# □頭発表に関する座長のセッション報告

#### セッション 1 「減容技術 1」

座長:佐藤 理夫(福島大学)

多量に発生している放射性セシウムに汚染された土壌や 焼却灰等を受け入れるため、中間貯蔵施設の整備が進めら れている。最終処分の詳細は未定であるが、これらの汚染 物を減容化・再資源化して最終処分量を低減する必要性が あることは疑う余地が無い。減容化に関する研究開発を行 なっている機関は多く、4つのセッションで合計 21件の口 頭発表と6件のポスター発表が行なわれた。

日立造船の西崎氏らは、放射性セシウムを含む焼却対象 物に塩素を含む薬品を添加した後に焼却すると、通常の焼 却温度 (800~900℃) においても水溶性セシウムおよび 揮発セシウムが大幅に増加することを示した。薬品の詳細 は伏せられていたが、低融点薬品の添加効果が高い。焼 却処理において主灰のセシウム量を低減させ、貯蔵が必要 な量を減らす手法として注目される。龍谷大学の水原氏ら は、仮設焼却施設の炉内の放射線量分布や耐火物のセシウ ム量についての詳細な測定結果を報告した。運転開始直後 は運転日数に伴いセシウム量が増加して線量が上昇してい る。その後は、焼却処理物のセシウム濃度の低下に伴い耐 火物表面のセシウム量は低下し、線量は減少傾向にある。 炉内各所におけるセシウム量や耐火物深さ方向の分布も示 され、今後の運転・維持管理・施設の解体に有益なデータ であった。原子力機構の下山氏らは、汚染土壌とアルカリ塩 とを混合して加熱し、化学反応によりセシウムを含まない鉱 物を生成する手法を提案し、実験データを示した。塩化カ ルシウムまたは塩化カリウムを添加し、大気中または真空中 で加熱することにより、高いセシウム除去率が得られており、 X線回折により鉱物の構造が変化していることが示された。 国立環境研究所の倉持氏らは、焼却灰を溶融する際にセシ ウムを揮発させ、溶融スラグを再資源化するシステムを研究 している。多数の焼却灰の元素組成を分析すると共に、様々 な組成となるように灰を調整し、融点降下剤とセシウム揮発 促進剤の添加量を変えてセシウム除去率を調査した。灰の 化学的な性質を把握することの重要性が示された。また倉 持氏らは、仮設施設として運転しているシャフト式ガス化溶 融施設におけるセシウムの挙動についても報告した。セシ ウム揮発促進剤(塩化カルシウム)の添加により、98%以上 のセシウムが溶融飛灰に移行し、スラグ中のセシウム濃度 は極めて低くなっている。多くの灰組成で高い除去率を得 る条件が見出せている上に、生成するスラグは材料としての 安定性が高いため、溶融法は焼却灰の減容化手法として有

望と考えられる。

## セッション 2 「減容化技術 2」

座長:佐藤 久子(愛媛大学)

減容化技術に関するセッション 2 に関して以下に概要を まとめる。

本セッションでは4件の発表があった。

日立造船と国立環境研究所の発表は「セシウム分離促進 技術による放射能汚染廃棄物減容化のトータルシステム」 であり、焼却の前にセシウム分離促進剤後に焼却をおこなう というアイデアであった。処分または再資源化が困難な焼却 主灰のみを溶融対象としているので、溶融炉の負荷を軽減 することが可能となる。なお、溶融処理により放射性Csは 溶融飛灰に移行する。飛灰の洗浄後の吸着はゼオライトを 使用するというアイデアで固化することが提案された。実際 のラボ実験は別発表であり、コンセプトの提案であった。質 間として、コスト計算でどの部分が一番かかっているかという 質問があった。今後の有望技術としてさらなる検討がされて いくことを期待する。

北大と国立環境研究所の発表は「放射性セシウム汚染廃棄物の超減容化のためのイオン交換クロマトグラフィー」である。Cs+吸着の主要な妨害元素であるカリウムイオン(K+)がモル比で数万~数十万倍以上共存しても特異的にCs+を吸着でき、かつCs+に対するイオン交換容量が大きいこと、Cs+吸着速度が高く、速やかに固液平衡に達すること、多量の放射性Csを含む使用済み吸着剤の安定化処理が容易なこととして、シリカゲル担持フェロシアン化銅を吸着剤として用いると多量のアルカリ金属塩存在下でCs+を効率よく分離除去でき、分離除去されたCsはジオポリマーで固化することにより容易に安定化できることが発表された。質疑では、シリカゲルの粒子の大きさなどに関する質問があった。粒径を制御することでさらなる有望な技術になると思われる。

