

研究ノート

除去土壤の再生利用と最終処分：社会受容への影響の比較

高田 モモ^{1*,†}、三成 映理子²、松本 親樹^{1,†}、岩崎 雄一^{3,†}、鈴木 薫^{1,‡}、保高 徹生^{1,†}

【要 約】汚染土壤等の管理・処分においては、近年国際的に環境保護や地域住民の参画による事業の社会的価値の向上といった多面的価値を同時に創出する取り組みが進んでいる。福島第一原発事故由来の除去土壤等の福島県外での最終処分には除去土壤の再生利用が重要である。本研究では、除去土壤を最終処分するのではなく、再生利用し受け入れ地域に新たな価値を創出することで、社会受容が高まるのかを調べた。2023年8月にオンラインアンケートを実施し、再生利用として広域公園の整備を仮定した。アンケート参加者は、自分の自治体において除去土壤が再生利用された広域公園が建設されることになった／除去土壤の最終処分場が建設されることになった、というどちらかのシナリオについて社会受容および関連する質問に回答した。また、このような傾向は原発事故由来の除去土壤に対してのみ確認されるのかを調べるため、自然由来のヒ素を含む土壤に関する調査も実施した。その結果、汚染物質を含む土壤は、最終処分よりも再生利用のほうが社会受容が高く、またこの傾向は除去土壤、ヒ素汚染土壤どちらについても確認された。本結果は汚染土壤等の管理や処分において、受け入れ地域に金銭的補償にとどまらない新たな価値をもたらす取り組みを付帯することで、社会受容を向上できることを示唆している。

キーワード：オンラインアンケート、ヒ素、放射性セシウム、福島第一原子力発電所事故、持続可能性

1. はじめに

廃棄物や汚染物質を含む土壤の管理・処分においては、近年の国際的な取り組みとして、環境保護、地域経済発展の機会の確保、地域住民の参画による事業の社会的価値の向上等、多面的価値を同時に創出する動きがある。例えば、欧州の都市部では、土壤汚染区域の緑地再生が盛んであり、野生生物の生息地、コミュニティーの形成、レクリエーションのスペースの提供等の効果がある^{1,2)}。我が国で2005年にオープンした北海道札幌市のモエレ沼公園は、札幌市のグリーンベルト構想の一部として不燃ごみの一般廃棄物最終処分場の跡地を公園として有効利用したものであり、生物多様性保全、地球温暖化緩和に貢献したほか³⁾、観光地としての経済効果やレクリエーションスペースとしての文化的価値が確認されている⁴⁾。2020年には環境省が「多面的価値を創出する廃棄物処理施設整備促進ガイダンス」をまとめており、少子高齢化や地方財政逼迫といった社会的背景を鑑み、廃棄物処理施

設に地域の脱炭素化、雇用創出、地域経済の循環、住民サービスの充実といった地域の様々な社会問題の解決に資する多面的価値を付帯させることを推進している⁵⁾。これらの取り組みは2015年に国連で採択された持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals、以下SDGsとする)と親和性が高く⁶⁾、その進捗はSDGsの達成に直接寄与する。すなわち、廃棄物や汚染物質を含む土壤の、複数の社会的価値を持つ資源としての利活用が、単なる処分や管理ではなく、将来世代に負担を残さないという世代間の衡平性、人の健康や環境の保護、社会的衡平性および経済発展に資する取り組みとなることを意味する。

放射性物質を含む廃棄物や土壤に関しては、国際放射線防護委員会が、汚染の程度が低い場合、公衆や作業者、環境への被ばくを大幅に増加させない限り、これらのリサイクルが貴重な資源を節約する手段として有効であり、持続可能性の観点から望ましいとしている⁷⁾。現在、東京電力福島第一原子力発電所事故由来の約1,330万m³の除

2024年11月22日受付 2025年4月22日受理

*Corresponding author: E-mail: momo.takada@aist.go.jp

¹ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地図資源環境研究部門(〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1)

² 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

³ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門(〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1)

[†] 現所属：国立研究開発法人産業技術総合研究所 ネイチャーポジティブ技術実装研究センター

[‡] 現所属：国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域

去土壤等(放射性セシウムを含む土壤や可燃物等)は中間貯蔵施設に保管されており、その8割以上が公共事業等で再生利用可能な8,000 Bq/kg以下の土壤である⁸⁾。環境省は、2045年までに除去土壤等を福島県外で最終処分するため、まずは最終処分必要量を低減することを目指し、除去土壤の再生利用を進めている⁹⁾。福島県飯館村長泥地区の特定復興再生拠点では、環境再生事業として村内で発生した除去土壤を農地盛土等の造成に再生利用しており、実施上の課題検討のため、地域住民の代表者と農業や放射線の専門家で構成された運営協議会を設置しており¹⁰⁾、震災影響地域の住民が参画する地域の復興プロジェクトという側面もある。

モエレ沼公園や長泥地区の環境再生事業のように、廃棄物や汚染物質を含む土壤を単に処分するのではなく、同時に受け入れ地域に金銭的補償にとどまらない新たな価値をもたらす複数の事例が、社会に受け入れられた例として近年増加してきている。しかし、このような取り組みが、意思決定や合意形成に与える影響、つまり社会受容をどの程度向上させるかは明らかになっていない。

