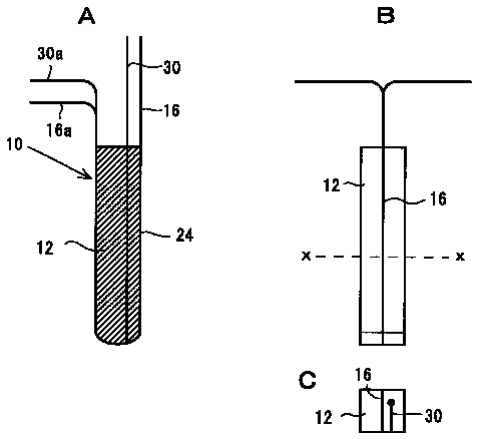


図１　本発明に係るファイバ分光検出器の一実施例を示す説明図

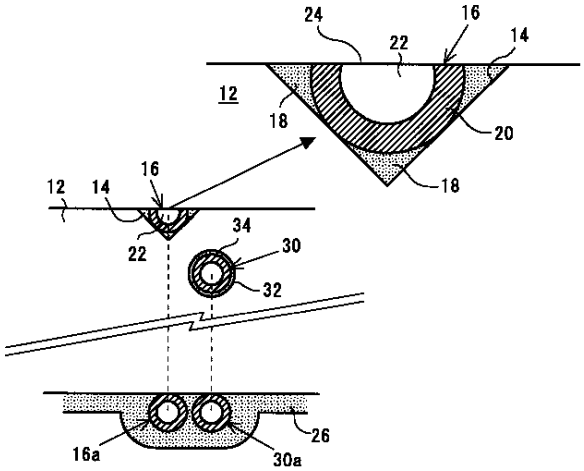


図２　そのx-x断面図

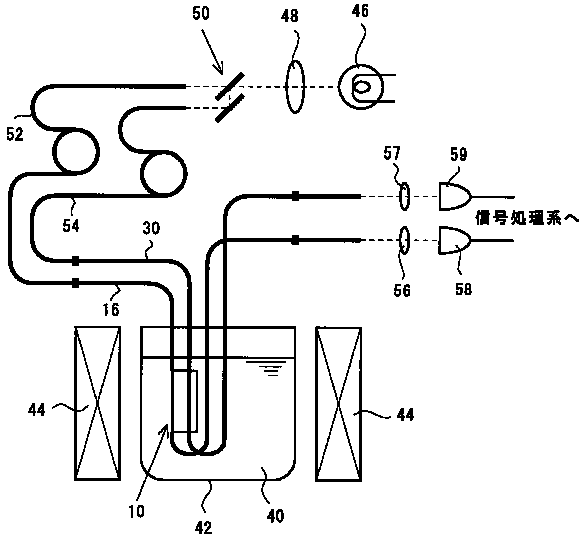


図３　ファイバ分光検出器を用いた測定系の一例を示す説明図

【符号の説明】

10	ファイバ分光検出器	40	試料
12	サポート部材	42	容器
14	Ｖ溝	44	ヒータ
16	検出ファイバ	46	光源
18	ファイバ固定充填材	48	コリメータレンズ
20	クラッド	50	ビームスプリッタ
22	コア	52	信号光導光ファイバ
24	検出面	54	照光導光ファイバ
26	ファイバ固定充填材	56	レンズ
30	参照ファイバ	57	レンズ
32	貫通穴	58	検出部
34	ファイバ固定充填材	59	検出部

漬する。ここでは試料40は，容器42に入れられ，ヒータ44で熱せられた高温溶融物である。光源46からの光をコリメータレンズ48により平行光とし，ビームスプリッタ50で二分割する。そして信号光導光ファイバ52及び参照光導光ファイバ54によってファイバ分光検出器10の検出ファイバ16に検出光を，参照ファイバ30に参照光をそれぞれ導き，出力光をレンズ56，57で集光する。そして，それぞれを検出部58，59で検出して電気信号に変換し，信号処理系へ伝達する。これにより得られる信号（入射光強度と出射光強度の比）が吸光度になる。測定原理は吸光分光測定と同様なので，得られる情報は吸光分光測定の場合と同様となる。主な測定は，被測定物の濃度やイオンの状態変化等である。また，参照ファイバを設ける構成であるので，光源の出力変動やファイバの劣化の補正が可能となり，測定精度が向上する。信号処理としては，信号変化が微弱になれば，入射光に変調をかけたロックイン計測によりS/Nを向上させることができる。

（本社：技術展開部）

サイクル機構技報No.28
あとがき

技術展開部長
サイクル機構技報編集委員長
緒方　義徳

サイクル機構技報は，1998年10月核燃料サイクル開発機構（以下「サイクル機構」という。）の発足を受けて，これまでの「動燃技報」を引継いで，四半期ごとに定期的に刊行してまいりましたが，2005年10月の日本原子力研究所とサイクル機構が統合してできる日本原子力研究開発機構の発足を前にして，サイクル機構技報は本第28号が最終号となります。

