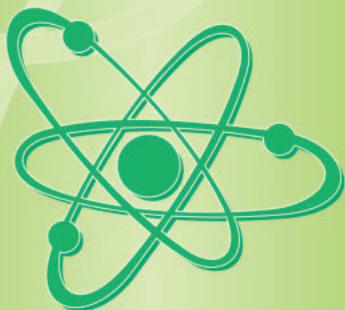
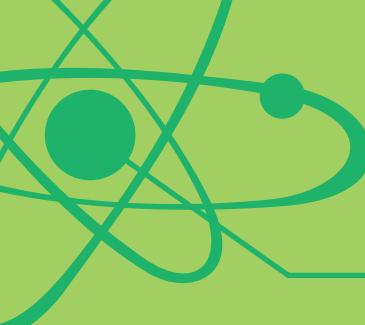


サイクル機構技報

JNC Technical Review
No.19 2003.6





サイクル機構技報

No.19 2003年6月

目 次

技 術 報 告

「もんじゅ」の運転再開に向けたFBRサイクル総合研修の着実な遂行	1
渡辺 智夫 澤田 誠 佐々木和一 永井 文夫	
小澤 一雅 小幡 立人 富田由香里	
BN600 フルMOX化のためのフィージibilityスタディ	11
川太 徳夫 舟田 敏雄 北澤 健夫 新谷 聖法	

研 究 報 告

鉄鋼材料のNa系溶融塩中電気化学特性評価	21
青砥 紀身	
NaCl-2CsCl溶融塩中における UO_2^{2+} の吸光度測定	33
佐藤 史紀 永井 崇之 田山 敏光	
坑道周辺における不飽和領域の原位置計測手法の研究 一キャリブレーション試験の簡略化と計測装置の開発について一	41
片岡 達彦 前村 庸之 竹内 真司	
松井 裕哉 向井 圭	

会 議 報 告

第4回JNC原子力平和利用国際フォーラム 一2003年2月13, 14日開催一	51
井上 尚子	
2002年度地層処分技術に関する研究開発報告会 一処分技術の信頼性を支える基盤の強化に向けて一 一2003年2月28日開催一	55
前川 恵輔	
第12回もんじゅ・国際技術センター技術報告会 一2003年3月5日開催一	61
佐藤 輝嘉	
原研一サイクル機構合同安全研究成果報告会 一2003年3月7日開催一	64
石川 敬二	
第36回原産年次大会 一2003年4月15~17日開催一	67
谷川 信吾	

JNC Technical Review

No.19 2003.6

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	69
高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究	72
高速増殖炉の研究開発	78
高速増殖炉燃料の研究開発	83
高速増殖炉燃料再処理技術の研究開発	85
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	87
軽水炉燃料再処理技術の研究開発	93
環境保全対策	96
ウラン濃縮	102
新型転換炉の研究開発	103
核物質管理と核不拡散対応	105
安全管理と安全研究	106

国際協力

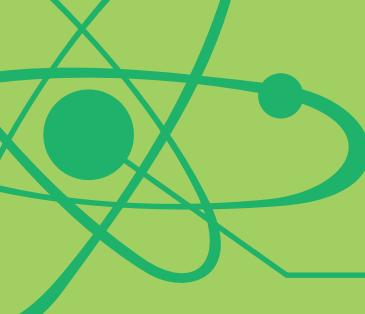
国際会議、海外派遣・留学、主要外国人の来訪、国際協力協定	111
------------------------------	-----

活動報告

業務品質保証活動	113
外部発表	115
技術情報管理、情報システム	118
大学等との研究協力、社内公募型研究	119
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	122
特許・実用新案紹介	124

お知らせ

テクノ交流館リコッティ開館のお知らせ	126
平成16年度任期付研究員（博士研究員）の公募について	127



サイクル機構技報

No.19 2003年6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

「テクノ交流館リコッティ」

「研究開発成果の普及」「情報公開」「リスクコミュニケーション」の拠点として、原子力関係者はもとより広く一般の方々にも気軽に利用してもらい、「科学技術と交流する場」「創造性豊かな文化と交流する場」「地域の方々と交流する場」として活用するため「テクノ交流館リコッティ」を開館しました。施設は地上3階建で、1階には、250席の電動式移動観覧席があり、椅子を収納し、平土間での利用もでき、講演会、シンポジウム、コンサート、映画会等様々な利用を想定した多目的ホールや、高速インターネットを体験できるパソコンコーナー、絵画展、個展等に利用できるギャラリー、自由にミーティングができるミーティングルームがあります。

2階には、インフォメーションルームがあり、パソコンを利用して原子力情報やサイクル機構の研究開発成果、技術情報、特許実用新案などの検索・閲覧ができます。特許試作品の展示コーナーや原子力アルタイム情報コーナーもあります。また、編集機器を利用して、映像や音楽を編集できる編集スタジオや音響設備が整ったスタジオ、原子力や科学全般の映像を視聴できるビデオブースもあります。

3階には、会議や展示会等に利用できる会議室や、芝生や花壇、ウッドデッキのある屋上テラスがあります。



画像提供組織名：東海事業所 運営管理部
地域交流課

■ 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 機構技術部 機構技術協力課
〒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 2003

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
©2003 JAPAN NUCLEAR CYCLE DEVELOPMENT INSTITUTE



「もんじゅ」の運転再開に向けたFBRサイクル総合研修の着実な遂行

渡辺 智夫 澤田 誠 佐々木和一 永井 文夫
小澤 一雅 小幡 立人* 富田由香里*¹

敦賀本部 国際技術センター

* 株式会社ペスコ

*¹ 原子力技術株式会社

Training Report of the FBR Cycle Training Facility for Monju Restarting

Toshio WATANABE Makoto SAWADA Kazuichi SASAKI Fumio NAGAI
Kazumasa OZAWA Tatsuhito OBATA* Yukari TOMITA*¹

International Cooperation and Technology Development Center, Tsuruga Head Office

* PESCO Co.,Ltd.

*¹ Nuclear Technology & Engineering Co.,Ltd.

2000年3月に完成したナトリウム取扱研修施設と保守研修施設からなるFBRサイクル総合研修施設では、2000年9月より本格的にその運用を開始した。

ナトリウム取扱研修施設では、高速炉特有の技術であるナトリウム取扱技術を習熟するための研修として、従来大洗工学センターで実施していたナトリウム消火訓練はもとより、新たにナトリウムの化学的性質や物理的性質を階層的に学習する研修や、ナトリウム・ループの運転技術、ナトリウム漏えい時の対処技術などを習得するための研修など幅広い分野にわたってのナトリウム取扱研修を実施している。

一方、保守研修施設では「もんじゅ」特有のナトリウム機器や設備の点検技術を習熟するための研修を始めとして、汎用ポンプの分解点検や電源盤の点検、計測制御の基礎実習など、汎用技術を習得するための研修を展開している。

研修施設の開校以降、2003年3月末までに8種類のナトリウム取扱研修を計77回、9種類の保守研修を計39回開催した。これによる受講者は延べ888名に達しており、「もんじゅ」の運転再開に向けた教育研修を鋭意進めている。

The FBR Cycle Training Facility consists of the sodium handling training facility and the maintenance training facility has been used since September in 2000. At the sodium handling training facility, the trainees are able to study widely sodium handling technologies, which are inherent technologies of fast reactors, such as sodium fire extinguishing, chemical and physical properties of sodium, sodium loop operating skill, counter training for sodium piping leakage, etc. On the other hand, maintenance training courses not only for "MONJU" related inherent maintenance technologies but also for general maintenance skills are conducted at the maintenance training facility.

So far, 77 eight unit sodium training courses and 39 nine unit maintenance training courses have been performed in preparation of Monju restarting and the total number of trainees is 888.

キーワード

FBR, 研修施設, 教育訓練, ナトリウム, 保守, ナトリウム火災消火, もんじゅ, 研修

FBR, Training Center, Education, Sodium, Maintenance, Sodium Fire Extinguishing, MONJU, Training Course



1.はじめに

高速増殖原型炉「もんじゅ」(以下、「もんじゅ」)に隣接する国際技術センター(福井県敦賀市白木地区)に、高速炉特有の技術である「ナトリウム取扱技術」と、「もんじゅ」固有の機器や汎用機器の「保守技術」を学ぶための「FBRサイクル総合研修施設」がある。同施設¹⁾は、「ナトリウム取扱研修棟」と「保守研修棟」から成り2000年9月より本格的に運用を開始しており、本号においては開校以降展開している「ナトリウム取扱研修」と「保守研修」について紹介する。

「ナトリウム取扱研修」では、これまで大洗工学センターにおいて実施していたナトリウム消火訓練はもとより、ナトリウム燃焼や流動の観察、ナトリウム物性値の測定実験などを通してナトリウムの化学的性質や物理的性質を階層的に学習する研修コースや、ナトリウム・ループの運転技術を習得するための研修コース、配管からのナトリウム漏えい時の対処を体験学習するための訓練コース、更にはナトリウム取扱技能を認定するための研修コースなど幅広い分野にわたる8種類の研修コースを設定し、高速炉特有の技術である「ナトリウム取扱技術」の習熟を目指して研修を展開している。

一方、「保守研修」では「もんじゅ」特有のナトリウム機器や設備の点検技術を学ぶための研修コースのほか、汎用ポンプの分解点検や電源盤点検、計測制御ループの運転技術など汎用機器の保守技術を学習するコースなど計9種類にわたる研修コースを設定している。

研修では、研修生自身が研修の成果を定量評価できる「研修成果評価手法」を新たに開発導入し充実した研修の遂行に努めているほか、研修後のアンケート要望の反映に極力努力していることはもとより、大洗工学センターの専門家や海外炉から得た知見の反映など、常に研修内容の改善・充実化に目を向けて研修コースの強化整備に努めている。2001年度から開始した世界的に例を見ない「もんじゅ」事故の教訓を基に整備した「ナトリウム配管漏えい対応訓練コース」や、2002年度から開始した高速実験炉「常陽」(以下「常陽」)のメンテナンス建家火災を教訓にして新たに整備した「ナトリウム取扱技能認定コース」などはその顕著な例であると言える。

開校当初は計14コースであった研修は、現時点

で17コースに増え、来年度は更にナトリウム取扱研修を2コース追加整備することで現在準備を進めている。

「FBRサイクル総合研修施設」を使用した研修として、2003年3月末までに8種類のナトリウム取扱研修を77回、9種類の保守研修を39回、計116回の研修を開催し、受講者は延べ888名に達している。なお、受講者は「もんじゅ」の運転員、保守員が中心であるが、新型転換炉「ふげん」(以下「ふげん」)や大洗工学センターの他事業所からの受講者のほか、経済産業省の原子力安全・保安院や福井県消防学校、敦賀美方消防組合などの外部機関からの受講参加も得て幅広く実施している。

2.研修の概要

2.1 研修コース設定に当たっての考え方

研修コースの設定に当たっては、効率の良い知識・知見の習得を目指し「ナトリウム取扱研修」では階層別コースの設定や研修コースの細分化などの工夫を行って8種類(開校当初は6種類)のナトリウム取扱研修コースを、また「保守研修」については「もんじゅ」側の意見を基に整備した各種学習モデルに相応した9種類の研修コースを設定した。

高速炉特有の技術研修である「ナトリウム取扱研修」は、知識の習得と取扱経験と一緒に体験できるように講義と実習を一体化させた研修カリキュラムを策定したが、この策定に当たっては、大洗工学センターが蓄積・保有している知見(技術報告書等)を参考にしたほか、長年の研修実績を有しているフランス原子力庁のカダラッシュ研究所にある「ナトリウム学校」との情報交換から得られた情報も参考にしつつこれを定めた。

2.2 ナトリウム取扱研修

「ナトリウム取扱研修」は、3つの分野に分けて8種類の研修コースを整備している。各研修コースのポイント、研修対象者、及び実施頻度を表1にまとめて示す。

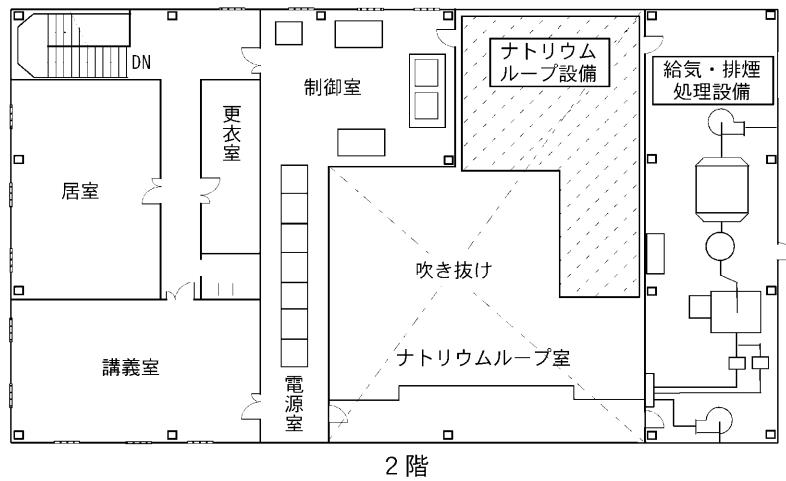
また、建物内の研修設備などの配置状況を図1に示す。

(1) ナトリウム特性研修

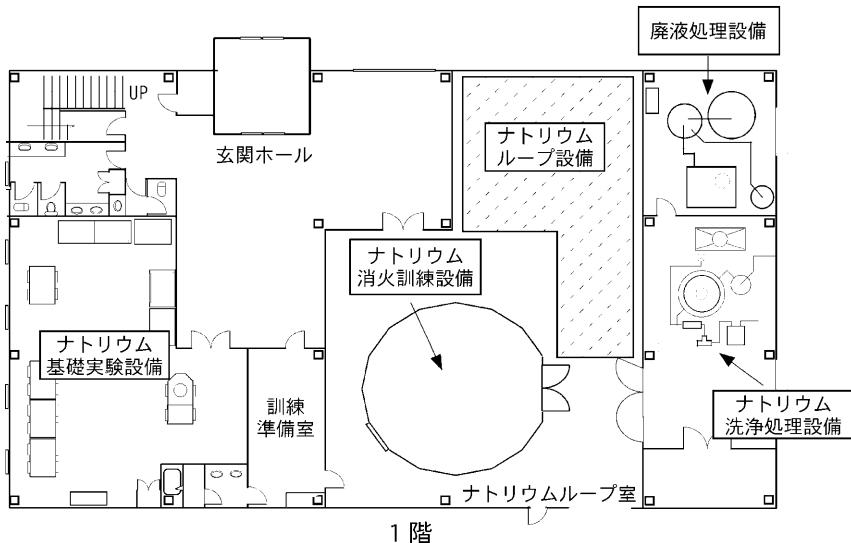
ナトリウムの様々な特性を学習するための研修として、階層別に設定された以下に示す3つの研修コースを設定している。

表1 ナトリウム取扱研修一覧表

研修の位置づけ	No	研修コース名称 (研修期間)	研修のポイント	主たる対象者	実施頻度
ナトリウム特性研修 (階層別)		ナトリウム入門コース (1日)	ナトリウムとはどんなものか,何故高速炉の冷却材に適しているのかを易しく学習	事務系職員 女性職員	4回/年
		ナトリウム一般コース (1日)	ナトリウムの基本的知識(化学的・物理的特性等)を測定実験を交えながら学習	技術系職員 業務協力員	2回/年
		ナトリウム専門コース (2日)	より専門的に学習するコースで,ナトリウムによる腐食機構や純度管理技術などを幅広く学習	技術系職員 業務協力員	2回/年
ナトリウムループ運転技術研修		ナトリウムループ純化系運転コース(2日)	ナトリウム充てん・ドレン操作の体験実習のほか,純度管理の設計根拠等,「常陽」の経験を交えながら学習	運転員(保守員にも有益)	2回/年
		ナトリウムループ供給系運転コース(2日)	ナトリウム充てん・ドレン操作やナトリウム機器の温度特性確認などの体験実習のほか,「もんじゅ」冷却系の仕様や設計根拠等を机上学習	運転員(保守員にも有益)	2回/年
ナトリウム取扱技術研修		ナトリウム消火訓練コース(1日)	ナトリウムの基礎知識や人体への影響,消火の仕方などを学習(机上学習+体験実習)	運転員 自衛消防隊員	10回/年
		ナトリウム配管漏えい対応訓練コース(2日)	配管からの漏えい挙動の観察や化合物処理などの実習のほか,もんじゅ事故の原因・対策等を学習	技術系職員 業務協力員	2回/年
		ナトリウム取扱技能認定コース(1日)	ナトリウムの基礎知識や人体への影響,自然発火機構等の机上学習のほか,ナトリウムの拭取り作業を体験学習	ナトリウム取扱作業者	5回/年



2階



1階

図1 ナトリウム取扱研修棟設備配置図

ナトリウム入門コース

日常業務ではナトリウムと直接関わることのない事務系職員や女性職員を対象に、ナトリウムとはどのような物か、なぜナトリウムは「もんじゅ」の冷却材として使われるのか等のナトリウムに関する基礎知識について、講義と簡単なナトリウム基礎実験及びナトリウム燃焼の観察を通して学習する。

ナトリウム一般コース

ナトリウムの特徴や熱媒体としての諸特性など、高速増殖炉（以下、FBR）開発に携わる技術者として習得すべきナトリウムに関する一般的な知識について、講義と各種ナトリウム物性値の測定実験の見学及びナトリウム燃焼実験の観察からなる実習を通して学習する。

ナトリウム専門コース

ナトリウムの化学的性質や物理的諸特性を論理的・定量的に学習するほか、腐食や漏えい事故等のプラントに関連する事柄など、「もんじゅ」の運転・保守員やナトリウム取扱業務に従事する者が習得すべきナトリウムに関する専門的な知識について、講義と各種ナトリウム物性値の測定実験及びナトリウム燃焼の観察からなる実習を通して学習する。

（2）ナトリウムループ運転技術研修

主に系統設備としてのナトリウムループの運転技術を習得するための研修として、以下に示す2つの研修コースを設定している。

ナトリウムループ純化系運転コース

FBR プラントの運転・保守に携わる者が習得すべきナトリウムループ関連の運転技術のうち、特に純化系運転に関する運転技術について、講義やナトリウムループの運転実習を通して学習する。

ナトリウムループ供給系運転コース

FBR プラントの運転・保守に携わる者が習得すべきナトリウムループ関連の運転技術のうち、特にナトリウム充てん・ドレン操作、ナトリウム計装機器の校正及び電磁ポンプ運転特性に関する運転技術について、講義やナトリウムループの運転実習を通して学習する。

（3）ナトリウム取扱技術研修

ナトリウムの消火などの異常時対応も含めた取扱技術を習得するための研修として、以下に示す3つの研修コースを設定している。

ナトリウム消火訓練コース

高速炉プラントの運転・保守に携わる者、また



写真1 ナトリウム消火訓練コースの研修状況

ナトリウム取扱業務に従事する者が習得すべきナトリウム火災時の対応技術を、講義とナトリウム燃焼の観察及び消火、並びに洗浄処理作業を通して学習する。

写真1にナトリウム消火訓練時の研修状況を示す。

ナトリウム配管漏えい対応訓練コース

「もんじゅ」でのナトリウム漏えい事故において、漏えい後の拡大防止の観点で運転員の操作や教育訓練に問題があると指摘された。本コースはその教訓に立って、大きく次の3つの点について体験学習できることを目的に整備した。

- i) 実際のナトリウム配管漏えいの体験観察を通して、漏えいの危険性を肌で覚える。
- ii) 配管の管壁や配管保温材内にナトリウム燃焼化合物はどのように付着残存するかを体験観察する。
- iii) 残存化合物の除去や後処理を体験学習する。

このコースでは、実際にナトリウムループ設備の供給タンクよりナトリウムを流して、訓練セル内に設けた「模擬漏えい配管」から高温ナトリウムを漏えいさせるが、このように実際にナトリウムを漏えいさせる研修は世界的にも例がないため、安全の確保を第一に、あらかじめ定めた漏えい量を確実に漏えいできるように設備設計を工夫した。主要な漏えい条件は次のとおりである。

- ・漏えいナトリウム温度：505（「もんじゅ」事故と同温度）
- ・漏えいナトリウム量：約2 kg（模擬漏えい配管口径：2B）
- ・漏えい率：約100kg/h（「もんじゅ」事故はおよそ170kg/h）

- ・漏えいの仕方：ナトリウム自重落下（静圧 7 m
+ ガス圧力約0.05 MPa）

なお、本コースでは漏えいの準備として行うナトリウムループ運転も併せて受講生が行うほか、講義として「もんじゅ」事故の状況、原因、対策について学習を行っている。写真2に漏えい前の模擬ナトリウム漏えい配管と漏えい状況、並びに漏えい後の配管解体時の研修状況を示す。

ナトリウム取扱技能認定コース

2001年10月31日に発生した「常陽」のメンテナンス建家火災は、ナトリウムの自然発火によるものと推定された。これを受けて、その再発防止策の一環として大洗工学センター、「もんじゅ」及び当国際技術センターの三者で連携を取り、「ナトリウム取扱技能認定制度」を制定・導入した。本コースは、その認定制度に基づいて整備したものであり、ナトリウム取扱作業に従事する者として習得しておくべきナトリウムの基礎知識や自然発火機構、並びに人体への影響などを机上学習すると共に、ナトリウム自然発火現象の観察やナトリウム拭取り作業等を体験学習する。「もんじゅ」においてナトリウム取扱作業に従事するためには、本コースの終了証が必要であり、学科試験において70点以上の成績とすべての実習体験が要求される。

2.3 保守研修

「保守研修施設」には、「もんじゅ」保守業務に携わる者の意見を基に、4種類の「もんじゅ」固有の機器に係る学習モデルと、同じく4種類の汎用設備に関する学習モデルが整備されている。保守研修では、これらの学習モデルを活用した研修コースを設定している。各コースにおける研修のポイント、研修対象者、及び実施頻度を表2に示す。

また、建物内の研修設備などの配置状況を図2に示す。

(1) 「もんじゅ」固有の機器の保守技術研修

「もんじゅ」固有の機器の構造や動作原理、更には分解点検方法などの保守技術を習得するための研修として、次の4つの設備機器を対象に研修を行っている。

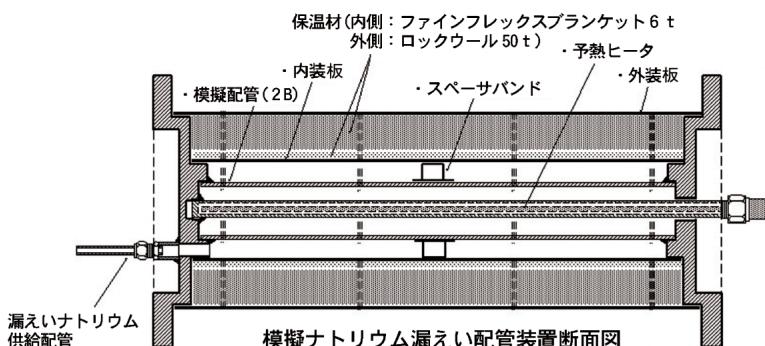
燃料取扱及び貯蔵設備コース

「もんじゅ」の燃料取扱及び貯蔵設備について、設備構成、燃料移送ルート、燃料交換スケジュールなど、設備全体の基本的な知識を学習する。

写真3に燃料取扱及び貯蔵設備の縮尺モデルを使用した概況説明時の研修状況を示す。

制御棒駆動機構コース

「もんじゅ」の3種類の制御棒駆動機構につい



漏えい前の模擬ナトリウム漏えい配管

ナトリウム漏えい状況

写真2 ナトリウム配管漏えい対応訓練コースの研修状況

表2 保守研修一覧表

研修の位置づけ	No	研修コース名称 (研修期間)	研修のポイント	主たる対象者	実施頻度
「もんじゅ」 固有設備の 保守技術研修		燃料取扱及び貯蔵設備 コース(1日)	設備構成や交換スケジュール、燃料移送順序など設備全 体の基本的知識を机上學習するほか、學習モデルを使用 して燃料取扱を觀察學習	保守課職員 業務協力員	4回/年
		制御棒駆動機構コース (1日)	制御棒駆動機構の構造や動作メカニズムを机上學習す るほか、學習モデルと計算機學習システムを用いて駆動 機構の構造や動作を觀察學習	保守課職員 業務協力員	1回/年
		燃料交換準備・後始末 作業コース(4日)	炉上部での大型キャスクの取扱やFHM本体と昇降駆動 装置の接続・切離などを作業管理・安全管理上の実務ボ イントを體驗學習	保守課職員 業務協力員	1回/年
		メカニカルシール分解 点検作業コース(2日)	2次主ポンプメカシール部の構造を机上學習するほか、 メカシールの分解点検作業を実機を模擬した學習モ デルを用いて実機環境に近い状況下で體驗學習	保守課職員 業務協力員	1回/年
汎用設備の 保守技術研修		水系機器運転・保守 コース(3日)	ポンプの基礎理論を机上學習するほか、水系ループの運 転やポンプの分解・組立・試験を実際に學習モデルを用 いて體驗學習	保守課職員 業務協力員	1回/年
		電源盤点検作業コース (2日)	電源盤の構造や遮断器、保護継電器の構造・原理を机上 學習するほか、遮断器・保護継電器の保守点検を學習モ デルを用いて體驗學習	保守課職員 業務協力員 (電気系)	2回/年
		計測制御コース(2日)	PID制御の基礎理論を机上學習するほか、學習モデルを 用いてPID制御装置の運転や最適調整方法などを體驗 學習	保守課職員 業務協力員	3回/年
		非破壊検査コース (3日)	非破壊検査方法の種類と概要や適用法令などの机上學 習のほか、液体浸透探傷試験(PT)の體驗學習と放射 線透過試験(RT)の判読技術の體驗學習	保守課職員 業務協力員	3回/年
		保守一般コース(3日)	機械、電気、計測に係る基礎知識を學習し、各學習モ デル等を用いて體驗學習	運転員 保守員	2回/年

て、内部構造や動作、保守点検のポイントなど、設備の基本的な知識を學習する。

燃料交換準備・後始末作業コース

燃料交換準備・後始末作業を通じて、炉上部での大型キャスクの取り扱いや、燃料交換機本体と昇降駆動装置の接続・切り離しなどの作業に習熟すると共に、作業管理・安全管理上の実務のポイントを學習する。

メカニカルシール分解点検作業コース

2次主冷却系主循環ポンプの軸封部の分解点検作業を通して、メカニカルシールの分解点検や軸封部への取付調整などの作業に習熟すると共に、作業管理・安全管理上の実務のポイントを學習する。

(2) 汎用設備の保守技術研修

電源盤や計測制御のような汎用的に使用されている設備・機器についての保守技術を習得するための研修として、5つの研修コースを設定している。

水系機器運転・保守コース

ポンプや弁などの水系機器の構造・原理を學習すると共に、実際の運転操作及び保守点検実習を通じ

て、水系機器の基本的な運転・保守方法を學習する。写真4にポンプ分解点検時の研修状況を示す。

電源盤点検作業コース

電源盤(メタクラ、パワーセンタ、コントロールセンタ)及びその収納機器(遮断器、保護継電器など)の構造・原理を學習し、保守点検作業の実務に習熟すると共に、低圧/高圧電気作業における作業管理・安全管理上のポイントを學習する。

計測制御コース

工業計器の運転、保守を行うために必要な計測制御のうち、PID制御に関する基礎的技術を學習する。

非破壊検査コース

非破壊検査技術の概要と検査体系について學習すると共に、一般によく用いられる非破壊検査技術として液体浸透探傷試験(PT)と放射線透過試験(RT)について、講義と実習により基礎的な知識・技術を學習する。

保守一般コース

運転員が現場パトロール時などに設備・機器等

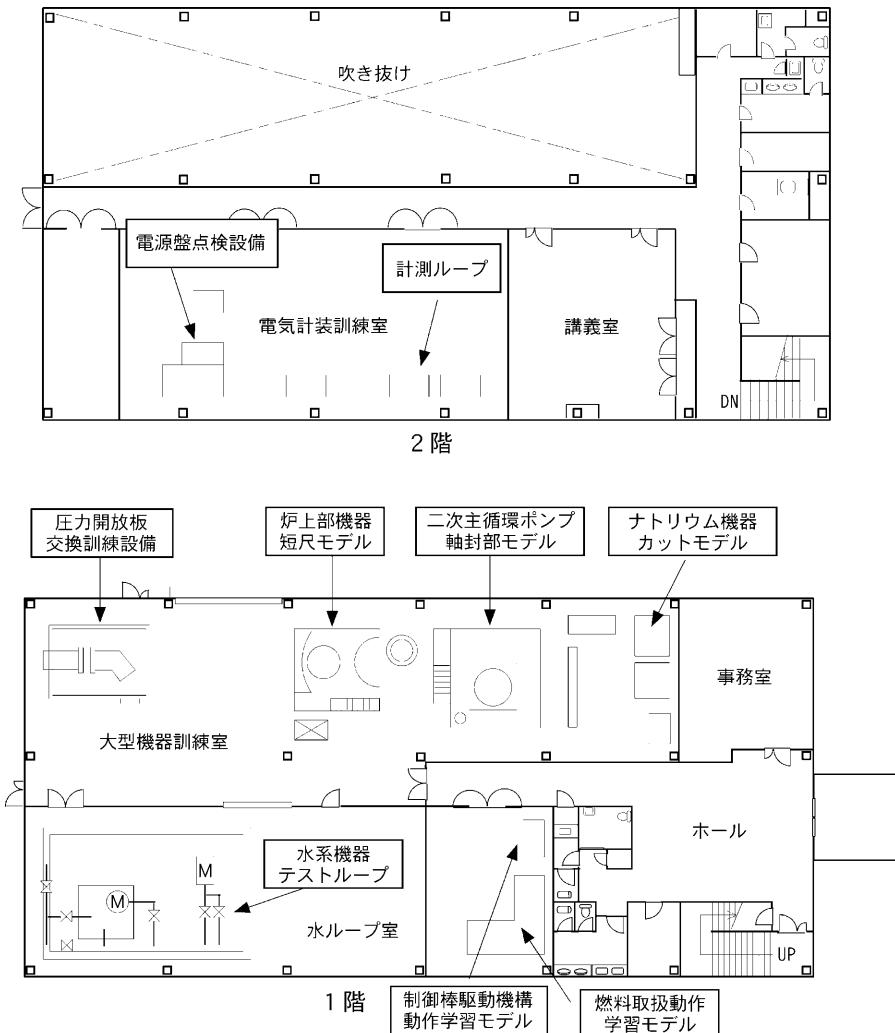


図2 保守研修棟設備配置図



写真3 燃料取扱及び貯蔵設備コースの研修状況

の軽微な異常を発見した場合に、緊急の応急処置が行える程度の技術を学習する。



写真4 水系機器運転・保守コースの研修状況

2.4 研修実績

2000年9月より運用を開始したFBRサイクル総合研修施設において実施しているナトリウム取扱研修及び保守研修の各年度ごとにおける受講者数

を図3に、また、表3には各研修の実施回数も合わせて示す。以下に研修実績の推移を各年度ごとに分けて紹介する。

(1) 2000年度における研修実績²⁾

ナトリウム取扱研修では6種類の研修コースを22回、また保守研修では8種類の研修コースを11

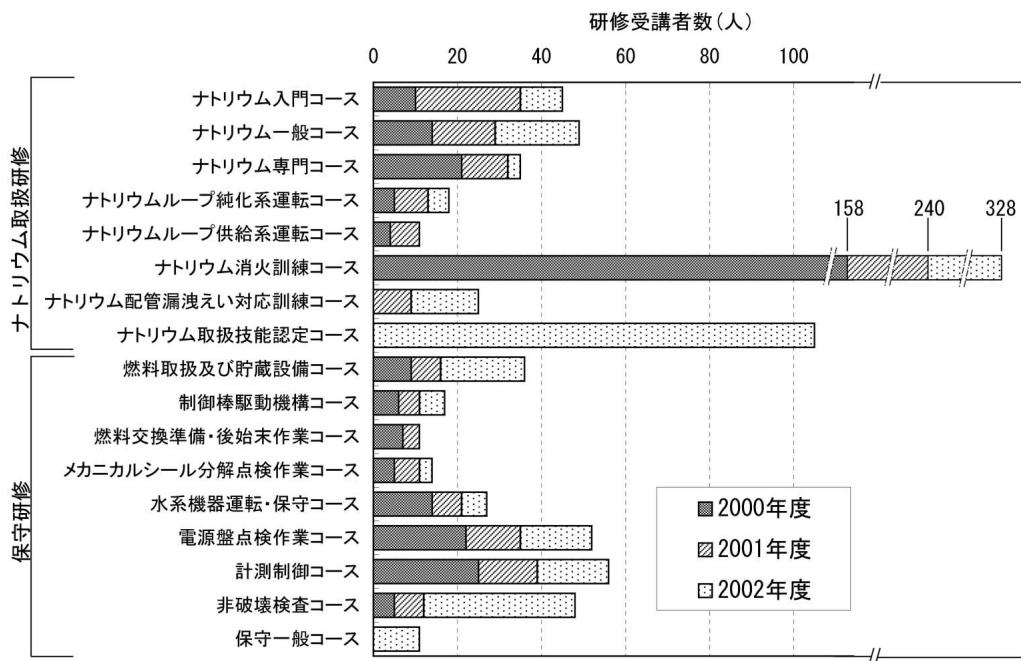


図3 ナトリウム取扱研修及び保守研修の各研修コース別受講者数

表3 ナトリウム取扱研修及び捕手研修の各研修コース別の受講者数と研修実施回数

研修コース名	受講者数				研修実施回数			
	2000年度	2001年度	2002年度	合計	2000年度	2001年度	2002年度	合計
ナトリウム入門コース	10	25	10	45	2	5	2	9
ナトリウム一般コース	14	15	20	49	2	2	3	7
ナトリウム専門コース	21	11	3	35	3	2	1	6
ナトリウムループ純化系運転コース	5	8	5	18	1	2	1	4
ナトリウムループ供給系運転コース	4	7	0	11	1	2	0	3
ナトリウム消火訓練コース	158	82	88	328	13	10	10	33
ナトリウム配管漏洩えい対応訓練コース	-	9	16	25	-	2	2	4
ナトリウム取扱技能認定コース	-	-	105	105	-	-	11	11
燃料取扱及び貯蔵設備コース	9	7	20	36	1	2	4	7
制御棒駆動機構コース	6	5	6	17	1	1	1	3
燃料交換準備・後始末作業コース	7	4	0	11	1	1	0	2
メカニカルシール分解点検作業コース	5	6	3	14	1	1	1	3
水系機器運転・保守コース	14	7	6	27	2	1	1	4
電源盤点検作業コース	22	13	17	52	2	2	2	6
計測制御コース	25	14	17	56	2	2	3	7
非破壊検査コース	5	7	36	48	1	1	3	5
保守一般コース	-	-	11	11	-	-	2	2
合計	305	220	363	888	33	36	47	116

回実施し、総受講者数は305名であった。

実施した研修の中で、特にナトリウム消火訓練コースの研修実施回数と受講者数が多くなっているが、これは「もんじゅ」の運転員と自衛消防隊員が研修対象者として毎年この研修を受講することを義務づけているためである。更に地元の敦賀美方消防組合の消防署員70名が、3回に分かれて本研修を受講されている。

(2) 2001年度における研修実績³⁾

2001年度においては、2000年度の研修実績を踏まえ、研修項目の追加や研修内容の一部見直し等を行った。

具体的には、2000年度の開校以降取組んできた「ナトリウム配管漏えい対応訓練コース」を新規に追加整備し、7種類の研修コースを実施した。また、社内の専門家などで組織されている「教育研修検討委員会」において研修テキストの内容検討を受け、コメントに沿ってテキスト内容の一部見直しを実施した。

各研修コースの開催回数は、ナトリウム取扱研修においては、受講者が多いナトリウム入門コースは5回、ナトリウム消火訓練コースは10回、そのほかの5種類の研修コースはそれぞれ2回開催し、全体では7種類の研修コースを計25回開催した。また、保守研修においては、計測制御コース、電源盤点検コース、及び燃料取扱及び貯蔵設備コースが各2回、そのほかの5種類の研修コースはそれぞれ1回開催し、全体では8種類の研修コースを計11回開催した。

研修の受講者は、主に「もんじゅ」、「ふげん」の職員及び協力会社職員であり、ナトリウム取扱研修には157名、保守研修には63名の合わせて220名が参加した。

(3) 2002年度における研修実績

2002年度においては、ナトリウム取扱研修と保守研修でそれぞれ1コースずつ追加整備した。

ナトリウム取扱研修では、「常陽」メンテナンス建家火災事故の教訓を踏まえて2002年度より「もんじゅ」に導入された「ナトリウム取扱技能認定制度」に沿って「ナトリウム取扱技能認定コース」を整備・開始した。

保守研修では、これまで「もんじゅ」運転員の教育として、現場パトロールにて設備、機器等の軽微な異常発見時などに緊急に応急処置が可能な程度の技術の学習として行ってきたものを、研修

内容を更に充実させることにより、運転員以外にも受講できるような研修内容として新規に「保守一般コース」として開始した。

各研修コースの開催回数は、ナトリウム取扱研修においては、受講者が多いナトリウム消火訓練コースと新規に開始したナトリウム取扱監督者・作業者コースがそれぞれ10回と11回、そのほかの研修コースは数回開催し、全体では7種類の研修コースを計30回開催した。また、保守研修においては、9種類の研修コースをそれぞれ数回開催し、全体では計17回開催した。

研修の受講者は、主に「もんじゅ」、「ふげん」の職員及び協力会社社員、並びに「もんじゅ」関係業者であり、ナトリウム取扱研修には247名、保守研修には116名の合わせて363名が参加した。また、2002年度より原子力安全・保安院の職員を対象としたナトリウム研修を2回実施し、10名が受講されている。なお、ナトリウム取扱技能認定者は100名を越えた。

3. 研修成果の評価

従来型の研修は、一方的な講義による受動型の「やりっぱなし研修」となることが多いが、このような研修では「もんじゅ」の運転再開に向け運転員や保守員の教育研修が十分効果を上げているかどうか疑問が残る。そこで、新たに「チャレンジクイズ」と称する「研修成果評価手法」を考案し、ナトリウム研修及び一部保守研修に導入している。この手法は、講義内容に沿って出題したクイズ問題を研修前に実施して受講前における自分の知識度を点数で把握した後、研修後再度同じ内容のクイズを受けてその知識度がどの程度アップしたかを自らが定量的に把握するという方法である。

この方法を採用することにより、受講者は研修によってどのような点を把握でき、どのような点を未だ完全に理解できていないかを自らが把握することができる仕組みとなっている。この結果は、講義の仕方や内容等、研修主催者側にとどてもアンケート調査と同様に貴重な反省材料となり、適宜次の研修に反映させるように取り組んでいる。

これまでに実施した「チャレンジクイズ」の結果では、研修前の成績に比べて、研修後の成績は飛躍的にアップさせることができており、「もんじゅ」運転員や保守員の育成においてFBRサイク

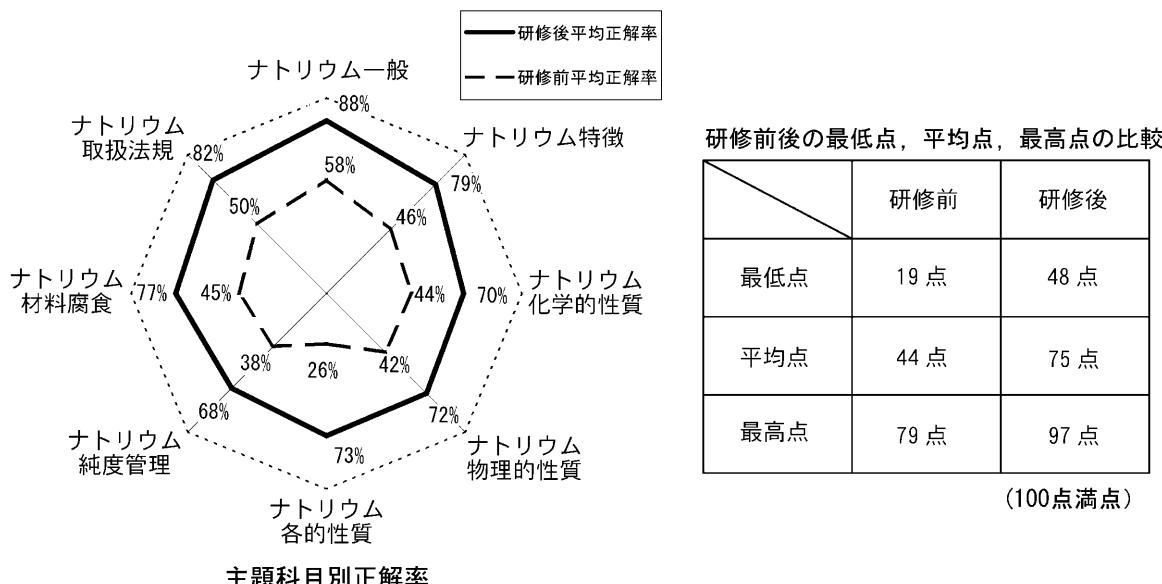


図4 ナトリウム専門コース（2回分、受講者11名）における研修前後のチャレンジナトリウムクイズの結果

ル総合研修が大いに貢献できているものと分析できる。

図4にその一例として2001度におけるナトリウム専門コース（2回分、受講者：11名）の研修前後に実施したチャレンジナトリウムクイズの結果を示す。

4. おわりに

2000年3月に完成したナトリウム取扱研修棟と保守研修棟からなるFBRサイクル総合研修施設では、2000年9月より本格的にその運用を開始し、2003年3月末までにナトリウム取扱研修の8種類の研修コースを77回、保守研修の9種類の研修コースを39回、計116回の研修を延べ888名の受講者を対象に開催し、「もんじゅ」の運転再開に向け運転員や保守員の教育研修を鋭意進めている。

なお、FBRサイクル総合研修施設は「もんじゅ」

運転員、保守員やサイクル機構関係者ばかりでなく、地元地域と密着した総合研修施設として例えば福井県消防学校や敦賀美方消防組合の方々にもナトリウム研修の場として活用して頂いているほか、更に2002年度からは原子力安全保安院など、外部機関の方々のナトリウム研修にも活用の幅が広がっている。

参考文献

- 1) 渡辺智夫、上田雅司、他：“FBRサイクル総合研修施設の設計・建設”，サイクル機構技報、No.9, p.17 (2000).
- 2) 澤田 誠、渡辺智夫、他：“FBRサイクル総合研修施設の研修結果報告(ナトリウム研修及び保守研修) - 平成12年度 - ”、サイクル機構技術資料、TN4410 2001 006 (2001).
- 3) 渡辺智夫、小澤一雅、他：“FBRサイクル総合研修施設の研修結果報告(ナトリウム研修及び保守研修) - 平成13年度 - ”、サイクル機構技術資料、TN4410 2002 002 (2002).



BN600フルMOX化のためのフィージビリティスタディ

川太 徳夫 舟田 敏雄 北澤 健夫 新谷 聖法

本社 国際・核物質管理部

Feasibility Study of Weapons Plutonium Disposition on BN600 Reactor Core with Full MOX Fuel Loading.

Norio KAWATA Toshio FUNADA Takeo KITAZAWA Kiyonori ARATANI

International Cooperation and Nuclear Material Management Division, Head Office

サイクル機構は、1999年からロシア余剰核兵器プルトニウム処分協力として、ロシアの振動充てん技術（バイパック法）によりMOX燃料を製作し、ロシアの高速炉BN600で燃焼処分を行う“BN600バイパック燃料オプション”について、共同研究を実施してきた。

本報では、「BN600フルMOX化のためのフィージビリティスタディ」としてロシアの物理エネルギー研究所（IPPE）と共同研究で実施したBN600フルMOX化の技術的成立性（炉心扁平化・Naプレナム付炉心の採用によるMOX炉心の特性の改良、一次冷却ポンプの吐出圧低減等）及び、フルMOX炉心改造の設計・解析費、フルMOX用燃料製造施設の建設、運転等コストの評価結果について報告する。また、本共同研究の成果を基に、「BN600バイパック燃料オプション」と軽水炉（VVER1000）オプションと組み合わせた2000年米露協定で合意された余剰解体プルトニウム34tの処分を行う構想について述べる。

JNC has been collaborating with Russian institutes since 1999 to promote the BN600 Vibro-packed Fuel Option as the disposition plan for Russian weapons plutonium.

This report provides a description of the feasibility study and the cost estimation of weapons plutonium disposition on the BN600 reactor core with full MOX fuel loading and outlines the scenario of combining the BN600 Vibro-packed Fuel Option and Light Water Reactor Option.

キーワード

プルトニウム、ロシア共同研究、余剰核兵器解体プルトニウム、処分、バイパック燃料、BN600、フルMOX炉心、ハイブリッド炉心、ナトリウムボイド反応度、高温電気化学法

Plutonium, Collaboration with Russia, Surplus Weapons Plutonium, Disposition, Vibro-packed Fuel, BN600, Full MOX Core, Hybrid Core, Sodium Void Reactivity, Pyroelectrochemical Process



1.はじめに

サイクル機構は自らの研究開発に役立ち、かつ国際的な核軍縮・核不拡散への貢献にも役立つ仕事として、ロシアの余剰核兵器解体プルトニウム（以下、解体プル）をロシアの高速炉BN600とロシアの先進的な燃料技術で製造したMOXバイパック燃料を用いて燃焼処分する「BN600バイパック燃料オプション」に協力している。

これまでに実際の解体プルを用いて三体のMOXバイパック燃料集合体を製造し、BN600で所定の燃焼度まで燃焼する実験や臨界実験装置を用いた模擬炉心の臨界性実験等を通して、このオプションの実現性については、既に確認してきている。また、部分MOX化炉心（ハイブリッド炉心）に関しては、燃料製造施設の整備等の準備作業も進めてきており、実施にいたるまでに必要となるコストについても把握するに至っている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

一方、本オプションの第二ステップであるフルMOX炉心に関しては、技術的な成立性やコスト等について、これまで明確な評価がなされてこなかったが、日露共同研究として評価が行なわれ、技術的成立性が確認されるとともに、コストについても概略評価値が得られるに至った⁵⁾。

本報では、これまでに得られた日露共同研究の成果とそのレビューを基に、BN600バイパック燃料オプションの展望を2000年の米露協定⁶⁾に定められた34トンの解体プル処分プログラムへの適用を視野に入れて紹介するものである。

2. BN600バイパック燃料オプションの概要

前述の通り、本オプションでは、ロシアの高速炉BN600とペレットに比べ燃料製造が安価であり、遠隔化が行いやすいロシアの先進的な燃料技術（高温電気化学法によるMOX顆粒製造と振動充てん技術によるバイパック燃料製造）を用いたMOX燃料を用いてロシアの解体プルを燃焼処分する。具体的な作業は、図1に示すように準備段階（フェーズ0）、ハイブリッド炉心（フェーズ1）、フルMOX炉心（フェーズ2）とステップを踏んで着実に進めていくこととしている。

また、本オプションによる解体プルの累積処分量は図2に示すように、3体デモ照射（約20kg Pu）、21体デモ処分（約120kg Pu）を経て、2007年頃からハイブリッド炉心（約23%MOX炉心、年間約0.3t Pu処分）に移行し、2010年頃からフル

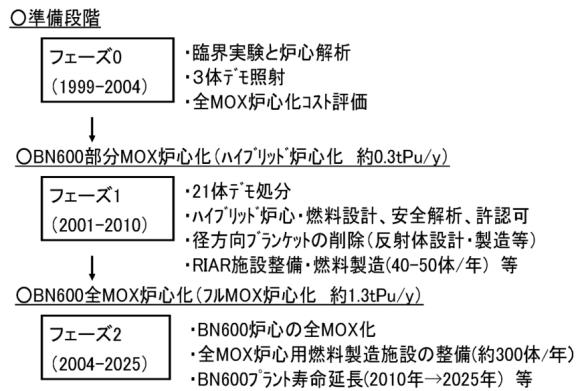


図1 BN600バイパック燃料オプションの進め方

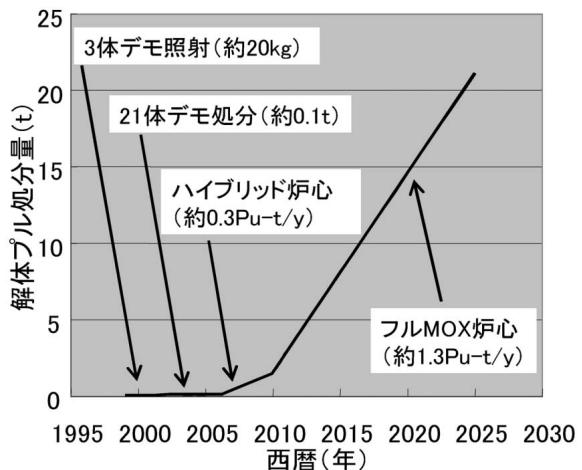


図2 累積解体プル処分量

MOX炉心（年間約1.3t Pu処分）に移行して、2025年まで運転を継続することにより、約20トンに至る見通しである。

3. BN600フルMOX炉心化

3.1 必要な作業項目と検討課題

BN600フルMOX炉心化は、2010年頃からの移行を目標にしているが、これに必要な主な作業項目を以下に示す。

- (1) 炉心の改造
 - (2) 一次冷却系ポンプの改造
 - (3) 新燃料貯蔵施設・取扱設備
 - (4) 使用済み燃料貯蔵施設
 - (5) フルMOX炉心用燃料製造施設の建設
 - (6) BN600のプラント寿命の延長
- 以下に各項目につき課題とともに紹介する。
- (1) 炉心の改造
- フルMOX炉心では、MOX化によるNaボイド

反応度特性を改善するため、炉心高さを短縮し、炉心半径を拡大した炉心（扁平炉心）とするとともに、上部軸方向ブランケットの代わりにこの部分をナトリウム領域（Na プレナム）とする必要がある。このためフルMOX炉心用燃料は、ハイブリッド炉心用 MOX 燃料より炉心燃料長を短くし、上部軸方向ブランケットを Na プレナムに置換した集合体構造となっている（図 3 参照）。

燃料集合体の上部構造が変更されるので、照射による構造健全性を確認するための試験用燃料集合体（LTA）の製造と照射試験がロシア側から提案されているが、燃料集合体構造の若干の変更に対する先行照射試験は、日本においては行われておらず、実施についてはロシア側との調整を含めた検討が必要と考えられる。

軸方向上部のプランケットを削除するため、炉心周辺の炉内構造物（特に燃料交換用シート部の構造材）の積算照射量が増加する可能性がある。このため、ステンレス反射体と¹⁰Bを用いた遮蔽材を配置し、中性子束レベルの低減を図る。炉心のMOX化により、中性子束レベルは増加する（炉心部）が、吸収材の外側では現行のウラン炉心に比べ低下することが解析的に示されている。また、軸方向下部プランケットの削除については、不要なプルトニウム生成を極力抑える観点から重要であり、今後、詳細に検討して実現させたいと考えている。

フルMOX炉心の炉心特性では、安全性の指針に

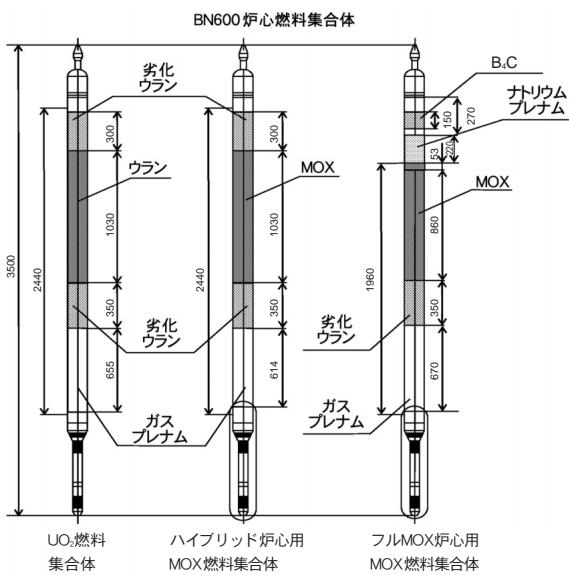


図3 3種の燃料集合体⁵⁾

なる特性として運転状態の Na の温度反応度係数が負になることを確認している。また、炉心全ボイド化の時、Na ボイド反応度が 1 \$ を超えないことを目標としており、ロシアの解析によると炉心条件が最も厳しくなる燃焼サイクル末期でこの値が 0.3 \$ 程度となっている。炉心全ボイド化時の Na ボイド反応度は、現行ウラン炉心と同程度であり、以上から、MOX 燃料を装荷することによっても Na プレナムの設置等による炉心特性の改善により現行のウラン炉心の安全性を損なうことはないと考えられる。

一方、ロシアの核特性解析コードは、日露共同研究のBFS-2臨界試験で日本のコードシステムとの比較によりその精度が確認されている^{7,8)}。今後フルMOX炉心についても模擬体系の解析評価を通じて精度の確認を進めていく予定である。

フルMOX化による制御棒ワースの低減に対しては、スクラム用制御棒の¹⁰Bの濃縮によって停止余裕等所定の制限を満たすようになっており、解析的に確認している。また、通常運転の制御性については、詳細な検討は行っていないが出力調整棒の¹⁰Bの濃縮等によって制御性を保つことができると考えられる。

(2) 一次冷却系ポンプの改造

燃料集合体の炉心燃料長が短縮され、軸方向上部ブランケットが削除されるため、重量が約10kg減少することにともなう集合体の浮き上り防止方策として、一次冷却系ポンプのヘッド圧を低減することが検討されている（フルMOX炉心は、前述のように扁平化し、炉心圧損が低下するため、ヘッド圧を下げても炉心の必要流量を確保できる）。このための方策として、ポンプのインペラ切削とモータ回転数制御装置改造の2つの方法を検討し、双方とも充分な成立性があるが、すでにBN600で実績があること、また、コストが安いことから前者が現実的と考えられている。

ハイブリッドからフルMOXへの炉心移行期では、重量の異なる新旧燃料集合体が混在し、浮き上がり防止のためヘッド圧を下げるのに、旧燃料に対する流量は旧炉心より低下する。このため、出口温度上昇を抑制する必要から、炉出力を70%程度に低減することとしている。

(3) MOX新燃料貯蔵施設・取扱施設

MOX新燃料の利用に当たっては、BN 600サイトの既存のウラン新燃料用貯蔵施設を改造して、貯

蔵ラックの変更等を行うと共に、遠隔で燃料の受け入れ検査・移送等ができる取り扱い設備が必要となるが、技術的な課題はない。

(4) MOX 使用済み燃料貯蔵施設

BN 600からのMOX使用済み燃料、使用済みウラン燃料等は、解体ブルの処分が終了するまでは貯蔵することになっているため、必要容量に応じた使用済み燃料貯蔵施設の建設が必要となるが、技術的な課題はない。

