

バックエンド部会企画セッション

除去土壌等の県外最終処分の実現に向けた技術開発と研究の方向性

Discussion on future technical investigation for the final disposal of removed soil and wastes

(1) 除去土壌等の中間貯蔵施設運営と処理技術開発の状況

(1) Overview of the current status of the interim storage and development of volumetric reducing treatment method for removed soil and wastes

*遠藤 和人¹¹国立環境研究所 福島支部

1. 除去土壌等の処理状況

事故後、年間積算線量が 50 mSv、20 mSv、1 mSv という区分によって帰還困難区域等が設定されると共に、除染の基本方針¹⁾についても同じ年間積算線量によって区分され、積算線量が 20 mSv を超えるおそれがある区域（計画的避難区域）については自治体と連携して国が主体的に除染を実施することが示され、1～20 mSv の範囲にある地域ではコミュニティ単位での計画的な除染が効果的であるとして市町村が「市町村による除染実施ガイドライン（平成 23 年 8 月 26 日）」に基づいて除染を実施することとなった。除染措置は、自然減衰やウェザリングによって 2 年後（2013 年 8 月末）までに追加被ばく線量を 50%（自然減衰 40%に除染措置で 10%）まで減少させることを目標に設定された（学校や公園等については 60%）²⁾。また、年間積算線量が 20 mSv を超えるような高線量区域を主な対象として、除染措置の効率的・効果的な除染方法や作業員の放射線防護に係る安全確保方策を確立することを目的に「除染モデル実証事業」や「除染技術実証試験業務」が実施された³⁾。この内閣府除染と呼ばれるものから国直轄の除染が始まり、伊達市や郡山市の学校除染（2012 年 4 月）なども含めて市町村による除染が開始された⁴⁾。これら面的除染と呼ばれる除染措置は 2018 年 3 月に完了し、現在の除去土壌等の運搬へと移行している。

中間貯蔵施設の基本的考え方（ロードマップ）は 2011 年 10 月に公表された⁵⁾。この時すでに、中間貯蔵開始後 30 年以内に、福島県外で最終処分を完了することが示されている。その後、2013 年にはボーリング調査等が開始され、2015 年 2 月にはストックヤード（保管場）が、2016 年 11 月には受入・分別施設や土壌貯蔵施設の工事が着手された。除去土壌等の輸送は、2015 年 3 月に開始され、2021 年 1 月 28 日時点で、累積搬出量は 1,036.7 万 m³であり、輸送対象物量約 1,400 万 m³に対して 74%程度の搬出（運搬）が完了している⁶⁾。2016 年 3 月に公表された“中間貯蔵施設に係る「当面 5 年間の見通し」⁷⁾”に近い数値を実現している。現在、図 1 に示される通り、中間貯蔵施設は、大熊町で 5 工区、双葉町で 3 工区の合計 8 工区に 9 ヶ所の受入・分別施設と 8 ヶ所の土壌貯蔵施設が整備されている。また、大熊町に 1 ヶ所、双葉町に 2 ヶ所の仮設焼却施設（仮設灰処理施設を含む）と、仮設焼却施設と同数の廃棄物貯蔵施設が大熊町と双葉町のそれぞれに整備されている⁸⁾。土壌貯蔵施設の総容量は約 1,290 万 m³であり、仮設焼却施設の日当たり総処理可能量は 550 トン、仮設灰処理施設は日当たり 150 トン、廃棄物貯蔵施設は、鋼製角形容器として約 74,000 個を貯蔵可能である。中間貯蔵施設に受け入れられた除去土壌等の処理の流れについて図 2 に示す。

輸送された除去土壌等の種類と濃度は、2020 年 3 月 23 日に開催された中間貯蔵施設環境安全委員会（第 17 回）資料 1 によれば、重量比で 95%が除去土壌であり、残りの 5%が可燃物、焼却灰、その他不燃物と報告されている。輸送済みの除去土壌のうち、8,000 Bq/kg 以下が 75%、3,000 Bq/kg 以下が 52%程度となっており、20,000 Bq/kg 超は 5.8%である。特定復興再生拠点区域等の除染が進むと、除去土壌の放射能濃度が高くなり、これらの割合は変化している可能性がある。

*Kazuto Endo¹¹National Institute for Environmental Studies.

