

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

192
FEBRUARY
2017





子どもたちに 誇れるしごとを。

目を輝かせて何かに没頭していた
あの頃から、私たちの
ものづくりへの気持ちは変わりません。
ずっと思い描いてきた夢や情熱を、
建造物に込めて未来へ伝えていきます。

SHIMIZU CORPORATION 
清水建設

FAPIG

THE FIRST ATOMIC POWER INDUSTRY GROUP

2017 - 2 / 平成 28 年度 第 2 号

No. **192**

目 次

■ 報 告

世界原子力展示会 2016 に参加して (3)
庄源英樹

■ 紹 介

福島第一原子力発電所における放射線のリアルタイムモニタリング (6)
今井光宏 / 池田泰啓
ジオポリマー SIAL®
-セメントに代わる固型化技術の開発について- (11)
見上 寿

■ グループ情報

FAPIG の機構 (16)

表紙デザイン：島村俊行

世界原子力展示会2016に参加して

Report on World Nuclear Exhibition 2016

庄 源 英 樹*
Hideki Shogen

CONTENTS

■ Report

Report on World Nuclear Exhibition 2016 (3)
H. Shogen

■ Introduction

Real-time Monitoring of Dose Rate and Airborne Radioactivity in Working Environment
in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (6)
M. Imai / Y. Ikeda

Geopolymer SIAL®
- Development of Solidification Technology to Replace Cement - (11)
H. Mikami

Cover Design : Toshiyuki Shimamura

2016年6月28～30日にパリ郊外のル・ブルジェ展示会場において、原子力産業の国際イベントである世界原子力展示会2016（World Nuclear Exhibition：以下、WNEという）が開催された。私自身は初参加であったが、WNE自体は今回が2度目の開催であり、第1回が2014年10月にパリの同会場で開催されている。

300以上のフランス原子力関連企業および機関が参加する団体であるフランス原子力産業輸出協会（AIFEN）が主催者となり、EdF、Angie（IHGDFスエズ）、Areva、Assystemというフランスを代表する原子力企業4社がプラチナ・スポンサーとして資金面で後援していた。また昨今のフランス-中国間の原子力分野における協力関係を象徴するように、中国核工業集団（CNNC）と中国広核集団（CGN）の両社が、ロスアトムやウェスティングハウスと肩を並べてゴールド・スポンサーとして名を連ねていた。ちなみに日本勢ではArevaとの関係からか、三菱重工がシルバー・スポンサーとなっているのみであった。

会場であるル・ブルジェ展示会場は、パリ中心部とシャルル・ド・ゴール空港のちょうど中間辺りに位置しており、隔年でパリ国際航空ショーが開催されているかなり大規模な会場である。フランスで最近多発しているテロの影響か、入場者に対するセキュリティチェックは非常に厳重で、敷地入口と会場入口の2ヶ所の入場ゲートで金属探知機による検査とボディチェックを受けないと入場できないようになっており、朝一にはかなり長い入場待ちの列ができていた。



写真1 会場入口の様子

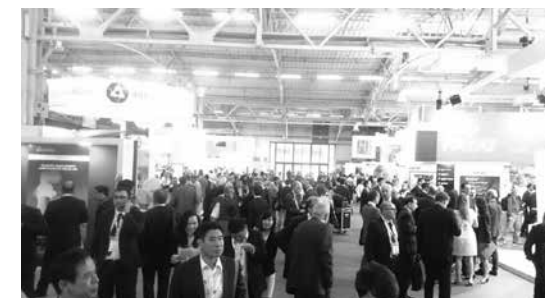


写真2 展示会場内の様子

会場内の展示エリアは25,000m²の広さがあり、WNEの公表によれば27ヶ国から計678組の企業や団体が出展していたようである。これは第1回のWNEと比べて37%増で、原子力業界の期待の高さを感じられた。

会場の中央にはEdFが最大のブースを出展し、その隣にArevaが2番目に大きなブースを、さらにその周りにAssystem やAngieなどの主だったフランス企業の大型ブースが配置されていた。日本の展示会よりも各ブースが広めに作られている印象で、かなり大きめの展示品を持ち込んでいる企業も多かった。

* イーエナジー(株)



写真3 EdFのブース

そのような中で日本からの出展者は、三菱重工以外では、富士電機(富士電機フランスとして出展)、日軽金アクトに加え、原産協会/原子力国際協力センター(JICC)の共同ブースのみであり、日本からの参加者としてはかなり寂しい気分を味わい、日本の原子力産業の厳しい現実を垣間見た気がした。

初日の開会式では、フランスのエマニュエル・マクロン経済・産業・デジタル大臣がスピーチを行い、「原子力産業は、環境や雇用、安全といった21世紀の課題を解決することができる、将来のための選択である」と力強いコメントを参加者に伝えていた。

また3日間を通じて、11種類のラウンドテーブルやパネル・ディスカッションが行われ、多くの原子力業界の要職者や著名人が参加していた。特に初日に行われた「経済的プレッシャーと変わりゆく市場環境:原子力産業にとって最良の道は?」というパネル・ディスカッションでは、Arevaクル社長が議長を務め、スピーカーとして三菱重工の宮永社長や中国CNNCの副社長、米国電力DOMINIONの社長などが参加しており、興味深かった。原油価格低下と再生可能エネルギー普及により電力価格が低下する中で、どのように原子力発電を維持して行くかについて議論がなされた。CNNCは、中国であっても福島に対応するために発電所の建設が中断し、建設コストが上昇している状況であり、コスト削減のためには設計の共通化とバッチ式の建設が有効だと説明した。スピーカーの発言に共通した点は「効率化」。デジタル化やビッグデータ活用、コードの標準化などを通じて、いかに効率を高めてコストを下げられるかが重要であると強調していた。



