



## PROFILE

## 保高 徹生

昭和52(1977)年生。2002年 京都大学大学院 農学研究科地域環境工学専攻修士課程修了。2002年 国際航業株式会社入社、2007年 横浜国立大学大学院 環境情報学府博士後期課程修了(社会人)。2011年 産業技術総合研究所入所、主任研究員。地盤工学会、日本リスク研究学会。

## 除去土壌への減容化技術と再生利用を見据えた適用課題

### Issues on Application of Volume Reduction Technologies to Removed Contaminated Soil with the Aim of Soil Reuse

保高 徹生<sup>1\*</sup>、大迫 政浩<sup>2</sup>、遠藤 和人<sup>2</sup>、万福 裕造<sup>3</sup>、勝見 武<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

(〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第7)

<sup>2</sup> 国立研究開発法人 国立環境研究所 (〒305-8567 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>3</sup> 国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター

(〒305-0851 茨城県つくば市大わし 1-1)

<sup>4</sup> 京都大学大学院 地球環境学堂 (〒606-8317 京都府京都市左京区吉田本町)

Tetsuo YASUTAKA<sup>1\*</sup>, Masahiro OSAKO<sup>2</sup>, Kazuto ENDO<sup>2</sup>,  
Yuzo MANPUKU<sup>3</sup>, and Takeshi KATSUMI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

(1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan)

<sup>2</sup> National Institute for Environmental Studies

(16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan)

<sup>3</sup> Japan International Research Center for Agricultural Sciences

(1-1 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305-0851, Japan)

<sup>4</sup> Kyoto University Graduate School of Global Environmental Studies

(Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan)

## Summary

We have started examining application of volume reduction technologies to radiocesium-contaminated soil generated by decontamination operations. Reducing the quantity of soil not only stored in interim storage facilities but also treated by a final disposal can be achieved and is also an extremely important approach from a long-term perspective. On the other hand, as for the application of volume reduction technologies, a comprehensive evaluation needs include natural attenuation of radiocesium, soil reuse and a final disposal scenario, not just technical contents. In this paper, we will discuss issues on application of volume reduction technologies to removed contaminated soil with the aim of soil reuse.

**Key Words:** Radioactive cesium, Volume reduction technology, Contaminated soil, Re-use.

## 1. はじめに

除染により発生する放射性セシウム含有土壌に対する減容化技術の適用に関する検討が本格化している。

福島県内の除染による土壌・廃棄物発生量は1,500～2,800万m<sup>3</sup>と推定されており<sup>1)</sup>、その一部は2015年3月から中間貯蔵施設への移送が開始された。中間貯蔵施設で保管された後に、30年以内に県外最終処分を完了することになっている。放射性セシウム含有土壌への減容化技術の適用は、中間貯蔵

施設で保管する必要がある土壌量、ひいては最終処分量を減少させることができる可能性があり、長期的な視点から極めて重要な取り組みである。2011年より環境省の除染技術実証事業<sup>2,3)</sup>が継続しており、その後2015年には環境省が「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会<sup>4)</sup>」を立ち上げ、減容・再生利用の技術開発に関する検討を開始した。

これまで検討・実証が進められてきた減容化技術としては、重金属汚染土壌処理で活用されてきた土壌洗浄法<sup>5-7)</sup>や

\*Corresponding author: TEL: 029-849-1545, E-mail: t.yasutaka@aist.go.jp

従来の廃棄物処理や汚染土壌処理等で活用されてきた焼成<sup>8,9)</sup>、熔融<sup>10)</sup>などの加熱処理法、酸を用いて放射性セシウムを抽出する化学処理法<sup>11)</sup>などがある。土壌洗浄法は安価で技術的にも確立されているが水田土壌などの粘土分が多い土壌への適用は難しいという課題がある。加熱処理法は粘土質土壌にも適用可能であるが、コストが土壌洗浄法と比較して高価であり、少量であるが放射性セシウムが濃縮された飛灰が発生するなど、各方法に長所と短所がある。また、減容化後に発生する浄化物の再生利用先の確保など、技術的な観点以外の課題もある。