廃棄物や除去土壤等の処分場の社会受容に影響する因子は古くから多く研究されており、例えば施設に対する人々のリスクの認識や¹¹⁻¹⁴⁾保護価値^{15, 16)}は社会受容を妨げることが知られている。保護価値とは、価値観の中でも絶対に譲れない、すなわち他の価値とのトレードオフから護られている価値観のことであり¹⁷⁾、例えば上記のような処分場がもたらすリスクはベネフィットと天秤にかけることができない／どのような理由であれ処分場の立地は許されないという価値観を指す。さらに、感情は先行要因としてリスク判断におけるバイアスを生じさせ¹⁸⁾、とくに、高レベル放射性廃棄物については否定的な感情を持つ人ほど立地政策に反対しやすい¹⁹⁾。一方、実施主体への信頼は社会受容を向上させる^{20, 21)}。これら社会受容に影響する因子のうち、リスク認知や保護価値、感情的評価は、廃棄物や除去土壤等を単に処分するのではなく、受け入れ地域に新たな価値をもたらす取り組みと合わせると、社会受容を高める方向に変化する可能性がある。つまり、人々の感情的評価はより肯定的になり、リスク認知と保護価値は低下するかもしれない。このような取り組みが社会受容に与える影響が明確になれば、除去土壤の再生利用の合意形成だけでなく、それ以外の廃棄物や汚染物質を含む土壤についても新たな管理のフレームワークの提案といった視点において有益であろう。さらに、近年国際的にも整備が急務である原子力防災の観点から、原子力災害後の放射性物質を含む土壤や廃棄物の処分方針に対し意義ある知見を提供できると考えられる。

本研究では、除去土壤の再生利用が社会受容に与える

影響を明らかにすることを目的とし、オンラインアンケートを実施した。8,000 Bq/kg以下の除去土壤を対象とし、再生利用の方法として広域公園の整備を仮定した。具体的には以下の3点を調べた。(1) 8,000 Bq/kg以下の除去土壤は、最終処分するより広域公園の基盤として再生利用したほうが感情的評価は高く、リスク認知および保護価値は低くなり、結果的に社会受容は高まるか、(2) 再生利用の社会受容も最終処分と同様、感情的評価や保護価値、リスク認知といった因子に影響を受けるか。さらに、上記の社会受容や因子の影響が事故由来の放射性物質を含む除去土壤に対してのみ確認されるかを調べるため、(3) トンネル掘削工事により発生した土壤溶出基準を超える自然由来のヒ素で汚染された土壤に関しても、同様に調査および解析を実施した。事故由来の放射性セシウムおよび自然由来のヒ素という2種の汚染物質による違いを強調するため、以下、本論文では除去土壤を「放射性セシウムを含む土壤」、自然由来のヒ素で汚染された土壤を「ヒ素を含む土壤」とする。

2. 方法

オンラインアンケートの実施に関する研究計画は、産業技術総合研究所の人間工学実験委員会に提出し、審査対象外と判断された。アンケート調査参加者(以下、調査参加者とする)は、調査に自発的に参加し、その回答が研究目的で使用・公表されることに同意している。また調査参加者は、事前に調査の概要やデータの利用目的等に関する詳細な情報をテキストで提供され、そのうえで調査協力への同意という選択肢を選んだ場合のみ回答に進んだ。本調査は、筆者らの先行研究である除去土壤等の減容化に関する社会受容における重要要素に関する調査²²⁾と合わせて実施したものである。

(1) 調査参加者

調査は2023年8月にオンライン調査会社(Cross Marketing Inc.)を通じて実施し、調査参加者は調査会社に登録されたモニターであった。調査参加者は、関東地域(東京、神奈川、埼玉、千葉、栃木、群馬、茨城、山梨)に住む20歳から69歳とした。これは、除去土壤の再生利用は福島県外でも実施されること、この年齢層の人々が合意形成の主要なステークホルダーであることを考慮して選定した。データは、年齢層別(20代、30代、40代、50代、60代)および性別で均等に割り付けた(性別は、以下に示すように4種の選択肢を設けたため、女性と男性がおおむね1:1になるように均等とした)。本調査のインセンティブとして、調査参加者には約40円相当の現金と交換可能なウェブポイントを付与した。

(2) 質問デザイン

調査参加者は回答に入る前に基本情報として性別(回答しない／その他／女性／男性)、年齢、居住都道府県を入力した。質問は、ヒ素を含む土壌、放射性セシウムを含む土壌の順とし、各汚染物質に関する回答に入る前に事前説明文を提示した。放射性セシウムを含む土壌に関する事前説明では、事故による環境汚染の概要、除染と中間貯蔵施設、30年後の福島県外最終処分計画を説明し、これは高田ら²²⁾のAppendix 1に示されている。ヒ素を含む土壌については、自然由来の重金属の概要、トンネル掘削工事による汚染土壌の発生について説明した(Appendix 1)。調査参加者に説明内容を十分理解してもらうため、文の提示から30秒以上たたないと回答に進めない仕組みにした。

