課題番号：　SII−9

プロジェクト名：中間貯蔵施設周辺復興地域の融合的な環境再生・環境創生に向けた研究

プロジェクトリーダー名：　遠藤和人（国立環境研究所）

体系的番号：JPMEERF22S20900

研究実施期間：2022年度～2024年度

【研究体制】

テーマ１

遠藤和人（国立環境研究所）

東條安匡（北海道大学）

半井健一郎（広島大学）

テーマ２

万福裕造（農研機構）

玉置雅紀（国立環境研究所）

テーマ３

保高徹生（産業技術総合研究所）

大沼　進（北海道大学）

1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

2045年までに県外最終処分することが法律で定められており、地元との約束となっている。同時に、原発事故による大きな被害を受けた中間貯蔵施設周辺復興地域の将来像について、技術的観点だけでなく、ステークホルダーとともにそれを共有していくことが必要である。事故を経験した我が国が、歴史的な災禍を乗り越えて成熟した社会を創り上げていくうえで最も重要な命題である。

【研究開発目的】

中間貯蔵施設周辺復興地域の環境回復に向け、除去土壌等の有効利用、県外最終処分を実現するため、技術システムのシナリオを提案する。復興が進む周辺地域と、中間貯蔵施設の温度差が生じないよう、将来デザインを提案する。県外最終処分における円滑かつ公正な合意形成に向けて、様々なオプションの社会受容性を評価し、社会・経済面を考慮した合意形成フレームワークを立案する。

テーマ1
除去土壌や汚染廃棄物をどかす
→ 県外最終処分・再生利用する
→ 県外処分のための技術開発が必要

テーマ3
合意形成する
→ 県外処分、将来デザインの双方で必要
→ そのための議論の場も重要

テーマ2
周辺地域と調和した将来デザインを創る
→ 将来デザインの選択肢が必要
→ 住民協働で創ることが必要
→ 地域資本・里地里山・脱炭素に着目

1．研究背景、研究開発目的及び研究目標

【プロジェクト全体目標】

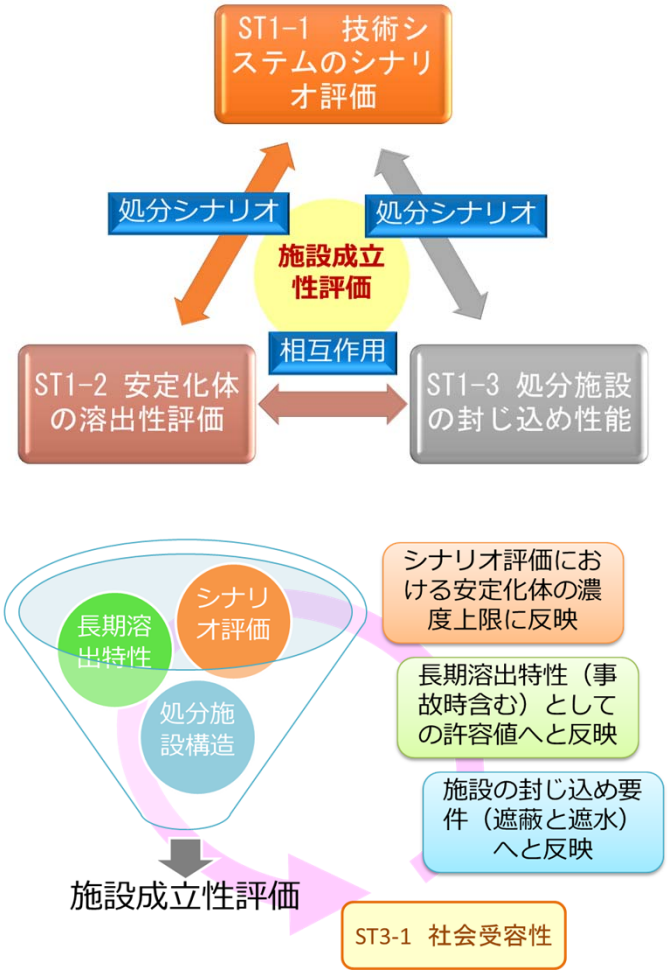
- 除去土壌や副産物の有効利用、汚染廃棄物等の県外最終処分を着実に実現するため、効率的かつ低コストな技術の組合せを意識した技術システムのシナリオを提案する。
- 既存の復興の戦略を踏まえつつ、中間貯蔵施設周辺復興地域環境の課題と未来技術の活用を考慮し、先行して復興が進む周辺地域との温度差が生じないよう、地域の復興の具体的なイメージ、施設等整備、交流戦略、産業戦略等の参考となりえる将来デザインを提案する。
- 県外最終処分および中間貯蔵施設周辺復興地域の将来デザインにおける円滑かつ公正な合意形成に向けて、様々なオプションの社会受容性を評価するとともに、本課題特有の次世代の方々の考えを意識しつつ、多元的公正や環境面だけでなく、社会・経済面を考慮した合意形成フレームワークを立案する。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（テーマ１）