一方、30年後の搬出を見据えた場合、半減期が約30年の<sup>137</sup>Cs、半減期が約2年の<sup>134</sup>Cs(<sup>134</sup>Csは現時点で当初の約4分の1の濃度になっている)の自然減衰により、放射性セシウム濃度は現時点(2015年11月)濃度の約1/3になり、結果として大部分の土壌の放射性セシウム濃度は8,000 Bq/kg以下になると推定されている(詳細は2章)。30年後の濃度面から考えた場合、減容化処理をせず、最終処分、さらには管理状態で外部被ばくや地下浸透防止をしつつ再生利用をすることも視野に入るであろう。

他方、再生利用の観点からも課題がある。例えば、除染で発生した土壌の半分以上を占める可能性がある水田土壌は粘土分が多いため、そのままでは土木資材としての品質の観点か

ら再生利用が難しい、という課題が指摘されている。また、減容化技術の適用時期(中間貯蔵施設に搬入した直後に適用するのか、もしくは一度、埋設した後に適用するのか)、土壌洗浄法を適用する場合、適用可能な土質・濃度レベルを現場でどのように判断するのか? 仮置き場等の遮蔽体として利用した、非汚染土壌についてどのように再生利用するのか、などのより細かい課題もあろう。

これらの課題は、個別課題ではなくそれぞれの課題が連動しているものが多く、また現時点では決まっていないことから、1つの解を準備することは難しい。しかしながら、最終処分までを含めた複数のシナリオを構築し、シナリオ毎に課題を洗い出し、その解決策と最適なシナリオ評価をしていく必要があると考えている。筆者らはこれまで減容化技術の適用や再生利用に関して議論を重ねてきた。本原稿では、減容化技術適用から再資源化・再生利用も含めた様々なフェーズにおける現状や課題について、これまでの議論をベースに整理をしたので報告する。

図1の黒線は土壌・浄化物、グレー線は濃縮物を示し、破線は本文に触れていないオプションを示している。点線枠で囲われた文字は本稿で取り上げる課題である。(勝見(2015)を参考に加筆修正<sup>12)</sup>)

