▶□頭発表に関する座長のセッション報告

セッション 1 減容化(1)

座長:宮脇 健太郎(明星大学)

セッション1では、8件の報告が行われた。主に、減容 化に関わる研究が報告された。 S1-1 では、フレキシブル コンテナ中で、セシウムを電気的に移動させ吸着除去する という実験的検討が行われた。土中からのセシウムの移動 は確認され、土壌のセシウム溶出率は低減する結果が報 告された。S1-2では、淘汰管による粒子分級の検討を 行った。福島県内の実汚染土壌を用いて、分級後の放射 能濃度低減率を確認した。分級は装置の改良なども含め 良好になった。今後、分級点の最適値などを検討するとい う報告であった。 S1-3 では、トリチウムを含む汚染水の保 管として、吸水性ポリマーを用いた保管方法を提案されて いる。また、吸水ポリマーと糖が共存する条件で、保持性 能が向上することが確認された。分析方法についての課題 についても報告された。S1-4では、湿式磁性体形成反応 (マグネタイトの湿式生成法)を用いた新たな土壌分級技術 を検討した。Fe²⁺のみ添加が最適であると報告があった。 また、各種パラメータの影響についても紹介された。S1-5 では、常温乾式磁力選別について検討を行った。試験は、 土壌に対し磁性鉄粉を混合し、磁気分離(磁気ドラム)を 行ったものである。回転数を変更し実験の行い、回転条 件により分離精度が異なることが報告された。S1-6では、 ポルサイトの形成によるセシウム不溶化について、Na、K、 Caの存在量により、ポルサイトが形成される条件が異なる ことを示した。Caの影響が大きいことが紹介された。S1-7 では、洗浄分級後の粘土・シルト分を溶融炉で処理する 前処理として、高圧フィルタープレスを適用した試験結果 を報告された。従来の脱水よりもエネルギー使用率も低 く、フィルタープレスのみで含水率もかなり低い状態まで 低減できることが示された。本セッションの報告では、基 礎研究や新規性の高い研究、また、実用に向けた検討ま で様々な研究が進められている。いずれも、将来的なCs 管理のためにも有益な報告であった。

セッション 2 「計測・解析技術」

座長:後藤淳(新潟大学)

本セッションでは、環境中放射能の計測技術に関する 発表が3件、土壌中水分の計測技術に関する発表が2件、 線量率の解析に関する発表が2件の計7件の発表が実施 された。 S2-1 は産業技術総合研究所の小川氏らによる「γ線センサーアレイによる山林土壌中放射性セシウムの鉛直・水平分布解析」と題した発表で、1次元及び2次元のγ線センサーアレイを用いた山林土壌における放射性セシウムの深さ方向及び水平方向分布の調査について報告された。未除染の山林における放射性セシウムの挙動の把握は重要であるので、比較的安価な装置でかつ簡便に測定が出来る本手法の今後の応用に期待したい。

S2-2 はソイルアンドロックエンジニアリング株式会社の 池永氏らによる「高線量地域に対応した新型表面透過型 RI密度水分計の開発」と題した発表で、盛土品質管理試 験に用いられる表面透過型RI密度水分計の改良について 報告された。従来のRI密度水分計は高線量率地域での使 用が困難であったが、⁶⁰Coの線源からのγ線を測定する 検出器をGM計数管からシンチレータに変更し、900 keV 以上の計数のみで解析する事で放射性セシウムからの影響を大幅に軽減できるとの事であった。

S2-3は千葉大学の木股氏らによる「物質表面のストロンチウム 90 測定器の開発」と題した発表で、 90 Y(90 Srの娘核)の β 線がシリカエアロゲル中で放射するチェレンコフ光を検出する事で、測定困難な 90 Srの表面汚染を測定する方法について報告された。同氏らが用いたシリカエアロゲルは屈折率(1.0392)が非常に低いため、 90 Yが放出する高エネルギー β 線ではチェレンコフ光が放射されるが、一方で 137 Csなど多くの核種が放出する β 線のエネルギーではチェレンコフ光が放射されないので他核種からのバックグランドを低く抑えられる。福島第一原発事故によって放出された 90 Srは、より高い放射能の 137 Csと共に存在している事が想定されるため、本手法は廃炉等に関係する表面汚染の分析に有効であり、今後の発展が期待される。

