



FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2009 July

179

夢をかたちに。

私たちはいつだって、未来に向かってすすんでいます。

だからいま、未来に向けてつくっています。

自由と安心に満ちたITサービスと、

心をつなげるネットワーク。

そして、美しい地球を守っていく仕組み。

すべての夢を、かたちにするために。

富士通は、挑みつけます。



■ 紹介

- 「常陽」の炉容器内の観察・補修技術と炉容器内構造観察のための画像撮影装置の開発 …(3)
齊藤隆一 / 今泉和幸 / 岡 潔 / 相澤秀之 / 片桐源一
- モニタリングポストの高信頼化 ……………(9)
今井光宏
- 固体廃棄物減容処理施設の概要と焼却溶融による減容処理システムについて ……………(15)
大久保利行 / 原田 守 / 堂野前寧 / 佐藤康士 / 角田俊也 / 松本武志
- 遠隔操作機器の位置決め指示機構の開発 ……………(21)
小澤達也 / 武仲五月 / 武馬啓祐 / 佐藤康士
- 緊急時迅速放射能影響予測 (SPEEDI) ネットワークシステム ……………(26)
三澤 真 / 永森文雄

■ 論文

- バイカル湖のメタンハイドレート層からのガス回収実験 ……………(34)
西尾伸也 / 杉山博一 / 安部 透 / 萩迫栄治 / 小田原卓郎 / 八久保晶弘
山下 聡 / 南 尚嗣 / 庄子 仁 / 田中洋行 / 三田地利之
Oleg Khlystov / Mikhail Grachev
- イオン交換フィルタによる粒状イオン交換樹脂溶出物の除去特性 ……………(39)
出水丈志 / 萩原正弘 / 猪野隆夫 / 小松 誠 / 河津秀雄 / 藤原邦夫

■ グループ情報

- FAPIGの機構 ……………(43)

表紙デザイン：永瀬恭一

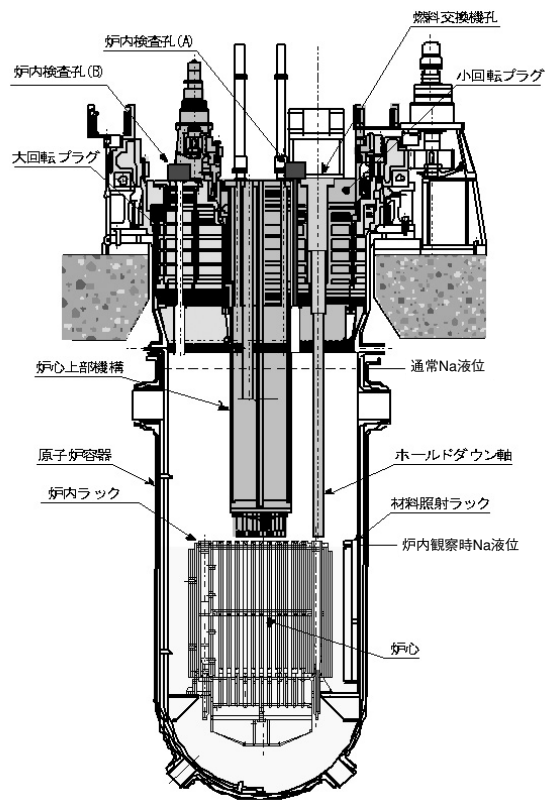


図1 「常陽」の原子炉容器の断面図

実績を有しており、海外の高速炉でも、カメラ、ペリスコープ（反射鏡式）などの装置を用いた炉内観察、湾曲した集合体の回収や変形した燃料交換用案内管の切断・回収などの補修実績があり、高速炉における炉内観察・補修技術が蓄積されている。

「常陽」の原子炉容器の断面図を図1に示す。「常陽」では、回転プラグに炉内検査孔、制御棒予備孔および燃料交換機孔が設けられており、これら検査孔などにファイバースコープの挿入またはカメラの設置を行うことができるが、冷却材料のナトリウムが不透明であることから、炉内観察時には炉容器内のナトリウム液面を集合体頂部から-50mmまで下げた状態とする。

(2) 高速実験炉「常陽」の炉内観察技術²⁾

「常陽」においては、カメラによる炉上部からの炉内観察が実施され、また、炉内を詳細に観察するために、水平方向も観察できるファイバースコープを用いた炉内観察装置を開発してきた。これ

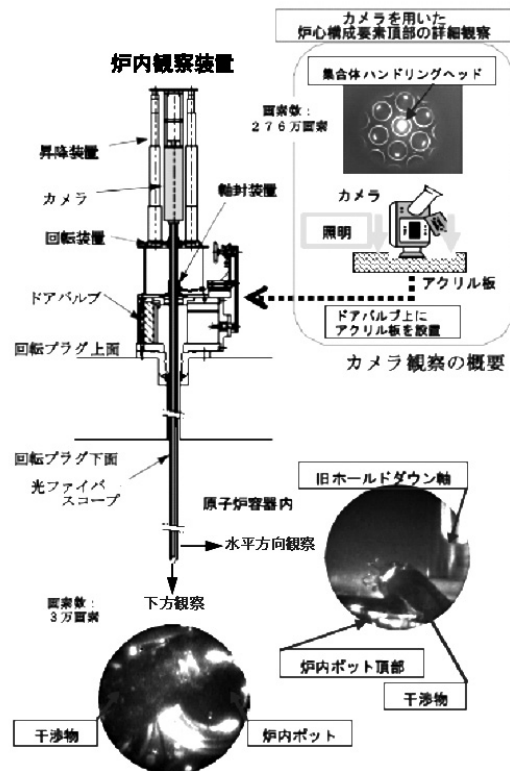


図2 「常陽」の炉内観察の概要

らの観察技術を用いて、高速実験炉「常陽」の原子炉容器内で発生した計測線付実験装置（以下、MARICO-2）と回転プラグの干渉による燃料交換機能の一部阻害に際し、炉内状況の確認のため、平成19年10月に原子炉容器内の炉内干渉物に対する炉内観察が実施された。

炉心崩壊熱の低下を待ち、炉内のナトリウムレベルを炉心頂部-50mmの位置まで下げ、炉内観察装置（ファイバースコープ）を回転プラグ上の検査孔を通して原子炉容器内に挿入し、干渉物と共に炉内全域の観察を行った（図2-①）。同装置の回転プラグ貫通部に対しては、軸封装置を設け、炉内のカバーガスバウンダリを維持した。また、装置は、温度が約170℃のArガス雰囲気中、線量率が約200~300Gy/h（計算値）の環境下で使用するため、装置内部の光ファイバには耐熱性、耐放射線性の純粋石英コアイメージファイバを採用し、炉内での使用を考慮しSUS製の保護管に入れ使用した。ファイバースコープ対物部は、下方観察

用と水平方向観察用のアダプタを有しており、観察目的に合わせて使い分けた。なお、視野角が狭いため、合成写真を作成し、炉内全体の評価に供した。また、炉内はナトリウム液面も含め、反射物が多いため、撮影ごとに照明の光量を調整した。干渉物の観察に次いで集合体頂部の詳細観察も行っており、回転プラグの炉内検査孔上にデジタルビデオカメラを設置し（図2-②）、回転プラグを回すことで同頂部全域にわたって、集合体一体ごとに撮影を行い、約650枚の画像の貼り合せ編集により、集合体頂部などの全体の合成写真を作成した。この合成写真から集合体頂部に異物や損傷がないことを確認した。

ファイバースコープを用いた観察からは、焦点距離の範囲で物体の形状判別に十分な映像が得られており（図2-①）、画像寸法から炉内での干渉範囲を特定することもできた。なお、光ファイバは高線量率の下、積算で約5000Gy（計算値）を受けており、初期に比べ、映像の劣化を確認した。

3. 炉容器内狭隘部観察のための画像撮影装置³⁾

炉心上部機構（以下、UCS）は、制御棒駆動機構および各燃料集合体出口温度計装を保持する機能を有するものである。燃料交換機能の一部阻害状況に関し、制御棒駆動機構およびMARICO-2保持部を有するUCSの状況を下面から詳細に観察・撮影して、確認することが「常陽」の運転再開に向けて重要である。このことから、UCS下面観察装置を新たに開発・製作した。

(1) 装置の概要

本観察装置は、炉内検査孔B（約φ110mm）からドアバルブを通してカバーガスバウンダリを維持したまま炉容器内に挿入する設計とし、明るく分解能の高い詳細な観察の実現と、炉容器内環境への対応から、既存観察と同様に耐放射線性の純粋石英コアイメージファイバによるファイバースコープ方式とSUS製保護管を採用した。また、上下動作、旋回動作に加えて、ファイバースコープを内包しながらL字型に屈折する関節を持つことで、UCSと炉心集合体頂部の間隙の狭隘空間（約70mm）にアクセスできる機能を有し、ファイバースコープは可とう性を持たせた構造とした。こ

で、観察装置の関節がL字型に屈折する際、イメージファイバはR状に曲がるため観察装置とファイバの相対長が変化するが、ファイバに無理な力がかからず円滑に屈折できるように観察装置とファイバの相対長を調整する機能を付加した。また、炉容器内への挿入状況時の確認や炉容器内機器との干渉を避けるため、前方観察機能のためのファイバースコープも付加・内装した。主用寸法などは以下のとおり。

- 全長：約13m（炉容器外部分を含む）
- 本体支持筒：100mm
- 屈折部長さ：約2m
- 狭隘部高さ：30mm
- 撮影視野：2視野（3万画素×2）

(2) UCS下面撮影動作

観察までの動作は次のとおりである。まず屈折しない直線状態で、炉心集合体を避けた位置にドアバルブを通過して炉内に挿入する。規定の挿入深さにおいて炉外から遠隔・手で先端部をL字型に屈折し、炉心集合体の外縁上部に旋回させる。さらに挿入して、炉心集合体頂部にL字型で軟着座させる。その後、炉心集合体頂部を滑りながら回転駆動することで高温、高線量下のUCSと炉心集合体頂部狭隘空間に横方向からアクセスし、下面から上方向にUCSを撮影する。先端部屈伸動作の際は、ファイバの総体長さを炉外からの遠隔・手で屈伸角度に応じて調整する。炉容器内狭隘部観察のための撮影装置の概念を図3に示す。

(3) モックアップ動作試験

本観察装置による狭隘部挿入動作を確実なものとするには、上下位置、旋回角および屈折角を把握できることが重要である。また、観察装置とファイバの相対長変化を適切に調節してファイバに無理な力がかからず円滑に屈折できることが重要である。このような事項に対し、ピットを利用した炉容器内動作のモックアップ試験を行い、その機能を評価した。試験の結果、上下動作；1mm以下、旋回動作；0.5°以下、屈折動作；1°以下で位置把握が可能であることを確認した。また、観察装置とファイバの相対長を調整しながら円滑にファイバースコープを屈折し、UCS下面の狭隘部に到達する画像撮影動作ができるこ

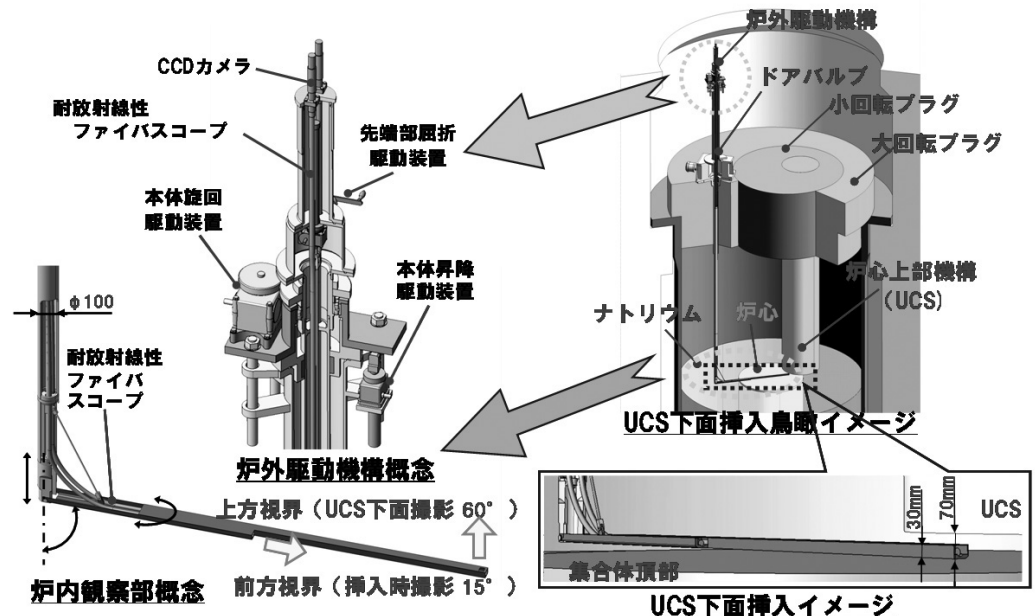


図3 炉容器内狭隙部観察のため撮影装置の概念

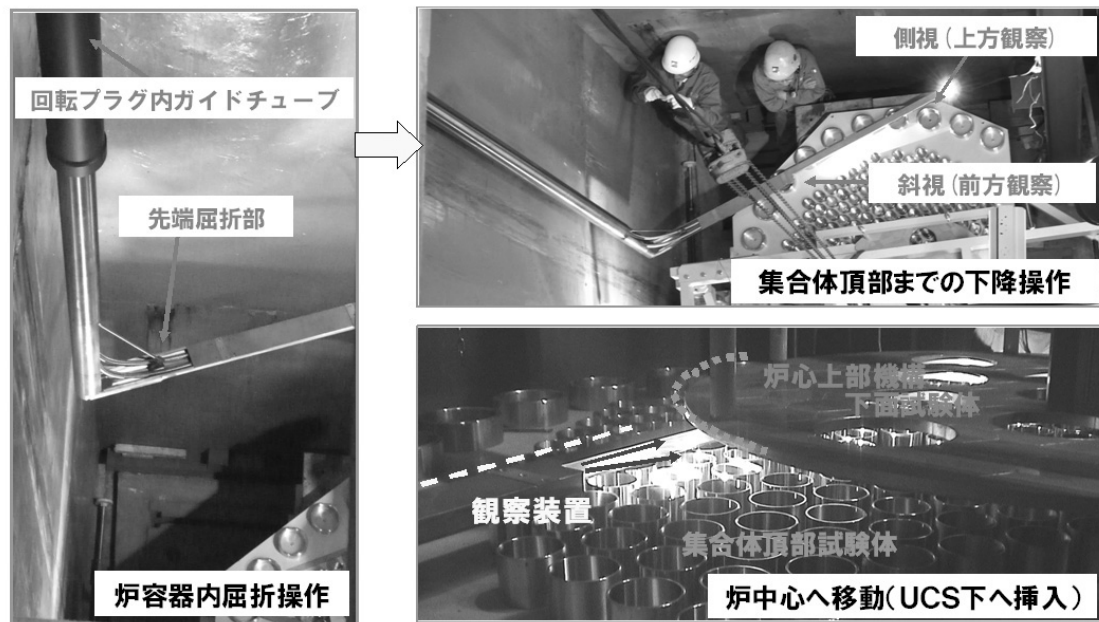


図4 モックアップ試験の状況

と、ファイバースコープにより集合体頂部およびUCS下面の撮影が可能であることを確認した。モックアップ試験の状況を図4に示す。

(4) ファイバースコープ取扱上の考慮点

本装置は12mを超える全長に可とう性に富む2

本のファイバースコープを内包している。このことから、ファイバースコープ組み込みの際には、先に筒内へロープを通し、このロープを固定した冶具をファイバ先端に取り付けて筒内へ引入れるようにして、ファイバースコープに無理な力

がかからないよう配慮した。また、筒内に設けた径方向のガイドは、屈折先端に近づくに従いガイド穴が曲がり側へ近づくようにして、屈伸動作時にファイバが曲がり方向へ円滑に曲がるよう配慮した。

4. 炉容器内構造評価のための観察準備と結果⁹⁾

UCS下面および集合体頂部を模擬したモックアップを用いた試験により、UCS下面観察装置を用いて高速炉内の狭隙部を詳細に観察できることを確認した。観察装置の厚さが約30mmであり、ファイバースコープとUCS下面の間隙は約40mmとなるため、UCS下面を観察するファイバースコープの焦点深度を適切に設定し、また、視野角を60°とすることにより、近接位置ではあるが視野範囲として直径約40mmを確保した。UCS下面を模擬した整流格子モックアップの観察写真を図5示す。UCS下面観察用のファイバースコープにより、厚さ約0.8mmのステンレス鋼製の板を2枚重ねたUCS下面整流格子モックアップを明瞭に確認できた(図5-①)。同様にモックアップを用いて撮影した前方向観察用のファイバースコープの画像を図5-②に示す。集合体頂部とUCS下面の間のクリアランスを明瞭に確認でき、所期の機能を有していることを確認した。

5. 炉内撮影画像処理技術の開発⁹⁾

狭隙部にファイバースコープを用いた炉内観察装置を挿入し、高速実験炉「常陽」炉心上部機構の下面全域を観察する際、視野の狭いファイバースコープの画像を繋ぎ合わせることで、広い視野を確保する技術開発が行われている。

日本原子力研究開発機構では、核融合用ブランケット冷却配管のレーザー加工要素技術として開発した複合型光ファイバースコープを、FBR補修保全技術と内視鏡外科治療の双方に効果的に展開するため、平成18年度に撮影画像の拡張処理専用ソフトウェアの開発を開始している。これを「常陽」の炉内干渉物に係る炉内観察に応用し、回転プラグの動作に合わせたファイバースコープの観察体系と連携可能で、連続して得られた観察画像を繋ぎ合わせることで視野範囲の拡大化を図り、状況確認の簡易化と作業効率の向上が期待できる画像処理システムの構築が目指された。試作されたソフトウェアを使用し、炉心上部機構下面の模擬体を撮影被写体に用いた画像拡張化実験が行われた。実験では、模擬体写真を回転させながら、ファイバースコープで撮影し、疑似的に広角画像を作成した。角度および距離補正值を用いず作成した画像では、画像間にズレが見られたが、補正值を用い作成した画像ではズレの改善が確認された(図6)。