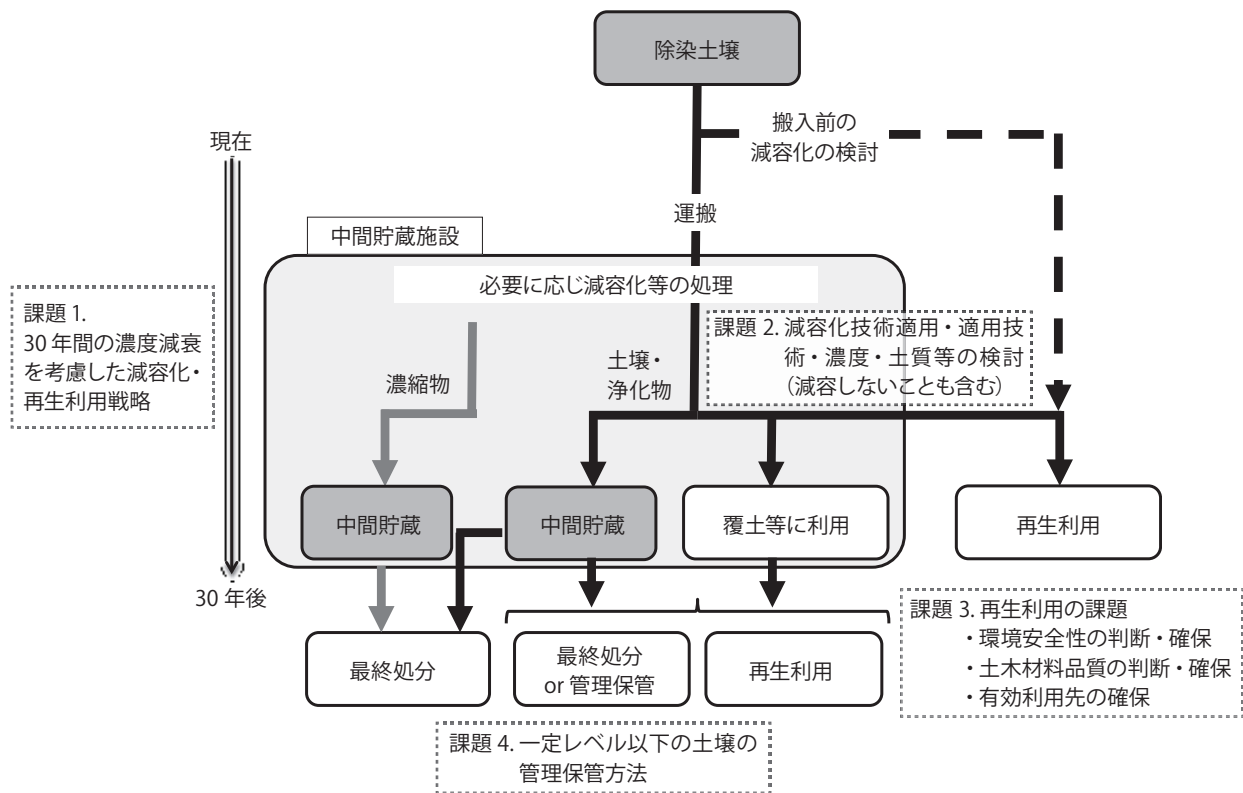


図1 除去土壌の減容化シナリオと本稿で取り上げる課題の概念図

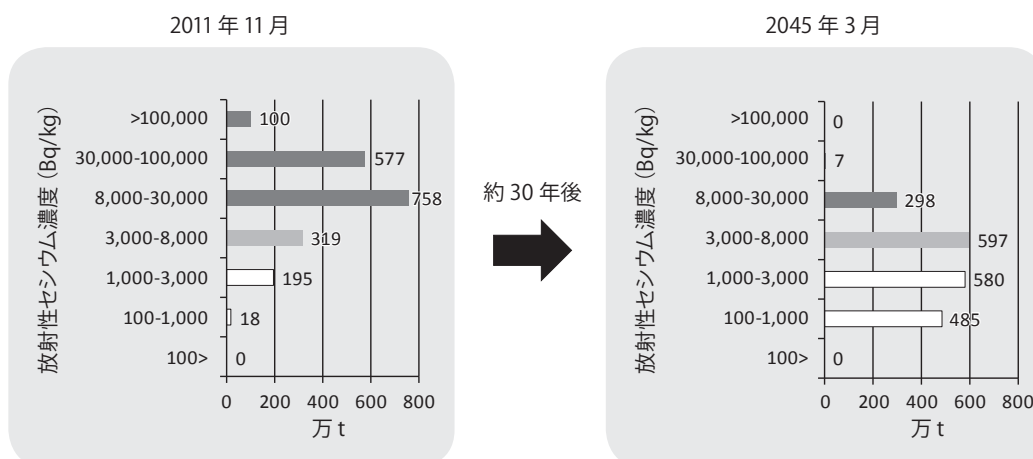


図2 自然減衰による放射性セシウム濃度の推定値  
(左図: 2011年11月、右図 2045年3月: Yasutaka et al (2015) のデータを元に解析)

## 2. 自然減衰による濃度減衰

30年後の搬出を見据えた場合、半減期が約30年の<sup>137</sup>Cs、半減期が約2年の<sup>134</sup>Csの自然減衰により、合計の放射性セシウム濃度は、現時点(2015年11月時点)での濃度の約1/3になると予想される。図2に執筆者らの論文<sup>15)</sup>で使用した福島県内の除染土壤中の放射性セシウム濃度および量の計算結果(福島県内を100 m メッシュに分割し、各メッシュの土地利用と放射性セシウムの沈着量から除染土壤中の放射性セシウム濃度および量を推定)を基にした、2011年11月時点の濃度(除去土壤中の放射性セシウム濃度を2011年濃度に換算したという意味)と2045年3月時点の推定濃度を示す。この試算結果によると、2011年11月時点の放射性セシウム濃度が8,000 Bq/kg以下のものが20%以下であるが、2045年には約80%以上が8,000 Bq/kg以下に、全体の約50%が3,000 Bq/kg以下になる。自明であるが、減容化技術を適用しなくても放射性セシウム濃度は30年後には大幅に低減する。これらの将来予想濃度を考慮した上で、現時点での減容化技術の適用を判断することが重要であろう。

## 3. 減容化技術の技術特性と適用評価

放射性セシウム含有土壌の減容化技術に関しては、先に述べたとおり多くの試験・研究、実証試験、さらには環境省<sup>14)</sup>や筆者によるレビュー<sup>15)</sup>などがある。放射性セシウムを含有する土壌の減容化手法を大別すると、分級に加えさまざまな手法を用いた洗浄により放射性セシウムを多く含むシルト・粘土のような細粒土壌を除去する土壌洗浄法、反応促進剤等を加え加熱により放射性セシウムを除去する加熱処理法<sup>16)</sup>、有機酸等を用いて放射性セシウムを土壌から溶解させ除去する化学処理法の3つがある。土壌洗浄法は物理的に放射性セシウムを多く含む細粒分を除去することで濃度を低減する手法で

