

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2013. February — 185



写真は双日グループ社員が撮影した世界の風景

双日株式会社

エネルギー・金属部門 原子力部

www.sojitz.com

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2013-2 / 平成24年度 第2号

No. **185**

目 次

■ 報 告

高温ガス炉技術国際会議HTR2012に参加して……………(3)

中野正明 / 大橋一孝 / 岡本太志

ICONE20&ASME POWER2012に参加して……………(9)

小澤達也 / 武仲五月 / 平田慎吾 / 金子哲也

■ 紹 介

環境放射線モニタリング設備の震災対策……………(13)

前川 修 / 江波戸輝雄

JMTRにおけるSCC照射試験のための照射環境制御装置の設計・製作……………(18)

松本武志 / 野本恭信 / 小崎和彦 / 鈴木富男

森 雄一郎 / 佐藤康士 / 岡田祐次 / 山浦高幸

スマートシティ実現に向けての需要家側の取り組み視点……………(26)

上野伸一

■ 論 文

復水脱塩装置における有機性不純物低減技術の開発……………(32)

出水丈志 / 出口達也

■ グループ情報

3.11後の原子力発電所に関する意識調査－必要性及び安全性の意識の変化－……………(39)

溝口忠雄

FAPIGの機構……………(47)

表紙デザイン：杉本里美

CONTENTS

■ Report

Report of the 6th International Topical Meeting
on High Temperature Reactor Technology, HTR2012(3)

M. Nakano / K. Ohashi / F. Okamoto

Report of the ICONE20&ASME POWER2012 Conference(9)

T. Ozawa / S. Takenaka / S. Hirata / T. Kaneko

■ Introduction

Seismic Countermeasures for Environmental Radiation Monitoring System(13)

O. Maekawa / T. Ebato

Design and Fabrication of Water Control Unit for SCC Irradiation Tests in JMTR(18)

T. Matsumoto / Y. Nomoto / K. Kosaki / T. Suzuki

Y. Mori / K. Satou / Y. Okada / T. Yamaura

The Viewpoint of the Consumer's Efforts for the Realization of Smart City(26)

S. Ueno

■ Paper

Improvement of Leaching Characteristics of TOC from Condensate Demineralizers(32)

T. Izumi / T. Deguchi

■ FAPIG Activity

Opinion Survey for Nuclear Power Plant after 3.11

- Change of Opinion toward Necessity and Safety -(39)

T. Mizoguchi

Cover Design : Satomi Sugimoto

高温ガス炉技術国際会議HTR2012に参加して

Report of the 6th International Topical Meeting
on High Temperature Reactor Technology, HTR2012

中野正明* 大橋一孝* 岡本太志**
Masaaki Nakano Kazutaka Ohashi Futoshi Okamoto

〔概要〕

第6回高温ガス炉技術国際会議HTR2012が2012年10月28日から11月2日に東京で開催された。この国際会議は世界の高温ガス炉関係者が集まり隔年で開催されている国際会議である。今回は、基調講演、総合講演、技術セッションの他、一般向けの公開フォーラムも催され、多くの人が参加した。富士電機は、2件の論文発表を行うとともに、展示ブースを設け技術紹介を行った。本報は、この国際会議HTR2012についての参加報告である。

1. はじめに

高温ガス炉技術国際会議は高温ガス炉に特化した唯一の国際会議である。原子力ルネッサンスのうねりの中で、安全性や経済性、さらにはプロセス蒸気、水素製造などの非電力分野への核熱利用などの観点から、将来最も有望な第四世代原子炉の一つとして超高温ガス炉（VHTR；Very High Temperature Gas-Cooled Reactor）が世界的に大きく注目されたことを受け、第1回HTR2002が欧州（オランダ ベッテン）で開催された。その成功を踏まえて、以降隔年でHTR2004がアジア（中国 北京）、HTR2006がアフリカ（南ア ヨハネスブルグ）、HTR2008が北米（米国 ワシントンDC）と世界4大大陸を一巡し、HTR2010が欧州（チェコ プラハ）に戻り開催されてきた。HTR2010の国際運営委員会にて、第6回目となるHTR2012の開催をアジアの日本で開催することが提案され、その主催が（独）日本原子力研究開発機構に依頼された。これを受け、HTR2012では、実用化に向けた国の計画、ユーザーの要請、今後の展望などについて情報交換・討議するとともに、高温ガス炉技術および核熱利用技術に関する最新の成果を議論し高温ガス炉およびその核熱利用技術に関する研究開発の一層の進展を図るこ

とを目的として開催されることとなった。

HTR2012は、（独）日本原子力研究開発機構の主催、日本原子力学会、日本化学学会、日本機械学会の共催、文部科学省、経済産業省、日本原子力委員会の支援により、2012年10月28日（日）～11月1日（木）の5日間、東京都江東区青海にある「日本科学未来館」（写真1）にて開催された。

HTR2012では、総合セッションと技術セッションを設け、日、米、欧州、中国、韓国、台湾他18カ国、40以上の組織より政府関係者、世界の原子力ベンダーおよび高温ガス炉の幅広いユーティリティ、世界の高温ガス炉・水素製造研究者など、約220名の参加者を得、盛況に開催された。



写真1 日本科学未来館の外観

* 富士電機(株) 先端技術研究所 高温ガス炉プロジェクトグループ

** 同社 発電プラント事業部 原子力技術部

総合セッションでは、開発途上国、新興国を含め各国の高温ガス炉の導入計画についての講演、また、世界のベンダー、ユーティリティからの高温ガス炉、水素の利用について講演が行なわれた。

技術セッションでは、分野ごとに各国の研究の現状と今後の課題・計画について講演が行われた。

最終日には、①高温ガス炉の本質的安全性を知ってもらう、②「非常に悲惨な原発事故が起きたから、原発即時撤退」という選択肢だけでなく「技術で修正利用していく」という選択肢を考えってもらう、③アンケート調査で意見を分析、今後の進め方に反映する、ことを目的として、一般公開フォーラムが開催された。

あわせて、HTR2012開催期間中、日本の高温ガス炉ベンダーによる展示も行なわれた。

2. 大会概要

HTR2012は、東京お台場エリアの日本科学未来館を主会場とし、10月28日から11月2日にかけて開催された。会議の主な日程を表1に示す。また10月29日から11月1日にかけては、並行して高温ガス炉に関する技術展示も開催された。

表1 HTR2012の主な日程

日程	主な内容
10月28日(日)	参加登録 レセプション
10月29日(月)	開会式 基調講演 総合講演1 テクニカルセッション パンケット
10月30日(火)	総合講演2 テクニカルセッション
10月31日(水)	総合講演3 テクニカルセッション パネルセッション
11月1日(木)	テクニカルセッション 閉会式 一般向けフォーラム
11月2日(金)	テクニカルツアー

会議の最終的な参加登録者数は224名、18ヶ国にのぼり、そのうちの112名が国外からの参加者である。参加者の多かった国としては、中国、米国、韓国などが上げられるが、それ以外に参加者の多かった国として、台湾とドイツが目をつけた。また、最近発電および海水淡水化、水素製造などの熱利用の観点から高温ガス炉への関心が高まっていると言うサウジアラビアからは、王子を筆頭に4名の使節団が参加していた。

3. 総合講演

3.1. 基調講演概要

原子力委員会近藤俊介委員長による基調講演が行なわれた。基調講演では、東日本大震災の津波により過酷事故を引き起こした福島第1原子力発電所の現状と事故原因、日本の規制当局による原発再稼働要件、福島の放射能除染と農林水産業被害額、9月に決定された革新的エネルギー・環境戦略、今後原子力界にてなすべきことについて紹介があった。その後、「第4世代原子炉の開発、即ち炉心溶融フリー原子炉の開発は継続すべきで、高温ガス炉やPIUS炉はその有力候補である。高温ガス炉技術は、まだ技術的挑戦が残っているが、安全性やその他に特徴を有する原子炉である。高温ガス炉が国際社会で評価され、商用化へ導く国際的な実証活動へ進んでいくことを期待する。」と高温ガス炉への期待が表明された。

3.2. 各国の開発状況

以下では日本、米国、中国、韓国、カザフスタン高温ガス炉の開発状況について紹介する。また、最終需要家による熱、水素利用技術の開発状況については紙面の関係上割愛させて頂く。

(1) 日本

JAEA(日本原子力研究開発機構)のHTTR原子炉技術開発については、950℃50日間連続運転(2010年)達成後、30%出力運転時の全流量喪失模擬試験を実施、今後初期出力を上げた試験を予定している。

一方、革新的高温ガス炉プラントの研究では、物理現象のみによって安全性を確保する本質的安全高温ガス炉、プルトニウム燃焼効率に優れたクリーン燃焼高温ガス炉、新興国での多目的核熱利

用を目的とした小型高温ガス炉システムの研究を、また水素製造分野では熱化学法による世界初の連続水素製造(30L/h)後、現在は耐食性機器や製造量向上を目指した研究開発を実施中である。

なお、HTTRは東日本大震災による福島原発事故の影響で運転を停止しているが、運転再開に向け原子力規制委員会による審査を待つみの状況である。

(2) 米国

米国では、2005年のエネルギー法案により次世代原子力プラント(NGNP)として水素製造を目的とした高温ガス炉の開発が開始され、2011年エネルギー省の原子力諮問委員会にてNGNP計画を建設段階へ進めるか否かの審議が行なわれた。審議の結果、官民による開発資金分担が不透明なことから、建設段階への移行は当面中止することが決定された。現在実施中のNRCによるNGNPの許認可準備作業が終了した後は、米国の国立研究所を中心とした燃材料、高温機器などの研究開発に集中するとしている。

(3) 中国

原子炉系2基と蒸気タービン1基を組合せた出力20万KWeの高温ガス実証炉HTR-PMは、清華大学、CHINERGY社、石島湾原子力発電会社の3者が協力して建設する予定である。HTR-PMの原子炉圧力容器製作状況、HTR-PM運転シミュレータ、主要機器の確証試験向け大型ヘリウムループの準備状況と共に、HTR-PM向け燃料製造工場も間もなく着工予定である旨が紹介された。なお、中国では着工に際し安全審査認可取得と国の着工許可の2つが必要となり、現在国の着工許可待ちの状況である。(なお、2012年12月にHTR-PMは国から着工許可が下り、正式に建設工事を開始した¹⁾。)

(4) 韓国

韓国では、原子力水素主要技術開発計画が推進されている。2006年から5ヵ年計画にて設計手法、燃材料開発、熱化学法水素製造などの主要技術開発を実施、2012年以降5年間でこれらの技術向上を目指した研究開発を実施中である。また、2012年にはベンダー、ユーザーによる原子力水素産業フォーラムが結成されると共に、国の資金により

高温ガス炉水素製造プラントの設計研究が開始された。今後、2026年の水素製造高温ガス炉の運開に向け原子力水素開発実証計画の実現に注力する予定である。

(5) カザフスタン

カザフスタンのウラン埋蔵量は世界の約2割を占め、ウラン生産高も世界一を誇るまでに成長してきた。これからの原子力開発は原子力発電所の建設、原子力産業の育成、基礎・応用科学の開発などを基本方針とし、2012年には原子力庁を設立、国内の原子力機関全てを管轄、原子力開発を加速することとなった。カザフスタン高温ガス炉(KHTR)計画に関しては、2011年に発効した原子力計画にて、2020年までに小型高温ガス炉を建設することが謳われ、JAEAの協力によりKHTR計画の実現に向け着々と準備が進められている。なお、2008年に日本、カザフスタン両国首脳により高温ガス炉分野で協力を行なう旨の共同声明が出されている。

3.3. 実用高温ガス炉の安全基準

(パネルセッション)

日本、米国、韓国および中国からの代表者をパネラーとして、実用高温ガス炉に適用すべき安全基準に関する議論が行われた。本セッションでは最初に各パネラーから自国の高温ガス炉プロジェクトと安全特性の概要や安全規制に係わる留意点などの紹介が行われた後で全体討議が行われた。討議では、高温ガス炉の安全基準については、IAEAによる国際基準化を目指すべきという意見があり、参加者のほとんどが賛意を示していた。



写真2 メイン会場(みらいかんホール)

また、福島第1の事故後の日本国内の世論動向を反映して、高温ガス炉の優れた安全特性を一般公衆に理解してもらうためにはどうすべきかという問題が提起され、討議の時間の大半はこの問題に費やされた。そこでの結論としては、確率論的なリスクの議論は避けて決定論的な説明を行うこと、TVなどのマスメディアを活用すること（HTTRの安全性実証試験にマスコミ関係者を招待するなど）などが有効であろうとされていた。

4. テクニカルセッション

テクニカルセッションでは、約120件の論文の投稿があった。締切直前の事務局の集計結果に基づき、発表論文の研究領域別の内訳と国・地域および機関種別での内訳を、表2に示す。研究領域で見ると、燃料関係の発表が34件と全体の3割近くを占めている。また国別では、現在高温ガス炉試験炉HTR-10を運転し実証炉HTR-PMを建設しようとしている中国と、NGNP高温ガス炉計画が進められている米国の論文数が多いことが分かる。発表している機関では、わが国のJAEAや米国アイダホ国立研究所といった国の研究機関の発表数がやはり多いが、加えて南アフリカなどの大学からの発表数も多いことが分かる。なお、イランからの論文は正式投稿されて論文集にも収められているものの、会議への参加と発表は見送られたようである。

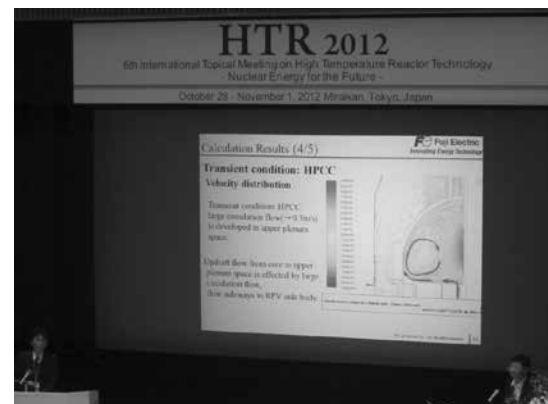


写真3 テクニカルセッション

これらの論文は、表2に示した8分野の研究領域に分かれてセッションが組まれ、熱心に発表と討議が行われた。なお、富士電機では、研究領域8「安全および許認可」のトラックチェアを大橋が務め、同じ領域の第2セッションのセッションチェアを中野が務めるとともに、原子炉出口温度950℃の条件で受動冷却安全を達成できる熱出力600MWtの炉心概念の紹介と、JAEAの高温工学試験研究炉（HTTR）の原子炉を対象にした通常運転時および異常時の3次元熱流動解析の2件の論文発表を行った^{29,30}（写真3）。

表2 発表論文数内訳（分野別/国別/機関別）

(a) 研究領域別内訳

	研究領域	論文数
1	高温ガス炉プロジェクト	6
2	プロセス熱利用	13
3	燃料、廃棄物	34
4	材料および機器	13
5	炉物理	19
6	熱流動および解析コード	17
7	工学試験、設計、経済性	9
8	安全および許認可	8
	合計	119

(b) 国・地域と機関種別の内訳

国・地域	機関種別			計
	研究機関	大学	企業	
中国	-	24	-	24
日本	13	7	3	23
米国	20	1	2	23
ドイツ	8	3	-	11
南アフリカ	-	9	2	11
オランダ	4	2	-	6
韓国	6	-	-	6
台湾	6	-	-	6
フランス	-	-	3	3
ロシア	3	-	-	3
イラン	-	1	-	1
スウェーデン	-	1	-	1
チェコ	-	1	-	1
計	60	49	10	119

5. 一般フォーラム

本会議最終日となる11月1日の午後には、一般の方々に高温ガス炉に関する理解を深めてもらうことを目的に、無料の一般公開フォーラムが開催された（写真4）。

このフォーラムは、表3に示すように早稲田大学の岡教授をモデレーター（進行役）とし多彩なパネリストを集めて、現在の日本における原子力に対する疑問に対して高温ガス炉はどう応えられるか、という観点から、パネリスト間での討論や一般聴衆との質疑応答が繰り返された。参加者総数は約170名にのぼり、原子力関係者などの身内の参加者を差し引いても、それなりの盛況だったと言えよう。

一般聴衆からは、例えば「ビルゲイツ氏が開発支援しているTWR炉と比べた特徴は？」、「高温ガス炉の実現を阻む問題は何か？」、「高温ガス炉の炉心構造を詳しく説明してほしい。」といった質問が次々に出され、最終的に予定終了時刻を30分近く延長して質疑時間にあてるほどの盛り上がりであった。なお、一般フォーラムでの質疑応答内容については、後日、日本原子力研究開発機構のウェブサイトにも公開される予定である。

表3 一般フォーラムのパネリスト他

モデレーター	岡 教授 早稲田大学
パネリスト	
坂東 理事長	NPO法人 「知の人材ネットワークあいしゅたいん」
松井 理事	エネルギー総合工学研究所
加藤 准教授	東京工業大学
マホニー 総務財務担当	米国次世代原子力プラント企業連合
小川 センター長	日本原子力研究開発機構
大井川 研究主席	日本原子力研究開発機構



写真4 一般フォーラムの聴講者

6. 展示について

高温ガス炉に関係する会社として、富士電機をはじめ、(株)東芝、三菱重工(株)、東洋炭素(株)、(独)日本原子力研究開発機構が展示ブースを設け、技術紹介を行った（写真5）。他に、カタログブースには、日立GEニュークリア・エナジー(株)、新日本テクノカーボン(株)、東海カーボン(株)、三和工機(株)、(財)エンジニアリング協会が参加していた。

富士電機のブース（写真6）では、高温ガス炉の安全性の特長、HTTRでの原子炉本体・燃料取扱施設などの製造実績や最近の技術開発の状況のポスターによる紹介、HTTRの燃料交換機のビデオによる紹介、原子力全般の技術紹介と高温ガス炉についてのパンフレットの配布を行った。

東芝のブース（写真7）では、原子燃料工業(株)と協力して、HTTRの燃料棒の展示やポスターによる技術紹介を行っていた。また、東洋炭素は、黒鉛材のさまざまな製品を展示していた。



写真5 展示会場全景



写真6 富士電機の展示ブース



写真7 東芝・原子燃料工業の展示ブース

講演や技術セッション中は展示場への来訪者はほとんどなかったが、昼休みや空き時間には多くの方が来られ賑わっていた。また、元宇宙飛行士の毛利館長やサウジアラビア王子の訪問もあった。

7. あとがき

以上、2012年10月28日から11月1日に東京で開催されたHTR2012の概要について紹介した。ちなみに、隔年で行われているこの高温ガス炉技術国際会議は、次回2014年には中国で行われることが閉会式で発表されている(写真8)。

富士電機としては、今後もこのような機会をとらえて当社の高温ガス炉技術に関する情報発信を続けていく所存である。

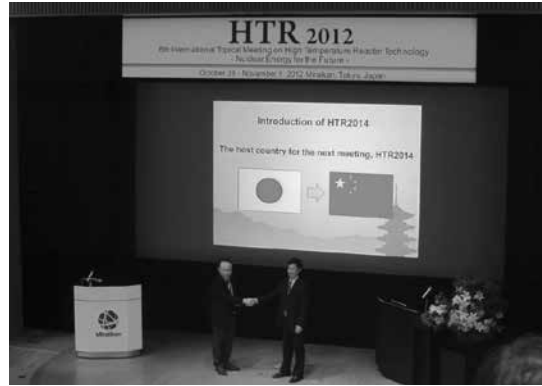


写真8 次回HTR2014の開催地の発表

参考文献

- 1) World Nuclear News, 13 December 2012, "Three Chinese Reactor Projects Underway".
- 2) M. Nakano et al., "Core Design and Safety Analyses of 600MWt, 950°C High Temperature Gas-cooled Reactor", HTR2012-8-008.
- 3) N. Tsuji et al., "Study of the applicability of CFD calculation for HTTR reactor", HTR2012-8-009.