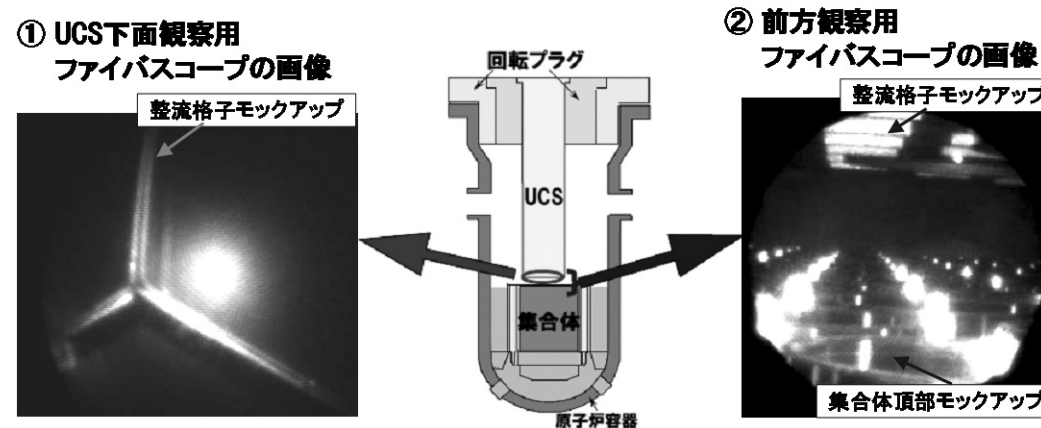


図5 UCS下面を模擬した整流格子モックアップの観察写真

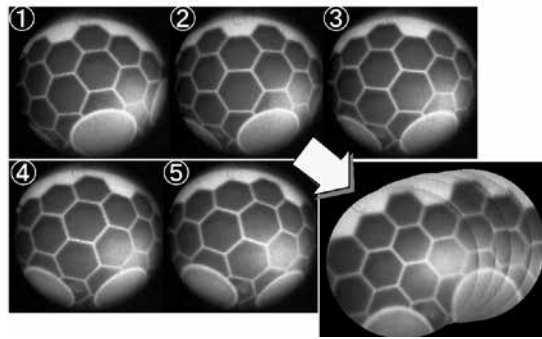


図6 画像拡張試験結果
(炉心上部機構下面模擬体の一部)

6. ま と め

日本原子力学会2008年度の春秋2回の年会で発表された、原子力機構 大洗研究開発センターの「ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発」から「炉容器内構造観察のための画像撮影装置」について、シリーズ発表中の関連発表を交えて紹介した。炉容器内構造観察のための画像撮影装置は、「常陽」の炉内干渉物対策の一環としての炉容器内観察に利用された。炉容器内観察の様子を図7に示す。

ナトリウム冷却型高速炉内の観察においてファイバースコープが有効な観察手法の一つであることが確認されている一方で、高線量下での映像劣化が課題であり、長時間の観察に使用する場合に、光ファイバの耐放射線性向上および劣化回復技術の開発、画像処理技術の向上といった観察技術の高度化が今後必要である²⁾。大洗研究開発センターでは、耐熱、耐放射線の観点からペリスコープによる炉内観察も有効な手段であり、観察技術の多様化を図るためにペリスコープ型観察装置の開発を進めるとともに、MARICO-2試料部の回収などの作業を通じて、高速炉の炉容器内観察・補修技術の高度化を図っていく予定である¹⁾。

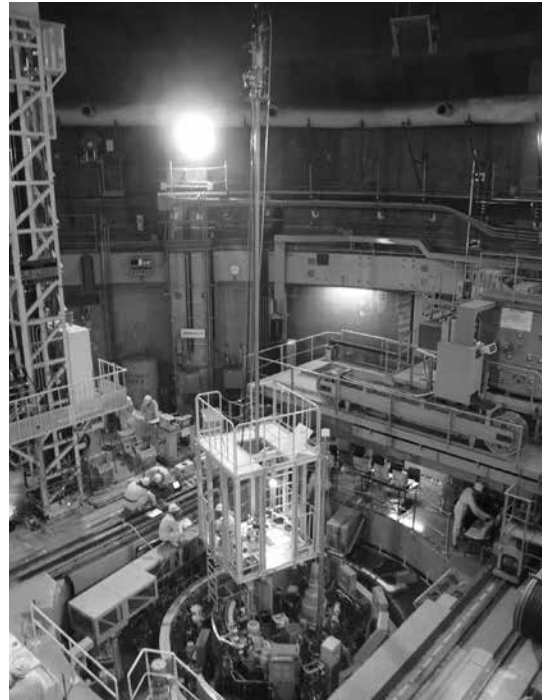


図7 画像撮影装置による炉容器内観察の状況

参考文献

- 1) 前田幸基他, (1)高速実験炉「常陽」における高速炉の炉内観察技術の現状：ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発, 日本原子力学会2008年春の年会 (2008), J11
- 2) 齊藤隆一他, (2)高速実験炉「常陽」の炉内観察技術：ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発, 日本原子力学会2008年春の年会 (2008), J12
- 3) 片桐源一他, (2)炉容器内構造観察のための画像撮影装置の開発：ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発 (その2), 日本原子力学会2008年秋の年会 (2009), B34
- 4) 今泉和幸他, (3)炉容器内構造への影響評価のための観察結果：ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発 (その2), 日本原子力学会2008年秋の年会 (2008), B35
- 5) 岡潔他, (4)狭隘部撮影画像拡張化技術の新たな応用：ナトリウム冷却型高速炉の原子炉容器内観察・補修技術の開発 (その2), 日本原子力学会2008年秋の年会 (2008), B36

モニタリングポストの高信頼化

Environmental Radiation Monitoring System Reliability

今井 光宏*
Mitsuhiro Imai

〔概 要〕

富士電機システムズ(株)では、原子力発電所および原子力関連施設の周辺環境放射線を連続測定・監視を行なうモニタリングポスト設備を多数納入してきた。この度、中部電力(株)殿より東海地震を想定した耐震対策として、地震発生時に建屋間を結ぶ地中ケーブルが断線した場合でもモニタリングポストデータをリアルタイムで中央制御室にて継続監視したいとのご要望を受けた。このため、地震発生などによる機器故障、電源ケーブルおよび伝送ケーブルの切断となる事態を考慮し、局舎・機器の耐震評価を行なうとともに電源および伝送ラインのバックアップ機能を備えた信頼性の高いモニタリングポストを中部電力(株)殿浜岡原子力発電所向けに2008年12月に納入したので紹介する。

1. ま え が き

富士電機システムズ(株)は、長年に渡って低レンジ用のNaI (Tl) シンチレーション検出器, 高レンジ用の球形電離箱検出器および線量率計, 電源モジュール, エネルギー補償モジュールを組み合わせた測定系を備えたモニタリングポストを製作してきた。

2000年には、線量率計, 電源モジュールおよびエネルギー補償モジュールを一体化した計測ユニットを開発し、スペクトル測定機能の追加や光磁気ディスク装置への詳細データ保存機能追加などの充実を図り、信頼性を向上させてきた。

今回、地震が発生した場合の現場局舎での電源バックアップおよび現場から中央制御室への伝送ラインバックアップ機能を備えたモニタリングポストを製作し、さらなる信頼性の向上を図ったので、納入事例として紹介する。

2. システム概要

モニタリングポストは、原子力発電所および原子力関連施設周辺の現場局舎に設置した検出器で計測された空間γ線量率を、所内設備の各監視盤に連続的に伝送し、指示および記録すると同時に計算機にデータを保存し管理されている。

さらに計算機からは地方自治体の監視設備にデ

ータを伝送しており、一般公衆の人もパソコンで自由に環境放射線のデータを確認できる。

設置する現場局舎数は、地理的および気象的条件で施設により異なるが、浜岡原子力発電所では7基の現場局舎で監視を行っている。

7基の現場局舎から所内の中央制御室に設置された監視盤まではモデムによるデータ伝送を行っており、モデム伝送ラインが異常となった場合には衛星携帯通信装置によるバックアップ伝送に自動的に切り換えて、データを継続的に監視できるようにしている。

監視盤では、線量率をデジタル形式で表示すると同時に記録計にて連続的に記録しており、あらかじめ設定された高警報値を超過した場合には警報表示とブザーにて警報を知らせている。

また、環境への影響を評価するに際し、大気中における放射性物質の拡散状態を推定するため、気象観測データ(風向、風速)についても監視盤で指示および記録を行なっている。

電源系統は、各現場局舎に対して、所内設備より無停電交流電源を供給しているが、局舎内にはさらに無停電電源装置および増設バッテリーを設置し、電源ケーブル断線時に10時間以上をバックアップできるように改善した。図1にモニタリングポストの概略構成図を示す。

* 富士電機システムズ(株) オートメーション事業本部 エネルギーシステム統括部 放射線システム部

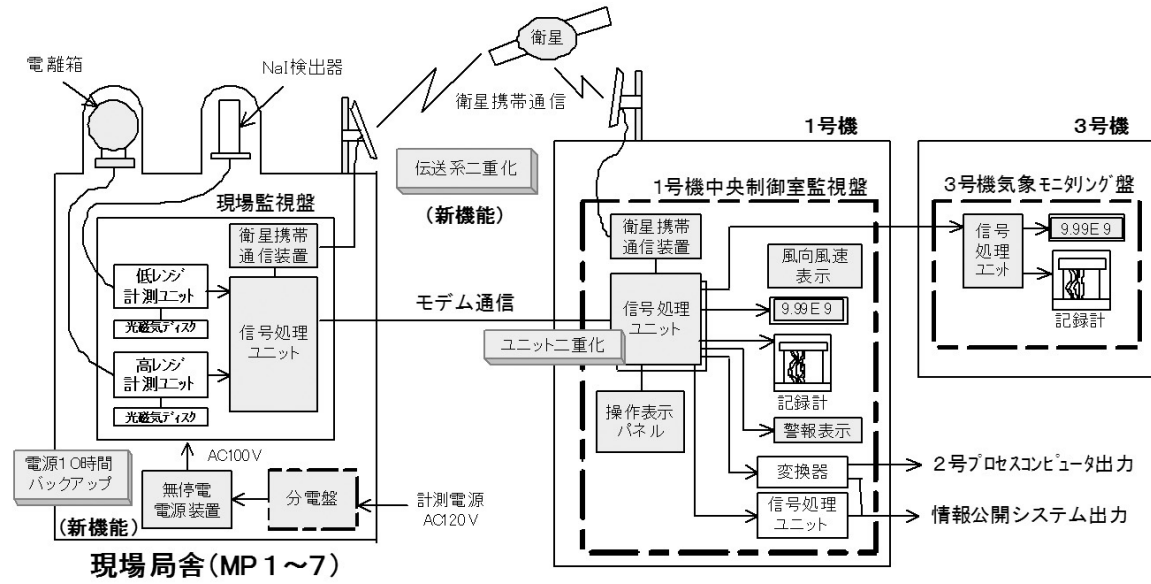


図1 モニタリングポスト概略構成図

3. 機能

3.1. 測定

環境放射線モニタリングに関する指針に基づき、空間γ線量率 $10^1 \sim 10^8$ nGy/hを、低レンジ用のNaI (TI) シンチレーション検出器と高レンジ用の球形電離箱検出器を併用して測定している。各検出器で計測された空間γ線は、計測ユニットにより線量率データに換算され、信号処理ユニットを經由して所内の中央制御室監視盤までモデム伝送される。

(1) 低レンジ測定系

NaI (TI) シンチレーション検出器は、プリアンプ、高圧電源、温度補償回路等を内蔵しており、低圧電源を供給すると温度補償された放射線検出パルス信号を計測ユニットに出力する。

計測ユニットは信号処理部を内蔵しており、検出器からの放射線検出パルス信号を受信し、デジタル荷重変換方式 (DWM方式) により線量変換し、線量率を連続的に指示する。

DWM方式とは、NaI (TI) シンチレーション検出器はγ線に対するエネルギー依存性が大きい

ため、各エネルギーに応じて補償を行なう必要があり、この補償方式をDWM (Digital Weighting Methode) 方式という。

線量率の測定範囲は、 $10^1 \sim 10^8$ nGy/hの低線量率領域を対象としている。

また、マルチチャンネル波高分析機能を有し、線量率を測定すると同時に検出器からの放射線検出パルス信号のスペクトル測定が可能である。

線量率データとスペクトル測定データは、信号処理ユニットおよび光磁気ディスク装置に出力される。

(2) 高レンジ測定系

球形電離箱検出器は、アンプ、高圧電源、V/F変換回路等を内蔵しており、低圧電源を供給すると、線量率に比例したパルス信号を計測ユニットに出力する。

計測ユニットは信号処理部を内蔵しており、検出器からの放射線検出パルス信号を受信して線量変換し、線量率を連続的に指示する。

線量率の測定範囲は、 $10^1 \sim 10^8$ nGy/hの高線量率領域までをカバーしている。

線量率データは、信号処理ユニットおよび光磁気ディスク装置に出力される。

測定系の外観写真を図2に、性能を表1に示す。

図2 測定系外観写真と機器概要説明

表1 測定系検出器性能仕様一覧表

	低レンジモニタ	高レンジモニタ
検出器	NaI (TI) シンチレーション検出器 2"φ×2"	イオンチェンバ検出器 (加圧式球形電離箱検出器)
計測範囲	$10^1 \sim 10^8$ nGy/h	$10^1 \sim 10^8$ nGy/h
指示誤差	基準線量率に対し±10%以内	基準線量率に対し±10%以内
エネルギー特性	50keV~100keV±10%以内 100keV~3MeV±3%以内	50keV~400keV±15%以内 400keV~3MeV±10%以内
方向依存性	±10% (0°~±90°, 0°基準)	±3% (0°~±90°, 0°基準)

3.2. データ監視

(1) 現場局舎での監視

現場局舎では、計測ユニットの表示画面により線量率データの監視を可能としている。また、ユニットに接続された光磁気ディスク装置により一定期間の線量率、スペクトルデータ、検出器温度、電源電圧および警報履歴などの詳細情報が保存さ

れるため、長期間のデータ評価や異常発生時の要因解析に、この詳細情報が活用できる。

故障情報については、現場監視盤に設置された信号処理ユニットで判定し、測定系故障、検出部温度異常および無停電電源装置異常などを監視盤の状態表示ランプで知らせる。

(2) 中央制御室での監視

各現場局舎から受信したデータは、中央制御室監視盤内の信号処理ユニットに取り込まれて、線量率のデジタル表示、記録計出力、計算機への伝送、警報判定および故障診断が行なわれている。

線量率が、操作表示パネル画面であらかじめ設定した警報値に達した場合、警報表示ランプを点灯させると同時にブザーを鳴動させて、警報を通知する。

現場局舎から受信した測定機器詳細情報（電源電圧、温度、故障内容）、システム故障情報および伝送ラインの状態（モデム/衛星携帯）については、操作表示パネルの画面で監視できる。

なお、信号処理ユニットをA系とB系の二重化構成とすることで、故障や保守点検などにより片方のユニットが停止した場合に、現状の処理をもう一方のユニットに自動的に継続して切り換えることで、データ欠測の発生を防止している。

この対応により、中央制御室での監視および地方自治体の監視設備への伝送（所内計算機経由）を強化している。

4. 特長

本モニタリングポストは、発電所周辺の空間γ線量率を連続的に監視する必要があり、データの欠測が許されない設備である。このため、耐震性確保、保守性向上および監視機能の充実を図ることにより信頼性を確保している。

4.1. 耐震性の確保

(1) 局舎の耐震性評価

想定東海地震の地震動における最大加速度395ガル（ 3.95m/s^2 ）に基づいて、加速度応答スペクトルを求めると図3に示すスペクトルが得られる。このスペクトルにより評価された局舎設置場所の地表面最大加速度と動的解析により得られた局舎構造の固有周期約0.01sにより、局舎のひび割れおよび転倒の可能性について評価した結果、いずれも問題のない結果が得られた。

(2) 測定系の耐震性

現場局舎に設置する検出器および計測ユニットについては、実際に装置に対して振動を与える形で耐震試験を実施した。

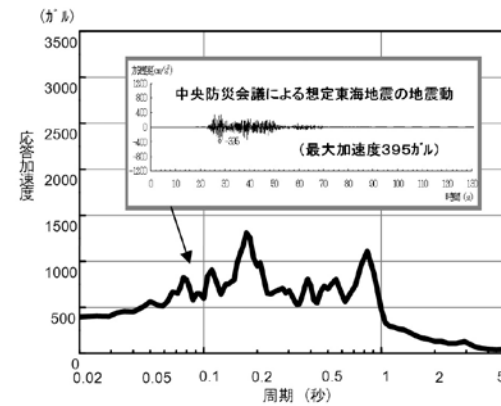


図3 加速度応答スペクトル

この結果、想定される東海地震の地表面最大加速度に対して、約3倍もの優れた耐震性を有していることが確認された。

(3) 現場監視盤の耐震性

局舎の耐震性評価結果により、安全側に考えて想定される東海地震の地表面最大加速度に対して、約2.5倍の条件で耐震計算を行い、現場監視盤構造および据付方法について、要求された耐震条件を満足させた。

(4) 伝送ライン二重化

現場局舎から中央制御室監視盤までの伝送ラインを二重化（モデム伝送/衛星携帯伝送）することで、地震の他、故障などによる伝送異常発生時の伝送停止を防止し、中央制御室監視盤での連続監視を維持する。

①モデム伝送

1号機中央制御室監視盤内の信号処理ユニットから一定周期で「データ要求」を送信している。

現場局舎監視盤内の信号処理ユニットでは、この「データ要求」受信時に「最新データ」を送信する。

最新データを正常に受信できなかった場合に伝送異常と判断し、衛星携帯伝送に切り換える。

なお、切換時間は、約2分である。

②衛星携帯伝送

通常運用中は、衛星携帯伝送ラインを待機状態とし、モデム伝送異常を判断した場合に衛星携帯回線へのダイヤルアップを行い、衛星携帯伝送に切り換える。衛星携帯伝送中にモデム伝送が正常



写真1 衛星携帯アンテナ外観写真

に復帰した時点で衛星携帯伝送を停止し、モデム伝送に戻す。

写真1に局舎に設置した衛星携帯アンテナの外観写真を示す。

(5) 電源バックアップ

地震による電源ケーブル断線を考慮して、無停電電源装置および増設バッテリーを19インチラックにコンパクトに収納して局舎内に設置し、所内からの電源供給停止時に10時間以上の電源バックアップを可能としている。

さらに現場分電盤には、発電機の接続用コードを備えており、電源復旧が長時間に及ぶ場合には、発電機による電源供給も可能としている。

写真2に局舎内に設置された無停電電源装置の外観写真を示す。

4.2. 保守性の向上

機器のユニット化による点検作業の簡易化および自己診断機能の充実による故障対応の迅速化により、保守性の向上を図っている。

(1) 点検作業の簡易化

低レンジと高レンジの測定系について、共通仕様の計測ユニットを採用することで点検項目および操作性の共通化を図っている。

また、機器をユニット化することで構成機器の数量の削減を行ない、点検項目を減らすことにより点検工数を削減している。

NaI (TI) シンチレーション検出器については、温度補償回路を内蔵したことにより、検出器単独での交換を可能にした。

(2) 故障対応の迅速化



写真2 無停電電源装置外観写真（左）

測定系の自己診断結果による故障詳細情報を中央制御室監視盤内の操作表示パネルで確認することで、現場に行かなくても故障要因を判断できるため、迅速な復旧対応が可能である。