写真4 パネル・ディスカッションの様相(その1)



写真5 パネル・ディスカッションの様相(その2)



写真6 第1回 WNE 賞の授賞式

また今回から新たな試みとして、原子力に関するイノベーション、知的管理、運用手法、安全性の各分野で活躍した企業・団体を表彰するWNE賞が設立され、その授賞式も行われた。記念すべき第1回授賞式では、Arevaがイノベーション部門と安全性部門の2冠を獲得し、EdFが知的管理部門を、ロスアトム傘下のASEグループが運用手法部門をそれぞれ受賞した。

WNA事務局の発表によれば、今回のWNEは第1回よりもかなり盛況だったようで、来場者数は3日間合計で63か国から8807名(前回比+22%)となっている。フランス国外からの出展者割合は35%で外

国人来場者が28.5%と、フランス国内のみならず海外での認知度も徐々に高まっているようだ。国ごとの来場者数順位も発表されており、1位は当然フランスで、2位のイギリスも納得だが、3位が中国という現実には驚かされる。ちなみに日本は9位で、出展企業数が少ない割には善戦したということであろうか?

今回、初めてWNEに参加してみて、フランスでの原子力産業界の存在感や力強さを改めて感じた。もちろんフランスにも福島の影響はあり、EdFやArevaも厳しい状況に置かれていることは間違いないが、数多くの中小企業も含めた産業界全体として

は、まだまだ活力や希望に溢れていると感じた。日本の原子力産業界に身を置いていると、どうしても悲観的になりがちであるが、今回はフランスらしい華やかな雰囲気での展示会に参加できたことで、何か前向きな力を得たような気がした。

尚、WNEは今後も2年に一度開催する予定で、第3回を2018年6月26～28日に同会場で行うと既にWeb上で公表している。関心があれば、次回は皆様も参加してみても如何であろうか。

WNE公式ホームページ

<http://www.world-nuclear-exhibition.com/en/Home/>

福島第一原子力発電所における放射線のリアルタイムモニタリング

Real-time Monitoring of Dose Rate and Airborne Radioactivity in Working Environment in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

今井光宏* 池田泰啓*
Mitsuhiro Imai Yasuhiro Ikeda

【概要】

東京電力ホールディングス株式会社 福島第一原子力発電所では、東日本大震災による事故からの収束および廃炉に向けた作業が継続されており、この復旧工事のために多くの作業員の方が作業されている。作業員の方々が安心して作業を行えるよう作業現場に線量表示器および連続ダストモニタを配備し、現場へ向かう前に構内の線量率および空気中放射性物質濃度を確かめられるリアルタイムモニタリングシステムを福島第一原子力発電所に設置したので、その製品の仕様および特長について紹介する。

1. はじめに

現在、福島第一原子力発電所では、構内全域が作業員の被ばく管理や放射性物質を構外へ持ち出されないように管理を行うための区域（管理対象区域）として設定されており、作業員は線量計と防護服を着用して作業を行っている。

東京電力ホールディングス株式会社では、長期にわたる廃炉作業を進めていくための基盤整備として、線量低減や防護装備の適正化などの作業環境改善を継続的に行われている。

その一環として、「放射線レベルの見える化」を目的としたリアルタイムモニタリングシステムを平成28年2月に納入した。

本稿では、当社が製品開発した本システムの仕様および特長について紹介する。

2. システムの概要

2.1. 構成

本システムは、線量表示器100台、連続ダストモニタ34台、無線中継器60台、メッシュ無線システムおよび遠隔監視装置（サーバー、管理用端末、大

型表示器）で構成されている。

図1にブロック図を示す。

(1) 線量表示器

半導体検出器および測定機器を車輪付きの台車に積載しており、必要に応じて容易に場所を移動して線量率を測定できる。線量率は高輝度の電光表示器に表示され、昼間でも現場で確認できる。電源は、太陽光と交流電源の両方に対応しているため、交流電源が供給できない場所でも測定が可能である。また、バッテリーを内蔵しているため、日照不足でも数日間は連続で測定できる。

線量率データは、GPSによる位置情報とともに無線子機より親機に向けて10分周期で伝送される。

(2) 連続ダストモニタ

連続ろ紙送りによる集塵方式とし、20mのろ紙を使用することで、ろ紙交換を行うことなく1か月以上の連続測定が可能である。

ろ紙に付着したダストをプラスチックシンチレーション検出器により測定し、測定で得られた計数率に換算定数を乗じて空気中の放射性物質濃度を算定する。ろ紙交換やBG測定後などに新ろ紙面で測定を開始してから2時間は、集塵量が少なく、計数