ICONE20&ASME POWER2012に参加して Report of the ICONE20&ASME POWER2012 Conference

小澤達也* 武仲五月* 平田慎吾* 金子哲也*
Tatsuya Ozawa Satsuki Takenaka Shingo Hirata Tetsuya Kaneko

〔概要〕

2012年7月30日から8月3日の期間、米国カリフォルニア州のアナハイムにおいてICONE20&ASME POWER2012が開催された。今回この国際会議では50社に及ぶ企業がブース展示を行うとともに、多くのSessionが設けられ、約1000人の参加者を集めていた。川崎重工業はブース展示を行い、製品や技術の紹介などを行った。本稿では、今回の会議の概要や、ブースへの来訪者への説明、やり取りを通じての所感などについて紹介する。

1. はじめに

2012年7月30日から米国カリフォルニア州のアナハイムで開催された、ICONE20&ASME POWER2012に川崎重工業の原子力部門としては初となる海外でのブース展示を行った。

ICONEは、原子力産業に関する先進技術と最新情報の発表やパネル討議を行う国際会議であり、1991年からASME(米国機械学会)とJSME(日本機械学会)とで共同で開催され、2005年からはCNS(中国核学会)も参加しているものである。

ASME POWERは、発電所内の運転や保守に関する最新の情報や設備に関する学会であり、発

電所の設計・建設・運転・保守の技術や、研究開発について討議するものである。

今回は2つの会議の同時開催ということもあり、多くの参加者がみられたが、会場がディズニールランドホテルであったことが一因であるの否めないかもしれない。

会場は前述の通り、ディズニールランドに隣接したディズニールランドホテルであった。家族連れが思い思いの格好で周辺を移動する中、スーツやジャケットを着た大人たちがゾロゾロと歩く様はいささか奇異な光景に映ったが、逆に堅苦しくない開放的な国際会議という雰囲気を感じさせるものであった。



写真1 会場となったホテル外観



写真2 受付カウンター付近の様子

* 川崎重工業(株) 火力・原子力プラント部 原子力設計課

川崎重工業としては、東日本大震災による福島での水素爆発事故を受け、今回、BWR型原子力発電所の格納容器内の水素を処理するための設備として当社が技術を有する可燃性ガス濃度制御系(FCS)再結合装置を国外に対してPRすること、空冷式熱交換器や、廃棄物処理技術といった当社の技術を紹介することを考えた。そこで、ブース展示を行うことによって来訪者と意見を交わすとともに、セッションの聴講などを通じて情報の収集を行った。

2. 内容

2.1. 会議スケジュール

会議は、表1に示す日程にて開催され、われわれは参加しなかったが、会期中San Onofre Nuclear Plantや、General Atomics DIII-Dへの見学ツアーも計画されていた。

われわれは7月30日に受付を終えた後、午前中から展示用資材の会場への搬入や、ディスプレイ、椅子といった現地レンタル品の受取りなどを行い、展示ブースを設営した。

Opening Receptionは18時から開催され、多くの会議参加者が、思い思いに食事を楽しみながら展示ブースを見てまわり、熱心に情報収集する姿が見られた。当社のブースにも海外企業の関係者

表1 主な会議日程

日付	主な内容
7/30 Mon.	Workshop Opening Reception
7/31 Tue.	Opening Keynote ICONE Plenary Session Technical Sessions Poster Sessions
8/ 1 Wed.	Technical Sessions Power Plenary Session Poster Sessions ICONE AWARDS Reception
8/ 2 Thu.	Technical Sessions Poster Sessions ICONE Students AWARDS Reception
8/ 3 Fri.	Technical Sessions

や、学生を含めた大学関係者などの多くの来訪者があった。また、会議主催者である、ASMEのMark Goldsmith氏、Nicholas J.Ferrari氏、ICONE ChairmanのIgro Pioro氏らの訪問を受け、日本からの参加に対し、感謝の言葉を頂戴した。

このReceptionではご夫婦で来場し、一緒に楽しまれている方々もおられ、日本の学会などとは異なる雰囲気を感じた。

翌日、7月31日はOpening Keynote, Plenary Sessionと共に、Technical Sessionが各会場で開催された。8月1日～3日までの会期中には、Poster Sessionを含め多くの発表が行われた。

当社が出展した展示ブースの展示期間としては、7月30日～8月2日までの4日間であったが、基本的に来訪者が来るのは各Sessionの合間の休憩時間や食事の時間に限られてしまい、Session中は閑散としてしまうのはやや残念な感じを受けた。

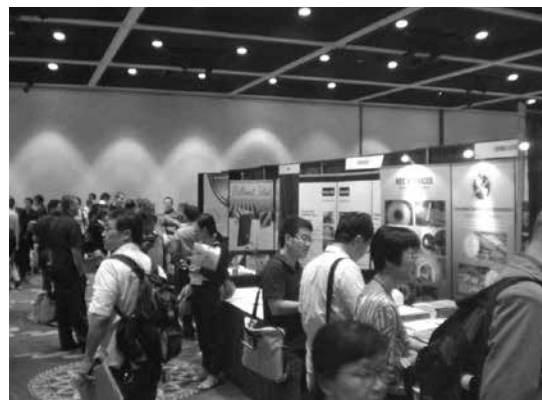


写真3 Opening Receptionの賑わい



写真4 会議主催者のご訪問

2.2. 展示ブースの概要

展示ブースの会場は、Banquet会場に隣接しており、約50社に及ぶ米国内の企業や団体が展示ブースを設置していた。日本からは当社の他、(株)東芝殿、(株)IHI殿が展示を行っており、特に(株)東芝殿はPlatinum Sponsorとして大々的に展示ブースを構え、衆目を集めていた。

当社は今回、FCS再結合装置と空冷式熱交換器をメインとし、これまでの国内の原子力関連施設へのその他の機器を含めた納入実績を示すためのディスプレイパネルを製作して展示を行った。また、併せて作成したFCS再結合装置および廃棄物処理関連技術に関するパンフレットを展示ブースで配布し、来訪者への説明を行った。ブース内に設置したモニターでは、当社の全社紹介ビデオの映像や、廃炉関連技術を紹介するアニメーションの他、FCS再結合装置の3D画像などを映して、PRに努めた。

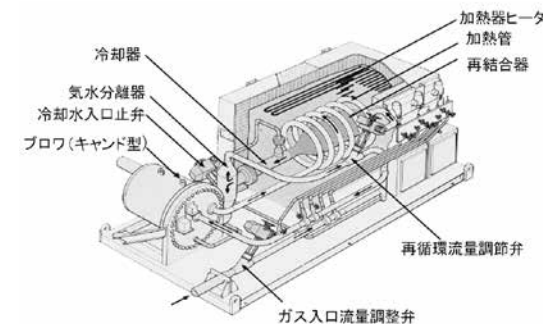


図1 FCS再結合装置

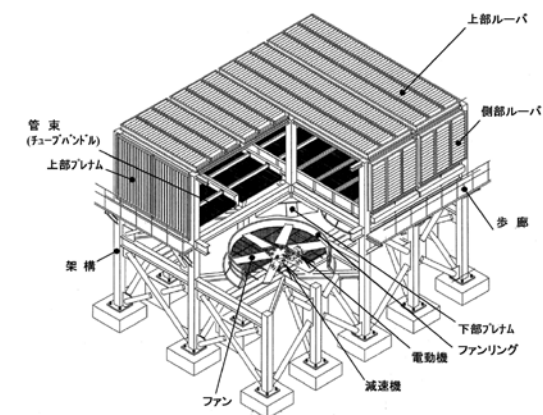


図2 空冷式熱交換器 概略図

2.3. 来訪者への説明を通じての所感

展示ブースで行った、来訪者に対する説明を通じてまず感じたのは、“KAWASAKI”というブランドはバイクメーカーとして知られていても、当社が原子力関連事業を行っていることを知っている人はほとんどいないということであった。海外の原子力関連施設に対しては、これまでほとんど実績がないことから、これは当然と言えなくもないが、今後、海外への事業展開を考えるのであれば、知名度の向上が必要と思われる。他の出展者と情報交換した際、ICONEの他には原子力に特化した展示会などのイベントがないため、面談者の数は多くなくても、無駄とは考えておらず、むしろ海外への売込みのために、このような機会には積極的に展示を行っているという意見もあり、当社も参考にすべきだと感じた。

今回の展示では、当社が有する技術として、加熱式の水素再結合装置の説明を主に行ったが、原発事故時を想定した水素処理設備としては、欧州などではかなりの数の設置実績があり、日本でも検討が行なわれている触媒式再結合装置(PAR)が主流であるという意見が大多数であった。ただし、水素の処理装置として、加熱式再結合装置自体が知られておらず、興味を示す来訪者もいた。特に欧州では知られていないようであり、触媒式再結合装置とは異なる特長をPRすることができれば、今後利用されていく余地がないわけではないと感じた。



写真5 川崎重工業ブースの様子



写真6 展示ブースでの説明

また、今回の展示の中では、福島事故などを引合に、耐震性を備えた冷却設備として空冷式熱交換器に興味を示す来場者が少なからずいた。日本国内および海外においても、空冷式熱交換器はヒートシンク多様化の手段として着目されてきており、今後の需要増加に期待を持つことができた。

2.4. 各Sessionの様子

今回、さまざまな分野に関する多くのPanel SessionやTechnical Sessionが開催され、プラントエンジニアリングや、各種の解析、安全対策に関するものなど260を超える発表があり、参加者は学生などを含めて約1000人という規模であった。

Sessionには、東日本大震災とそれに伴う津波による被害の状況や、津波の挙動解析などに関する報告の他、津波に対する対策などに関する電力

会社殿による発表もあった。これらのSessionは、多くの出席者を集めており、改めて東日本大震災と津波によって引き起こされた事故による影響の大きさを感じた。

その他、印象的であったのは中国からの出席者が多かったことである。発表も中国からの方が非常に多く見られた。これは、今回のICONEの開催地が中国（成都）であることがその理由とも思われるが、中国という国の勢いを感じさせられるものであった。

3. おわりに

今回、川崎重工業の原子力部門としてはじめて、海外の国際会議への単独でのブース展示を行った。展示用パネルや配布資料の準備、来場者に対する説明対応など不安な面もあったが、社内マーケティング本部 海外総括部の協力を得て無事に展示を行うことができた。展示ブースへの来場者から、直接さまざまな意見を聞くことができたことは大きな収穫であったと思う。

上述の通り、当社が原子力関連事業を行っていることは、海外ではほとんど知られておらず、今後海外に事業を展開していくためには、魅力的な製品を持つことが重要なのは当然であるが、今回のように展示会への出展や、発表の機会を増やすことにより、知名度をあげていくことも必要と感じた。

環境放射線モニタリング設備の震災対策

Seismic Countermeasures for Environmental Radiation Monitoring System

前川 修* 江波戸輝雄*
Osamu Maekawa Teruo Ebato

〔概要〕

環境放射線モニタリング設備は、原子力施設周辺の環境放射線量を24時間365日連続で測定・監視するシステムである。

富士電機は、原子力発電所、原子力研究施設、核燃料再処理工場、自治体などへ本設備を導入している。

今回、震災発生時においても測定・監視を継続するための無線装置による伝送路の多重化、バックアップ電源の導入および機器の耐震評価などを行った。また、震災発生後の緊急時モニタリングに対応すべく半導体検出器を採用した軽量・省電力型可搬型モニタリングポストや固定式モニタリングポストと同等機能を実装するモニタリングカーを開発した。また、低価格・省スペースに対応した簡易型モニタリングポストを開発したので、これらについて紹介する。

1. ま え が き

原子力施設では、施設周辺の環境放射線量を常時監視するために環境放射線モニタリング設備を整備することが義務付けられており、24時間365日連続稼働している。測定された環境放射線量は、原子力施設内に伝送され、中央制御室などに設置される野外モニタ監視装置や計算機システムにより集中監視を行っている。

有事の際を想定し、緊急時対策支援システムなどとの連携機能を有する一方、定常時には、インターネットなどを介して広く情報公開することにより、PA（Public Acceptance：原子力政策の社会的受容）促進の側面も兼ね揃えている。

原子力発電所は、燃料の再利用が可能であることや二酸化炭素の排出量が少ないことから、米国やアジアを始めとする世界各国で推進する気運が高まっていたが、2011年に発生した東日本大震災により原子力エネルギーを取り巻く状況は変化してきている。このような背景の中、特に原子力発電所の再稼働に伴う安全対策に注目が集まっており、その中でも環境放射線モニタリング設備は、被災時も継続して環境放射線量を監視・測定し続

けることが求められている。

本稿では、主に原子力施設周辺に導入される環境放射線モニタリング設備について、震災発生時においても監視・測定を継続するための震災対策について紹介する。

2. 環境放射線モニタリング設備の概要

環境放射線モニタリング設備は、原子力施設内（監視区域境界線付近）および施設外（近隣の市町村）にて環境放射線量や気象を測定する固定式モニタリングポスト、中央制御室で指示・記録を行う監視システムおよびデータ伝送を行うテレメータシステムにより構成される。付帯設備として、持ち運び可能で屋外に設置できる可搬型モニタリングポストや、計測機器を車載し走行しながら測定できるモニタリングカーがある。

3. 震災対策

震災により環境放射線モニタリング設備が被災した場合に想定される被害を次に示す。

- (1) 地盤変化によるデータ伝送路の切断
- (2) 配電設備被災による電源系統の停止
- (3) 津波や地震の揺れによる局舎や機器の損壊

* 富士電機(株) 発電・社会インフラ事業本部 社会環境事業部 放射線システム部

これらの状況下においても監視機能を継続するための取り組みは以下の通りである。

3.1. 伝送路の多重化

モニタリングポストから中央制御室までのデータ伝送には主に光ケーブルを採用している。光ケーブルが切断した場合、中央制御室などでの監視機能が喪失する恐れがあるため、従来より無線装置（衛星携帯電話）を導入し、バックアップ用の伝送路を確保していたが、震災発生後の状況を見直し、以下の観点から環境放射線モニタリング設備に最適な無線装置を再検討した。

- (1) 通話の集中による輻輳の影響を受けないこと。
- (2) 低指向性のアンテナであること。
(地震によるアンテナの傾きに耐えうること。)
- (3) 積雪や豪雨時でも使用できること。
- (4) 電波遮蔽（地形や樹木）の影響を極力受けないこと。

表1 無線装置の諸元

項目	仕様
使用周波数帯	400MHz帯
発振方式	シンセサイザー方式
変調方式	周波数変調方式
電波型式	F2D, F3E
空中線型式	八木型（400MHz帯, 50Ω）
通信方式	半二重通信
符号方式	NRZI等長符号方式
同期方式	非同期
伝送速度	1200bps
符号構成	JIS X5203



写真1 無線装置の現地伝播調査状況

- (5) 堅牢^{けんろう}、長寿命であること。

これらを十分に満足する無線装置が市場にないことから、富士電機は無線メーカーと共同で環境放射線モニタリング設備専用の無線装置を開発した。この無線装置は、河川管理などで実績のある400MHz帯の小型陸上無線装置をベースとしており、環境放射線モニタリング設備に適合した伝送仕様へカスタマイズを施している。また、点検による停止期間を最小限にするため、定期交換部品を容易に交換できるようハードウェアも改造している。表1に無線装置の諸元、写真1に現地伝播試験の状況を示す。

3.2. 電源のバックアップ

モニタリングポストの電源は、主に原子力施設内の配電設備から受電している。配電設備や電線が被害を受けると電源の供給が絶たれることから、モニタリングポスト局舎側にバックアップ用電源を配備する必要がある。富士電機では、バックアップ時間や負荷（装置）に応じて、無停電電源装置と発電機を併用して電源を確保している。写真2にバックアップ電源装置の据付状況を示す。

3.3. 免震局舎の採用

固定式モニタリングポストは、局舎構造となっており、原子力施設内（監視区域境界付近）や近隣の市町村に設置される。内部には放射線検出器、測定部、ダストモニタ、気象観測設備およびテレメータ装置が実装される。地震による局舎の倒壊や機器の損壊を軽減するための対策を検討し、局舎に免震構造を採用した。写真3に免震局舎の外観、写真4に免震部（局舎下部）の構造を示す。

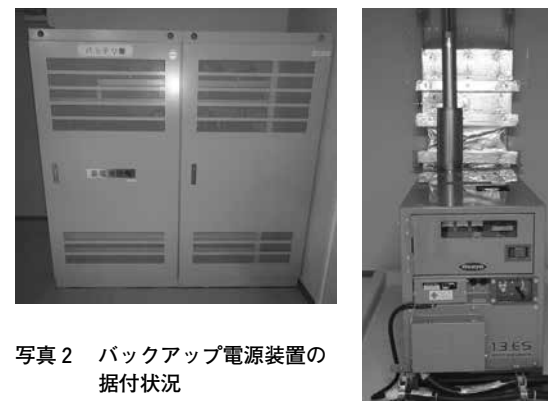


写真2 バックアップ電源装置の据付状況



写真3 定置型モニタリングポスト（免震局舎）の外観



写真4 免震部（局舎下部）の構造

3.4. 実装機器の耐震評価

中央制御室に設置する環境放射線モニタ監視盤（野外モニタ盤）について、実装機器を耐加震試験にて耐震評価を行い、問題ないことを確認している。表2に耐加速度試験（機器類）の条件および確認方法、写真5に耐加速度試験状況を示す。

3.5. 可搬型モニタリングポスト

可搬型モニタリングポストは、被災時や原子力災害発生時において緊急のモニタリングが必要となった場合、自在に設置し測定する設備であり、人力で設置するための軽量化と固定式モニタリングポストと同等の測定性能を同時に求められる。

従来、富士電機ではNaI (TI) シンチレーション検出器1台で低線量域（パルス測定）から高線量域（電流測定）を測定するワイドレンジ型を採用することで機器を削減し軽量化と性能を両立していたが、更なる軽量化と長期運転へのニーズに

表2 耐加速度試験の条件および確認方法

加振試験条件	周波数	共振振動数が33Hz以下にないときは33Hz,共振振動数が33Hz以下にあるときはその振動数とする。	
	加速度	鉛直	4.90m/s ² (0.50G) or 29.4m/s ² (3G)
		水平	10.5m/s ² (1.07G) or 29.4m/s ² (3G)
	振動方向	水平[前後, 左右], 垂直(3軸方向)	
加振時間	120s(各軸方向)		
確認項目	下記の項目を確認する。 (a) 加振前後に器具に損傷なきこと。 (b) 加振前後に誤動作・誤不動作のなきこと。 (c) 加振前後に許容誤差範囲内にあること。		