(3) 故障発生率の低減

測定系および制御回路（リレー、タイマー、変換器など）のユニット化により、設備構成機器の数量を削減し、故障発生率の低減を図っている。

4.3. 監視機能の充実

計測ユニットによる光磁気ディスクへのデータ保存および中央制御室に設けた操作表示パネルへの詳細情報表示を行なうことにより、監視機能を充実させた。

(1) 保存データの活用

光磁気ディスクに保存された線量率およびスペクトルデータを所内事務所のパソコンに取り込むことにより、長期的なトレンドや放射性核種によるピークの有無などを評価できる。また、検出器温度、電源電圧および警報履歴を監視することにより、機器故障の兆候を判断できるため、異常発生を未然に防止できる。

(2) 操作表示パネルでの監視

中央制御室にて現場測定機器の詳細情報（高圧電源電圧、検出部温度、故障内容）を監視できる。



図4 操作表示パネルの警報履歴画面

図4に警報履歴画面表示の例を示す。

また、信号処理ユニットで判断したシステム故障情報、伝送ラインの状態（モデム/衛星携帯）および衛星携帯伝送にて受信したデータの履歴についても画面で監視できる。

5. あとがき

現在、原子力発電所および原子力関連施設には耐震性が求められており、モニタリングポストに対しても地震発生に備えて耐震性を確保するとともに電源系統や伝送系統にバックアップ機能を持たせたいという要求が高まっている。

今回紹介した浜岡原子力発電所に納入した設備は、これらの耐震性やバックアップ機能を備えたものであり、通常運用においても信頼性が確保されており、これらの要求に応えるものを納入できた。

今後も富士電機システムズ(株)では、放射線計測、データ伝送および制御、計算機システム管理などの総合的な技術力を活かして、より信頼性の高い製品を提供していく所存である。

最後に、このモニタリングポストの納入にあたり、多大なるご指導をいただいた中部電力(株)の関係各位殿に対し、厚く感謝いたします。

参考文献

- 1) 環境放射線モニタリングに関する指針
(原子力安全委員会)
- 2) JIS環境 γ 線連続モニタ (Z4325-2008)
(日本規格協会)
- 3) 放射能測定法シリーズ連続モニタによる環境 γ 線測定法 (文部科学省)

固体廃棄物減容処理施設の概要と 焼却溶融による減容処理システムについて

Project of OWTF (Oarai Waste reduction Treatment Facility) in JAEA and The Volume Reduction of The Waste by Incinerating and Melting Treatment

大久保利行*	原田 守*	堂野前寧*
Toshiyuki Okubo	Mamoru Harada	Yasushi Donomae
佐藤康士**	角田俊也**	松本武志**
Kouji Satou	Toshiya Kakuta	Takeshi Matsumoto

〔概要〕

日本原子力研究開発機構の大洗研究開発センターでは、線量が比較的高いTRU核種を含む放射性廃棄物を減容・安定化する施設として、固体廃棄物減容処理施設を計画中である。

本施設では焼却および溶融処理により廃棄物の減容・安定化を行う計画であり、同一の高周波誘導加熱式の焼却溶融炉にてこれらの処理を行うことを特徴とする。可燃性および難燃性の廃棄物は焼却処理を行い、金属をはじめとする不燃性廃棄物は溶融処理を行う。本焼却溶融システムは実機相当の試験用の炉にて実証試験を実施し、処理性能等を確認している。

1. はじめに

独立行政法人日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターにおいては、FBRサイクル技術の実用化を目指し、FBRサイクル実用化研究開発およびFBRサイクル工学研究を実施するとともに、これらの研究開発のため照射済みの燃料および材料の工学試験並びに高速実験炉「常陽」の運転燃料の検査等のための照射後試験を実施している。

これらの研究開発の進展に伴い、TRU核種に汚染された比較的高い線量の廃棄物（以下、「 α 固体廃棄物B」という）が発生してきている。これらの廃棄物の大部分は、圧縮等の減容を行わずに、大洗研究開発センター内の貯蔵施設に保管管理している。

研究開発を進めていく中で廃棄物発生量の抑制に努めているものの、その発生量はFBRサイクル実用化のための試験計画にもよることから、限

度がある。貯蔵施設の貯蔵裕度がなくなることで、計画している研究開発プロジェクトに影響及ぼすおそれがある。

以上の状況を踏まえ、照射後試験等に伴い発生する α 固体廃棄物Bを減容、安定化するための施設として、固体廃棄物減容処理施設 (Qarai Waste reduction Treatment Facility: OWTF) の建設計画を進めている。本施設は、高周波誘導加熱により廃棄物を焼却および溶融することで、減容効果が高く、均質で安定的な固化体が得られるシステムを採用している。

本稿では、OWTFの概要およびOWTFで採用した焼却溶融による減容処理システムについて紹介する。

2. OWTFの概要

2.1. 施設の目的

本施設は、主に α 固体廃棄物Bを処理対象とし、減容処理を行い、FBRサイクル実用化のための研

* 日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 環境保全部

** カワサキプラントシステムズ(株) 原子力部

究開発を継続的に行うことを可能にするとともに、将来の研究施設等廃棄物の処理処分に向けた廃棄体作製の実証を行うことを目的としている。

2.2. 建物の概要

図1に完成予想鳥瞰図を示す。OWTFでは、比較的線量の高い廃棄物を取り扱うことからホットセルを有しており、施設規模は以下のとおりである。

- 構造：鉄筋コンクリート（一部鉄骨造）
- 階数：地下1階，地上2階（一部3階）
- 大きさ：約45.5m（南北）×約32m（東西）
- 地上高さ：約20m（排気筒高：約40m）
- 建築面積：約1,600m²
- 延べ床面積：約5,100m²
- 耐震重要度：Bクラス

2.3. 設備の概要

OWTFでは、廃棄物の開梱、分別等の前処理および廃棄物の減容を行う焼却および溶融処理等はホットセル内で行うため、遠隔による操作および保守を考慮した設計を行っている。

主な設備は以下のとおりである。

- 搬入搬出設備：廃棄物収納容器の受入れ，開梱，処理後の廃棄物の払出し等
- 前処理設備：廃棄物の切断・破碎等による細断，分別作業，線量測定等
- 焼却溶融設備：廃棄物の焼却・溶融処理，排ガス処理等
- 廃液処理設備：施設内で発生する廃液の処理等
- 運転監視設備：ITV等による施設内の監視等
- 換気空調設備：施設内の換気空調，フィルタ等による除塵等



図1 OWTFの完成予想鳥瞰図

2.4. 概略処理フロー

概略処理フローを図2に示す。

既設の貯蔵施設に保管中，または，各施設より新たに発生するa固体廃棄物B等は閉じ込め能力を有する廃棄物収納容器に収納された状態で搬入される。

収納容器を開梱し，廃棄物を取り出し，必要に応じて，細断，分別等を行い，焼却溶融処理時に使用する専用容器（以下「投入容器」という）に充てんする。廃イオン交換樹脂については，焼却処理時の負荷を減らすため，乾燥を行った後に投入容器に充てんする。投入容器は可燃性で，処理対象廃棄物とともに焼却される。

投入容器に充てんされた廃棄物は，高周波誘導加熱式の焼却溶融炉内に投入容器ごと投入され，処理される。可燃・難燃物および廃イオン交換樹脂は焼却処理され，焼却処理後の焼却灰を回収し，投入容器に再度充てんして，金属を含む不燃物および廃チャコールとともに溶融処理し，固化体とすることで，廃棄物を約1/3に減容する。

放射化金属は，溶融による減容効果が少ないことから，切断の後，廃棄物収納容器に稠密充てんする。

OWTFで処理した後の廃棄物（溶融固化された廃棄物および稠密充てんされた放射化金属）は，専用の容器に封入後，再び既設の貯蔵施設で保管管理し，処分場が整備された後，処分場の受入形態に合わせてパッケージングして搬出する。

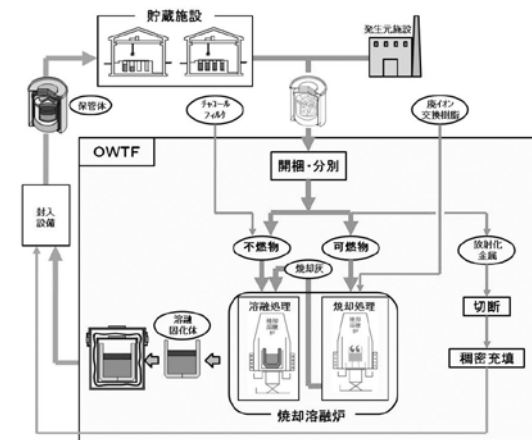


図2 概略処理フロー

2.5. 処理対象廃棄物および処理能力

大洗研究開発センターの照射後試験施設等から発生するa固体廃棄物Bを主な処理対象廃棄物とし，その他の廃棄物についても処理も行う。表1に処理対象廃棄物と年間処理量を示す。また，設備の処理能力は以下のとおりである。

- 焼却処理：0.1m³/日
- 溶融処理：1体/日

2.6. 工程

平成20年12月に事業変更許可を申請し，許可の取得に向けた対応を行っており，竣工はH24年度中を予定している。

3. 焼却溶融による減容処理システム

3.1. 焼却溶融炉の構造

OWTFの焼却溶融システムは，同一の高周波誘導加熱式の焼却溶融炉にて，焼却および溶融処理を行うことを特徴とする。高周波誘導加熱式とは，被加熱物のまわりに設置した高周波コイルに通電し，コイル内で発生した磁界により金属等の被加熱物に渦電流を生じさせ加熱するものである。焼却処理は，焼却筒と呼ばれる金属製の円筒内に可燃性および難燃性廃棄物を投入し行い，溶融処理は，キャニスタと呼ばれるるつぼ中に金属をはじめとする不燃性廃棄物を投入し行い。このように同一の炉で処理を行うことから設備のコンパクト化をはかることができる。また，直接には炉と廃棄物の接触がないことから遠隔保守性にも優れているとともに運転においては遠隔運転が可能であり，ホットセル内への設置に適している。

OWTFで使用する焼却溶融炉の計画図を図3に示す。焼却筒もしくは溶融物を入れたキャニスタは，台座と呼ばれる耐火材等で構成する台に載せられ焼却溶融炉下部から炉内に設置される。焼

表1 処理対象廃棄物と処理能力

処理対象廃棄物	年間処理量
a 固体廃棄物B (放射化金属を含む)	約10トン
廃イオン交換樹脂	約2トン
廃チャコールフィルタ	約0.3トン

却溶融炉の高周波加熱部に高周波コイルが設置され，本コイルに通電することにより，被加熱物である焼却筒もしくはキャニスタ内の金属が加熱される。高周波コイル内には冷却水を流すとともにその内側には耐火材を設置し，高温から高周波コイルを保護する。処理対象廃棄物は，焼却溶融炉の上部に設置される投入装置を用いて，順次投入される。焼却溶融処理時に発生する排ガスは，焼却溶融炉の下部から流入した燃焼空気に同伴され焼却溶融炉上部から排気される。各処理の詳細については次項以降に示す。

3.2. 焼却処理システム

処理対象廃棄物である可燃・難燃物および廃イオン交換樹脂は，高周波誘導により直接加熱されないため，高周波誘導による加熱が可能な金属製の焼却筒を用いた間接加熱方式により焼却処理を行う。焼却筒の計画図を図4に示す。

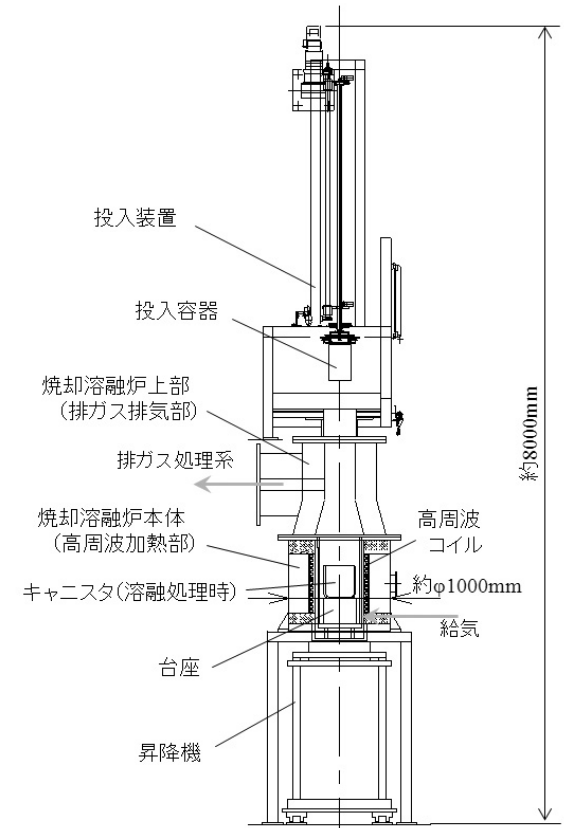


図3 OWTFでの焼却溶融炉の計画図

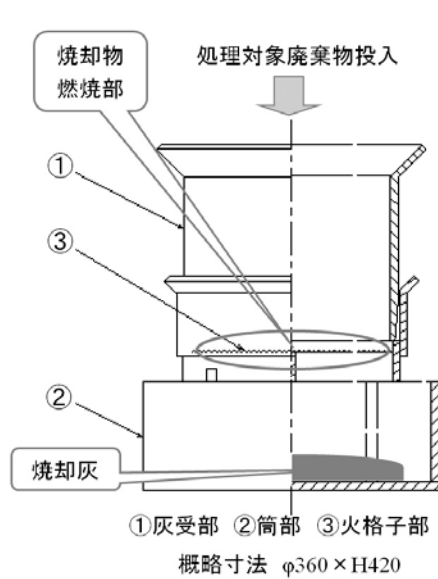


図4 焼却筒の計画図

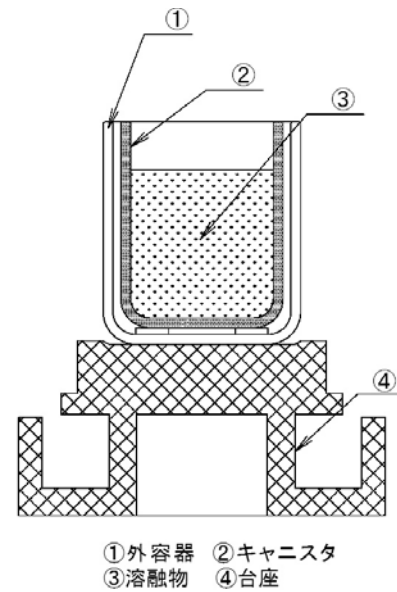


図5 二重容器方式の計画図

以下に焼却処理手順を示す。

- ① 焼却筒を高周波誘導加熱により加熱し、所定温度とする。
- ② 焼却筒内に廃棄物を充てんした投入容器を投入する。
- ③ 廃棄物は焼却筒内の火格子上で焼却処理され、焼却灰は灰受部に落下する。
- ④ 灰受部は金属製であり、高周波誘導加熱されるため、未燃灰があった場合でも引き続き焼却処理される。
- ⑤ ②～④を繰り返し、所定量が焼却処理された後処理終了とする。
- ⑥ 処理終了後は、夜間に自然冷却を行い、焼却溶融炉内から焼却筒を搬出し、焼却灰の回収を行う。

3.3. 溶融処理システム

溶融処理は、原子力発電所向けの低レベル雑固体廃棄物の高周波誘導加熱による溶融処理と同様に、キャニスタ内で加熱・溶融を行うインキャン式の処理システムであるが、OWTFでは、ホットセル内で処理を行うことを考慮して、より安全性を高めた二重容器方式を採用している。図5に示すように、キャニスタを耐熱衝撃性セラミックス材で作製した外容器の中に入れ二重容器方式とし、万一のキャニスタ破損の際も、溶湯は外容器

内に留まり、炉内への溶湯漏れを防ぐ構造となっている。炉内への溶湯漏れが抑制できるため、万一の際にも、外容器ごと通常の手順で炉外に搬出できる。また、台座や炉内の保守が不要であり、復旧が容易である。

以下に溶融処理手順を示す。

- ① キャニスタ内に金属廃棄物を装荷し、焼却溶融炉内に設置する。
- ② 高周波誘導加熱により金属廃棄物を加熱・溶融する。
- ③ 廃棄物を充てんした投入容器を順次、キャニスタ内に投入する。
- ④ 廃棄物を溶融処理する。
- ⑤ ②～④を繰り返し、所定量が溶融処理された後処理終了とする。
- ⑥ 処理終了後は、夜間に自然冷却を行い固化させ、固化体として焼却溶融炉内から搬出する。

3.4. 排ガス処理システム

OWTFの焼却溶融設備の排ガス処理系を図6に示す。2次燃焼器、排ガス冷却器、セラミックフィルタ、セル内フィルタ、排ガスフィルタ、排ガス吸着塔、排ガス洗浄塔、ルテニウム吸着塔および排ガスブロワからなっている。セル内フィルタ、排ガスフィルタは高性能粒子フィルタを内蔵したものである。排ガス吸着塔およびルテニウム

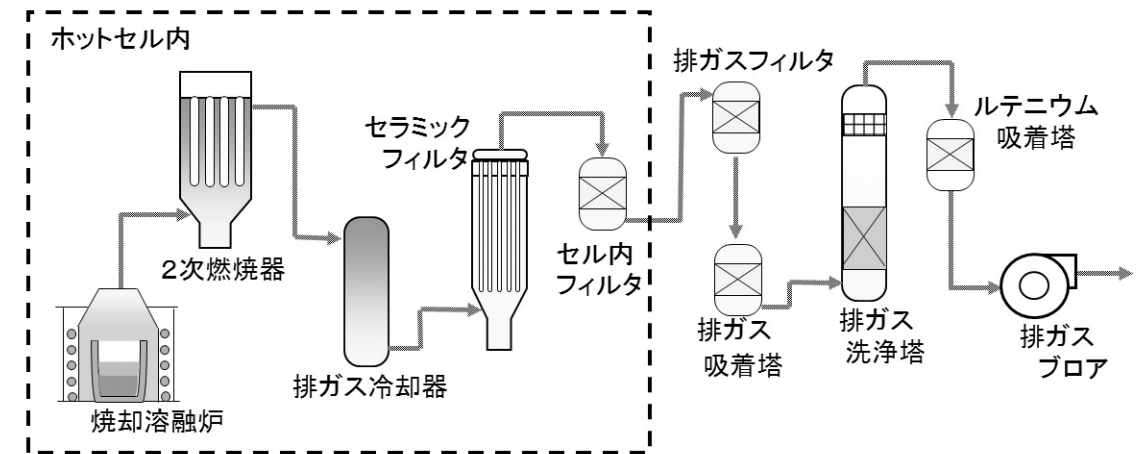


図6 焼却溶融設備の排ガス処理系

吸着塔は、吸着材にシリカゲルを使用した揮発性のRu捕集用の充てん塔である。排ガス吸着塔は、HCl等の酸性ガスの除去を行う排ガス洗浄塔から廃液側に移行する放射エネルギーの低減を行うため、排ガス洗浄塔の上流に設置されている。これらの排ガス処理系および焼却溶融炉を含めたシステムにより、不揮発性の放射性物質については除染係数 10^{10} 以上、揮発性のRuについて除染係数 10^3 以上となる設計である。