両汚染物質を含む土壌には、Table 1に示すようにそれぞれ用途の異なるシナリオを設定した:自分の自治体において放射性セシウムを含む土壌(あるいはヒ素を含む土壌)が再生利用された広域公園が建設されることになった／放射性セシウムを含む土壌(あるいはヒ素を含む土壌)の最終処分場が建設されることになった。調査参加者は両汚染物質それぞれに対し、いずれか1つのシナリオ(合計2つのシナリオ)に回答した。汚染物質を含む土壌の汚染レベルについて、放射性セシウムは2シナリオ設定した:土壌の汚染レベルは8,000 Bq/kgとし、再生利用する(Table 1における「放射性セシウム－再生利用」シナリオ);あるいは最終処分する(Table 1における「放射性セシウム－最終処分」シナリオ)とした。ヒ素を含む土壌は、3シナリオ設定した:土壌の汚染レベルは溶出量基準である0.01 mg/l²³⁾の3倍となる0.03 mg/lとし、溶出量基準の1/10となる0.001 mg/lとなるよう不溶化処理し、再生利用する(Table 1における「ヒ素－再生利用」シナリオ);不溶化処理をせずに再生利用する(Table 1における「ヒ素－再生利用(不溶化無し)」シナリオ);あるいは最終処分す

る(Table 1における「ヒ素－最終処分」シナリオ)。

放射性セシウムを含む土壌のリスクレベルは、再生利用と最終処分どちらも同じである。一方、ヒ素を含む土壌については、再生利用(不溶化無し)と最終処分は同じレベルであるが、不溶化処理をした再生利用の場合は、再生利用(不溶化無し)と最終処分の1/30となり、リスクレベルに差がある。ヒ素を含む土壌の再生利用について、不溶化しない再生利用は現実的には考えづらいが、用途の違いとリスクレベルの関係において、放射性セシウムを含む土壌(除去土壌)の再生利用と最終処分の関係に近く、汚染物質による認知の相違性あるいは共通性の理解につながると考え、仮想的なシナリオとして設定した。

アンケート調査において、放射性セシウムおよびヒ素を含む土壌に関する質問の表現は、汚染物質以外は同一となるように作成した。いずれのシナリオにおいても地下水および放流水等の汚染のモニタリング等、また放射性セシウムのみ周辺の空間線量のモニタリングを行い、人間を含む周辺環境への汚染物質による影響がないことを継続して確認することが調査参加者に示された。

Table 2に示すように、各シナリオに対する社会受容と、それに影響すると予想される因子である感情的評価、リスク認知および保護価値の測定を行った。社会受容に関して1設問、4段階評価(1=反対である、2=どちらかといえば反対である、3=どちらかといえば賛成である、4=賛成である)とし、点数が高いほど受容に肯定的な評価となるようにした。感情的評価は、再生利用あるいは最終処分の印象をSemantic Differential法を用いて10設問、それぞれ5段階評価で回答を求めた。逆転項目を4問含んだが、解析では点数が高くなるほど肯定的な評価となるように処理した。リスク認知と保護価値についてはそれぞれ3設問と2設問、5段階評価(1=そう思わない、2=どちらかといえばそう思わない、3=どちらともいえない、4=どちらかといえばそう思う、5=そう思う)で測

Table 1 Scenarios for recycling and final disposal of contaminated soil with radiocesium or arsenic.

Contaminant	Use	Volume	Contamination level	Facility	No. of participant
Radiocesium	Recycling (再生利用)	—	≤ 8,000 Bq/kg	Regional park (広域公園)	407
	Final disposal (最終処分)	$1.3 \times 10^7 \text{ m}^3$	8,000 Bq/kg	Non-leachate-controlled type (安定型相当処分場)	407
Arsenic	Recycling (再生利用)	—	0.03 mg/l (three times the standard), and 0.001 mg/l by insolubilization (one tenth of the standard) (0.03 mg/l(基準の3倍)、不溶化処理により 0.001 mg/l(基準の1/10))	Regional park (広域公園)	406
	Recycling (without insolubilization) (再生利用(不溶化無し))	—	0.03 mg/l (three times the standard) (0.03 mg/l(基準の3倍))	Regional park (広域公園)	404
	Final disposal (最終処分)	$1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$	0.03 mg/l (three times the standard) (0.03 mg/l(基準の3倍))	Leachate-controlled type (管理型相当処分場)	406