写真5 耐加速度試験状況

対応すべく、軽量、省電力の半導体検出器を用いた可搬型モニタリングポストを開発した。

表3にNaI (TI) シンチレーション検出器（ワイドレンジ型）と半導体検出器の仕様比較、写真6に半導体式可搬型モニタリングポスト（本体）の外観を示す。測定精度、エネルギー特性、方向特性に若干差があるものの従来型と同様、事故発生時の想定線量率10⁵μGy/h (10⁸nGy/h)まで測定可能であり、固定式モニタリングポストが使用できない場合でも代替測定装置として使用できる。

また、電池や衛星携帯電話を追加実装することで、電源や伝送路のない場所でも遠隔で測定・監視が可能である。電池1ユニットにより約6日間の連続運転を実現している。電池はユニット単位で容易に交換できる構造としており6日間以上の測定も可能である。測定データの伝送は災害時にも輻輳の恐れが少ない衛星携帯電話を採用してお

表3 可搬型モニタリングポストの仕様比較

項目	NaI(Tl)シンチレーション式(従来型)	半導体式(新型)
検出器	NaI(Tl)シンチレーション検出器(ワイドレンジ)	シリコン半導体検出器
測定線種	γ線	γ線
測定範囲	低線量域:10~5×10 ⁵ nGy/h 高線量域:3×10 ⁵ ~10 ⁸ nGy/h	10 ² ~10 ⁸ nGy/h (LCDは、0.01μSv/h~10 ⁵ μSv/h表示)
線量率測定精度	±10%(¹³⁷ Cs基準)	±20%(0.1μGy/h以上, ¹³⁷ Cs基準)
エネルギー範囲	低線量域:50keV~3MeV 高線量域:50keV以上	60keV~3MeV
エネルギー特性	低線量域:±20%(50keV~100keV未満) ±10%(100keV~3MeV) 高線量域:-50~+25%(50keV~100keV) -10~+20%(100keV~400keV) ±10%(400keV~3MeV)	±30%, 60keV~3MeV(¹³⁷ Cs基準)
方向特性	±20%, (0~±90°)	±20%, (0~±90°)
表示器	なし	12.1インチ TFTカラーLCD
データ記録	線量率1分値を1週間保存可能	線量率1分値を1ヶ月保存可能
データ伝送	RS232C出力	Ethernet出力(衛星携帯電話と組合せ可能)



写真6 半導体式可搬型モニタリングポストの外観



写真7 モニタリングカーの外観

り、安定的なデータ伝送を実現している。測定値の受信システムには、軽量コンパクトなノートブック型パソコンも導入可能であり、オフサイトセンターや仮設防災拠点からも測定値の遠隔監視を可能としている。

3.6. モニタリングカー

モニタリングカーは、貨物用トラックや1BOXカーを改造し、測定機器を車載した設備であり、原子力施設周辺地域を広くにわたり環境放射線量を測定するための設備である。

従来は、低線量域測定およびダストサンプリナ

ど、必要最小限の機器を実装することが主流であったが、今回富士電機は、大型車両を導入し、低線量域測定に加えて、固定式モニタリングポストと同一であり高線量域を測定する電離箱検出器、放射性ダスト・ヨウ素測定装置を実装したモニタリングカーを開発し、従来より高精度かつ高機能を実現するモニタリングカーを開発した。

測定データは、衛星携帯電話などを介して防災拠点にデータ伝送することで、遠隔地からリアルタイムで状況の把握を可能としている。写真7にモニタリングカーの外観、写真8に車内を示す。



写真8 モニタリングカーの内部

3.7. 簡易型モニタリングポスト

震災発生時は、原子力施設が立地する近隣の市町村だけではなく、広範囲での環境放射線量の測定が必要であるが、設置スペースや設置コストに問題があった。

今回、富士電機ではコンパクトな筐体とその上部に検出器を実装した簡易型モニタリングポストを開発した。バックグラウンドレベルから10⁵nGy/hまで測定できるNaI(Tl)シンチレーション検出器1台と測定に必要な最小限の機能を実装することで価格と寸法・重量を抑えた。検出器や計測部本体は、原子力発電所などで使用される固定式モニタリングポストと同等品を採用することで測定性能や信頼性も充分維持している。写真9に簡易型モニタリングポストの外観を示す。



写真9 簡易型モニタリングポストの外観

4. あとがき

原子力施設の安全・安心を確保するための環境放射線モニタリング設備について、富士電機がこれまでに取り組んできた震災対策状況を紹介した。

今後は、東日本大震災の教訓を生かし、環境放射線モニタリング設備の更なる信頼性向上と緊急時モニタリングシステムの開発に注力することで、モニタリング機能の強化を図り、原子力エネルギーの信頼性向上に貢献する所存である。

参考文献

- 1) 前川他、環境放射線モニタリング設備の耐震対策、富士時報Vol84 No.4 2011

JMTRにおけるSCC照射試験のための 照射環境制御装置の設計・製作

Design and Fabrication of Water Control Unit for SCC Irradiation Tests in JMTR

松本 武志* 野本 恭信** 小崎 和彦* 鈴木 富男***
Takeshi Matsumoto Yasunobu Nomoto Kazuhiko Kosaki Tomio Suzuki
森 雄一郎* 佐藤 康士* 岡田 祐次**** 山浦 高幸*****
Yuichiro Mori Kouji Satou Yuji Okada Takayuki Yamaura

〔概要〕

(独)日本原子力研究開発機構では、原子力規制委員会原子力規制庁(当時、経済産業省原子力安全・保安院)からの受託事業「軽水炉燃材料詳細健全性調査」において、材料試験炉(JMTR)を利用した軽水炉用燃料・材料の中性子照射試験を計画している。このうち、軽水炉の炉内環境を模擬した条件下で材料照射試験を行うための装置として、BWRもしくはPWRの高温高压水の条件を模擬することが可能な照射環境制御装置の整備が計画された。

ここでは、川崎重工業(株)が(独)日本原子力研究開発機構から受注し、平成20年度から平成24年度にかけて、設計・製作・据付および性能試験を行った照射環境制御装置について紹介する。

1. はじめに

軽水炉の炉内構造物のステンレス鋼は、高線量の中性子照射を受けると応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking: SCC)を起こす可能性があり、SCCは高経年軽水炉の信頼性、安全性を確保する重要な検討課題である。SCCは、原子炉外においても、あるしきい線量を超える高速中性子の照射によって再現させることが可能であるが¹⁾、軽水炉内で実際に起こるSCCを完全に再現することができない。したがって、炉内構造物のSCCの挙動を把握するには、軽水炉の炉内環境を模擬した条件下でのSCC照射試験が必要である。

(独)日本原子力研究開発機構と川崎重工業(株)は、平成11年度から平成13年度に、産官学の協力の元、JMTRにSCC照射試験のためのBWRの炉内環境

を模擬した高温高压水の供給が可能な水環境制御装置の設計、製作および据付を行い²⁾、その後、(独)日本原子力研究開発機構では、この装置を用いたBWR構造材の材料照射試験を実施して、SCC試験データの取得を行ってきた^{3,4)}。SCCの研究が進むにしたがい、中性子線量および照射温度の管理に加えて、水化学環境条件の管理が必要であることがわかってきた。

現在、(独)日本原子力研究開発機構は、原子力規制庁からの受託事業「軽水炉燃材料詳細健全性調査」において、新たな軽水炉用燃料・材料の中性子照射試験を計画している。本照射試験では、BWRの条件だけでなく、PWRの高温高压水の条件を模擬することが可能な照射環境制御装置がJMTR内に設置されることとなり、設計および製作を川崎重工業(株)が受注した。

* 川崎重工業(株) プラント・環境カンパニー エネルギープラント総括部 火力・原子力プラント部 原子力設計課

** 同社 プラント・環境カンパニー エネルギープラント総括部 火力・原子力プラント部 原子力設計課

(独)日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 出向

*** 同社 プラント・環境カンパニー プロジェクト本部 制御システム部 プラント制御二課

**** (独)日本原子力研究開発機構 材料試験炉部 照射課

***** 同機構 材料試験炉部 技術課

照射環境制御装置は、JMTR原子炉内の任意の照射孔に装荷して照射試験が可能なキャプセルに、高温高压水を供給する装置で、BWR条件を模擬できる装置2基(以下「BWR用」とする)、BWRおよびPWR条件を模擬できる装置(以下「水化学用」とする)の計3基が設置されることとなり、平成20年度から平成24年度にかけて、設計、製作、据付および性能試験を行った。

本稿では、照射環境制御装置の設計、製作、据付および性能試験について紹介する。

2. 照射環境制御装置の概要

2.1. 照射環境制御装置の全体構成

照射環境制御装置は、JMTR原子炉内に装荷されるキャプセルに高温高压水を供給する装置であり、水質調整系統(クラッド除去フィルタ、イオン交換塔、水質調整タンクなど)、循環系統(主ポンプ、サージタンク、予熱管、加熱器、冷却管、圧力調節弁など)、補給水系統(補給水タンクなど)、計測制御系統(温度、圧力、流量、水質などの計測機器、制御盤、データ収集装置など)から構成される。同時に接続できるキャプセルは、BWR用は2基ともに最大4本(ただし、うち1基は現在2本、将来2本分の拡張が可能)、水化

学用は最大2本(現在は1本、将来1本分の拡張が可能)である。

BWR用の系統構成を図1に、水化学用の系統構成を図2に示す。

2.2. 水質調整系統

水質調整系統は、キャプセルから排出された水を精製するとともに、照射試験の目的に応じて、溶存酸素濃度および溶存水素濃度の調整を行うための系統である。

照射環境制御装置を用いた照射試験では水質の制御が特に重要であるため、キャプセルからの排水に含まれる固形状の腐食生成物(クラッド)を除去するクラッド除去フィルタ、その下流にイオン状の不純物を除去するイオン交換塔を設置することで、系内を循環する水に含まれる不純物の除去を目的とした全量精製が行える設計となっている。キャプセルへの供給水の水質調整は、気液二相構造の水質調整タンクにて行われ、液相部に溶存酸素濃度および溶存水素濃度の調整を行うための水質調整用ガス(ヘリウム、酸素および水素)の気泡を発生させるノズルが設置されており、溶存酸素濃度、溶存水素濃度を自動制御する。

また、水化学用では、将来計画しているPWR条件の照射試験での水質制御条件となるホウ素お

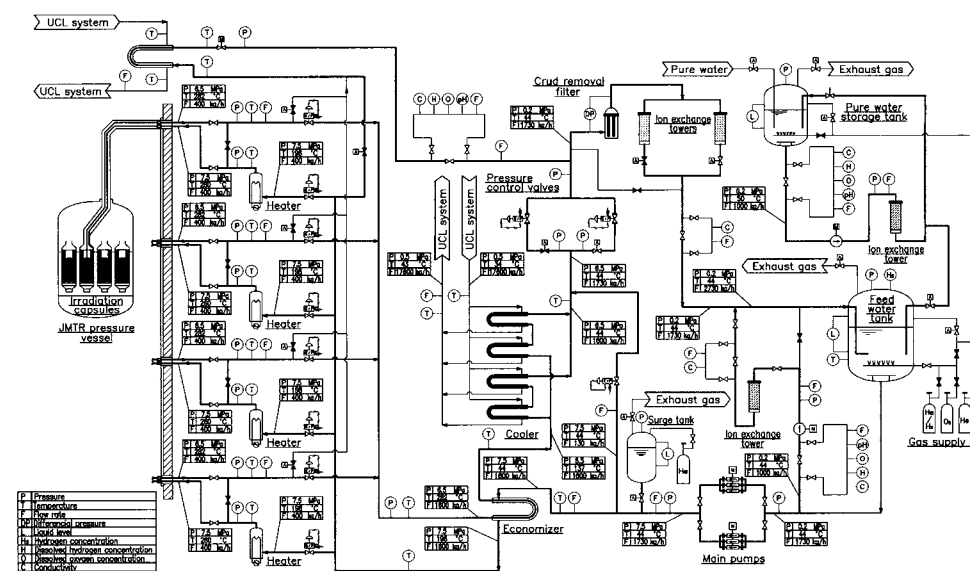


図1 BWR用の系統構成

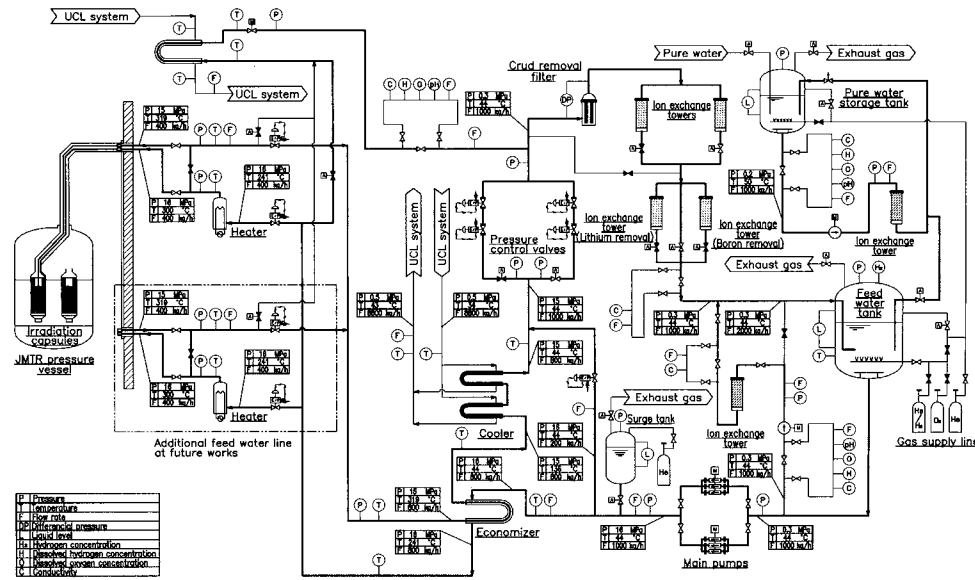


図2 水化学用の系統構成

よびリチウムを注入する設備の設置に対応した設計となっており、系統からのリチウム除去、ホウ素除去を目的としたイオン交換塔をそれぞれ設置している。

2.3. 循環系統

循環系統は、水質調整系統で水質調整された水の圧力、流量および温度を制御してキャプセルへ供給するとともに、キャプセルから排出され、水質調整系統で精製された水を循環する系統である。

循環系統から供給される水は、往復動型ダイヤモンドポンプである主ポンプにて所定の圧力に昇圧され、二重管式再生熱交換器の予熱管および電気ヒータ式の加熱器にて昇温された後、キャプセルへ供給される。予熱管以降からキャプセルまでの系統は供給するキャプセルごとに分かれており、各キャプセルで圧力、流量および温度条件を変えての試験が可能である。各キャプセルからの排水は再び1つの系統となり、予熱管および冷却管にて、水質調整系統のイオン交換塔の性能などに支障のない温度まで冷却され、圧力調節弁で降圧された後、再び水質調整系統で精製および水質調整される。

2.4. 補給水系統

補給水系統は、JMTRの純水供給系統から供給

された脱気純水を貯蔵、脱気、精製し、BWR用および水化学用に供給する系統である。

補給水タンクは、水質調整タンクと同様に気液二相構造で、液相部にヘリウムガスの気泡を発生させるノズルが設置されており、純水に含まれる溶存ガスをさらに脱気できる設計となっている。また、系統の水質を保つため、イオン交換塔およびUVランプによる精製が可能な循環ラインが設けられている。

2.5. 計測制御系統

計測制御系統は、運転に必要となる温度、圧力、流量などプロセス量を計測・制御するとともに、照射試験データである試験片温度、水質などの計測データを収集する設備である。

3. 照射環境制御装置の設計

3.1. 設計条件

照射環境制御装置は、主に以下の条件で設計を行った。

- (1) 「試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準」に規定される機器等の区分の「第4種機器」相当とする。
- (2) 耐震設計はJMTR原子炉施設の耐震設計に示されている「一般機器」（使用する地震力は静

的に水平方向0.4G、垂直方向0.2G）とする。

- (3) 各キャプセルへの供給水は個別の条件（温度、圧力、流量）にて制御を行えるものとし、系統全体として水質（溶存酸素濃度、溶存水素濃度）の制御が行えるものとする。表1に設計条件を示す。
- (4) 系統の過加圧に対しては、系統保護のために安全弁または逃し弁を設けているが、圧力低下はキャプセル内の照射試験片温度に対して厳しい条件となる。このことから、加圧源である主ポンプを停止させないように考慮しつつ、系内の圧力が異常上昇した場合には、安全弁また

は逃し弁の吹き出し圧力となる前に圧力を低圧部に逃がし、極力系外への水の流出を防止する。

- (5) 供給水の水質維持の観点から、接液部にステンレス鋼を使用し、特に高温高圧部の機器、配管などの主要材料にはSUS316L、その他主要材料はSUS316を使用する。

3.2. 機器設計

主要な機器の設計に関する概要を以下に示す。

- (1) 主ポンプ

主ポンプは、照射環境制御装置の系統圧力を所定の圧力まで昇圧するとともに、水質調整された水をキャプセルへ一定流量で供給するためのもの

表1 照射環境制御装置の設計条件

		BWR用	水化学用
数量		2基	1基
取扱流体		純水	純水
最高使用圧力	循環系統	10MPa	17, 18.5MPa
	水質調整系統	0.5, 1.0MPa	1.0MPa
	補給水系統	0.5MPa	
最高使用温度	循環系統（高温部）	325℃	375℃
	循環系統（低温部）	70℃	70℃
	水質調整系統	70℃	70℃
	補給水系統	70℃	
材料キャプセル 取合条件	供給水流量	最大400kg/h (キャプセル1本あたり)	最大400kg/h (キャプセル1本あたり)
	供給水圧力	約7.5MPa	約7.5MPa (BWR条件) 約16MPa (PWR条件)
	供給水温度	約200~260℃	約200~260℃ (BWR条件) 約240~300℃ (PWR条件)
	排水温度	約200~290℃	約200~290℃ (BWR条件) 約250~340℃ (PWR条件)
	出入口差圧	1.0MPa (最大)	1.0MPa (最大)
	接続可能数	4*1	2*2
	水質条件	溶存酸素濃度	0 ~ 2 ppm
	溶存水素濃度	0 ~ 2 ppm	0 ~ 100ccSTP/kg · H ₂ O*3
	pH	5.6~8.6	4 ~ 11
	導電率	≤ 100 μS/m	100~4000 μS/m
	ホウ素濃度*4		0 ~ 4000ppm
	リチウム濃度*4		0 ~ 10ppm

*1 BWR用のうち1基は現在は2本、2本分将来拡張が可能
 *2 水化学用は現在は1本、1本分将来拡張が可能
 *3 ccSTPは、標準状態 (1atm, 0℃ (273.15K)) における体積を示す。
 *4 将来計画されている制御目標値

で、往復動型ダイヤフラムポンプである。BWR用および水化学用いずれも2台の主ポンプを並列に設置し、定常運転時には2台とも定格流量の50%以下で運転することにより、万一、1台のポンプに故障が発生した場合においても残り1台のポンプで流量を確保でき、キャプセルへの給水に極力影響を与えないように考慮している。また、主ポンプの駆動電源は1台をディーゼル電源に接続しており、万一、商用電源が供給されなくなった場合でも主ポンプからの給水が継続できる設計としている。