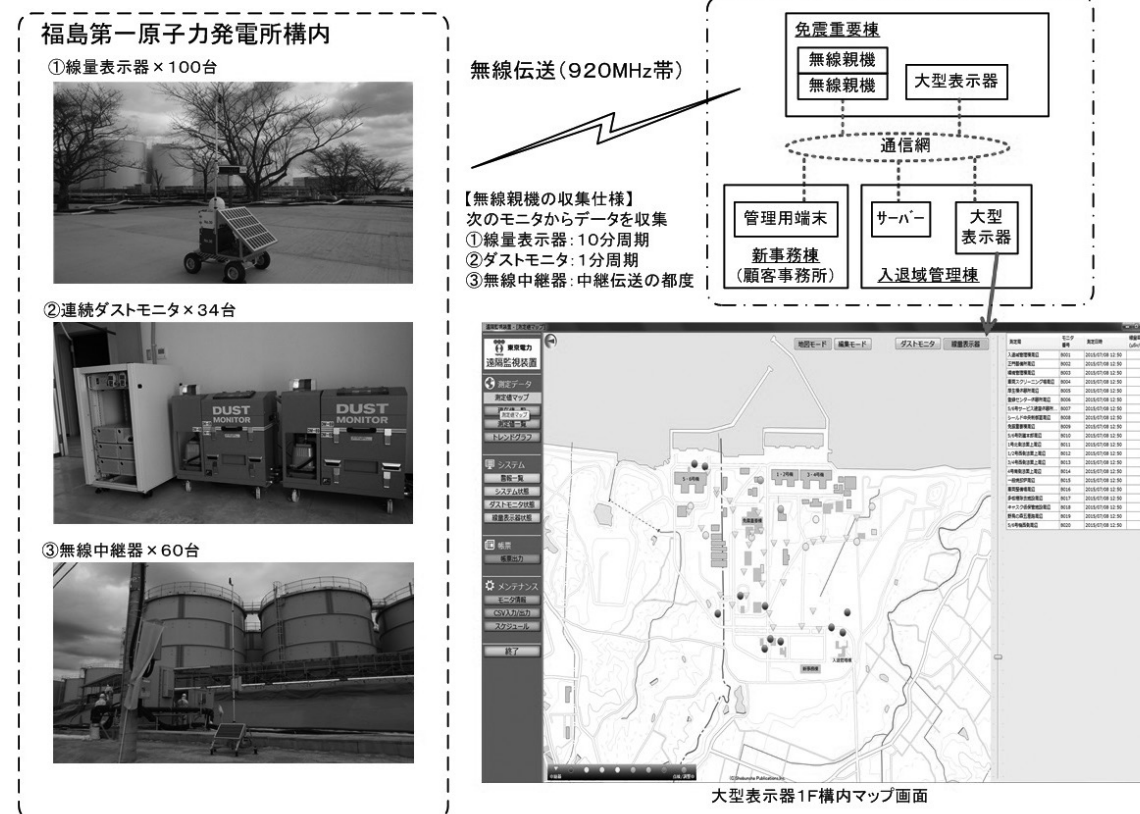


図1 1F 構内モニタ ブロック図

率が小さいため、本来は検出感度を満たさないが、本装置はソフト処理にて集塵時間に応じた補正係数を計数率に乗算し、2時間以上集塵した状態の計数率を模擬することで、新ろ紙面での測定開始直後から放射性物質濃度の算出を行い、監視不可時間を極力短くしている。

また、バッテリーを内蔵した無停電電源装置から交流電源を供給しており、停電発生時でも数時間の測定を可能としている。なお、モニタ本体を3つに分割できる構造としているため、容易に運搬可能である。

濃度データは、GPSによる位置情報とともに無線子機より親機に向けて1分周期で伝送される。

(3) 無線中継器

メッシュ無線伝送システムにおいて、無線電波の弱いルートに中継器を配備することで、線量表示器および連続ダストモニタの測定データを中継して無線親機まで伝送している。

小型軽量（約32kg）であるため、線量表示器の移動や環境の変化に応じて、最適な位置に容易に移動できる。電源は、太陽光を採用しており、電池を内蔵しているため、日照不足でも数日間は中継可能である。

(4) メッシュ無線システム

データ伝送は、920MHz帯の特定小電力無線を採用し、伝送の安定化を図るため、各装置間を相互に伝送するメッシュ状のネットワークを構築している。また、1回の伝送時に過去4回分のデータを付加しているため、一時的な伝送異常が発生してもバックアップが可能であり、データの欠測を回避している。

(5) 遠隔監視装置

無線システムで収集した線量率およびダスト濃度データをサーバーに保存し、通信網に接続された各管理用端末にてデータ管理が可能である。作業員の拠点となる場所に設置された80インチの大型表示