Table 2 Questionnaire and reliability coefficients

Factor	Questions	Reliability coefficient (Cronbach's alpha)				
		Radiocesium		Arsenic		
		Recycling	Final disposal	Recycling	Recycling (without insolubilization)	Final disposal
Public acceptance (社会受容)	Do you agree or disagree with the recycling / the final disposal in your neighborhood? (あなたは、自分の住んでいる自治体で、処分されることについて／再生利用されることについて、賛成ですか、それとも反対ですか。) (1 = disagree, 2 = somewhat disagree, 3 = somewhat agree, 4 = agree)	—	—	—	—	—
Emotional valence (感情的評価)	Good-bad* (よい-悪い), Don't like-like (きらいな-すきな), Pleasant-unpleasant* (好ましい-好ましくない), Unfriendly-friendly (感じの悪い-感じのよい), Necessary-unnecessary* (必要な-不必要的), Dangerous-safe (危険な-安全な), Harmless-harmful* (無害な-有害な), Unstable-stable (不安定な-安定な), Not risky-risky (危なくない-危ない), Problematic-unproblematic (問題のある-問題のない) (1 = negative, 5 = positive, *: reversed question)	0.93	0.92	0.92	0.93	0.92
Risk perception (リスク認知)	<ul style="list-style-type: none"> It affects the health of nearby residents. (付近の住民の健康への影響があるのではないかと思う) It affects the surrounding environment. (周囲の環境に影響を及ぼしてしまうのではないかと思う) It affects children and the next generation. 子供など将来世代への影響があるのではないかと思う) (1 = disagree, 2 = somewhat disagree, 3 = neutral, 4 = somewhat agree, 5 = agree)	0.94	0.95	0.93	0.94	0.93
Protected value (保護価値)	<ul style="list-style-type: none"> There is no reason that having it in my neighborhood can be acceptable. (いかなる理由であれ、自分の近隣の地域での受け入れは認められない) There is no reason that having it in my neighborhood can be tolerable. (いかなる理由であれ、自分の近隣の地域に設置することは許しがたい) (1 = disagree, 2 = somewhat disagree, 3 = neutral, 4 = somewhat agree, 5 = agree)	0.96	0.96	0.94	0.95	0.94

定し、点数が高いほどリスク認知が高く（再生利用あるいは最終処分のリスクを高く認識する）あるいは保護価値が高く（どのような理由であっても再生利用あるいは最終処分が許されないと認識する）なるようにした。感情的評価は大友ら²⁴⁾、リスク認知は Slovic¹¹⁾ および横山ら²⁰⁾、保護価値は横山ら²⁰⁾と大沼ら²⁵⁾を参考にした。質問票と感情的評価、リスク認知、保護価値の信頼性係数（クロンバッカのアルファ）を Table 2 に示す。クロンバッカのアルファ値が 0.92–0.96 だったため、それぞれの平均点を 3 種の因子として解析に用いた。本稿に関連する質問票および回答は、責任著者から入手可能である。

（3）解析

全ての質問について、調査参加者の回答は正規分布を示しておらず（Shapiro-Wilk 検定、 $p < 0.05$ ）、また全因子について用途間で回答の分散に差が無かったため（放射性セシウムを含む土壤：Siegel-Tukey 検定、 $p > 0.05$ ；ヒ素を含む土壤：Levene 検定、 $p > 0.05$ ）、用途による回答の差を、放射性セシウムを含む土壤は Mann-Whitney U 検定、ヒ素を含む土壤は Kruskal-Wallis 検定および多重比

較で評価した。社会受容とそれぞれ感情的評価、リスク認知および保護価値との相関はスピアマンの順位相関検定で評価した。以上の解析は R ソフトウェア 4.2.2 を用いて行った²⁶⁾。また、感情的評価、リスク認知、保護価値、年齢および性別が社会受容に及ぼす影響の程度を調べるため、重回帰分析を実施した。性別は名義尺度変数であるため、ダミー変数化した。いずれのシナリオにおいても、Variance Inflation Factor は 3 未満で多重共線性が生じておらず、Durbin-Watson 比は 1.98–2.13 の範囲で残差に自己相関が見られなかったため、重回帰分析での評価が可能と判断した。この解析は SPSS Statistics Ver. 27 (IBM, USA) を使用した。

3. 結果

（1）再生利用および最終処分場の社会受容

社会受容とそれに影響すると予想される因子について、用途による回答の差を Table 3 に示す。放射性セシウムについて、社会受容は再生利用のほうが最終処分より 5% 水準で有意に（以下、有意にとする）高かった。ヒ素について、社会受容は再生利用が最終処分より有意に高

Table 3 Arithmetic mean (average) and standard deviation (SD) for different contaminants and factors.

Contaminant*	Factor	Use	Average**	SD
Radiocesium	Public acceptance	Recycling	2.26 a	0.81
		Final disposal	2.09 b	0.77
	Emotional valence	Recycling	2.91 a	0.36
		Final disposal	2.91 a	0.45
	Risk perception	Recycling	3.55 a	0.94
		Final disposal	3.63 a	0.95
	Protected value	Recycling	3.28 a	1.04
		Final disposal	3.34 a	1.05
	Public acceptance	Recycling	2.46 a	0.81
		Recycling (without insolubilization)	2.38 ab	0.83
		Final disposal	2.25 b	0.84
		Recycling	2.95 a	0.4
Arsenic	Emotional valence	Recycling (without insolubilization)	2.90 b	0.39
		Final disposal	2.88 b	0.39
		Recycling	3.42 a	0.92
	Risk perception	Recycling (without insolubilization)	3.52 b	0.95
		Final disposal	3.63 b	0.91
		Recycling	3.07 a	1
	Protected value	Recycling (without insolubilization)	3.09 a	1.03
		Final disposal	3.29 b	1.01

* Mann-Whitney U test for radiocesium; Kruskal-Wallis test with multiple comparison for arsenic.