(2) サージタンク

サージタンクは、主ポンプの脈動および水質分析に必要な系統水のサンプリングによる系内の圧力変動を吸収・緩和するためのもので、ヘリウムガスの給・排気による圧力調節機能を備えている。

(3) 予熱管

予熱管は、キャプセルへの供給水の加熱およびキャプセルの排水の冷却を効率よく行うためのもので、キャプセルへの供給水とキャプセルからの排水にて熱交換を行う二重管式再生熱交換器である。

(4) 加熱器

加熱器は、予熱管である程度昇温された供給水を所定温度範囲に制御することが可能な電気ヒータ式である。1基あたり45kWのヒータ容量を持つ加熱器は、キャプセルに接続される各系統に設置されており、それぞれ個別に温度制御を行うことが可能である。

(5) 冷却管

冷却管は、予熱管である程度冷却されたキャプセルからの排水をイオン交換塔の性能などに支障のない温度まで冷却するために設置されている。二重管式熱交換器で、冷却はJMTRの冷却水系統(UCL系統)から供給される冷却水にて行われる。

(6) 圧力調節弁

圧力調節弁は、照射試験中にキャプセル内の圧力調節および保持を行うための最も重要な機器である。系統内の圧力調節は遠隔操作で行うため、圧力調節弁はダイヤフラム式の空気作動弁としている。設計圧力を考慮して、BWR用では圧力調節弁1台で、水化学用では2台を直列に接続して圧力調節を行う設計としており、故障などの異常

時には切り替えができるように、並列に2系列を設置している。また、異常時においてもキャプセル部の流量を確保するため、弁駆動用圧空の喪失時には弁開度を保持することが可能な機構を設けるとともに、全閉とならないように機械式的全閉防止機能を設けている。

(7) クラッド除去フィルタ

クラッド除去フィルタは、キャプセルからの排水に含まれるクラッドと呼ばれる固形状の腐食生成物を除去するためのものである。フィルタの形式は、ろ過性能および逆洗性に優れ、2次廃棄物の発生が少ない中空糸膜フィルタとし、フィルタの交換が容易な構造としている。

(8) イオン交換塔

イオン交換塔は、キャプセルからの排水に含まれるイオン状の不純物を除去するためのもので、水を下降流で通水することで高純度に精製することが可能な混床式2基を並列に設置し、水質の状況により1基ずつを切り替えての使用、または、同時に使用することが可能である。イオン交換樹脂は再生を行わず、使用済みの樹脂の排出が可能な構造としており、再生時に発生する放射性廃液の生成を防止している。

水化学用では、将来計画されているPWR条件における照射試験の際に注入されるホウ素およびリチウムを除去するため、ホウ素除去用の陰イオン単床式、リチウム除去用の陽イオン単床式のイオン交換塔が設置されている。ホウ素除去用およびリチウム除去用のイオン交換塔は、不純物除去用のイオン交換塔の下流側に並列に設置し、ホウ素除去、リチウム除去などの目的に応じて切り替えて使用することが可能である。

(9) 水質調整タンク

水質調整タンクは、キャプセルへの供給水の水質を調整するためのもので、気液二相構造としている。液相部には溶存酸素濃度および溶存水素濃度の調整を行うための水質調整用ガスを発生させるノズルが設置されており、このノズルより細かい気泡を発生させ、効率的な酸素および水素の注入、また、酸素および水素の脱気を行える設計となっている。気相部にはヘリウムガスを吹き込める構造となっており、水質調整タンクの圧力を自

動調整できるとともに、水素注入時の気相部の水素濃度上昇を抑制するため自動制御を行うことが可能である。また、水質調整タンクの水質劣化を防止するため、水質調整タンク専用のイオン交換塔による精製運転ができるよう循環ラインを設けている。

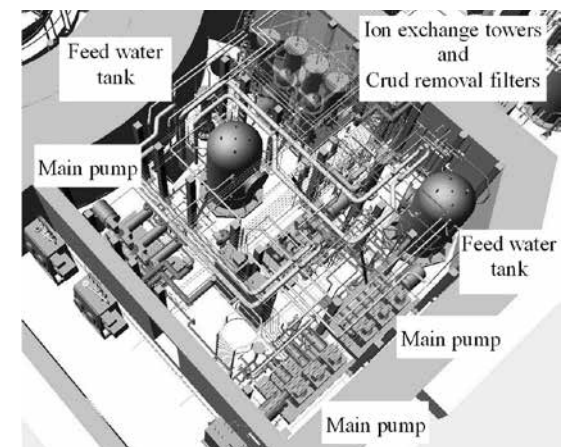
水化学用の水質調整タンクには、将来計画に対応して、ホウ素およびリチウムを受け入れるためのノズルを設置している。

3.3. 配置設計

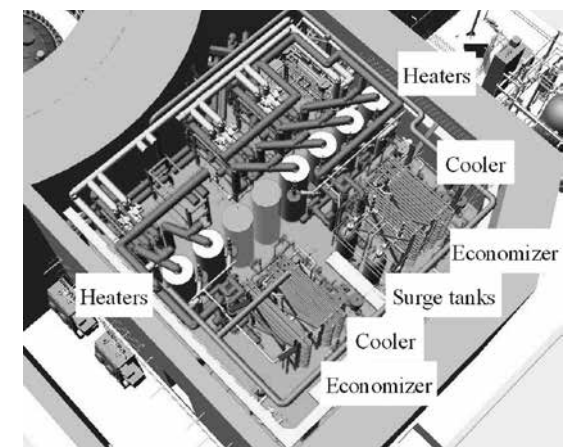
照射環境制御装置は、主にJMTR原子炉建家(以下「炉室」とする)の地下1階にあるキュー

ビクルと呼ばれる厚さ約1mのコンクリートで囲まれた照射設備専用の部屋に設置されている。

BWR用を設置するためのキュービクルは、おおよそ幅7m×奥行7m×高さ5mの限られた空間であり、また、水化学用を設置するためのキュービクルは、おおよそ幅5m×奥行5m×高さ5mの限られた空間であることに加えて、照射試験に関連した他の装置をあわせて設置する必要があるため、プラント設計用の高機能の3次元CADシステム(PDMS)を使用することで、合理的で信頼性の高い設計を行った。照射環境制御装置の3次元配置イメージを図3～5に示す。

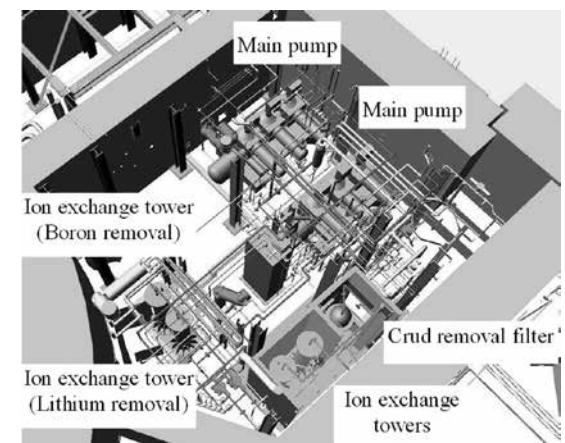


1) First floor of the cubicle

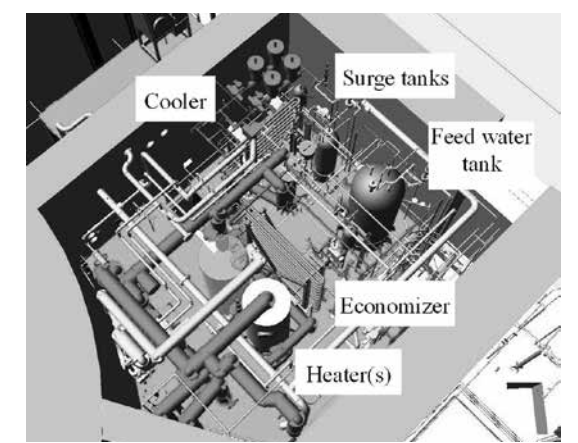


2) Second floor of the cubicle

図3 BWR用のキュービクル内の配置イメージ



1) First floor of the cubicle



2) Second floor of the cubicle

図4 水化学用のキュービクル内の配置イメージ

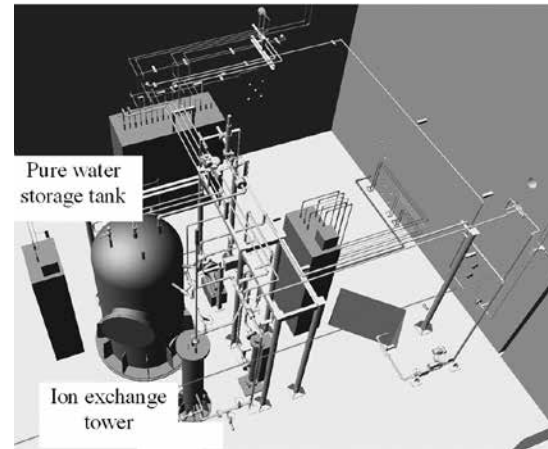


図5 補給水システムの配置イメージ

各キュービクル内は架台による2階建て構造とし、BWR用を設置するキュービクルの1階には、水質調整タンク、主ポンプ、イオン交換塔、クラッド除去フィルタなどの大型機器を配置し、2階には、サージタンク、予熱管、加熱器、冷却管を配置するとともに、将来の設備拡張を考慮したスペースも確保している。水化学用を設置するキュービクルでは、他の装置もあわせて設置するため、スペースがさらに限られる。このため、水質調整タンクを2階に配置することとし、さらに将来の設備拡張を考慮した設計としている。

また、補給水システムについては、炉室地下1階のキュービクルに隣接するエリアに配置し、制御盤およびデータ収集装置は、炉室1階の照射制御室に配置している。

4. 照射環境制御装置の製作

4.1. 照射環境制御装置の製作・据付

照射環境制御装置は、BWR用の設計・製作を主に平成20年度から平成22年度に、水化学用の設計・製作を主に平成20年度から平成23年度にかけて行った。

BWR用の据付工事は、平成22年9月から平成23年5月（途中、東日本大震災により約2ヶ月間中断）に、また、水化学用については、平成24年5月から平成24年9月に実施した。キュービクル内は空間的な制限から機器が仮置きできないことに

加えて、キュービクル内への大型機器の搬入は限られた大きさの機器搬入用ハッチからしか行えないことから、あらかじめ計画した据付手順にて据付作業を実施して、機器および配管を所定の位置に据え付けた。

4.2. 性能試験

据付完了後、BWR用は平成23年7月から12月にかけて、水化学用は平成24年10月に性能試験を実施し、所定の性能を有することを確認した。平成24年12月現在、水化学用でのキャプセルを接続した状態の性能試験を残すのみとなっている。

以下に性能試験の実施項目を示す。

- (1) ポンプなどの機器動作の確認
- (2) 圧力調節弁の切替などの安全制御性
- (3) 定常運転時の流量、温度、圧力の制御性
- (4) 溶存酸素濃度および溶存水素濃度の制御性
- (5) 照射環境制御装置にキャプセルを接続した状態にて、定常運転時の流量、温度、圧力の制御性を確認する試験。

5. おわりに

照射環境制御装置の設計・製作は、平成24年12月現在、水化学用でのキャプセルを接続した状態の性能試験を残すのみとなっており、本試験も遅滞なく遂行していく所存である。

照射環境制御装置は、水環境制御装置の設計・製作の知見を含めた川崎重工業(株)のプラント設計・製作技術と(独)日本原子力研究開発機構の水環境制御装置を用いた照射試験の運転経験の蓄積をもとに完成した装置であり、今後計画されている新たな材料照射試験に大きく貢献するものと確信している。

なお、ここで紹介させていただいた内容は、原子力規制委員会原子力規制庁（当時、経済産業省原子力安全・保安院）からの受託事業「軽水炉燃材料詳細健全性調査」の成果の一部です。

謝辞

照射環境制御装置の設計・製作および本稿の執筆にあたり、(独)日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター照射試験炉センター殿および同安全研究センター殿の多大なご指導、ご協力を賜り

ました。この場をお借りして、関係者各位に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Kaji Y., Tsukada T., Tsuji H., Nakajima H., Proc. of 9th International symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors, Newport Beach, CA, August 1999
- 2) Tsukada T., Komori Y., Tsuji H., Nakajima H., Ito H., Proc. of the International Conference on Water Chemistry in Nuclear Reactor Systems-

Operational Optimization and New Developments, Avignon, France, April 2002

- 3) Kaji Y., Ugachi H., Tsukada T., Nakano J., Matsui Y., Kawamata K., Shibata A., Ohmi M., Nagata N., Dozaki K., Takiguchi H., J. Nucl. Sci. Technol., 45[8], 725-734, 2008
- 4) Ugachi H., Kaji Y., Matsui Y., Endo S., Kawamata K., Tsukada T., Nagata N., Dozaki K., Takiguchi H., Proc. of 15th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE-15), Nagoya, Japan, April 2007

スマートシティ実現に向けての需要家側の取り組み視点

The Viewpoint of the Consumer's Efforts for the Realization of Smart City

上野 伸一*
Shin-ichi Ueno

〔概要〕

スマートシティでは、エネルギー・交通などの各分野におけるCO₂の排出を、ICTを活用して抑制しながら、Quality of Life（生活の質）の向上を目指している。これにより住民は、優れた住民サービスを介して、情報通信ネットワークやエネルギーの利便性の向上と低炭素社会の実現を享受する。そこでは、需要側自らがエネルギーを創出し、自らがエネルギーの使い方を決めて需給を管理する、エネルギーのプロシューマーに変わらなければならない。スマートシティ実現に向けて、需要家自身が、①エネルギーマネジメントの主体的意識の醸成、②エネルギー消費機器の効率の最大化、③無駄・ムラのないエネルギーの賢い利用方法の普及・浸透に、今から取り組むことが重要である。本稿では、需要家がプロシューマーに変わるためのエネルギーマネジメントとそのPDCAサイクルの実行、それを活用したコンサルティング事例を紹介する。

1. ま え が き

スマートシティに共通する目標は、地球温暖化に対処できる都市・地域の構築による低炭素化社会の実現である。

これを実現する方法の一つは、企業や個人のエネルギー利用によって排出されるCO₂の削減である。CO₂排出の大部分は都市によって行われており、都市が主体的にCO₂排出の削減に取り組むことは責務であると言える。

もう一つは交通機関が排出するCO₂の削減である。モータリゼーションの発展がもたらした影響とも言えるが、場所によっては慢性的な交通渋滞を引き起こすなど、排出されるCO₂も膨大である。

スマートシティでは、こうした状況を踏まえ、これまで制御が難しかった環境、エネルギー、交通、水などの各分野におけるCO₂の排出を、ICTを活用してリアルタイムに状況を把握しながら、人による判断あるいは自律的な制御によって抑制していくこと目指している。

制御対象は無数に存在することになるが、制御対象となるモノにはセンサーが設置され、都市・

地域（以下、コミュニティと記す）規模のM2M（Machine to Machine）ネットワークが構築される。さらに、人やモノがネットワークに常時接続されることで、この実現を図ることになる。



図1 住民にとってQOL

ここで重要になるのが、QOL（Quality of Life：生活の質）という観点である。単に低炭素社会を目指すだけでなく、そこに住むことによってどれだけ自分らしい生活がおくれるか、どのような快適性が得られるのか、コミュニティはどのように充実することが可能かといった視点が重要になる（図1参照）。

すなわち、スマートシティは、①エネルギーレイヤー、②情報通信ネットワークレイヤー、③住民サービスレイヤーで構成されていると言える。

住民は、優れた各種の住民サービスを介して、直接・間接的に情報通信ネットワークやエネルギーの利便性の向上や低炭素社会の実現を享受することになる。したがって、エネルギーのサステナビリティ（持続可能性）は、スマートシティ実現のための基本的かつ重要な課題なのである。

2. エネルギーのプロシューマー

2.1. 次世代エネルギーシステムの実現に向けて

エネルギーのサステナビリティについては、東日本大震災による電源喪失と原子力発電所の事故により、次世代に向けてどのようなエネルギーシステムを構築すべきかが問われている。

これまでは規模による発電効率の高さ、集中立地による燃料供給や管理の容易さなどから、大型発電所を需要家から離れた地域に建設し、送電線網によって需要家に供給する大規模集中型エネルギーシステムが中心であった。

一方で、大規模集中型エネルギーシステムでは、①燃料利用効率の低さ、②送電ロス、③送電線網にかかわるコスト、④有事の影響範囲、⑤低圧再生可能エネルギー配電への制約、といった課題も指摘されてきており、こうした課題に対応した次世代エネルギーシステムの実現がクローズアップされてきている。

特に重要視されているのが、需要側つまりコミュニティ側でエネルギー源を確保し、自律的にエネルギーの需給バランスを図る分散型エネルギーシステムである。

分散型エネルギーシステムが注目される背景には、エネルギー源として再生可能エネルギーを効率的に活用することが求められており、それには、

エネルギーごとの特性を考慮したシステム構築が必須になることがある。

例えば、風力発電では、発電設備が大きく、発電規模や変動量が大きいことなどから、広域・高圧の送電線に接続するのに適した再生可能エネルギーと考えられている。一方で、太陽光発電は、屋根や施設用地内で設備を分散配置し、自家・近隣利用に供給するのが適しているという特徴を有する。

どのエネルギー源を選択し、それを組み合わせ、どのような使い方をすべきかについては、コミュニティ自らの選択によるべきではないかとの意見も浮上してきている。それは、コミュニティによって、再生可能エネルギーの潜在力が異なり、エネルギー源の組み合わせが各コミュニティによって異なるという事情も見逃せない。

このように、分散型エネルギーシステムを実現していくためには、コミュニティ自体が単なる需要家の立場ではなく、自らがエネルギーを創出し、自らがエネルギーの使い方を決めて需給を管理する、すなわち、生産者（プロデューサー）であり、消費者（コンシューマー）でもある、プロシューマーに変わらなければならない。

2.2. 分散型エネルギーシステム

分散型エネルギーシステムは、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを、電力系統の安定性を保ちつつ取り込むとともに、電力系統における需給バランスを図ることが必要になり、その核となるのがスマートグリッドである。

スマートグリッドは、①再生可能エネルギー発電機器、②余剰電力を活用する蓄電池、③変動するエネルギーを制御する送配電網技術、④通信機能を搭載し、電力消費がリアルタイムで分かるスマートメーター、⑤住宅、ビル、コミュニティで電力系統を統制するエネルギーマネジメントシステムなどで構成される。

以下では、スマートグリッドにおける需要側の中核でもあるスマートメーターとエネルギーマネジメントシステムについて、簡単に付言することにする。

スマートメーターは、電力使用量、電力量、料金算定のための時刻情報を、自動的に計測・収集

* (株)富士通総研 第二コンサルティング本部 環境事業部

し、遠隔自動検針、遠隔開閉、データの収集発信を行なう。さらには、住宅やビル内の家電やICT機器とネットワークを介してつながり、自律的な制御・管理を実施する。こうしたスマートメーターが需要家側に設置されることで、スマートグリッドの特徴の一つである電力需給の双方向性が実現される。