* 富士電機(株) 産業インフラ事業本部 産業計測機器事業部 放射線システム部 技術第二課

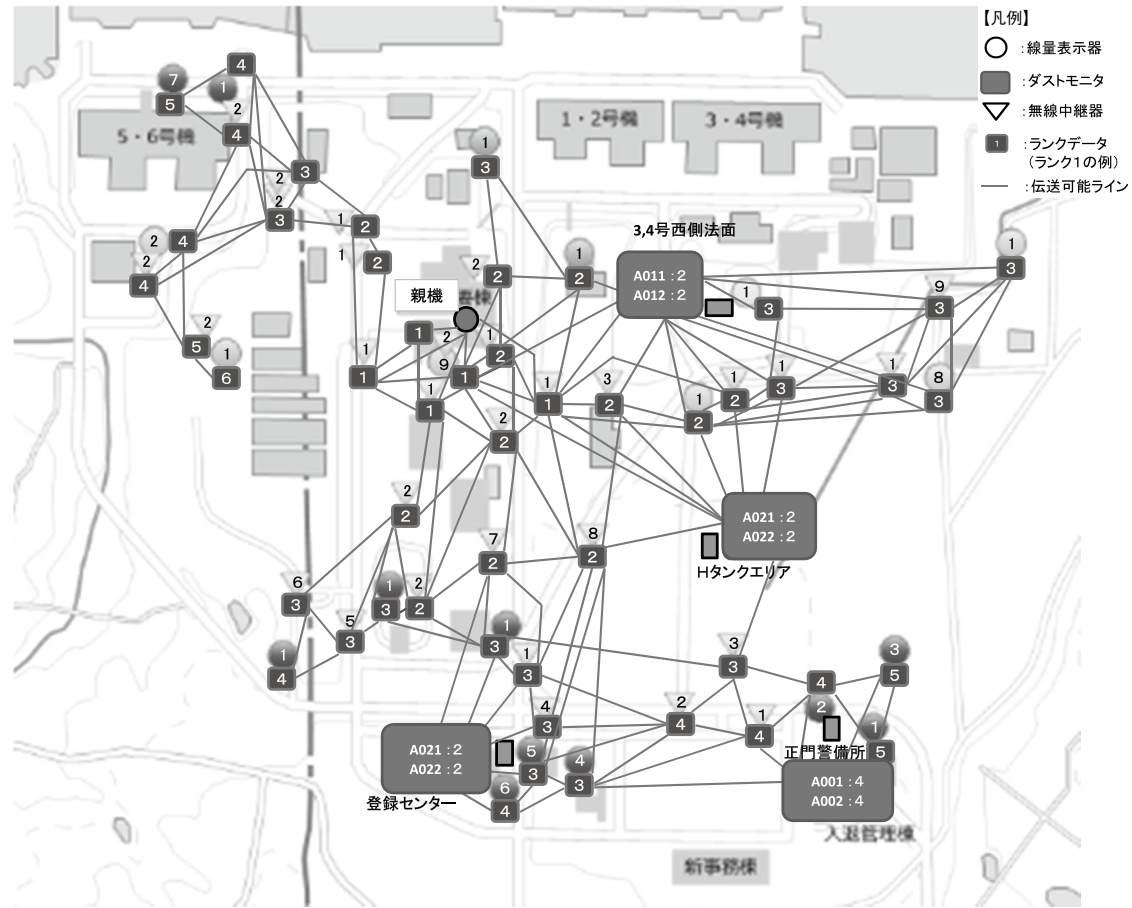


図2 メッシュ無線伝送系統図

器には、構内マップ画面上に各測定点の線量率やダスト濃度がリアルタイムで表示されており、作業者が容易に現場環境を把握できる。なお、マップ上の各測定点は、GPS 位置情報により自動的に表示される。

2.2. メッシュ無線伝送仕様

(1) メッシュ無線の特長

構内に設置された線量表示器100台、連続ダストモニタ34台、無線中継器60台の各々に設置された無線子機が、隣接して伝送可能な装置間で相互に伝送することでメッシュ状の伝送網を構築している。

伝送ルートは固定されずに、複数のルートを形成しているため、あるルートにおいて無線子機の故障や電波強度の低下が発生しても別のルートで伝送される。このため、信頼性の高い安定したデータ伝送が可能である。

装置間が見通せれば、200m以上の距離を伝送できる。

メッシュ無線伝送系統図を図2に示す。

(2) 伝送方式

①伝送ランク付け

各モニタ起動時に無線子機の伝送ランクが確定する。このランクは、伝送可能な隣接無線子機のランクの中で最も小さいランクに1を加算したものになる。無線親機のランクが0であり、無線親機と伝送可能な子機のランクが1となる。親機から遠くなるほどランク数は大きくなっていく。

また、モニタ起動時以外にデータ伝送時および定周期に無線状態の見直しを行い、運用中に機器の追加、撤去などにより無線環境が変化した場合も自動で伝送ランクの見直しを行う。

表1 線量表示器仕様

項目	内容
測定線種	γ (X) 線
検出器	シリコン半導体検出器
測定範囲	$10^{-1} \sim 10^5 \mu\text{Sv/h}$
指示誤差	$\pm 20\%$ 以内 (^{137}Cs 照射にて)
構造	防水構造 IPX4相当 (JIS C 0920による)
無線伝送部	・周波数帯: 920MHz帯 ・伝送速度: 100kbps ・伝送周期: 10分
電源部	・太陽光 (電池内蔵) ・AC100V, 50/60Hz
外形寸法	約 810(W) × 1,200(D) × 2,400(H) mm (アンテナ含む)
質量	約 166kg

表2 連続ダストモニタ仕様

項目	内容
測定線種	β (γ) 線
検出器	プラスチックシンチレーション検出器
測定範囲	$10^{-1} \sim 10^5$ cps
検出感度	$1.0 \times 10^{-5} \text{Bq/cm}^3$ 以下 (^{137}Cs の β 線に対して) バックグラウンド: $30 \mu\text{Sv/h}$ 以下 (^{137}Cs にて)
集塵方式	・方式: 連続ろ紙集塵 ・流量: 100L/min ・使用ろ紙: HE-40T (75mm × 20m) ・ろ紙送り速度: 25mm/h (低速), 80mm/min (高速)
無線伝送部	・周波数帯: 920MHz帯 ・伝送速度: 100kbps ・伝送周期: 1分
電源部	AC100V, 50/60Hz
外形寸法	約 770(W) × 400(D) × 820(H) mm
質量	約 122kg

表3 無線中継器仕様

項目	内容
構造	自立固定式 (屋外設置)
無線伝送部	・周波数帯: 920MHz帯 ・伝送速度: 100kbps ・伝送周期: 中継の都度, 自局情報60分
電源部	太陽光 (電池内蔵)
外形寸法	約 980(W) × 900(D) × 3,600(H) mm (アンテナ含む)
質量	約 32kg

表4 遠隔監視装置機能仕様

項目	内容
測定データ収集	無線親機経由で各モニタのデータを収集する。
マップ表示	①線量率 線量表示器から収集した位置情報から線量測定点をマップ上に表示し、線量率レベルに応じた色分けで示す。測定点をタッチすることで該当モニタの最新値およびトレンドグラフを表示する。 ②ダスト濃度 連続ダストモニタから収集した位置情報から濃度測定点をマップ上に表示し、濃度レベルに応じた色分けで示す。測定点をタッチすることで該当モニタの最新値およびトレンドグラフを表示する。
管理機能	・現在値: 各モニタの最新値および警報発生状態表示 ・トレンドグラフ: 任意の指定期間のトレンドデータを表示 ・警報発生履歴: 発生, 復旧時刻とともに履歴表示 ・システム状態監視: 各モニタのデータ収集状態, 各無線中継器のバッテリー電圧および各端末の状態を一覧表示
帳票出力	日報, 週報, 月報, 四半期報, 年報出力可能
保守機能	・各モニタのデータをCSV形式でUSBメモリに保存可能 ・各モニタのデータについて, 修正および手入力追加可能 ・各線量表示器の警報監視用に高警報レベルの設定可能 ・サーバー二重化により定期的に予備機へのバックアップ可能