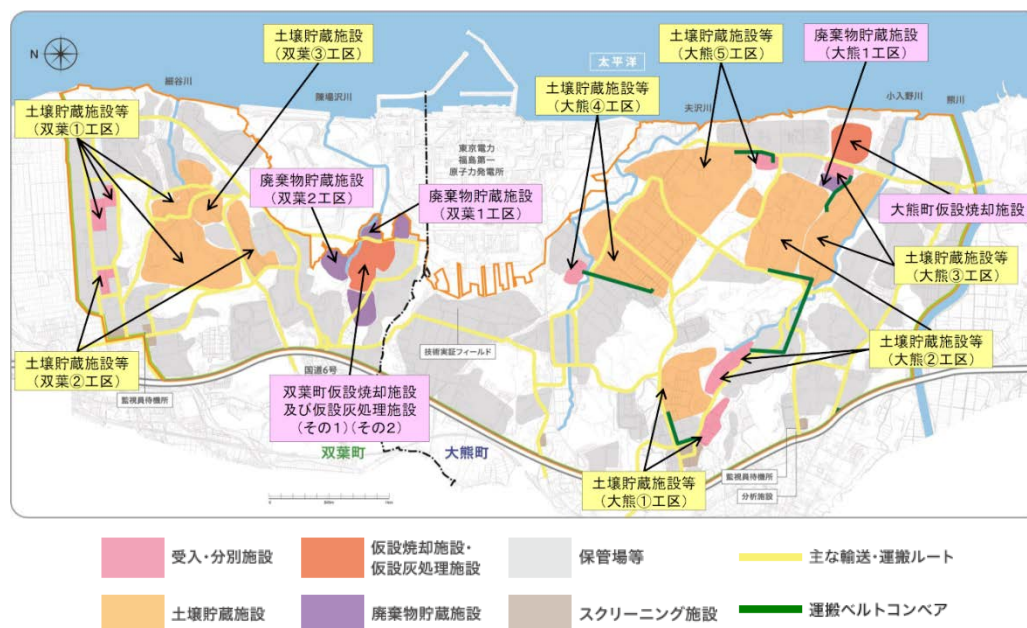


図1 中間貯蔵施設の整備状況（2021年1月時点）⁹⁾

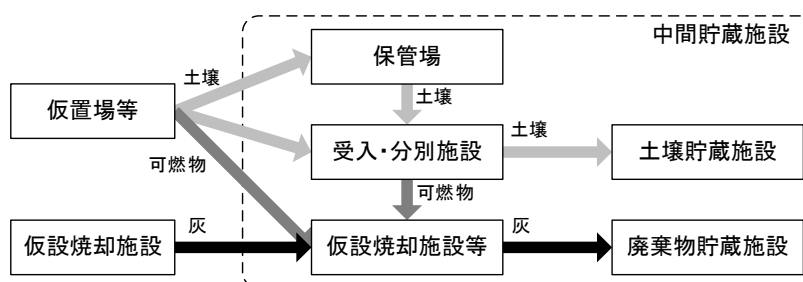


図2 中間貯蔵施設に輸送された除去土壌等の処理フロー（概略）

2. 県外最終処分に向けた処理技術開発等の状況

県外最終処分に向けた8つのステップは2014年7月の「中間貯蔵施設等に係る対応について（平成26年7月28日）」で示された。その中で法制度化が示され、2015年には改正JESCO法として第3条第2項に“中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずるものとする。”という条文が加えられた。また、環境省と復興庁から2014年に発出された「中間貯蔵施設等に係る対応について（平成26年8月8日）」には、町の将来像として、復興庁と共に両町の復興に向けた基本的な考え方を示し、避難地域の中長期的・広域的な視点に立った将来像の検討も謳われている。

県外最終処分を完了するための必要な措置には、最終処分必要量の低減があり、除去土壌等の効率的減容化方策、除去土壌の再生資材化に係る技術開発も含まれており、県外最終処分自体も含めたこれら一連の課題に対して、①減容・再生利用技術の開発、②再生利用の推進、③最終処分の方向性の検討、④全国的な理解の醸成等、の4つが中長期的な方針として定められ、2016年4月に「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略」が策定された。この戦略は、2019年3月に“戦略目標の達成に向けた見直し”として改訂されている⁹⁾。2011年の放射性物質汚染対処特措法に基づく基本方針（閣議決定）の段階では、焼却等による減容化とコンクリートくず等の廃棄物の再生利用が示されているものの、除去土壌の再生利用については言及されていないが、2015年に締結された「中間貯蔵施設の周辺地域の安全確保等に関する協定書」の第14条第4項には、“除去土壌等の再生利用の推進”が示され、それ以降、2017年の「福島復興再生利用基本方針改定」（閣議決定）、2019年の「創生期間」における東日本大震災からの復興の基本方針変更（閣議決定）においては、除去土壌等に対して“減容・再生利用等”について示されるようになった。