あり、加熱処理法と化学処理法は、土壌とセシウム自体を分離する方法である。ここでは、現時点で技術的に確立されつつあり、実証試験等も多くの土壌に対して進んでいる土壌洗浄法、熱処理法についての概要を説明する。

土壌洗浄法は安価で技術的にも確立されており、砂質土では浄化率が60～80%程度、減容率(減容化前土壌量に対する減容化後に発生する濃縮物量)も20～40%程度と高いものの、主に砂質土壌にのみ適用可能であり、水田土壌などの粘土分が多い土壌への適用は難しいという課題がある。これは土壌洗浄法では、放射性セシウムの吸着量が多い細粒分を取り除き、砂分のみとすることで放射性セシウム濃度を低減するが、粘土分が多い場合には残渣(一般的には汚泥状)割合が高くなり、減容効果が低くなるためである。

焼成<sup>8,9)</sup>、溶融<sup>10)</sup>などの加熱処理法は、多くの土壌に適用可能であり、浄化率は90～99.9%、減容率が1～10%程度、さらに発生する浄化物は砂礫状もしくはスラグであり、再生利用しやすい形状であるという特徴がある<sup>16)</sup>。一方、減容化コストが土壌洗浄法と比較して高価であり、少量であるが放射性セシウムが濃縮された飛灰が発生する。熱処理方法については、「放射性セシウムを含む除去土壌等の加熱処理に関する技術評価」<sup>16)</sup>に詳しくまとめているので参照されたい。

減容化技術の適用のコストも考慮する必要がある。例えば、安価な減容化手法である土壌洗浄法の処理単価を1.2～3万円/t(文献<sup>14)</sup>の平均～最大)して除去土壌の1,000万tを処理した場合、1,200～3,000億円の減容化費用が必要となる。さらに、浄化物の再生利用先を確保、浄化物の再生利用コストおよび濃縮物の管理保管コストの合計が減容化を実施しないコストと比較して安価であることが重要となる。例えば、減容化を実施しない場合でも再生利用が可能な土壌は、土壌洗浄を適用せずそのまま再生利用の方が、濃縮物の発生およ

びコスト面からは有効である。

さらに、以上のような各減容化技術の長短所を踏まえれば、除去土壌の濃度や粒度特性を踏まえた適用戦略を検討する必要がある。例えば、土壌洗浄法は再生利用に供することが可能な土壌を効率よく得ることができる比較的低濃度の砂質土壌に主に適用し、少量ではあるが高濃度の除去土壌については加熱処理法を適用する。また、土壌洗浄法の適用により生じた高濃度残渣に対して、さらに加熱処理法を適用するなどの両技術の組み合わせも一つの考え方である。減容化手法の適用に関するオプション評価は、適用する減容化手法、適用濃度・土質、再生利用可能濃度・可能量、濃縮物処理費用等、多くのパラメータが必要であることから、実際の適用前に多くのケーススタディが必要であろう。

#### 4. 再生利用にむけた課題

減容化後の浄化物もしくは減容化を適用しない除去土壌の再生利用は大きな課題であろう。再生利用に置いて重要なポイントは3つ、①環境安全性の確保、②用途に応じた土木材料としての品質の確保、③再生利用先の確保、である。

環境安全性の確保は、これまで主に2つの視点から議論がされてきた。一つは、作業者や利用者の外部被ばく線量の観点であり、もう一つは地下浸透水を經由した放射性セシウムの地下への移行である。外部被ばくに関しては、多くの検討がなされており、例えば、環境省(2011)の検討では「上層に30 cmの遮へいがあれば、3,000 Bq/kg以下(40 cmの遮へいであれば10,000 Bq/kg以下)の再生資材を用いても、完成道路の周辺居住者の追加被ばくを10 μSv/年以下に抑えることが可能<sup>17)</sup>とされるなど、3,000 Bq/kgであっても30 cmの遮蔽で再生利用できる可能性が示唆されている。また、地下浸出水を經由した放射性セシウムの地下への移行についても幾つかの検討がなされており、放射性セシウム自体が土壌から溶出しにくいこと<sup>18,19)</sup>、また土壌への吸着性が強いため土