クボタ環境サービス、クボタ、中外テクノス、国立環境研究所による「溶融技術による分級後細粒土壌の高度減容化処理に関する実証評価」の発表であった。除去土壌等の減容化について分級処理と高度処理(溶融)の組合せを想定し、分級後細粒土壌を溶融対象として基礎試験、プラント試験、システム評価を行った総合的な発表であった。反応促進剤CaCl<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>の添加濃度を用い、30分間加熱して98%以上の高いCs揮散率が得られ、細粒土壌の粘土鉱物等に吸着した放射性Csについても溶融技術による高効

率揮散分離が可能であることが示された。 プラント試験でも Csを揮散分離できることが実証された。 質疑では、どういう観点で分級したかに関してその目安に関して質問があり、70ミクロン以下でおこなっていると回答があった。

国立環境研究所、太平洋セメント、農業・食品産業技術 総合研究機構による焼成技術を活用した汚染土壌の再生利 用に関する研究の発表であった。熱的減容化技術により浄 化物をクリアランスレベルのセメントとすることを目的に、実 除去土壌を用い放射性セシウムの揮発特性に関する検討を 行った。実証試験機により模擬除去土壌をセメントクリンカ 化し、セメント性能について評価した結果の報告があった。 土壌に反応促進剤を添加し、化学組成を調整し、混合・成 形することにより調合原料とした。小型回転式電気炉また は固定電気炉を用いて所定温度で60分間熱処理を行った。 気化したCsは冷却後捕集することによって濃縮Cs塩として 回収されている。セメントクリンカ鉱物が生成していること が確認された。質疑では、研究がかなり進んでいるようなの でこれまでの成果を論文などの形で発表してほしいとの要望 が出され、発表者からセメント化のメリット、デメリットに関 して今後論文発表を検討したいとの回答があった。

## セッション3 「環境再生、食の安全、野生生物、 陸・海域の汚染」

座長:米田 稔(京都大学)

セッション3では5件の発表が行われた。東京電力ホールディングス株式会社の本條氏からは「きのこ・野菜等におけるセシウムの吸収挙動」と題し、シイタケ菌床栽培において、子実体へのセシウム移行はカリウム添加時に約60~70%低減するが収量も30%以上低減してしまったことなどからシイタケのCs移行抑制剤としてカリウムは不適と考えられること、ナメコ原木栽培ではカリウムによる抑制効果は低かったこと、小松菜やミニトマトでのセシウムとカリウムの移行係数を比較すると、いずれもカリウムの移行係数が高いことなどが報告された。キノコや野菜へのセシウム吸収特性として貴重なデータが得られつつあると考えられる。

福島大の金澤氏らからは「放射性セシウムの化学的性質2」と題し、土壌や枯葉に吸着した放射性 Cs は水には極めて溶けにくいこと、放射性 Cs を含む土壌で野菜を種から栽培した場合、Cs の野菜への移行係数はかなり小さいこと、フキノトウの可食部の Cs 含量は地下茎含量の1/4 程度であったことなど、放射性 Cs の様々な性質が報告され、今後もさらなる科学的実証を続けて行くことが重要であることが指摘された。

茨城大学の中里氏らからは「空間線量率の異なる複数の 森林河川における渓流魚の放射性セシウム濃度とその蓄積 速度について」と題して、標識放流実験によりイワナやヤマ メへの放射性セシウムの取り込み速度を測定した結果が報告された。その結果、ヤマメやイワナの放射性セシウム濃度と体重の関係には有意な正の相関が見られたこと、放射性セシウム蓄積速度は2魚種とも空間線量率の高い地点に放流した個体の方が、線量率の低い地点に放流したものより高かったが、各地点ともに魚種ごとに放射性セシウム蓄積速度には有意な差が見られ、ヤマメの蓄積速度はイワナのそれよりも1.5~2.3倍速かったことなどが報告された。魚種によるこれらの差は、各魚種の成長速度と密接に関係していると推測されるとのことであった。