排ガス処理系は、線量が高くなるセル内フィルタまでがホットセル内の設置となっており、フィルタ交換等は遠隔保守性を考慮した設計を行う。また、排ガス中に含まれる未燃ガスを完全燃焼させるための2次燃焼器は電気式を採用しており、一般的に使用されている可燃ガスや灯油等の可燃性物質をシステム内に導入しないことにより、安全性を高めている。

4. 焼却溶融処理システムの実証

4.1. 試験の概要

3項で述べた焼却溶融処理システムについて、実規模大の試験用の炉（高周波誘導炉）を使用して実証試験を実施している。高周波誘導炉の仕様を表2に示す。また、高周波誘導炉の外観を写真1に、使用した焼却筒およびキャニスタを写真2に示す。実機と同様に、下部から焼却筒もしくはキャニスタを炉内に装荷し、上部から廃棄物を投入できる構造となっている。

表2 高周波誘導炉の仕様

項目	仕様
入力電源	3φ, 400V, 680kVA
出力	1kHz, 200kW
加熱コイル	φ520×560Hmm
炉本体外形寸法	約φ1,000×910Hmm



写真1 高周波誘導炉



焼却筒
約360φ×420H
キャニスタ
約250φ×315H

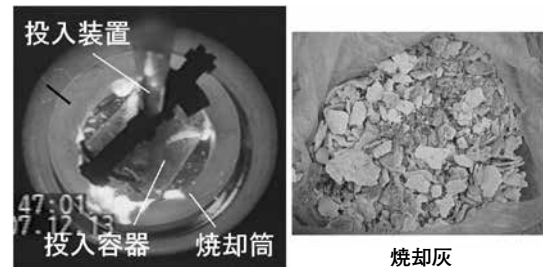
写真2 焼却筒およびキャニスタ

実証試験は、焼却処理では可燃性および難燃性の模擬廃棄物（ポリエチレン、PVC、ゴム等）を用いて試験を実施し、熔融処理では金属をはじめとした不燃性のものおよび焼却処理後の焼却灰を模擬廃棄物として用い試験を実施した。また、あわせて、コールドトレーサとして、Co, Cs, Sr, Ceを使用して、セラミックフィルタまでの排ガス処理系を模擬して系統除染係数の測定を実施している。

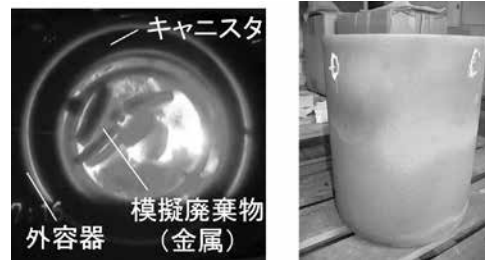
4.2. 実証試験の結果

焼却および熔融試験の状況を写真3に示す。焼却では、投入容器に充てんした模擬廃棄物を、目標とする処理能力にて処理できることを確認した。熔融では、二重容器方式での熔融システムにおいて、計画の模擬廃棄物を問題なく処理できることを確認した。また、焼却および熔融処理時の系統除染係数は、どのコールドトレーサにおいてもセラミックフィルタ出口までで目標値である 10^5 以上であることを確認した。

上記結果より、実規模大の試験用の炉にて、本システムでの焼却および熔融の一連の処理が問題なく行え、システムの成立性を確認することができた。



焼却処理状況



熔融処理状況

写真3 実証試験状況

5. おわりに

OWTFでは、現在、事業変更許可の取得に向けた対応を実施中であり、並行して各設備の設計を鋭意すすめているところである。平成24年度中の竣工に向けて、今後ともOWTFプロジェクトを遅滞なくすすめていく所存である。

遠隔操作機器の位置決め指示機構の開発

Development of Approach Directing Facility for Remote Controlled Equipments

小澤達也* 武仲五月* 武馬啓祐** 佐藤康士*
Tatsuya Ozawa Satsuki Takenaka Keisuke Buma Koji Sato

〔概要〕

原子力発電所をはじめ、放射性物質を取り扱う施設においては、放射線防護や放射性物質による汚染拡大防止の点から、様々な作業がセル内で実施されている。セル内機器の点検や保守を行うために、対象機器を所定の位置まで搬送したり、故障した装置を外したりする場合、その取扱いはマニプレータやインセルクレーンなどの遠隔操作機器を使用することとなる。これら遠隔操作機器の寄付き操作は、セルの壁に設けられた遮へい窓からの目視、もしくはITVカメラ映像を頼りに行われる。いずれの場合も視野が限定され、見づらく、遠隔操作機器の寄付き操作には、熟練した運転員の感覚に頼らざるを得ない。また、長時間作業となっている。

そこで、セル内の遠隔操作機器の位置決め・寄付きなどの操作負荷低減を目的として、レーザ発光装置とITVカメラを組合せた位置決め指示機構を開発した。

1. はじめに

原子力発電所をはじめ、放射性物質を取り扱う施設においては、放射線防護や放射性物質による汚染拡大防止の点から、様々な作業がセル内において実施されている。セル内には種々の機器が設置されるが、それらの点検や保守を行うために、対象機器を所定の位置まで搬送したり、故障した装置を外したりする場合、その取扱いはマニプレータやインセルクレーンなどの遠隔操作機器を使用することとなる。

遠隔操作機器の操作は、セルの壁に設けられた遮蔽窓からの目視や、セル内のITVカメラの映像を頼りに行われる。しかしながら、遮蔽窓の設置箇所は限られている上、屈折率が大きいために視認性は高いとは言い難い。ITVカメラの映像も設置場所や可動範囲、対象までの距離などの諸条件により視野が限定されたり、視認角度が限定されたりするため、見づらい場合が多い。そのため、

インセルクレーンなどのセル内の遠隔操作機器を操作する場合には、熟練した運転員の感覚に頼る部分が大きく、作業に長時間を要する一因となっている。

セル内機器の取り扱い性の向上を目的としては、機器の位置決めを容易にするための位置決めピンや、遠隔機器専用のボルトなどが使用されている。また、クレーンなどの搬送装置側に、セル内の位置情報を備えることで、取扱対象物に対する位置決めを容易にする方法なども考えられるが、コストの増加や機器および制御ソフトの複雑化は否めず、通常は目視による運転操作に頼らざるを得ない。

また、セル内で試料などの寸法を測定する必要がある場合には、専用の測定装置を使用したり、簡易的には直尺などをマニプレータで扱い、遮蔽窓からの目視やITVカメラなどによって読み取るなどの方法が採られる。

位置決め指示機構は、セル内の遠隔操作機器の

*カワサキプラントシステムズ(株) 原子力部

**カワサキプラントシステムズ(株) プロジェクト開発部

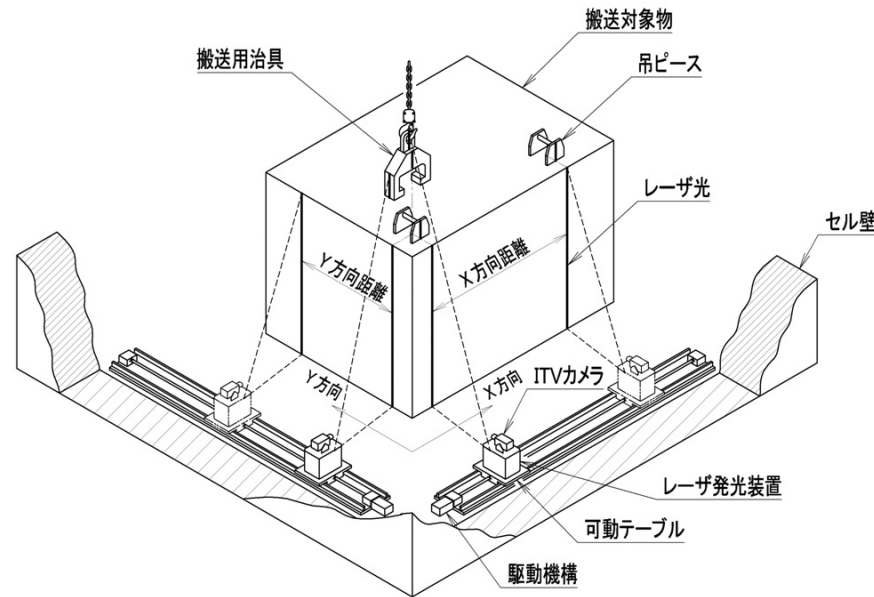


図1 位置決め指示機構概要図

目視による操作を補助し、位置決めを容易に行えるようにすることと、対象物の長さを簡易的に測定することを目的に開発したものである。

本装置は現在、日本原子力発電(株)東海発電所で進められている廃止措置工事のうち、熱交換器の遠隔での解体撤去工事¹⁾の際に、切断物の搬送装置の位置決めを使用することを目的として製作を進めている。本書は、この位置決め指示機構の概要などについて示すものである。

2. 機器概要

2.1. 機器構成

位置決め指示機構は用途に応じ、X,Yの水平2方向、上下方向を加えた3方向、1方向のみなどの設置方法が考えられる。以下に1方向あたりの主要な機器構成を示す。(図1参照)

①レーザー発光装置

搬送用治具などの位置合わせを行う際の目印となる垂直レーザー光を発する。レーザー光は所定の照射角度を有し、対象物に対して直線を描く。また、ITVカメラを通じての視認性を考慮して比較的高出力のものを選定する。

②ITVカメラ

搬送対象物や搬送用治具表面に照射されたレー

ザ光を確認する。レーザー光を正面から捉え、正確な位置合わせが可能となるように、カメラの中心軸がレーザー光の光軸と同一になるように配置する。また、位置合わせなどの作業性を向上させるため、ズームやチルトなどの機能を備える。

③可動テーブル

レーザー発光装置とITVカメラを搭載する。遠隔操作により、セル内に設置したレール上を任意に移動し、ITVカメラの映像を元にレーザー光を目標点に合わせ、搬送治具などの目標点への位置合わせを行う。

④駆動機構

可動テーブルを移動させるための駆動機構である。サーボモータによりチェーンやボールねじを介して可動テーブルを移動させる。また、ロータリーエンコーダにより、可動テーブルの移動量を測定する。

2.2. 機能概要

(1) 位置決め指示

位置決め指示機構は、搬送対象物の吊ピースと、クレーンフックや搬送用治具との位置合わせの際に、その補助として使用する。

はじめに、X,Yの両方向の位置決め指示機構の可動テーブルおよびITVカメラを操作し、レーザ

光のラインを、搬送対象物の吊ピースの中心に合わせる。これをX,Y方向の両方について実施する。その後、セル内のインセルクレーンを操作し、遮蔽窓やセル内のITV映像により、搬送用治具を搬送対象物上方付近まで移動する。吊ピースの上方には、レーザー光が照射されているため、搬送用治具をその付近に移動すれば、レーザー光のラインが搬送用治具にも表示される。X方向、Y方向のレーザー光のラインが搬送用治具の中心になるように、セル内クレーンを操作することで、搬送用治具と吊ピースとの位置が合致する。

実際には、吊ピースや搬送用治具の形状により、位置合わせの目標が中心でない場合には、事前にマーキングを施し、それを目安に位置合わせを行うこととなる。

また、上下方向(3軸目)として本装置を壁面に設置すれば、高さ方向についても位置決めが可能となる。これは、壁面に設置した機器を扱う場合や、水平方向に取外す機器に対し、パワーマニプレータや治具などの位置を合わせる場合などに有効と考えられる。

なお、位置合わせの際、手前側の機器などが障害になりレーザー光が遮られてしまう場合も考えられる。しかしその際には、対象物の端部などの位置で搬送治具と対象物の相対位置を確認し、位置決め指示機構の位置(座標値)を参考として目標部位への位置合わせが可能である。

(2) 距離(長さ)測定

位置決め指示機構のレーザー光を用い、測定対象の長さ、あるいは2点間の距離を測定することが可能である。

測定しようとする対象物の測定端にレーザー光を合わせ、もう一方の測定端まで移動すれば、可動テーブルの移動距離から対象物の長さを測定できる。同様に、ある2点間の距離を測定する場合も、ある1点にレーザー光を合わせた後、もう1点に移動し、2点間の距離測定が可能である。

照射試験後の試料などの変形量(曲がり)や、変色部位の位置を測定するなどの用途が一例として挙げられる。

測定にはレーザー光の幅や、位置合わせの状況、対象物と位置決め指示機構(レール)との平行度

が影響するため、精密な測定とはならないが、比較的長い長さを簡易的に測定するのに有効と考えている。

3. 導入事例

位置決め指示機構は日本原子力発電(株)東海発電所の熱交換器撤去工事において、熱交換器(SRU)を解体撤去する作業に使用するために納入を予定している。解体作業を行うSRU建屋は、現状は通常の服装で立ち入ることが可能だが、SRUの解体作業が開始されると、入域にはタイベックスーツの着用や全面マスクなどの装備が必要となる。そのため、SRUの解体撤去はITVカメラの映像を頼りに、切断装置や搬送用の装置を遠隔で操作して行う計画である。

そこで、SRUの解体作業エリアに位置決め指示機構を設置し、把持装置の位置決めなどに供用することとした。

3.1. 機器仕様

(1) 制約条件と対応

SRU解体エリアでの位置決め指示機構の使用に際し、設計上考慮すべき主な制約条件とその対応について以下に示す。

- ・作業エリアが狭いため、不使用時には移動できる構造とする。
- ・遠隔切断装置および搬送装置は、対象物の上方に設置されるため、位置決め指示機構は床上設置とする。
- ・一方、遠隔切断装置の切断時の動作を考慮し、装置高さは切断物の受台程度に抑える。
- ・切断作業により設置場所では塵埃の発生が予想されるため、駆動部などには保護用のカバーを設ける。

(2) 機器仕様

各部の機器仕様を表1に示す。

①レーザー発光装置

レーザー発光装置は、ITVカメラでの視認性を考慮して選定した。装置自体の照射範囲は約66°であるが、配置上対象物と装置との距離が近い場合、対象物の全高にわたってレーザー光を照射するには不十分であった。そのため、レーザー発光装置本体の設置角度を2段階に切替えられる機構を付加

し、照射範囲を103°とした。

なお、塵埃対策として透明カバーを設けている。

表1 位置決め指示機構 機器仕様

項目	仕様		
レーザー発光装置	発光方向	垂直(赤色)	
	投影方式	レンズフォーカス式	
	照射範囲	約66° (本体角度切替で103°)	
	照射距離	10m以上	
	線幅	0.4mm (投影距離1m)	
	光出力	9mW(CLASS 3R)	
	消費電力	3VA	
カメラ	撮像素子	1/4インチカラーCCD	
	有効画素数	38万画素	
	レンズ	光学32倍	
	可動範囲	チルト 210° (実動範囲124°)	
	消費電力	18W	
駆動部	駆動方法	サーボモータ チェーン駆動	
	有効可動範囲	X方向	6,500mm
		Y方向	3,300mm
	移動速度	最大180mm/s	
	移動計測	ロータリーエンコーダ	
	計測精度	約±2mm	
モータ容量	0.2kW/台		

②ITVカメラ

ITVカメラは十分な視野を確保できることと、コンパクトであること、ズーム倍率が高いことなどを考慮してドームカメラを選定した。そのため、装置のチルト範囲も210°と大きい、塵埃保護用に設置したカバーにより、実動範囲は124°に制限されている。

③駆動部

本事例では、特に精密な測定などは必要ないことから、可動テーブルの駆動はチェーン駆動とした。

対象物であるSRU(直径約φ6400mm)に対し、十分な長さを確保するように有効可動範囲を設定した。なお、本装置を使用したSRU解体作業時には、SRUは半割りの状態となっているため、Y方向の有効可動範囲は3300mmで十分である。移動距離の計測は、ロータリーエンコーダによるものとした。

なお、レーザー発光装置やITVカメラと同様に、チェーンやギア部分にはカバーを設け、塵埃の付着、異物の巻き込みなどによる不具合を防止する構造とした。

(3) 機器外形と配置

位置決め指示機構のレーザー照射範囲、カメラ視野と対象物との位置関係(X方向)について図2に示す。また、X,Yの両方向の位置決め指示機構と切断対象物との配置関係を図3に示す。

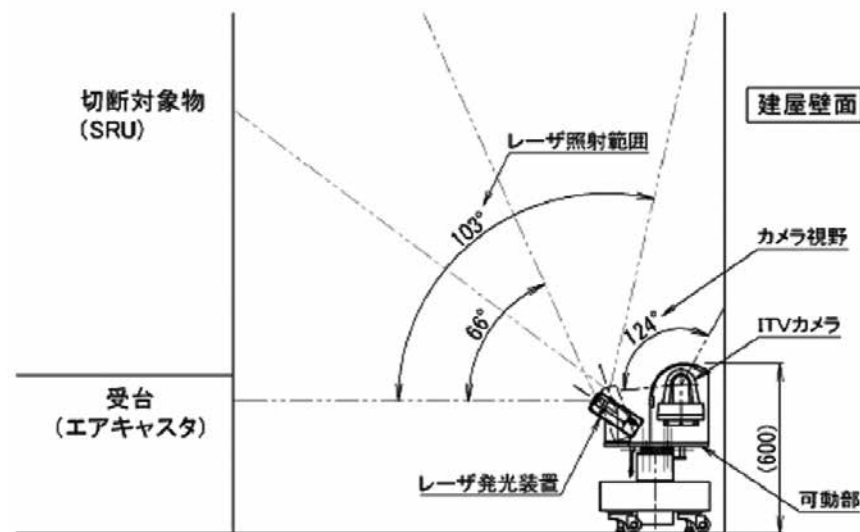


図2 位置決め指示機構 レーザ照射範囲 (X方向)

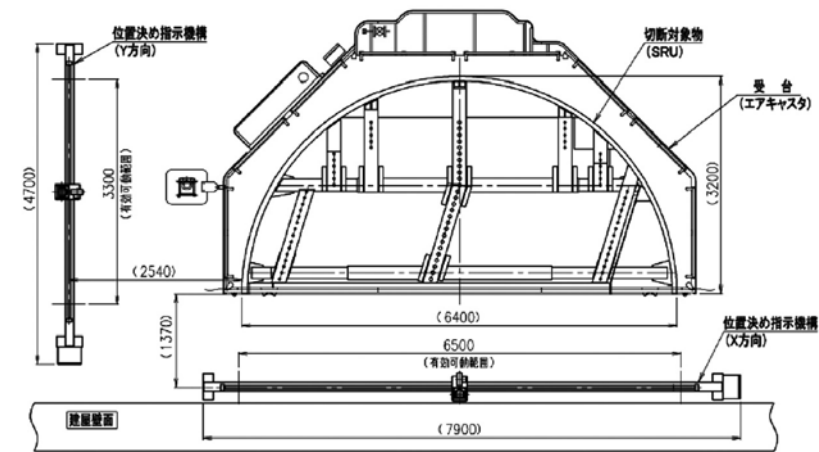


図3 位置決め指示機構 配置図

位置決め指示機構のベース下部には不使用時の移動を考慮して車輪を設けており、その上部のフレームに設置したレール上を可動部が走行する。駆動チェーンはフレーム内に納められ、防塵用のカバーにより保護する。