テーマ１：県外最終処分を実現させるための技術システムの開発研究

【テーマ１目標】
中間貯蔵施設内やその周辺地域の環境回復に向け、除去土壌や副産物の有効利用や汚染廃棄物等の県外最終処分を着実に実現するため、効率的かつ低コストな技術の組合せを意識した技術システムのシナリオ最適化の考え方を提案する。同時に、国の戦略目標の2024 年度以降に必要と考えられる安定化体の長期安定性（溶出性等）評価手法、ならびに県外最終処分施設に求められる封じ込め性能について技術的知見を提示する。

【自己評価】概ね計画通りに達成した。一部で未達であるが、計画以上の成果が出ている研究課題もある。



2. 研究目標の進捗状況
（1）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し（テーマ１）

【具体的な理由・根拠】

- 処理・処分シナリオを網羅的に構築し、経済性評価とマスバランス計算を実施し、安定化体の量と濃度についてはサブテーマ３の最終処分施設構造の検討と共有をした。吸着材へのイオン交換理論の適用、セメント水和物からの水素ガス発生については計画を超える進展があった。
- 安定化体からの長期溶出にていては、一部の安定化体の作製に時間を要しているが、計画よりも早く終了している溶出試験体もあり、概ね計画通りの進展といえる。
- 既存処分施設に関する情報整理では計画通りの成果を得ている。処分施設の材料物性試験については、試験条件の統一性という観点で不十分であったが基礎的検討の試験は終了している。

【目標達成の見通し】

- サブテーマ間での連携を進めていることから、各サブテーマにおける成果を相互利用できる環境となっており、データ取得のための人手不足等についても互助体制を構築しつつある。
- これまでも計画通りに進展しており、行政との連携も継続的に実施していることから、目標を達成できる見込みである。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（テーマ２）

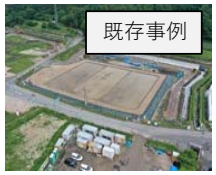
テーマ２：地域資源・環境を活用した周辺地域の将来デザイン構築に関する研究

【テーマ２目標】

中間貯蔵施設周辺復興地域は事故前には、多様な自然環境を有する地域であった。このような地域は里地里山と呼ばれ、豊かな自然地域と都市地域との中間に位置し、多様な自然条件・社会条件のもとに形成されてきた場所であり地域経済活動とも深く関係している。
中間貯蔵施設周辺復興地域の復興計画等との整合を踏まえた将来デザインを創造し、予想される地域課題と気候変動等の地球規模課題に対応するため、世界最先端の技術を投入した地域性を活かした脱炭素型未来コミュニティとしての復興拠点と、周辺環境と調和した地域全体の複数の将来デザインを構築し、これを達成するための課題と技術を提示することを目標とする。

【自己評価】

概ね目標達成の見込みであり、一部で未達、一部で予定以上の成果となっている。



住民参加型事業の社会実装プロセスを
パターンランゲージで解析

地域統合評価モデルによる
定量的な将来デザインの試算

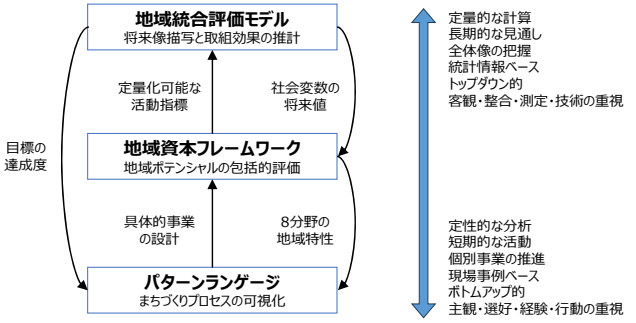
脱炭素、里地里山、廃炉ビジネスなど幅広い情報を還元
住民協働作業による複数の将来デザインを提示