荏原工業洗浄株式会社の関根氏らからは「大熊町雨水貯槽に蓄積された放射性セシウムの存在形態」と題して、震災から約1年8か月後の雨水貯槽水から得たサンプルを測定した結果から、雨水貯槽中の放射性Csの約40%が中央値約0.2μmの非水溶性の粒子であった可能性があること、約10%がイオン状として存在したのは、顆粒状の放射性Csが水に一部溶解した可能性があること、非水溶性粒子を土壌から擦りもみ等で物理的に分離することで、廃棄物を減容できる可能性があることなどが報告された。今後の廃棄物減容化に活用される可能性がある。

茨城大学の苅部氏らからは「請戸川流域における福島第一原子力発電所事故由来の放射性ストロンチウムの分布」と題して、請戸河川流域において、簡略化された放射性Sr分析法を活用して原発事故に由来する放射性Sr分布の解明を試みた結果が報告された。その結果、2015~2016年の請戸川上流の一部地域では、陸域環境だけでなく水環境中でも原発事故に由来する放射性Srが検出できるほどに分布していること、原発事故により土壌に沈着した放射性Srの一部が河川を経由して魚類の骨に蓄積するという放射性Sr移行経路が示唆されたことなどが報告された。また、発表後の質疑において、検出された放射性Srのリスクに比べ、はるかに小さいことなども報告された。今回の報告内容は、Srの環境中移行の有効な研究方法を示すものと考えられる。

### セッション4 「除染技術 1」

座長: 保高 徹生

(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)

本セッションでは、除染技術に関する3件の発表が行われた。

AZMECの正田氏らの発表では、高圧噴流による土壌 洗浄システムを用いた溜池除染に関する研究発表がなされた。本工法は、エジェクター内に衝突板をもうけ、高圧 水により発生する乱流により粗粒分に付着した細粒分の 剥離による洗浄効果が生まれる技術であり、福島県内の ため池に適用した事例が紹介された。「高圧水により発生 する乱流により粗粒分に付着した細粒分の剥離の効果に ついて定量的なデータはあるのか」との質問に、定量的 なデータはないが、原理的には上記の効果が生じている と考えられる、との回答がなされた。

日本大学の岡本氏らの発表では、「循環型浄化システムを用いた堆積汚泥に吸着した放射性セシウムの除染」と題した発表がなされた。具体的には、堆積汚泥内に安定セシウムを添加した後、ゼオライトを添加して溶存態放射性セシウムを吸着させるとともに、好気性菌を活性化させ汚泥の分解を促進させPACを添加し共沈させることで、汚泥中の放射性セシウム濃度を低減させる方法である。 セシウムは時間の変化とともに、吸着態から固定態になるため、養生時間を変化させることで、最適な添加量が変化するのではないか、との質問があった。

京都大学の日下氏からは、マイクロバブルフローテーション法による水中の炭酸塩コロイド粒子の分離回収に関する研究発表がなされた。本法は、ストロンチウムを対象としており、マイクロバブルフローテーションによりコロイド粒子を(沈殿ではなく)浮上産物として濃集する方法である。 凝集粒子径と除去効果に関して、実験と理論の両方の視点からの検討結果が報告された。

本セッションでは、全ての発表で、セシウムやストロンチウムを吸着した濁質の分離技術に主眼を置かれた発表がなされたが、それぞれが異なる理論・技術に基づくものであり、非常に興味深かった。発表者、質問者および参加者の皆様に感謝申し上げる。

#### セッション5 「廃棄物対策」

座長:河津 賢澄(福島大学)

本セッションでは、廃棄物対策に関する4件の発表が行われた。

最初に、株式会社東芝の下田氏らにより(口頭発表は金子氏)「ストロンチウム汚染土壌の安定固化方法」と題し、放射性セシウムに比べ、土壌との結合が弱い放射性ストロンチウムを安定固化する方法についての報告が行われた。Srを安定固化する手法としてスローソン石(SrAl₂Si₂O₂)を合成する方法を検討し、ストロンチウム溶液に2mm以下に分級した土壌を1週間ほど浸漬し、固相部分を乾燥させた模擬汚染土壌にA型ゼオライトを1:1で混合し、プレス成型(900 kg/cm²)後、1100℃で焼成したペレットのX線回析パターンではスローン石のピークとほぼ一致することが示された。また、粉砕した焼成ペレットの浸出試験で得られた規格化浸出速度は1.8×10<sup>-11</sup> g/cm²/dayであり、Srの鉱物化により水への溶出が抑制されることが示唆された。