(5) フル MOX 炉心用燃料製造施設の建設

フルMOX炉心の運転には年間約300体の製造能力の燃料製造施設が必要である。以下に施設の概念設計の結果を示す。

1) 施設の建設・運転の前提条件

- ・燃料施設建屋新設地（トムスク地区）
- ・溶融塩電解 - 振動充てん法による燃料製造（バイパック燃料）
- ・グローブボックスによる軽遮蔽製造ライン
- ・上部Naプレナム付き燃料集合体（Pu富化度3種）
- ・年間製造体数286体（127ピン/集合体）
- ・年間操業日数（300日）・3交代
- ・外部電源・水・道路等のインフラ使用可

2) 施設の概念検討

① プロセスフローの検討

バイパック燃料製造の主要プロセスフローを図4に示す。燃料製造の主要プロセスフローは、既存のRIAR（ロシア・原子炉科学研究所）施設のフローとほぼ同一である。

バイパック燃料の富化度ごとの製造容量、仕様が異なるため、MOX顆粒製造に関しては3つの製造ラインを設けた。ハイブリッド用燃料からフルMOX用燃料へのスケールアップは年間の必要燃料製造量に関して5~6倍程度であり、新たな技

術革新なしに現状技術をそのまま使ってシステムが構成できると考えられる。

② 各装置の概念検討

各工程の装置の概念検討を行い、装置のサイズ、処理能力を検討した。

a. 電解装置（図5参照）

- ・ルツボ内の溶融塩中にプルトニウム金属を溶解させ、プルトニウムの合金として含まれているGa（MOX燃料としては不純物）を除去する。
- ・ UO_2 を溶融塩中に溶解させるとともにPuイオンを PuO_2 イオンに転換する。
- ・溶融塩中に電極を挿入し電解によりMOXを電極に析出させる。（溶融塩は、蓄積される不純物が増加すると洗浄される。洗浄時には不純物だけでなくPuも廃棄物に移行する。一回のPuの残留率は5%程度以下が期待できるので5~6回のバッチ処理を連続して行うと最終的にルツボに残るのは、Puの投入総量の1%以下となる。この結果、電極に析出する顆粒燃料への収率は99%以上となることが見込まれる。）
- ・電解装置単体の処理能力は30kg-HM/週である。3つの顆粒製造ラインがあり、1ラインあたり4台（3台常時稼動、1台予備）の電解装置を配備している。

b. 振動充てん・溶接装置

- ・下部端栓付き被覆管にMOX顆粒、ウランゲッターを供給し、燃料ピンを振動させてMOX顆粒を充てんする。
- ・充てん後管口部を除染し、必要部材を充てんして端栓溶接する。

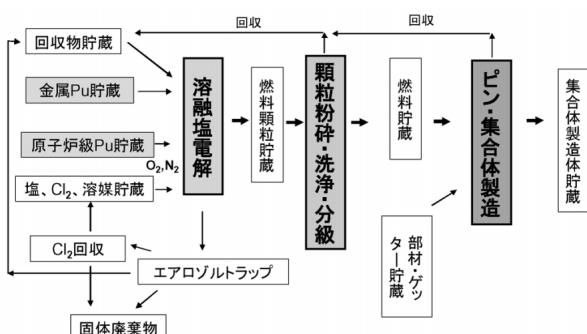


図4 バイパック燃料製造の主要プロセス

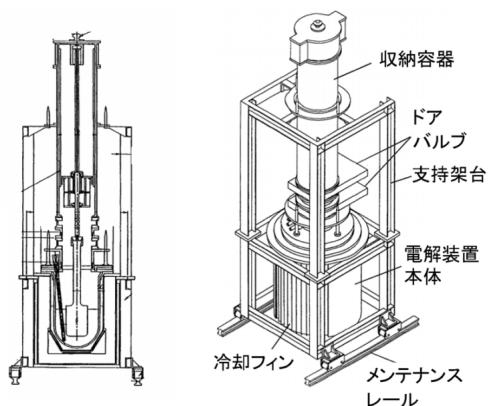


図5 電解装置

- ・充てん装置もRIARの施設とほぼ同一の構造、仕様と考えられる。
- ・充てん能力は3~10分/本であるので、本設計の要求(~8分/本)に対しては妥当であると判断できる。

MOX顆粒製造、燃料ピン充てん加工、集合体の組立の全装置の処理能力、フルMOX用燃料施設のための1日当たりの処理量から必要台数を求め、表1にまとめた。これらの各装置の単体の処理能力は、現在、日露共研のひとつとして実施されているRIARの燃料製造能力の増強(以下、RIAR施設改造)における単体処理能力と同等であることが確認されている。

ロシアの施設全体設計としては、プルトニウム富化度の異なる燃料顆粒製造ラインは共用を避けるという設計思想から、独立した3ラインを設置するものの、振動充てん燃料製造ラインは、振動充てん装置の製造能力が大きいため、1ラインとし、RIAR施設改造に比べ運転時間(3交替、実労時間18時間/日)を延長して施設建設費の合理化を図っている。

③ 製造施設建屋・配置の検討

②で求められた各装置の必要台数、サイズに基づきグローブボックス内のライン構成・配置を行い、さらに、換気系並びにユーティリティ等を付加して製造施設建屋の概念検討が行われた。これにより主燃料製造建屋のサイズは56m×186m×17mで全容積は178,000m³となる。燃料顆粒製造区画は、3つの独立ラインとし、充てん燃料製造は

1ラインとしている。さらに、補助系を含め必要な装置の物量を明確にするとともに、すべての必要機器が作業・補修スペースを含めて建屋内にレイアウトできることが確認できた。

(6) BN 600のプラント寿命の延長

BN 600のプラント寿命の延長は、2009年に30年の設計寿命を迎えるBN 600を引き続き解体・処分に利用していくためには必要条件となる。前述したように炉心構造材の照射積算量もウラン炉心に比べ抑えられるようにしているため、フルMOX炉心化に固有な寿命延長の検討項目はないものと考えられるが、SG等、寿命により更新が必要と考えられるものもある。ロシア側の予備評価によれば、延長は可能といわれているが、今後、詳細な検討を行なって確認する必要がある。

3.2 工程

以上の作業工程を整理すると表2のようになる。

ハイブリッド炉心からの変更は、2010年に始まり、約1年で完了し、2011年から完全なフルMOX炉心として運転されることとなる。また、新設されるバイパック燃料製造施設は、設計・許認可に2年間、建設に3年間程度かかるものと考えられ、2004年に始まり、約5年で完了し、2009年から燃料製造が開始される。炉心・燃料設計、安全解析等については、2004年から、約3年程度で作業が完了すると考えられる。

このほか、一次系の冷却ポンプの改造はポンプのインペラ切削を現在予備機としてある2台のポン

表1 処理能力及び設備台数

大工程	設備	必要処理量	設備1台の処理能力	設備台数	備考(RIAR実績)
MOX顆粒製造	電解装置	25 kg HM/日	30kg HM/週	4台* × 3	2台 (30kg HM/週) 1台
	MOX析出物粉碎装置 (1次粉碎機)	25 kg HM/日	10kg HM/時	2台 × 3	
	MOX顆粒塩分離装置	25 kg HM/日	7 kg HM/日	3台 × 3	1台
	MOX顆粒乾燥装置	25 kg HM/日	8 kg HM/日	3台 × 3	1台
	MOX顆粒分級装置	25 kg HM/日	18kg HM/日	1台 × 3	1台
	MOX顆粒混合装置	25 kg HM/日	18kg HM/日	2台 × 3	1台
振動充てん 燃料ピン加工	振動充てん・溶接装置	127本/日	20本/時間	1台	1台 (6~20本/時)
	燃料ピン表面除染装置	127本/日	12本/時間	1台	1台
	燃料ピンリード検査装置	127本/日	80本/直	1台	1台
	燃料ピン組立装置	127本/日	41,000本/年	1台	1台
	燃料ピン検査装置	127本/日	10本/時間	2台	1台
集合体組立	集合体組立装置	1体/日	300体/年	1台	1台

* 3台は連続使用、1台は予備

表2 フルMOX炉心化の想定工程

項目	FY	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
主要工程											
BN600	フェーズ1						出力抑制運転 (~70%出力)		フェーズ2		
	UO ₂ 炉心						ハイブリッド炉		フルMOX炉		
1. 燃料開発	設計	製造	照射試験			照射後試験・評価					
・フルMOX用照射試験	設計・許認可		建設								
2. 燃料製造施設											燃料製造 (300体/年)
3. 炉心・安全解析											
・炉物理検討	課題チェック, 追加臨界試験評価										
・炉心設計			移行炉心の計画								
・安全解析											
4. 炉心改造(冷却系)											
・切削の詳細検討											

ンプであらかじめ行い, 定検中に2台のポンプの交換を行う。さらに取り出した2台の内1台のインペラを同様に切削し, 次回定検時に取替えを行うこととしており, これらをハイブリッド炉心からフルMOX炉心への移行期間(燃料タイプ混在)の出力抑制運転中(約70%出力)に行う予定である。

また, プラント寿命延長に必要な工事は, 定検期間を利用して順次実施することになるが, 今後の検討が必要である。

3.3 コスト評価

ここでいう「コスト」とは, 解体ブルを処分するためBN600をハイブリッド炉心から, フルMOX炉心に移行する際に必要な設計・建設・改造コスト及び現行のウラン炉心の運転に対し, MOX化によって追加的に発生する運転費として定義する。現行のウラン炉心での運転(寿命延長を含む)は, ロシアの運転計画によるものであり, この運転費は発電会社によるプラントの必要コストとして算定され, ロシアで負担されるべきものと考えられる。このため, 解体ブル処分のためのMOX利用はその追加分のみを必要コストとして積算るべきという考えに基づく。

1) 設計, 建設費等

(1) 炉心の改造(計8.8M\$)

- ① 燃料集合体構造の変更(1.7M\$)
 - ・燃料設計, 許認可取得
 - ・3体試験燃料製造, 照射・照射後試験
- ② 炉物理評価(1.2M\$)
 - ・フルMOX炉心模擬体系(制御棒挿入炉心)の臨界試験, 実験解析
 - ・制御棒価値の詳細解析他
- ③ 炉心・燃料設計(3.5M\$)
 - ・炉心詳細設計のほか, 運転に関する許認可, 移行炉心評価を含む。
- ④ 安全解析(2.4M\$)
 - ・安全解析のほか, コード改良を含む。

(2) 一次冷却系ポンプの改造(0.9M\$)

- ・インペラ切削, ポンプ組立(3台)

(3) MOX 新燃料貯蔵施設・取り扱い施設

本項目はハイブリッド化の時期にすでに必要とされ始めるものであり, ハイブリッド化のコストに含まれている。

(4) 使用済み燃料貯蔵施設

本項目はハイブリッド化の時期にすでに必要とされ始めるものであり, ハイブリッド化のコストに含まれている。

(5) フルMOX炉心用燃料製造施設の建設(176M\$)

燃料製造施設の建設費は, 表3のように評価さ

表3 フルMOX炉心用燃料製造施設の建設費

建設	据付	設備費用	その他	合計
35	27	98.5	15.5	176M \$

れている。

建屋建設費については、仏独露・米露コスト評価^{10,11)}での単位容積当たりのコストが転換施設では182 \$ / m³、加工施設では131 \$ / m³と評価されている。フルMOX炉心用燃料製造施設の主・付属建屋の建設工事費の単価は約160 \$ / m³となっており、ほぼ整合する。

据付費用はロシアの初期設計段階での評価法により設備費用の定率として評価されている。

設備費用としては、製造ライン装置、グローブボックスのみならず、廃棄物処理系、換気空調系、電気・給水・ガス系、分析系、非常用設備等のすべてを含んでいる。また、予測外費用も7%含まれている。RIAR施設改造では、既設の施設に主要機器を増強・配備したのみであるので、直接の比較は困難であるがRIAR施設のラインごとの改造コストから推定すると、設備費用は、ロシア価格としてはほぼ整合する。

(6) プロジェクト管理費 (18.6 M \$)

(1),(2),(5)の合計の10%。

(7) BN 600のプラント寿命の延長

寿命延長については、前述したようにプラント改造の範囲について検討が必要であるが、寿命延長の改造工事のコストは、寿命延長による運転収益により補償されるものであり、ここでは積算しない。

2) 運転費

運転費は、燃料の移動、燃料の製造、MOX新燃料貯蔵施設での取扱、原子炉の運転、使用済み燃料貯蔵施設での取扱等の運転費を考慮する必要があるが、MOX新燃料の移動、貯蔵施設・取り扱い設備の運転費のウラン燃料に比較した増分はきわめて少ないと、また、原子炉の運転、使用済燃料施設での取扱のコストはウラン燃料においても同様な経費が掛かると考えられるのでMOX化のためには、MOX燃料の製造に係る増分が運転費増加となる。

ロシアによる燃料製造施設の運転費の評価値は材料費(29%)、人件費(21%)、補修費(30%)、

廃止措置(20%)となっており、ロシアの入件費の月額(600 \$ / 人)等を反映しながら、積算され、フルMOX炉心運転時期の年間運転コストとして、22M \$ となっている。この値から、MOX燃料集合体1体当たりのコストは、約0.07M \$ と評価できる。ロシアのウラン燃料製造コストの実績は不明だが1体当たりのコストは、約0.06M \$ と推定される。

従って、ウラン燃料からMOX燃料に変更する場合の運転費の増分は燃料集合体1体当たり0.01M \$ と見積もられる。

3.4 フルMOX炉心化のまとめ

フルMOX炉心化について検討を行った結果、燃料製造技術は、現在、日露共研として行われているRIAR施設改造の技術をそのまま利用しながら新たな製造工場を建設することにとくに問題はなく、また、フルMOX炉心への改造についても、ゼロボイド炉心を達成するためのナトリウムプレナム付の炉心概念、遮蔽、燃料集合体浮き上がり防止のための一次系ナトリウムポンプ改造など、いずれも成立性のあることが確認された。

また、工程的にもフルMOX化を2004年から準備を始めると、2010年頃に実現されることが期待できる。このなかで、燃料製造施設建設工程は、設計・許認可に2年間、建設に3年間程度かかるものと考えられる。

一方、フルMOX化のためのコストについては、バイパック燃料製造施設の建設・運転費がその大半を占めることが明らかとなった。炉心・ポンプ改造、燃料製造施設の建設費等フルMOX炉心化に必要なコストの合計は、204.3M \$ となる。また、燃料製造施設の運転費は、年間22M \$ となり、MOX燃料集合体1体当たりのコストは、約0.07M \$ と評価できることがわかった。これにより、ウラン燃料からの運転費の増分は、燃料集合体1体当たり0.01M \$ と見積もられる。

4.34トンの解体ブル処分へ向けて

本オプションによれば、早期に低成本での処分開始が可能であるが、BN 600は1基しか存在しないため、2000年の米露協定で合意されている34トンの解体ブルを処分するためには、VVER 1000を用いた軽水炉オプションとの組み合わせが必要となる。軽水炉オプションの詳細は明らかではない。

いが、VVER 1000用のMOXペレット燃料製造施設(米国での処分プラントと同一設計施設)をロシアに新設し、複数基のVVER 1000で燃焼処分することが検討されている¹²⁾。

本オプションと軽水炉オプションとの組み合わせとして、現在、日露共同研究で準備が進み、追加のコストの発生が少ないハイブリッド炉心のみによる処分を行うケースと、本オプションでの解体ブル処分量を最大とするためハイブリッド炉心に続きフルMOX炉心をできるだけ早く導入したケースの二つのシナリオを想定して、適用性を検討する。

4.1 ハイブリッド炉心シナリオ(シナリオ1)

(1) プログラム

シナリオ1は、BN600ハイブリッド炉心だけの処分を行い、残りはすべて軽水炉で処分するシナリオである。ハイブリッド炉心への移行は、2007年からとし、10年間のBN600の寿命延長を行い、2019年までの14年間で合計約4トンの解体ブル処分を行う。(軽水炉で残りの30トンを処分)

(2) コスト

① 設計、建設費

ハイブリッド炉心化のための設計、建設費は、一部作業が始まっていたり、米国によって実施が検討されているものがある。今後必要なコストは、表4に示す通りである。

② 運転費

ハイブリッド炉心のMOX燃料に係るRIAR改造成施設での運転コストは、3体デモ照射の燃料製造実績等から5.5M\$/年(0.11M\$/体)と想

表4 今後必要な設計・建設費(ハイブリッド化)

燃料製造関連	
・21体デモ処分 ^{*1}	9.3M\$
・新燃料輸送装置 ¹¹⁾	6.2M\$
BN600改造	
・新燃料貯蔵、取扱装置 ⁵⁾	9.2M\$
・使用済燃料貯蔵 ^{11)*2}	26.7M\$
・ライセンス ⁵⁾	2.5M\$
プロジェクト管理 ^{*3}	4.5M\$
合計	58.4M\$

*1 ロシアの見積もりによる

*2 ただし、この値はBN600(ハイブリッドとフルMOX)とVVER 1000の両方の使用済み燃料貯蔵施設の合計容量に対応するコストでありBN600のみの場合コストは小さくなる。(ハイブリッド炉心分だけなら、さらに小さくなる)

*3 合計の10% (21体デモ処分のコストは製造費込のため合計から除く)

定される。削減されるウラン燃料(50体 0.06M\$/体)の製造費を差引くと、ウラン炉心の運転コストに比べ年間2.5M\$程度増加と推定される。

(3) メリット等

シナリオ1で今後必要なコストは、(2)で示したとおり、設計・建設費で58.4M\$、14年間の運転費で35M\$の計93.4M\$となる。

一方BN600の4トンの処分により、軽水炉オプションでは全体の4/34の運転コストが削減される。(軽水炉オプションの運転コストは明らかではないが、ペレット燃料を対象とした米露コスト評価のベースケースシナリオで示されている34トン処分の運転コスト(735M\$)と同じと仮定する)さらに、1基分のVVER 1000をBN600で代替することになるので、MOX燃料を使うための軽水炉(1基)の改造費(20M\$程度)が節約されるため、軽水炉オプションのコスト減は106M\$となる。以上から、全体の処分量34tの内4tをシナリオ1で代替することにより、軽水炉オプション単独より安価に処分が可能である。

4.2 フルMOX炉心シナリオ(シナリオ2)

(1) プログラム

シナリオ2は、BN600をまずハイブリッド炉心化し、その後フルMOX炉心に変更して処分を行い、残りを軽水炉で処分するものである。ハイブリッド炉心での運転は2007年から4年間、その後、フルMOX炉心での運転を、2010年から10年間行い、2019年まで合計約14トンの処分を行う。残りの20トンは軽水炉で処分する考えである。

(2) コスト

① 設計、建設費

シナリオ2の設計、建設費は、ハイブリッド化のコスト(58.4M\$)に加えて、3.3で述べたフルMOX炉心化のための設計、建設費の204.3M\$を加えた262.7M\$と評価される。

② 運転費

シナリオ2の運転費は、ハイブリッド炉心での運転費年間2.5M\$(ウラン炉心からの増分)、またフルMOX炉心の運転費は、ウラン燃料に比べたフルMOX炉心用燃料の製造費の増分(0.01M\$/体)に、年間製造量300体を乗じた年間3M\$程度と評価される。

(3) メリット等

シナリオ2の必要コストは、ハイブリッド炉心化及び4年間のハイブリッド炉心の運転に、フルMOX炉心化及び10年間のフルMOX炉心の運転コストを加えて合計302.7M\$となる。

一方BN600の14トンの処分により、軽水炉オプションでは全体で34トンの内、14/34に相当する運転費が削減される事が期待されるので軽水炉オプションのコスト減は $735 \times 14 / 34$ で303M\$となる。さらに数基分のVVER1000をBN600が賄うことになるので、MOX燃料を使うための軽水炉の改造費が節約され、またペレットMOX燃料製造施設の製造容量が合理化されるため、さらなる軽水炉オプションのコスト減が期待できる。

以上から、全体の処分量34トンの内14トンをシナリオ2で代替することにより、軽水炉オプション単独より安価に処分が可能である。

5. おわりに

BN600フルMOX炉心化に必要な技術課題とコストについて概説した。フルMOX化実現には、特に技術的に困難な課題はない。

また、34トンの処分に関しては、軽水炉のみで行うよりも軽水炉による処分との組み合わせにより、BN600のハイブリッド炉心のみを用いる場合も、フルMOX炉心をも用いる場合も、トータル・コストの低減に寄与可能である事を示し、本オプションの経済的合理性を示した。

参考文献

1) 舟田、庄野他；サイクル機構技報No.14 2002.3

p.93 - 104 .

- 2) A.Yamato, "The Status of Current JNC Cooperation with Russian Institutes on Surplus Weapons Plutonium Disposition", The 4th JNC International Forum on the Peaceful Use of Nuclear Energy, Tokyo Japan Feb. 13 - 14 2003 .
- 3) A. Yamato, "Effectiveness & Achievement of BN 600 Vibro - packed Fuel Option "The 9th Annual International Nuclear Materials Policy Forum, Washington USA, July 9 - 12 2002 .
- 4) 新谷、舟田、庄野、龜井他；日本原子力学会「2002年春の年会」総合報告“ロシア余剰核兵器解体プルトニウム処分”.
- 5) 舟田他；日本原子力学会「2003年春の年会」総合報告“ロシア余剰核兵器解体プルトニウム処分”BN600フルMOX フィージビリティスタディ .
- 6) AGREEMENT BETWEEN THE US GOVERNMENT AND RUSSIAN FR GOVERNMENT CONCERNING THE MANAGEMENT AND DISPOSITION OF PLUTONIUM DESIGNATED AS NO LONGER REQUIRED FOR DEFENSE PURPOSES AND RELATED COOPERATION, Sept. (2000) .
- 7) Mikhail Semenov ; 日本原子力学会「2002年秋の大会」I 2 BFS 臨界実験解析(IX)Experimental Analysis Results on BFS 62 3A Using IPPE Standard System.
- 8) 羽様他；日本原子力学会「2002年秋の大会」I 3 BFS 臨界実験解析(X)BFS 62 3A 炉心の詳細解析結果 .
- 9) 坪井他；日本原子力学会「2002年秋の大会」B 55 先進的溶融塩電解槽の開発(3) .
- 10) Trilateral Intergovernmental Agreement for Russian W Pu Management (AIDA/MOX 2) , ANS Annual Meeting, Milwaukee, USA, June 19, 2001 .
- 11) Nuclear Disarmament Forum AG "Second Report of the Joint US Russian Working Group Cost Analysis and Economic in Plutonium Disposition" .
- 12) Nuclear Fuel. Vol.28 No.4 Feb.17, 2003 .



鉄鋼材料のNa系溶融塩中電気化学特性評価

青砥 紀身

大洗工学センター 要素技術開発部

Study on Electrochemical Characteristics of Steel in Molten Sodium Compounds

Kazumi AOTO

Advanced Technology Division, Oarai Engineering Center

ナトリウム(Na)酸化物系溶融塩中の鉄鋼材料腐食の電気化学的評価を試みた。環境が強腐食性であることや標準電極となる金とNaが共晶合金を形成することなどの困難からこの溶融塩中における電気化学特性計測の報告例は皆無である。ここでは、防食のため計測部以外の金線などの露出部をジルコニアセメントで被覆することや計測時間を短縮するために電位掃引速度を速めるなどの工夫により、鉄鋼材料の腐食電位や分極特性計測を実現した。電気化学実験により得られた知見は、浸漬試験等に基づき提案してきた、酸素ボテンシャルが高い条件で厳しくなる「溶融塩型腐食」、及び塩基度が高い条件で発生する「NaFe複合酸化型腐食」の特徴と整合するものであった。また、腐食電流密度に基づき推算した腐食速度は、全浸漬試験結果に基づき各々の腐食機構に対し提案した腐食速度式から算出した値とオーダ的に一致するものであった。

Electrochemical characteristics of steel corrosion in molten sodium oxides were studied. No report exists about such electrochemical experiments in the melt because this molten salt is very corrosive and sodium easily corrodes gold used as a reference electrode by forming eutectics. In this study, proper protection using zirconia for the equipment part exposed to the corrosive atmosphere and the acceleration of scanning rate of the electric potential led to realization of the measurement of corrosion potential and polarization curves of steel in molten sodium oxides. Electrochemical characteristics measured agreed with the features of two types of corrosion derived from previous works such as the immersed corrosion test. Those are consistent with the fact that "Molten salt type corrosion" occurs in the melt with higher oxygen potential and "Na-Fe double oxidation type corrosion" occurs in the basic melt. The estimated corrosion rate for the corrosion based on the corrosion current density almost agrees with the prediction by each proposed equation.

キーワード

電気化学特性、腐食電位、分極特性、Na系溶融塩、鉄鋼材料、溶融塩型腐食、NaFe複合酸化型腐食、腐食速度

Electrochemical Characteristics, Corrosion Potential, Polarization Curve, Steel, Molten Salt type Corrosion, Na-Fe Double Oxidation type Corrosion, Corrosion Rate

1. はじめに

著者らは、ナトリウム(Na)燃焼生成物である酸化物(Na_2O や Na_2O_2)や水酸化物($NaOH$)が



青砥 紀身

新材料研究グループ所属
グループリーダー
高速炉構造用材料開発、鉄
鋼材料の強度評価手法及び
環境効果評価手法開発、損
傷評価指標及び検知技術開
発に従事

形成する、Na系溶融塩中の鉄鋼材料腐食が、浴塩中の酸素ボテンシャルと塩基度により、2つの形態を取り得ることを明らかにしてきた¹⁾³⁾。酸素ボテンシャルが高く、塩基度(本論文中では、塩基度 Na_2O の活量)が比較的低い環境では溶融塩型腐食が、反対に酸素ボテンシャルが極めて低く塩基度が高い環境ではNaFe複合酸化型腐食(以下複合酸化型腐食)が進行する。具体的には、酸化力が強い Na_2O_2 が有意な量存在する環境では前者が、通常のNa燃焼プール中のように Na_2O がNaに

混入したような環境では後者が支配的な腐食機構となる。両者の腐食速度には明確な差があり、溶融塩型腐食が直線則に従うのに対し、複合酸化型腐食は放物線則に従う²⁾³⁾。

本報告では、上述の腐食について電気化学的な側面からの理解を得ようと、高温Na系溶融塩中の炭素鋼について腐食電位及び分極特性の計測を試みた。一般に、こうした腐食機構の詳細理解や違いを明らかにするには、速度論的な検討が可能となる電気化学実験が適用される。しかし、対象溶融塩の腐食速度が非常に速いばかりでなく、照合電極に使用される金(Au)がNaと共に晶合金を形成し試験中にかなりな速度で消失すること、溶融塩組成によっては発生するNaが実験装置を損傷させるだけでなく気中に漏れて発火する危険性があるなど、困難が多く、筆者の調査に基づけば、Na酸化物を含む溶融塩についての電気化学実験の報告例はない。この試みにおけるもう1つの目的は、こうしたNa系溶融塩における腐食電位・分極特性測定技術の開発見通しを示すことである。

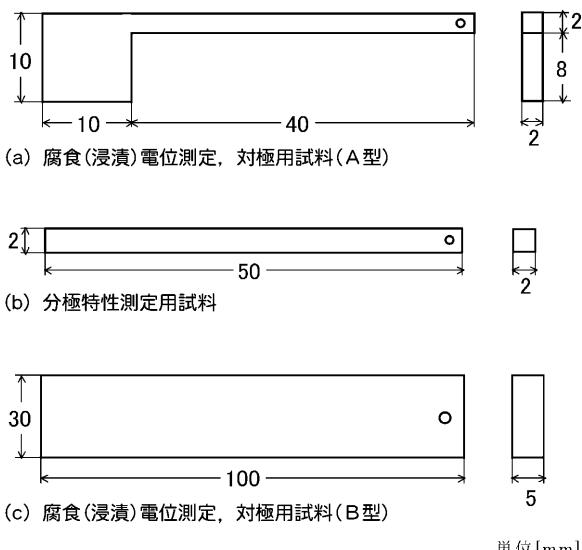
2. 試験方法

2.1 供試材、試験片及び試薬

試験材は市販のSM400Bであり、化学組成は表1に示す通りである。組成から明らかのように98.4 mass%以上は鉄(Fe)である。図1に自然浸漬電位測定及び分極特性測定用試料の形状及び寸法を示す。自然浸漬電位測定には標準としてA型を用いたが、腐食進行が厳しく電位計測途中で試料が消失した場合、B型試料で代替している。試験片は機械切削加工により製作し、試験前に#600エメリ紙で研磨、アセトン脱脂した。用いた各試薬の成分を表2に示す。このうち、大気酸素の影響から純度が劣化するNa₂Oについては、使用前に真空中で数時間加熱することで純度の向上を図っている。また、Naについては純度管理(溶存酸素2 ppm以下)された試験装置から採取したものを用いている。

表1 供試材の化学組成

		[mass%]				
		C	Si	Mn	P	S
SM400B	規格	0.22	0.35	0.60-1.40	0.035	0.035
JIS	素材	0.15	0.2	1.07	0.018	0.001



単位 [mm]

図1 電気化学実験用試験片の形状

表2 試薬組成

(a) 酸化ナトリウム : Na ₂ O [mass%]			
Na ₂ O	86.57	SO ₄	< 0.001
Na ₂ O ₂	12.6	N	< 0.003
Na ₂ CO ₃	1.37	Al	< 0.0005
Cl	< 0.002	Fe	< 0.001
PO ₄	< 0.0005		

(b) 過酸化ナトリウム : Na ₂ O ₂ [mass%]			
Na ₂ O ₂	95	N	< 0.003
Cl	< 0.002	Al	< 0.001
PO ₄	< 0.0005	Fe	< 0.002
SO ₄	< 0.001	Pb	< 0.002

(c) 水酸化ナトリウム : NaOH [mass%]			
NaOH	99	Al	< 0.0005
Na ₂ CO ₃	< 1.0	Fe	< 0.0005
Cl	< 0.0005	Pb	< 0.0005
PO ₄	< 0.0005	Ca	< 0.0005
SO ₄	< 0.0005	K	< 0.05
SiO ₂	< 0.001	Ni	< 0.0005
N	< 0.003		

2.2 実験装置及び照合電極

実験装置概要を図2に示す。定電制御と電位の掃引には、それぞれポテンショスタットとファンクションジェネレータを用いる。電位に対する電流値の変化は、ポテンショスタットの信号をGPIBインターフェースを介し、パソコンに取り込むようにしてある。

予備試験段階において、種々のNa系溶融塩組成において反応進行に伴いNaが生成し、照合電極の

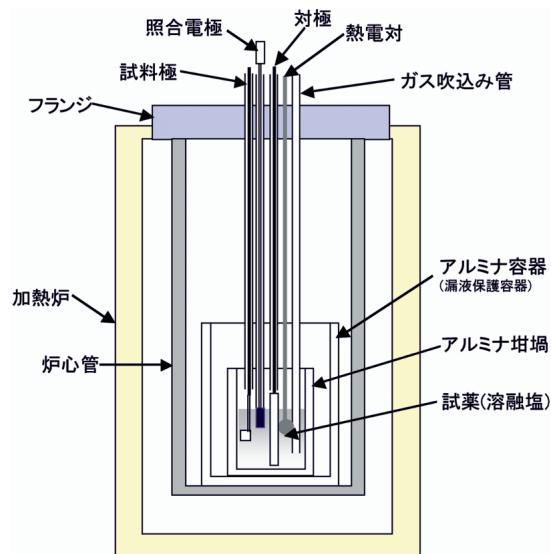


図2 腐食電位計測試験装置

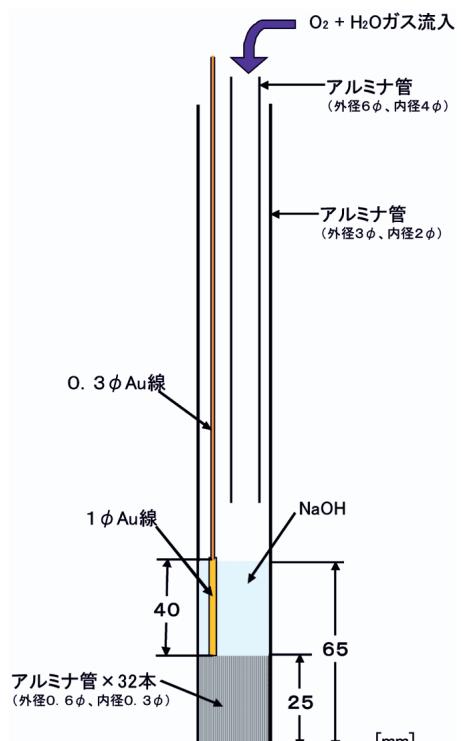


図3 照合電極

Auが侵されるケースが頻発したため、図3に示す特殊な電極を用いた。この電極は、本試験のために株日鐵テクノリサーチで考案されたものであり、内径4mm肉厚1mmのアルミナ管先端部に長さ25mm外径0.6mm肉厚0.15mmのアルミナ細管を32本詰込みジルコニアセメントで固定したものである。溶融塩と照合電極内部は、このアルミナ細管の束により電気的に導通している。先端を直

径1mm(長さ40mm)としたAu線をアルミナ細管上端まで挿入した後、700のNaOH溶液中に照合電極先端を浸し、照合電極中のアルミナ細管部及びAu線先端部がNaOH溶液に満たされるようにしてある。25水蒸気飽和空気の流入管は内径2mmとし、照合電極内NaOH溶液面上約20mmの位置に先端が来るよう調整した。この照合電極では溶融NaOH Na酸化物電位を計測するために、基準電位を以下の酸化還元電位としている。



式中 $P_{\text{H}_2\text{O}} = 0.03[\text{atm}]$ は25飽和水蒸気圧を示す。

2.3 試験条件、溶融塩調合及び測定準備

自然浸漬電位及び分極特性計測を行った条件を表3に示す。試験雰囲気は乾燥空気を使用した1ケースを除き、溶融塩中に高純度Ar(99.9995%)あるいはAr+1%H₂混合ガスをバーリングすることで溶融塩を攪拌しつつ雰囲気条件を維持した。

溶融塩は雰囲気制御グローブボックス中において所定の組成試薬を総量280g秤量し、高純度アルミナ製坩堝(φ59mm×3mm^t×108mm^h)に充てんした。試験中の坩堝からの試薬の漏出、試験坩堝の腐食などによる損壊に備えて、坩堝を同種のアルミナ容器(φ78mm×3mm^t×150mm^h)に入れ、試験装置の縦型炉(発熱体:シリコニット)中のSUS304製炉心管に設置した。炉心管全体を徐々にロータリーポンプで減圧し、試薬中にNaOHが含まれる場合は、さらに200に加熱して約1時間減圧乾燥した。飽和NaOH水溶液の25での水蒸気圧は1.7mmHgであり、10⁻³torrレベルの真空度維持により十分乾燥できる。

乾燥終了後、ロータリーポンプの弁を閉じ、直ちに雰囲気ガス(表3参照)を流入、上部炉心管蓋ごと電極が差し込まれたフランジと交換した。その後、ガスを流入しつつ所定温度まで昇温した。試験温度安定までは平均約3時間を要した。昇温中各電極は炉心管上部雰囲気中に引上げられており、溶融塩には直接触れない。いずれの試験においても、照合電極に封入されたNaOH溶液は溶解しておらず、電極や試料の温度は300レベルには達しなかったものと推定される。複合酸化型腐食系溶融塩のケースでは極力酸素の影響を抑えるためにAr+1%H₂ガスを用い、他のケースでは標準的に市販の高純度Arガスを用いた。ガスの流

表3 腐食電位・分極曲線計測条件

番号	溶 融 塩 組 成 (mass%)				攪拌 有無	温度 ()	雰 囲 気
	Na	NaOH	Na ₂ O	Na ₂ O ₂			
E1	95		5		有り	700	Ar + 1%H ₂
E2	95		5		有り	550	Ar + 1%H ₂
E3	70		30		有り	700	Ar + 1%H ₂
E4	70		30		有り	550	Ar + 1%H ₂
E5		95	5		有り	700	Ar + 1%H ₂
E6		95	5		有り	550	Ar + 1%H ₂
E7		70	30		有り	700	Ar + 1%H ₂
E8		70	30		有り	550	Ar + 1%H ₂
E9		20	80		有り	700	Ar + 1%H ₂
E10				100	有り	700	高純度Ar
E11				100	有り	700	空 気
E12		20		80	有り	700	高純度Ar
E13		20		80	有り	550	高純度Ar
E14		40	20	40	有り	700	高純度Ar
E15		40	40	20	有り	700	高純度Ar
E16		30	60	10	有り	700	高純度Ar
E17		30	65	5	有り	700	高純度Ar

入量はすべて300ml/minである。

2.4 測定実験

(1) 自然浸漬電位の経時変化測定

自然浸漬電位計測には標準的に図1(a)に示した試験片を用いた。上部穴(1mm ϕ)にアルミニナ管(内径4mm)内を通した0.5mm ϕ のAuターミナル線を固定した後、試験面(10¹ × 10⁶ × 2¹[mm])以外のAu線、試験片保持部及びアルミニナ管先端部をジルコニアセメントで被覆した。前述したように、Na₂O₂系の腐食が激甚で試料の計測途中における消失や落下が生じた場合、図1(c)試験片からの計測値を参照もしくは代替した。

自然浸漬電位測定では、まず照合電極のアルミニナ細管へ室温の水蒸気を飽和した空気を流入しながら、電極の先端が坩堝底から15mmの位置になるよう挿入した。その後、同様に坩堝底から先端が15mm離れるよう、測定用試料を溶融塩中に挿入した。検出電位は13秒ごとに記録した。

(2) 分極特性の測定

分極曲線の取得には、図1(b)の試料を用いた。試料上部の孔(1mm ϕ)に0.3mm ϕ のAuターミナル線を固定した後、自然浸漬電位計測時と同様、

計測露出部以外をすべてジルコニアセメントで被覆し、発生NaによるAu線切断を防止した。アノード分極特性とカソード分極特性は基本的に同一の浴塩について計測したが、試料は毎回交換した。なお、対極には腐食が激しいためAuを用いず試料極と同じSM400Bを使用している。

試料電極露出部を溶融塩が充てんされている坩堝底15~30mm位置になるよう設置し、自然浸漬電位値-200~300mVからアノード分極を、自然浸漬電位値+200~300mVからカソード分極を、120mV/minの掃引速度で計測した。数値データの取込み速度は3秒ごととした。掃引速度が一般に行われる試験よりも速いのは、試料腐食速度が速いことや、高温域での溶融塩の変質(酸化物の消失)速度を考慮したためである。

3. 腐食電位・分極特性測定結果

3.1 NaFe複合酸化型腐食系(Na-Na₂O-NaOH-Na₂O系溶融塩)

この腐食環境における自然浸漬電位の経時変化測定結果の代表例を図4に示す。図4(a)及び図4(b)は、各々Na-Na₂O系溶融塩及びNaOH-Na₂O系溶融塩の測定例である。図は、いずれもNa₂Oの

30mass%組成溶融塩の結果であるが、Na雰囲気中もしくはNa生成腐食環境中にもかかわらず、かなり安定したデータが取得できていることが分かる。図4(b)の経時変化に部分的に不安定なところがあるのは、この温度(550°C)では腐食生成物であるNaFe複合酸化物は融点を超えていないため、形成と溶解を繰返すためだと考えられる。NaOH系ではNa₂O組成が低くなると浸漬電位が次第に貴となる傾向が認められたが、複合酸化型腐食における腐食電位(自然浸漬から求まる腐食電位を以下ではE_cと記号する)は、Na系浴塩の計測データ(図4(a)参照)及びほぼ塩基度が1となるNaOH系浴塩の計測データに基づき-1.8V近傍にあるものと推定した。

図5(a)~5(d)に同じ浴塩における自然浸漬電位を基準として計測した分極特性を示す。例示は、700°Cの複数の浴塩組成におけるアノード分極曲線であるが、同時に測ったカソード分極曲線

との間には大きな差はなく、いずれも比較的均質な特性として得られている。図4(a)と図5(a)、及び図4(b)と図5(c)の比較から分かるように、分極特性から推定される腐食電位(分極曲線から得られる腐食電位を以下ではE_cと記号する)は、

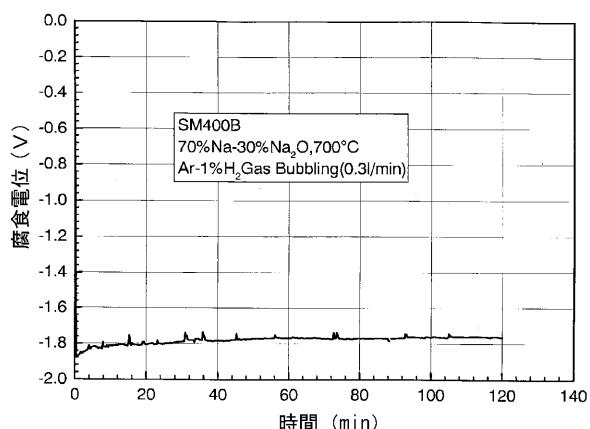


図4(a) 炭素鋼の70%Na 30%Na₂O中の自然浸漬電位(700°C, Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

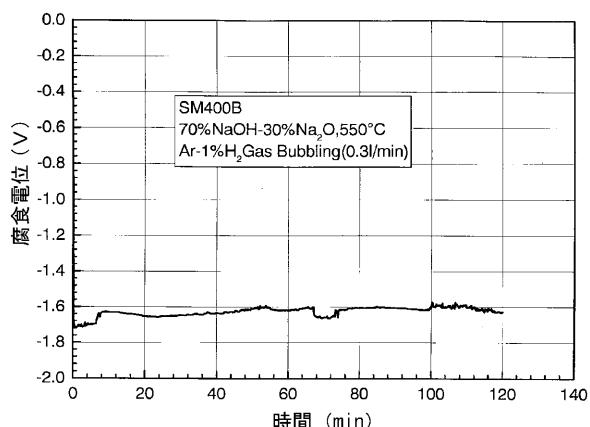


図4(b) 炭素鋼の70%NaOH 30%Na₂O中の自然浸漬電位(550°C, Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

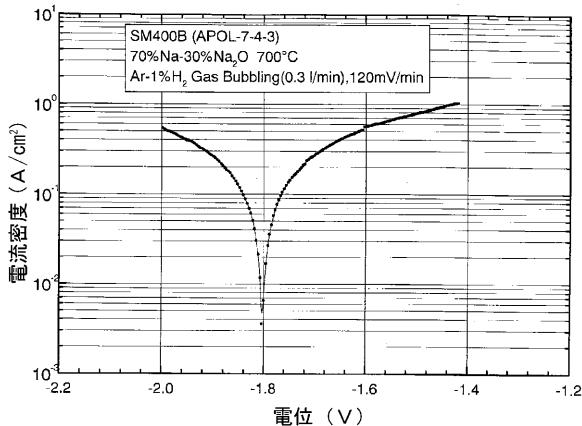


図5(a) 炭素鋼の70%Na 30%Na₂O中のアノード分極曲線(700°C, Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

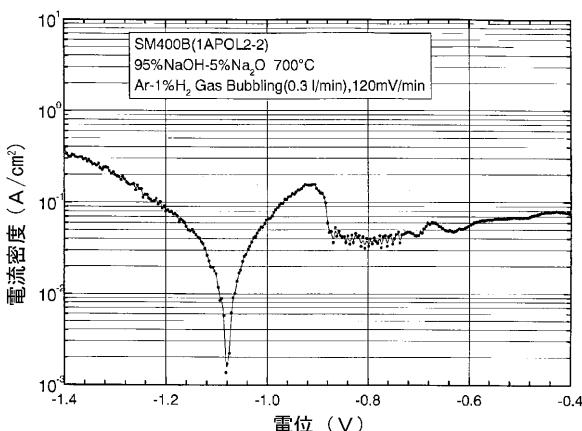


図5(b) 炭素鋼の95%NaOH 5%Na₂O中のアノード分極曲線(700°C, Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

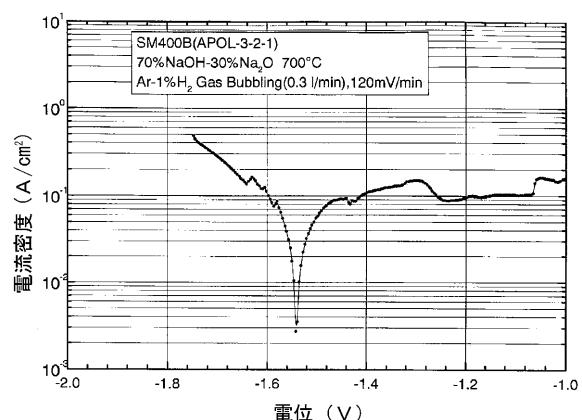


図5(c) 炭素鋼の70%NaOH 30%Na₂O中のアノード分極曲線(700°C, Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

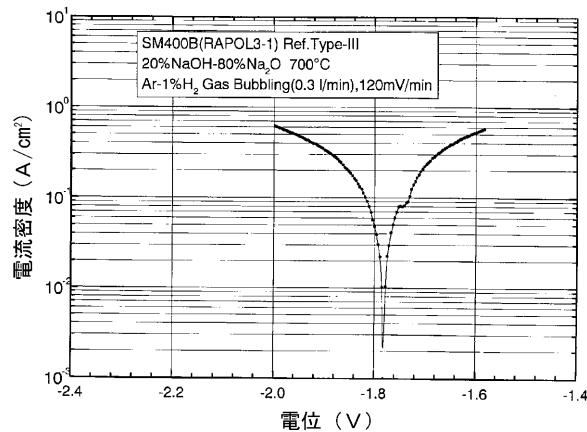


図5(d) 炭素鋼の20%NaOH 80%Na₂O中のアノード分極曲線(700 Ar 1%H₂ガス吹き込み攪拌)

自然浸漬電位E_cにほぼ整合した値となっている。また、塩基度がほぼ最大となる浴塩では、約1 A/cm²という大きなアノード及びカソード電流がほぼ対称に流れる特徴をもつことが分かる(図5(a)及び5(d)参照)。NaOH系浴塩についての分極測定結果では、図5(b)~5(d)から明らかのように、Na₂O組成の上昇(塩基度の増大)により、E_cは卑となり、当該温度の溶解度を超えて、ほぼ塩基度1となるNa₂O80mass%では、自然浸漬試験で確かめられた腐食電位-1.8Vに達する。Na₂O濃度が低い領域では、アノード側に不動態へ遷移するような挙動が認められるが、塩基度の上昇とともにこの挙動は抑制され、やがて消失することも示されている。これは、浴塩中の塩基度の増加に従い材料表面に形成される複合酸化物の安定性が失われることと符合している。塩基度が低い浴塩における共通したもう1つの特徴は、アノード電流に比して数倍から1オーダ程度カソード電流が高いことである。

3.2 溶融塩型腐食系(NaOH-Na₂O系溶融塩)

溶融塩にNa₂O含んだ系におけるE_cの経時変化を図6(a)及び(b)に例示する。両図からも明らかのように、この系における特徴は、腐食電位が比較的貴であること、Na₂O組成が減少するに従い次第に卑に移行することである。すなわち、酸素ボテンシャル(Na₂O濃度)が減少し、塩基度(Na₂O濃度)が増加するにつれてNa₂O₂が存在していても前項の複合酸化型における自然浸漬電位へE_c値が近づくことである。計測結果に基づけばNa₂O₂が腐食機構を支配する環境でのE_cは-0.0

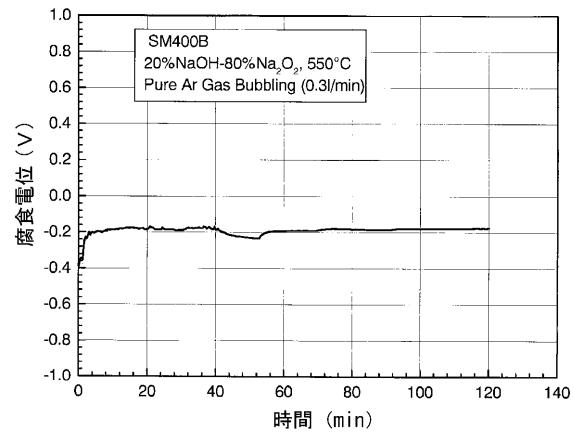


図6(a) 炭素鋼の20% NaOH 80% Na₂O中の自然浸漬電位(550 Arガス吹き込み攪拌)

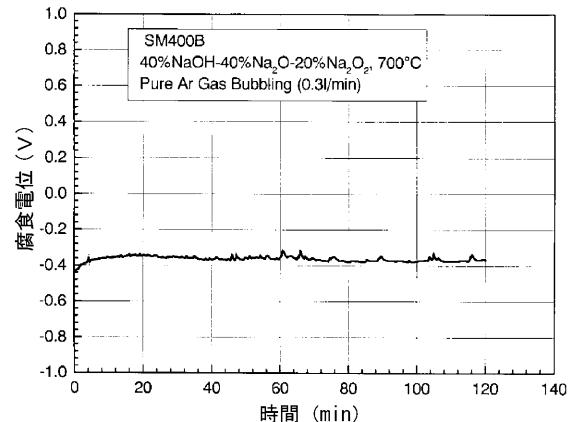


図6(b) 炭素鋼の40%NaOH 40%Na₂O 20%Na₂O₂中の自然浸漬電位(700 Arガス吹き込み攪拌)

~-0.4Vに位置する。

図7(a)及び(b)にNa₂O₂含んだ浴塩におけるアノード分極曲線測定結果を示す。分極特性は比較的明瞭に採取でき、データに基づく腐食電位はおおむね自然浸漬電位に整合する。分極特性測定結果から、10%及び5%Na₂O₂組成以外はほぼ腐食電位は、0~-0.3V近傍にあることが明らかとなった。全試験を通して、アノード電流、カソード電流ともに非常に大きく、いずれの条件でも0.1~1 A/cm²レベルを計測している。また、Na₂O₂が比較的多い系では概してカソード電流の方が高く、Na₂Oの組成の増加につれてアノード電流の方が高くなっている。さらに、例示した結果から明らかのように、分極特性や腐食電位位置は、吹込みガスが酸素を有意に含んでいてもほとんど影響されない。これは、浸漬腐食試験において、溶融塩型腐食進行に雰囲気酸素がほとんど影響を与えたかった観察結果²⁾を裏付けるものである。

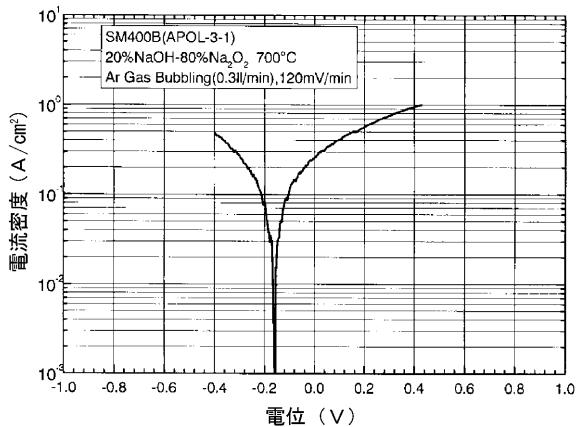


図 7(a) 炭素鋼の20%NaOH 80%Na₂O₂中のアノード分極曲線 (700°C, Arガス吹き込み攪拌)

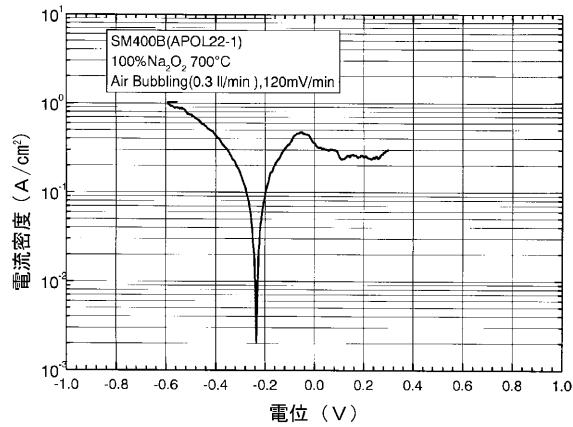


図 7(b) 炭素鋼の100%Na₂O₂中のアノード分極曲線 (700°C, 乾燥空気吹き込み攪拌)

4. 考察

表4に測定試験に基づく評価結果をまとめた。表4(a)及び表4(b)に、複合酸化型腐食系環境及び溶融塩型腐食系環境における試験データの評価結果をそれぞれ示した。表中の各腐食電位の値は、

おののの数回の測定結果における、自然浸漬電位の経時変化の平均的な傾向、及び分極特性測定結果の平均値である。ただし、浸漬電位(E_{c'})については変動が激しく平均的な特性が求められなかつたケース、分極特性(アノード分極: E_{c(a)})、

表4(a) NaFe複合酸化型腐食系環境における分極特性測定に基づく評価結果

試料番号	試験溶融塩組成 (mass%)				試験温度 (°C)	塩基度	腐食電位 [V]			I/E [A·cm⁻²/V]	腐食電流密度		腐食速度	備考		
	Na	NaOH	Na ₂ O	Na ₂ O ₂			E _{c'}	E _{c(a)}	E _{c(c)}		負電位側	正電位側	i _c (A/cm²)	g/cm²/min	mm/min	
E 1	95		5		700	0.17	-1.76	-1.64	-1.65	3.26	3.15	0.137	0.132	2.4E 03	3.0E 03	
E 2	95		5		550	0.00	-1.90	-1.92	-1.90	3.97	3.85	0.141	0.137	2.4E 03	3.1E 03	
E 3	70		30		700	0.00	-1.78	-1.81	-1.80	3.08	2.94	0.129	0.123	2.2E 03	2.9E 03	
E 4	70		30		550	0.00	-1.88	-1.94	-1.94	3.96	3.96	0.140	0.140	2.4E 03	3.1E 03	
E 5		95	5		700	1.26	-1.10	-1.09	-1.02	0.68	0.70	0.019	0.020	3.4E 04	4.3E 04	
E 6		95	5		550	1.11	-1.10									分極挙動に安定したデータが得られない
E 7		70	30		700	0.44	-1.35	-1.48	-1.28	0.81	0.93	0.023	0.026	4.5E 04	5.7E 04	
E 8		70	30		550	0.30	-1.62	-1.69	-1.67	3.96	3.96	0.111	0.111	1.9E 03	2.4E 03	
E 9		20	80		700	0.00	-1.80	-1.78	-1.78	2.87	2.77	0.120	0.116	2.1E 03	2.7E 03	