可動部にはITVカメラとレーザー発光装置が搭載され、各々保護用のカバーを設けている。レーザー発光装置の設置角度は、遠隔操作による切替を可能とした(2段階設定)。これにより、レーザーの照射範囲を拡大し、切断対象物とは反対側の建屋壁面までも照射可能とし、対象物高さが高い場合でも搬送治具の位置合わせに使用できる構造となっている。レーザー光を確認するためのITVカメラもそれに合わせて十分な視野範囲が確保できるカバー形状とした。

また、各部の構造を極力低く抑え、全高は約600mmとした。

4. 今後の予定

今回導入事例として紹介した、日本原子力発電(株) 東海発電所向に製作中の位置決め指示機構は、近く現地に納入される予定となっている。そして、その他の熱交換器撤去準備工事の完了後、日本原子力発電所にて実施されるSRUの解体撤去工事において使用される予定である。

このSRUの解体撤去工事は、位置決め指示機構の開発目的であるセル内での作業に相当するものではないが、遠隔操作で作業を行うという点で

は共通する部分が多い。したがって、本装置の実際の使用状況を確認し、本装置の有用性を示すことができるものと考えている。

今後は今回の実績を踏まえ機能の向上を図ると共に、セル内への設置にあたっての課題

- ・小型化
- ・耐放射線性対策
- ・汚染の防止
- ・コスト削減

などの対策を確立することで、新設が予定されている施設のセルはもとより、各所に設置されている既存のセルや遠隔操作設備にも導入が可能なものとする。

5. おわりに

位置決め指示機構は、現在も詳細設計部分において検討中の機器である。以降の製作や工場試験の中でも積極的な改善を図り、作業にとって安全で使い易い製品としていきたい。

最後に、本装置の開発および本原稿の作成にあたり、日本原子力発電(株) 廃止措置プロジェクト推進室 木村副長にご協力を頂いたことに対し、ここに感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 武仲五月, 木村秀明 他:東海発電所熱交換器の解体撤去工事計, FAPIG』174, 2007. 2

緊急時迅速放射能影響予測 (SPEEDI) ネットワークシステム

System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information Network System

三澤 真* 永森文雄*
Misawa Makoto Nagamori Fumio

〔概要〕

緊急時迅速放射能影響予測 (SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) ネットワークシステムは、原子力関連施設から大量の放射性物質が放出される恐れが生じた場合、周辺環境における放射性物質による影響を迅速に予測するシステムであり、財団法人原子力安全技術センターが文部科学省からの委託により運用しているものである。富士通では、SPEEDIネットワークシステムの主要な機能の開発、各種サーバ導入、ネットワーク整備など、システムの構築および運用・保守を継続的に支援してきた。

本稿では、SPEEDIネットワークシステムの開発および運用の状況を紹介し、富士通のSPEEDIネットワークシステムへの支援の取組みについて述べる (本稿は雑誌FUJITSU 2008-9月号 p482-489に掲載された論文です)。

1. ま え が き

原子力による発電は、運転時に二酸化炭素を排出しないため地球温暖化防止という観点から有効性を持つ反面、一度事故が発生した場合には広範囲に影響を及ぼす危険性を秘めている。1986年に発生した旧ソ連のチェルノブイリ原発事故は、大量の放射性物質が大気中に放出されるという、史上最悪の事故であった。当時のソ連政府の対応の遅れもあり、事故の影響は広範囲におよび、甚大な被害をもたらすこととなった。日本でも1999年、被ばくによる2名の死者を出し、多数の周辺住民の緊急避難と鉄道、道路の閉鎖という事態を招いた東海村ウラン加工工場臨界事故 (JCO事故) が発生している。このため、原子力発電所を含む原子力関連施設では、事故を起こさないために徹底した安全対策を行い、さらに、万一事故が起こった場合に備え、その被害を最小限にとどめるための対策も施している。

このような、原子力関連施設での対策に加え、原子力災害対策特別措置法¹⁾の制定 (1999.12) および施行 (2000.6) により、国や地方公共団体は、

原子力関連施設で万一、事故が発生し、大量の放射性物質が放出される恐れが生じた場合に住民の安全を確保するため迅速かつ確かな防護対策を講じるように定められている。

財団法人原子力安全技術センター (以下、原安センター)²⁾ が文部科学省の委託により運用する緊急時迅速放射能影響予測 (SPEEDI: System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information) ネットワークシステム^{3,4)}は、防護対策の策定に当たり、環境に放出される放射性物質の拡散予測 (大気中濃度の推移) や被ばく線量などを迅速に予測計算し、予測結果を国・地方公共団体へ提供して、効果的な防護対策の立案に資することを目的としており、国の原子力防災の根幹をなすシステムである。

富士通では、原安センターでのSPEEDIネットワークシステムの運用開始当初より、システムの開発、インフラ整備、運用・保守などの支援作業を行ってきた。本稿では、SPEEDIネットワークの開発経緯、機能概要について紹介するとともに、富士通の支援の取組みについて述べる。

2. SPEEDIネットワークシステム開発の経緯

SPEEDIネットワークシステムは、1979年の米国スリーマイル島原発事故を契機に、当時の日本原子力研究所 (現在、日本原子力研究開発機構) においてシステムの設計が開始され、現在は、文部科学省の委託業務として原安センターにより運用および機能向上などの整備が進められている。

1980年代には、1台のベクトル計算機 (富士通製VP2100) 上に機能が集約され、計算条件入力・計算実行の操作をすべて原安センターで行い、国や地方公共団体が、原安センターから配信される予測計算結果を、中継機Ⅱと呼ばれる表示端末で閲覧する形態が整えられた。1990年代後半には、負荷の分散と可用性の向上を目的として、ベクトル計算機に集中している機能 (データ収集機能、システム制御機能、図形作成機能) を複数のワークステーションに分散させ、ベクトル計算機 (富士通製VX×2台) は、予測計算機能のみに特化させた。

2005年以降、中継機Ⅱ側から計算条件入力・計算実行を行う予測結果直接入手機能・直接計算機能の整備が進められ、国や地方公共団体の利用者に対してインタラクティブな利用環境が提供されるようになっていく。

以下にSPEEDIネットワークシステムの主要な変遷を示す。

- (1) 1980~1984年
設計、プロトタイプ開発、基本システムの開発 (日本原子力研究所)
- (2) 1985~1992年
システムの原安センターへの移管、地方公共団体ネットワークの接続
- (3) 1993~1996年
地方公共団体端末の更新 (ワークステーション化)
- (4) 1997~1999年
システムの分散化 (VP→ワークステーション)
- (5) 2000~2001年
対象施設の拡大 (研究炉、燃料加工施設)、オフサイトセンター (緊急事態応急対策拠点施設) の接続
- (6) 2002~2004年

地方公共団体端末の更新 (PC化)

(7) 2005~2006年

高度化SPEEDI計算モデルの導入、予測結果直接入手機能・直接計算機能の開発

原子力施設から万一大量の放射性物質が放出されたり、あるいは、そのおそれがあったりする場合に、国や地方公共団体は住民の安全を確保するため迅速かつ確かな防護対策を講じることとなっており、SPEEDIネットワークシステムは、24時間365日休むことなく稼働している。

3. SPEEDIネットワークシステムの構成と機能概要

SPEEDIネットワークシステムは、原子力関連施設周辺の気象条件、原子力関連施設から放出が予想される放出源情報、およびあらかじめ設定された地形データを基に「放射能拡散モデル計算」を行い、放射性物質の拡散、大気中濃度、人体への被ばく線量などを予測する。予測結果は原子力関連施設周辺の地図上に等値線データなどで表現され、ネットワーク経由で提供される。SPEEDIネットワークシステムの概念を図1に示す。

原子力関連施設周辺の気象条件は、各地方公共団体および日本気象協会から、原安センターの中央計算機群に自動収集され、常時、予測計算の実施に備えている。

文部科学省から予測計算実施の指示を受けると、原安センターは、収集されている気象条件を基に予測計算を実施し、予測結果を図形データとして地方公共団体および国の防災関係機関に送信する。

以下にSPEEDIネットワークシステムの主な機能を示す。

- (1) データ収集・監視・登録
放射性物質の拡散を予測する計算に必要な気象データを常時収集し蓄積している。気象データは、日本気象協会から提供される数値予報データ GPV (Grid Point Value) データとアメダス (AMeDAS: Automated Meteorological Data Acquisition System) 観測データ、および原子力関連施設がある道府県から提供されるモニタリングデータを収集・蓄積している。

道府県からは、気象データとともに、環境放射

* 富士通(株) テクニカルコンピューティング・ソリューション事業本部 科学システムソリューション統括部

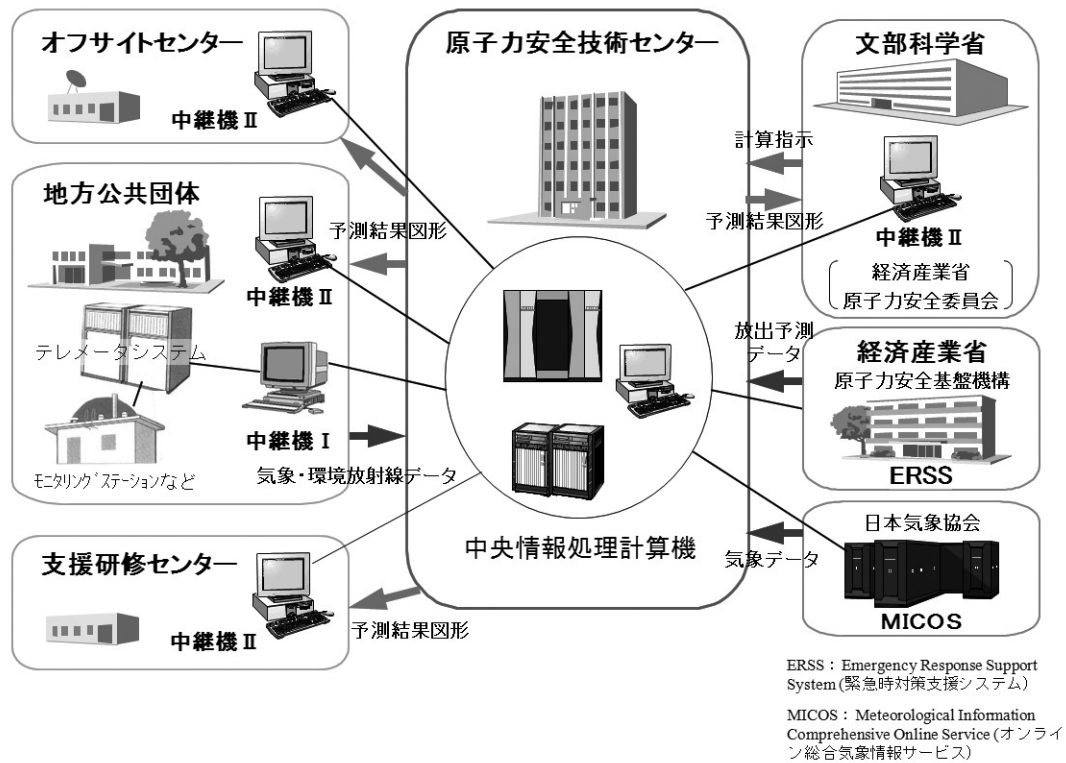


図1 SPEEDIネットワークシステムの概念

ERSS: Emergency Response Support System (緊急時対策支援システム)
 MICOS: Meteorological Information Comprehensive Online Service (オンライン総合気象情報サービス)

線の観測データも収集されており、環境放射線の観測値が一定レベルを超えていないかの監視も常時行っている。一定レベルを超えた場合は、自動的に原安センター内および文部科学省³⁾の関係者に携帯電話の音声とE-mailで通報される。

(2) 気象予測計算

GPVデータを基に大気力学モデル計算を行い、原子力関連施設の周囲の気象状況(風向・風速)の変化を予測する。アメダスデータとモニタリングデータは、予測値の精度向上のための補正に使用される。

(3) 拡散予測計算

気象予測計算の計算結果に基づき、放出される放射性物質が時間とともにどのように拡散し、人体や環境にどの程度の影響を与えるかを予測する。

(4) 予測図形作成

拡散予測の計算結果を地図上に表示するための図形(予測図形)を作成する。作成される図形は等値線で表現される。予測図形には放射性物質の分布を表す大気中濃度図形、放射性物質からの放

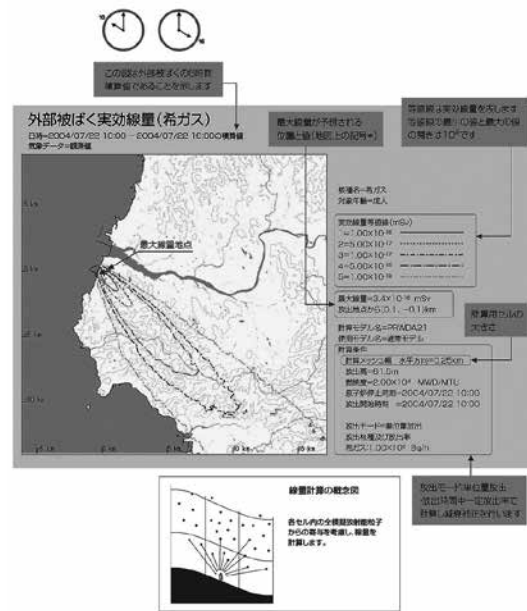


図2 予測図形(外部被ばく実効線量)の表示例

射線の量を表す空間線量率図形、地表に降下した放射性物質の量を表す地表蓄積量図形、人体への影響を表す外部被ばく図形・内部被ばく図形などがある。気象予測計算の結果も風速場図形として作成される。

(5) 予測図形配信

予測図形作成で作成された図形を、ネットワークを経由して国や地方公共団体の災害対策本部^(注)、自治体に配信する。災害対策本部、自治体には専用端末が設置され、予測図形を表示することができる。

予測図形(外部被ばく実効線量)の表示例を図2に示す。

4. SPEEDIネットワークシステムの機器構成

SPEEDIネットワークシステムは、東京都文京

区の原安センターに設置された中央計算機群と、国や地方公共団体などに設置された端末群、およびそれらを接続するネットワークから構成され、先に記述した機能を実現している。原安センターと災害対策本部や自治体との間のネットワークはセキュリティ確保や緊急時の輻輳を避ける観点から、インターネットや公衆網を用いず、専用線によるネットワークを構築している。

SPEEDIネットワークシステムの構成概要を図3に示す。

4.1. 中央計算機群の概要

SPEEDIネットワークシステムは、いつ発生するか分からない事故への対応が目的であるため、主要な機器は多重化構成とし予測計算を常時計算できる状態としている。具体的には、制御システ

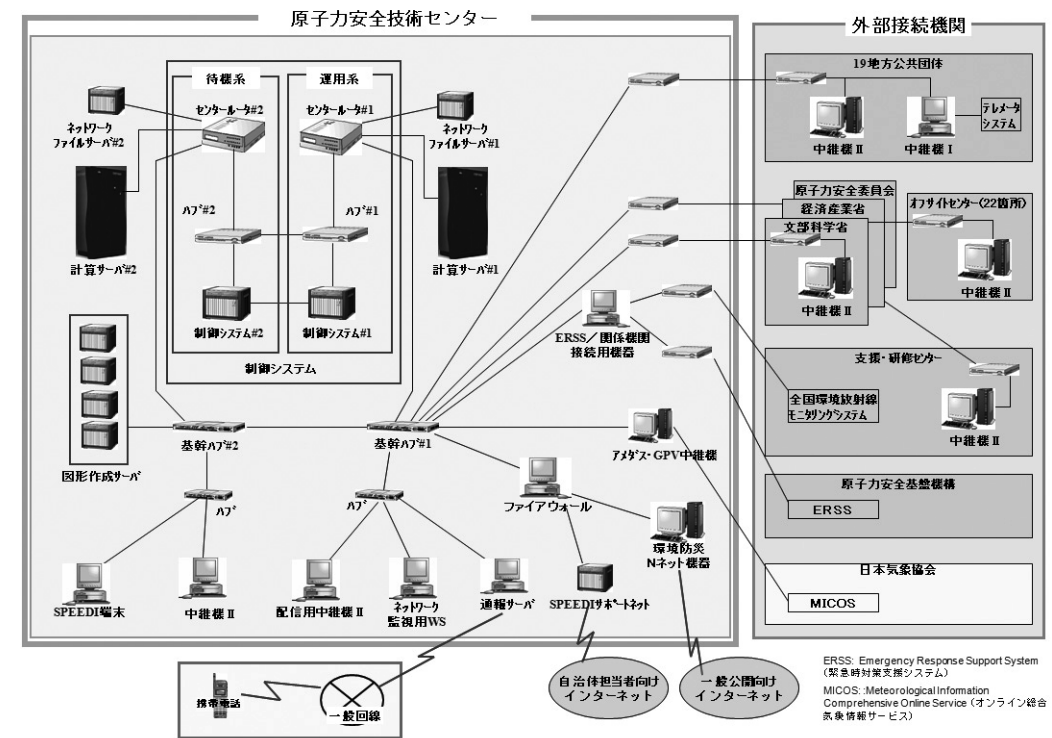


図3 SPEEDIネットワークシステムの構成概要

(注) 原子力災害対策本部の設置

(原子力災害対策特別措置法第15条)

原災法第15条に基づき、内閣総理大臣が緊急事態宣言を発出したときには、官邸に原子力災害対策本部を設置する。またオフサイトセンターには、原子力災害現地対策本部を設置し、国が主体となって事故対策に取り組む。地方公共団体は、原子力災害が発生または発生するおそれがあるときには、原子力災害対策本部を設置し必要な原子力防災体制を整える。

ムはクラスタ構成とし、計算サーバと図形作成サーバは複数台構成としている。

(1) 制御システム

(富士通製PRIMEPOWER650×2台)

SPEEDIネットワークシステムの中心となる装置であり、中央計算機群のシステム全体の機能を制御する。主な機能としては、地方公共団体からのデータ受信・監視・蓄積、計算サーバでの予測計算の実行制御、予測計算の各種パラメタの保管、計算結果の保管と図形作成サーバの制御を行う。制御システムはクラスタによる2重化構成としている。