②伝送方式

まず、データを送信したい無線子機は自局のランクよりも小さい子機に対してデータを送信する。データを受信した子機は、自局のランクよりも小さい子機に対してデータを転送する。

このようにして順次子機間でデータを伝送していくことで最終的に無線親機までデータは到達する。

3. 装置仕様

表1から表4に各装置の仕様を示す。

4. あとがき

本システムは、メッシュ状の無線方式であり、線量表示器や無線中継器は、太陽光により交流電源供給なしで動作可能であるため、監視場所の変化に応じて移動が可能である。また、監視場所が増えた場合は、容易に増設することができることから、柔軟性と拡張性を持ったシステムと言える。

本システムの導入により、広範囲にわたるエリアの線量率やダスト濃度をリアルタイムに監視できるようになり、作業の方の安全確保、労働環境の改善に貢献することができた。

最後に、本システムの導入に当たり、多大なご指導と助言を頂いた東京電力ホールディングス株式会社の関係者の方々に深く感謝致します。

ジオポリマー SIAL[®] —セメントに代わる固型化技術の開発について— Geopolymer SIAL[®] —Development of Solidification Technology to Replace Cement—

見上 寿*
Hisashi Mikami

〔概要〕

原子力発電所から発生する放射性廃棄物はポルトランドセメントや高炉スラグセメントにより固型化後、ドラム缶にて廃棄するのが一般的である。他に、アスファルト固化、プラスチック固化が認可されている。近年、セメント固化しにくい、あるいは、一旦固化されても、膨張したり、崩壊したりするトラブルが発生している。これらは、元来、セメントでは固化し難い硫酸塩や硝酸塩などの化合物を設定よりも多く充填した場合に発生する場合が多い。このように、セメントに代わる固化材を求める声が多くなってきている。

本報では、セメントに代わる新しい固化材として近年注目されてきた「ジオポリマー」について、既に海外で認可を受け商用的に運用されつつある「SIAL[®]」を紹介する。

1. ジオポリマーとは

ジオポリマーとは、セメントと同等の固化・強度を有するアルカリ活性材の一種である。

歴史的には1908年にドイツの化学者H.Kühlが米国特許を取得したのが最初で、1940年に科学者A.O.Purdonが詳細な実験結果を発表した。その後、1950年代に旧ソ連邦ウクライナの化学者V.D.Glukhovski教授が古代ローマ・エジプトの構造物に用いられた材料からカルシウムを含まないアルミノシリケートとアルカリ金属溶液からなる固化材の作成方法を発見し「ソイルセメント」として発表、旧ソ連邦では1960年代からアパートなどの一般建築材料として広く適用され、多くの特許、標準が作られたという。しかし、これらの特許、標準は西欧からアクセスできず、1999年キエフ、2007年ブラハで開催された国際会議にて徐々に公開されつつあるが、英語への翻訳を含め、公開されたものは一部にとどまっている。一方、西欧ではPurdonの発表後、1980年代にフランスの化学者Davidovits教授がアルミノシリケートを用いた固化材の特許を取得し、「ジオポリマー」と命名、

脚光を浴びることとなる。ジオポリマーはフィラーと呼ばれる非晶質のケイ酸塩などのアルカリ活性な粉体と水酸化ナトリウムや水酸化カリウムなどのアルカリ源を用い、縮重合反応により生成される。ポリマーという名称から一種の化学繊維のようなイメージを抱かれる方が多いが、縮重合反応に由来するもので化学繊維とは無縁である。広くはアルカリ活性材の一種で、人によってはジオポリマーという名称をあえて使わない研究者もいる。また、厳密にケイ酸塩とアルカリ源のみによる反応生成物をジオポリマーとしている研究者もいれば、若干の調整材の追加を許容する研究者もおり、一概にジオポリマーといっても、種々の定義があるのが現状のようである¹⁾。

2. 適用の実績

アルカリ活性材自身は古くは断熱材に用いられていたこともあり、建築材料に用いられることは自然の成り行きと思われる。また、Glukhovski教授やDavidovits教授が指摘するように、古代エジプトのピラミッドなどの構造物は天然の石ではなく、人工的に製作されたアルカリ活性材、ジオポリマーであ

* 富士電機(株) 発電・社会インフラ事業本部 発電プラント事業部 原子力技術部 技術課

り、ポルトランドセメントよりも強度が高く、古い歴史があるものと言われている²⁾。

建築分野では、前述の旧ソ連邦以外では、オーストラリアが先行しており、空港の滑走路や大学の構造物に用いられつつある³⁾。また、軍事分野では、ポルトランドセメントよりも早く硬化し強度を発現する材料として米国国防省が着目し、Davidovits教授の研究所で商品化した「ピラメント」を湾岸戦争での滑走路建設などに利用している⁴⁾。国内でも、約10年ほど前から鉄道総合研究所、九州大学、四国大学などが中心となって、セメントのように材料の製造過程で大量の二酸化炭素を環境に放出せず、環境にやさしいエコロジカルなセメント、耐酸性に優れたセメントを謳い文句に研究されてきている。特にフィラーとして産業廃棄物である高炉スラグや石炭灰（フライアッシュ）などを再利用できることやシラスなどの火山灰の活用も提案されている。建築材としては、既に、「ジオポリマー」という商品名で西松建設から市場に提供されている。現在、コンクリート工学会にジオポリマー委員会が発足し、その規格化が検討されつつあり、2016年に第1回目のシンポジウムが開催された⁵⁾。