腐食電位、リニアプロット傾斜値は数回計測値の平均

表4(b) 溶融塩型腐食系環境における分極特性測定に基づく評価結果

試料番号	試験溶融塩組成 (mass%)				試験温度 (°C)	塩基度	腐食電位 [V]			I/E [A·cm⁻²/V]	腐食電流密度		腐食速度	備考		
	Na	NaOH	Na ₂ O	Na ₂ O ₂			E _{c'}	E _{c(a)}	E _{c(c)}		負電位側	正電位側	i _c (A/cm²)	g/cm²/min	mm/min	
E10				100	700	0.81	-0.20	-0.02	0.00	2.50	2.50	0.105	0.105	1.1E 01	1.4E 01	試料極が酸化層など生成保護層におわれる場合がある
E11				100	700	0.81	-0.06	-0.24	-0.24	2.78	2.56	0.117	0.107	1.1E 01	1.4E 01	
E12		20		80	700	0.99	-0.20	-0.15	-0.14	2.07	1.47	0.087	0.062	9.0E 02	1.2E 01	
E13		20		80	550	0.81	-0.20	-0.27	-0.20	1.11	1.45	0.039	0.051	5.3E 02	6.8E 02	
E14	40	20	40	700	0.50	-0.30	-0.26	-0.16	1.92			0.081		8.4E 02	1.1E 01	正電極側の挙動がリニアにならない
E15	40	40	20	700	0.27	-0.36	-0.37	-0.18	0.82			0.034		3.6E 02	4.6E 02	同上
E16	30	60	10	700	0.09	-0.50	-0.49	-0.58								いずれの分極挙動も不安定
E17	30	65	5	700	0.06		-0.62	-0.83								浸漬電位を含め不安定

腐食電位、リニアプロット傾斜値は数回計測値の平均

カソード分極 $E_c(c)$ に関しては各回の計測における値のばらつきが大きく平均値が当該条件を代表しているか疑問であったケースでは、表中に値を記載していない(黒塗り部)。以下では、特に断らない限り、分極特性測定結果から求めた腐食電位に基づき議論する。

図5及び図7に示した、いずれの分極曲線からも明らかのように、 $1\text{A}/\text{cm}^2 \sim 0.1\text{A}/\text{cm}^2$ レベルに拡散支配と思われる領域の存在が認められ、 $\log i$ E プロット上には直線部分が現れない。そのため、腐食電流密度 $i_c [\text{A}/\text{cm}^2]$ を求めるために一般に用いられる Tafel プロット法 (Pearson 法) は適用できない。そこで、図8に例示したように計測結果をリニアプロットすることで i_c を求める Linear Polarization 法⁴⁾ の適用を試みた。同手法によれば、 i E プロット上に広い直線関係が成立すれば、以下の式で腐食電流を知ることが出来る。

$$(di/dE)_c = i_c (1/b_a + 1/b_c) \quad (2)$$

$$b = -RT/\alpha nF \quad (3)$$

(2)式における、 b_a 及び b_c は、それぞれアノード反応及びカソード反応の Tafel 傾斜である。また、(3)式中、 α は移動係数であり、 n は反応(酸化/還元)に寄与する電子の数、 T は温度であり、 F 及び R は、それぞれファラデー定数及び気体定数である。厳密には、 b_a 及び b_c は別途適切な実験を行い決定しなければならないが、ここでは分極特性測定結果に基づき推算した腐食速度と、各腐食機構について提案した予測式^{2,3)} から得られる腐食速度との概算的レベルの一致性を確認することを目的に、簡単のため、(2)式において $b_a = b_c = b$ 及び $\alpha = 0.5$ として i_c を求めた。そのうえで、求めた i_c に基づき、以下の式に従い、腐食速度を推算している。

$$\phi_c = i_c \times A \times t \times F \quad (4)$$

ここで、 ϕ_c は腐食速度 [g/cm²h]、 A は等価原子量 [g/equiv.]、 t は時間補正 (sec min あるいは h) 項である。 A については、実際には対象は炭素鋼 (Fe 98.4 mass%) であるが、ここではすべて Fe であるとして計算した。これらの評価結果についても表4に示した。関連する欄に記載がないケースは、リニアプロットにおいても明確な直線部分が認められなかった結果である。減肉量や腐食速度についても放物線則に従う NaFe 複合酸化型腐食³⁾ では分極特性測定時間を考慮して単位時間を分 (min) とした。一方、直線則に従う²⁾ ことが明らかとなっている溶融塩型腐食では時間 (h) 当たりの腐食速度を記載している。

表4には、以下に記述する過程に沿って求めた各初期組成における塩基度についても併せて記載した。いずれの系においても基準を固体の Na_2O の活量 $a (\text{Na}_2\text{O}[\text{s}]) = 1$ における場合の塩基度を $p\text{O}^{2-} = 0$ としている。Na-Na₂O 系環境では、当該温度の Na_2O の Na への溶解度を Na-O 状態図⁵⁾ から求め、そのモル比に基づき活量係数を定めた。NaOH 系では、溶解度は 700 (973K) のとき約 60 mol% であり、550 のとき約 43 mol% である⁶⁾ ことから、 Na_2O の活量係数を各温度のすべての濃度において 1.67 及び 2.33 と近似した。さらに、700 における溶融塩型腐食環境では、 Na_2O の NaOH と Na_2O_2 への溶解度がほぼ同等である⁶⁾ ことに基づき、これらの混合溶融物における溶解度を約 65 mol % として推算した。この系では、大気下平衡存在 mol 比に基づき Na_2O_2 の分解を考慮した(実際にはさらに低い酸素ボテンシャル下での分解割合を考慮すべきであるが、 $\log (P_{\text{O}_2}) = -5$ レベル程度で

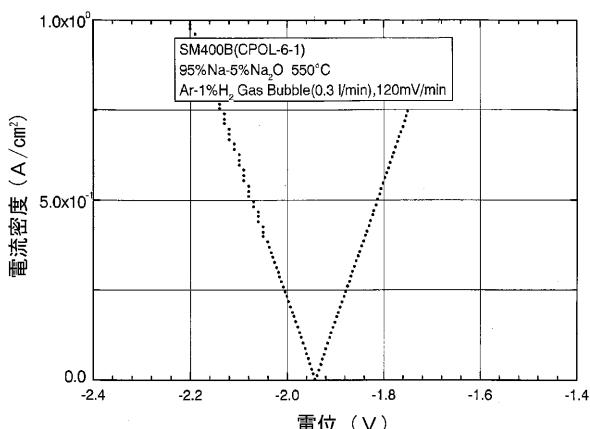


図8(a) アノード分極曲線のリニアプロット例

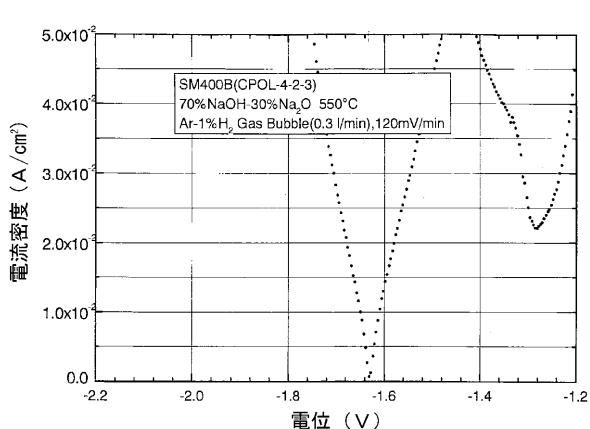


図8(b) カソード分極曲線のリニアプロット例

はこの値で近似できるものとした)。この場合のNaOHの分解による寄与は非常に小さい(pO^{2-} 6)ため無視している。

データが限定されているのみではなく、試験手法を含め一般に行われている腐食電位計測試験とは異なる部分が多く、計測値自体の信頼性についても今後厳格な評価が必要であるが、今回試験結果に基づけば、これまで提案してきたNa化合物溶融塩中における2つ腐食機構は、腐食電位の差に認められるように、電気化学的な特性評価においても明らかに異なる性質を有すると言える。NaFe複合酸化型腐食が支配的に生じていると思われる環境では、Na-Na₂O系で確認できるように腐食電位は約-1.8Vレベルにある。一方、一連の試験結果に基づきNa₂O₂が腐食を支配する環境ではかなり貴な腐食電位(0~-0.3V)になるものと考えられる。

溶融塩型腐食環境におけるO₂の影響を確かめるために行った、100%Na₂O₂における不活性ガスバーリングと空気バーリングの異同については、同表から明らかなように有意な差は認められない。この結果は、溶融塩型腐食では浴塩中、気液界面近傍とも腐食進行に界面活性素ポテンシャルの影響がないことと整合する。

表5に、複合酸化型腐食に関して、分極特性測定結果に基づき推定した腐食進行と浸漬試験データに基づき案した以下の腐食速度式³⁾による計算結果との比較を示す。

$$[\text{Fe}]^{75} = kt$$

$$k = 6.36 \times 10^2 \exp(-17,100/RT) \quad (5)$$

表5 NaFe複合酸化型腐食に関する分極特性測定結果に基づく腐食進行と提案式による計算結果の比較

(1) 5分間ににおける腐食 [mm]

温度	分極測定に基づく推定腐食深さ	提案式(5)による計算値	推定値/計算値
700	0.013~0.015	0.043	0.31~0.35
550	0.012~0.016	0.017	0.72~0.91

(1) 1時間後の腐食 [mm]

温度	分極測定に基づく推定腐食深さ	提案式(5)による計算値	推定値/計算値
700	0.160~0.182	0.179	0.89~1.02
550	0.147~0.187	0.071	2.07~2.63

ここで、[Fe]はFeの単位面積当たりの反応モル数 [mol/mm²] であり、tは時間 [h]、Rは気体定数、Tは絶対温度 [K] である。解析では、分極特性データの評価からNaOH中の腐食だと考えられたE5~E7(700, 550: 95mass%NaOH-5mass%Na₂O及び700: 70mass%NaOH-30mass%Na₂O)の試験は検討から除外している。この腐食機構については、腐食生成物であるNaFe複合酸化物の融点近傍となる700と生成物が保護層となる550における挙動差を勘案して実計測時間でもある約5分間の腐食深さと1時間における腐食深さを比較した。結果は550における1時間後の腐食進行程度を除き、おおむね良好な一致を得たと結論できる。細かく見ると、腐食初期を示す短時間側では、両者の値は550でほぼ一致しており、1時間では700の値に良い近似が認められる。これは、いずれの温度でも短時間の分極計測では初期の比較的速い腐食速度に対応した特性が得られるのに対し、550では保護層の形成のため時間経過とともに腐食進行が抑制されること、一方、700では一定時間経過後もかなりな腐食進行速度が維持されることと整合するものと考えられる。

表6に溶融塩型腐食に関して、同様、分極特性測定結果に基づき推定した腐食速度と全浸漬試験データに基づき提案した腐食速度式²⁾による計算結果との比較を示す。

$$\phi_R = A \cdot \exp(-9610/RT) \quad (6)$$

$$A = 1.48 \times 10^2$$

ここで、 ϕ_R は腐食速度 [mm/h]、Aは定数、Rは気体定数、Tは絶対温度 [K] である。検討には、Na₂Oを加えない条件を用いたが、分極特性測定結果に基づき推定した腐食速度は提案式の99%信頼下限値との比較でもほぼ1/4~1/5程度の値に留まった。これは、昇温過程における容器との反応

表6 溶融塩型腐食に関する分極特性測定結果に基づく腐食進行と提案式による計算結果(単位時間当たり)の比較

[mm]

温度	分極測定に基づく推定腐食深さ	提案式(6)による計算値	推定値/計算値(下限値)
700	0.115~0.143	0.581~1.815	0.20~0.25
550	0.068	0.254~0.678	0.27

や気相近傍での分解による Na_2O_2 の減少に因るものと思われる。全浸漬試験などとは異なり、試験途中で試薬サンプリングをしながら試薬を追加することができないため、現状技術からはこの腐食機構の正確な腐食電流を分極特性から得ることはかなり困難であるが、おおむねの傾向は把握できたと思われる。今後、昇温直後に Na_2O_2 を追加可能な装置とする技術考案や、試料浸漬後の掃引速度の最適化などを工夫する余地はあるものと思われる。

複合酸化型腐食系及び溶融塩型腐食系の各浴塩中の主なアノード反応及びカソード反応は以下のように考えられる。

(a) 複合酸化型腐食環境: $\text{Na}(\text{NaOH}) + \text{Na}_2\text{O}$ 系

[アノード反応]

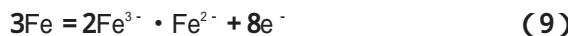


[カソード反応]



(b) 溶融塩型腐食環境: $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{O}_2$ 系

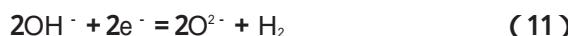
[アノード反応]



[カソード反応]



上記(a)に示した複合酸化型腐食環境のうち NaOH 溶媒の試薬中ではカソード反応として、 NaOH 自身の寄与や不純物として混入した過酸化物の反応も考えられる。



実際、E5~E6(表4参照)など Na_2O 組成が少ない高温における自然浸漬電位及び分極特性計測結果にはこれらの反応が生じたと推定できるデータが含まれている。しかし、ここでは Na 環境における塩基度が最大に近い($\text{pO}^{2-} = 0$)領域における腐食であるため、式(11)及び(12)については言及しない。

図9に初期組成における塩基度と分極特性から求めた腐食電位との関係を示す。腐食機構に関係なく、塩基度が下がると腐食電位が貴になることが分かる。本研究で示した複合酸化型腐食及び溶融塩型腐食は、図中の各溶融塩系($\text{Na}(\text{NaOH})-\text{Na}_2\text{O}$ 及び $\text{NaOH}-\text{Na}_2\text{O}_2$ 系)における極端、前者は塩基度最大の位置で、後者は塩基度の小さな領域で特徴的に発生すると考えると、複合酸化型腐食は $\text{Na}-\text{O}-\text{H}$ 系溶融塩の最も卑な腐食電位を有

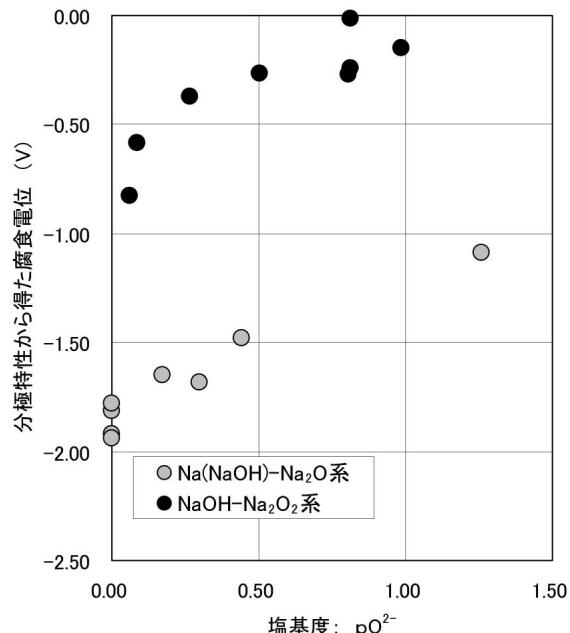


図9 溶融塩中の塩基度と腐食電位の関係

し、溶融塩型腐食は貴な腐食電位レベルで効果が増大すると言える。図10(a)に複合酸化型腐食の塩基度と分極特性から求めた腐食電流密度との関係を示す。この図から、今回試行した腐食電位・分極特性測定試験データにのみ基づけば、この腐食機構の実効性は塩基度が高いほど増すものと考えられる。一方、溶融塩型腐食については、図10(b)に示されるように塩基度が低く、 Na_2O_2 濃度が高いほど腐食は厳しくなるように思われる。分極特性データから得られる以上のような知見は、既報¹⁰⁻¹³の各腐食機構や全浸漬試験結果と基本的に整合するものである。

5. まとめ

Na酸化物を含む激しい腐食性を示す高温Na系溶融塩中の鉄鋼材料腐食における電気化学特性を計測する実験を試みた。これまで報告例がない、この系における腐食電位及び分極特性計測実験及び結果に基づく検討を踏まえ、得られた知見は以下のようにまとめられる。

- (1) 厳しい腐食環境であり、かつ発生Naによる困難さはあるが、効果的に被覆を施すことや電位掃引速度を工夫することにより、Na化合物系溶融塩中の炭素鋼の自然浸漬電位及び分極特性を計測した。
- (2) NaFe複合酸化型腐食環境の腐食電位はかなり卑なレベルにあり、-1.8~-1.9V域にある

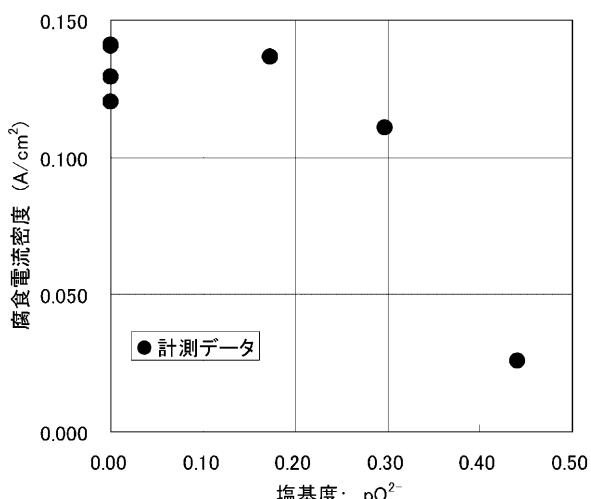


図10(a) NaFe複合酸化型腐食系浴塩における塩基度と腐食電流密度との関係

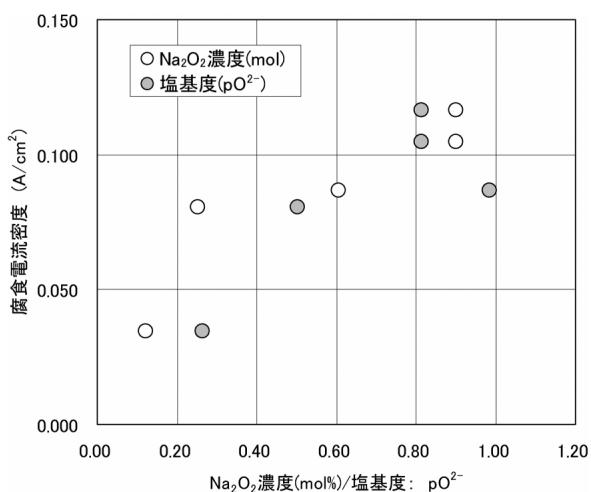


図10(b) 溶融塩型腐食系浴塩における Na_2O_2 モル濃度及び塩基度と腐食電流密度との関係

- と推定した。
- (3) 一方, Na_2O_2 を有意に含有する環境では, 腐食電位はNaFe複合酸化型腐食に比して貴であり, 腐食の進行が Na_2O_2 に支配される場合, その腐食電位は0.0~ -0.3V域にあるものと推定した。
- (4) この腐食電位の貴卑は, 各腐食機構における塩基度にほぼ相関する。
- (5) 分極特性については, NaFe複合酸化型腐食においても, 溶融塩型腐食においても典型的な環境においては, アノード側, カソード側とともに高い電流がほぼ対称に流れることが分かった。前者では, 塩基度が下がるにつれて, カソード電流の方が高くなりアノード側に不動態遷移が認められる。後者では, 酸素ポテンシャルの低下, 塩基度の上昇とともにアノード側電流が相

対的に高くなることを示した。

- (6) 分極曲線には, いずれの溶融塩においても, 拡散支配と思われる $0.1A/cm^2 \sim 1A/cm^2$ という非常に高い電流が流れる領域の存在が認められ, アノード側, カソード側とも $\log_i E$ 関係には直線部分がなく Pearson 法は適用できない。
- (7) Linear Polarization 法により求めた腐食電流に基づいた腐食進行速度は, 比較的進行の遅い NaFe 複合酸化型腐食については, 提案した腐食式の計算結果とほぼ一致した。
- (8) 腐食進行の速度が極めて速い, 溶融塩型腐食については, 今回分極特性評価データに基づく推定値は提案式の予測値とオーダ的には整合するものであったが, 99% 信頼下限の $1/4 \sim 1/5$ 程度に留まった。その原因是試験における昇温過程での Na_2O_2 の消費にあるものと考えられる。
- (9) 腐食電位や分極特性測定結果から得られた知見は, 損傷材料分析結果や浸漬試験結果に基づき示した腐食機構の特性と矛盾しないことを明らかにした。

謝辞

前例のない困難な電気化学実験の実施は, (株)日鐵テクノリサーチ, 阿部征三郎博士, 山中幹雄博士, 齊藤隆穂氏, 金丸辰也氏及び齊藤千代壽氏の各氏に尽力を頂いた。阿部博士, 山中博士及び金丸氏からは実験データの評価において多くの助言を頂いている。

参考文献

- 1) 青砥紀身: “大気中ナトリウム漏洩流下部における鉄系材料の腐食機構”, 動燃技報, No. 103, p.35 (1997).
- 2) K. Aoto and E. Yoshida: “Corrosion behavior of carbon steel in molten sodium compounds at high temperatures and effect of oxygen potential in atmosphere,” Materials at High Temperature, Science Review, Vol. 18 (s), p.187 (2001).
- 3) 青砥紀身, 吉田英一, “Na系溶融塩における炭素鋼の気液界面腐食機構に関する研究”, 日本原子力学会, 2003年春の大会予稿集, 第 分冊, ○63, 908 (2003)
- 4) 例えは, L. L. Shreir, R. A. Jarman et al Ed., “Corrosion,” Butterworth (1994).
- 5) H. A. Wriedt, “Na-O Phase Diagram,” in “Binary Phase Diagrams,” 2nd Ed. (T. Massalski Ed.), ASM, Vol 3, 2720 (1990).
- 6) 齊藤淳一, 天藤雅之, 他 “ナトリウム化合物 (Na_2O , Na_2O_2 及び $NaOH$) の擬 3 元系状態図の研究”, PNC TN9410 97 101 (1997).



NaCl - 2CsCl 溶融塩中における UO_2^{2+} の吸光度測定

佐藤 史紀 永井 崇之* 田山 敏光

東海事業所 環境保全・研究開発センター 先進リサイクル研究開発部
*本社 社内公募型研究推進室

Absorbance of UO_2^{2+} ion in NaCl-2CsCl Molten Salt

Fuminori SATO Takayuki NAGAI* Toshimitsu TAYAMA

Advanced Fuel Recycle Technology Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works
* Innovative Research Promotion Office

サイクル機構では、FBRサイクル実用化戦略調査研究の一環として、酸化物電解法プロセス研究を進めている。酸化物電解法では、使用済燃料を溶解した溶融塩中からU PuをMOX電解工程により回収するが、MOX電解工程に対してはU PuのFPからの分離、析出MOX中のU/Pu比率制御等、プロセスとしての要求事項が多い。このため、溶融塩中のU、Pu等の核物質量を適切な工程分析技術により計測し、この分析結果に基づき、工程制御を実施する必要がある。

工程分析技術として光学的手法を一候補と考え、酸化物電解法に使用するNaCl - 2CsCl溶融塩中の UO_2^{2+} イオンの可視光領域における吸光度を測定した。 UO_2^{2+} 吸光度については、KhokhryakovらのReflection Absorption法による報告があるが、[吸光度 - UO_2^{2+} 濃度]の関係については、詳細な報告が見られない。このため、実験により工程分析技術に必要な分光学的データを収集し、乾式再処理工程における計量管理や工程管理のための分析技術を確立するための基礎となる[吸光度 - ウラニル濃度]の関係を明らかにした。

In Feasibility Studies (FS) for the commercialized fast breeder reactor (FBR) cycle system, the oxide electrowinning process is being developed by Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC). In the oxide electrowinning process, spent nuclear fuel is dissolved into molten salt and U and Pu are recovered as MOX by MOX electrolysis. MOX electrolysis has many requirements such as U/Pu ratio controls and separation from FP of U Pu. Therefore, it is necessary to analyze the amounts of nuclear material (U and Pu) in the molten salt and control MOX electrolysis based on this analysis result.

This report considers the optical method as one candidate for process analysis technology. Absorbance of UO_2^{2+} ion, the basic data for optical analysis, was measured in NaCl 2CsCl molten salt. Although Khokhryakov reported on UO_2^{2+} absorbance using the Reflection Absorption method no detailed report exists on the relation between absorbance and UO_2^{2+} concentration.

Therefore, necessary spectral data for the process analysis technology were collected by the experiment.

キーワード

乾式再処理、酸化物電解法、分析技術、吸光スペクトル、溶融塩、ウラニルイオン、共晶塩、紫外可視分光光度計

Pyrochemical Reprocessing, Oxide Electrowinning, Analysis Technology, Absorption Spectrum, Molten Salt, Uranyl Ion, Eutectic Salt, UV Visible Spectroscopy

研究報告

佐藤 史紀

乾式プロセスグループ所属
研究員
FBR実用化戦略調査研究
における乾式再処理プロセス
共通技術開発に従事
第1種放射線取扱主任者

永井 崇之

社内公募型推進室（兼乾式
プロセスグループ）所属
副主任研究員
FBR実用化戦略調査研究
における乾式再処理プロセス
共通技術開発及び公募型
研究開発に従事

田山 敏光

乾式プロセスグループ所属
副主任技術員
FBR実用化戦略調査研究
における乾式再処理プロセス
共通技術開発に従事

1.はじめに

サイクル機構では、FBRサイクル実用化戦略調査研究の一環として、酸化物電解法プロセス研究を進めている。先進リサイクルシステムの研究開発は、従来の設計にとらわれずに高速炉燃料サイクルの最適化を図るという観点で極めて重要であり、従来の湿式再処理にない特性を有している乾式再処理技術は先進リサイクルシステムの候補技術として期待される技術の一つである。

溶融塩中では、各核種（元素）が様々な原子価や錯体構造をとったり、溶媒（溶融塩）と複雑な相互作用を持つことが知られている。これらの元素の溶存状態の違いは、これらの元素の電解回収などの操作を行うに際して、制御されるべき主反応自体を複雑にし化学平衡をシフトさせるために、再処理工程の設計やその信頼性に大きな影響を与える。特に、酸化物電解法では酸素共存の塩化物溶融塩系でのアクチニドやFP元素に酸素が配位した複雑な溶存種の形成や、塩化物溶融塩中の錯イオンの形成があり、これらが乾式再処理の化学を律していると言っても過言ではない。酸化物電解法では、使用済燃料を溶解した溶融塩中からU及びPuをMOX電解工程により回収するが、MOX電解工程に対してはU及びPuのFPからの分離、析出MOX中のU/Pu比率制御等、プロセスとしての要求事項が多い。乾式再処理プロセスでは溶融塩中のU、Pu等の核物質濃度を適切な工程分析技術により計測し工程制御を実施することが重要となる。このため、光学的な手法を適切な工程分析技術の一候補と考え、酸化物電解法に使用するNaCl - 2CsCl溶融塩中の UO_2^{2+} イオンの可視光領域における吸光スペクトルを測定し、乾式再処理工程における計量管理や工程管理のための分析技術を確立することを目的に基礎データの収集を行った。 UO_2^{2+} 吸光度については、KhokhryakovらのReflection Absorption法による報告¹⁾があるが、[吸光度 - UO_2^{2+} 濃度]の関係については、詳細な報告が見られない。このため、実験により工程分析技術に必要な分光学的データを収集したので報告する。乾式再処理工程における計量管理や工程管理のための分析技術を確立するための基礎データとして利用していくことが期待される。

2.実験装置

2.1 溶融塩実験装置

塩化物溶融塩中の元素の溶存状態に関する情報を得るために、溶融塩実験装置は京都大学原子炉実験所に設置されている電気炉付Ar雰囲気グローブボックスに紫外可視吸光分光測定装置を装着した設備を使用した。グローブボックス内Arガスは、循環精製装置により酸素及び水素濃度が2 ppm未満となるように制御されている。図1に溶融塩紫外可視分光設備の概観を示す。

(1) 分光測定系

本設備は、試料の調製と測定が同じ場所でできることから、試料の濃度や成分などを連続的に変えながら測定が可能であることが特徴である。グローブボックス床面と電気炉の接続部には冷却水による冷却機能があり、グローブボックスへの過度な熱伝達を防止している。電気炉には直径約1 cmのステンレス管（光導管）を径方向に貫通させてあり、この軸の中心部に電気炉内に設置する石英の溶融塩セルが配置され、光導管の両端には石英の窓を取り付けている。紫外可視分光光度計の試料室から光ファイバによって取り出された入射光は光導管を通った後、レンズ集光系により光ファイバに取り込まれ、スペクトロメータに戻される。この装置では最高1,173 Kまでの温度で溶融塩試料の高温分光が可能であり、塩化物イオンによる吸収が生じる260 nm以下の紫外域と石英による吸収が生じる900 nm以上の領域を除いて、紫外可視域での観測が可能である。装置の概略を図2及び図3に示す。

この装置では乾燥Arによる不活性雰囲気の試料室に石英セルに入れた溶融塩試料を設置した状態で、吸光スペクトルを測定できるので試料の条

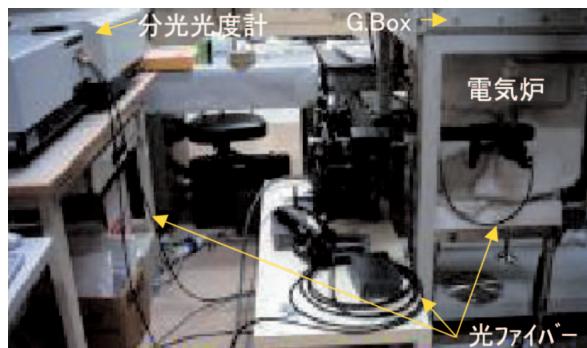


図1 溶融塩紫外可視分光設備概観
(京都大学原子炉実験所)

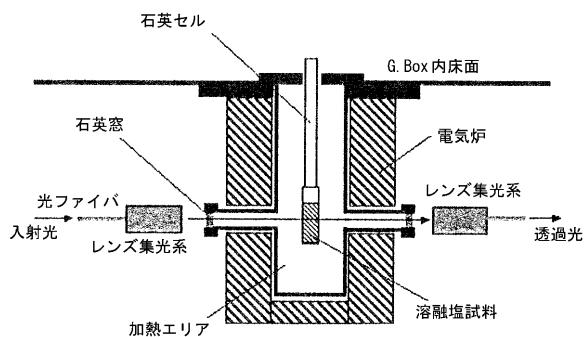


図2 溶融塩紫外可視吸光分光システム概略

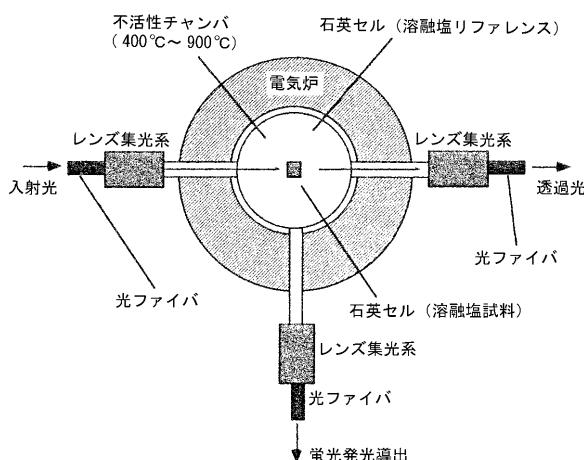


図3 溶融塩紫外可視吸光分光システム概略平面図

件（濃度、温度、共存物質濃度など）を変更しながら測定を行うことができる。

(2) 光学セル

溶融塩での吸光分光においては、リファレンス試料の測定が難しいため、1本のセルを中心部分に固定して測定する方式を採用した。溶質を含まないブランク塩の吸収スペクトルを先に測定し、溶質を含む試料の測定結果からそのスペクトルを差し引くという手法を採用した。試料をいれる石英セルは、正確な距離の透明な平行面をもった吸光分光用のセルを用いることにより吸光係数を正確に測定することができる。光の透過する部分については1cm角の透明セルを用い、グローブボックスからの挿入や上面からの操作を想定して、約30cmの石英管を透明セル上部に取付けた。試用を繰り返した結果、セル入口部が広く、温度変化にも強く良好であった。図4にセルホルダーを図5に石英セル外観を示す。

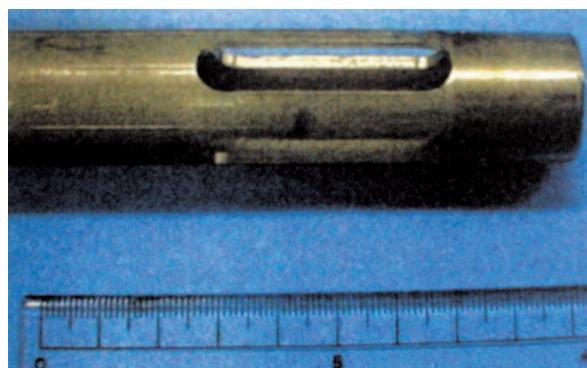


図4 溶融塩分光装置用セルホルダー

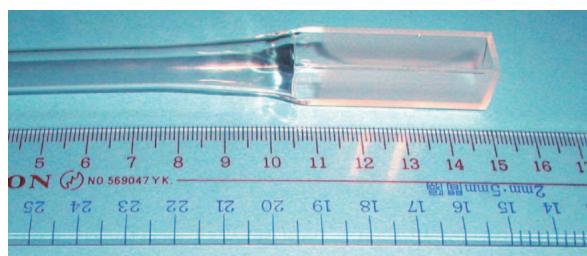


図5 溶融塩分光装置用石英セル

3. 実験方法

石英セル内に装荷したNaCl-2CsCl塩化物をグローブボックス内で約650°Cにて加熱溶融した後、この溶融塩中へ適量のUO₂顆粒を投入する。この溶融塩へ塩素ガスを吹込み、投入したUO₂顆粒の全量をウラニルとして溶融塩中へ溶解させる。このようにして得られたウラニルを含む溶融塩を適宜、NaCl-2CsCl塩で希釈し、その吸光度を測定した。事前にバックグラウンドであるNaCl-2CsCl溶融塩について、測定範囲に顕著な吸光スペクトルがないことを確認した。以下に測定手順を示す。

NaCl-2CsCl溶融塩
(650°C)を生成

UO₂顆粒を投入

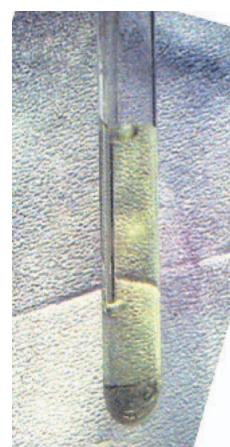
UO₂ + Cl₂ → UO₂Cl₂

(in Salt)

溶解したUO₂Cl₂サンプルを適宜、希釈

吸光度を測定

図6にUO₂Cl₂を含む溶融塩を示す。

図6 UO₂Cl₂を含む
NaCl-2CsCl
溶融塩

4. 実験結果及び考察

(1) ブランクの吸収特性

乾式再処理の溶媒である塩としてはLiCl-KCl及びNaCl-2CsClが代表的なものとして上げられる。ANLで開発された金属電解法にはLiCl-KCl塩が、RIARで開発された酸化物電解法にはNaCl-2CsClが用いられる。LiCl-KCl溶融塩中の紫外可視吸収の特性の一例として、図7にLiCl-KCl溶媒塩のスペクトル²⁾を示す。この図では590nm及び740nm付近に吸収があるものの、これらはバックグラウンドの処理により除けるので、250nmから880nmまでの波長領域で良好なスペクトルが得られる。スペクトルのバックグラウンドが短波長側で高くなる傾向があるがセルの配置の微妙な角度のずれに起因するものと考えられる。また、900nmから1,000nm及び1,230nm以上の領域に吸収が

確認された。この装置による近赤外領域での吸収の特性をArのみの状態、LiCl-KClのみの状態及び溶質として、使用済燃料の主要FP(核分裂生成物)元素であり、近赤外領域での吸収が認められないNdCl₃を溶解した時の吸収スペクトル²⁾を図8に示す。この図から石英セル及びファイバによる吸収が大きく、1,230nm以上の領域では測定が不可能であることが分かった。また、950nmから1,000nmの領域に溶融塩による吸収が起こり透明な領域は、1,000nmから1,230nmであることが分かった。この結果より、溶融塩紫外可視分光システムは250nmから880nmまで、1,000nmから1,230nmまでの波長領域において、良好なスペクトルを測定できることが確認された。

(2) 吸収スペクトルの濃度依存性

溶融塩中でウラニルの濃度測定を行うことは

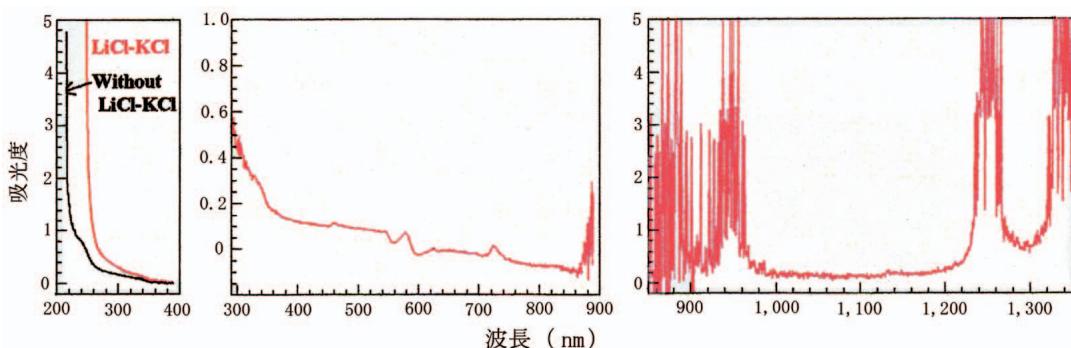


図7 LiCl-KClの紫外可視吸光スペクトル(ブランク)

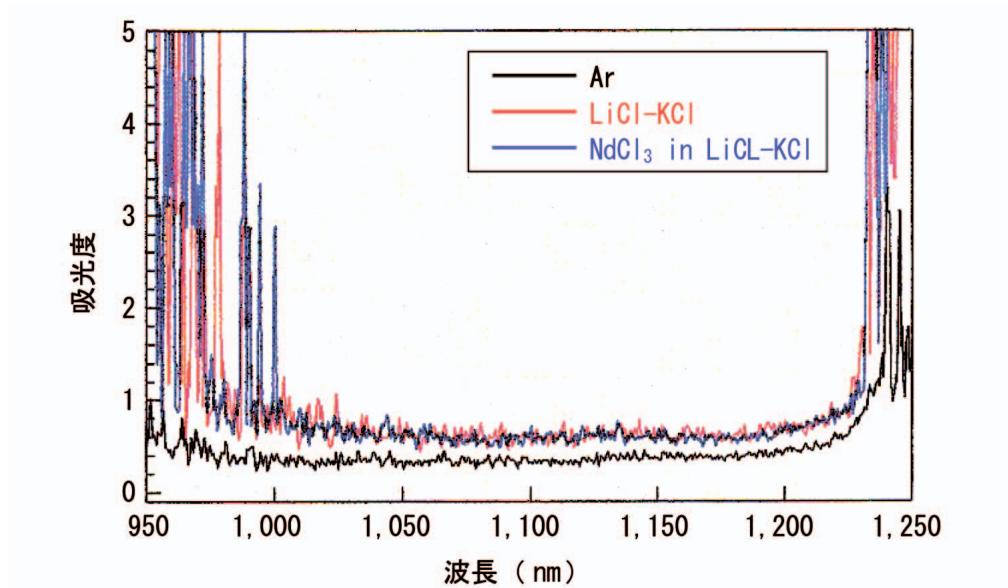


図8 LiCl-KClの近赤外領域の吸収スペクトル

セス管理上重要であるため、溶融塩中の UO_2Cl_2 濃度を変えて吸収スペクトルを測定し、吸光度がどのように変化するかを調べた。図9に濃度を変化させた場合の吸収スペクトルの変化を示す。測定の結果、390 nm 近傍に吸収ピークが検出され、また350 nm 以下にピークショルダーが確認された。溶融塩に対する UO_2Cl_2 のモル濃度（ウラン濃度）が高くなるに伴い、吸光度が大きくなる関係が認められ、吸光度に対するウラン濃度依存性があることが分かる。

(3) 溶存塩素の吸収スペクトル特性

$\text{NaCl} - 2\text{CsCl}$ 塩15.040 g に UO_2 顆粒を 0.006 g を加え、溶解した試料と更に、塩素ガスを吹き込み塩素化溶解した試料の吸収スペクトルを比較し、溶融塩中に含まれる塩素ガスの吸光スペクトルへの影響を調べた。塩素の供給時間及び供給後の Ar ガスによる脱気時間をパラメータとした測定結果を図10に示す。溶融塩中に塩素が残留していると残留塩素の吸収によりバックグラウンドの上昇とともに、吸収スペクトルが高波長側にシフトする傾向が認められた。この結果より、塩素の吸光スペクトルへの影響をなくすためには、塩素化溶解後に Ar ガスを吹き込み、残留塩素を追い出した後に吸光度を測定する必要があることが分かる。そこで、残留塩素追い出しに必要な時間を得るために、塩素ガスの溶融塩への溶解挙動及び Ar ガスによる溶存塩素の脱気挙動を調べた。その結果を図11

に示す。溶融塩中への塩素ガスの溶解は、時間とともに上昇し、200秒程度で安定した。また、Ar ガス吹き込みにより溶存塩素は時間とともに減少することが分かった。塩素化溶解後の吸収スペクトル測定に当たって、溶存塩素の吸光スペクトルへの影響をなくすためには、400秒程度 Ar ガスを吹き込み、溶存塩素を脱気すれば良いことが分かった。

(4) 溶融塩中の UO_2^{2+} の価数変化による吸光度への影響

溶融塩中におけるウラン (UO_2^{2+}) の価数変化と吸光度の関係を調べた。その結果を図12に示す。溶融塩中に UO_2Cl_2 を溶解した後、 UO_2Cl_2 溶融塩中に電極（作用極に W ワイヤー、参照電極として $\text{Ag}/4.85\text{ mol\%AgCl in NaCl} - 2\text{CsCl}$ ）を挿入し -0.05 V vs 参照電極にて低電位電解を行った。電解時間に対する UO_2^{2+} の吸光度の変化を見ると時間の経過とともに 390 nm 近辺の吸収スペクトルが増加しているのが分かる。過去の文献データから 390 nm 付近のスペクトルは、 UO^{2+} のものと推定される。このことから、電解により以下の反応が進み、 UO_2^{2+} から UO^{2+} へと還元が行われていることが推察できる。



更に、図12に示すスペクトル変化で 390 nm 付近の吸光度が増加するのに伴い、350 nm 以下の UO_2^{2+}

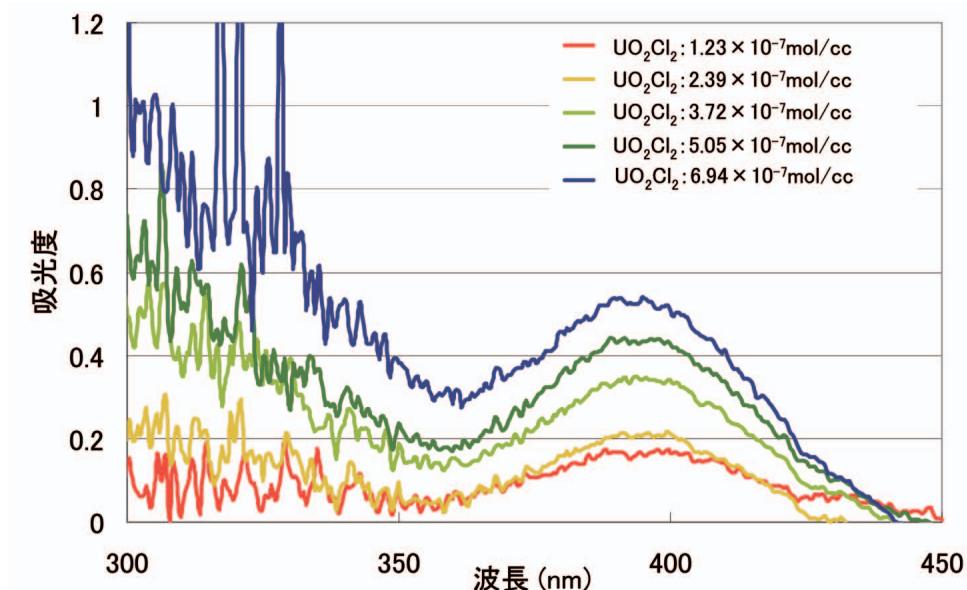


図9 UO_2Cl_2 の吸収スペクトル

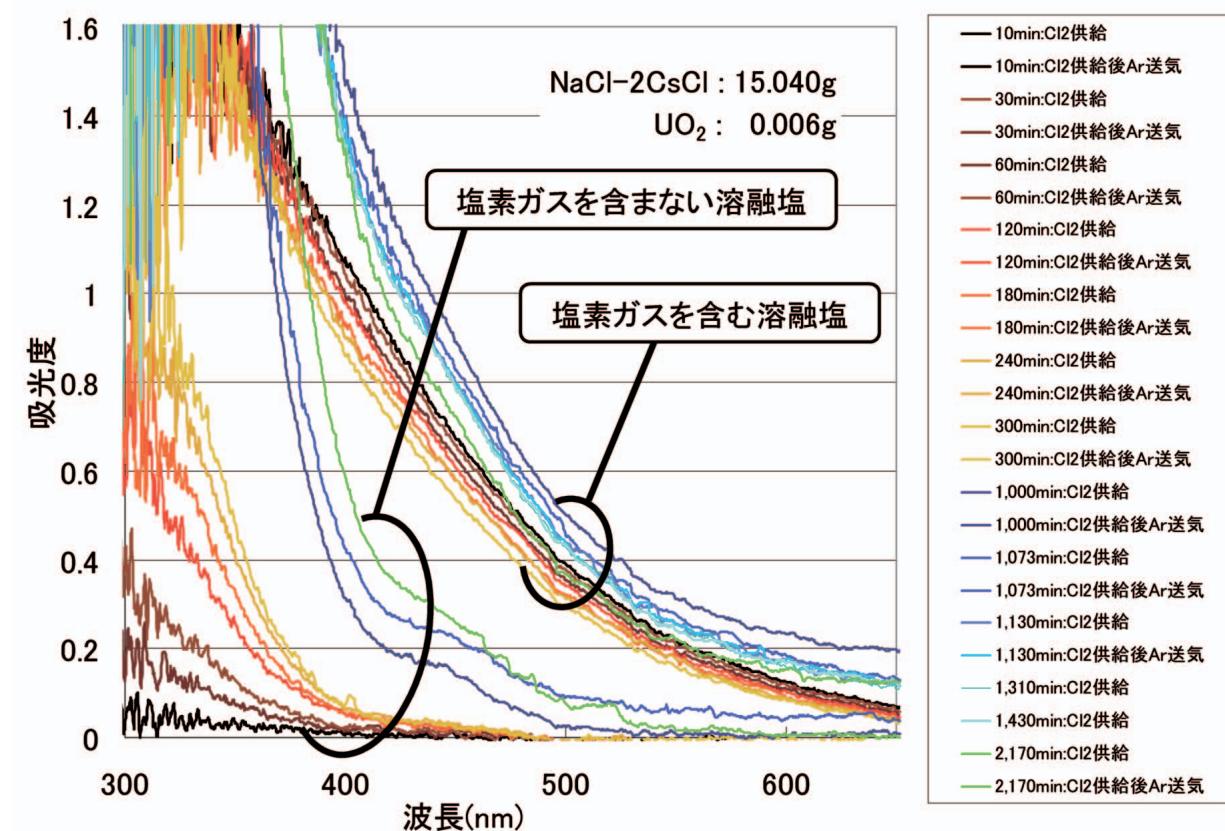


図10 残留塩素の吸収スペクトルへの影響

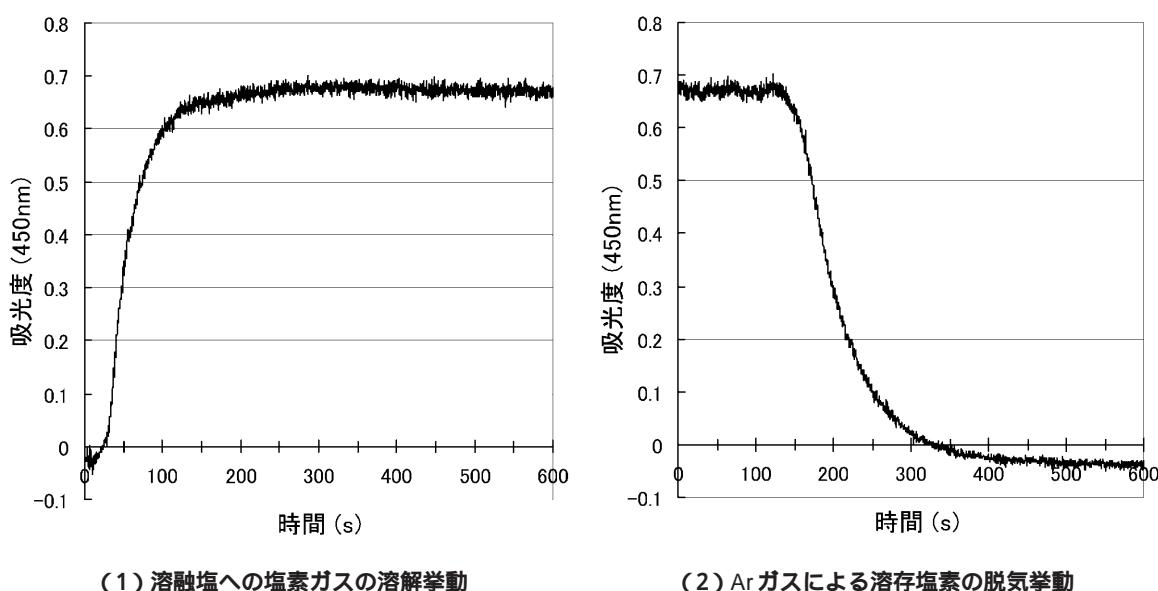
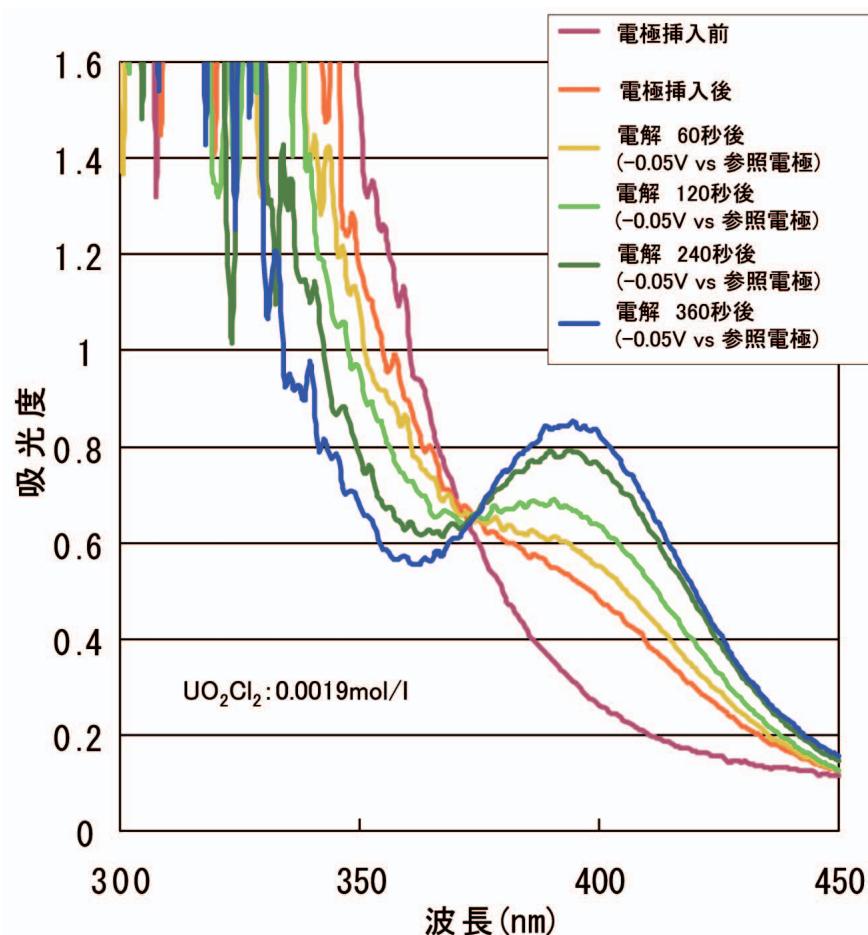


図11 溶融塩への塩素の溶解挙動及び残留塩素の脱気挙動

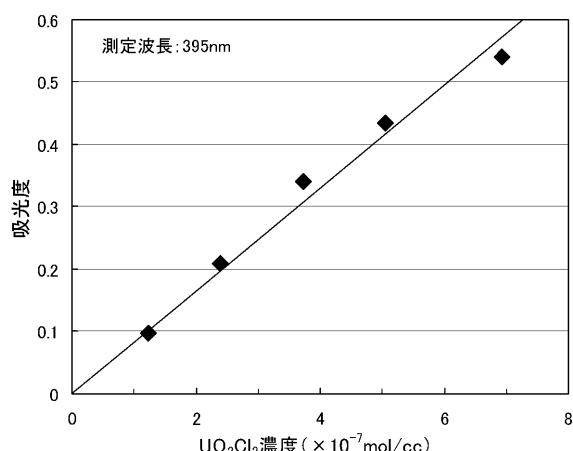
図12 電解による UO_2^{2+} の値数変化

吸収バンドが減少することも確認できる。このことから文献³⁾に示されるように、図9に示した390nm付近のスペクトルは UO_2^{2+} であることが確認された。これらのことから、吸光度測定に当たってはウランの値数を合わせて測定する必要があ

ることが分かった。また、図13に示すように UO_2Cl_2 濃度変化に対する吸光度は濃度との間に良好な濃度依存性が確認され、定量分析が可能であること示している。

5. 結言

乾式再処理プロセスの一つとして進めている酸化物電解法の工程分析技術として光学的手法を一候補と考え、実験により必要な分光学的データとしてウラニルを含む溶融塩の吸収スペクトルを測定した。溶融塩中に塩素が溶存していると吸収スペクトルに影響を及ぼすことが分かった。この対応としては、Arガスを吹き込むことにより、溶存する塩素の影響を防止できる。また、溶融塩中のウラン濃度と吸光度との関係は、図13に示されるように良好なランパート・ペールの法則が成り立ち、有効な分析手法であることが確認された。なお、ウランの測定に当たっては、 UO_2^{2+} イオンの値数変化を考慮して測定することが重要であるこ

図13 UO_2Cl_2 の濃度依存性

とが分かった。今後は、再処理工程において共存するFP元素の影響を確認するとともに、更なる分光学的なデータを収集し、溶融塩中の分析技術の確立に向け、取り組んで行く。

6. おわりに

本研究では、分光学的な手法として吸光光度法について基礎データを収集した結果について報告した。今後、蛍光発光測定法の光学的手法についてもその適用性を評価検討するため、溶融塩中におけるウランの蛍光発光データの測定を開始したところである。測定時間、測定精度等を比較、検討し、より信頼性の向上に貢献できる分析手法を確立して行く予定である。

本研究に当たっては、京都大学原子炉実験所バックエンド研究部門核プロセス研究室山名元教授との共同研究により有益な助言、ご指導を頂きました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) A. A. Khokhryakov, Radiochemistry Vol. 40 No.5 pp413 pp415(1998).
- 2) 京都大学 核燃料サイクル開発機構：“乾式再処理工程溶媒中の放射性核種の化学形態分析に関する研究” JNC TY8400 2002 013.
- 3) E.V.Komarov,N.P.Nekrasova, “Absorption Spectra of Uranyl Ions in Fused Alkali Metal Halides.”, Radiochemistry, Vol.22, No.2, pp.260-264(1980).