次に大成建設株式会社の大谷氏らにより「除去土壌等の 輸送用簡易遮水トレイの技術開発事例 — 積込み作業の効 率化一」と題して、除去土壌等の仮置場から中間貯蔵施設へ輸送する車両の安全かつ効率的な積込み作業を行うための遮水トレイの開発事例が報告された。通常は輸送車両の荷台全体を遮水シートで覆い、輸送中の除去土壌等の飛散、流出及び水分の漏洩を防止する方法がとられているが、報告では脱着可能な汎用性が高い土のう袋1袋タイプのトレイに続き2袋タイプのトレイが紹介され、土のう袋からの漏洩等への即時対応性のほか、作業時間も従前と変わらないことが示された。今後、中間貯蔵施設への汚染土壌搬入量が大幅に増加する中で、安全を第一としながら効率的な輸送が望まれている。

次にJFEエンジニアリング株式会社の下田氏らにより「放射能汚染金属の溶融除染」と題し、放射性セシウムに汚染された金属を溶融することにより、放射性セシウムを除去することを実験的に検討した結果が報告された。溶融時にCsはスラグ・ダストに移行し、メタル中にCsは実質的に溶解しないことを確認し、廃棄物の焼却溶融炉の結果より、「メタル中の放射性セシウム濃度」は「スラグ中の放射性セシウム濃度」と「メタル中のスラグ濃度」を乗ずることにより得ることができると考えられ、汚染金属に対し重量比10%のスラグを添加し、溶融実験を行ったところ、放射性セシウム160万Bq/kgの汚染金属からクリアランスレベル(100 Bq/kg)以下の除染金属が得られることが示唆された。

セッション最後に株式会社環境科学開発研究所の齋藤氏らにより「福島における下水汚泥中の放射性セシウムの存在形態」と題し、保管されている汚泥中の放射性セシウムの存在形態の分析の状況について報告がなされた。下水汚泥を乾燥、粉砕し、X線回析で含有成分を分析する一方、イメージングプレート上に展開し、放射性粒子を特定し、走査電子顕微鏡(SEM)による観察やX線組成分析が行われた。その結果、分析した3つの粒子(100 µm程度)はいずれも非常に細かい粒子の凝集体でC,O,Na,Mg,Al,Si,P,S,K,Ca,Feなどが同程度の強度で検出されたとの報告がなされた。今後はさらに粒子を断片化し、透過電子顕微鏡(TEM)等での解析も予定していることから、研究の進展を期待したい。

## セッション 6 「減容技術 3」

座長:下山 巖(JAEA)

本セッションでは減容技術に関する 6 件の口頭発表が行われた。6 件のうち 86-1、86-3、86-4 の 3 件は分級処理に関する発表、86-2、86-6 の 2 件は湿式化学処理に関する発表、86-5 は熱処理に関する発表であった。

大阪大学の堀江氏らによる「磁気力制御を用いた除去 土壌の減容化・再生利用に関する基礎的研究 ~有機物 処理の検討~」(S6-1)では湿式分級と磁気分離を組み 合わせた手法が報告された。土壌中の腐植質により形成される凝集体は磁気分離による分離効率を下げる要因と考えられるため、炭酸カリウム添加による腐植質の分解を試みた。結果として汚染土壌の放射能濃度の低減率は最大40%向上した。粒径が小さいほど処理後の放射能濃度の差が大きいことから、シルト・粘土分に対する減容化が期待できる。

愛媛大学の佐藤氏らによる「汚染土壌の減容化に向けた粘土化学的手法の開発」(S6-2)では主に湿式の様々な手法を用いた Cs 除去について報告があった。発表では安定 Cs 同位体や高濃度 Mg 水溶液によるイオン交換、酸処理、ボールミリング、マイクロ波照射などの組み合わせによる試みが示され、フッ化水素アンモニウム水溶液とマイクロ波照射による 95% のセシウム除去が報告された。現状では各処理の組み合わせの効果が不明だったため、今後は組み合わせに関する相乗効果の解明が課題の一つだろう。これにより処理プロセスの最適化が期待できる。

大阪大学の秋山氏らによる「汚染土壌微粒子懸濁液の固液分離法に関する研究」(S6-3)では湿式分級処理の最終段階である固液分離の改良について報告があった。湿式分級で得られるシルト・粘土分の表面に Mg²+イオンを吸着させて粒子間の静電反発ポテンシャルを低下させることで微粒子が凝集しやすくなることを見いだした。また、コロイダルシリカを添加することで微粒子の沈殿がさらに促進されたが、これは粘土分(カオリナイト)の架橋が生じたためと考えられる。粘土鉱物の種類に応じた選択的沈殿が可能であれば、より広い応用が期待できるためこの方向での発展も期待したい。