S2-4 は安藤ハザマの木村氏らによる「可視/近赤外ハイパースペクトルカメラ搭載型UAVの飛行撮影による広域地盤の含水状態の判別」と題した発表で、中間貯蔵施設における土壌表面の風乾に伴う粉じんによる作業員の被ばく低減を目的とした土壌の含水評価法について報告された。3種類の購入土(粘土・シルト・珪砂5号)の混合割合及び含水比を変えた計25種類の模擬土壌を用いた試験より、反射スペクトル強度から0-30%間の含水比を判別できる事が明らかにされた。放射性物質を含む土俵の含水比管理に有効な手法と成り得るものであり、活用が期待される。

S2-5 は高橋科学及びふくしま再生の会の高橋氏らによる 「森林内で樹幹の放射能をそのままで測定する― 特性 X 線測定による方法」と題した発表で、樹木の放射能濃度を 伐採前に森林内で測定するために開発した装置と実測した 結果について報告された。線量率が同程度の場所でも、 樹木の放射能濃度が大きく異なる事もあるとの事であり、 同氏らが目指す伐採不要の測定法が重要であると感じた。

S2-6 は豊田放射線研究所の豊田氏らによる「福島第一原子力発電所事故後の周辺線量当量率:長期予測とその半減期プロファイル」と題した発表で、沈着後の放射性物質が冪関数(初期)+指数関数(中期以降)で減衰するとした「HSモデル」による周辺線量当量率の解析結果が報告された。同氏らの解析で得られた30年後予測は、Kinase氏らによる2コンパートメントモデルと比較して、減衰が大幅に速いとの事であった。また、2011年に実施された福島土壌調査に関連する再測定を実施し、自然現象及び人為的な影響を解明したいとの事であり、今後の成果が期待される。

S2-7 は東北大学の中島氏らによる「γ線空間線量率解析に用いる実用的な放射線境界条件モデルの開発」と題した発表で、建築物内部の線量率分布の予測手法の開発についての報告があった。線量率分布の予測はモンテカルロ法によるシミュレーションが有効であるが、環境中の場合はγ線の空気中飛程を考慮すると広域(100 m オーダー)を対象とする必要があり、その範囲の汚染分布や物質分布を詳細に入力する事は困難である。また計算負荷の観点でも広域のモンテカルロシミュレーションは難しいため、同氏らが開発する放射線境界条件モデルは有効な線量率分布の評価手法に成り得るものと考えられる。

セッション3 「計測・解析技術、材料評価」

座長:下山 巖(日本原子力研究開発機構)