壌から溶出した微量の放射性セシウムも下部土壌に強く吸着する特性を持つことから、放射性セシウムの地下への移行については、8,000 Bq/kg程度であれば地下への移行のリスクは低いと判断できる<sup>20)</sup>。さらに、環境安全性の確保においてトレーサビリティは重要な要素であることから、再生利用先としては長期的な管理が可能である公共事業等が適しており、かつトレーサビリティの確保、さらに必要であれば定期的な環境モニタリングの実施が重要であろう。

土木材料としての品質の確保は、用途に応じた品質の要求水準と浄化物もしくは減容化しない除去土壌の品質の一致が必要である。例えば、土壌洗浄後に得られる砂もしくは砂礫は、一般の建設発生土と同様の再生利用ができる可能性が高い。また、加熱処理後に得られる砂礫状もしくはスラグは、それぞれコンクリート用骨材、路盤材、盛土材等の品質を満たす。一方、減容化しない除去土壌の再生利用の際には、発生場所の土地利用(水田・畑地・宅地等)や土壌性状により、材料としての品質が大きくバラつくことが予想される。特に水田土壌のような粘土分が多い土壌の再生利用方法については、多くの検討が必要であろう。また、減容化処理土壌では混入している有機物等も前処理過程で除去されることが想定されるが、減容化しない除去土壌の場合、有機物等の除去がなされないシナリオも想定されるため注意が必要である。また、直接の土木材料ではないが、セメント原料、セメント骨材としての活用も検討の価値があろう。

最後に、再生利用先の確保はもう一つの大きな課題である。例えば、環境省(2015)では、土木構造物の裏込材、河川築堤、鉄道盛土、水面埋立、コンクリート用骨材などの利用だけでなく、中間覆土材、上部覆土材などの用途も検討されている<sup>4)</sup>。また、用途検討も重要であるが、供給が十分でも需要がないと再生利用はなされない。災害廃棄物や津波堆積物の処理物の再生利用においても同様の課題が存在したが、今後実施予定の大規模土木工事の予定も含めて将来の利

表1 各減容化技術の概要

	土壌洗浄法 <sup>5-7, 14)</sup>	化学処理法 <sup>11, 14)</sup>	加熱処理法 <sup>14, 16)</sup>
浄化率	砂質土の場合高い 砂質土(約60～98%)	情報が少ない 約20～96%	非常に高い 90～99.8%
減容率 (濃縮物量/元土壌量)	砂質土の場合高い 約20～約40%	情報が少ない	非常に大きい 5～10%
濃縮物	汚泥(脱水ケーキ)	酸抽出液 or 吸着剤	焼却飛灰
浄化物性状	砂礫	土壌状	砂礫状(焼成) スラグ(熔融)
費用	相対的に安価 (1.2～3万円/t:文献 <sup>14)</sup> の平均～最大)	情報が少ない(6～10万円/t)	相対的に高価(約12*～21万円/t)
課題	粘性土が多い土壌には適用できない	事例が少ない	相対的に高価

\* ヒアリング結果も含む

活用可能性について検討をする必要があろう。

## 5. 最終処分方法に関する一つの論点

最終処分の方法についての議論はこれまで多くはなされていない。例えば筆者らの除染費用の試算においても、最終処分費用は処分方法の情報が不足している、という点から含めていない<sup>13)</sup>。福島県外での最終処分という基本方針以外は最終処分の対象となる濃度・性状について定まっていない状況であるが、本稿では最終処分方法に関する環境リスクについて論点を一つ提示したい（もちろん、最終処分についてはここで示す以外にも、論点が多数あるのは重々承知の上での提示であること、ご了承いただきたい）。

ここで提示する論点は、30年後に一定レベル以下（例えば、3,000 Bq/kg 以下や 8,000 Bq/kg 以下）の放射性セシウムを含有する土壌が再生利用されない場合の管理方法である。筆者らの試算によれば、減容化手法を適用しない場合においても、30年後には約 50% の土壌が放射性セシウム濃度 3,000 Bq/kg 以下になり、8,000 Bq/kg 以下となるものは約 80% と推定されている。これらの土壌に関しては一定レベルの管理下においてトレーサビリティが取られた状態で公共事業等での再生利用が進むことが望ましいものの、その量や社会受容性の観点から全ての土壌を再生利用できないケースも想定される。