株式会社奥村組の白石氏らによる「高炉スラグ微粉末を利用した磁選による放射性セシウム汚染土壌の乾式分級」(S6-4)では Fe 微粉末を土壌成分に吸着させ、磁場により粒径の小さい(軽い)成分に対して選択的分離(磁選)を行う手法の改良について報告があった。発表ではFe 源として安価な高炉スラグを用いた点とドラム型磁選機を用いた点が主な改良点である。それにより粗粒分の放射能濃度が 47~53%まで減少したことが報告された。

福島大学の佐藤氏らによる「含フッ素低温溶融塩による汚染土壌からの放射性セシウム除去」(S6-5)ではビス(フルオロスルホニル)アミドナトリウム塩及びカリウム塩の溶融塩を土壌と反応させることで最大85%のCs除去率が得られたとの報告があった。従来の熱処理ではアルカリ塩の添加と1000℃以上の高温が用いられることが多いが、それに比べて大幅に低い処理温度(120~150℃)でCs除去が可能であることを示した点に大きな意義がある。現時点では土壌に対して重量比3~6倍の試薬を用いているが、主にイオン交換に基づくと予想される反応

機構を解明することでより効率的なCs除去が期待できる。

東北大学の大平氏らによる「アルカリ金属塩を用いた粘土鉱物からの Cs 脱着」(S6-6)ではモルデナイト及びベントナイトの模擬土壌と実汚染土壌を用い、NaCl と KCl 水溶液のイオン交換による Cs 除去が報告された。模擬土壌に対しては KCl 水溶液を用いることで 7~8割の Cs 除去を見いだした。また実土壌に対しては純水で Cs 脱着が生じないのに対し、NaCl 水溶液で最大 48%の放射能濃度の減少を観測した。今後はこれらの数値を向上させる対策が課題の一つとして挙げられる。

#### セッション7 「保管・減容」

座長: 保高 徹生

(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)

本セッションでは、保管・減容に関する6件の発表が 行われた。

九州大学の中山氏らからは、ドローンを用いた除染廃棄物仮置場キャッピングの維持管理手法に関する研究の発表がなされた。本技術は、除染仮置き場の雨水溜まりによる張力によるキャッピング材の破損等の被害の事前把握を目的とし、ドローンの画像データによる3Dモデルの作成、さらにFEMによるキャッピングの歪の応力計算を実施することで、ドローン画像からキャッピング材の破損可能性の評価を事前に把握できる可能性が示された。

安藤ハザマの荻野氏らからは、「除去土壌の土壌改質 および濃度分別技術の実証(その1)石こう系改質材による土壌改質性能の評価と実規模改質試験」に関する報告 がなされた。4種類の土壌に対して、複数種類の石こう 系改質剤を添加量を変えて篩上残渣として残る割合から 改質の効果を確認し、水田土壌においては改質剤が有 効なことを示した。

続けて安藤ハザマの木川田氏らからは、「除去土壌の土壌改質および濃度分別技術の実証(その2)連続式土壌濃度測定分別装置の構築と実証」の発表がなされた。土壌をベルトコンベア上で整形し、9個のシンチレータを用いた濃度測定法とゲルマニウム半導体検出器による分析結果を比較し、±10%の精度で測定できることを示した。土質に応じた判定等への応用等の可能性についての質問が出た。

福島県環境創造センターの高橋氏らから、「仮置場資材の長期耐久性に関する調査研究」の報告がなされた。具体的には、複数種の除去土壌等保管容器(フレキシブルコンテナ)の未使用品および仮置き場現地で2-4年保管された容器を用いて、吊り上げ・吊り下ろし性、衝撃落下強さ等の長期耐久性に係る内容について、調査を実施した。その結果、約4年間経過した容器でも新品の80%以上の引張強度を保っていることが報告され、長期的な安定性の予測値

も述べられた。

福島県環境創造センターの小磯氏らから、「福島県市町村除染技術支援事業における仮置場の不陸対策実証試験」の結果に関する報告がなされた。本研究では、仮置場の上部シートの凹みにおいて湛水が発生した箇所に、ジオグリッドを用いて補強をする措置工法であり、一定の効果が確認された。