本セッションでは計測・解析技術、材料評価に関する5 件の口頭発表が行われた。秋田大学の渡部陽介氏による 「非放射性Csの濃度測定法」(S3-1)ではペレット状にした 土壌のI-V特性から比誘電率を測定し、Cs濃度に依存した 変化を報告した。この手法は蛍光X線分析装置などの高 額な分析装置が利用できない場合の代替手段として開発が 進められている。現時点ではCs濃度に対する比誘電率変 化がわずかで検量線を得るところまでは到達しておらず、 Cs⁺と他のカチオンとの区別においても課題が残っている が、今後の研究の進展に期待したい。名古屋大学の緒方 良至氏による「海水中放射性ストロンチウムのストロンチウ ム吸着剤の吸着特性分析 | (S3-2)では海水中の放射性Sr 分析のために用いるSr吸着剤 (ピュアセラムMAq)の吸着 特性に関する研究報告があった。海水中の主要なカチオン Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺が共存している人工海水に対し、トレー サーレベルの⁹⁰Srを選択的に吸着できることが示され、今 後のSr簡易分析への応用が期待できる。日立ヘルスケアの 加藤結花氏による「海水中の放射性ストロンチウム測定へ のプラスチックシンチレーターボトル法の応用」(S3-3)では 海水中の放射性Sr分析のため、イオン交換樹脂による吸着 とその後の化学処理によるSrの分離を行い、プラスチック シンチレーターボトルで検出した結果に関する報告があっ た。Srの収率が70-80%に達することと、プラスチックシン チレーターに試料を挟み込んで測定することでクエンチン グの問題を回避できると行った利点により微量の放射性Sr 検出が可能であるため、今後の有効活用が期待できる。国 立環境研究所の山田一夫氏による「汚染廃棄物処分施設 コンクリートのアルカリ骨材反応抑制の意義 (S3-4)では最 終処分場のようなある程度長期間の耐久性が必要な建造物 に用いられるコンクリートに対してはアルカリ骨材反応によ る劣化を考慮した対策が必要との提言がなされた。主に骨 材の反応性を制御する方法とコンクリート中の含有アルカリ 量を制限する方法が提案されたが、どちらの対策において もさらなる改善の余地が広く残されている課題と言えるだろ う。名古屋大学の丸山一平氏による「放射性物質によりコン クリート汚染の機構解明と汚染分布推定に関する基礎研究 ~ Cs、Sr および水分の移動に関する実験的検証~ (S3-5) では廃炉工程で想定される汚染コンクリートの処分におい て必要となる、放射性Cs及びSrのコンクリート内への浸 透挙動と水分の移動に関する実験結果の報告がなされた。 コンクリート内の Cs と Sr の挙動の基礎データを蓄積する上 で、コンクリート材料の深さ方向の浸透プロファイルをイ メージングプレートにより解析する手法は有効であり、今 後の研究の進展が期待できる。

セッション4 「除染技術、再生利用」

座長:日下 英史(京都大学大学院)

7月10日14時10分より、けんしん郡山文化センター(郡山市民文化センター)集会室(5階)において「セッション4.除染技術、再生利用 | S4-1~S4-4の発表が行われた。

「森林バイオマスの湿式酸化法による減量・低濃度化の 実用化と意義」(S4-1)においては、植物体(コナラ)の樹 齢別、部位別のCs移行状況を詳細に検討し、特に若い コナラの太枝にCsが移行することを指摘し、湿式酸化法 によりバイオマス中の放射性Csを低濃度化し、バイオマス 廃棄物・汚染物の減量化の必要性について紹介された。

「セシウムフリー鉱化法による Cs 汚染鉱物の光触媒材料への変換と環境浄化への再生利用」(S4-2) においては、高温揮発法により Cs 除去後の残留物を環境浄化材として再利用すること目的とし、特に今回はその光触媒材料への変換とその性能を Cr の酸化還元反応を通して評価を行った成果が紹介された。除染再生骨材、特に微細な粘土粒度分の新しい再生利用方法として注目に値すると思われる。

「大気圧非平衡プラズマ処理が竹炭および活性炭のCs⁺吸

着能に及ぼす影響」(S4-3)においては、標題の通り、プラズマ処理を施した竹炭あるいは活性炭へのCs[†]吸着特性に及ぼすプラズマ賦活時間の影響を検討し、竹炭のハニカム構造崩壊に伴ってCs吸着能が低下することを認め、一方で、活性炭に対してはプラズマ賦活がCs吸着量の増大に大きく寄与していることを見い出している。

引き続いて「賦活化木炭の Cs^+ 吸着能とその焼却時の減容化率及び Cs^+ 回収率について」(S4-4)と題して、S4-3と同じ研究グループにより、賦活木炭への Cs^+ 吸着特性と焼却時の減容化率に関する室内基礎試験結果の発表が行われた。スギ炭、ブナ炭いずれの場合でも3時間程度の燃焼(酸化)時間で最大のCsの要着能(添加濃度 400 mg-Cs/L、吸着時間1時間)が得られ、また、それら木炭の酸化焙焼(500°C、6時間)後の減容化率も $92\sim97%$ となることが紹介された。

以上のような研究発表に対し、会場からも活発な討議がなされ、盛況のうち同セッションはクローズされた。

セッション 5 「貯蔵管理、復旧」

座長:井倉 将人

(農業・食品産業技術総合研究機構)