- 行政担当向け：地域統合評価モデルを活用した将来ビジョン、**地域づくりのマニュアル（パターンランゲージ）**、
- 住民向け：**協働・共創による地域づくりのためのリーフレット**

2. 研究目標の進捗状況
（1）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し（テーマ2）

【具体的な理由・根拠】

- 対象地域のステークホルダーへのヒアリングから、中間貯蔵施設周辺と中間貯蔵施設への将来像に関する認識とその差異を確認することができた。
- 統計データを収集し、避難指示解除区域の居住人口モデルによる重回帰分析から、人口回復の遅れにつながる要因を明らかにした。
- 地域資本を「自然資本、財務資本、製造資本、人的資本、文化資本、社会的関係資本、政治資本、デジタル資本の8つの区分に整理し、内発的な事業推進に資する指標が選定し、地域統合評価モデルで定量化可能な指標に翻訳する道筋を構築した。
- 事業の事例調査から住民対話とコミュニティ内での意思決定プロセスの理解の重要性を確認し、14のパターンを抽出した。
- カメラトラップによる調査を行った結果、中間貯蔵施設区域ではホンドタヌキ、ホンドギツネ、ニホンノウサギの観察頻度が高くなっており、この区域では里地里山の環境が維持されていることが示唆された。
- 赤トンボ類の調査から行動範囲の狭いノシメトンボが中間貯蔵施設区域内で高い頻度で観察されたことから、中間貯蔵施設区域内では水場を利用する昆虫類が維持できる環境にあることが示唆された。
- 熊川河口においてアラメを構成種とする藻場が見つかった。総面積は20,450 m^2であり、1998年の調査では10,000 m^2のアラメ場が見つかっていたことから、2倍に拡大していることが明らかにした。
- 生態系サービスの評価では、供給サービスである水稲、麦類・大豆、畜産、海面漁業について、避難地域内外ともに震災によって著しく減少又はゼロにまでなった供給量が、近年になって回復を見せていた。



地域づくりパターンランゲージ

【目標達成の見通し】

令和5年度までの目標は予定通り達成の見込みである。これまでの検討より令和6年度についても計画通りの進展が見込まれている。自治体、地域住民、環境省、JESCOとの協力体制も良好であり、政策対応に向けた準備も整っている。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（テーマ３）

テーマ３：県外最終処分・周辺地域の将来デザイン利用に向けた社会受容性評価と合意形成フレームワークに関する研究

【テーマ３目標】
除去土壌等の県外最終処分および中間貯蔵施設周辺復興地域の将来デザインに応じた土地利用における円滑かつ公正な合意形成に向けて、様々なオプションの社会受容性を評価するとともに、本課題特有の次世代を意識しつつ、多元的公正や環境面だけでなく、社会・経済面を考慮した合意形成フレームワークを立案する。具体的には、以下の5つを最終目標として設定する。
●県外最終処分
(A-1)県外最終処分等シナリオの社会受容性評価およびステークホルダーが重要視する重要指標抽出
(A-2)県外最終処分等に対する多面的評価法によるシナリオ分析およびステークホルダーの受容性に内在するメカニズムの質的分析
(A-3)県外最終処分等における多元的公正やステークホルダーの多面性を考慮した建設的な対話の場を通じた合意形成フレームワークの提示
●中間貯蔵施設周辺復興地域
(B-1＆2)中間貯蔵施設周辺復興地域の地域ストック（歴史や記憶）のデジタルコンテンツ化および重要項目抽出および方法論の整理
●合意形成フレームワーク
(-)多元的公正、環境・社会・経済面を考慮した合意形成フレームワーク素案立案（R６年実施なので未実施）