一方、電力系統を統制するエネルギーマネジメントシステムは、コミュニティ全体で用いられるものをCEMS (Community Energy Management System) と呼び、エネルギー需給を管理するコントロールセンターによって、農林水産業や鉱工業、商業などの産業空間と居住空間をつなぎ、再生可能エネルギーの変動にあわせて需給バランスを調整し、コミュニティ全体の電力供給量を最適化する役割を担うものである。

また、住宅、ビルといった居住空間におけるエネルギーマネジメントシステムは、それぞれHEMS (Home Energy Management System)、BEMS (Building Energy Management System) と呼び、いずれも、スマートメーターが収集する情報を利用して建物内のエネルギー供給および需要状況を把握し、エアコンや照明などの機器の制御を行い、建物全体のエネルギー効率を高めるものである。

コミュニティ空間においては、CEMS、HEMS、BEMSといった、各エネルギーマネジメントシステムを包括的に導入することによって、CO₂排出量の10～15%削減が期待できる。

3. 需要家側の取り組み視点

スマートコミュニティにおけるエネルギー創出のためには、再生可能エネルギーの大幅な導入は、今日では必須要件と言える。しかしながら、技術改善、コスト低減、再生可能エネルギーの変動を吸収する仕組みなど、課題はまだ多く、実現には時間を要するの事実である。

一方、スマートコミュニティでは、需要家はエネルギーのプロシューマーに変わらなければならないことを前述した。そのため、再生可能エネルギーの大幅な導入を待ちつつも、需要家自身が、①エネルギーマネジメントの主體的意識の醸

成、②エネルギー消費機器の効率の最大化、③無駄・ムラのないエネルギーの賢い利用方法の普及・浸透に、今から取り組むことが重要である。

言うまでもなく震災以前から、需要家である企業は省エネ、CO₂削減、エネルギーコスト削減の推進のため、エネルギーマネジメントに取り組んできている。ISO14001への対応や、改正省エネ法への対応など、全社を巻き込んだエネルギーマネジメントの仕組みの構築も、徐々にではあるが始まっている。

しかしエネルギーマネジメントは、本来、体系的に取り組まれるべきものである。エネルギーの無駄の発見と排除、計画的・効率的なエネルギー配分、それらに基づく適正なエネルギー使用など、全体を俯瞰しながら体系的に取り組んでこそ、ビジネスパフォーマンスへのマイナスの影響を最小限に止め、さらなる効率化や社会的責任の向上にも繋がる。部分最適だけでは、より良い成果を得ることはできず、全体最適への道筋を明らかにすべきなのである。

では全体最適を目指して、どのように体系的にエネルギーマネジメントに取り組むべきなのか。それは、決して新しいことではない。エネルギーマネジメントにおいても、他の分野のマネジメントと同様に、目標設定、実行、分析検証、その結果をもとに新たな課題の抽出、それに対する新たな目標を設定し、実行、さらに分析検証を行うというPDCA (PLAN-DO-CHECK-ACTION) サイクルを回すことが重要になる。PDCAサイクルを回し続けることによって、最適化の水準が一層向上し続けることになるからである。

4. エネルギーマネジメントの取り組み方

本章では、エネルギーマネジメントのPDCAサイクルへの取り組みポイントについて述べる。

(1) PLAN

①現状把握

エネルギーの利用状況を把握するために、エネルギーベースラインとエネルギーパフォーマンス指標を作成する。

エネルギーベースラインは、今後のエネルギーパフォーマンスを評価する際の比較の根拠とする

ためのものである。なお、エネルギーベースラインについては、過去のエネルギー消費量の中で適切なデータ期間（1年程度）を定めて設定する。例えば、空調機・ボイラー・ポンプ・コンプレッサーなどの前年・前年度のエネルギー消費量を把握・設定する。年度ごとに変動が大きな場合には、直近3年の平均とすることも有効である。

エネルギーパフォーマンス指標は、目標に対する進捗状況を評価するためのものである。エネルギーパフォーマンスを評価するにあたっては、省エネ以外の変動要素を極力排除した指標を設定する。例えば、エネルギー消費量を売上高や床面積で割り出した原単位などを活用すると有用である。

この2つを作成し、現状を把握することで、PDCAサイクルを回すための基準を整備する。

②目標設定

エネルギーベースラインやエネルギーパフォーマンス指標による現状把握を基に、達成すべき目標を明確にする。そのためには、組織単位や建屋単位から、社員一人ひとりに至るまで、わがこととしての目標になるように設定することが大切であり、その上で、全社的にそれを共有することが重要になる。なお、全社共有の際には、単に「3年間で、5%のエネルギー使用量削減を目指す」といったことを周知するだけでなく、「なぜその定量目標か」、「その目標値でビジネスパフォーマンスに影響を及ぼさないか」などを、しっかり吟味し、かつ、共有しておくことが必要である。

③施策策定

策定した目標を達成するための具体的な施策案を抽出する。前述の現状把握をしっかり行うことで、建屋別・エリア別・機器別における空調・照明・熱源設備などの運転状況やエネルギー消費特性が把握できることから、省エネ・節電の要素をより多く適正に見つけ出すことも可能となる。

(2) DO

策定した目標・施策案に基づいて、省エネ施策を実行する。実行する際には、目標設定で述べたように、全社一丸となり、また、社員一人ひとりに至るまで、自分自身のこととして取り組むことが重要である。

また、実行性を担保し、維持・継続させていく

ためのゲーム的な仕組みづくりなどについても、あわせて提供して行くことが重要になる。

(3) CHECK

①測定・監視

エネルギーパフォーマンス指標を一定の周期（時間、日、週、月など）で監視し、省エネ施策効果を検証する。数値化したデータを用いて検証するため、これまで見えなかったことが見えるようになり、エネルギー使用の全体像が把握できる。なお測定・監視においては、エネルギーパフォーマンス指標の作成時と同様、省エネ施策以外の外部要因（外気温、輻射熱など）の影響の有無についても留意する必要がある。

②評価

エネルギーパフォーマンス指標の測定結果から、設定した削減目標値が達成されているかを評価する。

(4) ACTION

①是正

評価した結果に基づき、策定した削減施策の強化・修正などを検討する。また、運営・体制面における評価についてもあわせて実施し、削減施策と同様に、強化・変更などについて検討する。

②改善

CHECKで検討した施策に基づき、改善点を明らかにし、その対応策などを実施・整備する。

5. コンサルティング事例に見る

ここまでエネルギーマネジメントとそのPDCAサイクルについて述べてきたが、その中でカギとなるのは、エネルギー利用状況の現状把握と目標設定である。エネルギー利用状況の現状把握は、エネルギーデータの見える化であり、目標設定は、それに対する適正な分析である。

以下に、エネルギーマネジメントにおけるエネルギー利用状況の現状把握の有効性と、目標設定の重要性について、事例を示して紹介する。

5.1. エネルギーコスト削減に向けて（A社様）

製造業A社様では、取引先から製品ごとのライフサイクルのCO₂排出量の算出とその開示が求められ、グローバルなCO₂マネジメントシステムの検討を開始されていた。



図2 データ分析の実施手順

そこで、手始めに、製造現場におけるエネルギーコストの削減を目的とした現行データの分析に着手。製造ラインでは、約120ポイントの分電盤のメータを、月1回手動で検針し、エネルギー情報の集計を実施。さらに、メータと主要な製造設備の対応付けを行い、これらの情報から、消費電力データの分析を実施した。

具体的には、消費構造を把握することにより、消費量の大半を占めている主要設備について特定し、特定した主要設備について、個別に分析を実施した。個別分析では、主要設備の生産量を用いた原単位(生産量あたりの電力消費量:kWh/kg)分析を実施し、削減余地を試算した(図2参照)。

試算結果からは、以下の2つの気づきが得られた。

- ・約120の計測ポイントの内、トップ20で消費量の約8割を占めている。
- ・トップ20に関して、原単位の平均値と最良値を比較したところ、6%~26%の削減余地があることが判明。ただし、この数値はあくまで削減余地であり、削減可能値ではないことに留意する必要がある。

また、現行データ分析だけでは解決できない課題を抽出し、見える化の取り組み方針とあわせて具体的な施策を明確化している。

このように、現行データ分析は、次の見える化のステップに向けて、見える化すべき項目と、見える化の実現可能性を検証するための有効な取り組みであるとともに、最適化に向けての必須要件になってきていることが理解できよう。

5.2. エネルギーマネジメント導入・構築(B社様)

流通業B社様では、既に全社的にISO14001の認証を取得していたが、エネルギーマネジメントへの取り組みに対する責務を強く意識されていた。

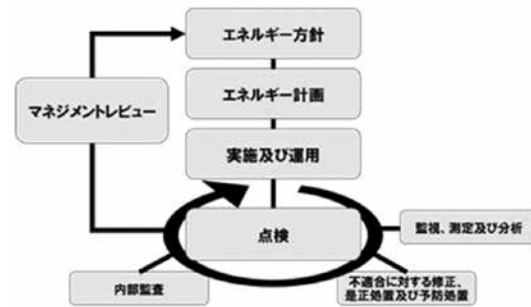


図3 ISO50001 エネルギーマネジメントシステム

そこで、エネルギーのデータ分析を起点とした、エネルギーパフォーマンスの改善について、継続かつ確実に実施していくために、ISO50001をベース(図3参照)とするエネルギーマネジメントの導入・構築を行った。

プロセスと体制の設計では、ISO50001が定める要求事項から、PDCAサイクルを回すために実務的に必要な最小限の項目を抽出・設計し、これを実装するアプローチを採用した。

さらに、社員一人ひとりが主体的にPDCAサイクルを実行できるように、方針-規程-手順書の3階層の文書体系を規程化し、これを周知している。

また、このエネルギーマネジメントをより有効なものとするために、エネルギーマネジメント委員会を設置し、経営層のコミットメントについて社内に周知するとともに、ISO14001活動との連携を担わせている。

6. むすび

スマートシティ実現に向けての需要家側の取り組み視点として、プロシューマーに変わるためのエネルギーマネジメントと、そのPDCAサイクルの実行、さらには、それを活用したコンサルティング事例を紹介してきた。

これからの需要家である企業に求められるのは、極論をすると環境負荷の低減(CO₂排出量の低減)と、ビジネスにおける経済価値の向上(売上や利益の増加)の両立である。この一見、二律背反の2つのテーマを、矛盾なく両輪として回していくことが、企業の責務であり、そうでない企

業は、業種や規模に関わらず淘汰されていく時代を迎えることになる。

そのためには、エネルギーデータが見える化し、適正な分析を行うことで、有効な施策をスピーディに抽出・策定し、評価と改善のサイクルを回していくエネルギーマネジメントのPDCAサイクルの構築が欠かせない。

今回は、紙面の都合もあって限られた範囲での紹介にとどまっているが、本論文で取り上げた事例などについて、より詳しく知りたい方は、是非とも筆者にアクセスしていただきたい。

最後に、富士通の目指すスマートシティについて、付言しておくことにする。

富士通が考えるスマートシティの目指す姿は、エネルギー・環境・経済などの社会的な課題を解決し、社会インフラの最適化によってQOLを向上させることである。そのためには、様々なステークホルダーを繋ぐ価値循環モデルの構築が必要であり、コミュニティの特性やニーズを把握しながら、医療・病院、行政サービス、オフィス・工場、交通など、コミュニティを基軸に据え、各業

種間や業務間での取り組み、を複合的、かつ、有機的に繋げていく必要がある。

筆者らは現在、富士通のスマートシティへの取り組みを支援しながら、コミュニティの有する課題解決に繋げるべくサービスモデルの構築とその提案活動を行っているところである。特にエネルギー・環境分野でのコンサルティング経験を活かしながら、スマートシティの実現と、内在するコミュニティの課題解決に貢献していきたいと考えている。本稿がそのヒントになれば幸いである。

参考文献

- (1) 日経BPクリーンテック研究所：世界スマートシティ総覧(2012)
- (2) 富士経済：エネルギーマネジメント関連市場実態総調査(2012)
- (3) 佐々木経世：世界で勝つ！ビジネス戦略力-スマートシティで復活する日本企業、PHP研究所(2011)
- (4) 加藤敏春：スマートグリッド革命-エネルギー・ウェブの時代、エヌティティ出版(2010)

復水脱塩装置における有機性不純物低減技術の開発

Improvement of Leaching Characteristics of TOC from Condensate Demineralizers

出水 丈志* 出口 達也**
Takeshi Izumi Tatsuya Deguchi

〔概要〕

近年の原子力発電プラントでは、原子炉や蒸気発生器の材料の応力腐食割れなどを防ぐために、これらの水質をより高純度に維持することが求められている。特に、復水脱塩装置で使用しているカチオン樹脂から酸化劣化により溶出する硫酸イオンの低減が重要である。

最近では、耐酸化性に優れた架橋度が14%の均一粒径ゲル型カチオン樹脂が開発され、複数のプラントに適用されている。水質の更なる高純度化を目指して、カチオン樹脂オーバーレイなどの復水脱塩装置内の樹脂の配置法を改善する方法を考案し、コールドカラム試験を実施した。

また、カチオン樹脂溶出有機物の除去能力の高いアニオン樹脂を開発し、コールドカラム試験を実施した。

1. はじめに

原子力発電プラントにおいては、プラント構成材料の健全性維持の観点から、系統水を高純度に維持することが求められている。そのためには系統水の浄化設備である復水脱塩装置およびそこで使用されているイオン交換樹脂の役割が非常に重要となっている。

ここでは、復水脱塩装置に求められる水質の高純度化対応としての、有機性不純物低減技術について紹介する。

2. イオン交換樹脂に求められる機能

沸騰水型原子力発電（BWR）プラントに設置されている復水脱塩装置の目的および機能は、系統内に持ち込まれる海水成分である塩化ナトリウムなどのイオン成分と、クラッドと呼ばれるプラント構成材料に起因する懸濁性腐食生成物の除去である。BWRプラントの概略フローを図1に示す。

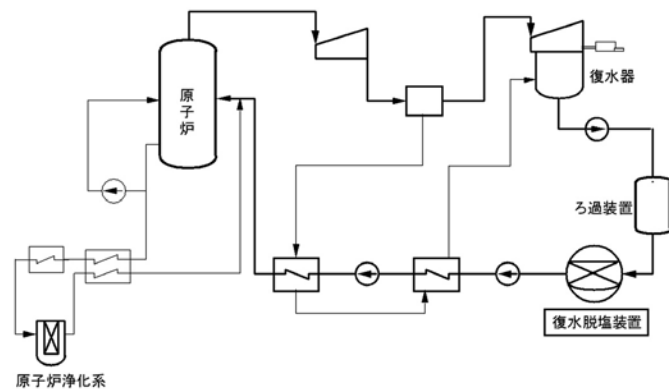


図1 BWRプラントの概略フロー

また、加圧水型原子力発電（PWR）プラントの一次系および二次系でも、脱塩装置にてイオン性および懸濁性不純物の除去を行っている。

原子力発電プラントを安定的にかつ信頼性高く運転するために、原子炉や蒸気発生器の水質を高純度に維持することが、最も重要な課題の一つである。

さらに、プラントの高経年化に伴い、原子炉構成材料の健全性に影響を及ぼすような幾つかの事象が顕在化しており、その1つとして炉内構造物の粒界応力腐食割れ（IGSCC）がある。

IGSCCは、水環境、材料、応力の3つの要因が重なることにより発生すると考えられている。水環境に影響を及ぼす主因子の1つとして、原子炉水中の主たる不純物イオンである硫酸イオンの存在が挙げられる。この硫酸イオンは、主として復水脱塩装置で使用されているカチオン樹脂の酸化劣化により溶出したポリスチレンスルホン酸を主体とする有機性不純物が原子炉内で分解し生成される¹⁾。

BWRプラントの復水脱塩装置では、架橋度8%の強酸性ゲル型カチオン樹脂が使用されていたが、近年は炉水硫酸濃度低減を目的にして化学的安定性（耐酸化性）に優れた有機性不純物の溶出の少ない架橋度14~16%のカチオン樹脂が使用されることも増えている²⁾。一方のアニオン樹脂には、架橋度8%相当の強塩基性ゲル型が使用されている。

一般に、カチオン樹脂から酸化劣化などにより溶出する有機性不純物の一部はアニオン交換樹脂によりある程度吸着されることが分かっており³⁾、この性能に着目し、脱塩塔内での樹脂の配置法を工夫することや、有機性不純物の吸着能力の更に高いアニオン樹脂を開発することにより、原子炉水中の硫酸イオン濃度の低減技術を見出した^{4)~7)}。

本報では、原子炉水中の硫酸イオン濃度の低減技術である脱塩塔内樹脂配置変更および新規アニオン樹脂での有機性不純物除去性能に関する試験結果について紹介する。

3. 原子炉水中硫酸イオン濃度低減対策

3.1. 脱塩塔内樹脂層配置方法の検討

通常の混床タイプの樹脂配置ではカチオン樹脂

とアニオン樹脂が混合状態で使用されている。しかし、カチオン樹脂はアニオン樹脂に比べて比重や粒度が大きいため、脱塩塔内の樹脂層下層部ではカチオン樹脂の存在比率が高く、このカチオン樹脂から溶出した有機性不純物はアニオン樹脂との接触機会が少なく、リークする可能性がある。

そこで、カチオン樹脂から溶出する有機性不純物をアニオン樹脂で効率的に吸着する方法として、「カチオンオーバーレイ」と「カチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイ」、「4層CD」を考案した。

カチオンオーバーレイは、樹脂層の上部にカチオン樹脂層を形成させる脱塩塔の樹脂配置方法であり、カチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイはこれに加え脱塩塔底部にアニオン樹脂層を形成させる樹脂の配置方法である。4層CDは樹脂層上部からカチオン樹脂/アニオン樹脂/カチオン樹脂/アニオン樹脂の順に樹脂層を配置する方法である。カチオンオーバーレイを実施することにより、カチオン樹脂の大半が表層部に存在することになり、このカチオン樹脂層から溶出する有機性不純物がアニオン樹脂と接触する時間を長くすることができる。また、アニオンアンダーレイや4層CDとして最下層部にカチオン樹脂を配しないことで有機性不純物が直接リークする可能性を低くできる。

これらの樹脂層配置の効果で、カチオン樹脂由来の有機性不純物の効率的な吸着が可能となり、脱塩塔からのリーク量を少なくでき、原子炉水中の硫酸イオン濃度を低減できる。図2にこれら対策の概念図を示す。

3.2. 有機性不純物除去用新規アニオン樹脂

被処理水中に含まれる有機物は水酸基やカルボキシル基、スルホン基などを有しているため、アニオン樹脂に吸着され、カチオン樹脂から溶出するポリスチレンスルホン酸を主とする有機性不純物もある程度吸着することができる。しかし、BWRプラントの復水脱塩装置に使用している強塩基性アニオン樹脂は、頻繁な逆洗に耐える耐磨耗性強度を有するゲル型であり、ポーラス型樹脂のようなマクロポアを有していないため、有機物の吸着能力が低い。