中間貯蔵施設では、放射性セシウムが土壌に強く吸着・固着して溶出性が極めて低いことを考慮して、8,000 Bq/kg 以下の土壌についてはモニタリングを中心とした土壌貯蔵施設（I 型）、8,000 Bq/kg 以上の土壌については底部・側部に遮水対策等を施した土壌貯蔵施設（II 型）に保管することが基本となっている。これらの設計は放射性セシウムの土壌からの溶出性が極めて低いことを考慮したものであり、既往研究も含め多数の溶出試験<sup>18, 19)</sup>や物質移動シミュレーション<sup>20)</sup>により裏付けられている。例えば、8,000 Bq/kg 以下の濃度レベルでは、数十 cm 程度の遮蔽により追加被ばくを 10  $\mu$ Sv/年以下に抑えることが可能である<sup>17)</sup>。これらの点を鑑みると、3,000 Bq/kg 以下の土壌、もしくは 8,000 Bq/kg 以下の土壌の再生利用が受入先の確保や社会受容性の観点から難しい場合においても、これまでの科学的な知見の蓄積を踏まえ、焼却飛灰等の高濃度濃縮物とは区別した、環境安全性と合理性を考慮した、安全でありかつ過度に社会的費用の負担とならない「中間貯蔵施設搬出後の保管管理方法」を構築することが重要であろう。

## 6. 終わりに、出口から見た減容化の戦略を

ここまで、自然減衰による濃度減衰、減容化技術の技術特性と適用限界、再生利用に向けて、最終処分法に関する論点と中間貯蔵搬入後、減容化、再生利用、最終処分に向けて重要になるであろう項目とその課題を述べてきた。

ここで述べたように、減容化技術は万能ではなく、土壌洗

浄法は適用土壌種が限定的であること、熱処理法は浄化率が高く適用土壌種も幅広いが処理単価が土壌洗浄と比して高額であること、などの特徴がある。これらの減容化技術の適用は浄化物の濃度を一定程度低減させるが、濃縮物ができ、かつ減容化コストも必要となる。先に述べたとおり除染土壌の半分である 1,000 万 t に土壌洗浄法を適用した場合には、減容化処理を適用した場合には、少なくとも 1,000 ~ 3,000 億円のコストが必要となることから、減容化後の浄化土壌の再生利用先の確保を見据えた適用が重要である。

一方、自然減衰により 30 年後には約 80% の土壌が 8,000 Bq/kg 以下になり、かつ全体の約 50% が 3,000 Bq/kg 以下になると推定される。これらの状況を鑑みた場合、減容化を実施しなくても、環境安全性やトレーサビリティを確保したうえで再生利用、環境安全性と合理性を考慮した（中間貯蔵施設からの搬出後の）保管管理方法の構築により、環境安全性と経済の両面で有効な管理を検討することも重要であろう。

今後は、減容化の適用の必要性を含めた出口戦略（再生利用と最終処分の方法と適用条件）の構築が必要である。

## 参考文献

- 1) 「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について」環境省 HP ([https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/roadmap111029\\_a-0.pdf](https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/roadmap111029_a-0.pdf)), 2011 年 10 月閲覧。
- 2) 「平成 23 年度除染技術実証事業」環境省 HP ([http://www.jaea.go.jp/fukushima/techdemo/h23/appendix\\_1.pdf](http://www.jaea.go.jp/fukushima/techdemo/h23/appendix_1.pdf)), 2012 年 10 月閲覧。
- 3) 「平成 24 年度除染技術実証事業」環境省 HP ([http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/entry07\\_24.html](http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/entry07_24.html)), 2013 年閲覧。
- 4) 「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会（第 1 回）」環境省 HP ([https://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative\\_commission/proceedings\\_150721.html](https://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/proceedings_150721.html)), 2015 年 7 月閲覧。
- 5) 「放射性セシウム汚染土壌の洗浄処理に関する検討」, 中島 卓夫, 田川 明広, 松生 隆司, 大山 将, 林 茂郎, 高馬 崇 HP ([http://www.konoike.co.jp/bousai/pdf/2012\\_civil\\_01.pdf](http://www.konoike.co.jp/bousai/pdf/2012_civil_01.pdf)), 2012 年閲覧。
- 6) 高畑 修, 熊田 正次郎, 安藤 淳也, 宮口 新治, 石山 宏二, 保高 徹生, 小峯 秀雄: 道路維持管理に伴い発生する放射性物質含有土への土壌洗浄工法の適用性評価。地盤工学ジャーナル, (in press)。
- 7) 伊藤 健一, 宮原 英隆, 氏家 亨, 武島 俊達, 横山 信吾, 中田 弘太郎, 永野 哲志, 佐藤 努, 八田 珠郎, 山田 裕久: 湿式分級洗浄および天然鉱物等による農地土壌等