** Different alphabets indicate statistically significant difference at the 95% confidence level.

かったものの、不溶化処理の無い再生利用は、再生利用と最終処分のどちらとも有意な差が無かった。社会受容の回答(1=反対である、4=賛成である)の平均値は、放射性セシウムについて再生利用で2.26、最終処分で2.09であった。ヒ素については、再生利用は2.46、不溶化処理をしない再生利用は2.38、最終処分は2.25であった。

社会受容に影響すると予想される3種の因子については、放射性セシウムを含む土壤では用途による有意な差がみられなかった: 5段階評価の平均値で、感情的評価について再生利用と最終処分はともに2.91:リスク認知について再生利用は3.55、最終処分は3.63:保護価値について再生利用は3.28、最終処分は3.34。ヒ素を含む土壤については、3種の因子について有意な差がみられた: 感情的評価は最終処分より再生利用が高かった(つまり再生利用の方がより肯定的な評価であった)。不溶化処理をしない再生利用は、再生利用より有意に低く、最終処分とは差がなかった。感情的評価は、5段階評価の平均値で再生利用が2.95、不溶化処理の無い再生利用は2.90、最終処分が2.88であった。リスク認知も感情的評価と同様、再生利用より最終処分のほうが有意に高く(つまり最終処分のほうがよりリスクを高く認識し)、不溶化処理をしない再生利用は、再生利用より有意に低く、最終処分とは差がなかった。5段階評価の平均値で再生利用が3.42、不

溶化処理をしない再生利用が3.52、最終処分が3.63であった。保護価値もまた再生利用より最終処分のほうが有意に高かった(つまり最終処分の方がどのような理由であっても許されないと認識する傾向がある)一方で、不溶化処理をしない再生利用は、感情的評価とリスク認知の傾向とは異なり、最終処分より有意に高く、再生利用と差が無かった。5段階評価の平均値で再生利用が3.07、不溶化処理をしない再生利用が3.09、最終処分は3.29であった。

再生利用あるいは最終処分への調査参加者における賛成者の割合については、放射性セシウムを含む土壤に関して再生利用は37.4%が「賛成(agree)」または「どちらかといえば賛成(somewhat agree)」を選択した(Figure 1)。最終処分する場合の「賛成」または「どちらかといえば賛成」は再生利用よりも少なく、30.7%であった。ヒ素を含む土壤については、再生利用では47.1%、不溶化処理をしない場合の再生利用では43.8%、最終処分では36.7%が「賛成」または「どちらかといえば賛成」を選択した。

(2) 各因子の社会受容への影響

社会受容を従属変数とした重回帰分析の結果をTable 4に示す。感情的評価は社会受容に有意に正の影響を示し($\beta = 0.39 - 0.58$)、保護価値は有意に負の影響を示した($\beta = -0.22 - -0.15$)。リスク認知は、ヒ素を含む土壤の再

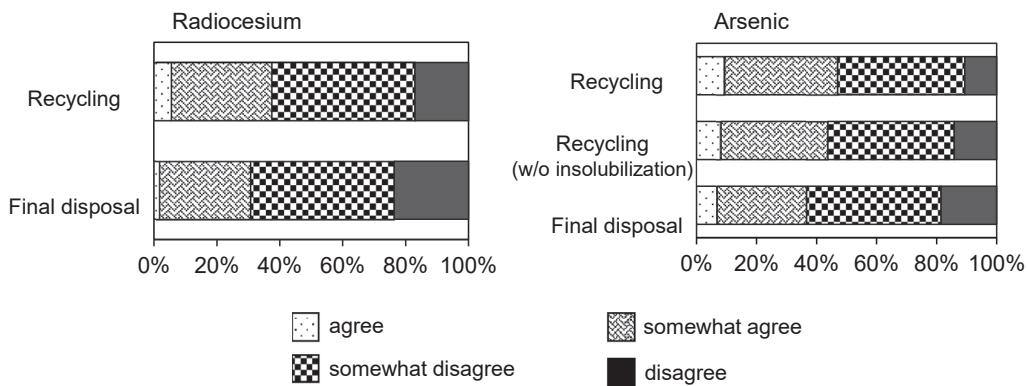


Figure 1 Responses to the question “Do you agree or disagree with the recycling / the final disposal in your neighborhood?” for radio cesium and arsenic using a four-point scale.

Table 4 Associations between public acceptance and factors: multiple regression analysis^a

	Radio cesium		Arsenic	
	Recycling	Final disposal	Recycling	Recycling (without insolubilization)
Emotional valence	0.49***	0.39***	0.48***	0.58***
Risk perception	-0.08	-0.07	-0.14*	-0.05
Protected value	-0.21***	-0.22***	-0.15**	-0.15**
Age	-0.02	-0.06	-0.08*	-0.06
Gender Female (ref: male) ^b	-0.05	0.01	-0.02	-0.10**
				0

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

^a Standardized partial regression coefficients

^b No answer or Other responses are not shown the table, but they accounted for only 0.6% of the total.