本セッションでは、貯蔵管理・復旧に関する以下の5件 の発表が行われた。

福島環境整備機構の近藤氏からは「民間における放射性物質汚染汚泥処理の歩み〜安全・安心を取り戻すために!」と題し、洗車等に伴う汚泥処理に関する平成30年度からの取組について報告された。中間貯蔵施設予定地域に所在する店舗を保管場所とし、放射能濃度の高い指定廃棄物相当汚泥の集約管理業務を担うことにより、自動車関連の排出事業者からの保管委託や指定廃棄物申請を円滑に促進するとともに、廃棄物処理に関する相談やアドバイスの窓口としても取り組まれてきた。現在、大熊町の一部で避難解除が行われ、住環境の整備に伴う廃棄物排出量の増大が予想され、当機構の取組の重要性は一層大きくなると考えられた。

福島県環境創造センターの小磯氏らからは「除去土壌等輸送後の仮置場における空間線量率の測定結果について」と題し、保管場所跡地における空間線量率分布を測定し、保管後の汚染の有無について報告された。福島県内の汚染状況重点調査地域に位置する仮置場(地域の異なる3地点)について走行サーベイ等を用いて空間線量率を調査した結果、全ての地点において市町村が保管開始前に測定した空間線量率の変動幅に収まっているか、大きく下回ることが確認され、除去土壌等の保管による明確な汚染はないとされた。仮置場をもつ市町村において、保管場所跡地の利用や原状回復が今後の課題と考えられ、土壌保管前

後の空間線量率データは安全性を実証するための重要な データであると考えられた。

国立環境研究所の野田氏らからは「蛍光X線(XRF)分析を用いた除染廃棄物等熱処理残さに対する迅速元素組成把握法の検討」と題し、仮設焼却施設等で発生した焼却残渣の最適溶融組成に必要な添加剤混合率を決定するため、XRF分析を用いた迅速かつ正確な元素組成把握法について報告された。粉末試料の分析において、塩基度(CaO/SiO₂)が高いほど真値との誤差が大きくなるが、定量解析ソフトによるマッチングライブラリ補正により誤差は大きく改善され、塩基度の高い試料での補正処理は有用であることが示された。また、試料のガラスビード化は高い正確度を示すが、加熱処理により重要なパラメータである塩素等の揮発が生じると考えられ、今後分析精度や正確度の検証が必要であると述べられた。

福島県環境創造センターの高橋氏らからは「除去土壌等保管容器の長期保管に伴う特性変化に関する調査研究(第2報)」と題し、仮置場で使用されている保管容器(耐候性大型土のう、フレキシブルコンテナ)の耐久性について報告された。紫外線促進暴露処理後の保管容器の引張強さはマニュアル基準値を満たしたが、現地の仮置場で3.5年日光暴露した保管容器は基準値を下回る事例がみられた。紫外線による両者の分子量分布や赤外線分析結果に差異は認められず、他の劣化要因について今後詳細な解析を進めると報告された。保管容器の劣化は容器運搬への影響のみならず、仮置場の管理体制や保管跡地の原状回復への影響も懸念され、劣化要因の解明および劣化状況把握は急務であると考えられた。

国立環境研究所の倉持氏らからは「木質バイオマス専焼 施設におけるアルカリ金属の挙動」と題し、木質バイオマス 焼却におけるセシウムおよび同族のアルカリ金属元素の挙 動および熱力学的平衡計算による放射性セシウムの化学形 態について報告された。燃焼炉内の流動砂にカリウム(K) およびナトリウム(Na)の濃縮が確認され、放射性セシウム も同様な濃縮および一部がばいじんとして排ガスへ移行し ていると考えられた。飛灰中のKおよびNaの溶出率は塩 素濃度の増加とともに上昇し、セシウムも塩化物が主要形 態であると示唆された。また、セシウムの化学形態におい て、不溶態は結晶もしくは非晶のアルミノシリケート態、溶 出形態はCsCl、CsOH、または硫酸塩や炭酸塩と推定さ れた。中山間地域等では放射性セシウムを含む樹木の処 分や利用が特に問題となると考えられる。木質バイオマス の焼却処分に加え、焼却発電等への利用が期待され、焼 却炉内の放射性セシウムの挙動解明について今後より一層 の進展が期待された。