最後に、公益財団法人国際科学振興財団の稲森氏らにより「放射性高濃度廃棄物のGコンボックス保管技法の柏市における事例と整備強化の重要性」と題した発表が行われた。8,000 Bq/kgを超える指定廃棄物の保管用として、4本のドラム缶を格納し、95%以上の放射線遮蔽性能を有する格納容器を使った実証試験の結果等が報告された。

本セッションのいずれの発表も、長期的な管理・保管や中間貯蔵施設での保管を見据えたものであり、参加者にとって多くの新たな知見が提供された。発表者、質問者および参加者の皆様に感謝申し上げる。

#### セッション 8 「減容技術 4」

座長: 秋山 庸子(大阪大学)

本セッションでは東京工業大学の竹下氏らの研究グループによる一連の研究「金属イオン含有亜臨界水による土壌分級物からのCsの高速イオン交換回収と高減容ガラス固化」に関して6件の発表があった。まず東京工業大学の竹下氏らより、本研究の全体像について発表があった。本研究で提案されている減容化法は、まず汚染土壌からMg²+を含む亜臨界水(250℃)を用いて放射性セシウムを水相に脱離させ、脱離したCsをガラス固化する。固化法としては2つの手法を検討しており、固化法1はフェロシアン化カリウムに吸着回収して熱分解し、熱分解残渣から水で溶出させて得られたCs塩をガラス固化する方法、固化法2は固体酸含有高珪酸ガラスにより吸着回収し、それをガラス固化する方法である。本手法により大幅な減容が期待できる。質疑ではなぜMg²+を脱離液として使用するに至ったかの質問があり、脱離効率の価数依存性の調査結果が回答された。

引き続いて竹下氏らより脱離試験に関して発表があった。 亜臨界水処理により、バーミキュライトの層間の距離が増加 し、層間に強く固定化されていたCsを水和2価金属イオン により高効率にイオン交換して脱離できることが報告され た。質疑では、脱離量の経時変化、温度と圧力の影響の 寄与、エネルギーコストの試算、土壌有機物の影響など、 多数の質問があり、亜臨界条件でのCsの脱離メカニズムに 関する活発な議論がなされた。

3件目は東京工業大学の稲葉氏らより、上記固化法1 を用いた亜臨界処理水からの Cs の選択的回収、ガラス 固化の検討について発表があった。非汚染土壌を用いた コールド実験、および放射能濃度約2万 Bq/kg 程度の 実汚染土壌を用いたホット実験について報告された。質疑 では、熱処理で発生するシアン化物の処理、熱分解の必 要性、ガラス固化の温度条件に関しての議論がなされた。

4件目は東京工業大学の高橋氏らより、上記固化法2を用いた固体酸含有高珪酸ガラスへのCsガラス固化に関して発表があった。非放射性Csを用いた固体酸含有高珪酸ガラスへの吸着特性の評価と、ガラス固化温度によるCsの固定化特性の評価結果について報告された。質疑ではCsの吸着選択性のメカニズム、実用における吸着の繰り返しに関して議論がなされた。

5件目は三菱マテリアルの堀内氏らより、上記の基礎研究に基づいた一連のシステム評価と今後の展望について報告がなされた。最大処理量14t/日のシステムを想定してコストを検討した。その結果、最終処分量を1/18,700以下に高減容化できる見通しが得られたが、課題として水量が多いために加熱の電力コストが大きいこと、バッチ処理をカラム式にして連続化することなどが挙げられた。質疑では電力コストを下げるための方策、処理に必要な時間に関する議論がなされた。

最後の6件目はエンバイロテック開発の宗澤氏より、1件目から5件目の報告内容を総合した実用システムの開発について報告がなされた。汚染土壌からの処理水および焼却灰洗浄水の大量処理を想定したシステムの検討により、二次廃棄物を出さないシステムの実現性が報告された。

一連の発表により、分級処理後のシルト・粘土分の高度処理法の一つとして期待される化学処理について、そのメカニズムから実用までの多角的な議論がなされ、いくつかの課題が明確になるとともに実利用への期待の持てる内容であった。

### 【セッション 9 「計測技術 1」

座長:小林 剛(横浜国立大学)