先述した4つの中長期的な方針について、理解醸成以外の3つについては、2024年度を戦略目標と定め、

それまでに基盤技術開発を一通り完了させる目標となっている¹⁰⁾。①の減容・再生利用技術については、毎年度、「除去土壌等の減容等技術実証事業」として公募されており、2019年には技術開発を行うための施設として中間貯蔵施設内に技術実証フィールド（大熊町）が整備された¹¹⁾。本技術実証事業では、中長期方針の④国民的理解醸成についても実証が進んでいる。県外最終処分量の低減において、②の除去土壌の再生利用推進は必須であり、南相馬市や飯舘村において再生利用の実証が進められると共に、2019年12月には「福島県内における除染等の措置に伴い生じた土壌の再生利用の手引き（案）」が示された。再生資材化した除去土壌の濃度上限は原則 8,000 Bq/kg とされ、用途ごとに追加被ばく評価計算から算出される年間 1 mSv 相当濃度がこれ以下の場合には、その濃度とする、とされている¹²⁾。また、除去土壌に含まれる放射性セシウムが細粒分に多く含まれていることから、細粒分を取り除けば有効利用可能な除去土壌が増加するという考えから、分級処理システムの実証事業も実施され、通常分級処理で、礫（2 mm 以上）、砂（75 μm～2 mm）、シルト・粘土（75 μm 未満）に分離し、さらに礫や砂に付着した細粒分を除去するための高度分級処理の試験も実施された。高度分級により砂・礫の除染率は約 8 割程度になり、砂・礫の放射能濃度は原土の約 1/4 まで削減可能なことが実証されている¹³⁾。③の最終処分の方針の検討についても検討が進められており、除去土壌については濃度によって表 1 に示される区分が提案されている¹⁴⁾。高度分級等の分級処理をせず、中間貯蔵施設の搬入開始から 30 年後の 2045 年に 8,000 Bq/kg 以下となる砂質土は約 690 万 m³、粘性土は 466 万 m³ で全体の 86.6% 程度と試算されている（土壌 A と B の合計）。同資料¹⁴⁾では、シナリオ評価も同時に実施されており、既に実証試験が実施された分級処理（高度分級）に加えて、化学処理、熱処理および新技術を含めた高度処理を実施することで除去土壌の最終処分量を減少させるシナリオ（ケースⅢ）、さらに焼却灰に対して洗浄を行って最終処分量を減少させるシナリオ（ケースⅣ）などが提案されており、ケースⅢでは最終処分量が 28.2 万 m³、ケースⅣでは 3.4 万 m³ と試算されている。2024 年度末までには、より多くの技術が開発され、それに伴って多くのシナリオが提案されると思われるが、減容化技術の絞り込みに加え、県外最終処分の方式についても一通りの検討を終了することが求められている。

表 1 除去土壌の放射能濃度区分と物量（2018 年 10 月末時点）

区分	定義	濃度 (Bq/kg)	砂質土 (万 m ³)	粘性土 (万 m ³)	合計 (万 m ³)	物量の 割合
土壌 A	放射能濃度評価時点で 8,000 Bq/kg 以下	≤8,000	655.0	416.1	1,071.1	80.2%
土壌 B	搬入開始 30 年度（2045 年）に 8,000 Bq/kg 以下	8,000～15,000	35.2	50.0	85.3	6.4%
土壌 C	高度分級による生成物が搬入開始 30 年後（2045 年）に 8,000 Bq/kg 以下	15,000～62,000	20.8	112.9	133.7	10.0%
土壌 D	土壌 C より高濃度	>62,000	0.7	9.8	10.6	0.8%

3. 県外最終処分に向けた環境放射能除染学会の活動

県外最終処分に向け、技術等の実証とシナリオ評価が実施されているが、これまで実証されてきた技術オプションについて概略的にまとめると表 2 となる。化学処理や熱処理を含む高度処理、飛灰洗浄／吸着処理については、先に示した「除去土壌等の減容等技術実証事業」で技術開発が進められている。