生利用を除き有意な負の影響は確認されなかった(ヒ素-再生利用: $\beta = -0.14$ 、その他: $\beta = -0.08 - -0.05$)。年齢は、ヒ素を含む土壤の再生利用でのみ有意な負の影響を示した(ヒ素-再生利用: $\beta = -0.08$ 、その他: $\beta = -0.06 - -0.02$)。性別に関し、不溶化処理をしない再生利用について、女性のほうが男性よりも受容が低かった(ヒ素-再生利用(不溶化無し): $\beta = -0.10$ 、その他: $\beta = -0.05 - 0.01$ 、男性=0)。社会受容と3種の因子間の単相関について、社会受容は、感情的評価と有意な正の相関があり($rs = 0.19 - 0.31$)、リスク認知および保護価値とは有意な負の相関があった(リスク認知: $rs = -0.55 - -0.47$ 、保護価値: $rs = -0.58 - -0.47$)。社会受容と3種の因子の相関係数は、Appendix 2に示す。

4. 考察

(1) 再生利用の社会受容への影響因子

本結果では、放射性セシウム、ヒ素とともに、再生利用あるいは最終処分場に対する感情的評価が社会受容に正の影響を与えており、再生利用あるいは最終処分に対する保護価値は負の影響を与えていた。感情的評価や保護価値は、先行研究により一般廃棄物の処分場や除去土壤の最終処分、高レベル放射性廃棄物の社会受容に影響することが知られている^{15, 18, 19}。本結果は、これらの因子が処分の社会受容だけでなく、再生利用の社会受容にも

同様に影響することを明らかにした。一方、複数の先行研究でリスク認知は処分場の社会受容に負の影響を受けることが確認されている^{11, 12, 14, 27}。しかし本研究の結果では、リスク認知の影響はあまり大きくななく、ヒ素の再生利用を除き有意な影響は確認されなかった(Table 4)。一方で、単相関では3因子とも社会受容と有意な相関が確認された(Appendix 2)。先行研究で社会受容との関係が報告されているリスク認知について、今回の重回帰分析で有意な効果が確認されなかった理由は明確ではないが、リスク認知を測定する設問数、設問文、解析方法や説明変数の種類の違いが影響した可能性がある。

また本結果での放射性セシウムを含む土壤、つまり除去土壤の最終処分場の社会受容は、4件法(1=反対である、2=どちらかといえば反対である、3=どちらかといえば賛成である、4=賛成である)での質問で回答の平均は2.09であった(Table 3)。同様の設計で実施した、減容化した除去土壤等や燃物の焼却により発生した焼却残さ(焼却主灰および飛灰)の最終処分の社会受容に関する先行研究(「あなたは近隣での最終処分に賛成ですか、反対ですか」という設問に対し4件法(1=反対である、2=どちらかといえば反対である、3=どちらかといえば賛成である、4=賛成である)で回答)では、回答の平均は約2であった¹⁴)。つまり、本研究対象とした再生利用可能な8,000 Bq/kg以下の除去土壤の処分場の社会受容も、放射

能濃度がより高い除去土壤等や焼却残さと社会受容の程度が大きく変わらないことが明らかとなった。

放射性セシウム、ヒ素どちらについても、再生利用の社会受容は、最終処分より高い傾向が確認できた。社会受容への影響が確認された感情的評価と保護価値を含む3種の因子は、ヒ素を含む土壤についていずれも最終処分より再生利用の方が、調査参加者に良い印象やリスクが小さい印象を与えていた。しかし、不溶化処理をしていない再生利用の場合、保護価値を除く2因子は、最終処分と差が無かった。さらに、放射性セシウムを含む土壤についても、3種の影響因子はいずれも再生利用と最終処分で差がなかった。この結果は、汚染物質によるリスクのレベルが同一であれば、これらの影響因子が用途によって大きな影響を受けないことを示唆している。したがって、本結果において放射性セシウム、ヒ素とともに、最終処分より再生利用で社会受容が高い傾向がみられたのは、本研究で取り上げた3種の影響因子以外の因子が影響した可能性がある。例えば、Shirai et al.¹⁴⁾や大友ら²⁴⁾は、除去土壤等の最終処分の社会受容には、国や社会への貢献という社会的便益認識や、雇用創出、地域活性化、生活向上などの個人的便益認識が影響することを報告しているが、再生利用と最終処分ではこの認識が大きく異なり、それが社会受容にも影響した可能性等が考えられる。これに関しては、今後さらなる調査が必要である。

今回の調査では、汚染物質を含む土壤の広域公園としての再生利用について、放射性セシウムで約4割、ヒ素では約5割が賛成であった。本研究で使用したシナリオにおける放射性セシウムとヒ素による汚染レベルのリスクは厳密には一致してないため単純な比較は難しいが、汚染レベルはどちらも健康に影響がないレベルであり、事前説明には継続的なモニタリングにより人間を含む周辺環境への影響がないことを確認することを明記した。したがって、本結果における汚染物質による回答の差は、自然由来のヒ素より事故由来の放射性セシウムのほうが、人々の抵抗感あるいは忌避感が強いことを示唆している可能性がある。汚染物質による社会受容の違いに関しても、今後さらなる詳細な調査が必要であろう。