【自己評価】
概ね目標達成の見込みであり、一部で予定以上の成果となっている。

2. 研究目標の進捗状況
（1）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し（テーマ３）

【具体的な理由・根拠】下記理由により、概ね目標達成の見込みであり、一部で予定以上の成果となっている。

項目	根拠
(A-1)県外最終処分等シナリオの社会受容性評価およびステークホルダーが重要視する重要指標抽出	半構造化面接、郵送法アンケート、国際オンラインアンケートに関しては計画通り進んでいる。また、追加で、オンラインアンケート、追加解析を実施した。さらにR5年に実施予定だった情報提供について、取りまとめも環境省への早期情報提供を目的として前倒しで実施した。
(A-2)県外最終処分等に対する多面的評価法によるシナリオ分析およびステークホルダーの受容性に内在するメカニズムの質的分析	多面的評価のシナリオ分析、受容性メカニズムの質的解析は計画通り進んでいる。
(A-3)県外最終処分等における多元的公正やステークホルダーの多面性を考慮した建設的な対話の場を通じた合意形成フレームワークの提示	集団討議実験に関して実験的検証を計画より早く進めており、模擬市民参加ワークショップは2022年度に2回開催、本年9月にも実施予定であり、予定よりも進捗している。
(B-1＆B-2)中間貯蔵施設周辺復興地域の地域ストック（歴史や記憶）のデジタルコンテンツ化および重要項目抽出および方法論の整理	R５年実施予定のデジタルコンテンツの作成・改良を予定より早く終え、さらに、地域住民・役場の要望を受け「大字誌 細谷」は追加して印刷版を作成し住民等に配布した。

【目標達成の見通し】

現状の進捗が計画以上進んでおり、、サブテーマ内・サブテーマ間の連携、双方向的な情報交換は円滑であり、適切なプロジェクトの進捗管理およびワークショップ等の合同開催等による資金の効率的な使用もできている。海外機関との連携も順調である。また、環境省や地元自治体、JESCO、地元住民との連携やも継続的に実施しており、目標を達成できる見込みである。

（1）自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し（テーマ３）

(1)県外最終処分等シナリオの社会受容性評価およびステークホルダーが重要視する重要指標抽出の研究成果の一例

オンラインアンケートの結果、最終処分への賛成度はリスク認知、不衡平感、保護価値と負の相関があり、震災への興味、除染と最終処分の知識とは正の相関があった

表　知識、賛否、リスク認知等間の相関係数

		関西						
		震災興味	除染知識	処分知識	賛否	リスク	不衡平	保護
関東	震災興味	-	0.50**	0.37**	0.27**	0.24**	0.11**	-0.01
	除染知識	0.56**	-	0.51**	0.24**	0.16**	0.07*	-0.07*
	処分知識	0.43**	0.57**	-	0.19**	0.06	0.06	0.04
	賛否	0.25**	0.27**	0.19**	-	-0.17**	-0.25**	-0.35**
	リスク	0.22**	0.17**	0.01	-0.12**	-	0.68**	0.51**
	不衡平	0.10*	0.08*	-0.03	-0.19**	0.69**	-	0.69**
	保護	-0.01	-0.04	-0.01	-0.29**	0.53**	0.69**	-

スピアマンの順位相関係数, ** $p < 0.001$, * $p < 0.05$

(4)中間貯蔵施設周辺復興地域の地域ストック（歴史や記憶）のデジタルコンテンツ化および重要項目抽出および方法論の整理の研究成果の一例

地域ストックのデジタルコンテンツ化として①WEB-3次元地理空間情報ソフトウェアを用いた整理、②３次元立体模型図とプロジェクションマッピング、地域住民の要望を踏まえた③地域の記録を残した「大字誌 細谷」（デジタル版及びアナログ版）の作成

図　地域の記録を残した「大字誌 細谷」

図　WEB-3次元地理空間情報ソフトウェア

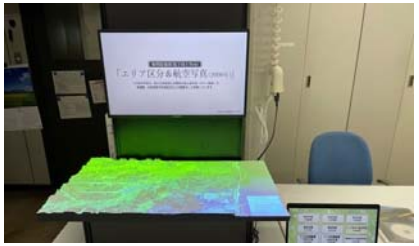


図　3次元立体模型図とプロジェクションマッピング

3. 研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

【行政等が活用することが見込まれる成果】

県外最終処分に向けた国の戦略目標である2024年度に向け、環境省ならびにJESCOとの意見交換を継続的に実施しており、**テーマ１**から得られた減容化等の処理・処分シナリオ、吸着材の性能評価方法、安定化体の長期安定性評価、最終処分施設構造要件、**テーマ2**から得られた住民参加型事業のパターンランゲージ、地域資本の新しい枠組み、地域生態系サービス、**テーマ3**から得られた県外最終処分の社会的受容性や賛否に対する影響因子の評価、合意形成における積極的な双方向コミュニケーションの有用性、中間貯蔵施設地域の記憶・記録を残す重要性と整理方法のいずれについても、将来の具体的な設計に活用することが可能である。