坑道周辺における不飽和領域の原位置計測手法の研究 - キャリブレーション試験の簡略化と計測装置の開発について -

片岡 達彦 前村 庸之^{*1} 竹内 真司 松井 裕哉* 向井 圭

東濃地科学センター

*幌延深地層研究センター

^{*1}株式会社ダイヤコンサルタント

A Study on Method for In-Situ Measurement of Unsaturated Zones around a Drift
-Simplification of Calibration Test and Development of Measurement Probe-

Tatsuhiko KATAOKA Tsuneyuki MAEMURA ^{*1} Shinji TAKEUCHI Hiroya MATSUI* Kei MUKAI

TONO Geoscience Center

*HORONOBÉ Underground Research Center

^{*1}DIA Consultants Co. Ltd.

岩盤中に空洞を掘削するとその周辺岩盤中に不飽和領域が発生することが想定される。東濃地科学センターでは、この領域の範囲や体積含水率分布を把握することを目的とし、TDR (Time Domain Reflectometry) を原位置で適用するための研究を実施している。

岩石コアの体積含水率 と比誘電率 との関係を求めるキャリブレーション試験では、供試体への電極の改良設置方法を4岩種に適用し、その有効性を確認した。また、少数の計測値から三相混合モデルに基づく 関係を求ることにより、キャリブレーションを簡略化できる可能性を示した。

原位置計測における電極の設置を容易にするため、電極をパッカーにより孔壁に密着させて測定する方法を考案した。比誘電率既知の材料を用いた室内試験により、電極間隔と測定時の電磁波影響範囲（計測範囲）との関係を調べ、計測値が測定対象と緩衝材の平均比誘電率となるように、プローブの構造を決定した。開発したパッカー式プローブの原位置適用試験を東濃鉱山で実施したところ、同一深度の比誘電率に再現性のある計測結果が得られた。

It is generally considered unsaturated zones can be generated in the vicinity of a drift after excavation. Tono Geoscience Center has been conducting researches on applying time domain reflectometry (TDR) to in situ measurement of the extent and water content profile of unsaturated zones.

An improved insertion method of waveguides was applied to the calibration test of the volumetric water content and the dielectric constant relationship of four kinds of rocks, and was proved valid. Calibration labor can be reduced using the relationship based on the three phase mixing model estimated by a few measured data.

To allow easy installation of waveguides, a method was developed that uses an air packer to press waveguides against a borehole wall. Configuration of the packer type probe was designed to measure the average dielectric constant of the object and the buffering material. The in situ dielectric measurement at Tono mine using the packer type probe resulted in reproductive data at the same depth.

研究
報告

片岡 達彦



瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループ所属
地質環境研究グループ兼務
超深地層研究計画及び広域地下水流动研究の表層調査業務及び東濃鉱山における坑道周辺水理調査業務に従事

前村 庸之



ジョエンジニアリング事業部所属
多孔質体の不飽和特性及び
物質移動解析関連業務に従事

竹内 真司



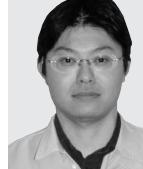
瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループ所属
地質環境研究グループ兼務
副責任研究員
超深地層研究所計画及び広域地下水流动研究の表層及び深層調査業務及び東濃鉱山における坑道周辺水理調査業務に従事

松井 裕哉



深地層研究グループ所属
副責任研究員
深地層研究所計画の地層科学研究における試錐調査、
地質環境のモデル化と地下施設建設に伴う地質環境の
変化の予測業務及び地下施設設計研究に従事

向井 圭



瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループ所属
地質環境研究グループ兼務
超深地層研究所計画及び広域地下水流动研究の深層調査業務及び東濃鉱山における坑道周辺水理調査業務に従事

キーワード

不飽和領域, 比誘電率, TDR, 東濃鉱山, ニアフィールド, 体積含水率, 有効間隙率, 三相混合モデル, キャリブレーション試験, 岩石

Unsaturated Zone, Dielectric Constant, Time Domain Reflectometry (TDR), Tono Mine, Near Field, Volumetric Water Content, Effective Porosity, Three-phase Mixing Model, Calibration Test, Rock

1. はじめに

岩盤中に坑道のような空洞を掘削すると, 周辺岩盤から空洞へ向かう地下水の流れが生じる。この地下水の移動速度若しくは流量よりも, 空洞壁面からの水の蒸発や, 強制的な地下水の汲み上げ量のほうが大きい場合は, 不飽和領域, すなわち岩盤中の間隙が水で満たされていない領域が発生する。

一般に地下深部では地下水は還元性を示すが, 不飽和領域が形成され, 酸素を含んだ空気が岩盤に侵入すると, 地下水の還元性が失われて, 岩盤中の物質移行特性が変化することが考えられる。また, 空洞を埋め戻し等により閉塞し, 周辺岩盤が再び地下水で飽和した後も, 岩盤に侵入した酸素の影響がある期間残存する可能性がある。このような過渡的な酸化的状態は, 放射性廃棄物の地層処分システムの安全性確保の観点から好ましくない状態である。けれども, 現在までのところニアフィールドにおける酸化還元状態の変遷の解析モデルでは, 不飽和領域は不明な点が多いという理由から考慮されていない¹⁾。したがって人工バリアの設置環境を検討する上で, 空洞掘削時の不飽和領域の広がりを定量的に把握することが必要と考えられる。

空洞周辺に発生する不飽和領域の範囲や含水量分布を定量的に把握するため, 原位置計測手法及び解析モデルの研究が, 深部地質環境の科学的研

究の一環として1993年から実施されている。櫟原ほか(1999)は²⁾, 原位置計測手法について岩石供試体を用いた室内試験, 及び東濃鉱山による原位置試験を実施し, 「岩石の含水量計測に比誘電率測定が有効であること」, 「岩石コアを用いたTDR (Time Domain Reflectometry)^{*}による室内試験により, 含水量と比誘電率の正確な対応関係(キャリブレーションカーブ)が得られること」, 「TDR, 孔間レーダにより原位置で計測した比誘電率測定値と, キャリブレーションカーブから含水量を求めることが可能であること」を確認し, 不飽和領域の原位置計測手法を実用化するために以下の課題を指摘している。

設置が容易で, 信頼性及び実用性の高い原位置計測装置の開発

キャリブレーションの不要化ないし簡略化の検討と, それに向けたデータの蓄積

ほかの計測手法との比較・検討

本報告では, 上記^{1), 2)}に応えるものとして, 1999年度以降に実施された原位置計測手法の実用化を目的とした研究のうち, 多くの岩種の正確なキャリブレーションカーブの取得と, 原位置計測装置であるパッカ式プローブの開発, 及び東濃鉱山における適用試験の結果を報告する。

2. キャリブレーション室内試験

原位置岩盤の比誘電率測定値から含水量を推定

* TDRによる比誘電率測定原理

TDRは, 信号発生部からケーブルに入射したパルス波が, プローブ端部で反射して再び戻ってくるまでの時間を測定することにより, プローブを挿入した媒体中の電磁波の伝播速度を求め, これにより媒体の比誘電率を求める方法である。TDRで反射波の時間変化は, ケーブル上の伝播距離における波形の変化として表示される。ここで, 比誘電率が既知である空気中と, 比誘電率がこれと異なる媒体中で測定されたTDR波形を比較すると, プローブ終端の反射点の位置が変化し, 空気中のプローブ長(L_{air})が見かけのプローブ長(L_{app})に変化する。電磁波の伝播速度と比誘電率の関係は式(1), 空気中におけるこの関係は式(2)で表される。

$$v = c/ \quad (1)$$

$$v_{air} = c/ \quad air = c \quad (2)$$

ここで,

c : 光速 ($= 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

v : ある媒体中の電磁波伝播速度

: ある媒体の比誘電率

v_{air} : 空気中の電磁波伝播速度

v_{air} : 空気の比誘電率 ($= 1$)

である。見かけ(波形上)のプローブ長(L_{app})と実際のプローブ長(L_{probe})との関係は次式で示される。

$$L_{app} = (L_{probe}/v) \times v_{air} \quad (3)$$

式(1)~(3)より, ある媒体の比誘電率は次式で求められる。

$$= (L_{app}/L_{probe})^2 \quad (4)$$

するためには、あらかじめ室内試験により含水量と比誘電率の正確なキャリブレーションカーブを取得しておく必要がある。TDRにより比誘電率を測定して含水量を推定する手法は、土壤については、Topp et al. (1980) により汎用性の高い比誘電率と体積含水率との関係式が示された³⁾。後に完全に実用化され、数種類の商用計測器が流通するに至っているが、岩石に適用した事例はいくつかの報告^{例えば⁴⁾⁵⁾⁶⁾があるに過ぎず、測定方法に改善の余地が残されていると共に、測定データの蓄積が望まれている。}

TDRによる岩石コアの比誘電率測定においては、図1に示すようにコアに2本の金属製の電極を設置するが、電極と設置孔の間に隙間がある場合、測定値に大きな影響が現れる。この隙間の影響を取り除くため、櫻原ほか (1999) は、図2に示すような、導電性シリコンを隙間に充てんしながら電極を設置する方法を考案し、瑞浪層群明世累層の砂岩と白河熔結凝灰岩の2岩種各1試料についてその有効性を確認した²⁾。

ここでは、測定データの蓄積とキャリブレーション手法の簡略化に資するために、前述の電極設置方法をほかの岩種に適用して計測した結果について述べる。

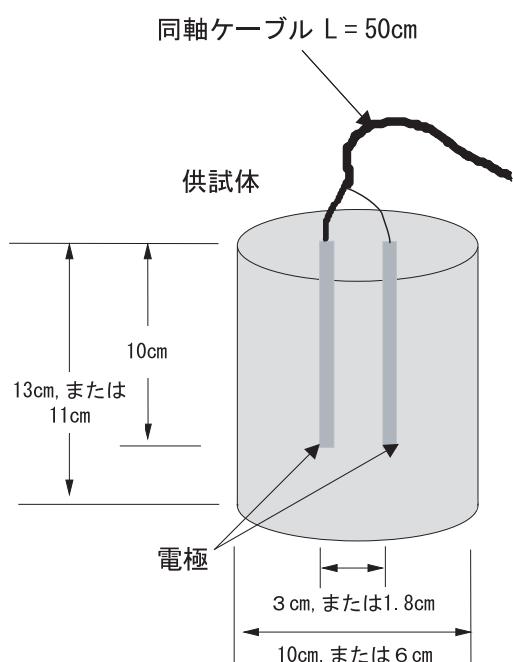


図1 キャリブレーション試験供試体

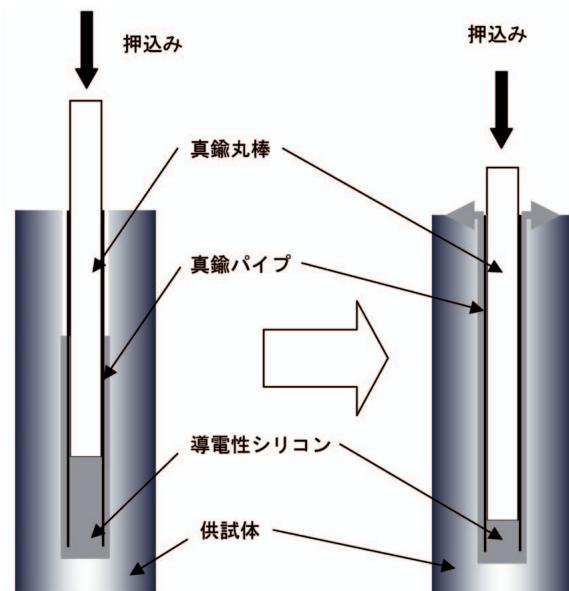


図2 電極の設置方法

2.1 試験方法

測定対象として、来待砂岩、白浜砂岩、田下凝灰岩、稲田花崗岩、荻野凝灰岩、及び後述する原位置試験の測定対象である瑞浪層群明世累層中の泥質凝灰岩（以下、泥質凝灰岩）を用いた。表1に供試体の岩種、大きさ、及び主要物性値を示す。泥質凝灰岩については採取深度を併せて示す。泥質凝灰岩を除く5岩種は岩石ブロックから採取し、電極には外管の直径10mm、長さ10cmの真鍮を用いた。また、泥質凝灰岩はサイクル機構の東濃鉱山に掘削された試錐孔01SI 10から試料を採取し、電極には外管の直径5mm、長さ9cmないし10cmの真鍮を用いた。

試験は、飽和した供試体に電極を設置し、供試体を乾燥させながら飽和度（水の体積／間隙の体積）を100%から0%まで変化させ、その過程で供試体の質量とTDRによる比誘電率を計測する方法で実施した。計測間隔は飽和度換算で約5%を目標とし、計測の前に供試体内の水分分布を均一にするため、供試体をビニール袋にいれて一晩放置した。

2.2 結果と考察

来待砂岩、白浜砂岩、田下凝灰岩、荻野凝灰岩の4岩種について、体積含水率（水の体積／岩石の体積）と比誘電率の関係を図3に示す。同図には、各岩種の3相混合モデルに基づく計算値

表1 供試体一覧表

岩種	供試体番号	採取孔及び深度	供試体概略寸法 [cm]	湿潤密度 [g/cm ³]	乾燥密度 [g/cm ³]	有効間隙率 [%]	吸水率 [%]
来待砂岩	KS-5	-	10×H13	2.25	2.03	22.2	10.9
白浜砂岩	SS-4	-	10×H13	2.44	2.29	14.8	6.45
稻田花崗岩	IG-3	-	10×H13	2.63	2.62	0.7	2.68
田下凝灰岩	TT-4	-	10×H13	2.06	1.72	33.7	19.6
荻野凝灰岩	OT-3	-	10×H13	1.96	1.69	26.8	15.9
瑞浪層群 明世累層 泥質凝灰岩	M1001	01SI 10孔 1.43~1.54m	6×H11	1.68	1.09	58.5	53.5
	M1002	01SI 10孔 2.84~2.97m	6×H13	1.68	1.10	58.2	52.8
	M1003	01SI 10孔 8.21~8.34m	6×H13	1.71	1.17	55.2	47.5

を併せて示した。3相混合モデルとは、土壌や岩石が空気、水、固体の3相からなる混合物であり、各相の比誘電率がその体積割合に応じて、全体の比誘電率に寄与すると考えるので、見かけの比誘電率 ω_a は(1)式で表される。

$$\omega_a = (n - v_{air})_{air} + v_{water} + (1 - n)_{solid} \quad (1)$$

ここに、 v_{air} 、 v_{water} 、 n_{solid} はそれぞれ空気($=1$)、水($=81$)、岩石($=4 \sim 7$)の比誘電率、 n は有効空隙率である。 v は形状係数で、Roth et al. (1990)によれば、経験的に $v=0.5$ とすると実験値とよく一致する⁷⁾。各岩種の計算値は、有効空隙率に測定値を用い、 n_{solid} をパラメータとして、飽和と体積含水率0付近の計測値と適合するように求めた。

図3に示した4岩種では、 v と n はほぼ直線的

な関係を示した。また、電極と設置孔との間に隙間が存在する場合には、飽和付近での比誘電率の急激な変化が起こると考えられるが²⁾。同図からはいずれの岩種についてもこのような変化は確認されなかった。このことから、前掲図2のような電極設置方法により、この4岩種についても隙間の影響を取り除くことができたと考えられる。

また(1)式による計算値は田下凝灰岩については全体的に実測値よりも小さい値であったが、そのほかの3岩種では実測値の変化とよく適合していた。このことから、多数の測定を行わなくとも、飽和と $v=0$ 付近の実測データを用いて、3相混合モデルによりある程度の精度でキャリブレーションカーブを推定できると考えられる。

稻田花崗岩について、体積含水率と比誘電率の

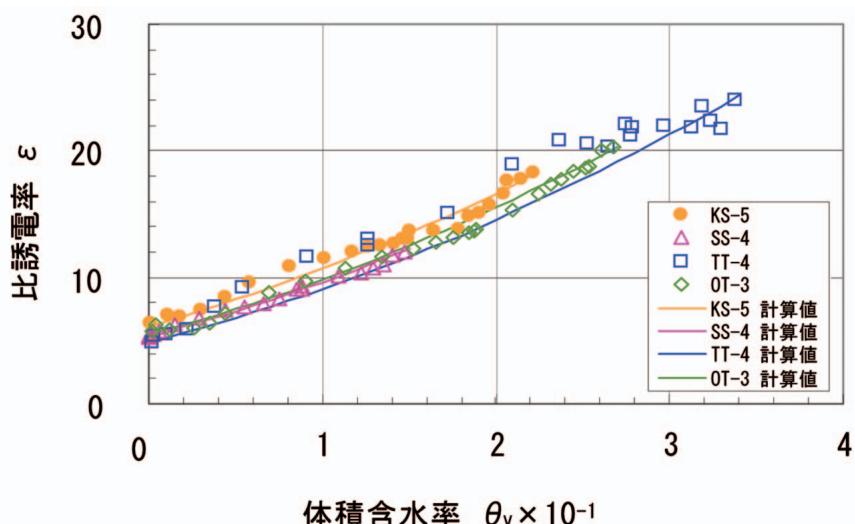


図3 各岩種の体積含水率と比誘電率
(KS: 来待砂岩, SS: 白浜砂岩, TT: 田下凝灰岩, OT: 荻野凝灰岩)

関係を図4に示す。比誘電率は体積含水率とほぼ直線的な関係にあったが、その変化幅は小さかった。また、乾燥側では測定値のばらつきが大きくなつたが、この原因は不明である。したがつて、稻田花崗岩のような有効間隙率の小さい岩については、測定値のばらつきを抑える工夫をするとともに、測定データの蓄積を図り、統計的に信頼性の高いキャリブレーション曲線を求める必要がある。また、このような測定手法が適用できる有効間隙率の範囲についても検討する必要がある。

泥質凝灰岩について、体積含水率と比誘電率の関係を図5に示す。同図には、3相混合モデルにより、 $v = 0$ 付近の計測値に適合するように求めた計算値を併せて示す。比誘電率は飽和付近で比較的大きな変化を示した。また、 v が0.35以上の範囲では、供試体M1001が、M1002及びM1003よりも計測値の差が大きかった。

計測終了後に供試体を破壊し、電極への導電性シリコンの付着状況を調べたところ、写真1のように付着していない部分が認められたことから、飽和付近での比誘電率の大きな変化は、電極と設

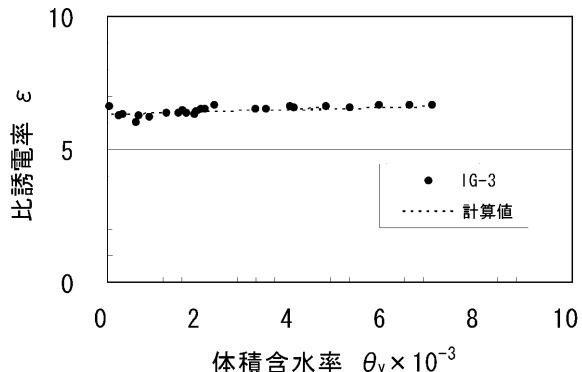


図4 稲田花崗岩の体積含水率と比誘電率

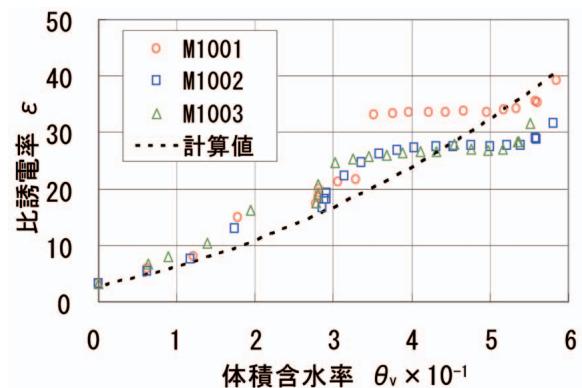


図5 泥質凝灰岩の体積含水率と比誘電率



写真1 乾燥後の供試体M1002から採取した電極（黒い物質は導電性シリコン。付着していない箇所がある）

置孔の隙間に起因する可能性が高いと考えられる。また、 v が0.35以上の範囲で見られた供試体間の測定値の差は、飽和に近い状態でのTDR波形の反射が不明瞭で読み取りが困難であったことや、波形上の特定の位置に生じた定位置反射が読み取りの障害となったことに起因すると考えられる。 v が35~55%の範囲では、いずれの供試体においても比誘電率がほとんど変化せず、 v が30%の付近で大きな変化が認められた。この現象は、供試体内的水分の不均一性、電極と設置孔の隙間の存在、あるいは波形上の定位置反射の存在に起因する可能性が考えられるが、はっきりとした原因は不明である。

以上のように、この岩石については、飽和付近と湿潤側の測定値に問題が生じたが、波形の立ち上がりが不鮮明な点は、電極表面へのコーティングにより改善できることが示されている⁸⁾。また、定位置反射は同軸ケーブル長を変更すること、電極と設置孔の隙間は充てん剤を粘性の低いものに変更すること、水分の不均一性については、乾燥に十分な時間をかけることにより、それぞれ解決できる可能性がある。

3. パッカ式プローブの開発

計測装置の設置を容易にする方法として、坑道から掘削した試錐孔を利用し、その所定の深度への設置が容易な構造としてパッカ式を採用することとした。パッカ式とは、緩衝材の表面に取り付けた電極を、その内側にあるパッカを膨張させることにより試錐孔の孔壁に圧着させる方式

であり、図6のように計測するものである。

パッカーワイドによる計測と前述したキャリブレーション試験の相違点は「計測対象である岩盤と計測対象でない緩衝材の比誘電率を同時に計測し、計測対象のみの比誘電率を得ること」である。このため計測範囲を調べて、装置を構成する部品が計測の妨げにならないような構造とすること、また、計測値から岩盤の比誘電率を求める方法を導くことが必要である。

3.1 実験方法

パッカーワイドプローブによる計測範囲を調べるために、次の2つの実験を行った。これらの実験では、電極の周辺に比誘電率が既知である材料を用いており、計測値が受けた周囲の材料からの影響の程度を解釈が可能である。

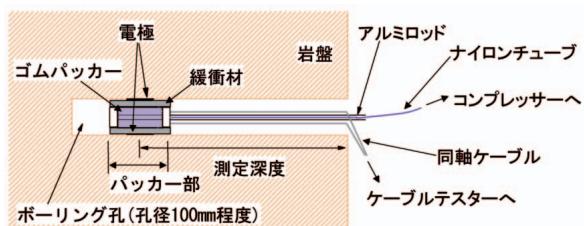


図6 パッカーワイドプローブ概念図

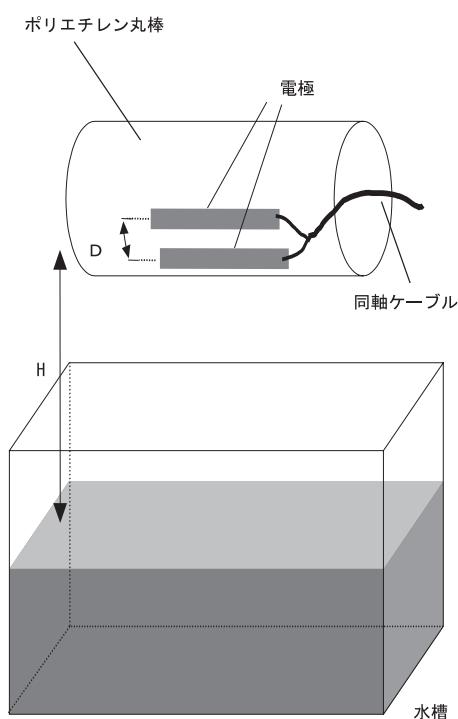


図7 実験(1)装置の概要

<実験> パッカーワイド外側の計測範囲の検討

電極の中心線の間隔がDとなるようにポリエチレン製丸棒の軸方向（長さ方向）に平行に電極を設置した実験装置（図7）を用い、電極を水槽の水面からの高さHに設置したときの比誘電率を、H, Dを変えながら計測した。電極の長さは30cm、幅は6mmとした。

<実験> パッカーワイド内側の計測範囲の検討

肉厚tのポリエチレン製円筒容器に、容器の長さ方向に間隔Dで電極を設置した実験装置（図8）を用い、異なるD, tについて容器が中空のときと水を入れたときの比誘電率を計測した。電極の長さは30cm、幅は6mmとした。

実験で、電極の周辺にある物質の比誘電率は、空気が1、ポリエチレンが2.3であるのに対し、水は81と大きいため、計測範囲での水の有無により、比誘電率は大きく変化すると考えられる。すなわち、Hまたはtを変化させたときの比誘電率の変化から、計測範囲を知ることが可能となる。

3.2 実験結果

実験の試験結果を図9に示す。電極間隔によらず、電極から水面までの距離Hが電極間隔Dより大きいとき、比誘電率の値はほぼ一定となり、その平均は1.67となった。

実験の試験結果を図10に示す。容器の肉厚tが大きくなるにつれて、容器が中空の場合と、中に水を入れた場合の比誘電率の差が小さくなつて一定値に近づき、容器の肉厚tが電極間隔Dより大きくなると、比誘電率の値はほぼ一定となり、その平均は1.63となった。

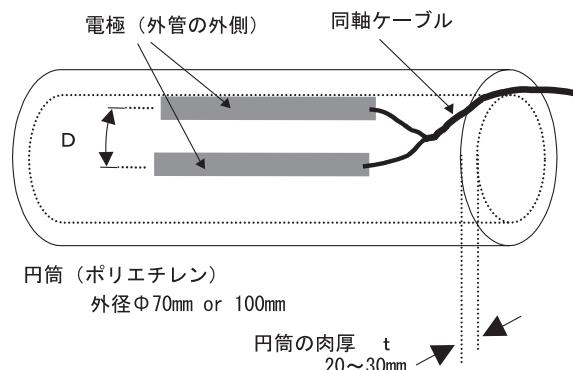


図8 実験(2)装置の概要

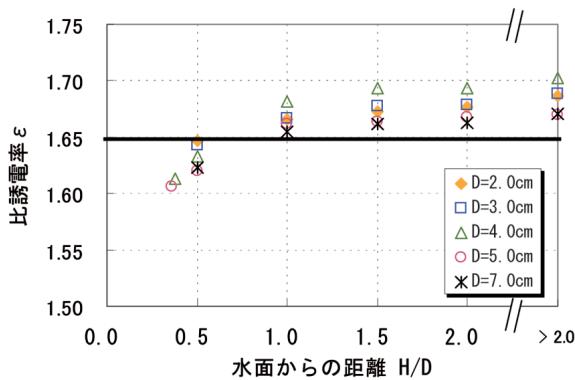


図9 計測結果（実験）

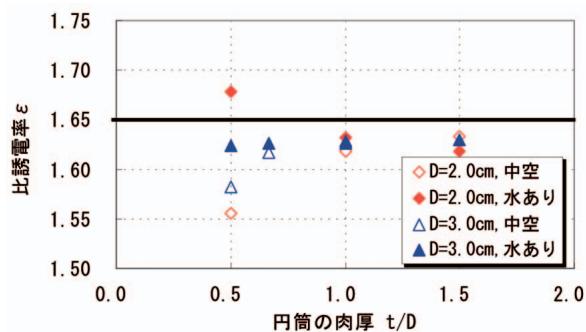


図10 計測結果（実験）

3.3 実験結果の考察

実験の結果から計測範囲、計測値についてそれぞれ考察する。

（1）計測範囲

電極と水面との距離であるHあるいはtがDと同程度かそれ以上となると、比誘電率の計測値はほぼ一定となる。このことから、電極から周面外側・内側の影響範囲はDと同程度と考えられる（図11）。

安原ほか（1990）はTDR法による土壤水分計測

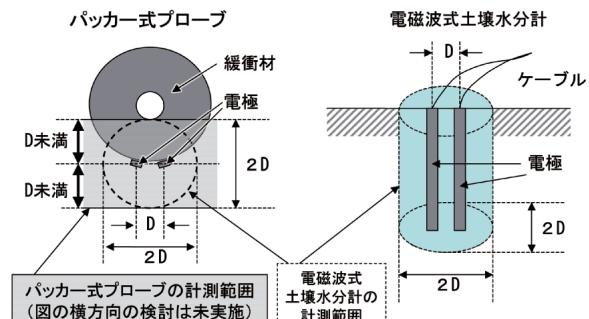


図11 パッカ式プローブと電磁波式土壤水分計の計測範囲

装置を電磁波式として紹介し、その計測範囲をDの2倍の直径を持ち、高さを電極の長さLとする円柱の大きさ（図11）であると報告している⁹⁾。これは、今回得られたパッカ式による計測範囲と調和的である。

（2）計測値

実験で計測された比誘電率は、電極と水との距離であるHあるいはtが電極間隔と同程度かそれ以上であるとき、空気とポリエチレンの比誘電率の平均1.65（図9、図10の太線）にほぼ等しく、その違いはおよそ1.4%である。このことから計測される比誘電率は、周面内部の物質と周面外部の物質との平均にほぼ等しいと考えられる。したがって、パッカ式プローブで計測される見かけの比誘電率は、次式で表される。

$$\epsilon_{app} = (\epsilon_{target} + \epsilon_{cushion} + \epsilon_{probe}) / 3 \quad (2)$$

ここで

ϵ_{app} ：見かけの比誘電率

ϵ_{target} ：計測対象の比誘電率

$\epsilon_{cushion}$ ：緩衝材の比誘電率

である。緩衝材の比誘電率 $\epsilon_{cushion}$ 、実際の電極長 L_{probe} は既知であるため、TDRによる見かけの電極長 L_{app} が計測されれば、計測対象の比誘電率を次式により求められる。

$$\epsilon_{target} = 2 \times (L_{app} / L_{probe})^3 - \epsilon_{cushion} \quad (3)$$

3.4 パッカ式プローブの設計

実験により明らかとなった計測範囲と、計測値から測定対象の比誘電率を得る方法を踏まえて、原位置計測装置であるパッカ式プローブを設計

表2 パッカ式プローブの仕様

項目	仕 様		
本 体	寸 法 材 質 付 属 品	60mm × L 1,000mm (ロッド接続部含む) アルミニウム製 測定用同軸ケーブル × 2, 加圧用チューブ × 1	
パッカ 膨 張 部	寸 法 材 質 加 圧 方 式 最 大 許 容 圧	60mm × L 600mm × t 1 mm ゴム製 圧縮空気または窒素ガス 100kPa以上	
外部緩衝材	寸 法 材 質	92mm × L 700mm × t 25mm 発泡ポリエチレン製	
電 極	寸 数 間 材 質	W 6 mm × L 300mm × t 3 mm 2本(1対) 2.4cm(プローブと孔軸の成す角30°) 真鍮製	

した。

試験に用いる孔は、キャリブレーション試験に必要な試料を同時に採取することが必要であるため、HQ（孔径98mm）とした。

パッカーパロープの仕様を表2に、構造を図12に、概観を写真2に示す。設計に当たり、各仕様について以下の検討を行った。

（1）電極間隔

電極間隔は計測範囲と密接に関連し、電極間隔を大きくすると、計測範囲も大きくなる。計測箇所の岩盤の不均質性の影響を小さくするために、電極間隔をある程度大きくする必要があるが、緩衝材の内側にも計測範囲が及ぶためパッカーパロープの構造上の制約を受ける。この制約から電極間隔は24cmとした。

（2）電極の幅・長さ・本数

実験で支障がなかったことから、電極の幅、長さ、本数はこれまでの実験で用いてきたものと同じく、それぞれ6mm、30cm、2本とした。

なお、これまでの研究により電極の幅、長さ、本

数が波形や計測値に与える影響について、電極の幅は狭いほうが比較的有利であること、長さは50mm以上あれば長さの影響は認められないこと、本数の違い（2本・3本）による計測値の違いは認められないことが報告されている¹⁰⁾。

（3）緩衝材の材質・厚さ

本装置で用いる緩衝材は、「適度に弾性があり、電磁波が減衰しにくく、吸水性が小さい」といった特性を持つことが望まれる。また、緩衝材の比誘電率は計測対象の比誘電率との平均値として取得されるため、計測値への影響を少なくするためになるべく小さい値であることが望ましい。これらの条件をたす材料として、発泡ポリエチレンを採用し、その物性を表3に示した。

緩衝材の厚さは電極間隔より大きいことが望ましいため25mmとした。

4. 原位置試験

パッカーパロープを用いた原位置試験をサイクル機構の東濃鉱山第2立坑第2計測坑道で実施した。試錐孔は、泥質凝灰岩（有効間隙率0.55～0.59）に掘削された水平孔（01SI 10）を用い、試錐孔内で岩盤の深度方向の比誘電率分布を計測した。

試験に使用した01SI 10孔の孔径は98mm、掘進



写真2 パッカーパロープの外観

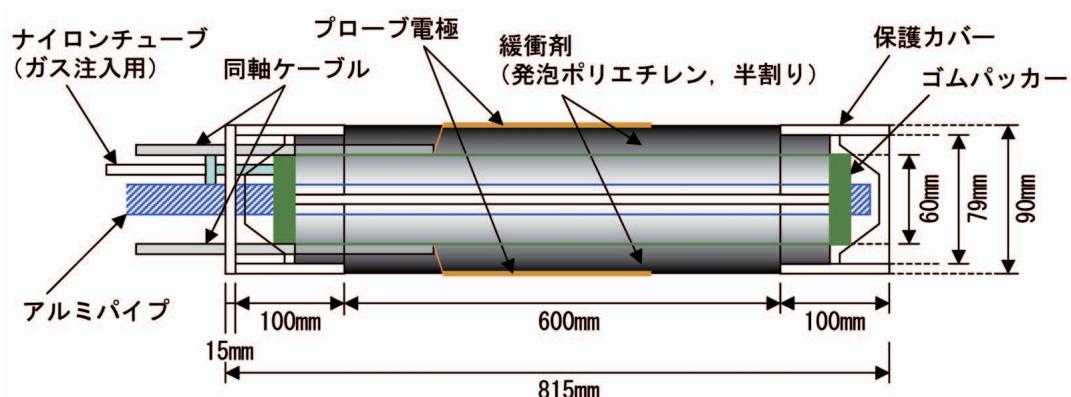


図12 パッカーパロープの構造

表3 緩衝材（発泡ポリエチレン）の物性値

見かけ密度：0.072 g/cm ³	反発弾性：30%以上
引張強度*：880kPa	圧縮永久歪：2.5%以下
引裂強度*：390kPa	圧縮硬度*：110kPa
伸張率：90%以上	吸水率：1.0%以下

*) 公表値は従来単位系であるが、ここではSIに換算して表示した。なお、kPa = kN/m²とした。

長は20mであり、孔壁の崩壊がなかった1~9mを計測区間とした。計測時に湧水は認められなかったが、試錐孔の下部（水平孔の底部）には水とスライムが少量溜まっていた。

4.1 計測方法

計測は以下の手順により実施した。

試錐孔への挿入前に空気中にパッカーハンドルを立てた状態で比誘電率を計測し、プローブ定数（波形を読み取るために必要な値）を求める。プローブを試錐孔の計測深度まで挿入し、パッカーハンドルをゆっくり加圧するとまもなくケーブルテスターに表示される波形が変化し、更に加圧を続けるとやがて変化は収まる。このことから、波形の変化は電極が孔壁に接触したときに始まり、波形の変化の収束は電極が密着した状態と解釈できる（図13）。

波形の変化が収束した後の波形を取得する。パッカーハンドルの圧力を開放して、次の深度に移動する。計測は孔口に近い部分から孔底に向かって押し入れながら行い、引き戻す際にも実施した。プローブを取り出し、装置の外観を点検する。

今回計測対象となった泥質凝灰岩は、キャリプレーションの結果から、立ち上がりが明瞭なTDR波形を得られない可能性が考えられた。この対策として電極表面にコーティングを施し、深度方向の比誘電率分布を計測した。

4.2 試験結果と考察

計測結果を図14に示す。比誘電率として24~43の値が測定され、同一深度におけるプローブを試

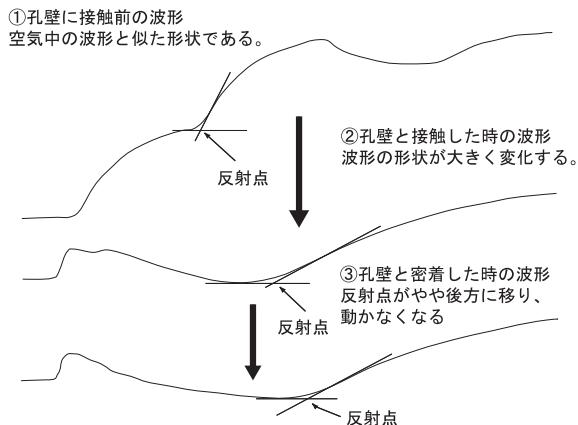


図13 電極と孔壁が密着する過程における波形変化の概念図

錐孔に押し入れる過程と引き戻す過程の計測値はほぼ同等であった。また、計測後にプローブの損傷は認められなかった。

なお、図5に示したキャリプレーション試験の結果において、飽和付近の比誘電率の測定値に不確実性があったことから、キャリプレーションカーブの信頼性が低いと考えられるため、計測された比誘電率からの体積含水率の推定は行っていない。

図14に示した計測結果より、深度4mより浅い区間では、深度の増加と共に比誘電率が増加する傾向が、深度5~8m間ではほぼ一定となる傾向が認められる。この傾向は異なる2つのプローブで同様に認められたことから、岩盤の含水状態、有効間隙率などの物性の変化、電極の設置状況に影響を与える孔壁の状態を、比誘電率の変化として計測したものと考えられる。

5.まとめ

5.1 キャリプレーション試験

キャリプレーション試験では、電極の設置方法を改良することにより、来待砂岩、白浜砂岩、田

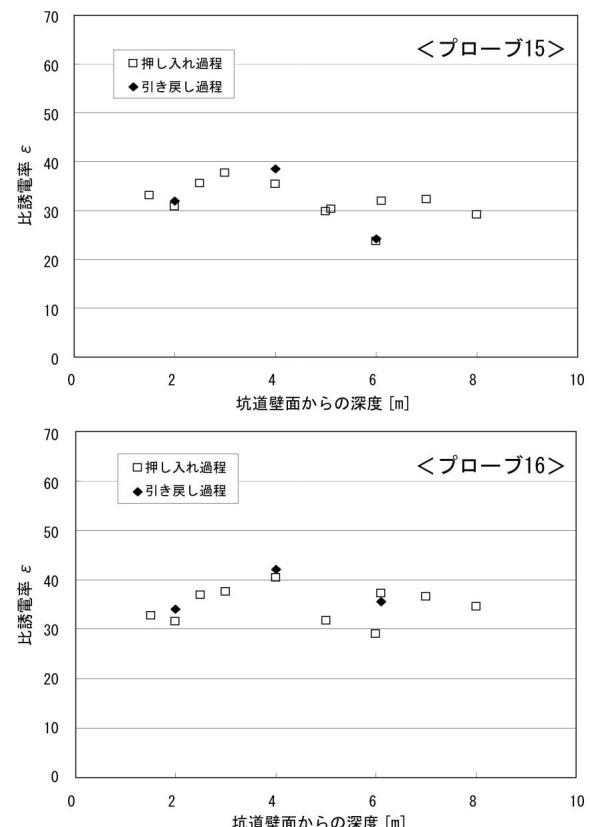


図14 比誘電率計測値の深度分布

下凝灰岩、荻野凝灰岩の4岩種において電極と岩石との隙間の影響を取り除くことができた。また、三相混合モデルを用いて、少数の計測データからキャリブレーションカーブをほぼ再現でき、キャリブレーション試験の簡略化ができる可能性が示された。一方、稻田花崗岩のように有効間隙率が極めて小さい岩石については、比誘電率の変化が小さいために適用が難しいことが確認された。原位置試験の対象とした泥質凝灰岩の試験結果には、比誘電率の変化が体積含水率の変化に比べて大きくなる現象や一定となる現象が認められ、問題が残った。

今後は、キャリブレーション試験における電極の設置方法や含水量調整方法の改良、試験の簡略化に取り組むと共に、更なる計測データの蓄積により、本手法が適用できる岩種や、有効間隙率の範囲についても検討していく必要がある。

5.2 パッカーモードプローブ

原位置への設置が容易な構造としてパッカーモードプローブを開発し、実用に耐える強度を持ち、計測値には再現性が認められた。

今後は、坑道周辺の含水量の変化を連続的かつ効率的に把握する観点から将来要求されるであろう、岩盤の含水量のモニタリングや、多区間同時計測といった機能を付加することが必要である。また、その際にはほかの手法による比較・検討を行うことが望ましいと考えられる。

6. おわりに

本研究では、キャリブレーション試験については、電極を設置する方法を改良した効果が確認され、キャリブレーション手法の簡略化の可能性を示すことができた。また、原位置計測については、TDR法を用いた原位置計測装置（パッカーモードプローブ）を開発し、繰返し計測に耐えうる実用性と再現性のある計測結果を得ることができた。

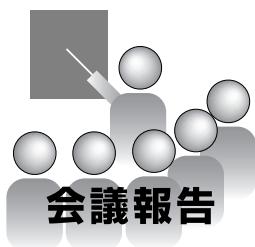
今後は、当面の課題に取り組みつつ、将来予想される計測現場を念頭におき、より現実的な試験・研究を実施していくことが必要と考えられる。

謝 辞

本研究に当たり、岡山大学環境理工学部の西垣教授、埼玉大学地圈科学研究所センター渡辺教授には、研究の初期段階から貴重なご助言をいただいたことを付記し、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) “ニアフィールドにおける酸化還元状態変遷の解析のためのモデル開発”, 核燃料サイクル機構技術資料, JNC TN8400 99-019 (1999)
- 2) 横原 昇, 今井 久, 他: “不飽和領域の解析方法及び原位置計測手法の研究”, サイクル機構技報, No.4, p.111-119, (1999)
- 3) Topp, G. C., Davis, J. L. et al. : “Electromagnetic determination of soil water content : measurement in coaxial transmission lines”, Water Resour. Res., 16, 574-582 (1980)
- 4) Hokett, S. L. et al.: “Potential use of time domain reflectometry for measuring water content in rock”, J. Hydrology, 138, p.89-96 (1992)
- 5) Sakaki, T., K. Sugihara et al.: “Application of time domain reflectometry to determination of volumetric water content in rock”, Water Resour. Res., 34, p.2623-2631 (1998)
- 6) Marschall, P., E. Fein, et al.: “Conclusions of the tunnel near-field programme (CTN)”, NAGRA Technical Report, 99-07 (1999)
- 7) Roth, K., R. Schulin, et al.: “Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using a composite dielectric approach”, Water Resour. Res., 34, p.2267-2273 (1990)
- 8) “不飽和領域の原位置計測手法の研究”, 核燃料サイクル機構技術資料, JNC TJ7400 2000-004 (2000)
- 9) 安原正也, 安池慎治, 他: “電磁波式土壤水分計 - 中性子水分計に代わる新しい水分計 - ”, 地質ニュース430号, p.17-27 (1990)
- 10) “不飽和領域の原位置計測手法および解析モデルの研究”, 核燃料サイクル機構技術資料, PNC TJ1449 96-006 (1996)



第4回JNC原子力平和利用 国際フォーラム

- 2003年2月13, 14日開催 -

井上 尚子

本社 国際・核物質管理部

1. はじめに

サイクル機構は、2003年2月13日(木)～14日(金)、日本科学未来館(MeSci)・みらいCANホール(東京都江東区)において、「第4回JNC原子力平和利用国際フォーラム」を開催した。

本フォーラムのテーマは「原子力の平和利用技術による核不拡散への国際貢献」次世代の原子力システムの研究開発と国際協力」の二つとし、保障措置技術開発や解体核支援協力などIAEA国際保障措置や核不拡散に貢献しているサイクル機構の原子力平和利用技術や、米国、仏国そして日本の次世代核燃料サイクル開発の現状や開発方針について議論を行った。

まず、全セッションに先立ち、原子力委員会委員長の藤家洋一氏に招待講演、在日米国大使館公使で前米国大統領特別補佐官のトーケル・パターソン氏に特別講演をいただいた。また、サイクル機構の中神靖雄副理事長が「もんじゅ」行政訴訟高裁判決について報告を行った。その後、二つの各々のテーマに基づいてセッション及びを行い、それぞれ、パネリストによる講演とパネル討論を行うという形式をとった。表1に本フォーラムのプログラムを示す。

以下、フォーラムの概要について報告する。

2. 招待講演

「次世代原子力システム及び核不拡散における新法人の役割」藤家 洋一(原子力委員会委員長)

はじめに、小資源国日本が原子力開発利用を選択し、原子力基本法を制定したときの精神は現在も変わっていないが、内外の状況変化と調和させながら、精神を着実に具現化することが重要であると述べられた。そのためには核燃料サイクルの輪を閉じることが最優先課題であり、これをブルサーマルの実施により軽水炉サイクルを確立、更

に高速炉サイクルへの移行という2ステップで実施していくというのが我が国の開発方針である。この中でサイクル機構と日本原子力研究所は統合し、独立行政法人を形成することとなった。新法人に対する期待は大きく、原子力先進国として、次世代原子力システムの研究開発を国際協力の中で進め、平和利用という観点から核軍縮の分野での国際貢献を進めることが重要である、と強調された。

3. 特別講演

「核不拡散及び原子力の平和利用に関する日米協力」トーケル・パターソン(米国大使館公使・大使上級顧問、前米国大統領特別補佐官)

パターソン氏は冒頭、藤家委員長が講演の中で「もんじゅ」を継続すると述べたことを受け、これを大いに歓迎する旨を日本語で述べられた。その後、NPTは世界でもっとも広く受け入れられている核軍縮管理と核不拡散体制であり、日本はIAEAを通して国際的な核不拡散を支持するキープレイヤーであると述べられた。日米間の協力については、核不拡散や保障措置のほか、さまざまな分野でサイクル機構と協力関係があり、このため、原研との統合には多大な関心を持っている。統合後の新法人が高度な科学技術の中核となり、原子力エネルギー・核不拡散、科学技術での研究協力が新法人とも実施できると期待し、その成果は日米両国の安全保障と経済発展に非常に重要であり、国際社会に恩恵をもたらすとの見解を述べられた。

4. 「『もんじゅ』行政訴訟判決について」中神 靖雄(サイクル機構副理事長)

中神副理事長は「もんじゅ」の安全性に関する行政訴訟は一審では適法と判断されたが、名古屋

表1 プログラム

2003年2月13日(木) 10:00~17:00	
招待講演 (10:00~11:00)	「次世代原子力システム及び核不拡散における新法人の役割」 藤家洋一(原子力委員長)
特別講演 (11:00~11:20)	「核不拡散及び原子力の平和利用に関する日米協力」 トーケル・パーターソン(米国大使館公使,大使上級顧問、前米国大統領特別補佐官)
報告 (11:20~11:40)	「『もんじゅ』行政訴訟判決について」 中神靖雄(サイクル機構副理事長)
セッション (13:30~17:00)	<p>「原子力の平和利用技術による核不拡散への国際貢献」</p> <p>1) 講演</p> <p>「国際保障措置の現状と将来」 ピエール・ゴールドシュミット(IAEA保障措置担当事務局次長)</p> <p>「IAEAと国際保障措置に対する米国の役割」 ロナルド・C・チャーチ(US DOE/NNSA国際保障措置部長)</p> <p>「余剰核兵器解体プルトニウム処分に関するサイクル機構の活動」 大和愛司(サイクル機構理事)</p> <p>2) パネル討論</p> <p>座長:金子熊夫(外交評論家) パネリスト:講演者3名の他に、栗原弘善((財)核物質管理センター専務理事)</p>
2003年2月14日(金) 9:30~12:30	
セッション (9:30~12:30)	<p>「次世代の原子力システムの研究開発と国際協力」</p> <p>1) 講演</p> <p>「Gen - IVの成果と今後の展望」 ゲール・マーカス(US DOE科学技術局首席次長)</p> <p>「フランスにおける次世代炉システムの研究開発」 ジャック・ブシャール(仏国CEA原子力開発局長)</p> <p>「FBR実用化戦略調査研究の成果と今後の計画」 相澤清人(サイクル機構理事)</p> <p>2) パネル討論</p> <p>座長:秋山守((財)エネルギー総合工学研究所理事長) パネリスト:講演者3名の他に早田邦久(日本原子力研究所理事)</p>

高裁で設置許可は無効と採決されたこと、国が1月31日に最高裁に上告受理申立てを行ったこと、またその経緯について報告した。サイクル機構は「もんじゅ」の設置者として国をサポートしていくとともに、安全性の理解を得る努力をし、地元の了解を得た「もんじゅ」の運転再開に向け努力をしていくと強調した。写真1に会場の様子を示す。

5. セッション

フォーラムのテーマの一つである「原子力の平和利用技術による核不拡散への国際貢献」について、3つの講演の後、(財)核物質管理センター専務理事の栗原弘善氏が加わり、外交評論家の金子熊夫氏を座長に迎えて、パネル討論を行った。講演は、ピエール・ゴールドシュミットIAEA保障措置担当事務局次長が「国際保障措置の現状と将来」、ロナルド・チャーチUS DOE/NNSA国際保障措置部長が「IAEAの国際保障措置に対する米国の役割」、大和愛司理事が「余剰核兵器解体プルトニウムの処理処分に関するサイクル機構の活動」

と題して行われた。

ゴールドシュミット氏がIAEA保障措置の現状について紹介された。追加議定書を含む「強化された保障措置」によって保障措置コストが増すが、統合保障措置の適用によってコスト削減が期待されていること、予算拠出・追加議定書の締結促進



写真1 会場の様子

のための日本のIAEA支援に対する感謝と今後の継続に対して期待していることが表明された。チエリー氏は、イラクの査察に対する機器の供与、IAEA保障措置活動に対する啓蒙活動などのIAEA国際保障措置に対する米国の貢献、米国の追加議定書の発効の見通しについて紹介された。大和理事は、サイクル機構の余剰核兵器解体プルトニウムの処理処分におけるロシアとの協力について紹介した。

続くパネル討論では、まず栗原氏が「国際核不拡散制度」について概説するとともに問題提起を行い、続いて討論に入り、下記の議論がなされた。

1960年代に「やがて核保有国が20カ国になる」と予想されたのに3国(5核保有国除く)ですんだのは国際保障措置の成功といえる。追加議定書の署名国67で、批准、発効国が28と遅れているのは、議定書自体に期限がないこと、EU15カ国など一括加入を目指していること、米国のように国内の法律改正が壁になっていることなどが理由である。米国より「追加議定書を日本が受け入れ、積極的に協力したことに対し高く評価したい」との発言があった。

日本が解体プルトニウム処分協力をするに当たって、NPT上非核保有国としての制約下で、今後サイクル機構はどのように協力を進めてゆくかとの質問に対して、サイクル機構はこれまで機微情報にはタッチしないよう留意してきた、解体プルトニウム処分に係る保障措置については、2国間あるいは多国間の政府協定で決めてもらうことが協力の前提となるとの説明があった。

6. セッション

フォーラムのもう一つのテーマである「次世代の原子力システムの研究開発と国際協力」について、3講演の後、原研理事の早田邦久氏が加わり、(財)エネルギー総合工学研究所理事長の秋山守氏を座長に迎えてパネル討論を行った。講演は、ゲール・マーカス US DOE原子力科学技術局首席次長が「Gen IVの成果と今後の展望」、ジャック・ブシャール仏国原子力庁原子力開発局長が「フランスにおける次世代炉システムの研究開発」、相澤清人理事が「FBR実用化戦略調査研究の成果と今後の計画」と題してそれぞれ行われた。

マーカス氏からは米国の次世代核燃料サイクルについてGenIVを始め、先進燃料サイクル

(AFCI)、核エネルギー研究(NERI)、それらの国際協力(I-NERI)、原子力による水素製造の検討、国際協力体制(GIF)の紹介をされた。

ブシャール氏はフランスの核燃料サイクルはMOX路線であり、フランスとして原子力が持続可能なためには廃棄物処理が重要であること、GenIVでは国際協力の道を開いて着実に推進することが必要と述べられた。

相澤理事はサイクル機構の実用化戦略調査研究(FS)について紹介し、各コンセプトについて国際協力のもとで研究を行っていることを説明した。

パネル討論では、まず、早田氏が統合後の新法人の研究開発について、炉物理や材料に関する技術を維持しつつ次世代核燃料サイクルの研究開発を実施する、革新的原子炉システムは若手研究者の参加、政府の資金、国際協力が不可欠である、とのショートスピーチを行われた。写真2にパネル討論の様子を示す。

続いて討論に入り以下の議論がなされた。

「次世代原子力システムの研究開発の進め方は具体的には100以上のアイディアから20ぐらいに絞込み、発電だけでなく用途拡大も重要視しながら更に2~3に絞り込んでいく。その先は国の事情や技術差、政治的制約、国際協力における国際の制約などがあり、実用化は困難である。産業界の制約についてはまだ見えていない。次世代炉システムの研究開発と産業界のあり方については各国によって状況は異なるけれども、産業界が何らかの形で関わることが必要である。PAも必要不可欠であり、市民に受け入れられる安全、透明性、理



写真2 パネル討論

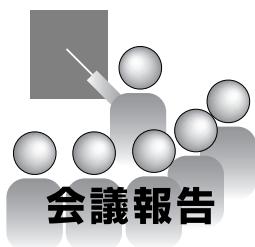
念を持って研究開発を実施し、安全に関しては実績を、そして、魅力ある研究開発であることを示すことが重要である。