放射性廃棄物の安定・固化への適用は、海外ではチェルノブイリの溶融燃料固化体のカバーに適用されたり、ドイツのウラン鉱山の廃棄物固化にパイロット的に使用された例がある⁶⁾が、米国DOEのハンフォードの廃棄物固化への適用研究など、そのほとんどが研究開発段階である。

その中で、スロバキアの旧AllDeco社、現在のAmec Foster Wheeler Nuclear Slovakia社が開発した「SIAL®」は1970年頃に開発され、2003年にはスロバキアで、2006年にはチェコで認可を受け、原子力発電所の放射性廃棄物固化に使用されているジオポリマー材である。具体的には、使用済みイオン交換樹脂、スラッジ、スラリー、それらの混合廃棄物、廃油、焼却灰、ホウ酸塩などの固化に用いられている。

開発の経緯は、スロバキアの旧ソ連型重水減速のガス冷却炉であるボフニチェ A1 炉での燃料破損事故後の燃料プール底に堆積した核分裂性核種や TRU 核種を含むスラッジの処理が発端である。図1にボフニチェ A1 炉とスラッジの状況を示す。現在、

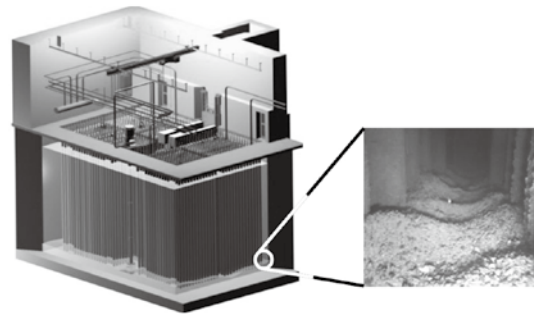


図1 ヤスロフスケ・ボフニチェ A1 プラント(スロバキア)で蓄積されたスラッジ

これらの放射性スラッジは無事に処理され、ドコバニの埋設処分場に保管廃棄されている⁷⁾。

国内では、福島第一原子力発電所の事故以来、セメント固化では放射性セシウムやストロンチウムなどの閉じ込めには十分ではなく、それに代わる処理方法の一つとして原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、国際廃炉研究開発機構(IRID)、日本原子力研究開発機構(JAEA)の研究の一環として、ジオポリマーが検討されつつある⁸⁾。

3. SIAL® の特徴と性能

SIAL®の特徴は、次の5つにまとめられる。

- ①セシウムや重金属の保持性が高い
(セメントの10倍以上)
- ②物理的、化学的に安定
(セメントの各特性を超える)
- ③固化対象の幅が広い
(適切な調整が可能)
- ④取扱が容易
(加熱不要、流動性および固化時間の調整可能)
- ⑤充填率が高い
(廃棄体数を減らせる)

これらのうち、特に④の特徴は国内で開発中のジオポリマー材とは一線を画し、ハンドリング性の容易さにつながる点である。

また、インドラム方式の混練機器などから構成される設備も一役買っている。

図2に設備例を示す。

- ③については、次に示すように、幅広い廃棄物を固化した実績があり、現在も運用を継続している。
 - ・使用済みイオン交換樹脂(直接固化)



図2 インドラムミキシング装置と制御装置例

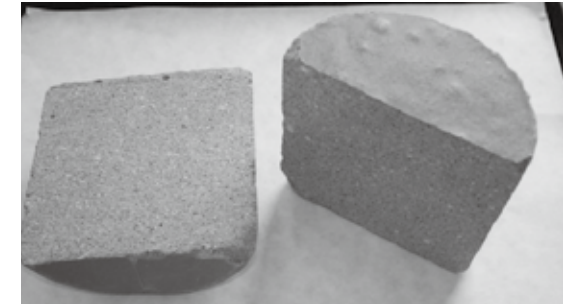


図3 イオン交換樹脂固化サンプル



図4 ブラックオイル固化サンプル(充填率0~25w%)

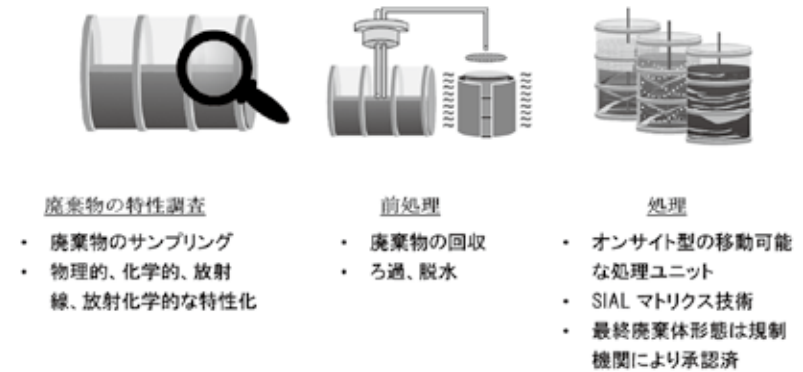


図5 処理フロー

- ・スラッジ
- ・樹脂とスラッジの混合廃棄物
- ・TRU核種を含むスラッジ
- ・有機物を含むスラッジ
- ・ホウ酸塩
- ・廃油
- ・焼却灰

図3に樹脂を固化した試験体、図4に廃油を固化した試験体を示す。

①、②についての性能は、セメント固化体を凌ぐ性能を示している。

- ・一軸圧縮強度：20～25MPa
- ・浸出率(Li)
Cs-137 : 9～14

表 1 国内外の許認可実績と適用可能性と固化体の特性

低レベル放射性 廃棄物固化材	セメント 固化	アスファルト 固化	プラスチック 固化	ジオ ポリマー
海外の許認可	済	済	済	済(SIAL [®])
国内の許認可	済	済	済	未
適用可能性 代表的な 福島での 廃棄物 (注参照)	廃液	○	○	○
	金属	○	×	×
	コンクリート	○	×	×
	スラッジ	×	×	×
	スラリー	×	×	×
	焼却灰	×	×	×
	廃樹脂 △(低線量)	×	×	×
オイル	×	×	×	
特性	圧縮強度	○	○	○
	浸出抑制	×	○	○
	難燃性	○	×	×
	耐熱性	×	×	×