【行政等が既に活用した成果】

テーマ１からは、環境省に一連の処理・処分シナリオ研究成果を報告し、国の戦略目標に向けた課題検討に貢献した。

4. 研究成果の発表状況

【誌上発表（査読あり）：４件】

1. 庭瀬一仁・赤坂翼・今泉有人：ゼオライトを混合したセメント系材料の高吸着人工バリアへの適用性に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 45 (2023)
2. 粟谷しのぶ,保高徹生：リスク学研究，32，1 (2022) 除去土壌の県外最終処分に係る制度設計とリスク学的考察
3. Kosuke Shirai, Momo Takada, Michio Murakami, Susumu Ohnuma, Kazuo Yamada, Masahiro Osako, Tetsuo Yasutaka : Journal of Environmental Management. (Accepted), Factors Influencing Acceptability of Final Disposal of Incinerated Ash and Decontaminated Soil from TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident.(I.F. 8.91 2022-2023)
4. 相馬ゆめ, 横山実紀, 中澤高師, 辰巳智行, 大沼進: (2022)リスク学研究, vol. 32, No. 1, 11-23, 低濃度除去土壌県外処理問題を題材とした集団討議実験―共通善の観点を巡る議論と討議の質を可視化する指標の開発―

【口頭発表：５８件】

1. 岡田早紀，東條安匡, 松尾孝之, 黄仁姫、ゼオライトを用いた各種安定化体からのセシウム溶出挙動の把握、令和4年度廃棄物資源循環学会北海道支部研究発表会、2022.11.18.
2. 五味馨、日本人口学会第75回大会（国内2023) 東京電力福島第一原子力発電所事故による避難指示解除後の被災地における人口回復の要因分析
3. 保高徹生,リヒンキ,高田モモ,藤田司,金井裕美子,坂原桜子,長野宇規,北尾馨、環境放射能除染学会　第11回研究発表会　(2022a)　原子力災害被災地域の環境記憶デジタルアーカイブ構築への取り組み　等

【知的財産権：０件】

特に記載すべき事項はない。

【国民との科学・技術対話：２２件】

1. NEW環境展出展（2023年5月24日（水）～5月26日（金）、参加者約9万人）
2. 楢葉町「ならはサステなmeeting」における講演「楢葉町が取り組めそうなゼロカーボン～脱炭素への挑戦と私たちの暮らし～」（2022年6月26日、聴講者約150名）
3. 静岡大学学術院工学領域防災総合センターにおける特別講義・ワークショップ「東日本大震災からの環境回復と残された課題」（2023年1月12日、参加者約50名）
4. 心の復興事業における連携講座（第1回）「放射性物質汚染、除染、環境回復、産業再開と中間貯蔵施設の残された課題」（2022年7月2日、聴講者約15名）
5. 心の復興事業における連携講座・ワークショップ（第3回）「中間貯蔵施設と周辺地域の共存」（2022年8月27日、聴講者約15名）
6. 筑波大学における講義「原子力災害と県外最終処分に向けた課題」（2023年7月8日、聴講者約20名）
7. 早稲田大講義学理工文化論 (20036.17) 科学技術と社会の狭間にある忌避施設の合意形成問題　等

5. 研究の効率性

- テーマ間の相互関係構築、研究者間の意識共有のため、地域の行政担当者を招いて課題勉強会（フィールドワーク）を開催した。
- テーマリーダー間のスケジュール管理を共有、メーリングリストを活用して研究参画者の動向、情報共有を徹底、web会議システムを有効活用し、対話による情報交換、研究進捗管理を実施することができた。
- 自治体・住民の意識・動向などを定期的に把握することを意識し、連絡の徹底、ヒアリング議事録などを研究者間で速やかに情報共有することを常に実施した。
- 2023NEW環境展において、多くの来場者に研究推進、研究内容についてコメントを頂き、今後の研究活動の参考となった。
- 会議の日程調整や会議議事録等については研究者側の負担を軽減するため、広告代理店への外注によって進めることができた。
- 研究者が別途実施している、令和５年度 環境再生事業等の理解醸成等に関する効果検証業務と連携し、学生向けにパターンランゲージによる模擬的な地域づくりを実施できた。