また、次世代原子力システムの分野における日本の研究開発、及び統合後の新法人に対してはいずれの国も大きな期待を持っている。もんじゅは長期にわたって必要であり、国際協力においても不可欠、早期再開が望まれている。」

7. おわりに

今回のフォーラムは前回までと会場を替え、2日間でのべ320人の参加があった。

全体を通じて、原子力平和利用の技術開発による核不拡散への貢献と、将来の技術開発における「FBR実用化戦略」やもんじゅの重要性、及び各分野での国際協力の重要性が再認識され、時宜を得たフォーラムとなった。得られた成果は、今後のサイクル機構の業務に反映すると共に統合準備作業の参考としたい。



2002年度地層処分技術に関する研究開発報告会 - 処分技術の信頼性を支える基盤の強化に向けて - - 2003年2月28日開催 -

前川 恵輔

本社 経営企画本部パックエンド推進部

1. はじめに

原子力利用を進めていく上で避けて通うことのできない課題である高レベル放射性廃棄物の処分については、我が国では、サイクル機構が中心となって行ってきた研究開発の成果を集大成した報告書「第2次取りまとめ」¹⁾を技術的拠り所として、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」²⁾が制定され、処分の実施主体である「原子力発電環境整備機構」が設立されたことで、研究開発の段階から実施の段階へと移行してきているところである。2002年9月には原子力安全委員会から「高レベル放射性廃棄物の最終処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件」³⁾が示され、同年12月には処分実施主体により、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の公募が開催されたところである⁴⁾。

地層処分事業は、処分の実施主体による最終処分施設建設地を選定するための調査から、処分場の建設・操業・閉鎖に至るまで、長期間にわたることから、事業の推進に当たっては幅広い社会の理解を得ていくことが前提となる。今後、処分事業と安全規制の円滑な進展を支えていくために

は、地層処分技術の信頼性の確認や安全評価手法の確立のための技術的基盤を整備していくための研究開発を着実に進めていくことが重要となっている。

地層処分技術に関する研究開発を進める上で重要な役割を担っている深地層の研究施設計画については、東濃地科学センターにおいて進めている結晶質岩を対象とした超深地層研究所計画（岐阜県瑞浪市）に関しては、2002年7月に研究所の建設に着工するとともに、幌延深地層研究センターにおいて進めている幌延深地層研究計画（北海道幌延町）においては、研究所設置地区を選定するなど、両計画の推進において大きな進展をみることができた。

今回の報告会は、以上のような背景を踏まえ、最近の主要な研究開発の進捗状況について報告することを目的として開催した。

写真1に会場風景を、写真2にロビー風景を示す。

本稿では、報告会の概要及び参加者から寄せられたおもな意見・質問、アンケートの結果をまとめた。

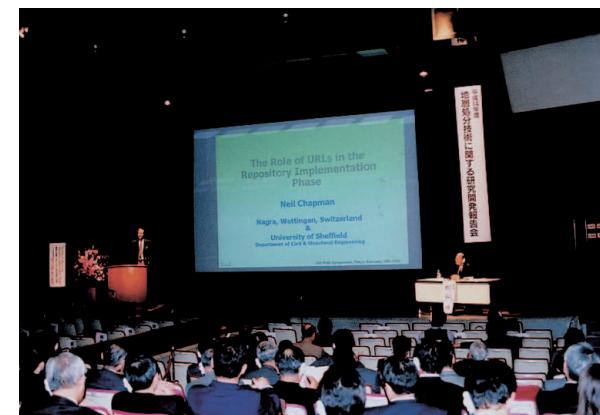


写真1 会場風景



写真2 ロビー風景

2. 開催結果の概要

報告会は、2003年2月28日(金)13:00~17:20、ヤクルトホール(東京都港区)にて開催した。参加者は349名(報道4社(4名)含む)であった(参加者の属性については3.項参照)。

開催の周知及び参加者の募集は、サイクル機構週報、サイクル機構及び日本原子力学会ホームページ、関係機関へのダイレクトメール送付(1,059件)により行った。

以下、プログラム(表1)に沿って、各報告の概要をまとめることとする。

(1) 地層処分技術に関する研究開発の全体概要報告(福島 操・バックエンド推進部長)

サイクル機構における今後の地層処分技術に関する研究開発の全体計画の概要として、2つの深地層の研究施設や地層処分基盤研究施設(エントリー)地層処分放射化学研究施設(クオリティ)等を活用した研究開発を、処分事業や安全規制の段階的な進展にあわせ、それぞれの基盤となる技術や情報を整備していくというサイクル機構の役割を示した上で、研究開発目標として、実際の地質環境への地層処分技術の適用性を確認すること及び、地層処分システムの長期挙動に対する理解を深めることを挙げ、各研究開発分野(深地層の科学的研究、処分技術の信頼性向上、安全評価手法の高度化)の概要を示した。

また、深地層の研究施設計画に関し、第2次取りまとめで示した地層処分技術を実際の地質環境に適用し、段階的に調査研究を進めながら地層処

分技術の信頼性を確認していくという役割を示し、計画の進捗状況の紹介を行った。

研究成果の集約に関しては、各々の研究開発分野間での連携や体系化を図りながら研究開発を進めていくことや、処分事業と安全規制のニーズやスケジュールを勘案しつつ段階的に取りまとめていくことなどについて報告を行った。

(2) 個別技術報告

(座長:西垣 誠・岡山大学教授)

① 東濃地科学センターにおける深地層の科学的研究の現状 - 超深地層研究所計画を中心として - (茂田直孝・東濃地科学センターグループリーダー)

岐阜県瑞浪市において進めている超深地層研究所計画を中心に、東濃地科学センターにおける地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究(超深地層研究所計画、広域地下水流动研究、東濃鉱山での調査試験研究並びに地質環境の長期安定性に関する研究)の現状について報告を行った。

超深地層研究所計画では、2002年1月に瑞浪市との間で賃貸借契約を締結した市有地(研究所用地)において、地上物理探査や深度200m程度までのボーリング調査を実施しており、それらの調査結果を踏まえ、深度1,300m程度の深層ボーリング調査の準備作業を開始したこと、2002年7月より造成工事に着手し2003年より研究坑道の掘削を開始することなどの進捗状況について報告を行った。

会場参加者から、広域地下水流动研究の基本的

表1 地層処分技術に関する研究開発報告会・プログラム

【進行: 石黒勝彦(サイクル機構バックエンド推進部次長)】

13:00 - 13:05	1. 開会挨拶	都甲泰正(サイクル機構理事長)
13:05 - 13:30	2. 地層処分技術に関する研究開発の全体概要報告	福島 操(サイクル機構バックエンド推進部長)
13:30 - 15:30	3. 個別技術報告 ①東濃地科学センターにおける深地層の科学的研究の現状 超深地層研究所計画を中心として ②幌延深地層研究計画の現状 ③安全評価手法の高度化に向けた取り組み	【座長:西垣 誠(岡山大学教授) 茂田直孝 (サイクル機構東濃地科学センターグループリーダー) 山崎真一 (サイクル機構幌延深地層研究センターセンターチーフ) 石川博久 (サイクル機構東海事業所処分研究部長)】
15:30 - 15:50	~休憩~	
15:50 - 17:15	4. 特別講演 「The Role of URLs in the Repository Implementation Phase」 (事業化段階における地下研究施設の役割)	【座長:朽山 修(東北大助教授) Neil. A. Chapman (スイス放射性廃棄物管理協同組合(Nagra) 上席相談役/英国シェフィールド大学教授)】
17:15 - 17:20	6. 閉会挨拶	大和愛司(サイクル機構理事)

考え方などについて質問があった。

② 幌延深地層研究計画の現状（山崎眞一・幌延深地層研究センター次長）

北海道幌延町において幌延深地層研究センターが進めている幌延深地層研究計画について、計画の概要及び調査研究の進捗状況について報告を行った。

幌延深地層研究計画では、深地層の科学的研究（地質環境調査技術開発 地質環境モニタリング技術開発、地質環境の長期安定性に関する研究、深地層における工学的技術の基礎の開発）及び地層処分研究開発（処分技術の信頼性向上、安全評価手法の高度化）を実施しており、2002年7月に研究所設置地区を選定したこと、研究所設置地区とその周辺地区において物理探査、地質調査、表層水理調査、ボーリング調査を実施中であること、地下施設の建設については、2003年度から用地の造成、2005年度に立坑の掘削を開始し2010年度に完成予定であることなどの進捗状況について報告を行った。

会場参加者から、地下研究施設で行う人工バリアに関する研究計画の詳細などについて質問があった。

処分技術と安全評価に関する研究開発の現状

- 実際の地質環境を対象とした取組みを中心として -（石川博久・東海事業所処分研究部長）

東海事業所において国際共同研究として進めている、海外の地下研究施設を活用した実際の地下の環境を対象とした研究開発について、取組み状況及び今後の進め方の報告を行った。

海外の地下研究施設を活用した国際共同研究の位置づけとして、各国の最新の知見や成果に基づく効率的・合理的な研究開発に資することができる、また、我が国における結晶質岩を対象とした地層処分研究開発を補完する意味で重要であること等を示すとともに、各研究項目の進捗状況として、人工バリア工学技術の検証（カナダ・URL）、人工バリア等の長期複合挙動に関する研究（スウェーデン・Äspö等）、岩盤中の水理・物質移行モデルの開発（スウェーデン・Äspö）、現象論的核種移行モデルの開発（ベルギー・HADES）、コロイド等の影響評価モデルの開発（スイス・GTS）などのほか、今後の進め方や課題について報告を行った。

会場参加者から、今後の人工バリア材料に関する

研究内容の詳細について質問があった。

（3）特別講演（座長：朽山 修・東北大学助教授）

「事業化段階における地下研究施設の役割」（Neil. A. Chapman スイス放射性廃棄物管理協同組合（Nagra）上席相談役／英国シェフィールド大学教授）

高レベル放射性廃棄物処分研究の一環として各国で取組まれている地下研究施設設計画について、その目的や実施内容、処分研究に果たす役割・意義のほか、処分予定地以外の場所での調査研究が必要であるかどうかといった課題や、処分技術に対する信頼性の構築、我が国の深地層の研究施設計画への期待などについて講演いただいた。

講演後の会場参加者との質疑応答では、我が国における地下研究施設の役割や活用方策などの講演内容に関するものから、処分場における廃棄物の回収可能性、将来の人間活動の影響など、地層処分全般にわたるものにまで話題が及び、国際的に著名な講演者との十分なコミュニケーションが図れた。

（4）その他

ロビーにて、ポスターセッションを開設した。合計35件のパネルを掲示し、研究者からの内容説明、会場参加者との意見交換を通じて、サイクル機構における地層処分技術に関する研究開発の個別の成果等の紹介を行った。

また、東濃、幌延、東海の各事業所の取組み等を紹介した各種パンフレットや第2次取りまとめの内容を収録したCD ROM、これまでに学会に投稿した論文の別刷り等の提供を行った。

3. 参加者からの主な意見及びアンケート結果の概要

（1）参加者の属性（図1）

参加者349名のうち、男性が95%（333名。女性5%（16名））を占めた。

年代構成は、20代3%，30代15%，40代23%，50代31%，60代11%，70代以上2%であった（無回答15%）。

事前申込者497名のうち、66%（329名）が当日参加し、事前に申し込まなかった参加者は参加者全体の6%（20名）を占めた。

（2）参加者からの主な意見・質問

会場受付けで配布した意見記入用紙により寄せ

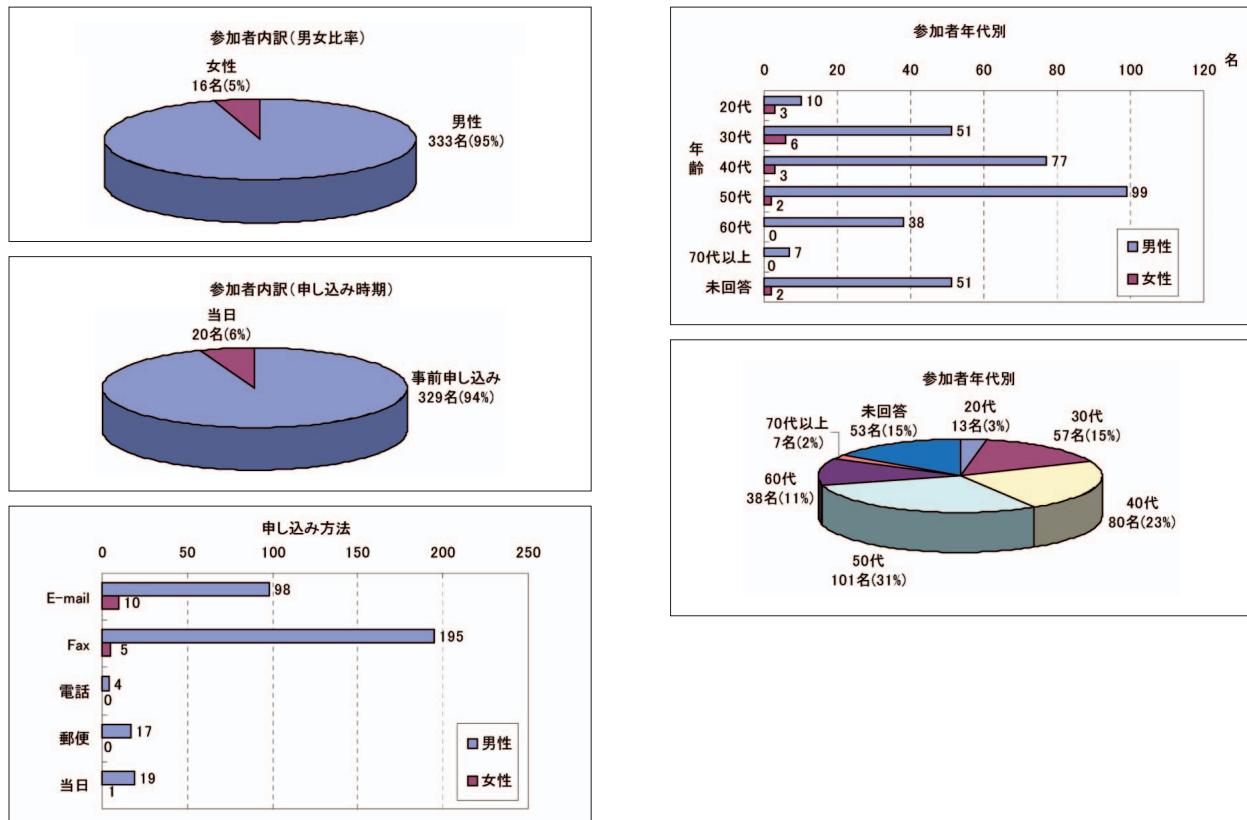


図1 参加者に関するデータ

られた意見の総数は20件であった。おもな意見を分類した結果は以下のとおり。

- ① 開催方法について（若年層の参加の必要性。効果的な質疑応答の工夫。ポスターセッションの時間設定。OHP資料の配布希望等）
- ② 報告内容について（PAを意識した表現の必要性。テーマを絞った報告・具体的な報告の希望。特別講演への賛辞。エネルギー問題・処分についての基本事項等説明の必要性等）
- ③ 寄せられたご意見・ご質問に対しては、後日サイクル機構から回答することとしている。

（3）アンケート集計結果（図2）

回収総数は119件（回収率34%）であった。アンケートの集計結果の概要は以下のとおり。

- ① アンケート回答者の属性
男女の比率、年代構成は、参加者全体とほぼ同様であった（アンケート回答者119名のうち、男性94%、女性5%。年代構成は20代5%、30代18%、40代25%、50代36%、60代13%、70代以上3%）。職業については、建設関係（45%）及びエネルギー関係（27%）が半数以上を占め、原子力関係の職業・所属にこれまで在籍していない、と回答

した方の割合は28%に上った。

② 開催の周知方法について

本報告会開催についての情報を得た媒体については、ダイレクトメール（57件）との回答がもっとも多く、次いで、サイクル機構ホームページ（26件）、学会等（20件）、知人からの紹介（17件）と続く。

告知方法については、「このままで良い」（63%）とする回答が、「どちらでもない」・「改善すべき」（ともに17%）を上回った。

③ 報告会に対する感想

- ・報告の時間配分：
「ちょうど良い」（87%）、「短い」（8%）、「長い」（4%）。
- ・報告の内容：
「ちょうど良い」（60%）、「わかりやすい」（23%）、「わかりにくい」（15%）。
- ・質疑応答の時間配分・進め方：
「このままでよい」（56%）、「どちらでもない」（29%）、「改善すべき」（11%）。
- ・講演の内容：
「ちょうど良い」（57%）、「わかりやすい」

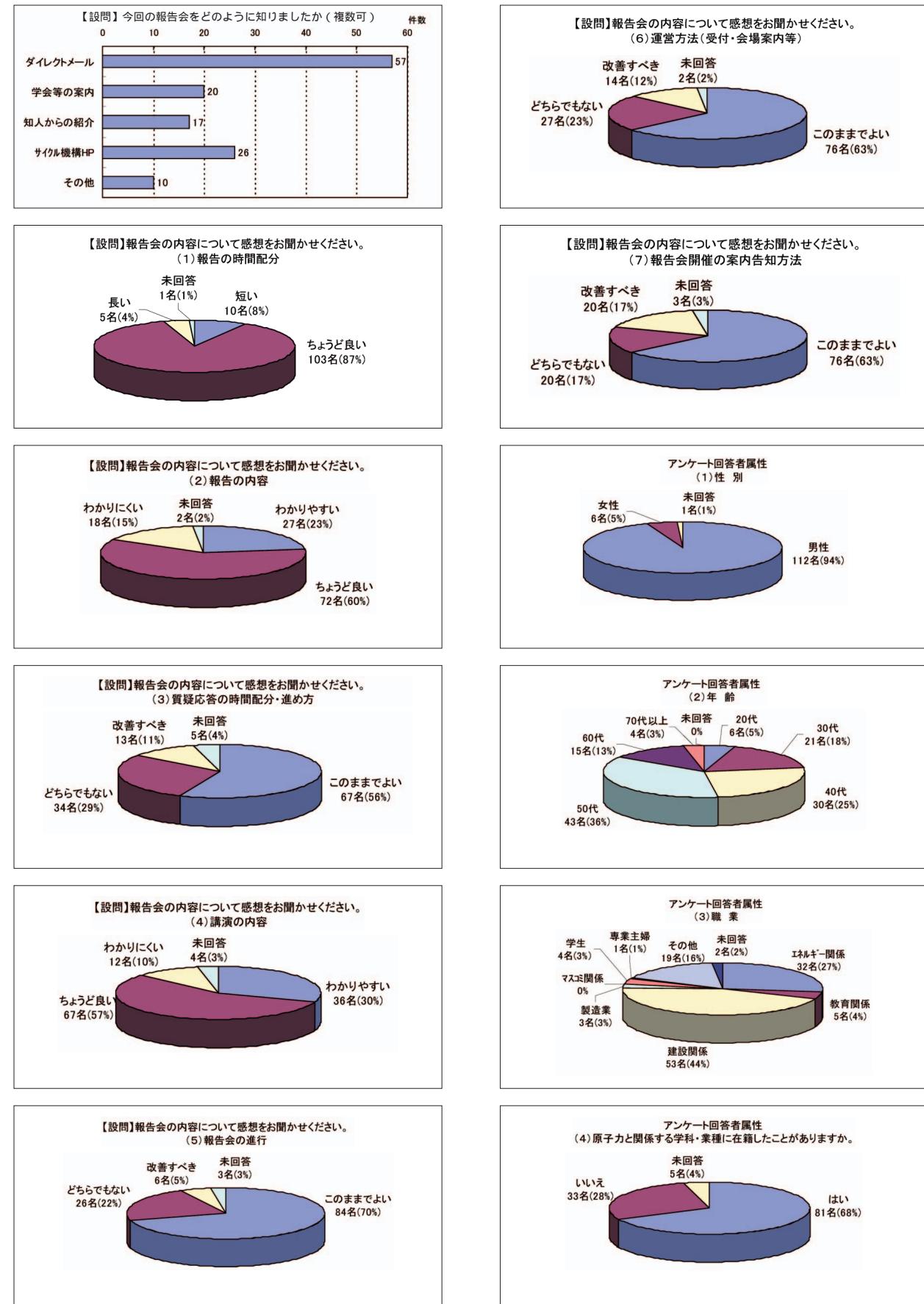


図2 アンケート結果

(30%) ,「わかりにくい」(10%)

・進行：

「このままでよい」(70%) ,「どちらでもない」(22%) ,「改善すべき」(5%)

④ 運営について

受付 会場案内等については「このままでよい」(63%) ,「どちらでもない」(23%) ,「改善すべき」(12%)

以上のアンケート結果から、本報告会は、参加者にとって、内容や時間配分等はおおむね妥当であったことがうかがえる。

4. おわりに

サイクル機構が進めている深地層の研究施設計画の進捗の報告を中心とした本報告会は、盛況のうちに閉会することができた。

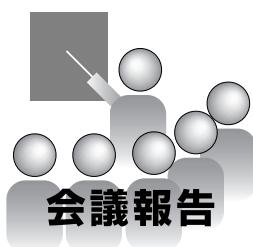
今回の報告会は、地層処分が研究開発の段階から実施の段階を迎えたことを踏まえたサイクル機構の役割、研究開発の方向性を明確に示した前回の報告会⁶⁾を受けて開催した2回目の報告会であり、具体的な取組みを示す場として意義のあるものであった。また、各国で進められている地下研究施設計画の事例を踏まえた今後の地下研究施設の役割等についての特別講演は、質疑応答を含めた内容が分かりやすかったとのアンケート結果から、参加者にとって興味深く拝聴いただけたものと考えられ、同時にサイクル機構にとっても時機

を得たものであり、今後の研究開発を進めていく上で参考にすべき点が多いものであった。

今後本格化する深地層の研究施設計画において、国内外の研究機関との研究協力を積極的に進めることなどを通じて、地層処分技術の信頼性を高め、処分事業の円滑な推進に貢献していくこととする。研究開発成果等については、アンケート結果等会場参加者からの意見を踏まえ、今後も報告会等の場を通じて適宜公表することにより、情報提供を図っていく。

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 - ”, JNC TN 1410 99-020~024 (1999).
- 2)官報：“特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律”(2000).
- 3)原子力安全委員会：“高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について”(2002).
- 4)原子力発電環境整備機構：“公募関係資料(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)”, (2002).
- 5)核燃料サイクル開発機構：“地層処分技術に関する研究開発報告会 予稿集”, JNC TN 1400 2002-019 (2003).
- 6)前川恵輔：“地層処分技術に関する研究開発報告会 - 実施段階を迎えた研究開発の新たな展開 - ”, サイクル機構技報, No.15, P.131-134(2002).



第12回もんじゅ・国際技術センター技術報告会

- 2003年3月5日開催 -

佐藤 漢嘉

高速増殖炉もんじゅ建設所

1.はじめに

2003年3月5日(水), 福井県敦賀市のサイクル機構・敦賀本部国際技術センター情報棟エムシースクエアにおいて「第12回もんじゅ・国際技術センター技術報告会」を開催した。

本報告会は, 高速増殖炉もんじゅ建設所及び国際技術センターにおける技術的成果について, 官庁関係者, 電力事業者, 大学関係者, メーカーのほか, 広く一般の方々を対象に発表するとともに, 技術的成果の公開及び理解促進を図ることを目的として, 毎年開催しているものである。

今年度は, 高速増殖炉もんじゅ建設所, 国際技術センターからの発表に加え, 大洗工学センターからも安全研究に関する報告を行った。

2.発表概要

今年度は「もんじゅの更なるプラント信頼性の向上を目指して」をサブタイトルとして, セッションでは, 国際技術センターからプラント信頼性向上を目指した研究開発に関する報告5件, 大洗工学センターから安全研究に関する報告2件の計7件の報告を行った。セッションではもんじゅ建設所からナトリウム漏えい対策工事及び蒸気発生器伝熱管破損時への対応に関する報告を4件行った。表1に発表テーマを示す。

また, 当日会場では, 新型転換炉ふげんの運転実績, MOX燃料の利用実績や廃炉措置に関するパネルの展示も行った。

本報告会には, 官庁, 電力, メーカーなどの外部関係者約60名に加えてサイクル機構職員も多数出席し, 各発表後の質疑応答では, 出席者からより専門的な質問や意見が多数寄せられ, 活発な議論が行われた。

以下に, 発表概要を示す。

2.1 もんじゅ用 ISI 装置の開発

もんじゅ用原子炉廻り検査装置, 蒸気発生器伝熱管検査装置, 1次主冷却系配管検査装置について, 開発の状況, 開発目標及び開発スケジュール等の全体計画について報告した。質疑応答では, 開発にあたっての技術的問題点等についての議論がなされた。また, 欠陥検査性能は, 現在軽水炉で検討されているように安全基準, 維持基準及びリスク評価情報に基づいて目標設定していくことが望ましいとの助言を得た。

2.2 蒸気発生器伝熱管検査システムの開発

蒸気発生器伝熱管検査用ECTシステムの開発では欠陥検出性能向上, プローブ挿入性の改良, 検査時間短縮を開発項目としている。欠陥検出性能向上に関して, 電磁場解析による改良型センサの設計及び性能評価について報告した。プローブ挿入性の改良では, 実験と解析によるプローブ挿入時の振動挙動とノイズ振幅の評価結果について報告した。検査時間短縮については, 効率的な検査を目的としたデータ処理, システム改良内容について報告した。質疑応答では, 欠陥検出性能の向上に関して, ナトリウム付着と欠陥の種類が検出性能にどの程度影響を及ぼすかについての議論がなされた。

2.3 EMAT用高磁場配置型磁石構造に関する検討

原子炉容器の体積検査法に用いる電磁超音波探触子(EMAT)の小型軽量化及び欠陥検出性能の向上を目的として, 解析により磁気特性や超音波強度特性を検討し, 超音波強度を向上させるためには Halbach 磁石配置の導入が有効であることを報告した。質疑応答では, 電磁超音波探触子の実用化に向けた今後の開発計画に関する質問が寄せられた。

表1 発表テーマ

No.	発表テーマ	発表者
1	もんじゅ用ISI装置の開発 -全体計画-	敦賀本部 国際技術センター ISIシステム開発Gr. 上田 雅司
2	蒸気発生器伝熱管検査システムの開発	敦賀本部 国際技術センター ISIシステム開発Gr. 横山 邦彦
3	EMAT用高磁場配置型磁石構造に関する検討	敦賀本部 国際技術センター ISIシステム開発Gr. 徐 陽
4	もんじゅ高度化炉心概念の研究 -長期運転サイクル炉心概念-	敦賀本部 国際技術センター 炉心技術開発Gr. 影山 武
5	プラントエンジニアリングシステムの開発	敦賀本部 国際技術センター システム技術開発Gr. 南 正樹
6	レーザ共鳴イオン化質量分析法を用いた高速炉用 破損燃料位置検出システムの開発	大洗工学センター 実験炉部 技術課 伊藤 主税
7	ナトリウム燃焼残渣の安定化技術の開発	大洗工学センター 要素技術開発部 熱化学安全試験Gr. 石川 浩康
8	2次冷却系配管改造工事	敦賀本部 高速増殖炉もんじゅ建設所 プラント第2課 伊藤 健司
9	改造工事と品質保証について	敦賀本部 高速増殖炉もんじゅ建設所 プラント第2課 川西 誠
10	蒸気発生器伝熱管の破損時の対応 -運転対応-	敦賀本部 高速増殖炉もんじゅ建設所 プラント第1課 佐久間 祐一
11	蒸気発生器伝熱管の破損時の対応 -復旧対応-	敦賀本部 高速増殖炉もんじゅ建設所 プラント第2課 森泉 真

2.4 もんじゅ高度化炉心概念の研究

長期運転サイクル、高燃焼度を目指したもんじゅ高度化炉心概念を実現するために、ドライバ燃料仕様、反応度制御系及び炉心構成を変更したもんじゅ高度化炉心について検討を行った。また、出力分布・燃焼特性、反応度制御性、炉心安全特性及び熱流力特性の観点から炉心特性評価を行い、技術的成立性について検討した結果を報告した。質疑応答では、高度化炉心の導入に関して、導入するまでの材料開発課題やもんじゅへの導入計画等についての議論がなされた。

2.5 プラントエンジニアリングシステムの開発

設計・評価支援システムの開発、知識経験データベースの構築、仕様決定手順導出機能の開発について報告した。また、各システムのデモンストレーションを行い、今回開発したシステムの機能等について紹介した。質疑応答では、知識経験データベースの構築について、今回の報告では設計指標のデータベース化をしているが、今後の展開として運転経験等まで拡張するのかといった質問が寄せられた。

2.6 レーザ共鳴イオン化質量分析法(RIMS)を用いた高速炉用破損燃料位置検出システムの開発

もんじゅのタギング法破損燃料位置検出システム(FFDL)による省力化と時間短縮を目指し、RIMSを用いたカバーガス中極微量希ガス分析システムを開発した。また、開発したシステムは、もんじゅのタギング法FFDLに必要な性能をおおむね満足することを報告した。今回開発したシステムをもんじゅへ導入すると、分析に要する時間はどの程度短縮されるのか、実プラントに導入する場合にシステムの接続等は容易であるかといった質問が寄せられた。

2.7 ナトリウム燃焼残渣の安定化技術の開発

ナトリウム燃焼残渣を湿り炭酸ガスを用いて安定化処理する技術の開発として、グラムオーダーのナトリウムを用いた基礎試験、及びキログラムオーダーのナトリウムを用いた確認試験を行った。基礎試験では、常温再着火の原因究明、及び安定化パラメータの調査等を行った。基礎試験で得られた知見を用いて実規模に近い状況の確認試験を行い、梅雨季の空気条件においても再燃焼を防止できることを報告した。質疑応答では、安定化処理を実施したナトリウム燃焼残渣の回収方法

や回収時の注意点等について議論がなされた。

2.8 2次冷却系配管改造工事

改造工事の作業安全性，施工品質確保及び短工期を達成することを目的として行ったナトリウム付着配管溶接健全性確認試験及びシール工法確認試験の結果について報告した。また，各種確認試験及び今までの経験（配管熱変位対策工事，常陽MK 改造工事等）を基に策定した温度計ウェル交換工事手順 2次ナトリウム充てんドレン系改造工事手順について報告した。質疑応答では，溶接時のアルゴンガス圧のコントロールやポンプ入口ドレン管台取付工法確認試験に関する質問が寄せられた。

2.9 改造工事と品質保証について

改造工事に関する設計・製作・据付・試験のそれぞれの段階における品質保証活動体制の強化，不適合発生時の対応，設計審査の時期の明確化，設計審査項目の明確化に関する報告をした。設計審査に関して，ナトリウム漏えい対策工事に対する設計審査の進捗状況や審査要領などに関する質疑応答がなされた。

2.10 蒸気発生器伝熱管の破損時の対応（運転対応）

蒸気発生器伝熱管からの水漏えいが発生した場

合の運転手順等について，小規模水リーク時の判断基準，ドレン系改造によるナトリウムドレン性向上，純化運転時間短縮方法等についての検討結果を報告した。質疑応答では，ナトリウムドレン性向上に関して，活発な議論が行われた。

2.11 蒸気発生器伝熱管の破損時の対応（復旧対応）

伝熱管破損後の復旧フロー，伝熱管破損同定方法，管束部引抜きの判断フロー，伝熱管施栓方法，伝熱管引抜方法及び伝熱管交換の判断基準等について報告した。また，管束部を交換する場合に要する復旧期間についても報告した。質疑応答では，伝熱管破損時の原因究明のアプローチ法，蒸気発生器の補修・交換作業時間等についての活発な議論がなされた。

3. おわりに

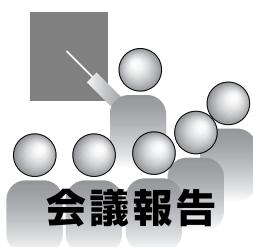
本報告会の開催は今回をもって12回を数えるが，毎回年度末の開催にもかかわらずサイクル機構内外から多くの方々に出席していただいている（写真1参照）。特に今回は，2003年1月27日のもんじゅ行政訴訟控訴審判決の影響もあり，対外的にも非常に关心が集まる中での開催であった。当日は，限られた時間の中での報告ではあったが，もんじゅの安全性・信頼性向上を目指したサイクル機構の取り組みについて十分に理解していただいたものと考えている。なお，当日頂いた貴重な意見・助言等は，今後の業務や研究開発に反映し，更なるプラント信頼性，安全性の向上を目指していきたいと考えている。

謝 辞

年度末の多忙な時期にもかかわらず，本報告会にご出席いただいた皆様，また，本報告会開催のために惜しみなく協力して下さった関係者の方々には心から感謝，御礼申し上げます。



写真1 会場風景



原研 - サイクル機構合同安全研究成果報告会

- 2003年3月7日開催 -

石川 敬二

本社 安全推進本部

1.はじめに

2003年3月7日に東京都千代田区永田町の星陵会館で「原研 - サイクル機構合同安全研究成果報告会」を開催した。

原研とサイクル機構の統合を踏まえ、原子力安全委員会の策定する安全研究年次計画に基づき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、統合に向けた両機関の安全研究の進め方等に関し、原子力安全委員会を始めとする各界からご意見を伺い、今後の安全研究に資することとした。

報告会の開催に当たり、安全研究に關係する国、大学、関係機関等に対して案内状を送付するとともに、原研及びサイクル機構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、ポスター掲示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、原研における2002年度の原子力安全性研究の現状の報告書、サイクル機構における2001年度の安全研究成果の報告書(CD-ROM版)及びもんじゅ高裁判決についての資料を参加者に配付した。

本報告会には、雨天にもかかわらず、松原原子力安全委員会委員長代理を始め、国、大学、電力、メーカー、関係法人等から188名(外部:100名、原研・サイクル機構:88名)の方に参加していただいた。

プログラムを表1に示す。

2.1 特別講演

松原原子力安全委員会委員長代理から「我が国における原子力安全研究への期待」と題する特別

講演をいただいた。

原子力安全研究の重要性として、安全規制での的確な対応と原子力安全を維持する基盤の役割を挙げるとともに、安全研究年次計画の策定、同計画の遂行状況の評価等、安全研究推進に係る取組みの現状と重点分野の見直しや中間評価等、今後の予定が述べられた。原研とサイクル機構の統合に当たっては、安全研究を主要業務の一つに位置付けるべきこと、国の資金確保による中立性の保持等に言及された。今後の安全研究への期待として、安全社会システム作りへの参加、透明性、公衆との対話等が強調された。

2.2 研究成果の概要

(1) 原研における安全研究の概要

原研における安全性研究の位置付けと安全研究年次計画の全体構成について説明した後、原子力施設等、放射性廃棄物処分及び環境放射能の各安全研究について、最近の成果を例示しながら報告した。また、事故時対応や原因調査への貢献について説明があった。最後に、新法人における安全性研究の展望について基本的な考えを述べた。

(2) サイクル機構における安全研究の概要

サイクル機構における安全研究の基本方針と留意事項について説明した後、原子力施設等、放射性廃棄物処分及び環境放射能の各安全研究について、最近の成果を例示しながら報告した。また、安全研究成果の指針・基準類への反映例について説明した。最後に、新法人の安全研究の考え方と統合スケジュールについて言及した。

2.3 各分野の研究成果

(1) セッション 「原子力施設等安全研究」

吉澤東工大教授を座長として、水炉、高速増殖炉、核燃料施設、確率論的安全評価の各分野から

表1 原研 - サイクル機構合同安全研究成果報告会プログラム

10:00 - 10:05	開会挨拶	原研	理事・早田邦久
10:05 - 10:25	特別講演：我が国における原子力安全研究への期待	原子力安全委員会	委員長代理・松原純子
10:25 - 10:55	成果の概要	原研 安全性試験研究センター長・阿部清治 サイクル機構 特任参事・大森勝良	
セッション 10:55 - 12:15 13:15 - 13:55	原子力施設等安全研究	座長：東京工業大学 原子炉工学研究所 教授・吉澤善男	
	高燃焼度燃料・MOX燃料の安全性に関する研究	原研	燃料安全研究室長・上塙 寛
	高速増殖炉燃料の破損限界に関する研究	サイクル機構	核燃料工学GL・鵜飼重治
	核燃料施設における中性子線量評価に関する研究	サイクル機構	線量計測課 副主任研究員・辻村憲雄
	臨界安全性の実験的研究	原研	燃料サイクル安全工学部 次長・三好慶典
	リスク情報の活用法に関する研究	原研	安全評価研究室 主任研究員・本間俊充
	核燃料施設の信頼性評価手法に関する研究	サイクル機構	技術開発課長・野尻一郎
セッション 13:55 - 14:35	放射性廃棄物安全研究	座長：東京大学 大学院工学系研究科 教授・田中 知	
	地層処分の安全評価手法に関する研究	サイクル機構	システム解析GL・内田雅大
	核種移行挙動評価の信頼性向上に関する研究	原研	処分安全研究室長・中山真一
セッション 14:35 - 15:15	環境放射能安全研究	座長：大分県立看護科学大学 学長・草間朋子	
	環境放射線測定器の校正技術に関する研究	原研	保健物理部次長・吉田 真
	環境試料の迅速分析及び測定技術の高度化に関する研究	サイクル機構	環境監視課 副主任研究員・植頭康裕
15:15 - 15:30	高速増殖原型炉もんじゅ行政訴訟控訴審判決について	サイクル機構	大洗工学センター 研究主席・近藤 悟
セッション 15:40 - 16:35	総合討論：今後の安全研究への期待	議長：(株)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	
		東京工業大学 原子炉工学研究所 教授・吉澤善男	
		東京大学 大学院工学系研究科 教授・田中 知	
		大分県立看護科学大学 学長・草間朋子	
		原研 安全性試験研究センター長・阿部清治	
		サイクル機構 システム技術開発部 研究主席・丹羽 元	
16:35 - 16:40	閉会挨拶	サイクル機構	理事・木阪崇司

6 テーマについて成果を報告した。

高速増殖炉では、被覆管材料の開発状況に関する質問があった。核燃料施設では、エボナイトディスクを用いた中性子線量計の実用化への要求等についてのコメントがあった。確率論的安全評価では、計算コードの実用性や信頼性評価手法のPA活動への利用等に関するコメントがあった。

(2) セッション 「放射性廃棄物安全研究」

田中東大教授を座長として、放射性廃棄物分野から2テーマについて成果を報告した。解析コードの検証方法や解析コードで考慮している核種等に関する質問があった。

(3) セッション 「環境放射能安全研究」

草間大分県立看護科学大学長を座長として、環

境放射能分野から2テーマについて成果を報告した。本発表とリスク評価との関係等に関する質問があった。

2.4 もんじゅ高裁判決について

当初のプログラム外と位置付けて休み時間を利用して、サイクル機構の近藤研究主席がもんじゅ高裁判決について報告し、もんじゅに関して多くの安全研究を実施してきたが、わかりやすい形で情報発信してきたか、説明責任を十分果たしてきたかを振り返る必要があると締めくくった。フロアの一般参加者から、国策としてももんじゅを開発しているのだから判決のあった日にすぐ上告すべきであったとの意見が出された。

2.5 総合討論

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、セッション～の座長及び原研の阿部安全性試験研究センター長とサイクル機構の丹羽研究主席をパネリストとして、今後の安全研究への期待について総合討論を行った。まず、吉澤東工大教授、田中東大教授及び草間大分県立看護科学大学長から基調報告をしていただき、安全研究の方向性、スコープ、実施体制、相乗効果等について、原研とサイクル機構から意見を述べた。実施体制についてサイクル機構からは、高速増殖炉、廃棄物処分等の安全研究はプロジェクトの中に位置付けて開発研究部門で実施するのが効率的との考えが述べられた。

続いて、フロアからの意見及び質問等に関する討議を行った。成果の評価と公開、安全研究課題の体系化、生態系の研究及び人材育成の必要性に関する原子力安全委員会の考え、研究炉及び試験炉の重要性、新型炉への取組み等、多岐にわたる議論が活発に行われた。

最後に、木村議長から総合討論での意見を今後の安全研究に役立てるようにとのまとめがあった。写真1に総合討論の様子を、写真2に会場との質疑応答の様子を示す。



写真1 総合討論の様子

3. おわりに

雨天にもかかわらず100名の外部参加者を得ることができ、総合討論では、一般参加者も含め30分近く時間を延長して活発な議論が交わされた。安全研究の必要性・重要性を指摘する意見が多く述べられたことは、新法人の今後の安全研究の推進にとって大きな励みとなるものである。

また、原研とサイクル機構による初めての合同成果報告会を円滑に開催できたことは、統合に向けた貴重な一步であったと考える。

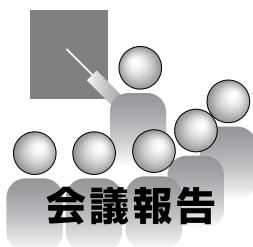
2003年度、2004年度とも、原研とサイクル機構の統合に向けて合同安全研究成果報告会を開催する予定である。

なお、本報告会で配付した資料を以下に示す。

- ① JNC TW 1409 2002-009 原研 - 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 TN 1400 2002-012 安全研究成果の
概要（平成13年度 - 動力炉分野）
- ③ JNC TN 1400 2002-013 安全研究成果の
概要（平成13年度 - 核燃料サイクル分野）



写真2 会場との質疑応答



第36回原産年次大会

- 2003年4月15~17日開催 -

谷川 信吾

敦賀本部 技術企画部 総括グループ

1.はじめに

日本原子力産業会議（西澤潤一会長）主催による第36回原産年次大会が4月15日から17日まで福井県敦賀市及び福井市で開催された。

JCO事故やデータ不正問題で問われるようになった原子力施設の安全問題、高速増殖原型炉もんじゅの設置許可無効判決など、原子力に関する大きな問題が相次ぐ中で、今大会では「国民の理解を求めて - 原子力のさらなる発展のために」を基調テーマにし、アメリカ、フランス、イギリスなどの17カ国・地域と欧州原子力学会、国際原子力機関などの6国際機関から 計1,330人余りが参加し、プルトニウム利用の意義、社会の持続的発展と環境エネルギーの観点からみた原子力の役割、原子力発電所運転管理の新たな取組み、福井県から見た身近な原子力、世界の高レベル放射性廃棄物処分計画の進展状況などを取り上げ、講演や討論が行なわれた。

また、大会に先立ち14日には高速増殖原型炉もんじゅ、日本原電敦賀2号機、関西電力大飯発電所、若狭湾エネルギー研究センター等への見学会が行なわれ、「もんじゅ」へは40名の方が見学された。

2.大会の概要

2.1 敦賀大会（4月15日）

大会1日目は敦賀市で開催され、オープニングセッションでは西澤会長が「さまざまな課題について十分に議論を行い、解決のための糸口を見つけ出したい」との所信を表明されるとともに、高速増殖原型炉もんじゅの設置許可無効判決が出されていることにも触れ、「今回の司法の判決は遺憾だが、早期の運転再開を実現したい」として早期運転再開に向け問題解決に取り組む考えが示された。栗田幸雄福井県知事は「判決により県民に大

きな動搖 不安が広がっている。今後の国の対応と推移を見守り、慎重に対処したい」と挨拶された。

続いて、都甲理事長が議長を務めた特別講演では、藤家洋一原子力委員会委員長が「我が国の核燃料サイクル政策」について講演され、「もんじゅ」の再稼動はブルサーマルの推進に不可欠であり、資源小国の我が国として将来的には高速増殖炉サイクルを確立しなければならないと述べられた。

午後の特別講演では、経済産業省原子力安全・保安院の薦田康久審議官が「もんじゅ」控訴審判決の技術的問題点や国の「上告受理申立て理由書」を解説しながら、「もんじゅ」の安全性を強調された。

その後のプレナリーセッションでは、プルトニウム利用の意義を再確認するという観点から、当機構の中神副理事長が『「ふげん」から「もんじゅ」へ』と題し、敦賀に立地する「ふげん」のこれまでのプルトニウム利用実績とその開発成果、並びに高速増殖炉開発の意義と「もんじゅ」の役割、今後の取り組みについて講演を行なった（写真1参照）。また、アメリカ、フランス、ロシアでの



写真1 敦賀大会（4月15日）プレナリーセッション：プルトニウム利用の意義を再確認する
講演：「ふげん」から「もんじゅ」へ 中神副理事長

プルサーマルや解体核兵器からの余剰プルトニウムの有効利用について取り組みを紹介し、我が国が掲げるプルトニウム本格利用の意義についてエネルギー資源論、技術開発論などの観点から、あらためて検証が行なわれた。

2.2 福井大会（4月16～17日）

大会2日目からは会場を福井市に移し維持基準など運転管理のあり方、社会の持続的発展や環境保全と原子力のかかわりなど、さまざまな観点からの講演や意見交換が行なわれた。

開会セッションでは西澤会長の挨拶に続き、大野松茂文部科学大臣政務官、西川公也経済産業大臣政務官、細田博之科学技術政策担当大臣（代読）の所感が述べられた。大野政務官は我が国のエネルギーの安定供給を確保するためにはプルサーマルの導入や「もんじゅ」の運転再開が重要であるという考えを強調された。

続いて松浦祥次郎原子力安全委員会委員長の特別講演が行なわれ、原子力施設の安全確保に求められるものとして危険の可能性を小さい間に取り除き、不安全の種を見いだして取り除くといった機能が常に働くように組織運営、運転管理が持続されることの重要性を説いた。

セッション1では、行政、電力、消費者団体のほか中国の原子力関係者の講演が行なわれ、人類が持続可能な発展の実現を図るうえで主要な座標軸となる地球温暖化防止とエネルギー問題を視点として国や産業界、消費者が今後取り組むべき方策を探るとともに、原子力の役割についてあらためて確認された。

セッション2では、行政、電力、婦人団体のほかアメリカ、韓国の原子力関係者が参加し、今後高経年化時代を迎える原子力発電について原子力を運営していく上での透明性や説明責任、安全規制などについて議論がなされた。その冒頭には、議長を務める近藤駿介東京大学大学院教授が基調講演として行政と原子力事業者に今後要求されるリスク管理について説明がなされた。

大会3日目のセッション3では、冒頭にY.ルバルス仏放射性廃棄物管理庁(ANDRA)会長がフランスを中心に欧米での高レベル放射性廃棄物処分計画の現状を報告し、高レベル廃棄物処分が着実に行なわれるために何が課題かという点が探られた。続いて外門一直原子力発電環境整備機構理事

長が、我が国の高レベル廃棄物の処分制度や最終処分場選定の計画などを解説したほか、北欧での事例をもとに、処分場建設までのプロセスについて参考とすべき点が紹介された。

最後のセッション4では「身近な原子力を福井県から考えてみよう」をテーマに、原子力技術を用いたベンチャービジネス、放射線の医学利用、原子力の教育問題など一般の市民とのかかわりを改めて紹介し、これらをどのように地域や社会全般の理解に役立て、発展させていくかについて意見交換が行なわれた。ここでは、当機構の菊池三郎理事がパネリストとして参加し、サイクル機構が進めてきている地域産業との連携、地元との共生に係る取り組みを紹介した（写真2参照）。

3. 市民との意見交換

本大会を一層開かれたものとするため、原子力関係者に加え一般市民の方々にも積極的な参加を呼びかけ、市民の意見交換の場として、敦賀大会では「市民の意見交換の夕べ」が設けられ、原子力の安全性や運転管理、テロ対策など市民の視点からの幅広く率直な意見交換が行なわれた。また、福井大会では「市民からの質問に答える会」が設けられ、今回の各セッションで発表された講演や討論の内容についての質疑が行なわれ、当機構からコメントーターとして石村毅特任参事が参加し、「もんじゅ」の必要性について説明した。

また、本大会に参加された欧州原子力学会のアグネタ・リーシング副会長による福井市内中学校への出張講義が行なわれ、三年生約150人にスウェーデンや世界のエネルギー事情のほか、科学の面白さなどについて解説し、好評であった。



写真2 福井大会（4月17日）セッション4：身近な原子力を福井県から考えてみよう
パネリスト 菊池理事



- 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

1. 高速増殖原型炉「もんじゅ」
2001・2002年度設備点検が2001年9月8日より実施され、2003年2月20日に終了した。設備点検実績を表1に示す。

国に対して住民がもんじゅ原子炉設置許可の無効を求めた「もんじゅ行政訴訟」について、2003年1月27日、名古屋高等裁判所金沢支部にて、もんじゅ原子炉設置許可の無効が言い渡された。1

表1 2001, 2002年度点検計画・実績工程

□: 計画 □: 追加 ■: 実績

項目	2001年度							2002年度											
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
制御棒駆動機構	粗調整棒, 後備炉停止棒駆動機構												粗調整棒, 後備炉停止棒駆動機構	微調整棒駆動機構					
計測制御設備													安全保護系計器類の点検, 校正等						
1次主冷却系設備					弁等の点検									Bループ点検(主循環ポンプ,弁等)					
2次主冷却系設備													循環ポンプ(A)メカシール交換等						
1次アルゴンガス系設備							1次Ar系圧縮機(B)の点検等							1次Ar系圧縮機(A)の点検等					
原子炉補機冷却水設備							熱交換器(B)の点検等						冷却水ポンプ A , C の点検等						
原子炉補機冷却海水設備							海水ポンプ(B , C2)の点検等						海水ポンプ(A , C1 , C3)の点検等						
燃料取扱及び貯蔵設備							燃料出入機(A , B)のドアバルブ点検等												
機器冷却系設備							冷凍機(B)の点検等						冷凍機(A)の点検等			ボニーモーター・電磁ポンプ冷却ユニット(B)の点検等			
制御用圧縮空気設備							圧縮機(A)の点検等												
放射性廃棄物処理設備							廃ガス圧縮機(A)の点検等						廃ガス圧縮機(B)の点検等						
換気空調設備							液廃系廃液蒸発濃縮器(B)の点検等									廃液凝縮器(B)の点検等			
所内電源供給設備																			
ディーゼル発電機設備							1E E/C の点検等						1C M/C の点検等						
放射線管理設備							A D/G の点検等						C D/G の点検等			B D/G の点検等			
							モニタリングボスト, 排気筒モニタ類の点検等									モニタリングボスト, 排気筒モニタ類の点検等			
																	(法令に基づき, 毎年定期的に実施)		

注: 状況によって工程の変更はあり得る。

* 1 制御棒駆動機構は点検実績から作業時間を延長する。

* 2 廃液蒸発凝縮器(B)等(廃ガス圧縮機(B)含む)は, 夏場の結露増加対策として, 点検時間を冬場に変更する。

月31日，国は控訴審判決を不服として最高裁へ上訴し，3月28日，上告受理申し立て理由書を提出した。

サイクル機構に対して住民がもんじゅの建設・運転差止を求めた「もんじゅ民事訴訟」について2003年3月8日，住民側が取下書を提出し，3月12日名古屋高等裁判所金沢支部からサイクル機構へ送達された。3月24日，住民側が「もんじゅ」の安全性に問題ありとして起こした訴訟を取下げ，これ以上争う意思がないことから，あえて本裁判を続けることはないと考え，サイクル機構は取下げに同意した。

ナトリウム漏えい対策等に係る原子炉設置変更許可申請について，2002年12月27日にナトリウム漏えい対策工事等の設計及び工事の方法の変更に係る認可申請書を提出したことを見て，原子力安全・保安院とのヒアリングを実施中である。

東京電力自主点検の不適切な対応に係る水平展開について，2003年1月23日に「原子力施設にかかる自主点検作業の適切性確保に関する総点検の最終報告（新型転換炉ふげん発電所・高速増殖原型炉もんじゅ）」を国及び地元自治体へ提出した。調査の結果，不正の恐れのある事項は見出されなかった。また，「原子力発電所の品質保証指針（JEAG4101）」の要求事項の主旨が所内規則等に反映されており，かつ，所内規則に従って自主点検作業が実施されていること，もんじゅ事故等の対策として実施されている活動が不正防止に繋がる諸活動として着実に行われていることを確認した。

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こと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，現時点では151回，約4,900人の方々と交流を図った。

「もんじゅ」現場見学会を継続的に開催し，本期間に1,296名（累積69,324名）の方々に直接現場を見学していただくとともに，ご意見を頂戴した。

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，国際協力及び敦賀地区の技術情報管理にかか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

炉の運転サイクル期間を延ばし，プラント稼動を上げるため，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進めている。

高速増殖炉燃料の高性能化については，実用炉で想定される長期連続運転（12ヶ月）を「もんじゅ」で実証する際の技術的な成立性の見通しや，運転再開後に当初の安全・安定運転を達成した後の新しい炉心体系への移行計画について検討を継続した。「もんじゅ」制御棒の長寿命化については，ダブルポーラスプラグ（多孔質金属製の端栓）型ナトリウムボンド・ピンの成立性の見通しを確認するため，ナトリウム洗浄試験を継続実施した。

（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については，検査装置に搭載を検討しているEMAT（電磁超音波探傷器）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た。解析により，Halbach構造の磁石配置を用いると，従来の磁石配置を用いた場合に比べ1.4倍の超音速強度が得られる見通しを得た。蒸気発生器伝熱管検査システムについては，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・試験を進めており，伝熱管に付着したナトリウムが探傷信号に与える影響やセンサーの振動ノイズについて解析を進めた。

（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並びに予防保全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。

予防保全技術の開発として，地震時速報システムの検討に着手した。またもんじゅ維持基準の検討については，東京電力の自主点検における不適切な対応に関連して軽水炉維持基準の動向を調査した。

（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を進めるとともに，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，1次主冷却系，2次主冷却系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。

(5) FBR実用化戦略調査研究

軽水炉に比肩できるFBR発電コストを達成するためには，定期検査の期間を短縮し，プラントの稼動率を向上させる必要があり，大洗工学センターを中心に進めている実用化戦略調査研究の一環として，国際技術センターでは運転・保守コストの低減のための検討を行っている。

高温用蒸気発生器体積検査技術の開発については，耐熱性を確認した部品材料を用いてセンサーを試作し，検出性，耐熱性を確認した。また，ナトリウム中目視検査技術の開発については，センサーと対象物の距離や角度等画像化する時に解像度を低下させる要因の影響をシミュレーションで確認した。

2.2 教育訓練

運転員，保守員の教育訓練を目的に，FBRサイクル総合研修施設を用いたナトリウム取扱研修及び保守研修を1月から3月分の研修として計7回の研修を計画的に進めるとともに，仏国ナトリウム学校講師による特別講座を開講し海外炉の情報収集に努めた。また，FBR技術の継承を目的に「FBR応用講座」や特別講座として第3回「もんじゅ建設の歩み」を開催したほか，外部機関研修として文科省主催の「サイエンスキャンプ」を実施した。