(2) 計算サーバ (富士通製VPP5000U×2台)

制御サーバの管理下で気象予測計算、拡散予測計算を実行する。局地気象予測 (PHYSIC)、風速場計算 (WIND21)、濃度・線量計算 (PRWDA21) の3種類の計算コードを使って放射性物質の拡散予測計算を行う。計算サーバは、同一機種で2台構成としている。

(3) 図形作成サーバ

(富士通製PRIMEPOWER450×4台)

制御システムの管理下で、計算サーバが出力した計算結果を基に予測図形の作成を行う。作成された図形は表示端末である中継機IIに送られる。

図形作成サーバは4台の同一機種で構成され、ハードウェア障害時などの運用継続性を向上するとともに、図形作成処理の時間短縮も図られている。

制御システムは図形作成サーバの処理状況を監視し、最も負荷の少ないサーバに図形作成ジョブを割り当てる。

(4) SPEEDI端末 (富士通製FMV)

SPEEDIネットワークシステムの操作の大部分を担う操作端末である。制御システムの状態表示、予測計算条件の入力、データ収集状況の監視など、SPEEDIネットワークの主要な操作はすべてSPEEDI端末から行うことができる。

(5) 配信中継機II

(富士通製GP400S/M60×2台)

作成された予測図形を保管し、国や地方公共団体に設置された中継機IIに配信する機能を持つ。配信機能のほかに、通常の中継機IIと同じ図形表

示機能も持つ。

(6) 通報サーバ (他社製)

SPEEDIネットワークシステムのシステムログはすべて制御システム上に蓄積される。通報サーバは制御システム上のログを監視し、特定の事象が発生した場合は携帯電話へ音声およびE-mailにより通報する。

(7) ネットワーク監視装置富士通製

(GP400S/M60×1台)

SPEEDIネットワークシステムに接続される各計算機およびネットワーク機器の稼働状況の集中監視を行う。

(8) アメダス・GPV中継機 (気象協会設置)

日本気象協会のオンライン総合気象情報サービス (MICOS: Meteorological Information Comprehensive Online Service) システムと接続され、GPVデータおよびアメダスデータを受信する。

(9) 緊急時対策支援システム (ERSS) /関係機

関係機用機器 (富士通製GP400S/M10×2台)

原子力安全基盤機構のERSS (Emergency Response Support System) と接続され、放出源情報を受信する。また地方公共団体から収集したデータを、日本原子力研究開発機構の支援・研修センターに送信する機能も持つ。

4.2. 国・地方公共団体側システムの概要

(1) 中継機I (富士通製GP400S/M10×2台)

地方公共団体のテレメータシステムと接続され、テレメータシステムから気象観測データ、環境放射線データを受信し蓄積する。蓄積したデータは10分間隔で制御システムに収集される。ハードウェア異常などによるデータ受信停止を避けるため、ほとんどの中継機Iは2台の同一端末で構成され、一方の停止時にもデータ収集を継続できるよう考慮されている。

(2) 中継機II (富士通製FMV)

中央計算機群から配信された予測図形の表示を行う端末である。地方公共団体、および国関連施設に設置される。以前は予測図形の表示を行うための端末であったが、後述する直接入手機能、直接計算機能の開発により、入力端末としての機能も備えるようになった。

5. 富士通の取組み

日本原子力研究開発機構によって開発されたSPEEDIネットワークシステムの基本システムは、1986年より、文部科学省からの委託を受けた原安センターに実施主体が移管され、地方公共団体や日本気象協会とのネットワークシステムが整備され、運用されてきている。

SPEEDIネットワークシステムのうち、放射性物質の拡散予測計算を行う部分は日本原子力研究開発機構が開発したものを利用している。富士通は、各種データの収集・蓄積、予測計算実行のための入力データ作成、計算ジョブの実行制御、計算結果の可視化などのシステムを利用するための機能の開発、各種サーバの導入、構築、ネットワーク監視などのシステムの運用にかかわる環境の整備、利用・運用を円滑に進めていくための保守や支援を行ってきた。

とくに、1999年のJCO事故以降、SPEEDIネットワークシステムは、原子力防災における重要性が高まり、原子力施設周辺住民の防護対策をより効果的、有効に立案するために必要な情報を提供するシステムとするため、様々な機能強化が行われてきた。以下に、近年の主要な機能追加など整備が行われたものについて紹介する。

5.1. 予測・監視機能の強化

(1) 予測対象施設の拡大

SPEEDIネットワークシステムが放射性物質の拡散予測計算を行う対象は、当初、原子力発電所 (「もんじゅ」、「ふげん」を含む) および再処理施設工場に限定されていた。その後1999年のJCO事故を契機に、予測対象施設として、大学・研究機関の試験研究用原子炉、燃料加工施設などが追加され、対象施設はそれまでの14自治体34拠点から、19自治体43拠点到に拡大され、また、国の方針により、原子力災害時の防護対策の拠点として「オフサイトセンター」が全国22箇所に整備された。これに伴い、対象施設増加に伴うシステム利用環境、機能追加を実施し、全オフサイトセンターに中継機IIを設置し、予測図形を配信・表示する機能が整備された。

SPEEDIネットワークシステムのデータ通信ネットワークを図4に示す。

SPEEDIネットワークシステムは、文部科学省、原子力安全委員会、経済産業省、オフサイトセンター、地方公共団体、および日本気象協会とを、原安センターに設置された中央情報処理計算機を中心に専用回線により接続している。中央情報処理計算機は、地方公共団体のモニタリングステーションなどからの気象・環境放射線観測データ

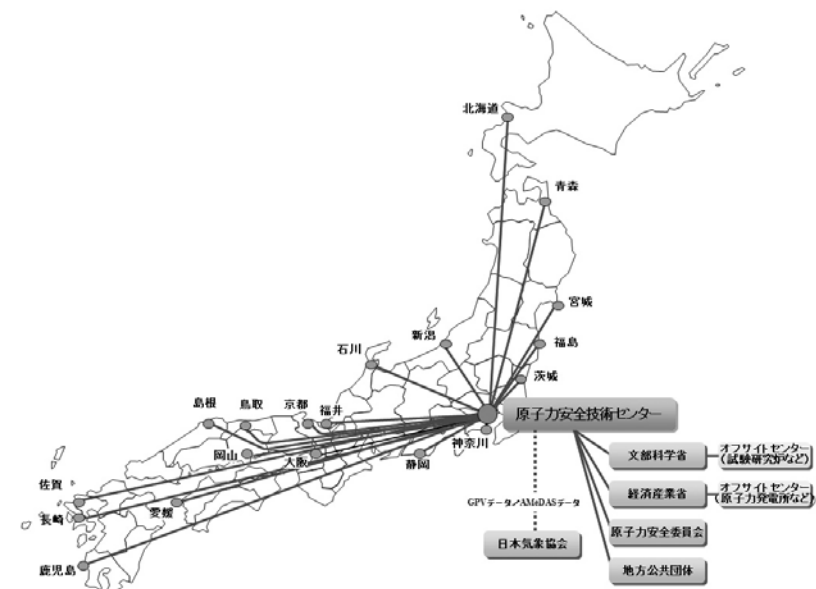


図4 SPEEDIネットワークシステムのデータ通信ネットワーク

と、日本気象協会からのGPVデータおよびアメダスデータを常時収集し、万一の緊急事態に備えている。

(2) データ収集・監視の詳細化

SPEEDIネットワークシステムが各地方公共団体から収集する環境放射線データは、本来、予測計算そのものには必要なものではなかった。JCO事故以降、国内の全原子力関連施設の環境放射線データの常時監視が、SPEEDIの大きな任務の一つとして位置付けられるようになった。これに伴い、従来、平常時は1時間間隔（緊急時には10分間隔）であった環境放射線データの収集を、常時10分間隔で行うよう改修が行われている。また、一部の施設については、一般的なγ線線量率に加えて中性子線の線量率も収集するよう改修が行われた。

これら(1)、(2)の改修、整備に当たっては、JCO事故後の緊急性から原安センターの強い要請を受けて、非常に短期間での開発整備が求められる中、富士通としてのこれまで培われた様々なノウハウおよび技術力を結集し、原安センターからの協力を仰ぐことにより、対応することができた。

5.2. 利用者環境の改善（予測結果直接入手機能）

予測計算の条件入力、予測計算ジョブ起動は、従来は原安センターに設置されたSPEEDI端末からしか行うことができなかった。これは、原子力災害の発生時の想定として、SPEEDIの予測計算の実行指示は文部科学省側から指示され、その指示にしたがって原安センターが予測計算を行い、結果を地方公共団体に配信するという、一方通行の流れが想定されていたためである。しかし、原子力防災訓練を実施する地方公共団体が増加し、防災訓練で使用する予測図形を容易に入手したいというニーズが高まり、地方公共団体設置の中継機Ⅱから直接計算条件を入力し、計算結果の予測図形を直接受け取る、予測結果直接入手機能の整備が行われた。

SPEEDI端末は端末側にもアプリケーションを搭載するクラサバシステムであるが、予測結果直接入手機能の操作系は、端末側はブラウザのみで動作するWebシステムとして構築した。これはメンテナンスの効率化や、将来的な中継機ⅡのWeb化を視野に入れたものである。

予測結果直接入手機能の概念を図5に示す。

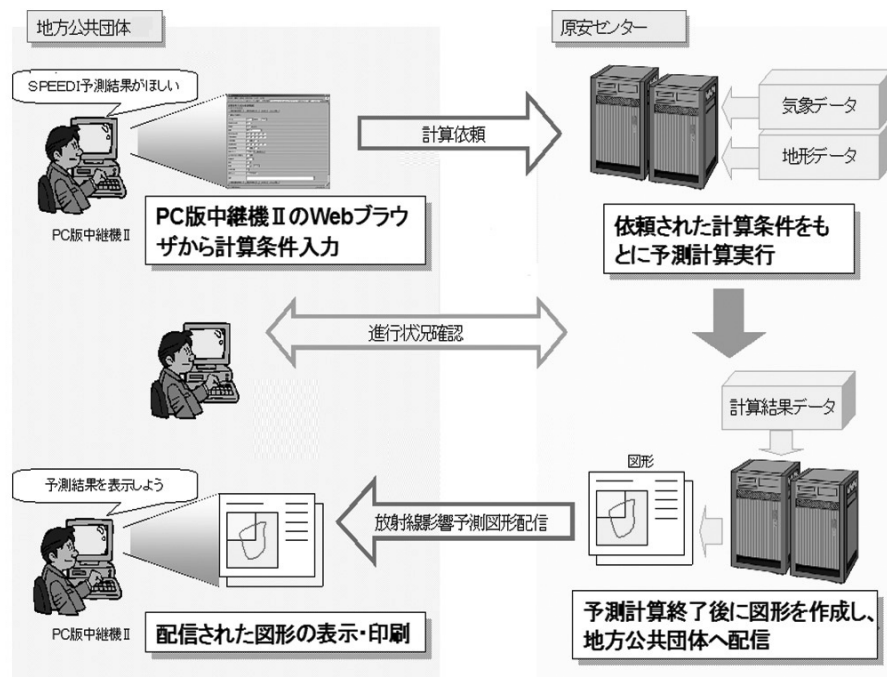


図5 予測結果直接入手機能の概念

予測結果直接入手機能では利用者の利便性を図るため、複雑な計算条件の一部を固定化して操作を簡略化したり、計算ジョブの起動時に予測終了時刻を表示したりする機能などの整備が図られた。

6. 今後の展開

SPEEDIネットワークシステムの予測計算の領域は、原子力施設を中心に約100km四方以内に限られていた。これに対し、日本原子力研究開発機構で開発された新しい計算モデルを導入し、より広範囲な影響を予測する機能の整備が進められている。

文部科学省および原安センターは、2007年度には広範囲影響予測機能の計算モデル部分を日本原子力研究開発機構から原安センターの計算機環境（新計算サーバ）に導入し、計算実行が可能な環境を構築し、2008年度以降、計算条件入力や図形作成・配信などの運用に必要な環境整備を進め、2009年度の運用開始を目指している。富士通では、このような文部科学省、原安センターの整備計画にしたがって、新しい計算サーバの導入を進め、これまでのベクトル計算機に代わってPCクラスタ（富士通製PRIMERGY RX200S3×12台）を導入し、コストパフォーマンスの向上に貢献している。

JCO事故以降、原子力を取り巻く環境の変化が大きい中、改修期間が短期であることなどから、SPEEDIネットワークシステムの根本的な設計思想はベクトル計算機1台で処理を実施していたシステムを継承せざるを得なかった経緯がある。

これらシステムに求められる要件の大きな変化も踏まえ、今後は各ハードウェアのリプレース時期に合わせて、原子力防護対策の迅速な立案という大きな目標に向けた最適なシステムの形を目指して、データ収集、データ管理、計算制御などの

主要機能の見直し、および再配置の検討を進めるとともに、現行センターのある東京側での地震など、万一の事態を想定した場合の二次的なバックアップシステムの構築をも視野に入れたシステムの冗長化を推進し、より堅ろうかつ効率的なシステムの実現を目指した提案などを働きかけていきたい。

7. むすび

これまでSPEEDIネットワークシステムの開発および運用の状況を紹介し、富士通の本システムへの支援の取組みについて述べてきた。今後も富士通としては日本の原子力防災の要となっている本システムの安定稼働、機能拡張のための一翼を担ってまいりたいと考えている。

本稿は、旧電源開発促進対策特別会計及び特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、財団法人原子力安全技術センターが、これまで実施してきた「緊急時対策総合支援システム調査」の総合成果を示したものである。

参考文献

- 1) 内閣府：原子力災害対策特別措置法
http://www.bousai.go.jp/jishin/law/002-1.html
- 2) 財団法人原子力安全技術センター
http://www.nustec.or.jp/
- 3) 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム SPEEDIパンフレット 2006
http://www.bousai.ne.jp/visual/gen_taisei/speedi/speedi1_2.html
- 4) 須田直英：SPEEDIネットワークシステムの現状と展望 保健物理, Vol.41, No.2, p.88-98 (2006)
- 5) 文部科学省ホームページ
http://www.mext.go.jp/

バイカル湖のメタンハイドレート層からのガス回収実験

Gas Recovery Test from Near-Surface Methane Hydrate in Lake Baikal

西尾伸也*	杉山博一*	安部透*	荻迫栄治*
Shin'ya Nishio	Hirokazu Sugiyama	Tohru Abe	Eiji Ogisako
小田原卓郎*	八久保晶弘**	山下聡**	南尚嗣**
Takuro Odahara	Akihiro Hachikubo	Satoshi Yamashita	Hirotsugu Minami
	庄子仁**	田中洋行***	三田地利之****
	Hitoshi Shoji	Hiroyuki Tanaka	Toshiyuki Mitachi
		Oleg Khlystov*****	Mikhail Grachev*****

〔概要〕

2008年8月、バイカル湖の南湖盆の水深約400mの湖底で、表層のメタンハイドレートからのガス回収実験に成功した。湖底に設置した解離チャンバー内で、ウォータージェットによりメタンハイドレートと水を攪拌し、水に溶かしたメタンハイドレートを湖上へ運び、ガスを解離・回収した。回収した炭化水素ガス中のエタン濃度およびプロパン濃度は採取したメタンハイドレートの解離ガス組成と同一である事、また、回収ガスのメタン安定同位体比はメタンハイドレート解離ガスの安定同位体比に等しいことから、回収ガスの主成分はメタンハイドレートの解離ガスである事を確認した。

1. はじめに

南海トラフの海底地盤深部(深度:100~300m)に存在するメタンハイドレートについては、経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業として、その資源開発に向けた取組みが始まっており、2012年以降、日本近海での海洋産出試験が予定されている。一方、大水深域において堆積土中のメタン湧出が活発な場所では、海(湖)底地盤の表層にもメタンハイドレートが存在する。しかし、その産状や堆積地盤の特徴など未解明な課題が多く残されているのが現状である。筆者らは、湖底表層部にメタンハイドレートが存在するバイカル湖において、重力式コアサンプラーで採取したコア試料の分析、湖底でのコーン貫入試験(CPT)を行い、堆積土や含まれるメタンハイドレートの性状について調査を進めてきた^{1)~4)}。その結果を踏まえ、2008年8月、バイカル湖の南湖盆の水深

約400mの湖底で、表層のメタンハイドレートからのガス回収実験を行った。ここでは、その結果を報告する。

2. 湖底表層部のメタンハイドレートを対象とした回収方法

バイカル湖は淡水湖として唯一、メタンハイドレートが賦存する湖である。中央湖盆および南湖盆でBSR(Bottom Simulating Reflector)の存在が確認され^{5,6)}、その上部の湖底地盤表層にもメタンハイドレートが存在する。湖底表層では深部に比べ水温が低いため、表層部のメタンハイドレートは、深部に比べ相平衡条件から離れた領域にある。すなわち、加熱や減圧により相平衡状態を変化させ、メタンハイドレートを解離させるためには大きなエネルギーが必要となる。また、ガス回収中に予期せぬメタン漏洩が発生するとバウファとなる地盤が存在しないため、直接水中に放出さ

れる。湖底生態系や地球環境への影響が懸念されており、資源開発に際しては深部のメタンハイドレートとは異なる観点からの慎重な検討が必要である。

本研究では、湖底表層部のメタンハイドレートを対象とした新たな回収方法を検証した。メタンハイドレート周辺の水の溶存メタン濃度は極めて高いため、これをメタンハイドレート周辺の水を溶存メタン濃度の低い水と置換し、メタンハイドレートと攪拌させる事ができれば、メタンハイドレートからメタンが解離するはずである。この回収方法の概念図を図1に示す。この方法の特徴は以下のとおりである。

- 1) 温度・圧力の相平衡条件を変化させる必要はなく、効率的である。
- 2) 加熱する方法と異なり、湖底生態系に与える影響が少ない。
- 3) メタンハイドレート解離は湖底に設置する解離チャンバーの中でのみ限定的に生じる。したがって、予期せぬメタン漏洩が発生する可能性は低い。

3. ガス回収実験概要

提案するガス回収方法を検証するため、バイカル湖の南湖盆の水深約400mのGoloustnoye Flareサイトでガス回収実験を行った。実験サイトの位置を図2に示す。このサイトは、事前調査として行ったコア試料分析およびCPTの結果より、湖底表面からの深度1m以内に塊状のメタンハイドレートが存在している事が期待できたため、回収

実験サイトとして選定した。

湖底に設置する解離チャンバーは、直径1,220mm、長さ2,000mmの鋼管を加工したもので、重量約850kgである。チャンバーの先端にはチャンバー下の堆積土掘削用として16本、チャンバー内部の攪拌用として16本、計32本のウォータージェット・ノズルを交互にチャンバー内壁に沿って配置した。図3は製作した解離チャンバーである。