* (株)荏原製作所 風水力機械カンパニー 国内事業統括 原子力水処理事業統括部 原子力技術室 技術管理・開発グループ

** 同社 風水力機械カンパニー 国内事業統括 原子力水処理事業統括部 原子力技術室 水処理設計グループ

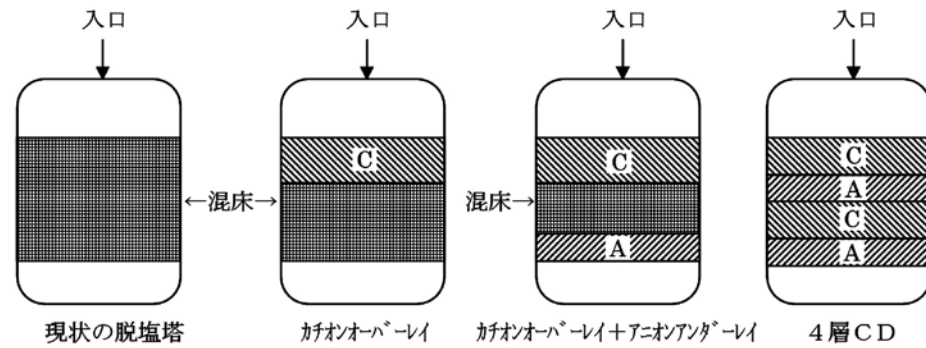


図2 各種樹脂層配置方法の樹脂層配置状況

この対策として、カチオン樹脂から溶出する有機物不純物吸着に有効と想定される構造を有する新規アニオン樹脂を選定し、評価した。

4. 試験方法

脱塩塔内樹脂層配置方法の試験では、BWRプラントの復水脱塩装置にて使用されているイオン交換樹脂を用い、各樹脂層配置法に対する有機性不純物リーク量を測定した。

また、新規アニオン樹脂の試験では、カチオン樹脂溶出物および標準分子量を有するポリスチレンスルホン酸水溶液を通水し、吸着率を測定した。更に、復水脱塩装置として要求される、海水漏洩対応能力について評価した。

試験方法詳細を以下に記す。

4.1. 有機性不純物の模擬

試験に使用するカチオン樹脂に対して、実機での経年使用での劣化を模擬するため、下記の手順にて予め酸化処理を施した。

- ①カチオン樹脂DOWEX HCR-W2 (H) (ダウケミカル社製、以下略) に鉄イオン (Ⅲ) を 15g/L 負荷。
- ②0.5% H₂O₂ 水溶液中で樹脂：水比 1：4 にて 60℃ 6 時間処理。
- ③純水で十分に洗浄。

新品のカチオン樹脂：DOWEX HCR-W2 (H) から溶出するポリスチレンスルホン酸の平均分子量は1900に対し、加速酸化処理を施した同カチオン樹脂からの溶出平均分子量は4160であった。一方、BWRプラントの復水脱塩装置で使用しているカチオン樹脂から溶出するポリスチレンスルホ

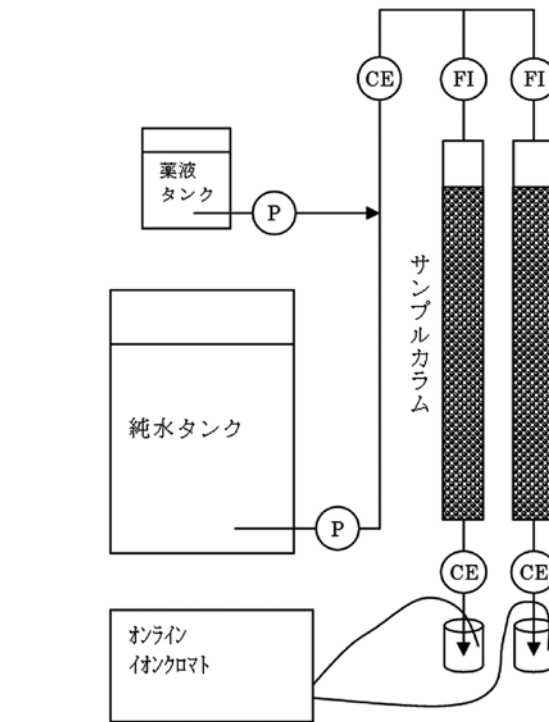


図3 実機長カラム試験装置概略フロー

ン酸の平均分子量は樹脂寿命末期で4000~4500程度であり、今回の加速酸化処理は概ね劣化状態を模擬できていることが確認できた。

また、アニオン樹脂については、1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を用い、20倍量再生を実施した後、純水で十分に洗浄し、試験に供した。

4.2. 各樹脂層配置法の効果確認試験

試験に用いた装置の概略フローを図3に示す。通水試験条件は以下の通りである。

- ①カラム内径：30mm φ

- ②樹脂層高：約1000mm
- ③カチオン樹脂／アニオン樹脂体積比：1.6/1 (H/OH)
- ④カチオン樹脂量：435mL
- ⑤アニオン樹脂量：272mL
- ⑥通水線流速：120m/h
- ⑦通水流量：1400mL/min
- ⑧被処理水温度：45℃
- ⑨被処理水溶存酸素条件：大気飽和水

ここで、樹脂層高や通水線流速などの条件は実機相当とした。また、樹脂比はプラントにより異なっているが、カチオン樹脂より溶出する有機性不純物量を明確に評価するため、いずれのプラントでの樹脂比よりもカチオンリッチの条件とした。

尚、本試験での供試樹脂は、BWRプラントの復水脱塩装置にて広く使用されているもので、以下の通りである。

- ①カチオン樹脂DOWEX HCR-W2 (H)
 - ②アニオン樹脂DOWEX SBR-P C (OH) (ダウケミカル社製、以下略)
- 樹脂層は次のように配した。

- a) 樹脂層配置 1：カチオンオーバーレイ
163mLカチオン樹脂+混床 (272mLカチオン樹脂+272mLアニオン樹脂)
 - b) 樹脂層配置 2：カチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイ
163mLカチオン樹脂+混床 (272mLカチオン樹脂+136mLアニオン樹脂) +136mLアニオン樹脂
 - c) 樹脂層配置 3：4層CD
217.5mLカチオン樹脂+136mLアニオン樹脂+217.5mLカチオン樹脂+136mLアニオン樹脂
 - d) 樹脂層配置 4：アニオンアンダーレイ (リファレンス1)
混床 (435mLカチオン樹脂+136mLアニオン樹脂) +136mLアニオン樹脂
 - e) 樹脂層配置 5：完全混床 (リファレンス2)
435mLカチオン樹脂+136mLアニオン樹脂
- 樹脂層配置 1 では、カチオン樹脂とアニオン樹脂を同体積の混床層とし、余剰分のカチオン樹脂をオーバーレイ層とした。

樹脂層配置 2 では、樹脂層配置 1 の混床層の半量のアニオン樹脂を下層部に配した。

樹脂層配置 3 では、カチオン樹脂とアニオン樹脂のそれぞれ半量づつを上層部より順番に配した。

樹脂層配置 4 (リファレンス1) では、樹脂層配置 2 の下層部アニオン樹脂量をアンダーレイし、残りを混床として配した。尚、このアニオン樹脂層をアンダーレイする方法は、米国などの復水脱塩装置で実施されている方法である。

樹脂層配置 5 (リファレンス2) では、一般的な復水脱塩装置で用いられている混床とした。

樹脂層よりリークするカチオン樹脂由来の有機性不純物量は、オンラインにてカラム出口水にUVを照射してイオンクロマト分析装置 (ダイオネクス社 ICS-3000) に供給し、硫酸イオン濃度を測定することで求めた。

また、海水漏洩対応能力は、原水側に10GPMの海水漏洩に相当する模擬海水を注入し、出口導電率が0.01mS/m (=0.1 μS/cm) になるまでの破過時間で評価した。この際に付加したイオン濃度条件は以下の通りである。

- ①ナトリウム：7.1mg/L
- ②塩素：10.9mg/L
- ③硫酸：1.6mg/L

4.3. 新規アニオン樹脂による有機性不純物吸着試験

新規アニオン樹脂による有機性不純物吸着試験装置の概略フローを図4に示す。通水試験条件は以下の通りである。

- ①カラム内径：16mm φ
- ②樹脂層高：100mm
- ③通水線流速：120m/h
- ④通水流量：400mL/min
- ⑤被処理水温度：室温
- ⑥被処理水有機性不純物 (全有機炭素：TOC) 濃度：100 μg/L

被処理水に付加した有機性不純物は以下の5種類である。

- ①カチオン樹脂DOWEX HCR-W2 (H) 新品樹脂溶出液 (平均分子量：1900)
- ②カチオン樹脂DOWEX ETR-C3 (H) (ダウケミカル社製、以下略) 新品樹脂溶出液 (平

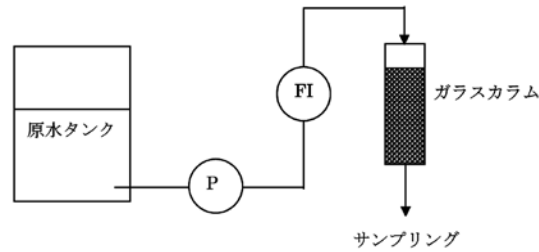


図4 有機性不純物吸着試験装置の概略フロー

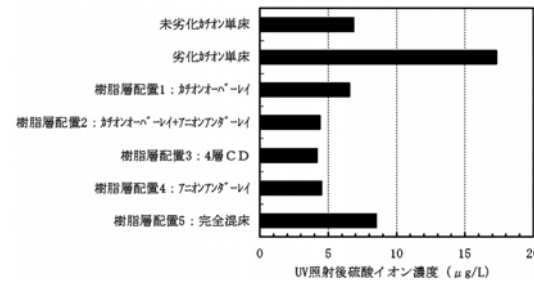


図5 有機性不純物リーク量比較

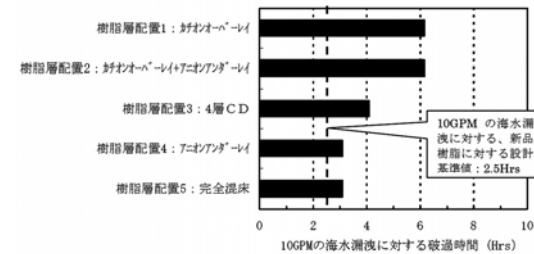


図6 10GPMの海水漏洩に対する破過時間比較

均分子量：11200)

- ③分子量既知標準ポリスチレンスルホン酸 (平均分子量：1640)
- ④分子量既知標準ポリスチレンスルホン酸 (平均分子量：4950)
- ⑤分子量既知標準ポリスチレンスルホン酸 (平均分子量：8000)

被処理水を5分ごとに12回(計60分間)サンプリングしてTOC濃度を測定し、測定値を平均して平均吸着率を求めた。(TOC濃度の測定には島津製作所製のTOC-5000Vを用いた。)

尚、新規アニオン樹脂での処理の基本性能を評価するために、従来アニオン樹脂との比較および実機長カラムでの試験および、海水漏洩対応能力評価試験も実施した。

5. 試験結果

5.1. 樹脂層配置法改善による有機性不純物低減効果

実機長カラム試験装置を用いて実施した通水試験で、種々の樹脂層からリークする硫酸イオン濃度と、海水漏洩対応能力の破過時間を比較して図5、6に示す。

ここでリークする有機性不純物総量を把握するために、新品カチオン単床および加速酸化カチオン単床での通水時のデータを記載している。

カチオン単床での結果として、新品カチオン単床からは7μg/L、加速酸化処理カチオン単床からは17μg/Lの硫酸イオンがリークし、加速酸化処理により約2.5倍の溶出量となった。また、リファレンス2の樹脂層配置5である加速酸化処理カチオン樹脂とアニオン樹脂の混床では8μg/Lのリーク量で、混床中のアニオン樹脂で半分以上

の有機性不純物が除去されたこととなる。

樹脂層配置1ではリファレンス2の完全混床に比べて26%の低減効果があった。同様に、樹脂層配置2では51%低減、樹脂層配置3では55%低減で、樹脂層配置4(リファレンス2)の49%低減よりも低減効果が大きいことが確認できた。

次に海水漏洩対応能力に関しては、図6から分かるように樹脂層配置5と樹脂層配置1では、ほとんど差が認められない。一方、樹脂層配置2, 3, 4はこれらに比べて破過時間は短くなった。しかし、いずれの樹脂層配置でも新品樹脂に対する設計基準値である破過時間である2.5時間以上を満足しており、更に近年は復水器材料の材質変更や運用管理の最適化により特に10GPMのような過大な規模の海水漏洩は発生していないことから、これら樹脂層配置法を適用しても問題は無いものと評価している。

5.2. 新規アニオン樹脂による有機性不純物低減効果

従来アニオン樹脂と新規アニオン樹脂を用いた有機性不純物吸着試験の結果を表1に、また実機長カラムによる混床からの硫酸イオンリーク量測定結果を図7に示す(この図には、5.1項での試験のリファレンスデータも記載)。

表1 従来アニオン樹脂と新規アニオン樹脂の有機性不純物吸着率比較(単位：%)

樹脂	有機性不純物溶液		標準PSS (MW=1640)	標準PSS (MW=4950)	標準PSS (MW=8000)
	カチオン樹脂溶出液 (注1) (MW=1900) (注1)	カチオン樹脂溶出液 (注2) (MW=11220) (注2)			
従来アニオン樹脂(SBR-PC) (注3)	93.5	46.7	92.0	68.5	52.8
新規アニオン樹脂	97.0	62.8	98.5	83.2	68.5

(注1)カチオン樹脂 DOWEX HCR-W2(H)である。
(注2)カチオン樹脂 DOWEX ETR-C3(H)である。
(注3)アニオン樹脂 DOWEX SBR-PC(OH)である。

表1から分かるように、従来アニオン樹脂を見ると分子量が2000以下の有機性不純物に対しては90%以上の吸着率を示すが、分子量が大きくなるにつれて吸着率が低下することが分かる。一方、新規アニオン樹脂でも同様の傾向は見られるが10000を上回る有機性不純物に対しても60%以上の吸着率を有していることが分かる。

また、実機長カラムによる試験では、図7から分かるように混床と比較して約80%の低減となっており、5.1項に記載の樹脂層の配置法改善を含めた対策のなかで、新規アニオン樹脂の採用が最も効果がある対策であることが確認された。尚、海水漏洩対応能力については、破過時間が約3.1時間と従来アニオン樹脂(6.2時間)より破過時間が短いものの、図6に示すカチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイや4層CDの破過時間とほぼ同等であった。尚、これは新規アニオン樹脂の交換容量が従来アニオン樹脂の70%程度であることが原因と評価している。

5.3. 考察

今回の試験の結果から、カチオンオーバーレイや4層CDなどの樹脂層の配置法の工夫により、カチオン樹脂から溶出する有機性不純物を効率よくアニオン樹脂で吸着し、復水脱塩装置からリークする有機性不純物量を低減できることが確認できた。

また、新規アニオン樹脂を適用することが、有機性不純物の低減に有効であることが確認された。

既設の復水脱塩装置でイオン交換樹脂の銘柄を変更せずに、カチオンオーバーレイを採用した場合には、有機性不純物低減効果は他の方法と比較して小さいが、海水漏洩対応能力は完全混床とほぼ同等である。また、カチオンオーバーレイ+ア

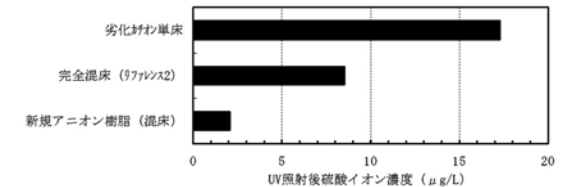


図7 実機長カラムでの新規アニオン樹脂の有機性不純物リーク量

ニオンアンダーレイや4層CDを採用した場合には、有機性不純物低減効果は期待できるが、海水漏洩対応能力が若干低下する。

このため、有機性不純物を低減するためには、復水器にチタンなどの材料を採用し海水漏洩発生確率が低いプラントへはカチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイや4層CDを適用し、銅系材料を使用し海水漏洩発生確率が高いプラントには、カチオンオーバーレイを適用する、などの対応が必要である。

一方、脱塩装置の樹脂交換を行う場合は、原子炉水質高純度化の観点から炉水硫酸イオン濃度を低減するためには、新規アニオン樹脂の採用が有効である。ただし、新規アニオン樹脂を適用することで、従来のアニオン樹脂よりも交換容量が小さくなり、海水漏洩対応能力は現状に比べ低下するため、必要機能を十分に検討して判断することが重要と考える。

6. まとめ

今回の試験結果をまとめると次のように言える。

- ①樹脂層よりリークする有機性不純物量の低減対策として、カチオンオーバーレイやカチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイ、4層CDなど樹脂層配置法を工夫が有効である。

②海水漏洩対応能力はカチオンオーバーレイと混床は同等であるが、カチオンオーバーレイ+アニオンアンダーレイや4層CDでは混床に比べ劣る結果となった。しかし、いずれの方法でも海水漏洩対応能力は設計基準値を満足しており、本来の性能上の問題はない。

③新規アニオン樹脂を採用すると、従来樹脂使用時に比較し有機性不純物量の大幅な低減が可能である。

カチオンオーバーレイと4層CDについては、既に実プラントの復水脱塩装置に採用されており、原子炉水中の硫酸イオン濃度を適用前に比べ20～50%低減できており、今後も継続して実施する計画である。

また、新規アニオン樹脂は、有機性不純物吸着性能が高いことが確認されたが、一部開発要素が残っており、今後検討を進めることとしている。

参考文献

1) J.R. STAHLBUSH., et al, “A decomposition mechanism for cation exchange resins” Reactive Polymers, V.13, p.233-240 (1990).
 2) T.IZUMI., et al, “Evaluation of high cross-linkage gel type cation exchange resins for condensate polishers” , Proc. 59th Int’l Water Conf., Pittsburgh, PA, USA, IWC-98-47, (1998).

3) J.R. STAHLBUSH., et al, “Prediction and identification of leachables from cation exchange resins” Proc. 48th Int’l Water Conf., Pittsburgh, PA, USA, IWC-87-10, p.67-74 (1987).
 4) T.IZUMI., et al, “The Reduction of Feedwater Iron by Using Absorption Characteristics of Cation Exchange Resins for BWR Condensate Demineralizers” , Proc. Symposium on Water Chemistry and Corrosion in NPPs in Asia 2009, Nagoya, JAPAN, P-22, (2009).
 5) 出水他, “復水脱塩装置樹脂配置法改善による溶出TOCの低減” 日本原子力学会2010年春の年会 L13 (2010).
 6) T.IZUMI., et al, “Improvement of Leaching Characteristics of TOC from Condensate Demineralizers” , 5th International Conference on Ion Exchange (ICIE 2010) , Melbourne, Australia, 1P-28, (2010).
 7) T.IZUMI., et al, “ IMPROVEMENT OF LEACHING CHARACTERISTICS OF TOC FROM CONDENSATE DEMINERALIZERS BY ADVANCED RESIN BED ARRANGEMENT METHODS” , Nuclear Plant Chemistry Conference 2010, Quebec City, Canada, 7.06P, (2010).