2.3 国際協力

「もんじゅ」・国際技術センターを国際的に開かれた共同研究の場として研究開発を推進するため，従来から進めている運転経験に関する情報交換に加えて，「もんじゅ」における1)運転前試験，2)照射試験関連，3)高速炉技術の保存と活用の三つを重点課題として国際協力を推進している。特に運転前試験においては，海外先行炉との試験項目との比較，長期運転停止後の運転再開に関する事前確認内容，追加試験の提案などの観点から，

機能確認試験及び出力上昇試験計画について，米，仏，英，独の4カ国から技術者を招聘し2003年1月から3月にかけて国際的レビューを実施した。

2.4 技術情報管理

「もんじゅ」プラントの性能評価などの科学技術計算及びプラント運転支援に必要な情報処理計算機システムの運用・管理，一般業務・FBR研究開発業務に必要な計算機・ネットワーク等の情報環境の整備・高度化を進めている。

なお，本期においては敦賀本部としてのインターネット整備作業，ITシステムセキュリティ強化作業，Linux情報サーバ拡張高度化作業，及び2002年度下期（第35回）業務改善提案の評価・選定を実施した。

3. 外部機関との研究協力

若狭湾エネルギー研究センターとの研究協力として「B4Cペレットのイオン照射実験による中性子照射時の組織損傷に関する基礎研究」や「ナトリウム取扱い技術にかかる社会的受容性研究」などを実施した。

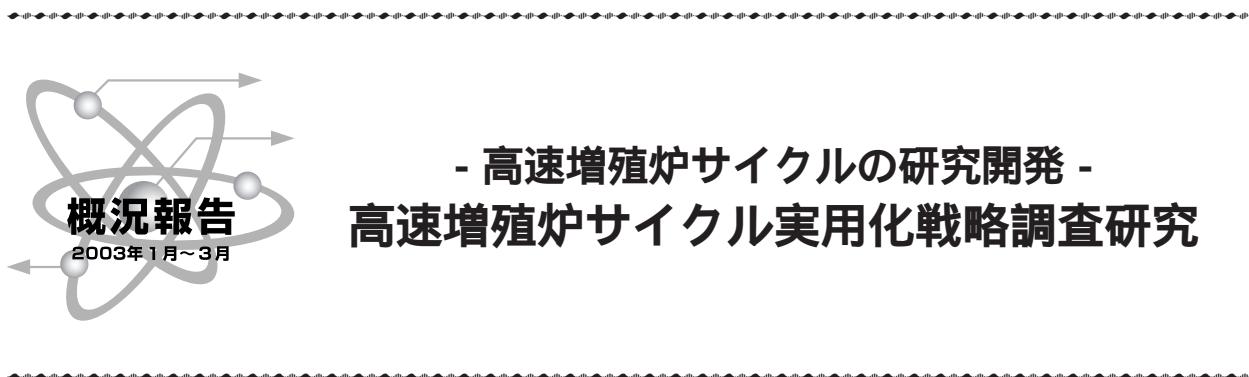
福井大学と4件の共同研究（蒸気発生器ヘリカルコイル内気液二相流の多次元解析，高速増殖炉構造材の超長寿命疲労強度特性に関する基礎研究，FBRプラントにおけるき裂進展評価手法の高度化に関する研究，高出力ミリ波セラミックス焼結法による制御棒材の改良と長寿命化）について2002年度分を実施した。

東京大学及び京都大学との先行基礎工学研究協力に基づき実施しているナトリウム冷却FBR用熱電発電システムに係る共同研究の一環として，2003年3月に小型ナトリウムループを用いた熱電素子の基礎特性を把握した。

大阪大学との共同研究として，原子炉容器廻り検査装置に搭載を検討しているEMAT（電磁超音波探傷器）に用いる高性能磁石配置の検討，超音波の伝播特性解析等を実施した。

九州大学との公募型研究として，蒸気発生器の伝熱管内に挿入された探傷プローブの振動ノイズの原因究明を目的とした実験を実施した。

（敦賀本部）



- 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 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、安全性を大前提として、軽水炉サイクル及び他の基幹電源と比肩する経済性を達成し得るよう、FBRサイクルが本来有する長所を最大限に活用した実用化像を提案し、併せて将来の社会の多様なニーズに柔軟に対応できる開発戦略を提示することにより、FBRサイクルを将来の主要なエネルギー供給源として確立する技術体系を整備することを目的とする。

本研究は、フェーズⅠ（1999年度、2000年度）及びフェーズⅡ（2001年度から5年間）と、段階に分けて実施することとし、1999年7月から、サイクル機構、電気事業者、（財）電力中央研究所（電中研）及び日本原子力研究所（原研）などからなるオールジャパン体制で研究開発を開始した。さらに、その後の研究開発については、5年程度ごとにチェック・アンド・レビューを受け、ローリングプランで進め、競争力のあるFBRサイクル技術を2015年頃までに提示することを目標としている。

フェーズⅡでは、フェーズⅠで抽出したFBRシステム及び燃料サイクルシステムに関する有望概念について、候補概念相互の可能な限り定量的な比較評価を実施できるレベルまで設計研究を深めるとともに、技術的選択の根拠を示す上で必要となる要素技術開発（データを取得する試験の実施、設計評価のための解析技術の整備等）を実施し、これらの成果を基にFBRサイクル全体の整合性に配慮しながら実用化候補概念として有望な2～3の候補を選定し、併せて必要な研究開発計画（ロードマップ）を提示することとしている。

フェーズⅡの2年目にあたる2002年度第4四半期では、2002年度の成果報告書の作成に着手した。また、2003年度末のフェーズⅡ中間取りまとめの

ための報告書作成準備を進めるとともに、フェーズⅢ以降の研究開発計画の作成に着手した。

2.高速増殖炉システム

2002年度第4四半期は、2003年度に予定されている中間取りまとめに向けて、各炉の設計研究と要素技術開発を着実に進展させた。以下に、炉概念ごとに進捗状況を概説する。

ナトリウム冷却炉

プラント設計では、大型炉及び中型炉のシステム成立性について検討を進めた。大型炉では、炉心上部機構（UIS）等の炉内構造物を流動適正化の観点から定め、当該構造物の構造健全性の見通しを得た。中型炉では、配管からのナトリウム漏えい対策の設備設計を行うとともに、建家配置、主要機器の配置設計を行った。また、システム設計の概略を定めることにより、運転に伴う廃棄物量を算定した。

混合酸化物（MOX）燃料を用いた炉心設計では、内部転換比を向上させ長期運転サイクルを達成できる太径ピン燃料を用いた炉心について、炉心損傷初期の即発臨界超過を防止するなどの安全性上の要求と整合させることを狙った炉心設計を継続実施中である。金属燃料炉心では、高燃焼度・高照射量での変形を考慮した炉心燃料仕様について炉心特性評価を行った。また、炉心出口温度を高温化した炉心燃料仕様を設定し、炉心特性評価を行った。

安全設計では、MOX炉心に対して軸方向ブランケット一部削除集合体（ABLE）の炉心損傷事故時の再臨界回避能力について、既存試験データと解析に基づく検討に加えて、多様な炉心損傷起因事象に対するリスク低減効果の検討を継続して進めている。

要素技術開発では、大口径配管試験のエルボ部

及び合体機器試験の管束部について試験装置を製作し、試験の予測解析を実施した。(図1)原子炉容器のコンパクト化に関する技術開発として、原子炉容器上部プレナムを模擬した縮尺モデル水流動試験を実施し、流動安定化方策を考案し、その有効性試験を実施するとともに、ガス巻き込み防止試験装置の設計・製作を完了した。

保守・補修性の検討では供用期間中検査(ISI)の検討の方向性をまとめた。具体的には安全性、経済性のリスクの高い部位を検査が必要な箇所として選定し、機器の機能維持、構造健全性確保のために検知すべき破損の大きさを求める検査間隔、試験装置の精度を暫定した。また、選定した検査対象部位の ISI に適用可能な技術として検査技術の広範な調査を行い、ナトリウム中超音波探傷試験(UT), ナトリウム中目視試験(USAM), 湾流探傷試験(ECT), 電磁超音波探傷試験(EMAT)を選定し、これら試験装置の実用化に向けた開発計画を策定した。

2次系簡素化蒸気発生器(SG)概念に関わる要素技術としては、中間媒体に鉛ピスマスを用いた SG を対象にし、伝熱管破損時に想定されるナトリウムと鉛ピスマスの反応生成物の特性確認試験を実施した。また、ナトリウム中への鉛ピスマスの注入試験を実施し、鉛ピスマスの移行挙動について

て分析中である。

鉛ピスマス冷却炉

鉛ピスマス冷却中型炉のプラント概念の2002年度の検討では、耐震性や運転性、熱的な構造健全性の概略評価、経済性評価用のデータ整備等を実施している。また、炉心関連では昨年度構築した炉心を基に、DDI(ダクトダクト相互作用)防止、高内部転換を活用した高燃焼度炉心の検討、MOX炉心の検討等を実施している。

熱的健全性評価ではナトリウム炉での検討結果を基に冷却材や構造材料の相違点等から発生応力の概算の推定値を求め、構造健全性の見通しについての検討を開始した。また、2002年度の検討結果の取りまとめを行うとともに、構築した概念に対する経済性評価のための物量評価を実施している。炉心設計のDDI防止に関する検討では、2001年度構築した炉心仕様を基に評価を実施した結果、自然循環炉心及び強制循環炉心ともダクト肉厚、ダクト間ギャップの増加が必要なことが分かった。これに対する炉心仕様の見直しの結果、燃料体積比の低下に伴い増殖比や炉心取出燃焼度はやや低下するものの、設計要求をほぼ達成できる見通しを得た。

要素技術開発では、ドイツ・カールスルーエ工研究所(FZK)を始め、国内外の研究所及び大学等

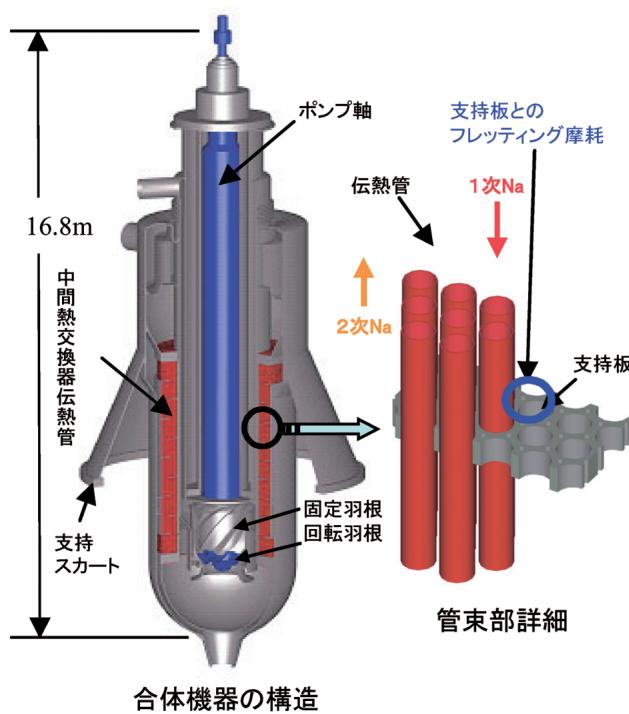
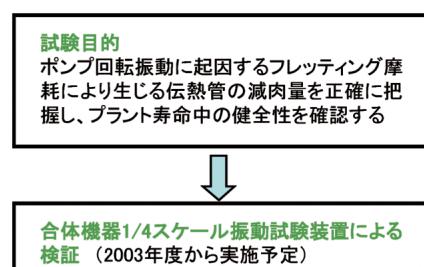


図1 合体機器の伝熱管フレッティング磨耗試験



と共同で腐食特性に関する研究を実施している。2001年度より開始したFZKとの共同研究では、炉心・構造材料の耐食性確認試験について、ロシアの研究機関（IPPE）が推奨している酸素濃度制御条件における浸漬時間800～10,000時間 試験温度500～650 の停留鉛ビスマス環境の耐食性確認試験を完了し、今後10,000時間試験後の試料分析を進める予定である。また、温度550 ℃、流速2 m/sec、試験時間10,000時間、酸素濃度制御環境（10⁻⁶wt.%）の流動条件下における耐食性確認試験に着手した。

ガス炉

被覆粒子燃料型ヘリウムガス冷却炉を対象に引き続き設計研究を実施している。2001年度より検討を進めてきた横方向流・被覆層表面直接冷却型の炉心（概念1）では、取出し平均燃焼度を約100GWd/tから約150GWd/t程度にまで増加させた高燃焼度化炉心概念の検討を進め、目標とする安全性能を確保するために燃料集合体構造の工夫や、Pu富化度分布の調整による出力ピーキングの低減化方策等を取り入れた概念を検討し、安全評価を通じてこれらの方策の効果の確認を行った。

一方、被覆層破損による1次系内汚染の可能性に対応するため、燃料被覆層の外側にもう1層のパウンダリを備えた炉心概念（概念2）の検討も進めている。パラメータ解析の結果、冷却チャンネルを有する六角ブロック型容器内に被覆燃料粒子を充てんし燃料粒子間をSiCの固相マトリックスとする燃料集合体概念をレファランスとして選定した。当該概念に対する解析評価を実施し、炉心性能と安全特性について整理を行った。

概念1と概念2の炉心形態について、開発目標への適合性等の観点から比較検討を行い、ガス冷却炉のポテンシャルを評価していく上での炉心形態としては、概念1を代表概念として設計研究等を進めていくこととした。なお、ガス冷却炉の炉心形態については、今後とも国内外の炉心・燃料要素の開発動向を十分に注視し、新たな展開を図ることを含めて柔軟に対応していく予定である。

直接サイクルガスタービン方式のプラントの系統・設備概念については、炉心損傷時の概略事象推移やコアキヤッチャ設備概念の検討を継続し、未臨界性の維持特性や除熱性等について概略評価を行った。また、耐高温構造対策として炉容器内部構造の熱遮へい体構造等に着目した設計研究を

進めた。

小型炉

小型炉についてはナトリウム冷却小型炉、鉛ビスマス冷却小型炉を対象とした設計研究、並びに多目的利用として水素製造に関する検討を引き続き実施した。

ナトリウム冷却小型炉については出力150MWe、金属燃料炉心を採用した反射体制御・強制循環方式、制御棒制御・強制循環方式及び自然循環方式の3概念について炉心検討及びプラント概念の構築を実施した。炉心燃料設計では上記3概念の炉心仕様に対して安全解析を行った。その結果、炉心等価直径が大きいものの、低冷却材温度係数や低圧力損失の特徴を活かした本炉心では、炉心径方向熱膨張反応度に期待しなくとも、ATWS（異常な過渡変化時のスクラム不作動事象）時に炉心損傷が発生せず、高温静定できる可能性を明らかにした。また、上記炉心は、炉心等価直径が大きいため、物量削減の観点でより合理的な燃料仕様とする方針を検討し、新たな受動安全機能の具体化や、これの導入・活用を図った炉心燃料仕様を検討し、その特性を評価して設計データをまとめた。プラントシステム設計では反射体制御及び制御棒制御の原子炉構造並びに冷却系の検討を行い、同一の炉心等価直径に対して、制御棒制御の方が炉容器径を若干低減できるが、物量に大きな差異が無いことを確認した。また反射体の課題（交換方法、冷却方法、支持方式）について整理した。

鉛ビスマス冷却小型炉については、炉心仕様変更による安全性の見通しを把握するために、フィードバック反応度の不確かさや制御棒本数などをパラメータとした安全解析を実施して、炉心扁平化、制御棒本数低減などの炉心仕様変更の見通しを取りまとめた。

多目的利用に関する検討についてはメタンガスの水蒸気改質法による水素製造プラントを対象として、製品水素中へのトリチウム挙動の検討や水素製造プラントの配置計画などを行い、概略の水素製造単価を算出した。

炉型に共通な技術開発課題

高性能被覆管（ODS鋼）の開発では、製造コスト低減化方策の一環として、2001年度に製造した海外HIP（熱間等方加圧）素管を対象に、評価試験や国内での押出し試験を実施し、これらの結果

を基にして素管製造コスト低減効果をまとめた。また、2001年度に製造した中空キャプセル大型素管から長尺被覆管製造試験を実施し、実機製造プロセスの実現見通しを評価した。ODS鋼被覆管の強度特性に及ぼす過剰酸素効果についても評価を進めた。

ロシアBOR 60炉でのODS鋼被覆燃料ピン先行照射試験のため、日本より発送した上部端栓付の照射用ODS鋼被覆管は、2003年1月にロシア・原子炉科学研究所(RIAR)に到着した。同年2月にRIARにて照射実験に関する技術会議を行い、照射燃料ピンの設計・製造仕様を確定した。BOR 60照射試験開始は2003年6月末を予定している。

「常陽」での照射試験については、2007年にODS鋼被覆燃料ピンのキャプセル照射試験を開始する予定で準備を進めている。燃料ペレットを充てんした後の下部端栓溶接は、コスト低減化を図るためにレーザ溶接の適用を検討しており、溶接部の強度特性を評価している。

超ウラン元素(TRU)酸化物燃料ピンについても「常陽」での照射計画の立案・調整を継続して実施している。

再臨界回避概念成立性を見通すためにカザフスタンで実施している試験研究(EAGLEプロジェクト)では、炉外試験について融体生成技術の検討を継続するとともに2003年度以降実施されるナトリウムを用いた試験のための設備設計を具体化し製作に着手した。炉内試験については、IGR(黒鉛減速パルス出力炉)の駆動炉心と試験燃料の核的結合係数を把握するための予備試験を実施し、その結果に基づき試験体設計を具体化するとともに、試験実施に向けて試験体製作、許認可手続き、手順具体化等の準備を進めた。

自己作動型炉停止機構(SASS)の開発では、誤落下等に対する信頼性を確認すること等を目的とした「常陽」炉内試験に向けた準備を進めている。電気事業者の電力共通研究により進めていた炉内装荷用のSASS試験体製作が完了した。2004年5月より炉内試験を開始する予定である。

構造設計手法については革新的構造概念の検討として、様々な非弾性解析モデルを現状設計の原子炉容器液面近傍の損傷評価に適用し、同部位が非弾性挙動を示すこと、及び有意な累積非弾性ひずみが生じることを把握した。SGの球形管板の設計手法については、初期段階として、多孔平板形

状を対象として、円孔まわりの局所的な複雑形状の簡易な形状による置換を行い、簡易モデルを積み上げて管板全体モデルを作成した。これにより手動トリップ時の熱過渡に対する挙動を解析し、巨視的には塑性ひずみが生じる可能性が低いことを把握した。

12Cr鋼の開発では、(a)配管材の熱処理条件案の提示、(b)タンゲステンの中添加材及び無添加材(以下、「2鋼種」という。)の特性評価試験の実施、(c)2鋼種の継ぎ手試験と短時間特性試験の実施、(d)火力仕様12Cr鋼及び2鋼種の熱時効試験の実施、(e)FBR候補熱処理材についてクリープ疲労試験、(f)ナトリウム中クリープ疲労試験装置の整備を行った。

3次元免震システムについては、ナトリウム冷却中型炉及び鉛ビスマス冷却中型炉に対するプラント耐震設計の成立範囲を検討し、ナトリウム冷却中型炉の建屋全体3次元免震方式及び建屋水平免震+機器上下免震方式に対する要求条件が上下振動数3Hz程度、上下減衰率20%程度であること、鉛ビスマス冷却中型炉の建屋全体3次元免震方式に対する要求条件が上下振動数0.67Hz程度、上下減衰率20%程度であること及び建屋水平免震+機器上下免震方式では、免震装置の配置が困難であり適合しないことが分かった。3次元免震構造設計手法の検討としては、3次元免震応答低減方策の検討、地震応答解析における支持地盤のモデル化の影響検討、原子炉容器の座屈評価及び制御棒挿入性評価の精緻化について技術的知見を整備した。

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概念ごとのシステム設計研究及び要素技術開発の進捗状況を概説する。

(1) 再処理システム

システム技術開発では、フェーズIの成果及び2001年度の機器・設備概略検討結果、燃料組成変動に対する運転モード検討結果等を基に、プラント全体の操業性を考慮したシステムフローの検討を進め、2002年度の設計作業をまとめた。

先進湿式法

システム技術開発では、代替・補完技術について、超臨界流体直接抽出法を採用した小型プラントの経済性見通しを得るとともに、試験検討に基

づき抽出クロマトグラフィ（イオン交換）やアミン抽出法のフローシートを策定した。また代替・補完技術の採否を含め、システム実用化のための枢要技術を洗い出すとともに、要素技術開発とシステム技術開発の整合に留意したロードマップの検討に着手した。

高レベル放射性物質研究施設（CPF）においては、2002年12月の溶解試験に引き続き、溶媒抽出試験、直接抽出試験、晶析試験等のホットプロセス試験を実施した。

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、RIARで実施した電共研試験のデータの評価を行った。本試験は、酸化物電解法の枢要技術であるMOX燃料電解共析工程において、実際の使用済燃料の処理を想定して複数の核分裂生成物（FP）イオンを溶融塩中に添加し、電解がどのような影響を受けるかを調査するものであり、電流効率や析出顆粒のPu富化度に対する核物質濃度、不純物濃度等の影響の把握を進めた。

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Pu試験用設備において放射性物質を用いないコールド試験を引き続き行い、試験装置の性能を確認した。また、電中研と原研との共同研究においては、原研大洗研究所のアルゴン雰囲気グローブボックス内に設置した小規模電解槽を用いて実施している液体Cd陰極中のPu、U及びAmの共析試験、Cd陰極インゴットを対象とした陰極回収金属試験のために将来的に同グローブボックス内への設置を想定して試作された蒸留試験装置の昇温性能試験などを継続実施した。

高速電解精製装置及び還元抽出装置に関しては、電中研の公募研究として、工学規模装置の試験に向けた設計・製作が開始された。

（2）燃料製造システム

システム技術開発では、セル内配置設計方針の具体化と、主要設備に対する機器概念、マテリアルハンドリング設備、ライン構成の検討及びセル内機器配置設計を実施している。今期においては、2002年度の設計作業のまとめを行った。

簡素化ペレット法

システム技術開発に関し、量産・遠隔操作に対応した機器・設備概念及び製造ラインの構成について検討した。また、セル内での製造より、機器

の運転・保守・補修性や安全性の検討により、設備能力やバッファ容量の定量化を図った。

ショートプロセス製造技術については、外部評価に係る研究開発成果取りまとめ作業を進めると共に、製品ペレット燃料の品質保証に関する評価等を実施した。低除染TRU燃料開発については、Amを含有する高除染MOX燃料ペレット及びAm/Npと模擬FPを添加したペレット燃料について、照射条件と燃料仕様を検討し、照射試験の詳細検討を実施している。

振動充てん法

今後の振動充てん法の評価に向けたゲル化試験や振動充てんに関する小規模ウラン試験の実施に備えて試験設備の整備を進め、東海事業所の応用試験棟にウラン試験用のフードの設定を終了した。このほか 模擬物質による金属ウランゲッタ充てん試験等、振動充てん条件の最適化のための試験を進めた。

またスイス・ポールシェラー研究所（PSI）との共同研究において、オランダHFR炉で2003年より振動充てん燃料照射試験を計画している。PSIにおける照射用燃料の製造に備えた製造試験を行い、球状粒子燃料、模擬塊状粒子燃料、比較照射用ペレット燃料ともに所定の仕様を満足できる見通しを得た。また、今夏の完成を目指して照射燃料の製造を開始した。

鋳造法

電中研 原研共同研究で予定しているU Pu Zr单スラグ作成試験用に設計・試作した射出成形装置でCu Zr等の模擬物質を用いた射出成型試験により装置の性能試験を継続した。また、原研大洗研究所に設置予定の新規グローブボックス及び射出成形装置の具体的な設計を行った。さらに、製造した燃料ピンの「常陽」による照射に向けた実施体制や分担が整った。

（3）その他

新リサイクル技術（ORIENT cycle）³についてには、昨年度検討の詳細化を図るとともに、分離技術を中心とした革新プロセスの創成にむけてのアクションプランを検討している。今期は新しい分離技術の検討を進めるため、若手を中心としたワーキング・グループによる検討を開始した。ORIENT cycleは核燃料サイクル全体を見渡して分離スキームを最適化する概念であるので、ワーキング・グループでは分離技術者のみならず廃棄物等

幅広い分野のメンバーが集い議論を行っている。

4. 統合評価

FBRサイクル総合評価技術委員会を開催し、研究開発ロードマップ及び導入シナリオについて外部の専門家との討議を行い、それらの基本構成に関する意見を聴取した。また、環境負荷低減に関する原研との研究協力会議を開催し、超寿命核分裂生成物(LLFP)の分離及び核変換に関するシステム設計、高レベル放射性廃棄物の地層処分に対する分離変換の効果などについて議論した。

導入シナリオ関連の研究開発については、内部転換比を高めて、単位発電あたりの必要燃料量を削減し、より高い経済性を狙った炉心などを対象とした物質収支計算並びにFBR導入シナリオの検討を行い報告書に取りまとめるとともに、原子力学会において口頭発表した。また、フェーズⅡ中間評価に向けた導入シナリオの予備解析／評価を行い、現時点でのFBRサイクル導入シナリオの特性を明らかにした。さらに、高速炉による水素製造技術に関する国際会議への論文を大洗工学センター要素技術開発部の新材料研究Gr.と共同で作成した。

解析ツール開発関連については、開発戦略へのファイナンス理論^{*1}の応用として、FBRサイクル研究開発の選択オプション、開発期間、投資資金などを設定し、意思決定評価システムのプロトタイプの適用性を検討した。また、新型被覆管の研究開発シナリオにおける柔軟性の評価を試みた。投資対効果の評価については、FBRサイクルを世界的に導入した場合の効果を取り入れた解析検討を実施した。評価指標については、FBRサイクルと他電源との比較評価のため、エネルギー効率、社会的受容性、核拡散抵抗性、技術的実現性などの指標と評価手法を提案し、予備的評価

を実施した。諸量解析コードについては、FBR導入量の自動調整機能、軽水炉で回収されるマイナー・アクチニド(MA)のFBR受入オプション機能の追加、計算結果出力機能の整備などを実施し、技術報告書としてまとめた。ファイナンス理論の適用と社会的受容性の検討については、原子力学会において口頭発表した。

FBRサイクルデータベースの約7千件の登録資料情報で、開示区分が不明であった約4千件の登録内容をチェックし、公開／非公開の明示、発行日、出典などの修正や追加を実施した。また、本データベースシステムの検索機能の一部をサイクル機構のインターネットに公開し、内部利用を図った。設計情報データベースについては、フェーズⅡ中間評価のための整備をほぼ終了し、システム設計関係者にデータシートと技術的な総括のための整理表の内容を説明して配布した。

FBRシステムのリスク評価については、ABLE型炉心の溶融燃料排出の有効性について現象論を整理し、イベントツリー^{*2}によるリスク特性の検討を実施した。また、ガス冷却炉及び鉛ビスマス冷却炉のリスク評価報告書を作成している。燃料サイクル施設のリスク特性把握については、乾式システムのリスク分析を実施し、溶融塩の漏えい、金属火災、射出成形装置での臨界について、事象発生原因及び放射能放出シナリオを展開した。また、放射性物質放出事象による放射線被ばくリスクの検討について報告書を作成している。

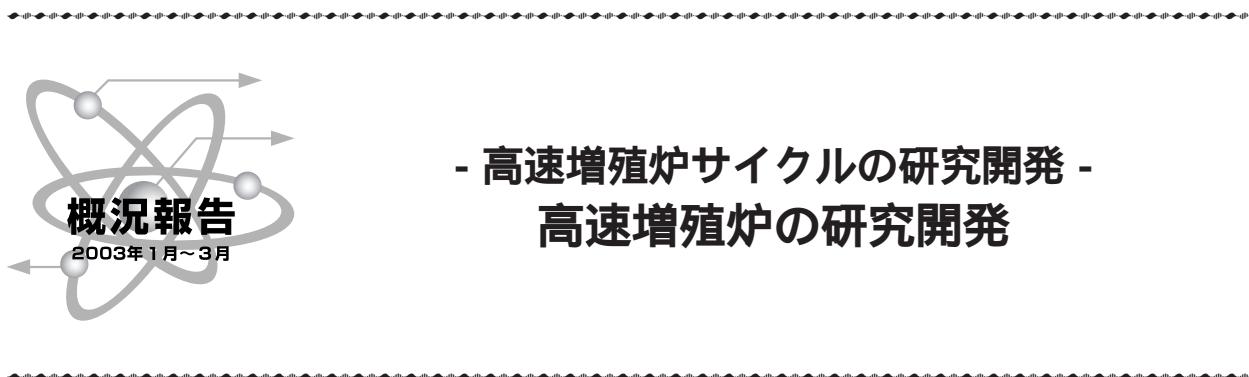
参考文献

- 1) 野田 宏、山下英俊、他：“高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 フェーズⅡの2001年度成果”，サイクル機構技報、No.16, 16-1 (2002).

(本社：経営企画本部
FBRサイクル開発推進部)

*1 ファイナンス理論：ファイナンス(金融)部門における投資選択やリスク管理などにおいて用いられている理論を指す。ポートフォリオ選択理論やオプション価格理論などが知られており、これらを基礎とした「金融工学」が最近注目されている。

*2 イベントツリー：起因事象発生時にその拡大を防止するためにあらかじめ設けられている安全機能のうち、どれが成功し、どれが失敗したかの組み合わせを考えて、事故の進展ケースを分類するための系統図。



- 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 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、安全確保を前提に、「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、液体金属等を冷却材として利用）を踏まえて、「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、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大安全研究に研究成果を反映することを目的に重点化を図って進めている。

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「常陽」、「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。

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。

確率論的安全評価（PSA）手法については、鉛ビスマス炉の設計情報を基にリスク評価モデルを作成した。FBR機器の信頼性データベースについては、「もんじゅ」の信頼性データを登録した機器信頼性データベース“CORDS”を用いてNa用機械式ポンプ、弁等の主要な機器の故障率の再評価に着手した。

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を開発し、FBR燃料（主としてMOX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、燃料ピン熱特性に及ぼす燃焼効果に関する知見を整理し、Journal of Nuclear Materialsに投稿した。過出力条件下での破損限界評価については、原研 サイクル機構合同安全研究報告会（3月7日、星陵会館）でこれまでの成果を報告した。また、新型燃料の過渡試験については、米国アルゴンヌ国立研究所との共同研究の中で、米国との共通試験計画の候補試験の明確化、試験体・計装設計の具体化を行うとともに、候補となる照射済み燃料の既存の照射後試験（PIE）データの収集と新たなPIEの実施に向けた準備を行った。

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。

炉心物質移動挙動試験については、融体プール／冷却材流路隣接型試験を3試験実施し、これま

での試験結果と併せてデータ分析に着手した。仏国放射線防護・原子力安全研究所 (IRSN)との共同研究で実施しているCABRI RAFT炉内試験では、溶融燃料とスティールの伝熱特性に着目した試験 (TP A2, TP3)について炉心崩壊過程解析コード“SIMMER III”を用いた解析評価を実施し、日本原子力学会春の年会で発表した。カザフスタン共和国国立原子力センター (NNC)の試験炉IGRを用いた再臨界回避に向けた試験研究 (EAGLE プロジェクト)においては、融体の排出経路の壁破損挙動について調べる試験 (WF) の試験準備を進めるとともに、炉外試験ではナトリウムを用いない条件での要素試験を3回実施した。また、カザフ NNC 技術者との技術会議を開催し、進捗確認とスケジュール調整を行った。

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。

高燃焼炉心内熱流動現象の評価については、サブチャンネル解析コードを用いた集合体内混合特性試験の検証解析を実施した。また、インターラッパーフローの炉心形状依存性についての実験解析結果を報告書にまとめた。サブチャンネル解析コード“ASFRE”と燃料ピンバンドル変形解析コード“BAMBOO”との連成解析については、必要なインターフェイスの改良を行うとともに、これまでに実施した予備解析結果を報告書にまとめた。過渡伝熱流動現象評価に関する研究においては、サーマルストライピングに関して、国際会議 (ASME JMSE) 1件、国内学会 (機械学会及び原子力学会) 6件の発表を行った。ナトリウム中流動現象計測手法開発については、ナトリウム中で構造物を視認する技術の一つである高温用超音波トランステューサー及び信号処理アルゴリズムの特性及び性能の評価を行い、報告書にまとめた。

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、燃料からのFP放出を固体内の拡散で表現する“BOOTH”の炉内ソースターム総合解析コード“TRACER”への組み込みを完了した。蒸気発生器に関する安全技術高度化研究に関しては、FBR サイクル実用化戦略調査研究に反映するため、12Cr 鋼伝熱管のナトリウム・水反応によって生じる熱と反応生成物が機械的、化学的に与える損傷を評価するウェステージ試験を実施した。ナトリウム漏えい検出システムの高度化については、ナトリウム燃焼エアロゾルを用いたレーザーブレークダウン法によるナトリウム漏えい検出系の適用性を評価するための感度評価試験について、これまでの成果をまとめ、原子力学会春の年会で発表した。

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。

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 術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は、露国臨界実験装置 (BFS) 実験解析成果の最終報告書を露国物理エネルギー研究所 (IPPE) より受領し、4 年間の共同研究を完了した。熱流動評価技術の開発では、高燃焼度変形バンドルの熱流動解析を行った。

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、混合酸化物燃料 (MOX) ペレット燃料を中心に、集合体取出平均燃焼度 150 GWd/t、ピーク線出力 400 W/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高燃焼度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，振動充てん燃料，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は，MOX燃料ペレットの高燃焼度におけるギャップコンダクタンスに関する論文を作成し，Journal of Nuclear Materialsに論文投稿した。炉心材料開発では，酸化物分散強化型(ODS)フェライト鋼の瞬間応力負荷試験について，その途中経過と組織解析結果に基づき，今後の研究の方向性について検討した。また，フェライト鋼ラッパ管の異材溶接部熱膨張差応力による累積塑性歪に係る健全性について検討した。新型燃料開発については，窒化物燃料のFPガス放出挙動と燃料スエリングに着目した評価を継続実施した。

照射技術開発及び照射後試験技術開発

高速実験炉「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を評価する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，遮蔽密越しにマニプレータを用いた遠隔操作により試験を行う。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照射後試験技術開発を進めている。

照射技術開発は，「常陽」用のレーザー共鳴イオン化質量分析システム(RIMS)により，温度制御型材料照射装置(MARICO)試料破断時に採取した1次系カバーガスを分析した結果，タグガスの種類を同定できることを確認した。

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，分離変換を行うことによる地層処分のメリットについて，概略評価を終え，次年度計画を作成した。

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，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，並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。

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置いて進めている。

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“FAINAS”的機能改良として，大型三次元構造モデルの詳細解析(100万自由度)を可能とする直接法/反復法混合型の高速ソルバの開発を終了し，実用化戦略調査研究で検討されている球型管板の解析に適用し(図1参照)，性能を検証した。構造健全性評価に係る解析・評価技術の開発では，構造健全性の定量的評価に関する方法論開発として，破損確率評価法の標準化のまとめを行うとともに，モンテカルロ法を用い，材料データベース“SMAT”に“SMAT P”としてサブコード化した。

そのほか，サーマルストライピングき裂進展評価法の開発成果をPVP2003(2003 ASME Pressure

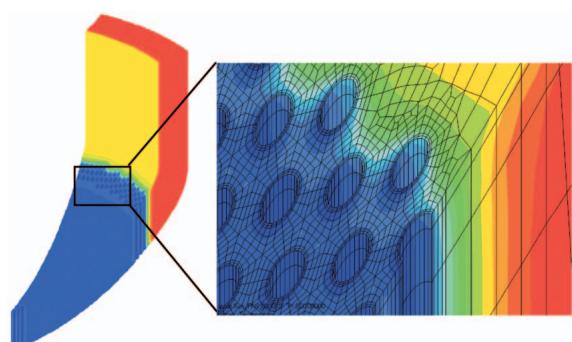


図1 大規模3次元解析例(球形管板；約100万自由度)

Vessels and Piping Conference)に,系統熱過渡荷重想定法をSMiRT17(17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology)への投稿論文としてまとめた。システム化規格技術の開発については、裕度交換(裕度の重複を避け、過剰な裕度を適正な水準に設定すること)について、現行の第1種機器と第3種機器を念頭におき、異なる信頼度目標に対する設計選択肢の選定について検討した。

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(12Cr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。

材料強度データベースの整備については、材料データベースシステム“SMAT”の公開に向けたデータ整備としてSUS304に関する各種材料特性のまとめを完了するとともに、SMAT機能に組織観察データを拡張したプログラム“SMAT i”的利用マニュアル作成を完了した。高クロムフェライト鋼の材料開発では、FBR用12Cr鋼(HCM12A FBR)の高温破壊靱性試験データを用いてR6法(英国CEGBが提案した簡易破壊評価法)による12Cr配管の破壊評価を試行した。また、最適材料組成の検討に必要な高純度鉄基合金及び高純度クロム基合金の材料試験を継続した。Pb-Bi腐食特性評価及び腐食制御基礎技術の開発では、独国カールスルーエ研究所(FZK)と共同で実施している主要国産FBR材料(316FR,HCM12A,ODS)を対象とした停留Pb-Bi共晶合金(LBE)中腐食性確認試験における酸素濃度をパラメータとした10,000時間及び2,000時間の腐食試験を終了するとともに、流動LBE中浸漬試験については、HCM12A及びODS鋼の試験に着手した。そのほ

か、腐食機構解明に向けた詳細材料分析を行うとともに、2,000時間までの腐食試験後の分析結果をまとめ、原子力学会春の年会に報告した。また、溶解度特性評価において、LBE中酸素の分析技術を確立した。漏えいナトリウムの活性抑制技術の開発においては、 Na_2O_2 の高温大気中での鉄との反応挙動について成果を報告書にまとめるとともに、原子力学会春の年会に発表した。また、ナトリウム漏えい環境を模擬した条件下での12Cr鋼(HCM12A)の腐食評価試験で得られた成果を技術資料にまとめた。

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な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、皿バネ、減衰装置、水平荷重支持機能を備え、ガイド構造と組み合わせた免震要素の構造を具体化した。次年度実施予定の水平支持装置機能確認試験に関する検討を行ない、縮尺モデルのサイズ(1/2)を決定した。3次元免震構造とその評価技術については、建屋3次元免震(3候補)の免震要素に関する性能試験計画を策定し、試験体(減衰機構、ロッキング抑制機構含む)の設計、製作を行なった。

2. 高速実験炉「常陽」

「常陽」は、液体金属ナトリウム冷却の高速増殖炉(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、高性能燃料・材料の開発をより効率的に進めること及び外部からの幅広いニーズに即した照射試験を行うために、「常陽」高度化計画(MK III計画)を進めている。MK III計画では、MK II炉心より高速中性子束を高める(約1.3倍)とと

もに、炉心燃料領域を拡大し、制御棒の配置を変更して照射用集合体装荷数を増加（約2倍）及び燃料取扱設備の自動化等により照射運転時間の増大（約1.5倍）を図る。これら炉心の高中性子束化と炉心領域の拡大に伴い原子炉定格出力が100MWから140MWに増大することにより、冷却系の機器（主中間熱交換器2基、主冷却機4基及び2次主循環ポンプ用モータ2台）の交換が必要となり、2000年6月より2003年7月頃の臨界を目指し改造工事を進めている。表1 工程表参照。

施設の点検及び改修については、第13回施設定期検査

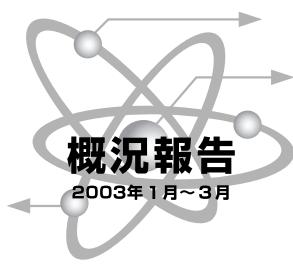
期検査及びMK III関連作業を継続実施している。

MK III炉心構成のための燃料交換を2003年1月下旬に完了し、その後、一次系冷却系を主としたMK III総合機能試験（その2）を3月上旬まで実施した。また、MK III初装荷用燃料60体の製造を2002年5月に完了した後、燃料輸送を3月にすべて完了した。今後は、6月まで施設定期検査、運転前確認等を順次進め、7月に原子炉を起動して10月末まで性能試験を行う予定である。

（大洗：開発調整室）

表1 工程表

年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度
運転工程	MK 運転	第13回定期検査		性能試験	MK 運転
MK 計画	炉心冷却系機器据付工事・総合機能試験・性能試験			合格	第14回定期検査



- 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 高速増殖炉燃料の研究開発

1. 燃料の研究開発

本業務は、高速増殖炉燃料サイクルのトータルコストの大幅低減を可能にする燃料の開発を目的としている。第1段階として加工、再処理コストが低く、高燃焼度化が可能な太径中空燃料を用いた高経済性炉心について研究し、燃料概念の絞りこみを実施している。

当該四半期においては、高速増殖炉を利用してプルトニウム(Pu)と共にネプツニウム(Np)、アメリシウム(Am)等のマイナーアクチノイド(MA)^{*1}をリサイクルするための燃料製造設備の概念検討を継続し、成型、焼結等の枢要設備の概念を固めた。

2. 燃料製造技術開発

中空ペレット製造技術開発は、高速増殖炉の運転サイクルの長期化(高稼働率)、燃料費低減のための高燃焼度化並びに高線出力化等に必要な燃料の中空ペレットの安定製造及び製品収率の向上を目的としている。

今年度は、中空ペレット製造用モックアップ試作機(造粒設備、成型設備)を用いて実施したコールド試験で得られたデータを基に、機器単体の性能評価試験を継続した。

簡素化プロセス技術の開発は、MOX(混合酸化物)燃料の製造プロセスを大幅に削減し、製造コストを抑えることを目的としている。

今年度は、硝酸溶液の段階でプルトニウム富化度を調整し、その後マイクロ波加熱脱硝により粉末化するとともに、この粉末の流動性を改良した簡素化プロセス MOX粉末を用いた焼結挙動把握試験を行った。

MOX粉末をペレットの形にする成型機のダイス(金型)壁面に潤滑剤を塗布し、ダイス壁面と粉末間の摩擦を軽減して成型をスムーズに行える

ようにするためのダイ潤滑機構を付加した成型機の設計検討を行うとともに、ダイ潤滑機構の確認のためのコールド試験を実施した。また、MOX粉末を各設備に気流で供給する気流搬送機能の確認のためのコールド試験を実施した。これらにより、簡素化プロセス要素技術の技術的成立性を確認した。

スフェアパック燃料の開発は、模擬粒子を用いた充てん試験を継続するとともに、UO₂を用いた粒子燃料製造試験を実施するため、応用試験棟に装置の設置を進めている。3月までに粒子燃料製造用の充てん試験装置を収納するフードを設置した。(写真1参照)

スフェアパック燃料の照射試験をスイスPSI(ポールシェラー研究所)及びオランダNRGとの共同研究により準備している。スフェアパックに加えて比較参照用のペレット、バイパックの各燃料製造試験を実施し、最適条件を決定した。この条件に基づき燃料製造を継続した。

スフェアパック燃料の設計コードの開発を進めている。既存のペレット用の設計コードに粒子燃料を評価するためのモデルを整備して追加する。



写真1 粒子燃料製造試験用フード

熱伝導度を評価するためのモデルについては、微焼結UO₂粒子を用いた測定手法の開発及びFP、TRUを模擬した低除染UO₂ペレットを用いた熱伝導度測定を継続している。機械強度を評価するためのモデルについては、粒子充てん体の実効弾性率モデルの改良を継続している。

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)中の放射性物質を短寿命核種や非放射性核種に核反応を利用して変換し、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。

米国ORNL(オークリッジ国立研究所)との共同研究の一環として、Tc 99が中性子捕獲する際に 10^{-14} 秒という瞬時に放出されるガンマ線の測定データの解析を完了し、報告書を取りまとめた。得られたガンマ線収量情報を基に、Tc 99(n, γ)反応の準位図の作成を実施し、この準位図を用いることにより即発ガンマ線分光法から断面積を求めた。そして、別の測定方法である放射化法により測定された結果と比較してクロスチェックすることにより解析手法の信頼性を確認した。

また、核断面積測定技術開発の一環として、即発ガンマ線分光法と飛行時間測定法による断面積測定手法の開発を並行して進めた。即発ガンマ線分光法については、断面積解析の際に必要となるGe検出器の検出効率の新校正法を開発した。飛行時間測定法については、京大炉保有のNp 237試料をターゲットに用いて、BGO検出器を用いた核断面積測定システムの性能向上試験及び熱中性子捕

獲断面積測定を目的とした照射実験データを解析し、飛行時間測定法用に開発した測定システムの特性データを取りまとめた。

核データ測定精度のさらなる信頼性向上を目指して、文部科学省公募型研究制度の一環として「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」を実施した。革新的な核データ測定装置である全立体角Ge検出器開発の技術要素である、反同時計測用BGO検出器の開発及びGe検出器のセグメント化技術開発を実施した。

4. 燃料製造

2003年度初めから製造する「常陽」MK III取替燃料集合体(85体)の準備作業として、貯蔵庫から工程への原料の払出し及び分析を行うとともに、昨年11月にロシアから調達した原料用濃縮ウランの焼結特性確認試験等を行った。

大洗工学センターへの「常陽」MK III初装荷燃料集合体60体の輸送については、当該四半期の5体の輸送をもってすべて完了した。

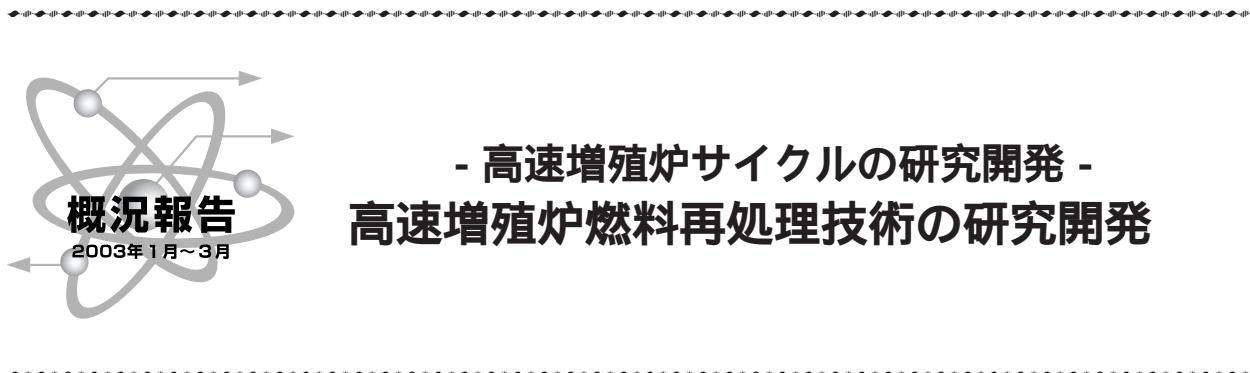
5. プルトニウム系廃棄物処理技術開発

プルトニウム廃棄物処理開発施設において、プルトニウム系廃棄物の減容・安定化処理技術に関する実証試験を行うことを目的に、焼却設備等による実証試験運転を実施している。

当該四半期は、焼却設備の2003年度当初の実証試験運転開始に向け、設備の保守点検等を実施した。

(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

* 1 マイナーアクチノイド：ウランやプルトニウムからの核変換により生成する放射性元素のうち、Np、Am、Cmの総称



- 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 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。12月11日にせん断を開始した使用済燃料ピンを用いたホット試験は、溶解、清澄、抽出試験を実施した。現在、試験で採取したサンプルの分析とデータ解析を行っている。また、直接抽出法や晶析法に関する基礎試験も開始した。照射済燃料を用いた簡素化再処理プロセス試験装置を写真1に示す。

(2) マイナーアクチニド等の湿式分離研究

マイナーアクチニド（MA）回収技術開発の一環として、アメリシウム（Am）等を分離する

TRUEX法、SETFICS法等の技術開発を継続し、高レベル放射性物質研究施設においてAmとCmとを分離するための技術の試験準備を継続している。

1.2 乾式法

現行の再処理法と比較し経済性に優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契約に基づいて高レベル放射性物質研究施設に設置した金属電解法プルトニウム試験設備の調整試運転等のコールド試験を継続するとともにウラン試験の準備作業に着手した。

酸化物電解法について溶融塩電解試験装置による二酸化ウラン顆粒電析試験を開始した。

また、米国LANL（ロスアラモス国立研究所）との共同にて実施している乾式再処理の保障措置システムに関する研究について米国DOE等との進捗確認打合せを行った。

2. 機器・材料開発

2.1 前処理工程機器開発

燃料集合体の解体に用いるYAGレーザの伝送ファイバーについて、実環境に近い照射条件とレーザ伝送条件での耐放射線性挙動を把握するためにファイバーの照射試験を実施した。照射条件は、258ケーロン/(kg·hr)と258ケーロン/(kg·hr)の2条件であり、それぞれ100hr照射を実施した。また、使用済燃料粉碎化技術開発としては、被覆管とペレット燃料部を一括して粉碎化することを目的に、昨年度製作・試験した機械式粉碎要素試験機について粉碎刃に着目した改良を継続した。さらに、粉碎燃料粉と粉碎金属粉の分離技術として、粉碎時の塑性加工時に金属部がマルテンサイ

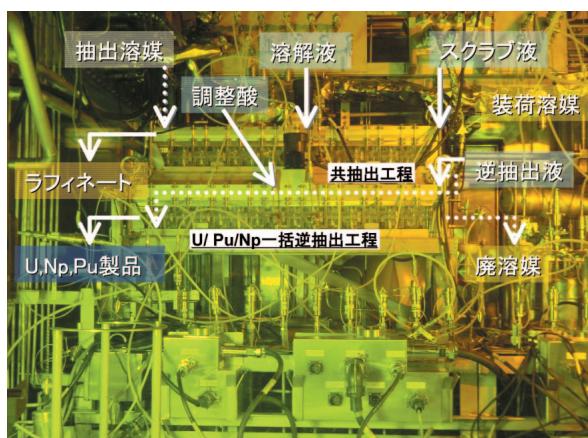


写真1 照射済燃料を用いた簡素化再処理プロセス試験装置（高レベル放射性物質研究施設）

ト変態を起こすことを利用し、磁気力によって金属部のみを除去する磁気分離要素機の製作を実施した。

2.2 分離工程機器開発

乾式再処理機器開発として、工学的な酸化物電解槽における溶融塩移送特性を把握するためのコールド試験を実施した。また、工学規模電解槽の電極構造の設計を目的に、溶融塩中の電析特性を把握するためのコールド試験を実施した。さらに、非接触型加熱装置の電解槽開発として、昨年度製作した形状管理型電解槽を誘導加熱するための加熱装置部の製作・据付を完了した。

湿式再処理機器開発として、遠心抽出器システムにおける単段停止時の抽出挙動等の把握を目的としたウラン試験を実施した。また、遠心抽出器

の高耐久性の評価を目的として4基の改造型駆動部を用いた遠心抽出器の第二回連続運転試験を実施中である。

2.3 材料技術開発

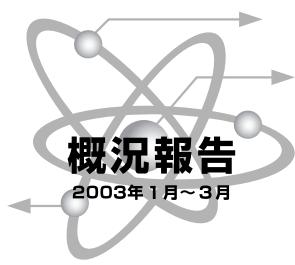
高温環境下での再処理機器用材料基礎データ取得のため、溶融塩環境における材料腐食試験を継続実施した。さらに、電解槽開発に資する目的で、コールドクルーシブル環境を模擬した材料腐食試験を実施し、材料温度と腐食速度の関係を確認した。

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RETF利用計画についての検討を継続した。

(東海：環境保全・研究開発センター)



高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発

1. 地層処分研究開発

1.1 処分技術の信頼性向上

(1) 緩衝材の連成挙動に関する研究

熱水応力化学連成挙動に関する概略モデルについて、溶存化学種と鉱物等の反応を考慮できるように、熱水応力連成現象に加え、物質移行現象及び地球化学反応を連成させるモデルの構築を継続して実施し、事例解析を行った。また、連成挙動研究の現状と計画を技術資料として取りまとめた。

(2) 緩衝材の長期力学的変形挙動

腐食膨張模擬試験のための試料の飽和作業並びに緩衝材のクリープ試験を継続実施した。緩衝材の流出に関する研究では、海水条件下における静水試験を継続するとともに、これまでの成果をとりまとめた技術資料を作成した。また、X線CT法の適用性検討として、ペントナイトへの水の浸潤過程の観察並びにガス移行挙動可視化試験を実施するとともに、それらの成果を取りまとめた技術資料を作成した。さらに、せん断応答挙動試験を行うとともに、ABAQUSを用いたシミュレーション解析を実施し、それらの結果を技術資料として取りまとめた。

(3) 緩衝材の化学的相互作用による変化

鉄型化ペントナイトの変質シナリオに関わるデータ取得のため、6年間静置していた試料の固相及び液相の分析を継続するとともに、新たに温度をパラメータとした鉄型化加速試験の予備実験を行った。コンクリートを処分場に使用することを想定し、高pH溶液によるペントナイトの変質挙動評価のため、アルカリ溶液中のモンモリロナイト溶解速度把握試験を継続した。

(4) オーバーパック材料の腐食評価に関する研究

高pH環境での炭素鋼の局部腐食発生・進展挙動を把握するための腐食試験を継続するとともに、

これらの成果を技術資料として取りまとめた。また、チタンの不動態皮膜の安定性及び水素吸収挙動に関して、主に還元性環境での実験的研究を継続し、1年間以内の短期試験の皮膜分析結果や水素吸収率等に関する成果を技術資料として取りまとめた。さらに、酸化性環境における銅の腐食局在化に関する試験を継続し、技術資料として取りまとめた。

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

天然ウランの移行挙動等について、シガーレイク鉱床等の鉱物分析を行った。ウラン鉱床周辺に存在する粘土層中での放射性核種の分布を求めたところ、粘土層へのウランの吸着及びウランの二次鉱物化が観察された。

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

多孔質媒体水理試験装置(MACRO)を用いた塩水浸入試験の境界条件を可動堰を用いて設定し、予備試験を行い、塩水楔ができる事を確認した。亀裂状媒体水理試験装置(LABROCK)では、単一の天然亀裂を有する岩体(1辺10cmのブロック岩体)の亀裂開口幅を3次元測定器により計測し、測定値に基づく不均質な開口幅を有する亀裂中の水の流れと物質の移動について格子ガスオートマトン法を用いて詳細に解析できる見通しを得た。また、単一亀裂を有する10cm角のブロック岩体について、CT装置を用いて非破壊状態で亀裂開口幅を計測し、計測データ(CT値)の開口幅の変換方法について検討し、その成果を1月に開催された第31回岩の力学シンポジウムで報告した。亀裂ネットワーク水理試験装置(NET-BLOCK)では、2002年度に実施した高流体を使用