サイクル機構は，高速増殖炉の開発，核燃料物質の開発，再処理技術の開発，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など多岐にわたる研究開発業務を進めてまいりました。サイクル機構技報は，これらの研究開発業務の進展状況，成果等について報告書としてまとめ，国，関係自治体，民間企業等関係機関の皆様方に広く配布させていただき，理解の促進につながるよう努めてまいりました。

サイクル機構技報は，毎回，サイクル機構各部門の業務の進捗状況や，個々の研究者，技術者による研究開発の成果をとりまとめ，また，特定のテーマやプロジェクトについてのまとまった研究成果については特集号として刊行するなどして，その時々のサイクル機構の最新の活動状況をお伝えするように努めてまいりました。

サイクル機構内においては，サイクル機構技報の刊行は，特に若手研究者，技術者に自らの研究開発成果をとりまとめ公表する場を提供するとともに，サイクル機構内各分野の専門家からなる査読委員による査読等を通して，研究開発成果の取りまとめ，資料化に関して，研究者，技術者の育成，指導の面でも非常に有益であったものと考えております。

サイクル機構技報の編集・刊行に際しては，サイクル機構技報編集委員を中心に編集が行われ，報告事項の決定，編集内容の構成等の検討等掲載内容の質の向上とわかりやすい紙面の製作を心がけてまいりました。

サイクル機構技報は，上記のとおり多くの方々の協力によって刊行されており，関係者の皆様方には,これまでのご支援,ご協力に深く感謝を申し上げる次第であります。

核燃料サイクル開発機構

Japan Nuclear Cycle Development Institute

本社	〒319−1184	茨城県那珂郡東海村村松４−４９	TEL (029) 282−1122
敦賀本部	〒914−8585	福井県敦賀市木崎６５−２０	TEL (0770) 23−3021
新型転換炉ふげん発電所	〒914−8510	福井県敦賀市明神町３	TEL (0770) 26−1221
高速増殖炉もんじゅ建設所	〒919−1279	福井県敦賀市白木２−１	TEL (0770) 39−1031
東海事業所	〒319−1194	茨城県那珂郡東海村村松４−３３	TEL (029) 282−1111
大洗工学センター	〒311−1393	茨城県東茨城郡大洗町成田町４００２	TEL (029) 267−4141
人形峠環境技術センター	〒708−0698	岡山県苫田郡鏡野町上斎原１５５０	TEL (0868) 44−2211
東濃地科学センター	〒509−5102	岐阜県土岐市泉町定林寺９５９−３１	TEL (0572) 53−0211
幌延深地層研究センター	〒098−3207	北海道天塩郡幌延町宮園町１−８	TEL (01632) 5−2022
東京事務所	〒100−8577	東京都千代田区内幸町2−1−8　新生銀行本店ビル11階	TEL (03) 5157−1911
福井事務所	〒910−0005	福井県福井市大手3−4−1　福井放送会館5階	TEL (0776) 25−3040
六ヶ所事務所	〒039−3212	青森県上北郡六ヶ所村尾駮字沖付	TEL (0175) 71−2716
札幌事務所	〒060−0005	北海道札幌市中央区北五条西６丁目　北海道通信ビル5階	TEL (011) 200−1681
水戸連絡事務所	〒310−0852	茨城県水戸市笠原町978−25　茨城県開発公社ビル4階	TEL (029) 301−1020

〈海外事務所〉

WASHINGTON	JNC Washington Office 1825 K Street, N. W., Suite508 Washington D.C.20006 U.S.A.	TEL 202−338−3770 FAX 202−338−3771
PARIS	JNC Paris Office 4−8, Rue Sainte−Anne, 75001 PARIS France	TEL 1−4260−3101 FAX 1−4260−2413

サイクル機構技報
JNC Technical Review

No.28 2005. 9

2005年 9 月20日発行

©2005　核燃料サイクル開発機構

編集発行　核燃料サイクル開発機構　技術展開部　技術協力課
〒319-1184　茨城県那珂郡東海村村松4-49
TEL:029(282)1122(代)　FAX:029(282)7980
E-Mail:gihoh@jnc.go.jp　URL:http://www.jnc.go.jp/

製作　いばらき印刷株式会社
〒319-1112　茨城県那珂郡東海村村松字平原3115-3
TEL:029(282)0370　FAX:029(282)0524
E-Mail:info@i-printing.co.jp　URL:http://www.i-printing.co.jp/

©2005　Japan Nuclear Cycle Development Institute

Published by　Technical Cooperation Section, Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

サイクル機構

核燃料サイクル開発機構

Japan Nuclear Cycle Development Institute

R100
PRINTED WITH SOY INK
古紙配合率100%再生紙と大豆油インキを使用しています。