3.11後の原子力発電所に関する意識調査 – 必要性及び安全性の意識の変化 – Opinion Survey for Nuclear Power Plant after 3.11 – Change of Opinion toward Necessity and Safety –

溝口 忠雄*
 Tadao Mizoguchi

〔概要〕

第一原子力産業グループ（FAPIG）では、原子力PA活動の一環として平成元年より原子力発電所の見学会を加盟会社の女性社員を主体として一泊二日で開催している。

見学会の実施にあたっては、初日にエネルギー全般および原子力の基礎を理解するためのセミナーを開催し、二日目に原子力発電所の諸施設を見学する工程である。参加者には、セミナー受講前と発電所見学後に原子力発電所の必要性および安全性の設問に回答してもらうアンケートを行っている。

今回、過去にFAPIG見学会に参加した方々に対し、原子力発電所の必要性および安全性について3.11後に意識がどのように変わったかということを知るために、意識調査のためのアンケートを実施した。

1. はじめに

平成23年3月11日に東北地方で発生した巨大地震の影響により、東京電力福島第一原子力発電所で甚大な原子力事故が発生した。1966年7月に日本で最初の商業原子炉である日本原子力発電(株)東海発電所が営業運転を開始して以降、安全な原子力発電の開発を推進してきた。しかし、この原子力事故では、炉心溶融が起り、外部に大量の放射性物質が放出されるという、極めて重大な事故となった。この事故が発生してほぼ2年が過ぎたが、未だ避難している住民の多くが自宅に帰ることができない状態である。

過去に原子力発電所を見学したことがある第一原子力産業グループ（FAPIG）加盟会社の社員に対して、福島原発事故後1年2カ月経過した平成24年5月にアンケートを実施し、3.11後において原子力発電所の必要性および安全性についての意識調査をした結果を纏めたものである。

2. アンケート内容

今回のアンケート内容は、見学会で実施したアンケート内容と同じものである。必要性については、「必要である」「あった方が良い」「あまり必要でない」「必要でない」の4項目を選択してもらった。

安全性については、「安全である」「あまり不安ではない」「少し不安である」「不安である」の4項目を選択してもらった。どの選択においても、その理由を記載してもらった。

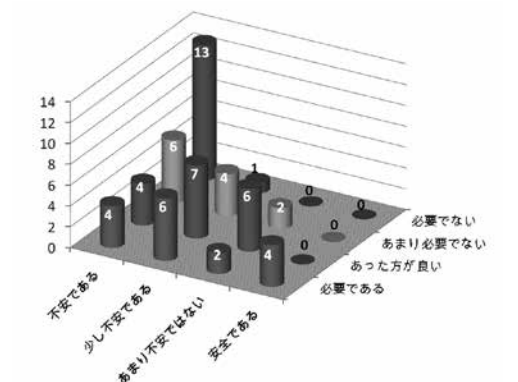
3. 今回のアンケート結果の評価

1) 今回のアンケートの回答総数は59名であった。必要性および安全性についての回答状況を、表1に示す。福島事故後にもかかわらず原子力発電所は「必要である」の回答は16名、「あった方が良い」の回答は17名であり、合計すると33名（56%）が原子力発電所の必要性を認識していることになる。しかし、安全性の面から見ると「不安である」が27名、「少し不安である」

表1 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果

(回答者59名)

	不安である	少し不安である	あまり不安ではない	安全である
必要である	4	6	2	4
あった方が良い	4	7	6	0
あまり必要でない	6	4	2	0
必要でない	13	1	0	0



* 第一原子力産業グループ広報委員長

表2 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果（女性）

(回答者45名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	4	4	0	4
あつた方がよい	3	5	4	0
あまり必要でない	4	3	0	0
必要でない	13	1	0	0

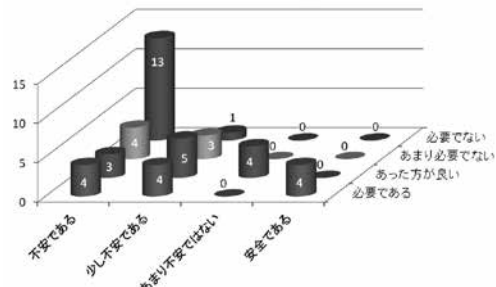
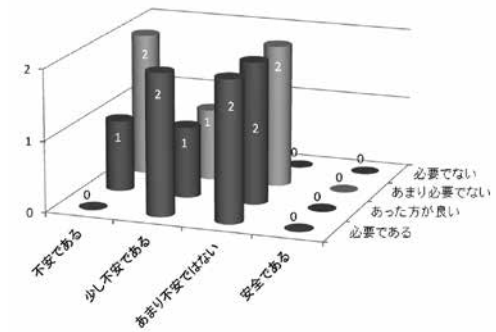


表3 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果（男性）

(回答者13名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	0	2	2	0
あつた方がよい	1	1	2	0
あまり必要でない	2	1	2	0
必要でない	0	0	0	0



が18名となっており、合計すると45名（76%）が不安感を持っていることも結果として表れている。

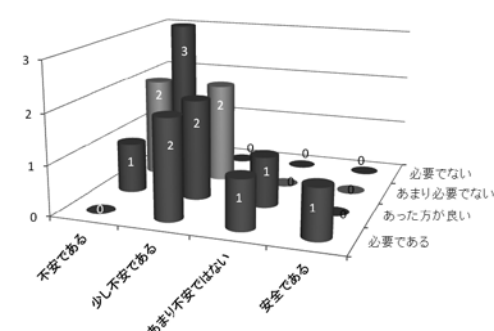
回答者59名を男女別、年代別にかけて、それぞれの必要性および安全性についての回答状況をグラフに示す（表2～6）。

- 2) 女性の回答者は45名であった（表2）。「必要である」の回答は12名、「あつた方がよい」の回答は12名であり、合計すると24名（53%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が24名、「少し不安である」が13名であり、合計すると37名（82%）が不安感を持っている。必要性においては全体平均と同じような割合であるが、安全性においては全体平均より不安感が高い割合である。
- 3) 男性の回答者は13名であった（表3）。「必要である」

表4 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果（20歳代）

(回答者15名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	0	2	1	1
あつた方がよい	1	2	1	0
あまり必要でない	2	2	0	0
必要でない	3	0	0	0



の回答は4名、「あつた方がよい」の回答は4名であり、合計すると8名（62%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が3名、「少し不安である」が4名であり、合計すると7名（54%）が不安感を持っている。全体平均と比較すると必要性の割合は高く、安全性の不安感の割合は低くなっている。女性の回答と比較すると、男性の回答は顕著に違う割合を示している。

- 4) 20歳代の回答者は15名であった（表4）。「必要である」の回答は4名、「あつた方がよい」の回答は4名であり、合計すると8名（53%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が6名、「少し不安である」が6名であり、合計すると12名（80%）が不安感を持っている。必要性も安全性もどちらも全体平均に近い割合となっている。
- 5) 30歳代の回答者は23名であった（表5）。「必要である」の回答は5名、「あつた方がよい」の回答は3名であり、合計すると8名（35%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が11名、「少し不安である」が5名であり、合計すると16名（70%）が不安感を持っている。この年代は全体平均と比較すると、必要性の割合は非常に低くなっている。安全性については、全体平均に近い割合であった。
- 6) 40歳代以上の回答者は19名であった（表6）。「必要である」の回答は7名、「あつた方がよい」の回答は9名であり、合計すると16名（84%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が8名、「少し不安である」が7名であり、合計すると15名（79%）が不安感を持って

表5 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果（30歳代）

(回答者23名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	0	2	1	2
あつた方がよい	0	0	3	0
あまり必要でない	4	2	1	0
必要でない	7	1	0	0

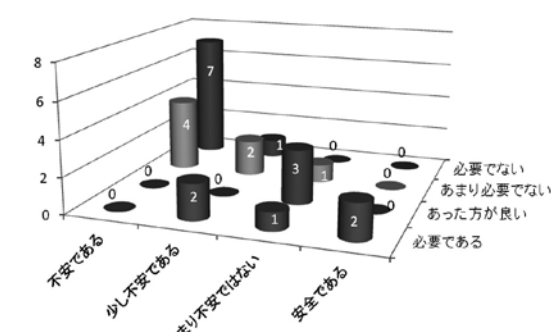
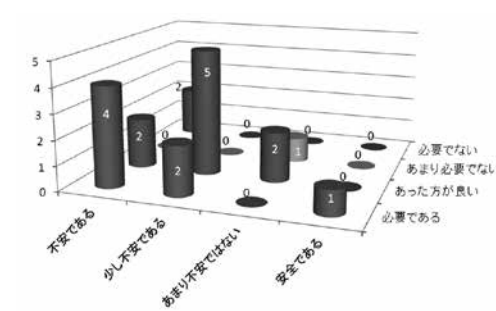


表6 3.11以前に原子力発電所見学会に参加した参加者に対して平成24年5月に実施したアンケート結果（40歳代以上）

(回答者19名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	4	2	0	1
あつた方がよい	2	5	2	0
あまり必要でない	0	0	1	0
必要でない	2	0	0	0



る。この年代は全体平均と比較すると、必要性の割合は非常に高くなっている。安全性については、全体平均とほぼ同じ割合であった。

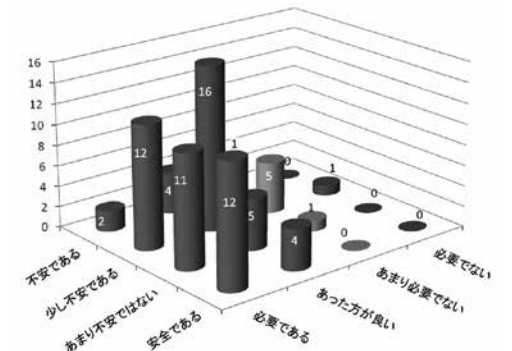
4. 平成18～平成22の5ヵ年間で実施した原子力発電所見学会のアンケート結果

今回のアンケート結果と比較するために3.11の福島事故以前に実施したFAPIG原子力発電所見学会で実施したアンケート結果を本項で紹介する。本項のアンケートは、発電所見学会に行ったセミナー開始前に必要性、安全性のアンケートをお願いし、発電所見学会に同じく必要性、

表7 平成18～平成22の5ヵ年間で原子力発電所の見学会前に実施したアンケート結果

(回答者74名)

	不安である	少し不安である	あつた方がよい	必要である
必要である	2	12	11	12
あつた方がよい	4	16	5	4
あまり必要でない	1	5	1	0
必要でない	0	1	0	0



安全性のアンケートを行った結果を紹介するものである。

本項のアンケート結果は、直近の平成18～平成22の5ヵ年間の発電所見学会時に実施したアンケート結果であり、回答者は74名であった。

- 1) セミナー開始前の必要性および安全性の回答は、表7のとおりである。「必要である」の回答は37名、「あつた方がよい」の回答は29名であり、合計すると66名（89%）が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が7名、「少し不安である」が34名であり、合計すると41名（55%）が不安感を持っている。セミナー開始前にもかかわらず、3.11の福島事故後のアンケート結果に比べて、必要性の割合は非常に高く、不安感の割合は非常に低い結果となっている。
- 2) 発電所見学会後の必要性および安全性の回答は、表8のとおりである。「必要である」の回答は44名、「あつた方がよい」の回答は30名であり、合計すると74名（100%）全員が原子力発電所の必要性を認識している。安全性の面から見ると「不安である」が1名、「少し不安である」が17名であり、合計すると18名（24%）が不安感を持っている。この時点においては、発電所を見学することにより必要性を十分認識してもらい、安全面においても不安感を払拭する成果があった。

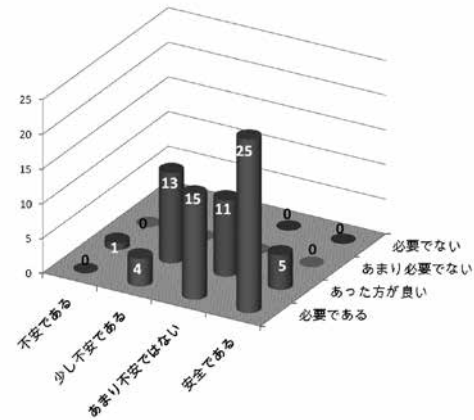
5. 今回のアンケートの必要性および安全性のそれぞれの選択理由の一例

- 1) 原子力発電所は必要である
 - ・資源のない日本が経済性のある発電を行うために、原子力が必要だと考える。確かにバックエンドコストは

表8 平成18～平成22の5か年間で原子力発電所の見学後に実施したアンケート結果

	不安である	少し不安である	あまり不安ではない	安全である
必要である	0	4	15	25
あった方がよい	1	13	11	5
あまり必要でない	0	0	0	0
必要でない	0	0	0	0

(回答者74名)



不透明な部分があるものの、短期的な原子力発電の高い経済性は今の日本経済に不可欠である。昨年は化石燃料の燃料費だけで何兆円もの費用が掛かり、そのコストは最終的に電気料金や税金で国民が負担する事になる。これ以上日本の財政状況を悪化させないために、原子力発電を早く再開すべきである。

- 効率的に電力を生み出すためには必要と考える。ただ、原発にのみ頼りきった状態では、電力供給面と安全面で、不安があるのは確かである。
- 原子力発電は資源のない国だから選んだ苦肉の策で、ないほうが良いに決まっているが必要かどうかなら現在は必要だと思う。
- 資源を持たざる国である日本が安定したエネルギー供給を得るためにはあらゆる発電の選択肢を有している事が重要であると言えるため。また技術の継承も行って行かないと将来原子力発電の重要性を増した際に対応できる人がいなくなり、国益を損ねてしまう。

2) 原子力発電所はあった方がよい

- ウェイトはともかく、選択肢として多様な発電ソースは持っているべきだと思うから。
- 現代社会は電気なしの生活は考えられず、それを安定的に供給できていたのは原子力発電所のおかげだから。確かに代替エネルギーが見つければ一番いいのかもしれないが、資源の少ない日本にとってはかなり難しいと思う。安全性を高めてもらった上でぜひ原子力発電所が再稼働してくれたらと思う。また、原子力の研究者を育てる上でも、ぜひあった方がよいと思う。

- 国は、風力、太陽光など別のエネルギー源の促進などを挙げているようですが、現状を分かっていないと考えると。例えば、風力で考えた場合、お金の問題もありますが、根本的に問題となることとして、原子力に匹敵する（原子力の代替エネルギーとなり得る）エネルギーを供給するためには、相当数の風力発電が必要であり、日本では設置できる場所がないと考えると。洋上設置なども検討しているようですが、日本近海に大規模に設置することは、素人が考えても現実的でないと考えます。火力発電所を増やすことも二酸化炭素の排出を無視している議論であると考えナンセンスです。現実的には、石油・ガスとウランの埋蔵量・効率を比較すると原子力発電所は、必要だと考えます。
- 生活様式が変化しており、エネルギーを使うものが多いため。①天然資源では、限界があるのではないかとし、価格変動が激しいから②大気汚染の観点から③価格上昇が考えられ、ものづくりが国外に移行される懸念があるため。

3) 原子力発電所はあまり必要でない

- これから先、原子力発電所を再稼働させることにあまり利点を感じない。今回の福島原子力発電所の事故により、放射性廃棄物の廃棄場所は益々見つかりにくくなることは想定でき、廃棄物だけが増えていくことになる。また、資源であるウランも限りがあることが分かっている。むしろ、これを機に再生可能エネルギーを積極的に取り入れた方が100年後の未来を考えたときにいいと思う。また、再生可能エネルギーに関する分野の業界発展にもなると考えられる。よって、今後原子力発電所は必要とされることは少ないと思われる。
- 現状は従来の原子力を重要視する政策により、原子力発電所がなければ計画停電など生活に影響する不都合が出るため必要と思います。しかし、事故が起きてしまい、地元の理解を得るのも難しくなっていることから、将来的には他のエネルギーに移行し、原子力は廃止していくべきと考えています。
- 電力不足を改善するためには必要というのは分かりますが、あの事故を目の当たりにした今どうしても必要とは思えなくなりました。まだまだ地震が続いているので、いつまた巨大地震が起きるかという不安がある中、再稼働も正直怖いです。
- 短期的視点では、必要だと考えます。しかしながら、中長期的視点では、原発ありき前提で考えるのではなく、より安全性の高いクリーンエネルギーの活用の可能性をさぐるべきであると思います。日本国内には、世界有数の地熱資源があるのに、発電に有効活用されていないなど、原発の是非の前に考えなければならぬことがあると思います。

- 現在事故の影響で普段と生活ができない方々がいること、国民の不安感が拭えない中では、頼らずに電力をまかなう方法を模索した方がいいのかなと感じています。

4) 原子力発電所は必要でない

- 電力は必要だと思いますが、原子力発電所である必要はないと思う。火力発電所が主流になると電気代があがる事は想定できるが、今回の様な事を経験すると、見えない敵（放射能）におびえるよりは、マシだと思ってしまう。
- 現時点で他の発電方法がたくさんある中、それらを活用しきっていないと感じるため。火力発電、水力発電、風力発電、地熱発電、太陽光発電、…すべて活用しきっているのでしょうか。既に全ての方法を試してやりつくして、これ以上発電できないところまで来ているなら必要に迫られることがあると思いますが、現時点で他の方法がたくさんある中、たくさんの人の命を奪う危険のあるものを、わざわざ使う必要がないと感じるため。
- 放射能汚染などで、これから健康被害が出るかもしれないことを考えると、健康な生活があってこそ、電力が必要なわけだから、健康な生活ができる環境であることが第一。食品などの汚染だけではなく、避難している人などのことを考えると、他人ごとではない。健康な日常生活を送ることは、何ものにも変えられないけど、電力を作ることは、他にも手段があるので、利益や効率より、もっと基本的なことを、もっと考えてほしい。
- 現在でも、福島の事故の責任を誰も取っておらず、何も解決しているようには見えません。福島の事故が、想定外で片付けられてしまいそうですが、今後、想定外の震災や津波が起こる可能性が高いのではないかと思います。日本の政府は、経済的なことを優先していますが、まずは、国民の安全が第一と考えます。とても、原子力発電所を安全とは思えないので、必要とは思えません。

5) 原子力発電所は安全である

- 今後あらゆる事態を想定しているのであれば、今まで（3.11の件は抜きにして）大丈夫だったのだから、安全だと思う。
- 福島の津波による事故後、リスクについての検討を厳しくすると思うため。（女性40歳代以上）
- 津波に対しては安全だと思うが、それ以外の不安要素はまだ解消されていないと思う。
- 今回の震災で難を逃れた女川原発の非常用電源のように、地震・津波に備えた設備投資とそれに沿った法律や法令を適用できるなら、安全を宣伝してもよいと考えられるため。国民の世論を変えることは難しいが、次の震災で耐えられたら意識も変えられると思う。

6) 原子力発電所はあまり不安ではない

- 非常用発電機の故障による電力供給停止に対する対策は進んでいるが、想定外の事故は今後も起こりえるし、事故による潜在的リスクの高さは原子力発電の宿命であるから。
- 完全に安全な発電所などないが、福島と同じ過ちを繰り返さない対策はしっかり施されているはずであり、ある程度安心である。
- 3.11のときに、福島第1原発と同様の地震・津波被害を受けた女川原発を持つ東北電力では、非常用電源確保などをでき、安全に制御できていたことを考慮すると各社強化策を講じることができていると考えられるから。
- 事故の影響と関係なく、平常時は安全だと感じています。事故対策は、震災などの自然災害対策だけでなく、テロ行為などの対策も必要だと思います。また、原発の場合、いくら安全性が高くても、事故が起きた時の影響度合い（範囲と期間）が大きすぎるので、最悪の事態も想定して、事故が起きた時の被害を最小限に留めるための施策もこれまで以上に必要だと感じています。技術的なハード面の安全性だけではなく、ソフト面での安全性もより強化し、それをPRすることも重要であると思います。