した透水試験結果を取りまとめ、技術資料を作成した。

(2) 不確実性評価に関する研究

人工バリアのみ及び人工バリアと岩盤の境界部分の2次元化モデルの開発と解析を実施し、日本原子力学会2003年春の年会（2003年3月27日～29日）（以下、原子力学会という）で報告した。また、パラメータ不確実性についての解析結果に対する感度分析の方法論を技術資料にまとめ、原子力学会で報告した。

(3) 生物圏評価に関する研究

海域をGBI（生物圏流入域）としたモデルについてパラメータの感度解析を実施しその成果の取りまとめを実施した。また土壤をGBIとしたモデルの開発成果を技術資料にまとめた。

(4) 統合解析システムに関する研究

技術情報の体系化とデータベースの設計検討を進め、主な機能に関するプロトタイプを作成した。これらの成果を原子力学会で報告した。

(5) 性能評価研究

性能評価研究に関しては、核種の収着現象に関する研究と間隙水化学モデルの高度化に関する研究を行った。核種の収着現象に関する研究では、原子力学会において「JNC 収着データベースシステムの開発」及び「収着試験結果に対するモデルの適用性検討」について口頭発表を行った。緩衝材間隙水の研究に関しては、緩衝材と間隙水pH、組成等の時空間的变化を捉るために実施した、蒸留水系、人工海水系、低アルカリ性セメント浸出液系での試験結果について、技術資料を作成している。なお、今後補完データ取得のための追加試験を開始するとともに、中国産ペントナイトを用いた試験を実施し、国産ペントナイト（クニゲルV1）との比較検討を行う。データベースの公開に関しては、地層処分の安全評価への利用を目的として開発を進めてきた熱力学データベース及び収着データベースをホームページ上にて一般公開するための作業を継続して行った。

(6) 地層処分放射化学研究施設（QUALITY）における核種移行研究

還元条件における炭酸共存系でのNpの溶解度試験を継続するとともに、還元条件における炭酸共存系でのNpのスメクタイトへの収着試験を実施した。また、ペントナイト及び凝灰岩中のC、Clの透過拡散試験を継続した。現在までに得られ

た還元条件でのNpのスメクタイトに対する収着試験及びペントナイト中のClの拡散係数の成果を取りまとめ、原子力学会において報告を行った。

(7) 博士研究員による研究、先行基礎工学研究及び核燃料サイクル公募型研究

博士研究員による研究では、新第三紀の堆積岩（南房総千倉・白浜一帯）に発達する割れ目充てん物やサンプルを用いて天然亀裂のネットワーク構造及び水理地質構造に対する検討を行い、その成果を2002年度応用地質学会高松大会にて報告した（2002年10月31日）。また、割れ目系岩盤における水理・物質移動のメカニズムの評価手法の一つとしてジョグ構造の役割、その可能性や妥当性についても検討を行った。

一方「コロイドの固相表面への付着現象を考慮した亀裂性媒体中及び多孔質媒体中でのコロイドの移行メカニズムの解明及び核種移行評価モデルの開発」においては、コロイドの移行現象をより詳細に表現できる計算コード（COLFRAC）を導入するとともに、スイスグリムゼル原位置試験における核種移行へのコロイド影響試験のモデル化を継続している。

先行基礎工学研究で実施している「オーバーパック材腐食生成物が緩衝材性能に及ぼす影響に関する研究」においては、QUALITYにおけるNpを用いた拡散試験を継続した。

核燃料サイクル公募型研究で実施している「固液界面におけるアクチニドイオンの酸化還元反応メカニズム」においては、アクチニドイオン、特にNp(IV)のFe²⁺イオン及びマグネタイト表面での酸化還元メカニズムを解明するための実験を継続した。また「緩衝材及びその周辺岩盤の力学的安定基準の作成」では、模擬岩盤を用いた水理破碎試験を行い、その解析評価を実施した。

2. 深地層の科学的研究

2.1 地質環境の長期安定性に関する研究

隆起・侵食に関する研究では、10万年オーダーの隆起・侵食が地質環境に与える影響を把握するため、地形変化シミュレーションモデルの開発を継続した。気候・海水準変動が地質環境に与える影響を把握するため、河川の侵食・堆積による平野の地形発達に関する調査を継続した。氷期に形成が想定される永久凍土が地質環境に与える影響を把握するため、岩石の凍結・融解実験結果を

取りまとめた。

火山活動に関する研究では、地殻の温度構造を把握するため、九州北部及び紀伊半島を事例研究の対象として電磁法探査を実施し、二次元比抵抗構造の解析を行った。また、火山活動の長期予測モデルの開発については、第四紀単成火山群等を対象に空間統計学的手法を用いた確率モデルの検討を進めた。火山活動による地質環境への影響に関する調査については、坑井プロファイル、コア熱伝導率などのデータの収集・整備を進めた。

地震・断層に関する研究では、地下の震源断層等を抽出する技術開発の一環として、地下での震源断層の存在が指摘されている中国地方を事例研究の対象とし、地震の影響と考えられる地表リニアメントの判断基準に関する検討を継続した。また、断層活動による地質環境への力学的及び水理学的な影響等を把握する手法の開発を目的として、断層周辺岩盤の断層岩（断層粘土や断層角レキ等）、小断層、割れ目等の分布に関するデータを収集・整理し、それらの3次元的な分布の特徴を把握するとともに、水理地質構造モデル等の作成のための検討を継続した。

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データベースの整備を行った。また、地殻変動の将来予測の信頼性の向上を目指すため、地殻変動をシミュレーションする有限要素法プログラムの開発について、2002年度の成果を取りまとめた。

陸域地下構造フロンティア研究については、「内陸地震の発生メカニズムの解明」に一元化して地震発生に関する研究と活断層帯での地殻活動研究を継続している。

地震発生に関する研究では、弾性波アクロスの東濃鉱山内での観測試験を継続し、送受信のルーチン化を進めるとともに、正馬様用地内での地震観測アレーによるアクロス信号観測点を整備中である。また、地震計検定技術の高度化の一環として、アクロス震源を用いた地震計2次校正実験を継続中である。電磁アクロスについては、東濃鉱山内での観測試験を継続するとともに、瑞浪観測壕での新規観測点設置作業を終了し、東濃鉱山から連続送信したEM（電磁アクロス）信号を瑞浪観測壕で受信する電場・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中である。

2.2 地質環境特性に関する調査研究

(1) 東濃鉱山における試験研究

岩盤の力学的安定性に関する研究については、3次元応力場の同定のためのモデル化及び初期応力解析を実施した。長期岩盤拳動調査では、東濃鉱山の試錐コアを用いたクリープ試験及び坑道周辺岩盤の長期観測を実施し、これらに基づいた坑道クリープ解析を実施した。試錐孔の劣化調査については、月1回の定期観察及びデータの取りまとめを継続実施した。

坑道周辺の地質環境特性に関する研究については、坑道周辺の水理状態調査として、坑道周辺の3本の試錐孔において間隙水圧のモニタリングを継続実施した。また、不飽和領域における研究では、TDR（Time Domain Reflectometry）による原位置計測結果のキャリブレーションのための室内試験及び連続波レーダーを用いた不飽和領域の原位置計測の準備作業を行った。

ナチュラルアナログ研究については、隆起・侵食や断層活動がウラン系列核種の移行・保持に及ぼした影響を評価するために、ウラン鉱床を横切る断層の活動時期やウラン鉱床形成後の隆起・沈降量の推定を行った。

(2) 広域地下水水流動研究

地下水涵養量を算定するために、表層水理観測機器を用いた長期観測を継続した。深層を対象とした調査では、深度約500mの既存試錐孔において、地下深部の地質構造及び地下水水流動を把握するための調査を実施し、調査結果を取りまとめるとともに、新規試錐調査2孔（掘進長各約1,000m）に着手した。また、地下深部の水圧・水質の長期的な変化の把握のため、既存の試錐孔において地下水長期観測装置を用いた観測を継続した。

2.3 超深地層研究所計画

(1) 調査試験研究

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）の調査研究の一環として、瑞浪超深地層研究所用地（以下、研究所という）の地質環境を把握するための調査研究を継続した。

地質・地質構造に関する調査研究では、反射法

弾性波探査、浅層試錐調査及びリニアメント解析の取りまとめを実施した。また、土岐花崗岩の化学分析及び年代測定を実施した。

地下水の流動特性及び地球化学特性に関する調査研究では、浅層試錐孔を用いた間隙水圧の長期観測を継続するとともに、地下水の採水・分析を実施した。

岩盤の力学特性に関する調査研究では、応力集中に伴う岩盤破壊のモデル化に向けた室内力学試験、研究所近傍の試錐コアを用いたDSCA(Differential Strain Curve Analysis)試験及びジョイント剪断試験の結果を取りまとめた。また、研究坑道の掘削影響予測解析を終了した。

地下深部の花崗岩の地質学的・水理学的・地球化学的・岩盤力学的特性の把握を目的とした深層試錐調査(掘削長約1,350m)のための準備工事を終え、3月より掘削作業・孔内試験を開始した。(写真1:瑞浪超深地層研究所における深層試錐調査)

地質環境のモデル化・解析については、研究所周辺を対象とした水理地質構造のモデル化・地下水流動解析を実施した。

調査技術開発では、試錐孔周辺における不連続構造の検出精度の向上を目的とした連続波レー



写真1 瑞浪超深地層研究所における深層試錐調査

ダーの改良並びに深度200mの試錐孔での初期応力測定プローブの適用試験を終了した。

これらの調査研究と並行して、第2段階での調査研究項目及び地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備に向けた地質環境データの統合化や全体計画の最適化に向けた検討を継続した。

正馬様用地

地質・地質構造に関する調査研究では、反射法弾性波探査の解析精度の向上を目的としたVSP(Vertical Seismic Profiling)調査及び連続波レーダーの改良を目的としたボアホールレーダー調査を実施した。また、昨年度に掘削した掘削長800mの試錐孔での調査結果を取りまとめた。

地下水の流動特性及び地球化学特性に関する調査研究として、表層水理定数観測システムによる水收支観測及び既存試錐孔における地下水位・間隙水圧の長期観測を継続した。

地質環境のモデル化・解析については、長期揚水試験及び昨年度に掘削した試錐孔での調査結果に基づくモデルの更新作業・解析を実施した。

(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の工事契約手続きとして、総合評価落札方式を採用し、技術提案に関する評価を行った後、入札を行い工事契約を締結した。

また、坑道掘削工事のヤードを確保する造成工事を当初計画通り年度内に完了した。

2.4 峴延深地層研究計画

地表からの調査(空中・地上物理探査、地質調査、試錐調査等)により取得された地質環境データやそれに基づく検討結果に加え、地形の解析度や道路整備状況、土地利用状況等の社会的条件を総合的に検討し、研究所設置地区(約3km×3km)を峠延町北部の北進地区に選定し、同地区及びその周辺地区を対象に調査研究を実施した。

(1) 地層科学的研究

地質環境調査技術開発

研究所設置地区及びその周辺地区において、大曲断層の分布を把握することなどを目的として、南北約10.7km、東西約4.3kmの測線を設定した反射法地震探査、2001年度試錐孔(HDB1孔; 700m)を用いたVSP(Vertical Seismic Profiling)調査を行い、地質構造の推定のために調査データの解析を実施した。



写真2 試錐調査状況

研究所設置地区内にHDB 3, 4, 5孔の500m級試錐孔の位置を選定し、地質、水理・地球化学、岩盤力学、ガスに関するデータの取得を実施した。
(写真2: 試錐調査状況)

その他、地質調査としては、北大研究林を除く幌延町全域を対象とした地表踏査を実施した。また表層水理調査として、研究所設置地区及びその周辺の河川を対象に、3箇所の河川流量観測システムを設置し、データの取得を継続実施した。

地質環境モニタリング技術の開発

2001年度試錐孔(HDB 1孔)に地下水の水圧計測・採水が可能な長期モニタリング機器(MPシステム)を設置し、データの取得を継続した。

地下施設の建設前、建設中、建設後の地質環境の変化を地震波や電磁波を用いて常時観測する遠隔監視システムのうち受信システム(地震計等)の検定等を実施した。

深地層の工学的技術の基礎の開発

研究所設置地区を対象とした地下施設の基本計画等に関する検討及び、堆積岩の力学的な長期挙動に関する検討を実施した。

地質環境の長期安定性に関する研究

試錐孔(140m)設置型地震観測機器、地殻変動観測用物理探査(MT; Magneto Telluric)機器・GPS(Global Positioning System)観測機器を設置し、データの取得を継続した。

(2) 地層処分研究開発

人工バリア等の工学技術の検証

人工バリアの搬送定位装置の精度等に関する検討及び、低アルカリ性コンクリートに関する室内試験を実施した。

設計手法の適用性確認

周辺岩盤を含む人工バリアの長期挙動に関する試験計画の検討、幌延の地質環境データを用いた人工バリアの試設計等の検討を実施した。

安全評価手法の信頼性向上

地表からの調査で得られた地質環境データと安全評価に用いるモデルとの相互関係等について、既存の文献等に基づく研究課題の整理を実施した。

(3) 環境調査

研究所設置地区を中心とした環境調査(秋期調査: 2002年8月26日~10月4日、冬期調査: 2003年2月3日~2月6日)の現地調査を実施した。

3. 国際共同研究

(1) スイスとの共同研究

スイスNAGRA(放射性廃棄物管理協同組合)との共同研究の一環として参加しているグリムゼル原位置試験に関し、CRR(コロイドと放射性核種の遅延評価)プロジェクトに関するモデル解析を継続するとともに、引き続き計画しているCFM(コロイド形成・移行試験)計画に関する調整を進めている。同原位置試験のHPF(結晶質岩中の高アルカリブルームの影響評価)プロジェクトについては、現地にて採取した岩石を用いてアルカリによる変質試験を東海ENTRYにて開始した。また、二つの深地層研究所計画の技術的支援の一環として、2月19日に広域地下水流动研究及び超深地層研究所計画における地下水流动に関するモデル化・解析に関する第13回技術検討会議、3月11日~13日に幌延深地層研究計画に関わる調査・研究計画と成果に関する技術検討会議を開催した。

スイス・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、2002年7月より開始したフェーズ8における間隙水の地球化学的評価試験に継続参加中。

(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)との共同研究については、50~100m規模の亀裂性結晶質岩中における放射性核種移行・遅延の原位置試験/モデル化/解析による評価(TRUE Block Scale試験)の継続が決定され、この一環として、詳細な水理・物質移行のモデル構築、解析作業を実施し、これまで実施したモデル解析結果を取りまとめた。プロトタイプ処分場プロジェクト(PR)に関しては、人工バリア及び周辺岩盤の挙動のデータ取得を継続するとともに、予測解析を実施

した。また、運営・調整会議が2003年3月25日～27日に開催され、これらの成果を報告した。

(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に関しては、LBNLとの水理・物質移行についてサイト特性調査及び予測技術に関する共同研究として、幌延及びエスピ地下研究所HRLで取得されたデータを用いたモデル構築解析を継続した。PNNLとは、熱化学及び吸着に関する基礎データの整備として、アクチニド炭酸錯体の熱力学データやプルトニウムの酸化還元反応に関するデータ取得等について共同研究を継続した。SNL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、モデル開発についての共同研究を実施した。また、東濃にて取得されたデータを用いた水理地質構造モデルの更新と地下水流动解析を実施し、その結果を取りまとめた。さらに、幌延にて取得したデータ及び水理解析結果に基づく物質移行感度解析を実施し、1月27日に共同研究会議を行った。

(4) カナダとの共同研究

カナダAECL(原子力公社)との共同研究については、地下研究施設(URL)でのトンネルシーリング性能試験(TSX)においてデータ取得を継続し、水の浸透に関する解析を継続するとともに、2003年3月18～20日に開催された運営・調整会議において、これまでの成果を報告した。また、今後の試験計画について議論した。

(5) その他の共同研究

多機関が参加している国際プロジェクトに関しては、DECOVALEX(熱水応力連成現象解明モデル高度化のための国際共同研究)について、予測解析及びベンチマークテスト解析を継続して実施し、2003年1月27～31日に開催されたワークショップ及びタスクフォースミーティングで成果を報告するとともに、本フェーズの取りまとめ及び次期フェーズの方針に関する議論を行った。

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、KAERI(韓国原子力研究所)との間で3月25日協力取締めを締結した。また中国CNNC(中国核工業集団公司)地質局からの専門家派遣の要請に応じ、3月10日～14日にかけて、

当地にてセミナーを開催した。

4. 関係機関との協力

研究開発については、国の機関等による適切な役割分担の下、体系的かつ信頼性の高い研究開発等を着実かつ円滑に実施するため「高レベル放射性廃棄物処分技術開発委員会」が設置され、各機関の計画、成果、評価などについて議論が行なわれている。この中で、JNCで実施している研究課題は、いずれも重要な課題であるとともに、一定の成果が得られ、実施機関としてもふさわしく、今後も継続すると共に、重要な部分については拡充していくことが望ましいとの評価を得た。

電力中央研究所(電中研)との協力については、幌延における2002年度共同研究契約を1月に締結し、幌延深地層研究計画における共同研究を開始した。

5. 研究成果の公的資源化

ヤクルトホール(東京都港区)で、「地層処分技術に関する研究開発報告会 処分技術の信頼性を支える基盤の強化に向けて」と題し、サイクル機構主催の報告会を開催し、ロビーなどではポスターセッションを併設し、各事業所の研究成果をより詳細に説明した。当日は約350名の方々の参加があった(2/28)。

2002年度における地層処分技術の研究開発全体の進捗を取りまとめる2002年度報告書の作成に着手した。

地層処分技術に関する研究開発第2次取りまとめに関しては、報告書本体及び報告書の内容を一般向けに解説したパンフレット等の希望者への配布、サイクル機構ホームページへの掲載(和文・英文)等を通じて、国内外への情報提供を継続した。

ヴァーチャルリアリティ技術を応用した体感型の情報普及システムとして東海事業所展示館で運用している地層処分体験システム「ジオフューチャー21」については、運用を開始した1999年12月から当四半期までの入場者数はのべ21,855名に上った。

(本社：経営企画本部 バックエンド推進部)



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、2002年12月中旬から第4回計画停止期間を設け2003年秋頃までの予定で、再処理施設ユーティリティ施設への切替え作業及び設備機器の点検整備を実施中である。主な作業内容は以下の通り。

- ・電気設備等の定期点検（計画停電）
 - ・第2変電所切替工事（準備工事）
 - ・セル内点検及び整備作業
 - ・海中放出設備の点検
 - ・法規制に基づく各種設備の定期点検及び整備作業
 - ・計装類自主点検及び施設定期自主検査
 - ・各設備の主な点検整備（せん断機等）
- 使用済燃料の受入については表1に示す。

1.1 硝酸プルトニウム転換

プルトニウム転換技術開発施設では、2003年1月14日から2003年3月17日にかけて、混合転換に関する技術開発運転を行い、今期計上分として約228kgMOXを転換処理した。

なお、2003年3月末現在における累積転換量は約13.5tMOXである。

1.2 ガラス固化技術開発施設（TVF）開発運転

TVFでは、現ガラス溶融炉を改良型ガラス溶融炉に更新するための準備工事を2002年9月から継続している。本四半期は2002年12月より本格的に溶融炉付属品（配管等）の取外し等の作業を開始した。

また、溶融炉更新工事に伴い、ガラス固化体の

製造を実施していないため、2003年3月末までのガラス固化体の累積製造本数は前期同様130本である。

1.3 ガラス溶融炉の更新

現ガラス溶融炉から炉底部等の形状を変更した改良型ガラス溶融炉へ更新するため、2002年9月24日から更新工事に係る現溶融炉撤去のための準備作業を行い、現溶融炉の撤去に必要な治工具の搬入や当該セル内の整理を実施した。引き続き12月2日より現ガラス溶融炉付属品の取外し作業として、接続配管や機器類等の取外しを本格的に開始した。

また、2003年5月頃から現ガラス溶融炉の撤去（セル内移動）、同年7月頃から改良型溶融炉のセル内への搬入と据付けを実施する予定である。

2. 技術開発

2.1 軽水炉燃料の再処理技術開発

（1）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

回収クリプトンを固定化した固化体（固定化容器）からのクリプトンの再放出量を測定する固化体評価試験として、固定化容器内のバックグラウンドを測定した。固定化コールド試験においては、アノード電極面積の影響を評価する注入試験を実施した。

クリプトン回収技術開発施設については、高圧ガス保安法に基づく定期自主検査の一環として、気密検査等を実施した。

3. 関連施設の設計・建設

3.1 低放射性濃縮廃液貯蔵施設（LWSF）

（1）施設の目的

本施設は、東海事業所再処理施設における低放

表1 使用済燃料の受入量

原子炉名称	受入量(t)	受入日
浜岡第2発電所	6.2	2003年2月27日

射性濃縮廃液等の貯蔵裕度を確保し、廃液の貯蔵管理を確実に実施することを目的とする。

(2) 施設の概要

本施設の地下2階には第1濃縮廃液貯蔵セル、第2濃縮廃液貯蔵セル、廃液貯蔵セル等を、地下1階には保守室等を、地上1階には排気室、制御室、無停電電源室、更衣室等を、地上2階には給気室等を配置する。また、第三低放射性廃液蒸発処理施設と地下の配管トレーンで接続する。

本施設にて貯蔵された廃液は、将来建設する低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)にて処理を行う。

1) 建家規模

構造：鉄筋コンクリート造
階数：地下2階、地上2階
建築面積：約1,000m²
(延床面積：約3,400m²)

2) 主要機器

① 低放射性濃縮廃液貯槽(3基)

材質：ステンレス鋼製
容量：250m³/基

② 濃縮液貯槽(1基)

材質：コンクリート製、ステンレス内張
容量：750m³/基

③ 廃液貯槽(1基)

材質：ステンレス鋼製
容量：20m³/基

④ 中間貯槽(3基)

材質：ステンレス鋼製
容量：10m³/基

3) その他設備

放射線管理設備
換気空調設備
電気設備
計測制御設備
ユーティリティ設備

(3) 進捗状況

2003年1月～3月の間に経済産業省による使用前検査(性能検査)を3回受検し、当該施設に係わるすべての使用前検査が終了した。

3.2 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。)、発電機棟及び管理棟から成る。

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、低放射性濃縮廃液貯蔵施設と第三低放射性廃液蒸発処理施設間の配管トレーンで接続する。

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、直接ドラム缶へ充てん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300リットル/日以上	1基
	約3 m ³ /日以上	2基

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1,000kVA	2基
----------	------------	----

(3) 進捗状況

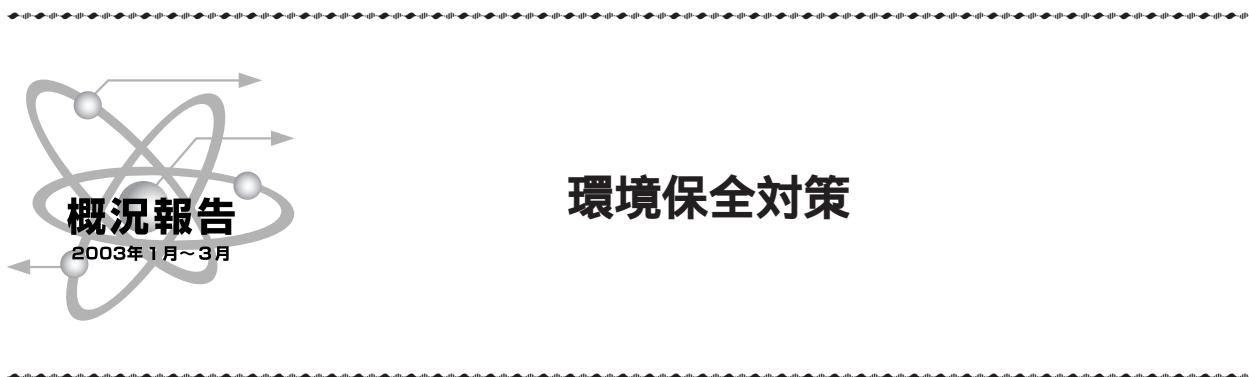
1) 工事

技術開発棟建設工事は、地下階躯体工事を継続した。発電機棟建設工事は準備工事を継続した。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)



環境保全対策

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、合理的に廃棄体を製作する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実施している。

合理的に廃棄体を製作する方法の1つとして、1つの施設でMOX系廃棄物、再処理系廃棄物及びウラン系廃棄物を統合して処理するための方法並びにそこで製作する廃棄体の確認方法の検討を実施した。

また、廃棄物データの精度向上に向けた取り組みを継続している。図1に基本的な廃棄物処理処分フローを示す。

1.2 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

サイクル機構では、焼却処理が困難なフッ素系廃油、廃溶媒等の難処理有機廃棄物の処理技術評価を目的として、水蒸気改質処理（スチームリ

フォーミング）法による分解酸化処理技術開発を実施している。

この水蒸気改質処理法は、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、次に空気と反応させて、水、二酸化炭素等に完全分解する技術であり、焼却炉と比較して小型、単純構造のため腐食対策が容易、設備コストが低い、大気圧に対し負圧運転可能等の特徴を有している。図2に水蒸気改質処理装置の概念図を示す。

廃棄物は約600℃に加熱したガス化装置内で水蒸気と接触し、低分子の有機化合物に分解し、ガス化する。ウラン等の放射性物質のうち固体のも

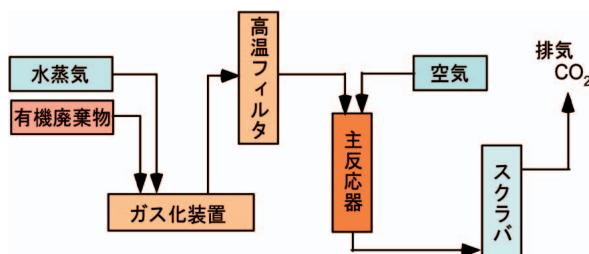


図2 水蒸気改質処理装置の概念

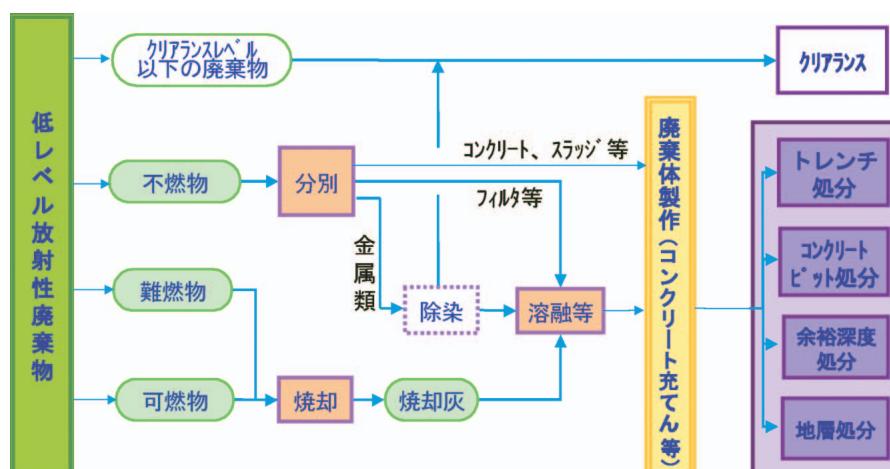


図1 基本的な廃棄物処理処分フロー

のはガス化装置において残渣として回収される。また、粒子状のものは高温フィルタにより回収される。分解ガスと気体状の放射性物質は高温フィルタを通過し、主反応器に導かれる。分解ガスは主反応器において高温の空気と反応し(約1,000°C),水、二酸化炭素、ハロゲン化水素等になる。分解ガス成分のうち、水、ハロゲン化水素等はスクラバにより回収され、二酸化炭素は大気に放出される。また、気体状の放射性物質はスクラバにより回収される。

2002年度は2001年度までに実施した概念設計に基づくコールド実証試験装置の設計・製作を行い、2003年2月に工学試験棟(コールド施設)に設置した(写真1参照)。

また、本試験装置を用い、以下の処理性能を確認した。

- ・試料：鉱物油70wt% フッ素系油30wt%混合油
- ・処理能力：3 kg/h
- ・分解率：100%
- ・有害ガスの環境放出濃度：(表1参照)

2003年度は、本試験装置によりコールド分解処理試験を実施し、処理温度、フィルタ、スクラバ



写真1 水蒸気改質処理試験装置

表1 環境放出濃度測定結果(排気中)

測定項目	規制値	測定値
CO	100 ppm	53 ppm
NOx	250 ppm	140 ppm
HF	3 ppm	0.5 ppm
HCl	700 mg/Nm ³	1.0 mg/Nm ³

等の特性について評価する。また、実廃棄物処理試験等のホット試験を行うため本装置を改造し、管理区域に移設する。2004年度以降は、ホット実証試験装置を用いて、模擬廃棄物及び実廃棄物処理試験を実施していく予定である。

(2) 溶融除染技術開発

放射性金属廃棄物を対象とした処理技術として、溶融除染技術開発を実施している。

これまでに、ウランを用い工学規模(周波数1 kHz, 定格出力250 kW, 溶湯量約40 L)での溶融除染試験を行い、溶融後の固化体中のウラン濃度分析を行った(図3参照)。その結果、金属相中のウラン濃度は1.0~2.2 ppmとなった。この濃度は天然ウラン濃度に換算すると, 0.02~0.05 Bq/gに相当する。この濃度は、土中のウラン濃度(~1 ppm)を下回る濃度である。一方、スラグ中のウラン濃度は、12,000~14,000 ppmとなった。

また、除染後の金属とスラグを分離する出湯方法について検討し、写真2に示すように、炉底よ

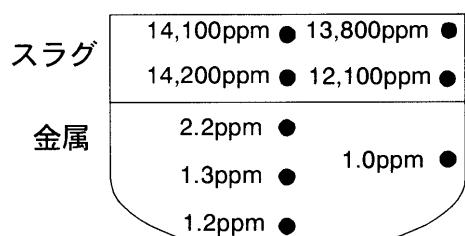


図3 分析サンプル採取位置と分析結果



写真2 出湯後の固化体

り複数のるつぼに溶湯を出湯する分割出湯方式が適用できることを確認した。

分割出湯による工学規模試験を行った結果、それの金属固化体中のウラン濃度は1.4~2.1ppm程度（天然ウラン換算で約0.03~0.05Bq/g）であり、想定したクリアランスレベル（0.1Bq/g）以下となることを確認した。また、分割出湯を行った場合、スラグと金属の分離が容易であり、溶融除染システムに有効であることを確認した。

これらの結果を、日本原子力学会2003年春の年会（2003年3月27日～29日）において発表した。

1.3 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

セメント系材料の硝酸塩や硝酸塩変遷生成物による変質、硝酸塩やセメント系材料由来の高pHブルームによるペントナイト／岩盤の長期変質への影響、硝酸塩の変遷や金属腐食、微生物の高アルカリへの順応性及び微生物影響評価モデルに関する研究について、2002年度の計画に従い予定通りの研究を実施した。硝酸塩の影響、有機物の分解挙動、ヨウ素の岩石中での透過拡散試験の成果について、日本原子力学会2003年春の年会（2003年3月27日～29日）において発表した。

（2）処分システムの長期安定性

低レベル放射性廃棄物処分システムの長期的な性能を評価することを目的とした、バリア材料の力学的変遷及び水理場の変遷に係わるデータ取得並びにモデル構築に関する検討について、2002年度の計画に従い予定通りの研究を実施した。

（3）システム性能評価

処分システムの性能に関連するパラメータ特性の把握、重要度分類及び処分システムの成立条件の明確化を可能とする手法の高度化に関する研究を2002年度の計画に従い予定通り実施した。また、TRU廃棄物の処分に起因して起こる様々な現象に関する現状の知見等を整理した処分時のシナリオ作成を継続している。

（4）処分材料の高度化

セメント系材料による高pH浸出液の影響を抑制する有効な手段と成りうる低アルカリ性コンクリートの長期的変質特性／実用性を検討するため、鉄筋の腐食挙動評価やペントナイト／岩石への影響評価に関する研究について、2002年度の計

画に従い予定通りの研究を実施した。

1.4 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、配管等が排出されるとともに、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。

今年度は、大型ナトリウム機器に適用可能と考えられる密閉蒸気洗浄法について、ナトリウム洗浄特性に影響を及ぼすと考えられる各種因子（ナトリウムの相状態（固相、液相）や温度、湿度等）の効果を明確にする試験研究及びナトリウム処理技術開発に関しては、大量のナトリウムを化学的に安定な化合物に変換するための反応に関する現象把握、影響を与える各種因子を把握するための試験研究を実施する計画で進めている。また、放射性ナトリウム化合物の長期保管を可能とするための保管用固化体の構造健全性、最終生成量、コストについての調査等の試験研究を進めている。

ナトリウム洗浄技術開発については、クレピス部の洗浄の進展性を確認するための試験に着手した。また、次年度実施予定のキャリアガスに炭酸ガスを用いる試験の準備を開始した。ナトリウム処理技術開発においては、連続ナトリウムの注入状況を把握するため、水を用いての観察試験に着手した。放射性ナトリウム化合物の固体化技術開発では、これまでの成果を取りまとめ、原子力学会春の年会に報告した。

1.5 放射性廃棄物管理

大洗工学センター内の核燃料物質使用施設（照射燃料集合体試験施設、照射燃料試験室、照射材料試験施設）で発生する大型固体廃棄物及び高線量 α 固体廃棄物は、日本原子力研究所と共同で設立した廃棄物管理施設に送られ、安全に処理・保管されている。そこに送られる廃棄物のうち、廃棄物管理施設で直接処理することが困難な、大型の固体廃棄物（TRU元素等で汚染された試験機器や遠隔操作用設備等）については、固体廃棄物前処理施設（WDF）を用いて、廃棄物の取り扱いを容易にするための除染、解体、切断等による減容

化処理を行っている。また、高速実験炉「常陽」とその附属施設及び核燃料物質使用施設から発生する放射性廃液については、原研の廃棄物管理施設への移送基準を適合させるために、「常陽」廃棄物処理施設(JWTF)を用いて蒸発濃縮処理等により放射性物質濃度を低減している。

固体廃棄物前処理施設(WDF)については、核燃料物質使用施設から受け入れた高及び低 α 固体廃棄物の処理を行い、廃棄物管理施設へ搬出した。また、廃液処理装置の保守点検及び空気圧縮機の更新工事を完了した。「常陽」廃棄物処理施設(JWTF)については、「常陽」及び核燃料物質使用施設から受け入れた放射性廃液の処理を行い、移送基準を満足させ、廃棄物管理施設へ搬出した。また、廃棄物処理施設の定期自主検査を行った。

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

「新型転換炉の研究開発」の章に記載。

2.2 製鍊転換施設の廃止措置

乾式設備のうちウラン転換試験設備について本年度予定分(HFフッ化工程等)の解体工事を終了した。

2.3 遠心機処理技術開発

電力との共同研究契約に基づき、集合型遠心機(DOP 2要素機)の処理試験を実施した。また、パイロットプラント遠心機の処理試験を実施した。

2.4 解体エンジニアリングシステムの構築

製鍊転換施設湿式設備の解体で得られた廃棄物量、コスト、人工等データの解析・評価を行うとともに解体エンジニアリングシステム(プロトタイプ)の構築を進めた。

また、解体エンジニアリングシステムなどのセンター施設廃止措置及び放射性廃棄物処理に関する技術開発に関して研究開発課題評価委員会で検討された。

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が予定されてい

る施設・設備(主に重水臨界実験装置、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“DEC MAN”を開発している。

解体技術開発については、旧廃棄物処理建家を対象とし、中和槽等の汚染状況を把握するために、撤去済み配管を用いた除染試験を実施した。デコミッショニング評価システム“DEC MAN”的開発では、廃棄物処理費用の評価機能の追加と検証計算を実施した。

2.6 DCA廃止措置

DCA(重水臨界実験装置)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)に分けて実施することを計画している(表2参照)。また、廃止措置の概略を図4に示す。

現在、第1段階の廃止措置に係る作業として、原子炉起動用及び実験用中性子源を取り外し、RI協会(社団法人 日本アイソトープ協会)へ引き渡しを終えた。

3. 鉱山跡措置

鉱山保安法及び環境保全協定等に従い、構内及び構外の鉱山関連施設の維持・管理を継続した。

鉱山施設の恒久的措置に関して、措置基本計画

表2 DCA廃止措置計画

	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度
DCA廃止措置	第1段階(原子炉の機能停止)					
			第2段階(燃料棒分解洗浄設備等を解体撤去)			
	燃料棒分解洗浄設備の解体					
				解体工法解析評価		

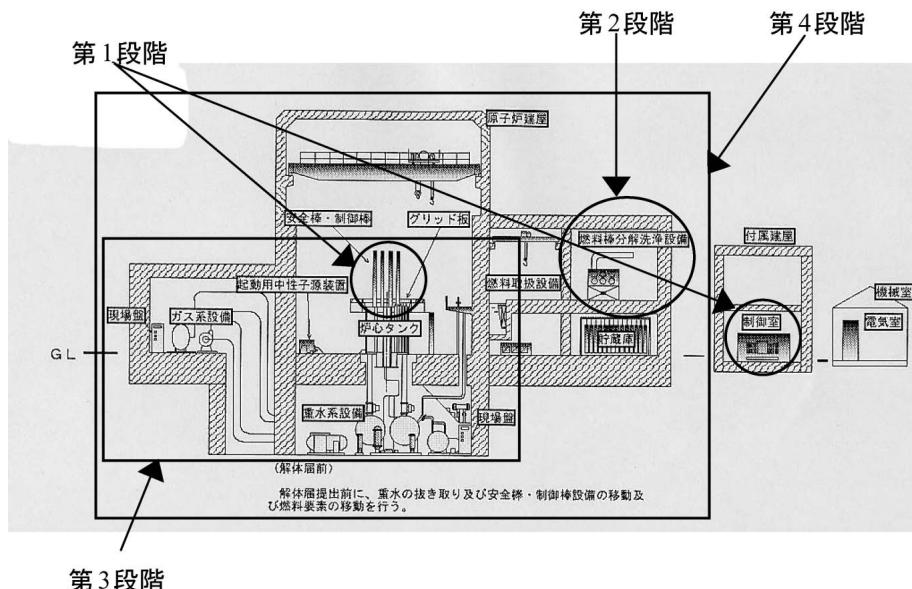


図4 DCA廃止措置概略図

の外部への説明などを継続した。

鉱さいの措置に関連して、スーパー・サイフォン・フィルタのろ過砂を用いたラジウム除去の実証試験を継続した。また、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処理の合理化に向けた基礎試験を継続した。鉱さい等の長期的な安定化方策及び安全性にかか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 低放射性濃縮廃液貯蔵施設(LWSF)

「軽水炉燃料再処理技術の研究開発」の章に記載。

4.2 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。

4.3 第2ウラン系廃棄物貯蔵施設(第2UWSF)

(1) 施設の目的

現在、東海事業所(使用施設)のウラン系廃棄物については既存の第1～第6廃棄物倉庫、ウラン系廃棄物貯蔵施設(UWSF)等に保管しているが、第1～第6廃棄物倉庫については、老朽化により早急な更新が必要となっている。

また、旧廃棄物屋外貯蔵ピット取出し工事及び閉鎖措置工事で発生した廃棄物については、そのほとんどをプルトニウム燃料第三開発室ATR棟及びウラン系廃棄物倉庫(旧廃棄物屋外貯蔵ピット作業建家)へ一時保管しており、移動先の確保が必要である。そこで、これらの廃棄物に加えて今後発生するウラン系廃棄物の保管を行うため、新たに貯蔵施設を建設するものである。

(2) 施設の概要

本施設ではドラム缶、コンテナ等に封入されたウラン系固体廃棄物を受け入れ、フォークリフト

等で搬送保管する。保管能力は200ℓ ドラム缶換算で約30,000本である。また、廃棄物保全の観点から、点検等により廃棄物保管容器に腐食等が発見された場合、新しい容器に詰め替えることができるようとする。

1) 建家規模

構造：鉄骨鉄筋コンクリート造

階数：地上4階

建築面積：約2,600m²

(延床面積：約10,400m²)

2) 主要設備

搬送・点検設備、換気空調設備、電気設備、放射線管理設備、詰替設備、非破壊検査設備他

(3) 進捗状況

建家工事は2003年1月に竣工した。また、放射線管理設備、詰替設備等の内装設備についても2月に整備を完了した。

4.4 固体廃棄物処理技術開発施設 (LEDF)

大洗工学センターの高速実験炉「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5にLEDFの処理フローと建家の概念を示す。

2002年度は、表3の計画に基づき、2001年度まで

に実施した施設建設費の大幅な低減と施設機能高度化を目的とした合理化設計を踏まえ、高線量 α 廃棄物を優先した内装設備処理プロセスの最終選定、保守・安全設計の見直しなどの内装設備の基本設計を行った。また、内装設備基本設計成果を受けて、建家、電気、換気空調設備の基本設計を行った。

内装設備の基本設計については、LEDF合理化設計Ⅱにおいて明らかになった課題及び問題点の検討結果について、内装設備基本設計(部屋配置、処理プロセス、物流計画等)へ反映した具体的な設計仕様により、部屋配置、建屋計画、設備計画を行った。また、これら検討結果、基本設計仕様の報告書をまとめた。

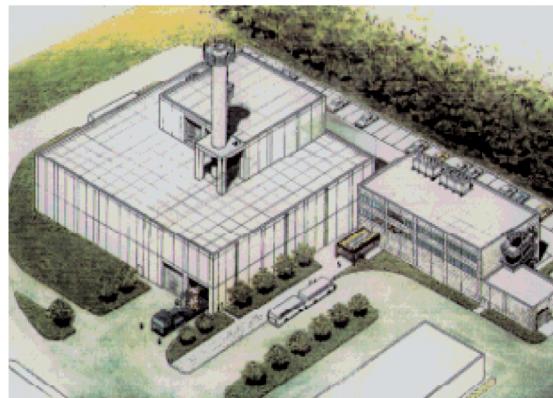
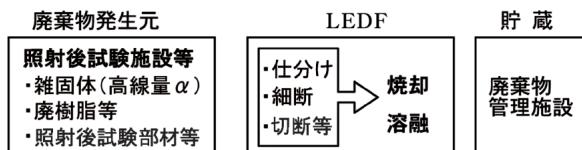


図5 LEDFの処理フロー及び建家概念

本社：経営企画本部
 バックエンド推進部
 技術展開部 設計建設課
 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

表3 固体廃棄物処理技術開発施設 (LEDF) 設計工程

	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度
固体廃棄物処理技術開発施設 (LEDF) (1) 内装設計	合理化設計	基本設計	基本設計	詳細設計
		(内装基本設計)	(内装設備選定)	
(2) 建家設計			基本設計	実施設計



ウラン濃縮

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。第二運転単位(DOP 2)については、1999年11月に、窒素ガスを封入し維持している。

均質設備において日本原燃(株)再処理工場試運転のために劣化ウランの輸送容器への詰替えを実施した。

2. 濃縮工学施設

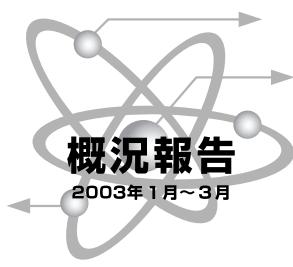
日本原燃(株)再処理工場試運転のために劣化ウランの輸送容器への詰替えを実施した。

3. 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、原型プラントDOP 2において、滞留ウラン除去・回収試験を実施している。

濃縮工学施設においては、遠心機の寿命延長を目的として、DOP 2遠心機セットを用いた長期化運転技術開発に関する試験を実施した。

(人形：環境保全技術開発部)



新型転換炉の研究開発

1. 新型転換炉「ふげん」
新型転換炉ふげん発電所は、2002年度運転計画に従い2002年12月5日の原子炉起動後、第34サイクルの運転を順調に継続してきた。

2003年3月29日に国及び地元自治体の関係者など約240名の出席のもと新型転換炉ふげん発電所運転終了式を開催した。運転終了式では14時27分に原子炉運転モードスイッチを「起動」より「停止」位置とする操作が行われ、1978年3月20日の初臨界以来約25年間にわたる運転を終了した。写真1に原子炉運転停止の状況を、写真2に運転終了式の模様を示す。

今後は2003年度の計画に従い、使用済燃料の搬出作業や廃止措置準備作業を実施していく。表1



写真1 原子炉運転停止の状況

及び図1に「ふげん」の運転実績を示す。



写真2 運転終了式の模様

表1 2002年度第4四半期運転実績

	発電電力量 (MWh)	発電時間 (h)	時間稼働率 (%)	設備利用率 (%)
2003年 1月	122,760	744:00 (744h00min)	100.0	100.0
2003年 2月	110,880	672:00 (672h00min)	100.0	100.0
2003年 3月	111,883	679:16 (679h16min)	91.3	91.1
累計 2002年4月～ 2003年3月末	1,021,444	6,623:09 (6,623h09min)	75.6	70.7

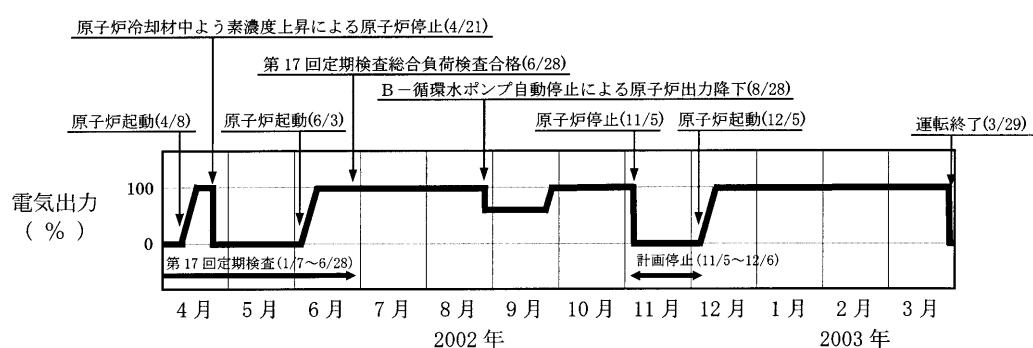


図1 「ふげん」の運転実績と運転計画

2. 「ふげん」用燃料

2.1 燃料の装荷，搬出，輸送等

2003年4月から8月にかけて 炉内燃料取出実施計画に基づき炉心内にあるすべての燃料集合体224体を使用済燃料貯蔵プールに取り出す予定である。

また使用済燃料の輸送については，2003年度使用済燃料輸送計画に基づき第1四半期に使用済燃料34体を搬出する予定である。

3. 技術開発

3.1 照射後試験

「ふげん」で高燃焼度を達成したMOX燃料の照射特性を把握するため，日本原子力研究所東海研究所燃料試験棟にて照射後試験を実施中である。本期間中は，破壊試験として燃料ペレット金相試験を実施し，照射後の燃料ペレット組織変化や被覆管内外酸化膜等に関するデータを採取した。

3.2 高燃焼度MOX燃料の再処理特性研究

上記燃料の一部を利用し，将来の核燃料サイクルに必要な燃焼が進んだMOX燃料の再処理施設で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。本期間中は，2003年度から開始する溶解特性試験に必要なパラメータ調査を実施した。

3.3 課題評価

「ふげん」の廃止措置に関する技術開発状況及び今後の開発計画について，機構外の専門家から評価を受けた研究開発課題評価（中間評価）の結果を公開した。

4. 国際貢献

4.1 文部科学省原子力研究交流制度に基づく協力

2002年度同制度の計画に基づき，2003年1月から今年度の後期受入分となる6名（中国5名，インドネシア1名）が来日し，それぞれ研修を行っている。そのうち2名については予定していた研修のすべてを終了し帰国した。

これまでの同制度に基づく研修生の受け入れ実績は2003年3月末現在の累計で62名となる。

5. 廃止措置準備

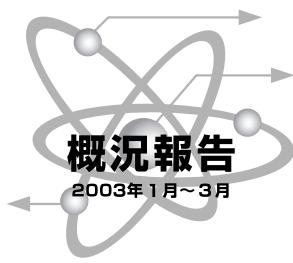
物量データベースの整備，廃止措置エンジニアリング支援システムの構築作業を継続して進めており，廃止措置計画評価システム（COSMARD）について日本原子力研究所と共同研究を継続している。

また，ノルウェー国立エネルギー技術研究所（OECD/NEA ハルデン炉プロジェクト）の協力を得て，最新の仮想現実・可視化技術等を適用した解体作業シミュレーションシステムの開発を継続している。

そのほか，放射能インベントリ評価，重水系や炉心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。

2月28日には，「ふげん」の廃止措置について技術的な助言をいただくために設置している廃止措置技術専門委員会において，運転終了後の設備点検計画，原子炉本体解体技術の検討状況，重水精製装置Ⅰを用いたトリチウム除去試験計画について報告し，機構外部の委員よりご意見をいただいた。

（敦賀本部）



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) 東海事業所 プル燃及び環境センターについて文部科学省による核物質防護規定厳守状況調査が実施された。(1月28日～30日)
- (2) 東海事業所 再処理施設について経済産業省による核物質防護規定厳守状況調査が実施された。(3月6日)

1.2 核物質の輸送

- (1) 次の輸送を実施した。
常陽新燃料の輸送。(東海 大洗)

1.3 計量管理報告

- (1) 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。

報告書名	件数	提出日(2003年)
在庫変動報告書(ICR)	76	1/15, 2/12, 2/19, 3/13 3/27
実在庫量明細報告書(PIL)	11	2/19, 3/27
物質収支報告書(MBR)	13	2/19, 3/27
国籍管理報告書(OCR)	96	1/28, 2/26, 3/31

2. 核不拡散・保障措置

2.1 核不拡散

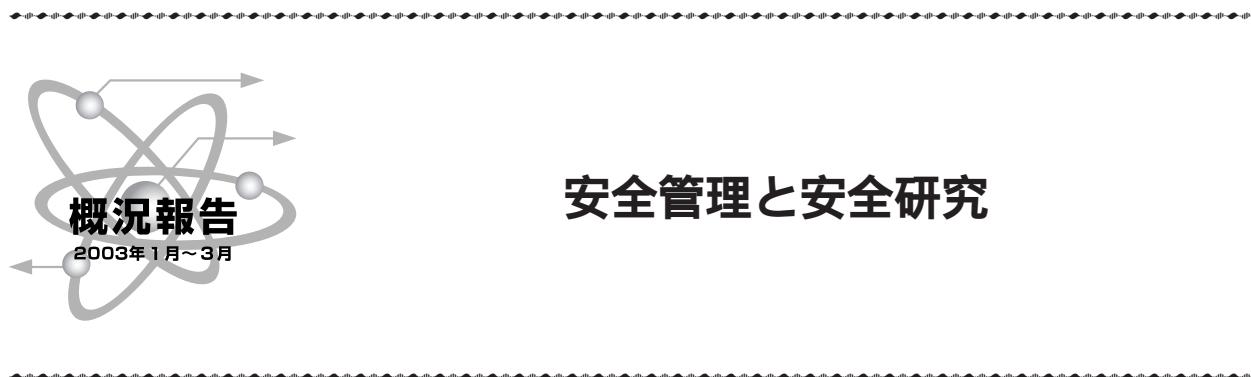
- (1) 第4回JNC原子力平和利用国際フォーラムを開催した。(2月13日, 14日)

(本社:国際・核物質管理部)

2.2 保障措置研究・技術開発

- (1) 2月10日及び12日, 東海事業所エントリー及び日本科学未来館(東京・青海)において, 保障措置及び核不拡散分野における米国の国立研究所との共同研究の進捗状況と今後の計画を確認するPCG(Permanent Coordinating Group)会合が開催された。本会合において, 現在実施中の18件の共同研究について進捗状況及び今後の予定について議論し, 新規に4件の共同研究を始めることに合意した。
- (2) 3月11日から14日, 大洗工学センターFセルボ及び実験炉「常陽」において, 「保障措置検査における中性子測定技術に関するワークショップ」を(財)核物質管理センターと共同で開催した。
- (3) 日・IAEA保障措置協定の追加議定書第4条に基づき, 以下の施設で補完的なアクセスが行われた。

事業所	施設	日付
東海	EDF 3	3/14



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

TLDを内蔵した中性子線量計について、臨界事故時の線量評価への利用を検討している。前四半期は²⁵²Cf中性子線源のみの場及び²⁵²Cf線源を含鉛アクリル円筒で囲んだ中性子減速場における実験を行ったが、今四半期は実験体系を模擬した中性子スペクトルについてMCNP4CによりTLDのレスポンスを計算し、実験の結果と比較した。計算値は実験値とほぼ一致することを確認した。今後は、多様な臨界事故を模擬した中性子スペクトルについて計算を行い、中性子線量計の中心部と表面にそれぞれ設置した場合のTLDのレスポンスに関するデータを取得する予定である。

JIS規格のアクリルファントムとISO平板水ファントムのTLD校正のための特性の調査として、それぞれのファントムにTLDを設置し、X線を照射してTLDのレスポンスを比較する試験を行った。試験の結果、線量評価用のLi₂B₄O₇(Cu)素子と工

ネルギー評価用のCaSO₄(Tm)素子のレスポンスの比については、ファントムによる違いはほとんど見られなかった。一方、Li₂B₄O₇(Cu)素子のレスポンスは、アクリルファントムに比べて水ファントムに設置した方が低くなった。

1.2 内部被ばく線量測定・評価技術の高度化研究

スキャニング型全身カウンタの性能評価のため、これまで実施してきたシミュレーションによる計数効率評価や実試験結果等について取りまとめ、日本原子力学会春の年会（2003年3月：アルカス佐世保）において口頭発表した。（図1に装置概念図、図2、3に計数効率の実測値と計算値の比較結果を示す。）

前四半期から継続してきたプルトニウム内部被ばく線量評価コードの改良については終了し、体内動態モデル中の組織・臓器コンパートメント間移行係数のパラメータサーベイが可能となった。この機能を用いて、体内に取り込まれたプルトニ