湖底堆積土の強度を再現して行った模型実験より、堆積土掘削に必要なウォータージェット流速を設定し、これを確保するウォータージェット・ノズル径および必要流量を求め、送水ポンプを選定した。送水はメタン溶存度の低い湖面近くから取水し、チャンバー内でメタンハイドレート

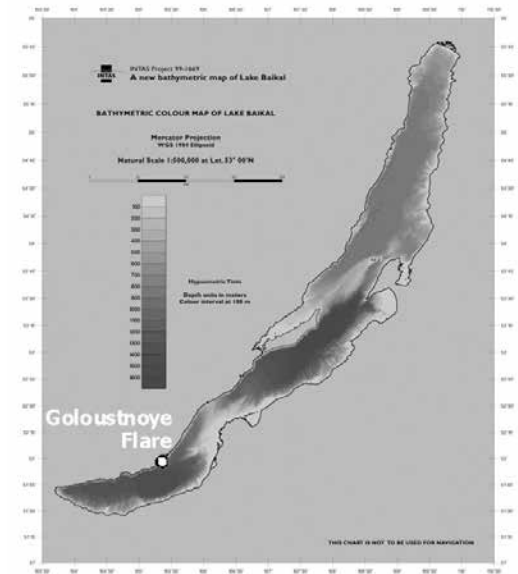


図2 バイカル湖の等深図⁷⁾と実験サイト

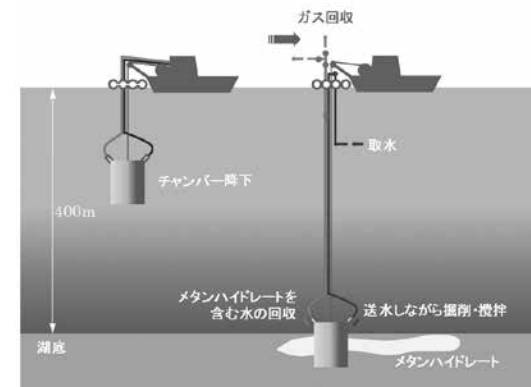


図1 ガス回収実験の概要

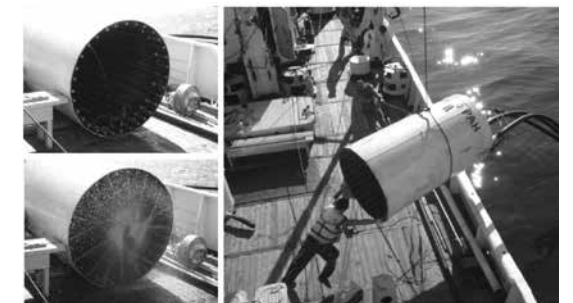


図3 ウォータージェットを装備したメタンハイドレート解離チャンバー

* 清水建設 ** 北見工業大学 *** 北海道大学大学院

**** 日本大学 (H20年3月まで北海道大学) ***** ロシア科学アカデミー陸水学研究所

を溶解・混合させた水を揚水した。揚水過程の減圧によりガス化し、それを湖上で回収する。ポンプ近傍には圧力計、流量計を設置して送水・揚水状態を監視すると共に、ガス流量計により揚水中に含まれるガス体積を計測した。

チャンバーを所定の位置に着底させるため、水中位置検出装置のSSBL (Super Short Base Line) システムを用いた。船上から送るトリガー信号に対して水中のトランスポンダが信号音を返信し、それをトランスデューサーで受信する事で、まず水深、距離が計測される。次にトランスデューサーで受信した音波の位相差からトランスデューサーからの相対的方向を演算し、最終的に船上のGPS、方位計のデータからトランスポンダの位置(緯度、経度、深度)を算出できるシステムである。当該実験における精度は約1mである。

4. 実験結果

図4にガス回収実験中の送水ポンプおよび揚水ポンプの総水量を示す。送水ポンプの流量は約15.5m³/h、送水圧力は0.23MPaと定常運転していた。この流量をウォータージェット噴射口の総面積(直径4mm×32本)で除したみかけの流速は10.7m/sであり、ほぼ計画通りの流速を確保できていた。一方、揚水ポンプの総水量は最終的には17.2m³に達する。流量は泥水密度の上昇(図5参照)に伴って流量がいったん低下したものの、約10m³/hで安定運転していた。

図6はガス流量計で計測した単位時間あたりのガス体積を水量で除したガス/水比(大気圧下)の変化を示したものである。40分経過頃から流体中のガス/水比が増加し、最終的には0.25に達する。

図7は回収ガスを分析した結果であり、炭化水素濃度の時間変化を示す。ガス流量と同様、40分経過頃から急激に炭化水素濃度が上昇し、最終的

には90%以上となる。

揚水ポンプの流量にガス/水比(図6)、炭化水素ガス濃度(図7)を乗じて積分すると炭化水素ガスの回収量が計算できる。図8に回収速度、図9に総回収量の時間変化を示す。その結果、回収速度は2.7m³/h、約100分間で約1.4m³の炭化水素ガスが回収できた事がわかった。

炭化水素ガス中のエタン濃度は1%程度、プロパン濃度は30ppm程度であり、当該サイトで採取されたメタンハイドレートの解離ガスの組成とほぼ同一であった。メタンハイドレート生成時のゲストガス同位体分別を定量的に明らかにした研究結果⁹⁾に基づき、当該サイトの採取コアに含まれていたメタンハイドレートの解離ガス、間隙水溶存ガスと、回収実験で回収されたガスについて、メタンの安定同位体($\delta^{13}C$, δD)比を分析した。その結果、メタンハイドレートの母ガスが間隙水溶存ガスに一致すると見なす事ができた。すなわち、回収実験で回収されたガスは、実験当初、間隙水溶存ガスの同位体比に近いが、最終的にはメ

タンハイドレート解離ガスの同位体比に到達することが示された。

以上の結果から、回収ガスの主成分は堆積土中のメタンハイドレートの解離ガスであると結論できる。

5. 結論

2008年8月、バイカル湖の南湖盆の水深約400mの湖底で、表層のメタンハイドレートからのガス回収実験を行い、湖底表層部のメタンハイドレートを対象とした新たな回収方法を検証した。すなわち、湖底に設置した解離チャンバー内で、メタンハイドレートと水を攪拌し、メタンハイドレートを溶解・混合させた水を湖上へ運び、ガスを解離・回収した。その結果、最終的にはガス/水比が0.25、炭化水素濃度90%、回収速度2.7m³/h、約100分間で約1.4m³の炭化水素ガスが回収できた事がわかった。さらに、回収したガス量、ガス組成および安定同位体比を考察した結果、回収ガスの主成分はメタンハイドレート由来の炭化水素ガスであることを確認し、本手法の有効性を確認した。

謝辞

本研究は独立行政法人・科学技術振興機構の平成18年度革新技術開発研究事業の補助を受けて実施したものである。また、吉田技術士事務所・吉田裕所長にはガス・湖水サンプリングについて、海洋電子(株)・村上康幸氏にはSSBL計測について、技術協力を頂いた。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 西尾伸也・荻迫栄治・南尚嗣・八久保晶弘・山下聡・片岡沙都紀・Krylov, Alexey・横山幸也・兵動正幸・Khlystov, Oleg・Zemskaya, Tamara: バイカル湖における表層型メタンハイドレート, 土木学会第61回年次学術講演会概要集(2006), pp.341-342.
- 2) 片岡沙都紀・山下聡・南尚嗣・西尾伸也・安部透・横山幸也・兵動正幸・Mikhail Grachev: バイカル湖表層型メタンハイドレート賦存地盤の調

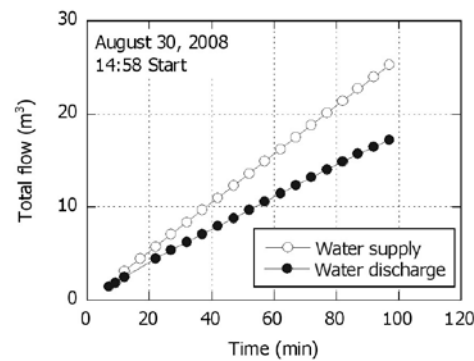


図4 送水ポンプおよび揚水ポンプの総水量

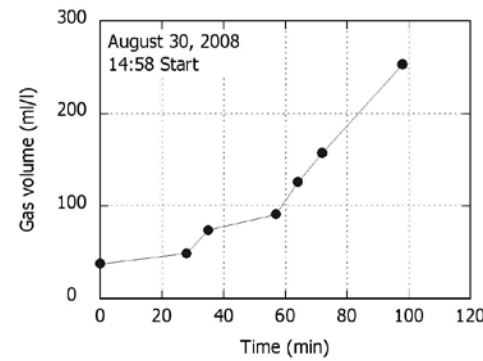


図6 揚水に含まれるガス体積の変化

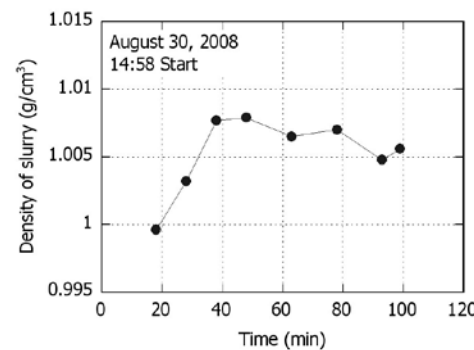


図5 泥水密度の変化

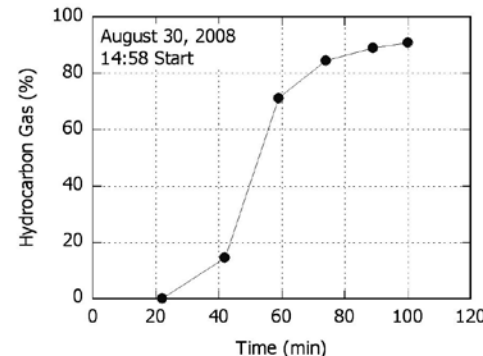


図7 回収ガスに含まれる炭化水素ガス濃度の変化

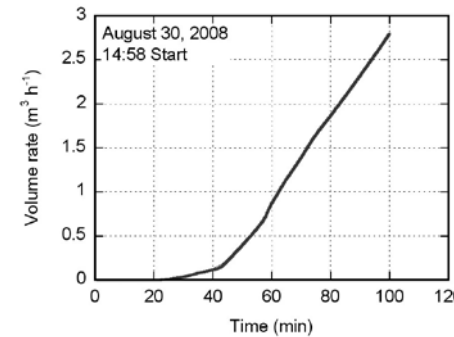


図8 炭化水素ガスの回収速度

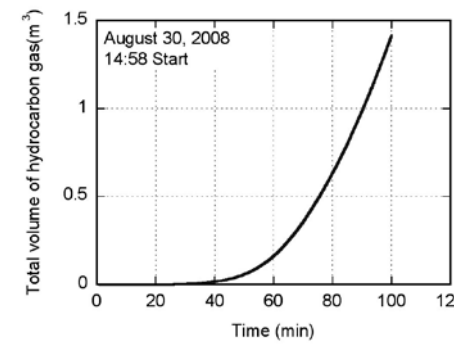


図9 炭化水素ガスの総回収量

- 査と堆積土の物理的性質，第42回地盤工学研究発表会講演集（2007），pp.339-340.
- 3) 西尾伸也・安部透・荻迫栄治・山下聡・兵動正幸・Mikhail Grachev：バイカル湖における表層型メタンハイドレート堆積地盤の力学的性質，第42回地盤工学研究発表会講演集（2007），pp.343-344.
- 4) 西尾伸也・安部透・山下聡・Oleg Krystov：バイカル湖メタンハイドレート堆積層におけるCPT，第43回地盤工学研究発表会講演集（2008），pp.249-250.
- 5) ten Brink, U.S. and Taylor, M.H. : Crustal structure of central Lake Baikal: Insights into intracontinental rifting, Journal of Geophysical Research (2002), 107 (B7), pp.ETG2-1-15.

- 6) Hutchinson, D.R., Golmshtok, A.J., Zonenshain, L.P., Moore, T.C., Scholz, C.A. and Klitgord, K.D. : Depositional and tectonic framework of the rift basins of Lake Baikal from multichannel seismic data, Geology (1992), 20 (7), pp.589-592.
- 7) De Batist, M., Canals, M., Sherstyankin, P., Alekseev, S. and the INTAS Project 99-1669 Team: A new bathymetric map of Lake Baikal. Open-File Report on CD-ROM. (2002)
- 8) Hachikubo, A., T. Kosaka, M. Kida, A. Krylov, H. Sakagami, H. Minami, N. Takahashi and H. Shoji: Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases, Geophysical Research Letters (2007), 34, L21502, doi : 10.1029/2007GL030557.

イオン交換フィルタによる 粒状イオン交換樹脂溶出物の除去特性

Preparation of Anion Exchange Filters by Radiation-induced Graft Polymerization and Their Removal Characteristics for Leachables from Cation Exchange Resins

出水 丈志*	萩原 正弘*	猪野 隆夫*	小松 誠*
Takeshi Izumi	Masahiro Hagiwara	Takao Ino	Makoto Komatsu
		河津 秀雄**	藤原 邦夫**
		Hideo Kawazu	Kunio Fujiwara

〔概要〕

汽水発電所や半導体製造工場では，粒状イオン交換樹脂塔を設置し，被処理水中に含まれるイオン性不純物を除去して超純水を製造している。しかし，近年，水質要求の高度化から，浄化装置で使用しているカチオン樹脂から溶出する有機性不純物が水質を低下させる原因となっている。そこで，放射線グラフト重合法により製造したアニオンフィルタを用いカチオン樹脂溶出物の除去特性について試験を行い，繊維径の小さいアニオンフィルタが最も良好な除去率を示した。

1. はじめに

原子力や火力などの汽力発電プラントや半導体製造工場では，粒状イオン交換樹脂塔を設置し，被処理水中に含まれるイオン性不純物を除去して超純水を製造している。しかし，近年，水質要求の高度化から，脱塩装置で使用されているカチオン樹脂から溶出する有機性不純物が問題になっている。そこで，放射線グラフト重合法により製造したアニオンフィルタを用い，カチオン樹脂溶出物の除去特性について試験を行った。

2. カチオン樹脂からの有機物の溶出挙動

一般に広く使用されているカチオン樹脂は，スチレンとジビニルベンゼンの共重合体に官能基としてスルホン基が導入されたものである。このカチオン樹脂からは，図1に示す反応によりポリスチレンスルホン酸をはじめとする有機性不純物が

溶出する¹⁾。

原子力や火力発電プラントの復水脱塩処理にはカチオン樹脂とアニオン樹脂が混合された復水脱塩装置が設置されている。図1に示すように，カチオン樹脂から溶出する有機性不純物はスルホン基を有しているため，アニオン樹脂にて吸着される可能性がある。新品樹脂から溶出する有機性不純物の分子量は1000～2000程度と小さいためアニオン樹脂で容易に除去される。しかし，経年使用と共にカチオン樹脂から溶出する有機性不純物の分子量は大きくなるにつれてアニオン樹脂での除去が困難となることが知られており，水質低下の原因となる^{2,3)}。したがって，より高純度な処理水質を得るには，低分子量に加え高分子量の有機性不純物を効率的に除去する機能を有した処理装置が必要である。

* (株)荏原製作所 エネルギー事業統括部 原子力技術室 技術管理開発Gr

** (株)イー・シー・イー 営業技術部

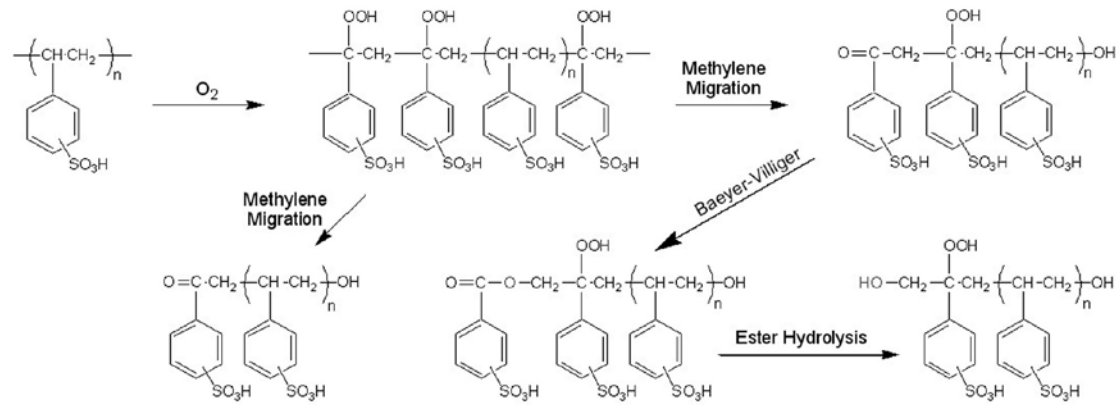


図1 カチオン樹脂からの有機性不純物溶出メカニズム

表1 供試アニオンフィルター一覧表

試料	基材 フィルタ厚さ (mm)	基材繊維径 (μm)	重合条件	合成 方法	官能基		交換容量 (meq/m^2)
アニオン1	0.27~0.36	20~30	EB/連続100kGy	B	強アニオン	4級アンモニウム	240
アニオン2	0.27~0.36	20~30	γ 線/バッチ150kGy	A	強アニオン	4級アンモニウム	460
アニオン3	0.25~0.32	15~20	EB/連続200kGy	C	弱アニオン	イミノジエタノール	490
アニオン4	0.11	15~20	EB/連続200kGy	A	強アニオン	4級アンモニウム	100
アニオン5	0.27~0.36	20~30	EB/連続200kGy	A	強アニオン	4級アンモニウム	390
アニオン6	0.17	0.5~10	EB/連続150kGy	A	強アニオン	4級アンモニウム	145