7) 原子力発電所は少し不安である

- 事故の後というのもあり、何が起こるか分からないのが自然災害であると思う。また、人の手によって動かしているものなので、ミスがないとは言いきれない。そのため、いくら対策をしても不安は残る。
- 現在の強化策は、津波に特化していると思うが、自然災害には竜巻もあるし隕石が降ってくる可能性もある。最悪な状態を考えたとき、原子力発電所は地球・人間に与える影響があまりにも大きいと思う。これからは、自然災害・天災が起きた際に、後戻りできないような発電所を設けるより、ゴミ焼却場の発電や小水力発電・風力発電を有効に活用し、自然と共生していけるような発電所を設置していくべきだと考える。
- 強化対策が実施されているのは当然だが、強化対策検討時に想定した津波の高さ、非常事態の想定が不明確。想定が間違っていると、いくら対策をとっても福島原発と同じになる可能性がある。また、東電の設備面でのハード対策だけではなく、原子力保安院と行政含め機能的な体制をとれるかなどソフト面での対策がなされない限り片手落ち。
- 震災以前も「原発は絶対安全」と言っていたが、そうではなかった。津波に耐えることよりも、如何に放射性物質を外に出さないかをはっきりして頂きたい。

8) 原子力発電所は不安である

- ・津波対策、非常電源確保などの強化策は、現に原子力発電所が壊れた場合の復旧策・放射能汚染除去対策ではありません。万が一、放射能が漏れた場合の安全対策ができない限り、安全と思えることはありません。
- ・結局ことが起こって「想定外でした。」「その当時は最前には尽くしていました。」としか言い訳が出てこない現在の対応を信用できないからです。本当に大丈夫となぜ言えるのでしょうか。だれが命の責任を取るのでしょうか。人の人生を何人分も背負えるのでしょうか。自分の家族にもぜひ近くに住ませたい!!と思う素敵な環境なのでしょうか。確かに見学をし、しっかりした対策を行っていることは見せていただきました。ですが素人の私たちにはそれ以上判断することができず、いくらしっかりやっていますと言われても今回のような事件があれば残念ながら結局はどれも同じとしか判断できないのが事実です。爆弾がある部屋の横に住み、この壁は爆弾が爆発しても隣の部屋まで影響が及ばないよう強化してあるから大丈夫です！信じて住んでくださいと言われても住む気がしないのと同じ状態です。何をもちて絶対に大丈夫と言えるのかとを感じる人が多いのではないのでしょうか。今回のように結局ことが起こってからは遅いのが人の命です。人の命は取り返しがつかない大切なものです。そのためだったら、「なるべく事故が起らないように強化する。」ではなく、そもそもその起こる可能性を減らす方が安全面としては確実ではないのでしょうか。
- ・ニュースで伝えられる情報では、かなりゆるい基準であり、相変わらず具体性に欠けていると感じるため。小規模化して徹底管理できるようにして欲しい。
- ・住民への配慮や説明も足りないように感じる。
- ・原子力発電所は万が一の事故にも安全、これだけの安全対策をしている、という言葉信じていた結果、あのような大事故になってしまった。いまやっている対策が本当に有効であるかは誰にも分からない。そもそも地震と津波が多い国で原子力発電を民間企業が行うのは無理があると考える。

6. ま と め

今回の意識調査は、過去5カ年に実施したアンケートおよび3.11後に実施したアンケートで、男女別、年代別も含めて原子力発電所の必要性、安全性の考察を行った。原子力発電所の必要性について第4項で述べたように、3.11の福島事故以前においては、直近5カ年の原子力発電所見学後におけるアンケートで、原子力発電所の必要性は100%の参加者が認識していたが、今回のアン

ケートでは、大分減って56%となった。男女別では、女性が53%であり、男性は62%となっていた。男女において特段大きな差はなかった。年代別においては、20歳代が53%、30歳代が35%、40歳以上が84%と年代において大きなばらつきがあった。

原子力発電所の安全性については、直近5カ年の原子力発電所見学後においても「あまり不安ではない」「安全である」と回答した参加者の割合は、76%と必要性に比べて少ない割合であったが、今回のアンケートでは、残念だがわずかに24%であった。男女別では、女性は18%であり、男性は46%となっていた。男女において大きな開きがあった。年代別においては、20歳代が20%、30歳代が30%、40歳以上が21%となっており、年代においては特段大きな差はなかった。

男女において必要性については大きな差がなかったのに、安全性については格段に大きな認識の違いがあった。年代別においては、反対に必要性に格段に大きなばらつきがあり、安全性については特段大きな差がなかった。

3.11の後遺症は大きく、事故前の100%が56%の必要性となったことである。しかし、回答者の56%が必要性を認識しており、この数字はマスコミで取り上げられている世論調査の数字より高い数字となっている。3.11事故以前のアンケートで100%の必要性を述べていた参加者が、3.11後においては半分強の56%になったのは残念であるが、選択した理由にも記載されているが、事故は事故として認識しているが、電気の供給においてベストミックスとしてのある割合において原子力発電が必要であるとの認識にたっていると思われる。

さて、3.11事故に端を発し、原子力発電所不要論が叫ばれている。もちろん原子力発電の安全確保、事故対策の取組みへの反省は必要だが、日本のエネルギー事情を鑑みると原子力発電所を稼働させずに、廉価で安定的な電気の供給が可能となるか、大いに疑問である。われわれが快適な生活をおくる上で利用している技術は、全てその技術の必要性と安全性を考慮して種々選択している。輸送手段としての飛行機や自動車は、その最たるものである。安全性を担保するために十分な整備点検を行い、それでも100%の安全性はないにも関わらず、その利便性のためにわれわれは飛行機や自動車を利用している。電気に対しても同様に安全性、利便性を考慮して、十分に議論を尽くして電源のベストミックスを考える必要があると、今回の意識調査の結果を俯瞰し改めて痛感する次第である。

最後に本アンケートにご協力頂いたFAPIG加盟会社の回答者の皆様に感謝を申し上げます。

FAPIG の 機 構

(社名 ABC順)

(平成25年2月1日現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長	米 山 直 人	富士電機取締役・執行役員常務	理 事	中 村 康 佐	みずほコーポレート銀行常務執行役員
副 会 長	佐 々 木 秀 樹	川崎重工工業執行役員		〃 三 浦 宣 明	清水建設原子力・火力本部副本部長
	〃 込 山 雅 弘	双日常務執行役員			
理 事	白 沢 至	荏原製作所常任顧問		監 事	島 田 昌 寛
	〃 生 貝 健 二	富士通代表取締役副社長			みずほコーポレート銀行営業第十部長
	〃 佐 藤 哲 哉	古河電気工業取締役・執行役員常務		事 務 局 長	溝 口 忠 雄
	〃 中 村 晋	古河機械金属常務取締役			

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	広報委員会	原子力情勢調査部会
◎ 尾 崎 博 (富 士 電 機)	◎ 溝 口 忠 雄 (事 務 局)	◎ 村 野 博 一 (双 日)
荒 井 正 幸 (荏 原 製 作 所)	倉 島 昇 (荏 原 製 作 所)	○ 北 西 啓 一 (富 士 電 機)
山 田 裕 之 (富 士 電 機)	三 木 俊 也 (富 士 電 機)	羽 田 野 泰 彦 (荏 原 製 作 所)
竹 辺 晴 夫 (〃)	笹 野 貢 (富 士 通)	三 澤 真 (富 士 通)
國 澤 有 通 (富 士 通)	柴 原 資 典 (古 河 機 械 金 属)	佐 藤 康 士 (川 崎 重 工 業)
西 本 貞 矢 (古 河 電 気 工 業)	佐 藤 康 士 (川 崎 重 工 業)	新 田 康 男 (清 水 建 設)
大 田 彰 則 (古 河 機 械 金 属)	高 橋 燈 (み ず ほ コーポレート銀行)	
松 並 清 隆 (川 崎 重 工 業)	酒 井 喜 則 (清 水 建 設)	
飯 田 浩 一 (み ず ほ コーポレート銀行)	村 野 博 一 (双 日)	
加 納 茂 和 (清 水 建 設)		
片 岡 昇 (双 日)		
石 黒 修 司 (双 日)		
溝 口 忠 雄 (事 務 局)		
オブザーバー		
阿 部 修 一 (原 燃 工)		

高温ガス炉プロジェクト部会

- ◎ 岡本太志(富士電機)
- 中村志郎(双日)
- 大橋一孝(富士電機)
- 森雄一郎(川崎重工業)
- 斎藤正直(清水建設)
- オブザーバー
- 降旗昇(原燃工)

廃止措置・廃棄物処理プロジェクト部会

- ◎ 武仲五月(川崎重工業)
- 村上知行(富士電機)
- 石山祐二(荏原製作所)
- 藤沢盛夫(富士電機)
- 前園伸也(富士電機)
- 蓮沼潤一(富士通)
- 高橋康一(富士通)
- 名塚龍己(古河機械金属)
- 金澤二郎(古河機械金属)
- 角田俊也(川崎重工業)
- 加納茂和(清水建設)
- 鳥居和敬(清水建設)
- 沢本雅弘(双日)
- 井上桂一(双日)

品質保証部会

- ◎ 高橋正昭(富士電機)
- 斉藤利二(川崎重工業)
- 竹山敏(荏原製作所)
- 梅津博幸(富士電機)
- 新田和彦(富士電機)
- 鈴木信太郎(富士通)
- 長浜哲志(清水建設)
- 石黒修司(双日)

事務局

局長 溝口忠雄

禁無断転載

FAPIG No.185
平成25年2月25日印刷

平成24年度 第2号
平成25年2月28日発行(非売品)

発行所 第一原子力産業グループ事務局
〒100-8691 東京都千代田区内幸町2丁目1-1
双日(株)内
電話 (03) 6871-4911

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)

SYNOPSIS

Masaaki Nakano, Kazutaka Ohashi, Futoshi Okamoto

**Report of the 6th International Topical Meeting
on High Temperature Reactor Technology, HTR2012**

FAPIG No. 185 pp.3~8 (2013)

The 6th International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology, HTR2012 was held on October 28 - November 2 at Tokyo. This meeting is held every two years and people all over the world who are interested in HTGR participated in the meeting. At this time, the public forum as well as the keynote speech, the plenary sessions and the technical sessions are held. Fuji electric presented two technical speeches about recent R&D activities on core design and reactor internal design, and exhibited our activities towards the commercial HTGR. This report describes the summary of the meeting, HTR2012.

KEYWORDS : HTGR, high temperature gas-cooled reactor, HTR2012, international conference

Tatsuya Ozawa, Satsuki Takenaka, Shingo Hirata, Tetsuya Kaneko

Report of the ICONE20&ASME POWER2012 Conference

FAPIG No. 185 pp.9~12 (2013)

The ICONE20&ASME POWER2012 Conference was convened in Anaheim, California, from July 30 to August 3, 2012. In this international conference, as many as 50 companies prepared the booth, many sessions were held, and about 1000 persons participated. Kawasaki Heavy Industries prepared Booth and performed introduction of a product or technology.

The outline and impression of the meeting are described.

KEYWORDS : ICONE20, ASME POWER2012

Osamu Maekawa, Teruo Ebato

Seismic Countermeasures for Environmental Radiation Monitoring System

FAPIG No. 185 pp.13~17 (2013)

Environmental radiation monitoring system continually measures and monitors the environmental radiation dose around nuclear facilities 24 hours a day, 365 days a year.

Fuji Electric provides the monitoring systems to public facilities such as nuclear power plants, nuclear research laboratories, and nuclear fuel reprocessing plants.

At the event of earthquake, to continuously measure and monitor the radiation, Fuji Electric has delivered multiplexing transmission system via wireless units, backup power supply system, and implemented seismic evaluation of equipment. Also, to take action toward emergency monitoring for post-earthquake situation, Fuji Electric developed light-weight power saving portable monitoring post applying semiconductor detector, and monitoring car equipped with the same function as stationary monitoring posts, as well as economical space-saving simplified monitoring posts. Here is a description of these systems.

KEYWORDS : Environmental radiation monitoring system, Seismic countermeasures

Takeshi Matsumoto, Yasunobu Nomoto, Kazuhiko Kosaki, Tomio Suzuki
Yuichiro Mori, Kouji Satou, Yuji Okada, Takayuki Yamaura

Design and Fabrication of Water Control Unit for SCC Irradiation Tests in JMTR

FAPIG No. 185 pp.18 ~ 25 (2013)

In extensive safety research of light-water reactor (LWR) fuels and materials under a contract with Nuclear Regulation Authority, Japan Atomic Energy Agency (JAEA) plans irradiation tests of the LWR fuels and structure materials using Japan Materials Testing Reactor (JMTR). For the irradiation tests, water control units were designed to simulate the conditions of high temperature and high pressure water of BWR or PWR.

This paper describes the introduction about the water control units which were designed and installed in JMTR by Kawasaki Heavy Industries, LTD., based on the order from JAEA.

KEYWORDS : LWR, BWR, PWR, JMTR, irradiation test, water control unit

Shin-ichi Ueno

The Viewpoint of the Consumer's Efforts for the Realization of Smart City

FAPIG No. 185 pp.26 ~ 31 (2013)

Smart City aims to improve Quality of life, controlling on carbon dioxide emissions in energy use, transportation and so on by ICT.

It gives inhabitants more efficient information and communication network and energy use and low carbon society through the high quality services for them.

Consumers must change into a prosumers who produce energy, decide how to use energy and adjust supply and demand in Smart City.

It is important for consumers to address the following three things below for the realization of Smart city from the present moment;

- to have the independent consciousness about energy management
- to make devices which consumes energy the most efficient
- to disseminate how to use energy wisely without wasteful and uneven energy use

This article introduces energy management that changes consumers to prosumers, how to execute PDCA cycle about it and consulting examples utilizing them.

KEYWORDS : Smart City, Quality of life, Carbon dioxide emissions, ICT, Low carbon society, Prosumers, Efficiency, Energy management, PDCA cycle

Takeshi Izumi, Tatsuya Deguchi

Improvement of Leaching Characteristics of TOC from Condensate Demineralizers

FAPIG No. 185 pp.32 ~ 38 (2013)

Recent nuclear power plants require high purity water to protect nuclear reactors or steam generators from SCC and maintain in good condition. In this connection, it is especially important to minimize sulfate, which is a corrosive chemical originated from oxidative degradation of cation exchange resins during operation. Recently, uniform particle size (UPS) strong acid cation gel resin with 14% cross-linkage, which has excellent stability against oxidization, has been applied to several condensate purification systems.

For further improvement of water quality, some methods for changing the configuration of condensate demineralizer's resin bed have been examined. For example, these methods correspond to cation over layer and so on. We have tested these methods by cold column tests.

Furthermore, we have developed the newly anion exchange resin having higher efficiency and capacity for absorbing leachables from cation exchange resins.

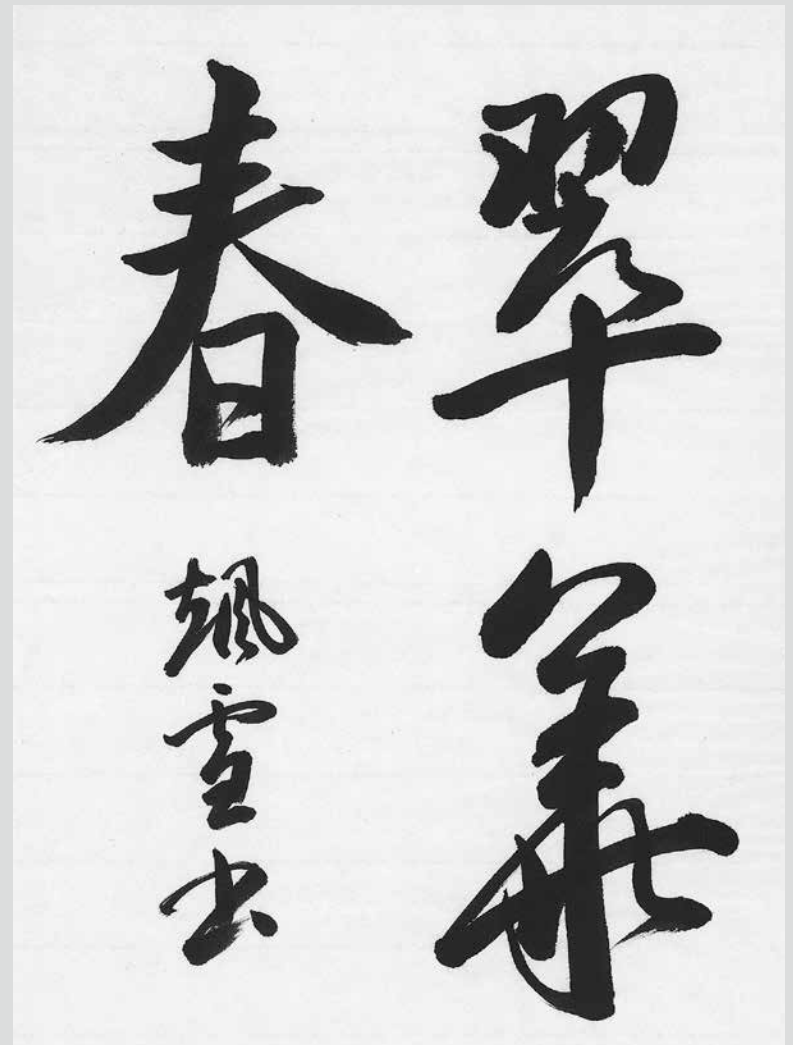
KEYWORDS : Ion exchange resins, condensate demineralizers, leachables, total organic carbons, cation over layer



FAPIGギャラリー

FAPIG広報委員会が推薦するアーティストの作品を展示する広場です。

「翠華春(すいかのはる) 颯雪(そうせつ)書」
解説▼草木が萌え出し、花が咲く春の意。唐代の詩人杜甫作「有感五首」の第三首の中に「寒(春寒)に翠華の春を待つ」という一句がある。



作者プロフィール

草深 博好 Hiroyoshi Kusafuka

富士電機OB (1995年退職) 1935年東京都生まれ。

1960年入社(当時は富士電機製造)、入社時は東海I号炉建設の真最中。英語力を見込まれGEC相手の営業担当に。その後水力、変電の国内営業も経験するが、原子力分野では、「AGRプロジェクト」、「シーメンスKWUのPWRセールスプロモーション」など高い英語力を発揮できるプロジェクトに従事。東海I号炉蒸気タービン・発電機の富士電機製置き替えに貢献できたことは心に残る思い出。

主な活動履歴

書を始めたのは定年退職後。文武の武はゴルフ、文は書か絵画と考えたが、絵画は保管にかさばるので書を選ぶ。日本書道協会で腕を磨き、現在2段。雅号は「颯雪」。漢字に専念し、年1回の協会の総合書道展などで金賞、銀賞を多数受賞。出展時は、三ヶ月をかけて150枚ほど書き下ろして1枚を出し、評価を心待ちに。

第一原子力産業グループ

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

株式会社荏原製作所

富士電機株式会社

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

みずほコーポレート銀行

清水建設株式会社

双日株式会社