- に含まれる放射性セシウム除去方法の実践的検討. 日本原子力学会和文論文誌, **11**, 255-271 (2013).
- 8) 本間 健一, 三浦 啓一, 佐々木 忠志, 木村 武, 万福裕造: 放射性物質汚染土壌等からの乾式 Cs 除去技術の開発. 都市清掃, **66**, 301-305 (2013).
- 9) 竹田 尚弘, 小倉 正裕, 井出 昇明: 放射性物質に汚染された土壌の除染・減容化技術 - 第2報 -. 神鋼環境ソリューション技報, **10**, 2-9 (2014).
- 10) 10) 釜田 陽介, 阿部 清一, 川本 克也, 由井 和子, 倉持 秀俊, 大迫 政浩: 溶融技術による土壌等からのセシウム熱分離に関するプラント実証試験評価. 環境放射能除染学会誌, **3**, 49-64 (2015).
- 11) 保高 徹生, 川本 徹, 駒井 武: 放射性セシウム含有土壌への酸抽出方法の適用性に関する基礎的検討. *RADIOISOTOPES*, **62**, 211-218 (2013).
- 12) 勝見 武: 災害によって生じた地盤環境課題への対応と復興事業との調和. 基礎工, **43**, 3-6 (2015).
- 13) T. Yasutaka, W. Naito: Assessing cost and effectiveness of radiation decontamination in Fukushima Prefecture, Japan. *J Environ Radioact.*, DOI:10. 1016/j.jenvrad. 2015. 05. 012.
- 14) 「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会(第1回), 資料5-2 減容化技術の現状と課題について」環境省 HP ([https://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative\\_commission/pdf/proceedings\\_150721\\_05\\_02.pdf](https://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/proceedings_150721_05_02.pdf)), 2015年7月閲覧.
- 15) 保高 徹生: 放射性セシウム含有土壌の減容化技術動向. 基礎工, **43**, 62-65 (2015).
- 16) 「放射性セシウムを含む除去土壌等の加熱処理に関する技術評価」, 除染・減容化のあり方に関するWG-放射性セシウムを含む除去土壌等の加熱処理に関する技術評価SG ([http://www.nies.go.jp/shinsai/cs\\_heat-treatment\\_201510.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/cs_heat-treatment_201510.pdf)), 2015年10月閲覧.
- 17) 「管理された状態での災害廃棄物(コンクリートくず等)の再生利用について」, 環境省 HP (<https://www.env.go.jp/jishin/attach/concrete-waste111227.pdf>), 2011年12月閲覧.
- 18) 「中間貯蔵施設安全対策検討会及び環境保全対策検討会の検討結果取りまとめ」, 環境省 HP ([https://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/investigative\\_commission/](https://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/investigative_commission/)), 2013年10月閲覧.
- 19) 保高 徹生, 辻 英樹: 環境媒体中の放射性セシウムの存在形態と溶出特性 — 土壌・植物・水を対象として —. 廃棄物資源循環学会誌, **24**, 267-273 (2013).
- 20) 「土壌中の放射性セシウムの挙動に関するレビュー」, 土壌中の放射性セシウムの挙動に関するレビュー作成検討委員会 HP ([https://josen.env.go.jp/material/session/pdf/015/mat02\\_2.pdf](https://josen.env.go.jp/material/session/pdf/015/mat02_2.pdf)), 2015年6月閲覧.

2015年11月17日 原稿受付

### 和文要約

除染により発生した放射性セシウム含有土壌に対して、減容化技術の適用検討が始まっている。中間貯蔵施設で保管する必要がある土壌量、ひいては最終処分量を減少させることができる可能性があり、長期的な視点から極めて重要な取り組みである。一方、減容化技術の適用においては、技術的な内容だけでなく、放射性セシウム濃度の自然減衰、再生利用、最終処分シナリオを含めた総合的な評価が必要である。本原稿では、除去土壌への減容化技術との再生利用を見据えた課題について論じる。