本セッションでは、放射性物質、放射線の計測技術に関する6件の発表が行われた。

最初に、東京電力ホールディングスの和田氏らから、「フレキシブルコンテナ内土壌の効率的な放射性 Cs 放射能 濃度評価手法の検討」と題して、現地で大量に生じるフレキシブルコンテナに、実用的で簡易な可搬型機器を用いた 現場計測法 (In-situ 法、コリメータ付サーベイメータ法)を適用し、公式の評価手法であるサンプリング分析との比較・評価した結果が報告された。 提案手法は、現在の公式法と相関が高く、8,000 Bq/kg 超か否かを迅速に判断できると考えられた。 検体数を増やして精度確認した上で、早期の実用化を期待したい。

2件目は、工学院大学の小出氏らから、「植物中 Cs の

微小領域イメージング」と題して、凍結試料導入法を用いて含水状態の試料を二次イオン質量分析することで植物中Csを可視化する研究の進捗が報告された。現在は<sup>133</sup>Csを用いており、微量に存在する<sup>157</sup>Csを観察するには感度の面で困難と思われるが、放射性/非放射性を合わせたCsそのものが植物中でどのように吸収や蓄積されるか、動態観察には意義があると思われる。

3件目は、堀場製作所の中村氏らから、「ガンマ線画像 分析装置による空間線量率イメージング」と題して、電子 飛跡検出型コンプトンカメラ技術を活用した、対象表面からの γ線を直接測定できるガンマ線画像分析装置を福島で の環境放射線測定に適用した結果が報告された。想定される γ線分布と実測値とは一定の相関が見られ、高線量部分 の確認の可能性が示された。更なる高精度化や撮像時間の 短縮などが期待される。

4件目は、テクノエックスの石井氏らから、「高濃度放射能物質の管理のためのロボット技術 (遠隔操作)による放射能可視化システムの開発」と題して、マルチコリメータ方式ガンマカメラを用いた 3次元放射能濃度分布計測法とロボット技術とを組み合わせた 3つの無リスク計測法の開発状況について報告された。ドローンを用いた上空からの高濃度放射能の可視化、高所作業車などを用いた高濃度集積汚染物の 3次元放射能分布測定、小型地上走行車を用いた高線量下での 3次元放射能分布測定など、いずれも遠隔地からの操作により、無人で高線量の放射能分布を把握、管理する技術であり、実用化が益々進むことが期待される。

5件目は、東北大学の山守氏らから、「測定精度およびフィールド調査を意図した γ線方向線量測定器の開発」と題して、現場での運用性(軽量化)と測定精度とを考慮した γ線方向線量測定器の検討結果が報告された。遮蔽板径や遮蔽板と計測面との距離を検討し、重量 14.4 kg の測定器の開発に至っている。測定器重量はフィールドでの運用性に大きく影響することから、検出器も含めた更なる最適化を期待したい。

最後に、三菱総合研究所の鈴木氏らから「放射性物質 汚染物取扱施設の炉内放射能汚染確認方法の合理化検 討」と題して、除染廃棄物等を処理したガス化溶融炉内の 放射線可視化カメラでの測定結果や、耐火物への Cs と他 の元素の浸透状況の測定結果に基づき耐火物表面を 1 cm 分除染すればよいことが報告された。測定者が炉内作業無 しに、汚染状況を把握、管理できるようにすることは重要 である。

本セッションでは、放射性物質、放射線の計測技術について発表されたが、実用を強く意識して、現場での作業性や精度の向上(軽量化、分析精度、迅速性)、作業者の被曝量軽減(遠隔操作、外部からの測定など)のための開発の努力がなされていることが印象的であった。放射性物

質の見える化は、作業者のためのみではなく、汚染物質の 挙動把握やリスクコミュニケーションのためにも有用であ り、更なる研究の進展を期待したい。

#### セッション 10 「計測技術 2」

座長:島岡 隆行(九州大学)

本セッションでは、4件の口頭発表が行われた。本セッションは計測技術の開発に関する発表であり、溜め池における放射性セシウムの多地点同時測定システム(S10-1)、放射性物質の測定技術や精度管理の確立のための放射能クロスチェック(S10-2)、埋設型中間貯蔵施設からの放射性物質漏洩監視システム(S10-3)、多色イオン化光源による難分析核種の高感度分析(S10-4)について発表がなされた。