Am, Pu : 12 ~ 18

Sr-90 : 12 ~ 14

セメントのように水和反応により結合しているのではないため、高温、低温でも健全性を維持する。また、耐酸性能にも優れている。

⑤については、重量換算で約40%の充填が可能であり、廃棄体として固化されたドラム缶数の削減が可能となる。

なお、これらの特性は、固化対象別に確保する必要があるため、実際の運用に際しては、事前にサンプル採取し、いくつかの配合の異なる固化材によりサンプル固化を行い、性能を確認した上で実際の固化を実施することで担保される。図5に運用概念を示す。

表1にジオポリマーの特徴を従来の固化材との対比で示す。

廃棄体性能について、国内では一軸圧縮強度の基準のみであるが、スロバキア、チェコにおいては、次のような一軸圧縮強度、浸出率の基準が設けられている。

スロバキア：一軸圧縮強度 $\geq 5\text{MPa}$

浸出率L ≥ 6

チェコ：一軸圧縮強度 $\geq 10\text{MPa}$

浸出割合 $\leq 4\%$

4. 国内での展開

弊社は、Amec Foster Wheeler社とは、古くは、日本原子力発電所東海発電所の建設時からパートナーであることから、このSIAL[®]の国内展開に関する技術提携を2014年に締結し、国内需要家への展開を図ってきた。

特に、上述のNDF・IRID・JAEAの公募研究に参画し、汚染水二次廃棄物の固化試験を実施し、成果をあげつつある。

また、使用済みイオン交換樹脂の固化にてスロバキア・チェコでの適用実績を確認するとともに、スロバキア・チェコでは実績のない硫酸塩を含む廃棄物での試験も実施し、適用可能であることを確認した⁹⁾。

5. 今後の展開

今後は、焼却灰、廃油などへの適用範囲の可能性を確認する。

国内での許認可取得に向けて、埋設処分場での安全評価パラメータの国内データ取得に向けて、試験を継続する。

また、英国セラフィールド、フィンランドなどでの固化材としてのSIAL[®]の採用の動きと呼応し、更なる国内需要の掘り起こしを図っていきたい。

関連文献

- 1) 一宮一夫：“環境負荷低減に寄与するジオポリマーの研究開発の現状”，日本セラミックス協会誌，Vol.50, No12 (2015)
- 2) I.Tunyi, I.A.El-hemaly：“Paleomagnetic investigation of the great egyptian pyramids”. Europhysics News, 43/6, 28-31, (2012)
- 3) V. Deventer, J.L.Provis, et al.：“Chemical research and climate change as drivers in the commercial adoption of alkali activated materials.”, Waste Biomass Valoriz, 1(1), 145-155 (2010)
- 4) T.B.Husbands, P.G.Maloane, L.D.Wakeley：“Performance of concretes proportioned with pyramment blended cement.” CPAR-SL-94-2 (1994)
- 5) 「建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会」, JCI-TC155A, 日本コンクリート工学会

(http://www.jci-net.or.jp/~tc155a/index.html)

- 6) P.Childress：“The Use of EKORTM to stabilize Fuel-containing material at Chernobyl.”, WM'01 conference (2001)
- 7) J.Hill, M.Prazska, M.Jagatia：“Geopolymer solidification technology approved by Czech/Slovak Nuclear Authority to Immobilise NPP resin and sludge waste”, WM2015 Conference (2015)

- 8) 佐藤 他, 日本原子力学会 2016 年秋の大会予稿集 2F10 (2016)
- 9) プラツカ, 見上 他, 日本原子力学会 2015 年秋の大会予稿集 E02 (2015)

FAPIG の 機 構 (社名 ABC 順)

(平成 29 年 2 月現在)

理 事 会・委 員 会・専 門 部 会・事 務 局

会 長 藤 原 正 洋 (富 士 電 機)	理 事 長 岡 一 宏 (荏 原 製 作 所)
副 会 長 川 原 博 司 (双 日)	〃 山 田 昌 彦 (富 士 通)
〃 武 馬 啓 祐 (川 崎 重 工 業)	〃 木 村 隆 秀 (古 河 電 気 工 業)
	〃 大 田 彰 則 (古 河 機 械 金 属)
	〃 藤 木 靖 久 (み ず ほ 銀 行)
	〃 三 浦 宣 明 (清 水 建 設)
	監 事 大 石 裕 靖 (み ず ほ 銀 行)
	事 務 局 長 吉 澤 顕 (双 日)

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

- ◎尾 崎 博 (富 士 電 機)
- 山 田 裕 之 ()
- 片 桐 源 一 ()
- 荒 井 正 幸 (荏 原 製 作 所)
- 松 並 清 隆 (川 崎 重 工 業)
- 白 敷 利 和 (富 士 通)
- 西 本 貞 矢 (古 河 電 気 工 業)
- 井 上 一 夫 (古 河 機 械 金 属)
- 太 田 晶 宏 (み ず ほ 銀 行)
- 姫 野 洋 一 (清 水 建 設)
- 三 澤 宜 正 (双 日)
- オ ブ ザ ー バ ー
- 来 山 正 昭 (原 燃 工)