表 2 除去土壌等の減容化処理の技術オプションと実証状況

除去土壌	異物除去 ⇒	分級処理 高度分級	⇒ 高度処理	⇒ 安定化処理
	○実施中	○2018 年に実証	? 開発中	? 未定
除染廃棄物等	焼却処理 ⇒	熔融処理 ⇒	飛灰洗浄 吸着処理	⇒ 安定化処理
	○実施中	○2020 年から稼働	? 開発中	? 未定

環境放射能除染学会（正式名称は、（一社）環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会）では、中立的な学側の立場として県外最終処分の在り方を多面的に検討するため、コスト試算を含んだ純粋な技術論として考えた県外最終処分シナリオ、技術開発の方向性、最終処分構造、そして社会的合意形成に向けた考え方を議論するための「県外最終処分に向けた技術開発戦略の在り方に関する研究会」を2018年10月に設置した。同学会ホームページに活動報告が掲載されている¹⁵⁾。本研究会の検討方針は、●環境省が示した技術開発戦略の方向性・工程を踏まえながら、県外最終処分の出口からのアプローチと、これまで研究開発され導入されてきた技術の流れからのアプローチの両方から検討、●検討する技術は、開発済みの焼却灰熱的減容化技術、灰洗浄／吸着濃縮、安定化（セメント、ジオポリマー、ガラス、焼成などの固型化技術）、最終処分（処分構造、規模、高耐久性容器等）などの範囲を主体とするが、除染からの最終処分の全体を俯瞰し、適宜必要な技術とそれに伴う課題、関連法規なども柔軟に検討範囲とする、●処理プロセスのマスバランス解析を行い、合わせて経済性評価も行う、社会的合意形成に求められる要件に関し、ステークホルダーヒアリングを実施する、●この際、技術論に加え、経済性、環境など多面的評価を考慮する、等とされている。今後も本研究会の活動は継続される予定となっているが、活動報告の提言として、“未来の望ましい最終処分のゴールを社会の熟議により設定し、そこに至るための技術システムと社会システムづくりをどのように進めていけば良いかを同時に考え、フォアキャストとバックキャストの両方から検討し、建設的かつ着実な事業の進め方を考えていく必要がある。”として図3が示されている。上記研究会の検討結果の詳細については、環境放射能除染学会ホームページ¹⁵⁾に掲載された活動報告書を参照されたい。

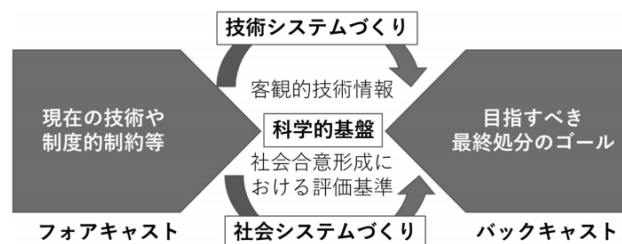


図3 最終処分に向けたフォアキャストとバックキャストが融合した戦略の必要性¹⁵⁾

参考文献

- 1) 原子力災害対策本部：除染推進に向けた基本的考え方，平成23年8月26日（2011）
- 2) 原子力災害対策本部：除染に関する緊急実施基本方針，平成23年8月26日（2011）
- 3) 独立行政法人日本原子力研究開発機構：福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における実証業務報告書、平成24年6月（2012）
- 4) 環境省除染事業誌編集委員会：東京電力福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質汚染の除染事業誌，平成30年3月（2018）
- 5) 環境省：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，平成23年10月29日（2011）
- 6) <http://josen.env.go.jp/chukanchozou/transportation/index.html>（2021年1月30日閲覧）
- 7) http://josen.env.go.jp/chukanchozou/action/acceptance_request/pdf/correspondence_160327_01.pdf（2021年1月30日閲覧）
- 8) <http://josen.env.go.jp/chukanchozou/about/>（2021年1月30日閲覧）
- 9) 環境省：中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略，戦略目標の達成に向けた見直し、平成31年4月（2019）
- 10) http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/investigative_commission/pdf/investigative_commission_process_2003.pdf（2021年1月30日閲覧）
- 11) <http://www.jesconet.co.jp/interim/information/josenjissho.html>（2021年1月30日閲覧）
- 12) 環境省：再生資材化した除去土壌の安全な利用に係る基本的考え方について，平成28年6月30日（2016）
- 13) 例えば、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11回）資料3-2（2019）
- 14) 例えば、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10回）資料4-2別添資料（案）（2019）
- 15) <http://khjosen.org/home/activity.html>（2021年1月30日閲覧）