セッション 6 「リスク評価、解析技術」

座長:下山 巖(日本原子力研究開発機構)

本セッションではリスク評価、解析技術に関する4件の 口頭発表が行われた。福島大学の川崎興太氏による「除染 の完了後における市町村の除染に関する現状認識と課題 認識 | (S6-1) では 2013 年から継続している福島県内の市 町村に対する除染に関するアンケート調査の結果について 報告があった。特に昨年3月に全ての市町村で除染が完了 になったことをうけてアンケート調査に変化があったかどう かを確認することが主な目的であり、その結果、福島では 除去土壌の管理、森林の除染、及び帰還困難区域の除染 等についての課題認識が払拭されていない現状が明らか にされた。東京電力ホールディングスの渡辺雄一郎氏によ る「放射性物質への安全対策表記に関する一考察」(S6-2) では福島産牛肉売り場における安全表記に対するアンケー ト調査の結果に関して報告があった。安全表記は必要で あるとする回答が大多数を占めるアンケート結果が得られ、 食品に関する安全表記の必要性が確認された。東北大学 の遠藤聡人氏による「避難指示解除区域の建築内外にお けるγ線空間線量率分布の詳細実測に関する研究」(S6-3) では建築物に依存した屋内での空間線量の違いに関する ケーススタディの報告があった。木造に比べ、鉄筋コンク リートは密度の差による高い遮蔽効果を持つが、窓ガラス では遮蔽効果が下がることから建物の開口部付近で空間線 量が上がる傾向を持つことが示された。東京大学の奥村大 河氏による「熱物性の違いを利用した福島原発事故由来放 射性微粒子の判別」(S6-4)では環境中に飛散したradiocesium-bearing microparticle (CsMP)と放射性Csを取り 込んだ粘土鉱物と区別する新しい手法に関して提案がなさ れた。CsMPはセシウムボールとも呼ばれ広い範囲で観測 されているが、土壌中の粘土鉱物に取り込まれた放射性Cs に対してどの程度の比率でCsMP中の放射性Cs が存在す るかについてはよくわかっていない。これに対し、1000℃ 以下の熱処理によるCsMPと風化黒雲母からのCs脱離挙 動の差を利用してCsMPを判別することが可能であるとの 実験結果が示された。このアイデアは他にないユニークな ものであり、さらに様々な条件での熱処理に対する両者の 挙動の違いを明らかにすることで、CsMP判別の精度向上 が期待できる。

セッション 7 「減容化(2)」

座長: 秋山 庸子(大阪大学大学院)

本セッションでは、減容化技術に関する6件の発表が行われた。うち3件は土壌の脱水を中心とした内容、残りの3件は土壌の解泥処理を中心とした内容の発表であった。

1件目は鹿島建設の三浦氏より、「Cs 含有農地土壌の脱水特性の改善方法について」と題して発表があった。独自の濃縮工程を開発し、pHと高分子凝集剤の添加量の最適化を図ることで、分級洗浄工程のボトルネックとなり得る脱水時間を大幅に短縮できることが報告された。Cs の水層への移行可能性について、また実用規模の装置のコストや容量についての質疑が行われた。

2件目は京都大学の日下氏より、「湿式ミルの除去土壌減容化/再生利用への適用可能性」と題して発表があった。湿式ボールミルの粒径や材質、添加剤などの処理方法を検討した結果、有機団粒凝集体の解泥をより効率的に行うことができたことの報告があった。液固比の影響、有機物溶出の影響の有無などについての質疑が行われた。

3件目は早稲田大学の正田氏より、「高圧洗浄技術を応用した新規放射能汚染土減容化技術の開発」と題して発表があった。団粒土の解泥のための手法として、高圧噴流による乱流発生によって土壌を解砕する方法について報告があった。実汚染土を用いた実験の結果、おおむね良好な結果が得られ、また回収土の再利用可能性も示されたことが報告された。土壌回収率と減容率に関して質疑が行われた。