S10-1 (産業技術総合研究所・東京パワーテクノロジー)では、長期間求められる農業用溜め池底質の放射性セシウムのモニタリングを目的に、作業負荷が大きく時間を要しているコアサンプリング法の代わりとなる多地点同時測定システムの開発を目指している。7個のγ線センサーを6cm間隔でパイプ内に組み込んだ装置を用い、池水と底質中のγ線量率を深さ方向に測定し、リアルタイムで放射性セシウムの鉛直濃度分布を求める手法である。測定結果はコアサンプリング法による濃度分布を良く再現しており、測定時間3分間と10分間のデータには大差がない結果が得られている。また、通信基地から半径40m以内で安定した測定操作を確認している。

S10-2 (日本環境測定分析協会)では、原子力発電所の事故により放出された放射性物質の対策を行う上で、測定技術や精度管理の確立は不可欠であることから「放射能測定分析技術研究会」を立ち上げ、平成24年度から毎年放射性セシウム濃度のクロスチェックを実施している。過去、5回の放射能クロスチェックの結果について報告がなされた。毎回60~80の分析機関が参加している。分析対象試料は、下水汚泥焼却灰、飛灰固化物の溶出液等である。第4回クロスチェックまでの変動係数は2.8~6.4%であったの対して、懸濁試料を対象とした第5回クロスチェックでは6.9~10.2%を示し、試料の前処理方法の相違が変動係数を大きくした要因であると考えられている。なお、過去5回の報告書は協会のホームページに掲載されている。

S10-3(ソイルアンドロックエンジニリング)では、中間貯蔵施設からの放射性物質漏洩の監視システムの構築を目指し、地下水中の放射性セシウムの自動モニタリング機器及びその開発状況について報告がなされた。モニター機器システムは、検出器のガイドパイプ(ステンレス製、φ60 mm前後)、γ線検出部、中継基地、モニター装置から構成されている。常時監視としてγ線係数率を測定し、警戒値を超えるγ線係数率が得られた場合、γ線のエネルギースペ

クトルを解析することにより原因核種を確認するシステムが 考えられている。 今後、実用化に向けて、測定の実績とデー タの蓄積が望まれる。

S10-4 (工学院大学・日本中性子光学・名古屋大学)では、内部被爆の影響が懸念される α線や β線を放出する難分析核種の環境実態を明らかにするため、レーザー共鳴イオン化質量法と二次イオン質量分析法を融合した新たな分析法について紹介がなされた。レーザー共鳴イオン化質量法の特徴である放射性微量元素分析と二次イオン質量分析法の微小視野での微量成分のイメージングが可能な技術を組み合わせることによって、高い選択性を有した高感度微小視野イメージ技術を開発しようとするものであり、精度目標や開発状況の詳細が報告された。

## セッション 11 「リスク管理等」

座長:釜谷 美則(工学院大学)

S11-1 の発表タイトルは「福島県内の市町村の除染に関する課題認識 - 過去5年間の比較分析 - 」である。福島大学の川崎氏による発表で、これまで長く実施してきたアンケート調査に関するものである。アンケート調査の結果、調査開始から一貫して半数程度の市町村において「森林の除染」や「再除染(フォローアップ除染)が課題となっていたが、近年の傾向は「除染技術・方法の見直し・改善」や「住

民の合意形成」に関しての関心が減少傾向にあるとのことである。除染に関するアンケートは、本音と建前が交錯する内容も含んでおり、それを客観的に評価することが大変であるように感じた。

S11-2 の発表タイトルは、「ディープラーニングによる個人線量計測データを用いた行動パターン自動判別」である。東京電力ホールディグスの石井氏らによる発表で、行動パターンを自動判別する手法について報告した。自宅、屋内、屋外での被ばくの確率を自動判別し、その正答率を向上させる目的である。学習データの取得の継続、学習モデルの見直しをさらに実施し、実運用に向けた自動判別システムの構築と実証実験を進める予定であることが示された。今後、この方法が確立することで実用的な手法として使用されると思われる。

S11-3 の発表タイトルは、「放射線輸送コードを用いた森林内被ばく評価システムの開発」である。日本原子力開発機構の佐久間氏らによる発表である。森林内での被ばく線量を評価する上で不可欠な空間線量率の分布に関する研究である。この評価法は、地表面での放射線セシウムの深度分布、地形効果、リター層及び各土壌物性、樹木や土壌の遮蔽効果、さらに樹木の形状モデルを考慮し、三次元放射線空間線量率評価ツールとして示された。このように多くのパラメータを踏まえた評価法であって、今後のさらなる研究の発展を期待したい。