(2) 除去土壤等の再生利用および県外最終処分に向けて

本研究では、除去土壤を広域公園として再生利用したほうが、汚染された土壤として最終処分するより社会受容が有意に高く、再生利用の賛成は調査参加者の約4割、最終処分では約3割という結果が得られた。これは、除去土壤を単に処分するのではなく、同時に受け入れ地域に金銭的補償にとどまらない新たな価値をもたらす取り組みと合わせることで合意形成がスムーズになる可能性を示唆している。約1,330万m³の除去土壤等のうち約8

割を占める8,000 Bq/kg以下の土壤に関して、本結果は再生利用を推進するための有益な知見であろう。とは言え、本結果における除去土壤の再生利用の賛成者は、最終処分と1割程度しか違わず、半数以上は再生利用にも反対の態度を示すことが明らかになった。これについては、先行研究で示されている通り、最終処分および再生利用の実施主体である政府への信頼の低さなどが受容を阻害している可能性がある^{20,21)}。これは、再生利用の安全性に関する情報公開や、手続き的公正に配慮した意思決定が有益であろう。本調査では再生利用がもたらす価値として広域公園を設定したが、この条件は地域のニーズが反映された価値ではないことに注意されたい。環境省の「多面的価値を創出する廃棄物処理施設整備促進ガイド」⁵⁾で重要性が強調されているように、まちづくり計画等の上位計画から地域のニーズを把握し、地域に適した価値を見出して実装するという手順を踏むことで、社会受容がさらに向上する可能性がある。8,000 Bq/kgを超える再生利用できない除去土壤等の最終処分では、減容化した後、土壤ではなく廃棄物として処分されると考えられるが、これもモエレ沼公園の事例⁴⁾等のように廃棄物処分場に地域のニーズに即した価値を付帯させることができであろう。さらに、本結果は最終処分の社会受容に影響する感情的評価や保護価値といった因子が、再生利用の社会受容にも同様に影響することが示唆された。この情報は、再生利用を進めるうえでのステークホルダーとのコミュニケーションにおいても役立つことが期待される。

5. 結論

本研究では、オンラインアンケートにより除去土壤の再生利用が社会受容に与える影響を調べた。その結果、同じ放射能レベルの土壤は、最終処分するよりも広域公園造成の基盤として再生利用するほうが、社会受容がわずかながら高まる（賛成者数では1割程度の増加）ことが示された。また、この傾向は事故由来の放射性物質を含む除去土壤等に限らず、自然由来のヒ素汚染土壤でも確認できることが明らかとなった。この結果は、汚染土壤の管理や処分において、受け入れ地域に金銭的補償にとどまらない新たな価値をもたらす取り組みを付帯することで、社会受容を向上させることを示唆している。

本研究で得られた知見は、東京電力福島第一原子力発電所事故由来の除去土壤の再生利用の合意形成だけでなく、福島の事例にとどまらず原子力防災という観点からも、原子力災害後の放射性物質を含む土壤や廃棄物の処分方針に対し有意義な示唆を提供する。また、放射性物質を含まない廃棄物や汚染土壤の処分・管理のフレームワークの提案においても有益であろう。このような、廃棄物や汚染物質を含む土壤の管理や処分に複数の価値を

付帯させる取り組みは、将来世代に負担を残さないこと、汚染土壤を環境負荷や費用の発生を伴い処分することのない有効利用、高い社会受容のもとで実施することによる社会的衡平性の確保につながり、SDGsの達成といった視点からも意義がある。

謝 辞

本研究の執筆に際し、鈴木寿一様（産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圈資源環境研究部門）にはSDGsに関するご助言および有益な示唆をいただきました。ここに深く感謝いたします。本研究の一部は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF22S20906）により実施しました。