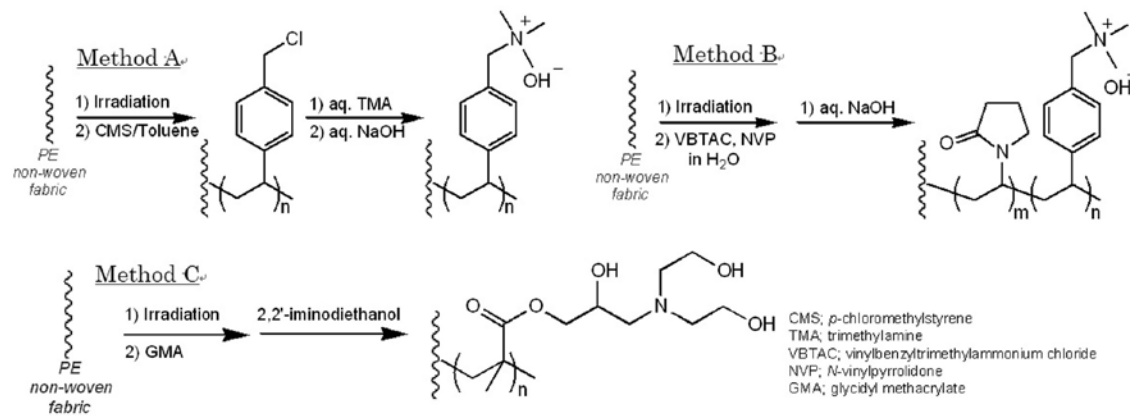


図2 供試アニオンフィルタの合成方法

3. 放射線グラフト重合によるイオン交換フィルタ

本試験に供試したイオン交換フィルタは、放射線グラフト重合により製造されたものである。

放射線グラフト重合は高分子材料に放射線を照射して新たな機能を化学的に導入する技術である⁴⁻⁸⁾。

今回の試験に供試したアニオンフィルタを表1に示す。これらのアニオンフィルタは、図2に示

す3種類の方法にてポリエチレン基材の高分子材料に官能基を導入したものである。

4. 試験方法

4.1. カチオン樹脂溶出物

カチオン樹脂溶出物は、ダウケミカル社製ダウエックスHCR-W2 (H) およびETR-C3 (H) を樹脂水比 1 : 1 にて、室温で1週間程度浸漬させて、溶出てきたものを使用した。得られた溶出物の分子量分布を図3に示す。平均分子量は、それぞれ1900と11200であり、これら溶出液をTOC濃度で1mg/Lに調整し、供試液とした。

4.2. 通水試験

アニオンフィルタを47mm ϕ に成型し、デイス

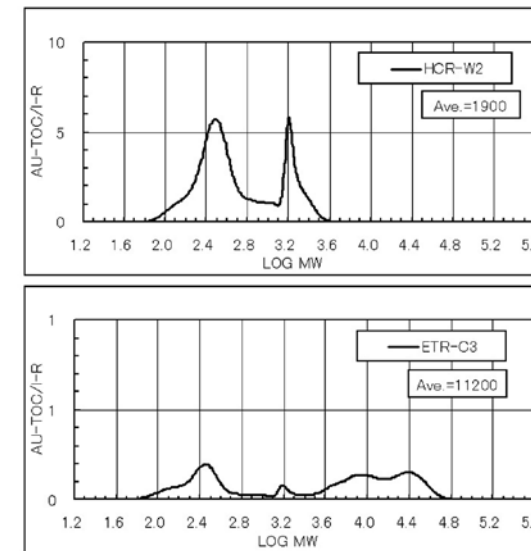


図3 供試液の分子量分布

ク通水試験装置にてLV=約0.4, 0.8m/hの2条件で3時間通水し、原水および処理水中のTOC濃度を測定した。また、アニオンフィルタを3枚まで積層させて除去率の変化を調べた。また、対照として粒状アニオン樹脂であるダウケミカル社製MS550A (OH) を用い、SV=20にて3時間通水し、除去率を測定した。

5. 試験結果および考察

表2にアニオンフィルタによるカチオン樹脂溶出TOCの除去率をまとめて示す。LVが低いほど除去率は高く、また、TOCの性状についても、高分子量のTOCほど、除去し難いことが判った。また、繊維径の細かいアニオン6は、高分子量、低分子量いずれのTOCに対しても、最も高い除去率を示し、カチオン樹脂溶出物の除去に有効であることが確認された。一方、弱アニオンであるフィルタ3は除去率が低い結果となった。

また、アニオン1, 2を用いフィルタを積層して除去率を測定した結果を図4に示す。図からわかるように、積層させることにより徐々に濃度は低くなり、水質の高度化に有効であることが判った。

超純水の製造には、粒状イオン交換樹脂がカチ

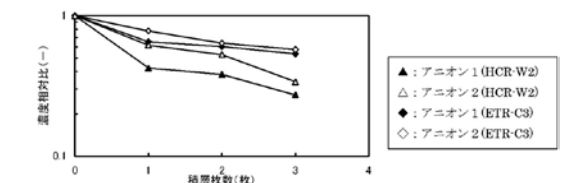


図4 アニオンフィルタ積層効果

表2 試験結果一覧表

試料	HCR-W2(H) 溶出液		ETR-C3(H) 溶出液	
	LV=0.4m/h	LV=0.8m/h	LV=0.4m/h	LV=0.8m/h
アニオン1	61	58	42	35
アニオン2	56	38	25	18
アニオン3	38	30	17	6
アニオン4	N.M.	22	N.M.	18
アニオン5	N.M.	25	N.M.	21
アニオン6	N.M.	74	N.M.	42
アニオン樹脂	40 (SV=20)		10 (SV=20)	

(単位:%)

オン樹脂とアニオン樹脂の混床状態にて使用されている。カチオン樹脂からの溶出物はポリスチレンスルホン酸が主であり、これは+に帯電しているため混合されているアニオン樹脂で除去されるが、除去率は表2からわかるように10～40%程度である。

今回の結果で、繊維径の最も細かいアニオン6の除去率が最も高いことから、TOCの除去は表面での反応が律速となっていると考えられる。したがって、粒状イオン交換樹脂塔の後段にアニオンフィルタを設置することで、アニオン樹脂により捕捉できないカチオン樹脂溶出物を効率的に除去し処理水質の高度化が図れると考えられる。

6. ま と め

今回の試験の結果、アニオンフィルタはカチオン樹脂溶出物の除去に有効であることが確認された。今後、製造方法や素材の更なる検討を進め、良好な除去特性を有するアニオンフィルタを開発する予定である。

参考文献

- 1) J. R. Stahlbush and R. M. Strom, Reactive Polymers, 13, 233-240 (1990).
- 2) T. Izumi, et al.: Int'l Water Conf., Pittsburgh, PA., p293 (1998).
- 3) T. Izumi: J. Ion Exchange, 13, P68 (2002)
- 4) K. Saito, T. Kaga, S. Furusaki, T. Sugo, et al., J. Membr. Sci., 43, 131 (1989).
- 5) K. Fujiwara, 7th International Symposium on Ionizing Radiation and Polymers, Antalya, Turkey, p54 (2006).
- 6) Y. Hashimoto, M. Amari, M. Komatsu and K. Fujiwara, Clean Rooms Magazine, 17, No. 6 (2003).
- 7) Y. Hashimoto, M. Amari, M. Komatsu and K. Fujiwara, 7th International Symposium on Ultra Clean Processing of Silicon Surfaces, Brussels, Belgium, p265 (2004).
- 8) M. Komatsu, M. Kaneko, K. Fujiwara and K. Takeda, J. Ion Exchange, 14, 41-44 (2003).

FAPIG の 機 構

(社名 ABC順)

(平成21年7月1日現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長	伊 藤 晴 夫	富士電機ホールディングス社長	理 事	河 野 雅 明	みずほCB常務執行役員
副 会 長	林 敏 和	カワサキプラントシステムズ社長	〃	真 木 浩 之	清水建設専務執行役員
〃	兼 松 弘	双日専務執行役員			
理 事	小 笠 原 保 雄	荏原製作所常務執行役員			
〃	白 倉 三 徳	富士電機システムズ社長			監 事
〃	広 西 光 一	富士通副社長			菅 原 正 幸
〃	佐 藤 哲 哉	古河電工取締役			みずほCB営業第十部次長
〃	中 村 晋	古河機械金属取締役			
					事 務 局 長
					溝 口 忠 雄

FAPIG委員会および専門部会

(◎は委員長または部会長, ○は副委員長または副部会長)

企画委員会 (12名)

- ◎ 白川正広 (富士電機システムズ)
- 三沢秀行 (荏原製作)
- 藤沢盛夫 (富士電機システムズ)
- 竹石均 (〃)
- 山田昌彦 (富士通)
- 松本敏雄 (古河機械金属)
- 山崎誠一郎 (カワキプラントシステムズ)
- 吉田亨 (みずほCB)
- 吉澤顕 (双日)
- 加納茂和 (清水建設)
- 溝口忠雄 (事務局)

オブザーバー

- 阿部修一 (原燃工)

広報委員会 (9名)

- ◎ 溝口忠雄 (事務局)
- 米田正章 (荏原製作)
- 三木俊也 (富士電機システムズ)
- 植木亮 (富士通)
- 岩間和義 (古河機械金属)
- 湯原貴浩 (カワキプラントシステムズ)
- 山本晴彦 (みずほCB)
- 村野博一 (双日)
- 酒井喜則 (清水建設)

原子力情勢調査部会 (6名)

- ◎ 村野博一 (双日)
- 尾崎博 (富士電機システムズ)
- 組田泰男 (荏原製作)
- 三澤真 (富士通)
- 湯原貴浩 (カワキプラントシステムズ)
- 長浜哲志 (清水建設)

高温ガス炉プロジェクト部会（6名）

- ◎ 岡本太志（富士電機システムズ）
- 中村志郎（双日）
- 大橋一孝（富士電機システムズ）
- 前川勇（カワキフアントシステムズ）
- 斎藤正直（清水建設）
- オブザーバー
- 加藤茂（原燃工）

廃止措置プロジェクト部会（6名）

- ◎ 武仲五月（カワキフアントシステムズ）
- 見上寿（富士電機システムズ）
- 荒井正幸（荏原製作）
- 蓮沼潤一（富士通）
- 沢本雅弘（双日）
- 鳥居和敬（清水建設）

核燃料サイクル調査研究部会（7名）

- ◎ 山崎誠一郎（カワキフアントシステムズ）
- 藤沢盛夫（富士電機システムズ）
- 石山祐二（荏原製作）
- 蓮沼潤一（富士通）
- 井上桂一（双日）
- 沢本雅弘（〃）
- 加納茂和（清水建設）

品質保証部会（8名）

- ◎ 高橋正昭（富士電機システムズ）
- 斉藤利二（カワキフアントシステムズ）
- 新田和彦（富士電機システムズ）
- 竹山敏（荏原製作）
- 江口健二（富士通）
- 有本徹（古河電工）
- 石黒修司（双日）
- 中村誠（清水建設）

事務局

局長 溝口忠雄

FAPIG No.179
平成21年7月24日印刷

平成21年度 第1号
平成21年7月31日発行（非売品）

発行所 第一原子力産業グループ事務局
〒107-8655 東京都港区赤坂6丁目1-20
双日(株)内

電話 (03) 5520-4911

ホームページ: <http://www.fapig.com/>

編集兼発行人 溝口忠雄

印刷所 ミズノプリテック(株)
〒104-0042 東京都中央区入船2-9-2
電話 (03) 5566-6677(代)

Takakazu Saito, Kazuyuki Imaizumi, Kiyoshi Oka, Hideyuki Aizawa, Gen-ichi Katagiri

Development of Inspection and Repair Techniques in Reactor Vessel of the Experimental Fast Reactor "Joyo" and of Visual Inspection Device to Observe in-Vessel Structures

FAPIG No. 179 pp.3~8 (2009)

O-arai Research and Development Center, Japan Atomic Energy Agency has developed a reactor internal inspection device using a fiberscope and a camera as part of the development of reactor internal inspection and repair techniques for sodium-cooled fast reactor, and obtained findings about applicability of the device and inspection techniques through reactor internal inspection of "Joyo"

Latest research developments were presented at the spring and autumn annual meetings of the Atomic Energy Society of Japan in 2008.

The present paper describes about "the image photographic device for reactor vessel internal structure inspection" comprised in "Development of visual inspection device to observe in-vessel structures" presented in the above two meetings, together with the other related representations included in this series.

KEYWORDS : "Joyo", sodium cooled fast reactor, inspection techniques, repair techniques, visual inspection

Mitsuhiro Imai

Environmental Radiation Monitoring System Reliability

FAPIG No. 179 pp.9~14 (2009)

Fuji Electric Systems Co., Ltd supplies a lot of monitoring systems for continuous measurement and monitoring of environmental radiation around Nuclear power plants and facilities associated with them.

The environmental radiation monitoring systems introduced in this paper, which were supplied to Hamaoka Nuclear Power Station of Chubu Electric Power Co., Inc. in December 2008, use backup power supply and satellite communication channel for data transmission in case of blackout, disconnection of transmission cable and trouble caused by earthquake.

KEYWORDS : environmental radiation monitoring system, backup power supply, satellite communication channel, earthquake

Toshiyuki Okubo, Mamoru Harada, Yasushi Donomae, Kouji Satou, Toshiya Kakuta, Takeshi Matsumoto

Project of OWTF (Oarai Waste reduction Treatment Facility) in JAEA and The Volume Reduction of The Waste by Incinerating and Melting Treatment

FAPIG No. 179 pp.15~20 (2009)

Oarai Waste reduction Treatment Facility (OWTF) will be constructed in Oarai Research and Development Center of JAEA. OWTF is the facility for carrying out the volume reduction processing of high dose α radioactive solid waste.

The volume reduction of the waste has been planned by incinerating and melting treatment. The feature of the waste reduction by incinerating and melting treatment is to use common high-frequency induction furnace. Combustible waste is incinerated in a metal cylinder heated by high-frequency induction heating. Non-combustible waste is melted in a ceramic canister. The similar sized mock-up test had already been demonstrated and confirmed the required performance.

KEYWORDS : OWTF, radioactive solid waste, volume reduction, incinerating and melting treatment, high-frequency induction furnace

Tatsuya Ozawa, Satsuki Takenaka, Keisuke Buma, Koji Sato

Development of Approach Directing Facility for Remote Controlled Equipments

FAPIG No. 179 pp.21~25 (2009)

In the radioactive material handling plants like a nuclear power station, various works are performed in the cell for preventing contamination spread. For example, some remote controlled equipments would be used for removal and maintenance of a machine installed in the cell.

Approaching operation to the aim of the remote controlled equipments is done by the view through the shield windows or some TV cameras. It needs a veteran operator and makes long time working.

Thus, Kawasaki Plant Systems (K-Plant) developed Approach Directing Facility, which is constructed with laser beam launchers and TV cameras, for the purpose of fewer loads at the approaching operation.

KEYWORDS : cell, remote controlled equipment, approaching operation, approach directing facility

Misawa Makoto, Nagamori Fumio

System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information Network System

FAPIG No. 179 pp.26~33 (2009)

The System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information (SPEEDI) Network System is a computer system capable of rapidly predicting the effect that radioactive materials will have on the surrounding environment if there is a massive release of radioactive materials from a nuclear facility. The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology consigns the operation of the SPEEDI Network System to the Nuclear Safety Technology Center (NUSTEC). NUSTEC has developed the main functions of the SPEEDI Network System and Fujitsu provided continuous support with regards to the system construction, operation and maintenance, such as the introduction of servers and improvement of networks.

This paper describes the current status of the development and operation of the SPEEDI Network System and Fujitsu's approach to supporting this system.

KEYWORDS : SPEEDI network system, radioactive materials, nuclear facility, nuclear safety technology center

Shin'ya Nishio, Hirokazu Sugiyama, Tohru Abe, Eiji Ogisako, Takuro Odahara, Akihiro Hachikubo, Satoshi Yamashita, Hirotsugu Minami, Hitoshi Shoji, Hiroyuki Tanaka, Toshiyuki Mitachi, Oleg Khlystov, Mikhail Grachev

Gas Recovery Test from Near-Surface Methane Hydrate in Lake Baikal

FAPIG No. 179 pp.34~38 (2009)

In August 2008, we successfully demonstrated the recovery of methane gas from the bottom of Lake Baikal where the water depth was about 400m. A steel chamber with a diameter of 1.2m and equipped with 32 water jet nozzles was used for gas recovery. We attempted to recover methane hydrate by dissolving it in water and pumping it up. The water jets were installed to excavate the sediments and dissolve methane hydrate in water. According to the measurements of the volume composition and the isotopic composition of recovery gas, the recovered hydrocarbon gas originates from the methane hydrate layer. This system can be effectively used for gas recovery from near-surface methane hydrate.

KEYWORDS : methane gas recovery test, near-surface methane hydrate, Lake Baikal, chamber, water jet



Takeshi Izumi, Masahiro Hagiwara, Takao Ino, Makoto Komatsu, Hideo Kawazu, Kunio Fujiwara

Preparation of Anion Exchange Filters by Radiation-induced Graft Polymerization and Their Removal Characteristics for Leachables from Cation Exchange Resins

FAPIG No. 179 pp.39 ~ 42 (2009)

Mixed bed of ion exchange resins are installed at the primary loop in steam power plants and at the use points in semiconductor plants in order to remove ion impurities and make the ultrapure water. Recently, required water quality becomes higher and higher and so, the leachables from the cation exchange resins are identified as a main source of impurities. We have been developing the anion exchange fiber filters (AEF) that were synthesized from polyethylene (PE) non-woven fabric by using radiation-induced graft polymerization (RIGP). The removal characteristics of these filters for leachables from cation exchange resins (HCR-W2, ETR-C3) was investigated. Some fiber filters remove leachables more efficiently than anion exchange resin (550A). In particular, AEF that has finest fiber diameter shows 74% of removal efficiency for the leachables from HCR-W2. It suggests that larger surface area of the filter contributes to the adsorption rate for leachables.

KEYWORDS : anion exchange fiber filters, radiation-induced graft polymerization, leachables, cation exchange resins

従来南方地域に生息する「アカボシゴマダラ」の親と仔を、瀬谷市民の森で撮ったものです。地球温暖化の影響を受けてか、2002年頃より横浜市内で急増し、本州のゴマダラチョウ在来種より繁殖力が強いと、在来種に影響を及ぼしているのではと懸念されています。要注意外来生物に指定されています。

成虫： 2008年9月20日 14:37撮影

幼虫： 2008年10月7日 11:11撮影



「親と仔」

作者プロフィール

中嶋文彦 Fumihiko Nakajima

富士電機システムズOB（2004年定年退職）、1944年神奈川県生まれ。

1962年入社（当時は富士電機製造）、1975年からは原子力事業関連業務に従事、放射線モニタ、東海発電所の電気計測・制御設備関係の業務に従事。2004年1月定年退職。

主な活動履歴

中学生のころから写真機と写真に興味。写真制作のすべてをこなす。

富士電機製造入社とともに川崎工場写真部に入部して活動。1989年には神奈川報道写真連盟（神報連）に入会、現在副理事長に就任中。

最近の神報連では2001年「神奈川新聞社賞」、2005年「推薦」などを受賞、神奈川新聞紙面掲載実績は数十件に上る。他にも、電機労連フォトコンテストなど多数の受賞歴を持つ。

第一原子力産業グループ

The **F**irst **A**tomic **P**ower **I**ndustry **G**roup

株式会社ADEKA

株式会社荏原製作所

富士電機ホールディングス株式会社

富士電機システムズ株式会社

富士通株式会社

古河機械金属株式会社

古河電気工業株式会社

川崎重工業株式会社

カワサキプラントシステムズ株式会社

株式会社神戸製鋼所

みずほコーポレート銀行

日本興亜損害保険株式会社

日本軽金属株式会社

清水建設株式会社

双日株式会社

横浜ゴム株式会社