4件目と5件目はりんかい日産建設株式会社と株式会社 三菱総合研究所による「高圧フィルタープレス機を用いた除 去土壌等の減容化」と題した研究の発表であった。まず りんかい日産建設株式会社の長野氏より、高圧フィルター プレス機を用いた洗浄分級後の濃縮物の脱水ケーキの特 性について発表があった。従来のフィルタープレスに対して 高圧を負荷できるピストンポンプを用いた高圧フィルタープ レス機を用いることで、従来より含水比が低くハンドリング 性の良い脱水ケーキを作成できたことが報告され、ろ布の 目詰まりや有機物の影響に関して質疑がなされた。次に株 式会社三菱総合研究所の宮武氏より、この高圧フィルター プレス機を用いた減容化を行う際を想定した空間線量率の モニタリング結果について報告があり、リーク時を想定した 実験条件について質疑が行われた。

6件目は大阪大学の西本氏より、「超電導高勾配磁気分離法を用いた除去土壌の減容化に関する研究~前処理としての解泥法の検討~」と題して発表があった。粘土鉱物の中でCsを強く吸着する常磁性体の選択的な磁気分離を行う中で、課題となっていた常磁性粒子の選択的捕捉について、解泥処理およびフィルター設計により改善できたとの報告があり、最適なフィルター設計や目詰まりの可能性について質疑が行われた。

全体として実用に向けての多くの議論が行われ、新規減 容化技術がビーカースケールから実証レベルに移行してい る様子がうかがえた。

セッション 8 「減容化(3)」

座長:佐藤 久子(愛媛大学大学院)

 $S8-1 \sim S8-6$ までの報告をまとめる。このセッションでは活発な討論がおこなわれた。

S8-1においては神奈川大の井川氏より、電気泳動とセシウムイオン吸着剤による廃棄物の減容に関して発表があった。セシウム脱着に有効な塩溶液に土壌を入れ、直流電圧を印加した電気泳動によりイオンを移動させ、セシウムに対する特異的吸着剤を用いたセシウムイオンの除去の条件検討の報告があった。実汚染土壌での有効性や電気泳動の有効性などに関する質問があった。

S8-2 においては錯形成物質を用いた水相からイオン会合体相への Sr^{2+} 及び Cs^+ の抽出に関して東北大学須藤氏より発表があった。水中でのカリボールなどを用いたCs イオンとSr イオンの選択的吸着に関する発表である。 K^+ のある場合はどうなるかという質問があり、先に K^+ を吸着させる必要があるとの回答があった。実用化に関しては今後の課題である。

S8-3 では、セシウムフリー鉱化法を用いた土壌除染における硝酸塩添加剤の効果に関して、原子力機構の下山氏より発表があった。これまでに数回報告されており、今回は処理温度低減化を目的として硝酸塩試薬を用いた結果について報告された。非放射性Csを収着させた風化黒雲母

を模擬土壌とした実験の結果、硝酸カルシウムが低温で効果が良いことがわかった。 どういう鉱物が雲母からできるのか? あるいはCs はどうなっているかという質問があった。

S8-4 においてはフェロシアン化銅をCs 吸着剤とするクロマトグラフィーによる放射能汚染廃棄物の超減容化処理に関して、北海道大学市川氏から発表があった。担持率が90%以上で銅とフェロシアン化イオンのモル比が1.5:1のフェロシアン化銅吸着剤をイオンクロマト処理に用いることにより、最終的減容度を1万倍以上に高めることが出来たとの報告があった。耐久性はどうなっているか、またCsの吸着した後はどのように処理するのかという質問があった。

S8-5&S8-6では汚染土壌浄化・再利用と廃棄物高減容化を目指した亜臨界水処理システムの開発に関して、東工大竹下氏より発表があった。交換イオンにMg²+を用いた回分式のイオン交換実験によりCsで飽和されたバーミキュライトからのCs脱離率の時間変化を測定し、輸送現象論を用いて物質移動解析を行った。カラムを並べた装置を用いて交換イオンを含む亜臨界水をカラムに流し、汚染土壌からCsを回収し、順々に繰り返すことで土壌の連続処理が可能になるというバーミキュライトによる非放射性Csでのモデル実験についての発表であった。また、実汚染土壌に関しての質問、実用化へのハードル、温度コントール、コスト計算などに関する質問があった。