広 報 委 員 会

- ◎吉 澤 顕 (事 務 局)
- 松 田 克 代 (富 士 電 機)
- 伊 藤 貴 代 ()
- 才 川 美 紀 ()
- 倉 島 昇 (荏 原 製 作 所)
- 湯 原 貴 浩 (川 崎 重 工 業)
- 笹 野 貢 (富 士 通)
- 斉 藤 賀 津 雄 (古 河 機 械 金 属)
- 新 保 孝 之 (み ず ほ 銀 行)
- 松 尾 浄 (清 水 建 設)
- 庄 源 英 樹 (双 日)

原 子 力 情 勢 調 査 部 会

- ◎北 西 啓 一 (富 士 電 機)
- 羽 田 野 泰 彦 (荏 原 製 作 所)
- 佐 藤 康 士 (川 崎 重 工 業)
- 菅 波 潤 (富 士 通)
- 石 井 博 (清 水 建 設)
- 山 崎 博 巨 (双 日)

高 温 ガ ス 炉 プ ロ ジ ェ ク ト 部 会

- ◎大 橋 一 孝 (富 士 電 機)
- 岡 本 太 志 ()
- 毛 利 智 聡 (川 崎 重 工 業)
- 松 尾 浄 (清 水 建 設)
- 三 澤 宜 正 (双 日)
- オ ブ ザ ー バ ー
- 大 橋 準 平 (原 燃 工)

廃 止 措 置 ・ 廃 棄 物 処 理 プ ロ ジ ェ ク ト 部 会

- 村 上 知 行 (富 士 電 機)
- 平 野 貢 ()
- 石 山 祐 二 (荏 原 製 作 所)
- ◎武 仲 五 月 (川 崎 重 工 業)
- 三 田 一 登 (古 河 機 械 金 属)
- 金 沢 二 朗 (古 河 ユ ニ ッ ク)
- 鳥 居 和 敬 (清 水 建 設)
- 森 居 将 史 (双 日)

品 質 保 証 部 会

- ◎高 橋 正 昭 (富 士 電 機)
- 梅 津 博 幸 ()
- 新 田 和 彦 ()
- 木 村 修 ()
- 江 川 裕 二 (荏 原 製 作 所)
- 斉 藤 利 二 (川 崎 重 工 業)
- 森 雄 一 郎 ()
- 本 間 節 夫 (富 士 通)
- 長 浜 哲 志 (清 水 建 設)
- 今 林 真 人 (双 日)

Mitsuhiro Imai, Yasuhiro Ikeda

Real-time Monitoring of Dose Rate and Airborne Radioactivity in Working Environment in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

FAPIG No. 192 pp.6 ~ 10 (2017)

Dealing with the aftermath and the decommissioning of reactors have continuously practiced since the accident caused by the Great East Japan Earthquake at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Co., Holdings, Inc. For its remedial work, numbers of workers are still entering to this plant. To satisfy needs for all workers to carry out their works safely, Fuji Electric Co., Ltd. has developed and supplied the real-time monitoring system with area monitors and aerosol monitors with rolled filter to Tokyo Electric Power Co., Holdings, Inc. to check dose rate and airborne radioactivity concentration within the working environment before entering. This paper introduces the specifications and features of Real-time Monitoring of Dose Rate and Airborne Radioactivity in Working Environment.

KEYWORDS : real-time monitoring system, area monitor, aerosol monitor with rolled filter, Fukushima Daiichi nuclear power plant accident

Hisashi Mikami

Geopolymer SIAL®**-Development of Solidification Technology to Replace Cement-**

FAPIG No. 192 pp.11 ~ 15 (2017)

Radioactive waste generated from nuclear power plants is generally solidified by portland cement or blast furnace slag cement and then discarded in a drum can. Besides, asphalt solidification and plastic solidification are approved. In recent years, troubles such as expansion and collapse occur even if cement is hardly solidified or once solidified. In many cases, these are generated when a compound such as sulfate or nitrate which can not be solidified by cement is filled more than the setting. In this way, there are increasing numbers of voices calling for solidifying materials to replace cement.

In this report, we introduce "SIAL®", which has been approved overseas and is being operated commercially in 'Geopolymer' which has recently been drawing attention as a new solidifying material instead of cement.

KEYWORDS : SIAL®, geopolymer, Alkali Activated Material, AAM

禁無断転載

FAPIG No.192

平成29年2月24日印刷

平成28年度 第2号

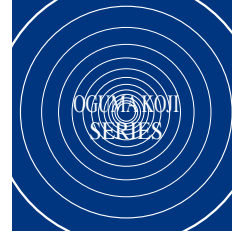
平成29年2月28日発行(非売品)

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) 6871-3082

ホームページ: <http://www.fapig.jp/>

編集兼発行人 片岡 昇

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



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。



眼差し

(ジナーエキスパート・47mm F5.6・エクタクローム100 PLUSプロ・絞りf22・15秒)



繁る

(ジナーp・90mm F4.5・エクタクローム100 PLUSプロ・絞りf45半・2秒)

作者プロフィール

尾熊 紘而 Oguma Koji

1966年 静岡県浜松市生まれ

現在 清水建設株式会社 原子力・火力本部在職中

写真歴

1976年 小6の誕生日、父に半分出してもらい一眼レフを購入。中判、大判カメラを経て、現在はデジタルスチルカメラ、デジタルシネマカメラで主に人物を撮影中

受賞歴

2012年 2012年度アサヒカメラ賞「カラースライド部門」第2位受賞

2014年 2014年度アサヒカメラ賞「カラースライド部門」第3位受賞

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

みずほ銀行

清水建設株式会社

双日株式会社