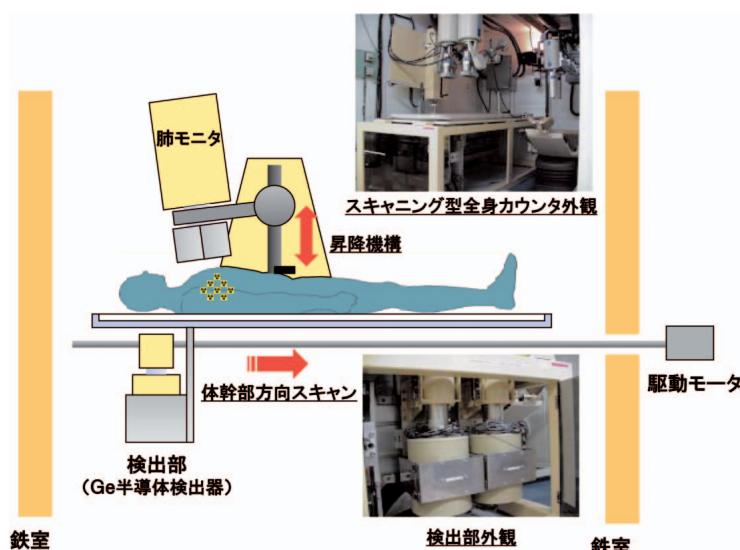


図1 スキャニング型全身カウンタ概念図

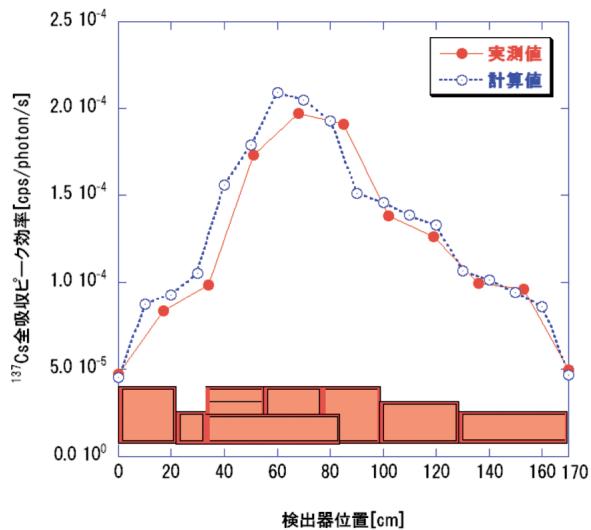


図2 検出器位置ごとのファントムの計数効率比較
(実測値vs.計算値)

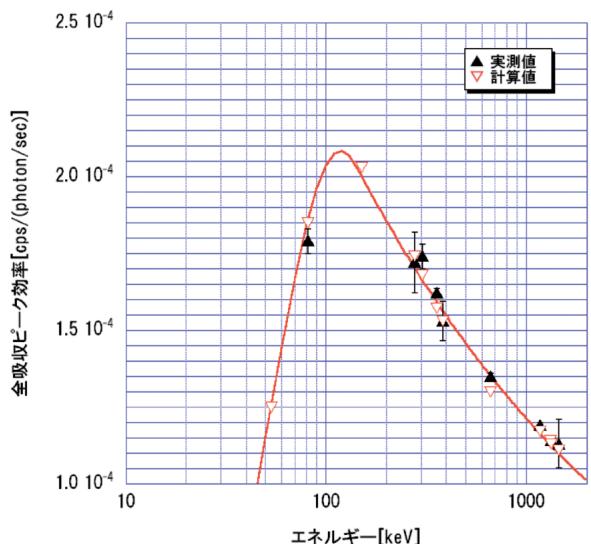


図3 全身スキャン計数効率比較(実測値vs.計算値)

ウムの排泄促進効果について試算した。

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

2002年3月に更新した中硬X線発生装置について校正場の整備を完了した。中硬X線領域において、国家計量標準にトレーサブルな線質指標0.7(実効エネルギー36.1~181keV)の校正場を構築した。これを用い、サーベイメータや個人線量計等のエネルギー特性試験を実施している。今後、国際規格においてサーベイメータ等の性能規定によく用いられる線質指標0.8相当のNarrow spectrum seriesの整備を進めていく。

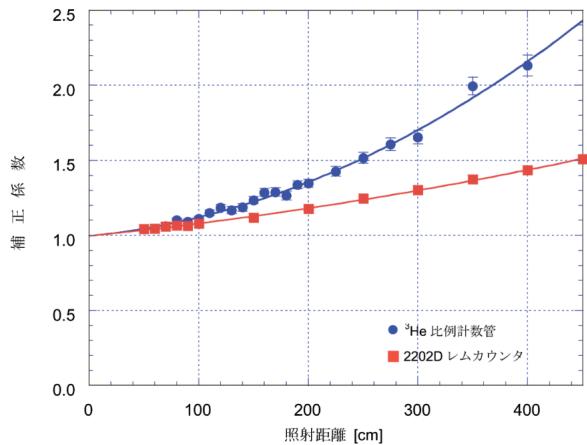


図4 ^{252}Cf 線源による校正時における照射距離に対する室内散乱線補正係数の変化

中性子個人線量計の校正時における室内散乱線の影響の補正方法を検討している。レムカウンタ等については、ISO8529-3で多項式フィット法やシャドーコーン法等が紹介されているが、個人線量計については詳細がない。両手法が個人線量計に適用可能であるかどうかについて、アルベド式線量計については ^3He 比例計数管にカドミウムを覆いファントム側に窓を設けたもの、反跳陽子式線量計については水素比例計数管を代用して用い、試験を行っている。アルベド式線量計については、レムカウンタと比べて室内散乱線の影響を大きく受けることが分かった。(図4に照射距離に対する室内散乱補正係数の変化を示す。)

2.2 臨界監視技術の高度化に関する研究

臨界安全監視システムの開発の一環として、試作器に適用予定のヨウ化水銀検出器についてパルス波高対エネルギー直線性やエネルギー分解能などの特性試験を行った。

また、現在使用している臨界警報装置について、その線エネルギー特性を計算と実験から評価した。検出器は1.5インチ×2インチの円柱プラスチックシンチレータ(NE102A)であり、これを電流モードで動作させている。計算には電磁カスクードモンテカルロ計算コードEGS4を用い、シンチレータ中での全エネルギー沈着を計算した。計算体系には、シンチレータのほか、ハウジング、筐体など主要な構造を組み込んだ。

また、実験では、 ^{137}Cs 線とX線(35~180keV)を照射し、その応答を調べた。計算値と実験値は良く一致することが分かった。

2.3 走行式放射線モニタの高度化に関する研究

今年度は、走行式台車に搭載する放射線管理用機器の検討を行うとともに、必要な技術開発を進めた。

これまで、軽量・薄型でなおかつ、事故現場を考慮し様々な形状の床面に応じて検出面が変えられるサーベイメータの開発を進めてきた。今回、作製した試作器の性能確認試験を実施した結果、機器効率及び自然計数率はJIS基準を満足したが、

線による影響がJIS基準を超えることを確認した。また、火災・爆発事故や臨界事故を想定し、耐熱、耐放射線にすぐれた測定器の調査も同時に行った。

2.4 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おり、これまで中性子線量測定用計数管の設計などを行ってきた。今期は、中性子計数管の試作機の試験結果を踏まえて、計数管の形状や管壁構造、減速材の厚さなどについて再検討を継続して実施している。日本原子力学会春の年会（2003年3月：アルカス佐世保）で今年度の成果について発表した。

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

海洋における放射性物質の挙動と拡散予測モデルに関する研究では、沿岸域、近海域、遠海域の三つに領域を分割し、領域の特性に応じたそれぞれのモデルを統合する場合の予備的検討及び問題点の洗い出しを行った。

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、日本海Cs拡散モデルの検証に用いる海水中¹³⁷Cs鉛直分布の観測データの文献検索を行った。その結果、1964年から1997年にかけて採取された86地点の鉛直分布データを収集した。

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

時間間隔解析を用いたプルトニウムの迅速定量法における検出範囲を確率論から算出した。この結果、毎分100リットルで1時間試料を採取した直後に1時間測定する条件においては、 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ mBq/

表1 MIP MS改造の結果

	B.G. (cps)	12mBq/cm ³ (cps)	FOM値
改造後	152	474	1.5×10^3
改造前	104	159	2.4×10^2

cm³と算出できた。これは、周辺監視区域境界の空気中濃度限度を測定できるレベルである。

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しては、MIP質量分析装置の試料導入効率の向上を図るため、コーン形状の改良及びフォトンストッパーの除去等の改造を図り、性能指数（FOM値）においておよそ5倍の感度上昇が図られた。表1にMIP MS改造の結果を示す。

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の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、前期に引き継いで、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、各種測定器の比較試験を実施した。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、環境放射能研究会（2003年3月、つくば）において、ラドン測定結果について発表を行った。

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

MOX加工施設等の換気系を対象に換気設備等の調査、試験設備整備の検討を継続した。

また、グローブボックス内火災等の異常時における換気系の温度分布、圧力変動等の挙動を詳細に評価するため、汎用熱流動解析コードPHOENICSについて適応性の検討を継続した。

4.2 核燃料施設への静的安全機器の適用性に関する研究

静的水素除去システムの研究では、これまでの試験で耐久性の高かった白金・チタニア触媒を基

により耐久性のある触媒組成について、文献調査を継続した。

静的熱除去システムの研究では、これまでに実施したヒートパイプの除熱特性試験結果を基に課題の整理、試験計画の検討を継続した。

4.3 核燃料施設の安全解析手法の開発・整備

中性子及び 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。また、電磁力スケードモンテカルロコード EGS4の改良を行った。

臨界事故時の評価手法の検討として、臨界計算コードと遮へい計算コードの接続計算を実施し、臨界事故時の対応のために米国オークリッジ国立研究所で整備された Nuclear Criticality Slide Rule の評価結果との比較を行った。また、日本原子力学会春の年会（2003年3月：アルカス佐世保）において「MCNP4及びANISNの接続計算を用いた臨界事故時線量評価」として口頭発表した。

MOX加工施設等の臨界管理に関する研究として、ISO TC 85/SC 5/WG 5（臨界安全に関連した計算・取扱いの規格化）に関連したMOX均質系の臨界データの評価を行った。

4.4 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、モデルプラントの設定検討のため、主に米国にて検討中のMOX施設（MFFF）に関する安全解析書（DRAFT SAFETY EVALUATION REPORT）の調査を引き続き実施するとともに、ISO（国際標準化機構）とIEC（国際電気標準会議）及び欧州の標準化委員会が共同で検討、策定した国際安全規格のためのガイドISO/IEC51（安全の規格作成のためのガイドライン）に基づく機械系の安全規格（ISO12100, 14121等）、電気的 安全 機能 規格（IEC61508）等の情報の調査を実施した。

（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 国際協力協定

1. 国際会議

1.1 国内

期 間	開 催 場 所	会 議 名 及 び 内 容
2003年 2月10日, 12日	東海, 東京	「JNC/DOE(米国エネルギー省)核不拡散・保障措置技術研究開発協定に基づくプログラム調整会合」
2月13日, 14日	東京	第4回JNC原子力平和利用国際フォーラム
2月18日, 19日	東海	「JNC/DOE原子力技術分野に関する協定に基づく合同調整会合」
3月5日, 6日	東海	「JNC/BNFL(英国原子燃料会社)先進技術協力協定に基づく乾式再処理に関する情報交換会合」
3月17日～21日	大洗	「JNC/NNC(カザフスタン共和国国立原子力センター)とのIGR炉を用いた試験技術会議」

1.2 国外

期 間	開 催 場 所	会 議 名 及 び 内 容
2003年 2月10日～14日	露国 オブニンスク	「解体核兵器からのプルトニウム処分に係るBN 600ハイブリッド炉心安全解析に関する共同研究」調整会議
3月11日, 12日	露国 オブニンスク	日露FBR協力コーディネーション会合
3月18日～21日	カナダ ウィニペグ	「JNC/AECL(カナダ原子力公社)トンネルシーリング性能試験に関する共同研究」調整会議及び運営会議
3月24日～27日	スウェーデン オスカーシャム	「JNC/SKB(スウェーデン核燃料廃棄物管理会社)プロトタイプ処分場に関する共同研究」調整会議及び運営会議

2. 海外派遣・留学

派 遣 ・ 留 学 先	期 間	目 的
仏国 グルノーブル原子力研究センター	2003年1月～7月	高速炉熱流動の評価に関する研究
米国 オークリッジ国立研究所	2003年2月～2004年2月	長寿命核分裂生成核種の中性子断面積のデータ解析
英国 BNFL(英国原子燃料会社)	2003年3月～2004年3月	遠心抽出器内での各種元素の抽出・逆抽出挙動評価の研究

3. 主要外国人の来訪

訪 問 日	訪 問 場 所	訪 問 者
2003年 1月27日	敦賀	仏国原子力庁(CEA)ゴーティ工原子力技術開発副本部長

訪問日	訪問場所	訪問者
2月14日	東京	米国DOEアルゴンヌ研究所グランダー所長
3月25日	東京	韓国原子力研究所 (KAERI) パク副理事長

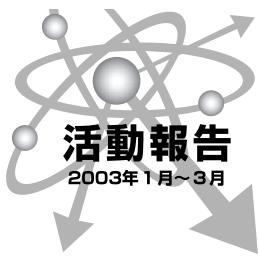
4. 国際協力協定

- (1) 2003年3月19日付で、米国DOEとの間で「放射性廃棄物管理分野における取決め」を締結した。
- (2) 2003年3月21日付で、スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB)、電力中央研究所 (CRIEPI)との間で、地下研究施設を利用した

試験のための共同研究契約を締結した。

- (3) 2003年3月25日付で、韓国原子力研究所 (KAERI)との間で「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発分野における協力取り決め」を締結した。

(本社：国際・核物質管理部)



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開発業務の「質」を確保するために業務に要求される品質を定め、その達成に向けた活動を推進している。

1. 経営管理サイクルと業務品質保証活動

2003年度の業務を実施するに当たり、サイクル機構としての重要課題への取り組み方針並びに具体的な重点事項及び目標を明示した「平成15年度業務実施基本方針・基本計画」、「平成15年度業務品質保証活動基本方針・基本計画」等が3月27日の理事会議にて承認・決定された。

また、これらの基本方針・基本計画の決定に先立ち、本社各部室及び各事業所等における2002年度業務実施計画等に係る年度末の実施結果及び12月26日の理事会議において決定された基本方針・基本計画（案）に基づく2003年度業務実施計画等に関する理事長ヒアリングを2月24日から3月13日かけて延べ5日間にわたって実施した。

2003年度業務品質保証活動基本方針及び基本計画を次頁に示す。

2. 理事長診断会

要求品質の達成状況を確認し、改善プロセスについて必要な指導を行う理事長診断会を東海事業所を対象に3月10日に実施した。テーマは、「建設工務部門の組織のあり方の検討状況と課題」及び「東海事業所における品質保証活動の将来像（案）への取組み」である。

3. 指導会

品質保証の専門家による指導のもと、敦賀本部（第4回）、東海事業所（第3回）、大洗工学センター

（第4回）、人形峠環境技術センター（第4回）及び東濃地科学センター（第3回）において指導会を開催した。

また、2002年度指導会改善成果報告会を3月12日に実施した。

4. 安全・品質監査

2002年度の定期監査である安全・品質監査について1月15日に理事長に報告するとともに、是正措置結果（計画を含む）の集約を行った。是正措置結果の第1段階のフォローを3月に実施した。第2、3段階のフォローは2003年度監査の事前説明及び本監査で実施する予定である。

5. ISO等の認証取得・維持活動の推進

人形峠環境技術センターが1月にISO14001認証の更新を完了し、東海事業所プルトニウム燃料センターが3月にISO9001-2000年版への移行を完了した。また、ISO9001、ISO14001及びOHSAS18001の内部監査員養成研修、及びISO9001（2000年版）の概論研修を東海事業所において実施した。

6. 業務品質保証の階層別教育

業務品質保証に関する階層別教育の一環として、役員層と外部の品質保証専門家との意見交換会を3月27日に開催した。講師として、品質管理の国際的な権威である中央大学の久米均教授をお招きし、「トップ・部門長診断について」と題し、経営方針の展開における診断の位置付け、トップ・部門長診断の狙い等について講演して頂くと共に活発な意見交換を行った。

（本社：品質保証推進部）

平成15年度 業務品質保証活動基本方針
及び業務品質保証活動基本計画
核燃料サイクル開発機構
理 事 長

業務品質保証活動を推進し、要求品質を達成するために、業務品質保証活動基本方針及び業務品質保証活動基本計画を以下のとおり定める。

[業務品質保証活動基本方針]

- ・「業務品質方針」を踏まえ、要求品質に照らして業務の実態をチェックし、業務の「質」を改善するため、経営管理サイクルの「業務推進・品質改善目標リスト」における業務品質改善の目標達成に向けPDCAのサイクルを確実に回し、業務の標準化、活動の活性化を図りながら業務品質改善活動を実施する。
- ・適正かつ効率的な業務運営の仕組みを構築するとともに、このような取組みを定着させ効果あるものとするために、国際規格（ISO等）の認証取得・維持活動を推進する。
- ・現状の業務の実態をチェックし、日常管理を含む品質保証活動の強化及び業務の「質」の向上に資するために、品質監査を確実に実施する。
- ・各部門長は、業務品質保証に関する意識と能力を高めるための教育・啓発を、従業員及び協力会社員に対し計画的に実施する。

[業務品質保証活動基本計画]

各部門において、業務の標準化を図りつつ、業務品質向上の観点から業務品質改善活動（以下「改善活動」という。）を継続的に実施するとともに、業務品質改善の意識が従業員及び協力会社員に定着し維持されるようにする。

1. 業務品質改善活動の実施

(1) 継続的な業務品質改善の推進

各部門においては、業務の「質」を改善・向上させるために業務の実態のチェックを実施する。

チェックにより抽出された問題点、課題の改善のための目標内容（実施方策）や目標値を定め、計画的に改善活動を実施する。この活動に当たって、QC手法、診断会、指導会、表彰等

の制度の活用により活性化を図っていく。

(2) 品質管理記録の充実・強化

原子力施設等における自主点検作業などに係る文書及び品質記録の審査機能の明確化、並びに自主点検信頼性調査で抽出された課題の改善を図る。

(3) 事務管理業務の改善

事務管理業務については、事務管理業務の総点検結果のフォローを軸として、業務の「質」の改善、向上を図る。

2. 業務運営の仕組みの確立

(1) 業務の標準化の推進

- ・各部門においては、改善活動の成果を日常管理に確実に反映し維持するために「業務の標準化」を実施する。また、ITを活用した業務運営システムの原研との統合の検討を踏まえた業務の標準化について、検討を行う。なお、各部門は、研究開発業務に関し研究開発の管理の仕組みについても標準化を推進する。
- ・各部門においては、法規制、品質保証計画及びISO等における要求事項を踏まえた文書体系整備を実施する。

(2) ISO等の国際認証取得・維持活動の推進

- ・各事業所は、ISO等の認証取得活動を推進する。
- ・認証を取得した部門は、その仕組みを改善のツールとして用い実行する。
- ・複数の国際認証取得の事業所においては、業務品質保証体系の整理・統合化に係る検討を進める。

3. 品質監査の実施

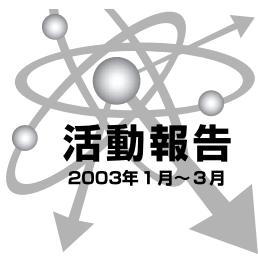
(1) 現状の業務の実態をチェックし、日常管理を含む品質保証活動の強化及び業務の「質」の向上に資するために、品質監査（安全・品質監査、自主品質監査）を確実に実施する。

(2) 各部門長は、サイクル機構に納入される物品・役務等の「質」を確保し向上させるために、受注者品質監査の実施基準を明確にして計画的に実施する。

4. 業務品質保証に関する教育・啓発の実施

各部門長は、業務品質保証に関する意識と能力を高めるための教育・啓発を目的・目標を明確にしつつ、従業員及び協力会社員に対し計画的に実施する。

以 上



外 部 発 表

1. 外部発表

1.1 外部発表実施状況

2003年1月から3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 関 係 (23件)		
1	Development of a RIMS Based FFDL System at the Experimental Fast Reactor JOYO	日本AEM学会 Vol.14 No1 4 2001年10月
2	Fission Products Release from Irradiated FBR MOX Fuel during Transient Conditions	日本原子力学会 Vol.40 No2 2002年2月
3	「もんじゅ」と歩む国際技術センターの近況	フォーラム 保全学 日本AEM学会 2002年10月
4	Thermomechanical and Fracture Mechanics Analysis on a Tee Junction of LMFR Secondary Circuit due to Thermal Stripping Phenomena	International Atomic Energy Agency No1318 2002年11月
5	Study of Electron Impact Cross Section of Sodium Containing Molecules	日本質量分析学会 Vol.50 No6 2002年11月
6	ナトリウム液滴の落下燃焼挙動に関する実験研究(第3報)	第40回燃焼シンポジウム (大阪) 2002年12月4日
7	「常陽」における中性子照射量評価技術の高度化	「中性子照射場と照射相関」研究会 (大洗工学センター) 2002年12月11日
8	Development of Distributed Material Knowledge Based on XML(XMLを用いた分散型材料知識ベースシステムの構築)	2003年情報学シンポジウム (日本学術会議講堂) 2003年1月16日
9	流体温度ゆらぎに対する熱応力の応答解析の事例と課題について	FINASユーザ会議2002年度 (東京) 2003年1月23日
10	SH波用電磁超音波探触子(EMAT)の構造特性	第10回超音波による非破壊評価シンポジウム 2003年1月30日
11	OECD Benchmark on Thermal Fatigue Problem Pre Test Calculation Part : Prediction of Crack Propagation	OECD Benchmark on Thermal Fatigue Problem 2003年1月31日
12	Comparison of Near Threshold Fatigue Crack Growth Data by Kmax constant Method with the Post Construction Codes	Nuclear Engineering and Design 2003年2月
13	ポスターセッション用「もんじゅ」ポスター	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー (日本科学未来館) 2003年2月7日
14	「もんじゅ」実データに基づく安全裕度評価	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー (日本科学未来館) 2003年2月7日
15	もんじゅ行訴控訴審判決について	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー (日本科学未来館) 2003年2月7日
16	ポスターセッション用「大洗工学センター」ポスター	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー (日本科学未来館) 2003年2月7日
17	Numerical Investigation Multi Dimensional Characteristics in Sodium Combustion	Elsevier Science Vol.220 No1 2003年3月
18	「もんじゅ」高度化炉心概念の研究 -長期運転サイクル炉心概念-	第12回 もんじゅ・国際技術センター技術報告会 (エムシースクエア) 2003年3月5日
19	プラントエンジニアリングシステムの開発	第12回 もんじゅ・国際技術センター技術報告会 (エムシースクエア) 2003年3月5日
20	技術開発と安全の確保	日本原子力学会 緊急討論会「もんじゅ判決と安全確保」 (内幸町ホール) 2003年3月5日
21	原研-サイクル機構合同安全研究成果報告会	原研-サイクル機構合同安全研究成果報告会 (星陵会館) 2003年3月7日
22	Experimental Study on Thermal Stripping Phenomena for a Fast Reactor Transfer Characteristics of Temperature Fluctuation from Fluid to Structure	第6回 ASME JSME熱工学国際会議 (米国 Hawaii) 2003年3月17日
23	Development of Multicomponent Vaporization/Condensation Model for a Reactor Safety Analysis Code SIMMER Theoretical Modeling and Basic Verification	Elsevier Science Vol.220 No.3 2003年4月

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 (16件)		
1	Development of Sphere Pac Nuclear behavior Analysis Code	Journal of Nuclear Technology Supply Issue(Proceedings of Actinide2001) (葉山町) 2001年11月7日
2	A Mixed Ceramics Metal Sphere Pac Concept	Journal of Nuclear Technology Supply Issue(Proceedings of Actinide2001) (葉山町) 2001年11月8日
3	Measurement of Neutron Capture Cross Section of Long Lived Fission Products	Workshop on Astrophysics, and Applied Physics at Spallation Neutron Source (オークリッジ国立研究所) 2002年3月12日
4	High Energy Gamma Ray Spectroscopy by High Resolution Spectrometer:HHS	CGS11 プラハ近郊 2002年9月3日
5	Development of Neutron Multiplicity Measurement Method in(, xn)Reactions	核理研研究報告 Vol.35 2002年10月
6	Present Status of Neutron Capture Cross Section Measurements by Time Of Flight Method	革新的原子力開発に向けた核データ測定ワークショップ (アトムワールド) 2002年10月3日
7	高性能ガンマ線スペクトロメータ	革新的原子力開発に向けた核データ測定ワークショップ (アトムワールド) 2002年10月4日
8	先進湿式再処理技術の開発	日本原子力学会 再処理・リサイクル部会 第2回再処理リサイクルセミナー (泉佐野市) 2002年10月10日
9	A Study of Safeguards System on Dry Reprocessing for Fast Breeder Reactors	PBNC2002 (Pacific Basin Nuclear Conference) (中国 Shenzhen) 2002年10月21日
10	電解析出法による高濃度硝酸溶液からのTc, Ru等FP元素の回収 -析出メカニズムと回収フローについて-	「PUREXシステムにおけるRu及びTcの化学」研究専門委員会 (日本原燃株) 2002年10月29日
11	乾式再処理プロセス開発について -現状と計画-	日本原子力学会「溶融塩技術と計算シミュレーション」ワークショップ (原研東海研究所) 2002年12月3日
12	革新的原子力開発に向けた核データ測定ワークショップ	核データニュース No.74 2003年2月
13	核燃料サイクル用核データ	核データニュース No.74 2003年2月
14	先進湿式法による再処理技術のさらなる進展	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー~若手研究者と語る研究開発の将来展望~ (日本科学未来館) 2003年2月7日
15	Measurements of Neutron Capture Cross Sections of Long Lived Fission Products	Proceedings of Workshop on Astrophysics, Symmetries, and Applied Physics at Spallation Neutron Source 2003年10月
16	実用化戦略調査研究における燃料サイクル開発の現状	連合シンポジウム「核燃料・材料開発におけるフロンティア的課題」 (東京大学) 2003年3月12日
廃棄物処理・処分関係 (10件)		
1	Solubility of Neptunium()in Carbonate Media	Journal of Nuclear Technology Supply Issue(Proceedings of Actinide2001) (葉山町) 2001年11月
2	コロイドの付着における物質移動係数の新たな評価手法の適用	日本原子力学会 第18回「パックエンド夏期セミナー」 (新潟東映ホテル) 2002年8月1日
3	還元性環境下におけるチタンの腐食速度と水素吸収挙動	第49回材料と環境討論会 (姫路工業大学) 2002年9月6日
4	About the Use of Cement Based Materials for Radioactive Waste Management: A Comparative Study of OPC, BFS PFA and HFSC Cement Pastes Leaching Behaviour	The Fifth International Symposium on Cement & Concrete (5th ISCC) (中国 上海) 2002年10月
5	ホウケイ酸ガラス中の酸化ルテニウムの溶解と結晶析出	第43回ガラスおよびフォトニクス材料討論会 (慶應義塾大学理工学部) 2002年11月22日
6	複数のモデル化手法を用いた地下水流动評価の不確実性について	第32回岩盤力学に関するシンポジウム (中央大学) 2003年1月23日
7	岩盤亀裂開口幅評価に関する検討	第32回岩盤力学に関するシンポジウム (中央大学) 2003年1月23日
8	サイクル機構の例レベル放射性廃棄物対策	第14回原子力施設デコミッショニング技術講座 (三会堂ビル) 2003年2月7日
9	隙間の存在する緩衝材中における炭素鋼の腐食挙動	第5回放射性廃棄物地層処分に関する情報交換会 (北海道大学) 2003年2月28日
10	放射性廃棄物対策の取り組み状況について	新金属工業 2003年3月
地層科学研究関係 (11件)		
1	東濃地科学センターにおけるペレトロンの現状	第15回タンデム型加速器及びその周辺技術の研究会 (若狭湾エネルギー研究センター) 2002年6月24日
2	ニューラルネットワークモデルによる割れ目密度の予測に関する考察	応用地質学会平成14年度研究発表会 2002年10月31日
3	Current Status of the Mizunami Underground Research Laboratory Project	1st International TRUE Block Scale Seminar (スウェーデン オスカーシャム) 2002年11月20日
4	3 D Finite Difference Simulation of Seismic Fault Zone Waves Application to the Fault Zone Structure of the Mozu Mi Sukenobu Fault, Central Japan	Earth Planets Space Vol.54 2002年12月
5	Fault Low Velocity Zones Deduced by Trapped Waves and Their Relation to Earthquake Rupture Processes	Earth Planets Space Vol.54 2002年12月

発表内容		発表先及び発表年月日
地層科学研究関係(11件)		
6	断層の透水異方性に着目した水理地質構造のモデル化・地下水流动解析 - 東濃地域を例として -	第32回岩盤力学に関するシンポジウム (東京) 2003年1月23日
7	深部地下水の流动系を把握するためのモデル化領域とその境界条件の設定に関する検討	第32回岩盤力学に関するシンポジウム (東京) 2003年1月28日
8	1,000m級ボーリング孔を用いた長期揚水試験	第32回岩盤力学に関するシンポジウム (東京) 2003年1月28日
9	幌延深地層研究計画の現状	平成14年度地層処分技術に関する研究開発報告会 (ヤクルトホール) 2003年2月28日
10	幌延深地層研究計画の地上部つり探査、地質・地質構造、水理・地球化学特性(1)、水理・地球化学特性(2)、力学特性、安定性研究、地上・地下施設、地層処分研究開発	平成14年度地層処分技術に関する研究開発報告会 (ヤクルトホール) 2003年2月28日
11	地層処分技術に関する研究開発報告会 - 処分技術の信頼性を支える基盤の強化に向けて -	平成14年度地層処分技術に関する研究開発報告会 (ヤクルトホール) 2003年2月28日
軽水炉再処理関係(4件)		
1	Spared Behavior of Explosion in Closed Space	The Fourth International Symposium on Hazards, Prevention and Mitigation of Industrial Explosions (フランス Bourges国際会議場) 2002年10月
2	(財)電力中央研究所 研究年報2002年版 主要な新規設備	(財)電力中央研究所 研究年報2002年版 2002年10月
3	分離技術の概要「第7回アクチニドと核分裂生成物の分離と核変換に纏わる情報交換会議」OECD/NEA主催	第18回「分離核変換工学」研究専門委員会、日本原子力学会誌 電中研本部 2003年1月28日
4	高レベル放射性物質研究施設(CPF)における先進湿式再処理プロセス試験計画	日本原子力学会「第13回PUREXシステムにおけるRu & Tcの化学」研究専門委員会 2003年1月31日
新型転換炉関係(2件)		
1	ふげん発電所におけるトリチウム管理	プラズマ・核融合学会誌 2002年12月
2	「ふげん」の運転高度化と国際貢献	原子力eye Vol.49 No.2 2003年2月
核物質管理関係(1件)		
1	第43回核物質管理学会(INMM)年次大会における、核物質の計量管理にかかるセッションの概要	核物質管理センターニュース Vol.32 No.1 2002年12月
安全管理関係(14件)		
1	Early Fecal Excretion of Inhaled Plutonium	Radiation Protection Dosimetry Vol.102 No.2 2002年
2	臨界事故時の被ばく線量評価に関する国際相互比較試験	日本保健物理学会誌 Vol.37 No.3 2002年9月
3	再処理施設周辺におけるヨウ素-129モニタリングの現状	ヨウ素シンポジウム (千葉大学) 2002年10月
4	Experience of Radiation Control at MOX Fuel Fabrication Facilities	The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection (ソウル) 2002年10月20日
5	Experience of Radioactive Effluent Monitoring at Tokai Reprocessing Plant	The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection (ソウル) 2002年10月21日
6	環境におけるPu同位体及びAm濃度の経年変化について	「施設・環境放射能動態」専門研究会 (京都大学原子炉研究所) 2002年11月21日
7	イメージングプレートを用いた低濃度環境下におけるラドンおよびトロン娘核種の粒径分布測定	日本原子力学会中央支部 第34回研究発表会 (名古屋) 2002年12月3日
8	地下坑道におけるラドン濃度変動の観測とそのシミュレーション - 坑道内ラドン濃度と風量の測定結果および考察 -	日本原子力学会中部支部 第34回研究発表会 (名古屋大学) 2002年12月3日
9	Advection-Diffusive Transport of D20 in Unsaturated Porous Media under Evaporation Condition	International Symposium on the Transfer of Radionuclides in Biosphere (水戸) 2002年12月18日
10	Estimation of Deposition Velocities of HT and 14CO2 and Their Fluxes from Surface Environment with a Development of a Simultaneous Sampling System for the Speciation of Atmospheric H-3 and C-14	International Symposium on the Transfer of Radionuclides in Biosphere (水戸) 2002年12月18日
11	Modelling the Dispersion and Scavenging of Plutonium in Marine System	International Symposium on the Transfer of Radionuclides in Biosphere (水戸) 2002年12月18日
12	Rapid Determination of Long Lived Artificial Alpha Radionuclides Using Interval Analysis Method	International Symposium on the Transfer of Radionuclides in Biosphere (水戸) 2002年12月18日
13	再処理施設における排気モニタリング	第6回Nucefセミナー 2003年1月
14	東海事業所における安全推進の取組みと労働安全衛生及び環境保全管理の改善活動について	核燃料物質の安全管理講習会(富山会館) 2003年2月7日
その他(5件)		
1	サイクル諸量の観点から見たプルサーマル導入の意義	日本原子力学会 Vol.45 No.1 2003年1月
2	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー ポスターセッション - FBRサイクル実用化戦略調査研究の紹介 -	高速増殖炉サイクル研究開発セミナー 2003年2月7日
3	核燃料サイクル開発機構における健康管理への取組概況について	産業保健情報誌「さんぽ いばらき」 2002年9月
4	日本原子力学会誌2002年9月号に対するモニターからの意見	日本原子力学会誌 Vol.44 No.11 2002年11月
5	Decommissioning of Refining and Conversion Facility	KAREA KINS JNC意見交換会(人形峠環境技術センター) 2003年3月14日



技術情報管理 情報システム

1. 技術情報管理

サイクル機構の技術資料として、機構作成技術報告書、委託研究報告書、共同研究報告書、受託研究報告書、海外原子力開発機関との協定等により入手した報告書、国内外の研究機関との情報交換により入手した報告書等を効果的に活用するため、データベース化している。

データベースの利便性の向上を図るため、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）による社内運用を行っている。

インターネット利用によるJSERVを整備し、2003年2月14日より社外利用の運用を開始した。図1にインターネット版JSERVのホームページを示す（URL:<http://jserv-internet.jnc.go.jp/>）。本システムでは、公開の技術資料のほか、外部発表資料、サイクル機構技報、特許情報、解析コードに関するデータベースの検索・閲覧ができる。また、技術資料と外部発表資料については日本語検索に

加え、英語検索ができるようにした。

情報公開の一環として、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に掲載している。

四半期ごとに編集発行する技術広報誌であるサイクル機構技報第18号を2003年3月20日に社外に広く配布するとともに、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、全事業所を結ぶ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、安定な運用継続を図った。また、次年度スーパーコンピュータシステムを更新するための資料招請官報公示を行った。

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の運用を継続するとともに、新東京事務所移転のためのLAN作業について検討を行った。また、2003年8月初替予定のSINETへの接続作業の詳細検討を行った。

セキュリティ対策については、システムの信頼性向上及び低コスト化を図る目的で新電子メールウィルスチェックシステムに切り替えた。さらに、パソコン廃棄時のデータ消去ガイドラインの策定、社内パソコンセキュリティ講座開設などを行った。



図1 インターネット版JSERV
URL:<http://jserv-internet.jnc.go.jp/>

（本社：技術展開部）



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。2002年度は、42件の研究協力課題について実施している。2003年度の先行基礎工学研究に係る研究協力課題の募集を行い、募集件数12件を超える応募件数（22件）の中から13件を選定し、受入れ準備作業を進めている（表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く公募型の研究協力を実施している。2002年度は、20件の研究テーマについて実施している。

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。

2002年度は、16名の博士研究員により研究を実施している。2003年度の博士研究員の募集を行い、募集定員5名に対し5倍を越える応募者（26名）の中から5名の研究テーマを選定し、受入れ準備作業を進めている（表2参照）。

1.4 その他

サイクル機構は、学術及び科学技術の発展に寄与するために相互の研究協力を促進するとともに人材育成の一層の充実を図るため、2003年3月に埼玉大学地図科学研究センターと研究協力に関する覚書を締結した。

（本社：技術展開部）

表1 2003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】（8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	慶應義塾大学 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

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】(8 件)				
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 助教授 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	北海道大学 教授 大貫 惣明
7	光・画像計測を応用した気液二相界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
【核燃料サイクル関係】(1 件)				
9	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
【放射線安全関係】(1 件)				
10	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ブレントニウム弁別	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
【地層処分・地層科学関係】(3 件)				
11	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 大津 宏康
12	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 地質環境研究Gr	共同研究	早稲田大学 教授 高木 秀雄
13	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 研究調整Gr	共同研究	静岡大学 教授 加藤 憲二

表2 博士研究員による2003年度研究テーマ一覧(新規分)

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き裂の発生と伝播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即発 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吸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: 火山活動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

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）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1期（2001年度）の採択研究テーマ4件は、2002年12月に社内公募型研究評価委員会（委員長：相澤東大教授）による中間評価を受けた。この中間評価では、研究目標の達成状況、得られている研究成果の独創性・新規性、当初研究目標の妥当

性、及び今後の研究計画の妥当性等を評価し、研究継続の可否の判定が行われた。また、研究を進めるに当たって改善すべき点や見直すべき点の指摘、助言、勇気付け等も行われた。同委員会による評価結果は表3のとおりであり、全研究テーマの継続が決定した。

第2期（2002年度）の採択研究テーマ2件については、2002年4月から研究を開始している。当該期間においては、試験装置の搬入・据付等を進めつつ、サイクル機構内部の装置や外部機関の装置を利用した試験研究を実施している。

第3期（2003年度）の新規研究テーマ募集は、2002年7月17日から10月3日までの間行われ、3事業所から4件の応募があった。同年12月17日に開催された社内公募型研究評価委員会において書類審査と面接審査を合わせた選考審査が行われた。採択された研究テーマは表4のとおりであり、2003年4月から研究を開始することが決定した。

（本社・社内公募型研究推進室）

表3 2001年度採択研究の中間評価結果

番号	研究テーマ	継続可否
13-1	使用済み燃料の再処理における溶媒を用いない湿式分離	可*
13-2	放射性廃棄物処分における緩衝材及び岩石マトリクス中の核種拡散移行過程での固液界面現象と移行モデルの高度化に関する研究	可
13-3	高温環境複雑人工物の損傷検出技術の開発	可
13-4	雷雲中における放射線発生機構に関する研究	可

*今後の研究計画の見直しを行うこと。

表4 2003年度新規採択研究テーマ

番号	研究テーマ
15-1	原子力施設非破壊検査用小型高輝度電子錠の実用化研究
15-2	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



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支援した。

また、六ヶ所再処理工場の試運転準備要員である日本原燃(株)再処理技術者の東海事業所での研修及び日本原燃(株)委託会社社員への研修を継続実施した。

さらに(財)核物質管理センターから再処理分析技術者の研修を継続実施した。

(2) ウラン濃縮

ウラン濃縮技術については、技術情報の提供等を実施するとともに、ウラン濃縮プラントの運転経験に基づくコンサルティング等の受託契約を継続して実施した。

また、電力会社等からの要請に基づき、人形峠環境技術センターの濃縮施設において「滞留ウランの除去及び回収技術に係る試験研究」及び「使用済遠心分離機処理技術に係る試験研究」の共同研究並びに「遠心機長期化技術に関する試験」の受託業務を継続実施した。その内「滞留ウランの除去及び回収技術に係る試験研究」共同研究及び「遠心機長期化技術に関する試験」の受託業務は2002年度で終了し、電力会社等への成果報告を実施した。

(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、六ヶ所MOX燃料加工工場の設計にサイクル機構の技術を反映させるため、

技術者の派遣、技術情報の開示等の技術協力を実施するとともに、「MOX燃料加工に係る確認試験(MOX実験(2))」の受託契約を継続実施した。

また、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2)」の受託契約であるコンサルティング業務を継続実施した。

(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」、「高温構造設計手法高度化及び免震技術開発」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継続実施した。

(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、継続して技術情報の開示等を実施している。

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。

2002年度は、新規採択した7件と前年度からの継続分2件を含めた合計9件の実用化共同研究開発を実施している。今期は技術委員会による評価を実施した。また、2003年度の実用化共同研究開発の新規募集を行った。

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2,650件、外国で約990件（このうち、2003年3月末現在、開発成果として保有している特許権は、国内約1,000件、外国約490件）である。2003年1月から3月における登録件数は国内1件である（表1参照）。2002年度における出願件数は国内25件、外国21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34件であり、現在は18件を許諾している。

（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17件で、現在は12件を許諾している。

表1 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	2003.2.21	3401488	MOX燃料のO/M比の調整方法及び確認方法	サイクル機構

3. 施設設備の供用

技術協力の一環として、サイクル機構の施設・設備を利用した施設等の供用を行っている。2002年度は、東濃地科学センターの第2立坑（目的：無重量研究）新型転換炉ふげん発電所廃棄物処分建屋の一部（目的：デコミショニング研究）、人形峠環境技術センターの環境工学施設の一部（目的：デコミショニング研究）及び東海事業所ウラン脱硝施設（目的：脱硝ウラン水分含有量等調査）の供用などを継続実施している。

また、東濃地科学センターにあるペレトロン年代測定装置（タンデム型加速器質量分析装置）による地層発掘物質の年代測定を外部からの依頼に基づき実施した。

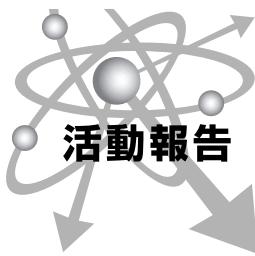
4. 国内技術協力研修

日本原燃（株）再処理技術者の試運転に向けた、放射線管理、高レベル廃棄物ガラス固化技術、ウラン・プルトニウム混合脱硝技術、分析技術及び基本技能の各分野で継続実施した。

日本原燃（株）委託会社社員の再処理分析技術研修員は41名が継続した。その他東電環境エンジニアリング（株）技術者が1名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技術者の再処理分析技研修は1名が継続した。

（本社：技術展開部）



特許・実用新案紹介

画像相関を用いた移動物体測定方法

出願番号：特願平11 - 251489

出願日：平成11年9月6日

特許番号：特許第3325002号

登録日：平成14年7月5日

特許権者：核燃料サイクル開発機構

本発明は、移動物体を撮影した連続画像の相互相関を用いて移動量或いは移動速度を推定する方法において、静止物体画像をノイズとして除去し、残った移動物体画像の相互相関をとることにより、物体の移動量を測定するものである。

1. 目的・効果

可視化画像による流速測定法は、流体にトレーサ粒子或いは染料を混入し、流れを可視化した上で、写真フィルム等で連続撮影し、これら画像間のパターン認識により粒子等の移動距離を求め、撮影時間間隔から流速を用いる手法が用いられている。パターン認識においては、粒子等の有無による画像の濃淡分布の相互相関を取り、相関値の高い位置同士が対応する粒子等であると判断する。

従って、粒子等の移動を対応付けるためには、流れと共に移動する粒子等可視化媒体のみを撮影した画像が理想的であるが、実際の画像には、流体中に存在する構造物、撮影窓に付着したゴミ等が一緒に撮影されている。これらのノイズは相互相関処理における流速計測への障害因子となっていた。

本発明は構造物等の静止被写体をノイズとして検出・除去し、移動媒体のみを選択的に抽出した画像により、ノイズの多い場所における可視化画像計測を可能としたものである。

2. 技術の概要

時間的に連続する複数枚の画像において、画像を構成している各画素輝度値の時間変動に着目し、撮影画像中のノイズと可視化媒体を分離するものであり、ここでは可視化媒体を微小粒子（トレーサ粒子）とする。図1にノイズ除去手法の原理を示す。

S2（フレーム1、フレーム10、フレーム20における実線枠内のパターンの対比）では、パターン認識において枠内パターンが同じであるため、相互相関値が高く移動先と判定可能であり、S3（フレーム10、フレーム20における破線枠内のパターンの対比）では移動粒子の2個とノイズの1個がフレーム10、フレーム20で偶然同じパターンを形成しているため、移動先と誤って判断する可能性がある。これを避ける為、以下のようにノイズと可視化媒体を分離した。

トレーサ粒子は時間と共に移動するが、ノイズは常に一定位置に存在している。ノイズがない画素（P2の位置）の場合、トレーサ粒子が存在していない時刻（フレーム1）では、画素の輝度値は背景の輝度値と同じになる。その画素にトレーサ粒子が存在している時刻（フレーム10及び20）では、画素の輝度値はトレーサ粒子の反射により、背景の輝度値と比べて大きくなる。一方、ノイズが撮影されている画素（P1の位置）の場合、輝度

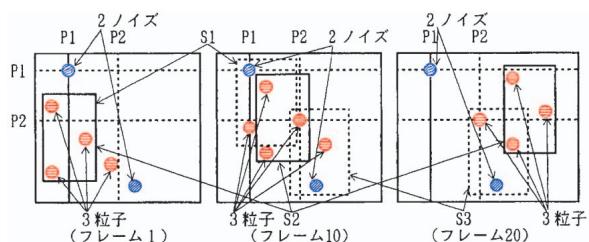


図1 ノイズ除去手法の原理

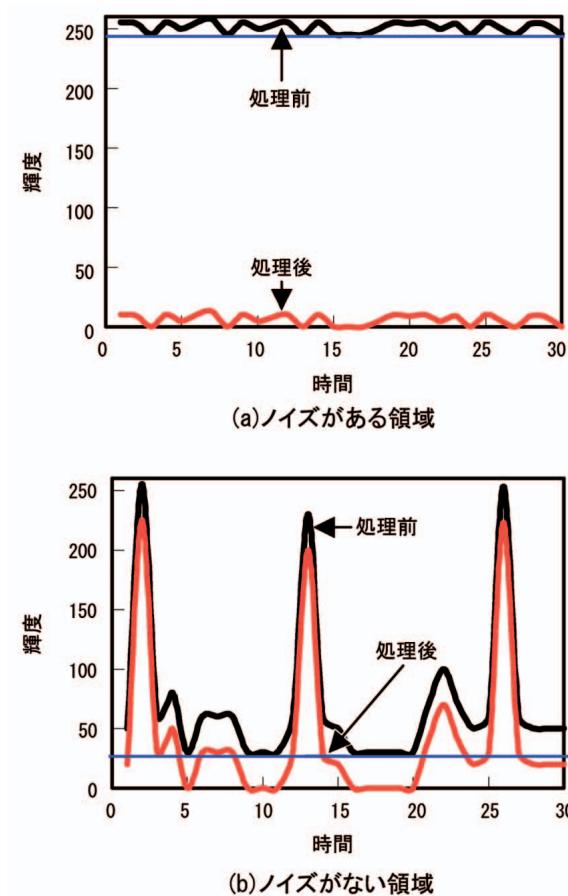


図2 最小輝度減算法によるノイズ除去結果

値の時間変動はほとんどない。この特徴を利用して、それぞれの画素に対して時間変動している輝度の最小値を求め、それらの値を各画像の各画素輝度値から減算することによりノイズを除去するものである。

図2に本手法によるノイズ除去処理結果の一例(最小輝度減算法による)を示す。

横軸はフレーム数(時間軸と等価)、縦軸は輝度値を示し、図2(a)はノイズがある領域の場合、図2(b)はノイズがない領域の場合を示している。時間的に連続する画素の輝度の最小値を取得し、各時刻の輝度から最小輝度値を減算することにより、ノイズを除去する方法であり、ノイズがある画素の輝度値は最小輝度を減算することにより0近傍の値となっていることを示している。一

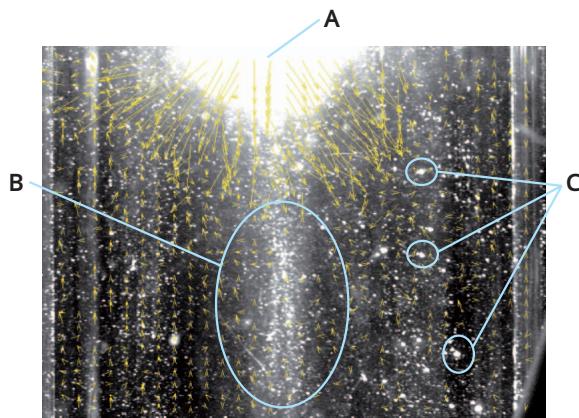


図3(a) ノイズ処理前の流速ベクトル

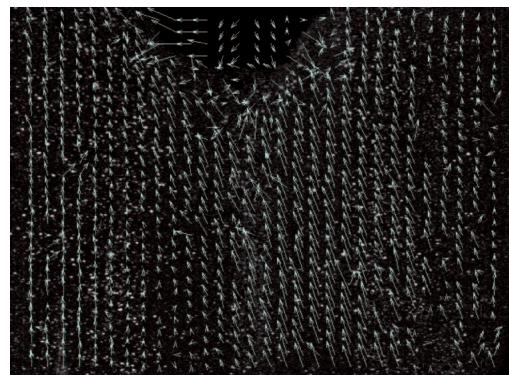


図3(b) 最小輝度減算法を適用したときの流速ベクトル

方、トレーサ粒子が撮影されている画素の輝度値は最小輝度を減算することにより、トレーサ粒子の通過に伴うピークを含め、輝度変動が再現されていることを図2(b)は示している。

図3に本発明のノイズ処理の一例を示す。目視によりこの画像上では右下から左上に流体が流れている。図3(a)のノイズ処理前では、構造物によるハレーションA、可視化窓によるハレーションB、可視化窓上のゴミCなどの影響で、流速がばらついており、正しい流速が得られないことが分かる。一方、ノイズ処理を施した図3(b)では、上部中央にある構造物の周りの流速も再現されていることが分かる。

(本社：技術展開部)



2003年4月28日開館



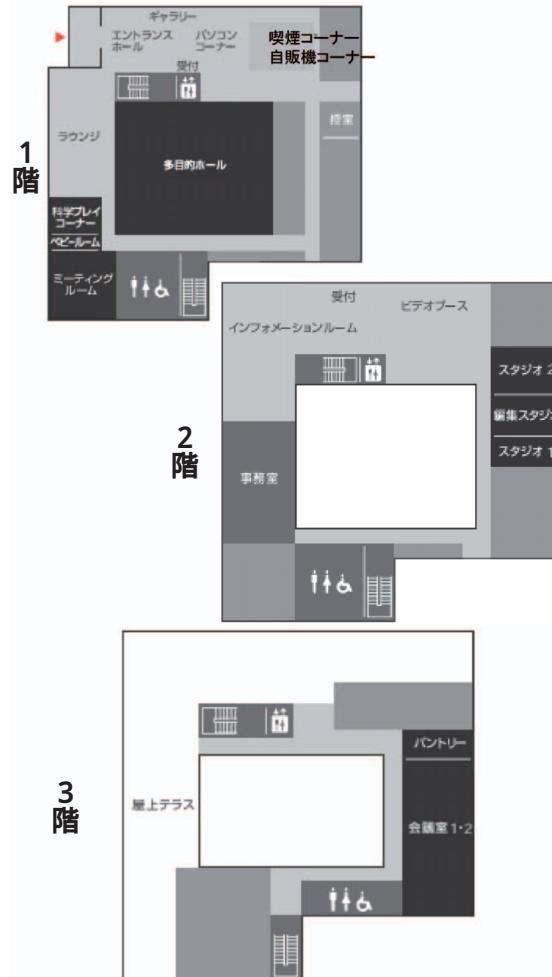
「研究開発成果の普及」「情報公開」「リスクコミュニケーション」の拠点とし、原子力関係者はもとより広く一般の方々にも気軽に利用してもらい、「科学技術と交流する場」「創造性豊かな文化と交流する場」「地域の方々と交流する場」として活用するため「テクノ交流館リコッティ」を開館しました。大型スクリーンがある多目的ホール、パソコンコーナーやビデオブースなど誰もが使える施設が沢山あります。

施設概要

- 住所 〒319 1111
茨城県那珂郡東海村舟石川
796 1
(JR常磐線東海駅東口すぐ前)
- 電 話 029 306 1155
- 敷地面積 約2,198m²

フロアーガイド

- 1階 多目的ホール、パソコンコーナー、ギャラリー、ミーティングルーム、科学プレイコーナー、ベビールーム
- 2階 インフォメーションルーム、ビデオブース、編集スタジオ、スタジオ1,2
- 3階 会議室1,2、屋上テラス



ご利用案内

- 入場無料
(一部有料施設有り)
- 開館 午前10時～午後8時
- 休館日 毎週水曜日
(祭日の場合は翌平日)
お盆休み、年末年始

東海事業所 〒319 1194 茨城県那珂郡東海村村松4 33 TEL 029 282 1111 <http://www.jnc.go.jp>

INFORMATION

お知らせ



平成16年度任期付研究員（博士研究員）の公募について

21世紀の科学技術を飛躍的に発展させるために、創造性に富み、発想の豊かな若手研究者を募集します。

1. 募集人員 6名程度

2. 研究分野 高速増殖炉開発及びそれに関連する核燃料サイクル技術開発、高レベル放射性廃棄物処分基盤研究分野等で核燃料サイクル開発機構の業務として実施可能な研究

3. 応募資格 採用時に原則として35歳以下の方で博士号取得者（採用時に取得見込みを含む）であり、かつ健康な方であって、研究を自主的、主体的に遂行する意志のある方

4. 契約開始日 2004年4月1日（予定）

5. 待遇等 謝金：月額50万円程度（社会保険料及び税込み）

研究諸経費：150万円程度／年

通勤手当、住居手当は、職員に準じて別に支給

なお、必要に応じて外部の研究機関においても、1年間に2ヶ月を限度として研究を行うことができます。

6. 研究期間 年度ごとに所要の評価を行い、1年度ごとに契約を更新することとし、最大限3年間まで延長することができます。

7. 審査方法 書類審査、面接審査及び健康診断を行います。

8. 応募締切 2003年9月25日（木）【必着】

9. その他 平成17年度には核燃料サイクル開発機構は日本原子力研究所と統合する予定であり、平成17年度以降の研究については、変更になる場合があります。

問合せ先

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

亀田、佐藤、小山

電話 029-282-1122

（内線41111、41127、41126）

FAX 029-282-7980（夜間直通）

E mail daigaku@jnc.go.jp

サイクル機構ホームページ

（<http://www.jnc.go.jp/>）

お知らせ

INFORMATION

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	岡山県苦田郡上斎原村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	北海道天塙郡幌延町富園町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
東京インフォメーションルーム	〒100-0006	東京都千代田区有楽町1-1-2 日比谷三井ビル1階	TEL (03) 3597-9497
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駒字沖付	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 (911) 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.19 2003.6

2003年6月20日発行

©2003 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/>

©2003 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



核燃料サイクル開発機構
Japan Nuclear Cycle Development Institute