文 献

- 1) G. Atkinson, K. J. Doick, K. Birmingham, C. France: Brownfield regeneration to greenspace: Delivery of project objectives for social and environmental gain. *Urban Forestry & Urban Greening*, **13** (3), 586-594 (2014).
- 2) Y. Song, N. Kirkwood, Č. Maksimović, X. Zheng, D. O'Connor, Y. Jin, D. Hou: Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review. *Sci. Total Environ.*, **663**, 568-579 (2019).
- 3) Y.-C. Weng, T. Fujiwara, H. J. Houng, C.-H. Sun, W.-Y. Li, Y.-W. Kuo: Management of landfill reclamation with regard to biodiversity preservation, global warming mitigation and landfill mining: experiences from the Asia-Pacific region. *Journal of Cleaner Production*, **104**, 364-373 (2015).
- 4) H. Kim, Y. Shoji, T. Tsuge, T. Aikoh, K. Kuriyama: Understanding recreation demands and visitor characteristics of urban green spaces: A use of the zero-inflated negative binomial model. *Urban Forestry & Urban Greening*, **65**, 127332 (2021).
- 5) 環境省：「多面的価値を創出する廃棄物処理施設整備促進ガイドンス」環境省 (2021).
- 6) United Nations: Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. New York: *United Nations, Department of Economic and Social Affairs*. (2015).
- 7) W. Rühm, K. Applegate, F. Bochud, D. Laurier, T. Schneider, S. Bouffler, K. Cho, C. Clement, O. German, G. Hirth, M. Kai, S. Liu, A. Mayall, S. Romanov, A. Wojcik: The system of radiological protection and the UN sustainable development goals. *Radiat. Environ. Biophys.*, **63** (4), 469-482 (2024).
- 8) 「県外最終処分に向けた取組」環境省, <http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/effort/>, (参照2024-11-22).
- 9) 「福島、その先の環境へ。対話フォーラム」環境省, <https://kankyoaissei.env.go.jp/next/recycle/forum/>, (参照2024-11-22).
- 10) 「飯舘村長泥地区における再生利用実証事業」環境省, http://josen.env.go.jp/chukanchozou/facility/recycling/project_iitate/, (参照2024-11-22).
- 11) P. Slovic: Perception of risk. *Science*, **236** (4799), 280-285 (1987).
- 12) P. Slovic, M. Layman, N. Kraus, J. Flynn, J. Chalmers, G. Gesell: Perceived risk, stigma, and potential economic impacts of a high - level nuclear waste repository in Nevada. *Risk Anal.*, **11** (4), 683-696 (1991).
- 13) L. Sjöberg: Local acceptance of a high - level nuclear waste repository. *Risk Analysis: An International Journal*, **24** (3), 737-749 (2004).
- 14) K. Shirai, M. Takada, M. Murakami, S. Ohnuma, K. Yamada, M. Osako, T. Yasutaka: Factors influencing acceptability of final disposal of incinerated ash and decontaminated soil from TEPCO's Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. *J. Environ. Manage.*, **345**, 118610 (2023).
- 15) P. Krüttli, M. Stauffacher, D. Pedolin, C. Moser, R. W. Scholz: The Process Matters: Fairness in Repository Siting For Nuclear Waste. *Social Justice Research*, **25** (1), 79-101 (2012).
- 16) M. Murakami, M. Takada, Y. Shibata, K. Shirai, S. Ohnuma, T. Yasutaka: Exploring the differences and influencing factors between top-down and opinion-reflective approaches regarding public acceptance of final disposal of soils removed after the Fukushima nuclear accident. *Radiat. Prot. Dosim.*, **200** (16-18), 1514-1518 (2024).
- 17) J. Baron, M. Spranca: Protected Values. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.*, **70** (1), 1-16 (1997).
- 18) M. L. Finucane, A. Alhakami, P. Slovic, S. M. Johnson: The affect heuristic in judgments of risks and benefits. *Journal of Behavioral Decision Making*, **13** (1), 1-17 (2000).
- 19) P. Slovic, J. H. Flynn, M. Layman: Perceived risk, trust, and the politics of nuclear waste. *Science*, **254** (5038), 1603-1607 (1991).
- 20) 横山実紀, 大沼 進, 近藤由基: 除去土壤再生利用の社会的受容に負担の不衡平緩和が及ぼす効果. 心理学研究, **91** (6), 378-387 (2021).

- 21) G. S. Leventhal: What should be done with equity theory? In "Social Exchange", Ed by K. J. Gergen, M. S. Greenberg, R. H. Wills, Springer, pp 27-55 (1980).
- 22) 高田モモ, 三成映理子, 松本親樹, 岩崎雄一, 鈴木薫, 保高徹生: 除去土壤等の減容化に関する社会受容における重要要素. 環境放射能除染学会誌, **12** (1), 3-13 (2024).
- 23) 環境省:「土壤汚染対策法施行規則(平成十四年環境省令第二十九号)」(2002).
- 24) 大友章司, 大澤英昭, 広瀬幸雄, 大沼 進: 福島原子力発電所事故による高レベル放射性廃棄物の地層処分の社会的受容の変化. 日本リスク研究学会誌, **24** (1), 49-59 (2014).
- 25) 大沼 進, 佐藤浩輔, 北梶陽子, 石山貴一: NIMBYを巡る当事者性の違いによる認識の差と手続き的公正の保護価値緩和効果: 幌延深地層研究センターを題材としたシナリオ調査. 日本リスク研究学会誌, **25** (3), 121-130 (2015).
- 26) R Core Team R: A language and environment for statistical computing. <https://www.R-project.org/>.
- 27) L. Sjöberg: Local Acceptance of a High-Level Nuclear Waste Repository. *Risk Anal.*, **24** (3), 737-749 (2004).

Research Note

Comparison of Public Acceptance of the Recycling and Final Disposal of Radioactively Contaminated Soil and Waste Resulting from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident

TAKADA Momo*, MINARI Eriko, MATSUMOTO Shinji, IWASAKI Yuichi,
SUZUKI Kaoru and YASUTAKA Tetsuo

• Summary • In recent years, international efforts have been made to manage and dispose of contaminated soil through multifaceted, simultaneous approaches, such as environmental protection and the enhancement of the social value of the project through the residents' participation. To bring about the management and disposal of radioactively contaminated soil and other materials from the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, soil recycling is important for its final disposal outside the Fukushima Prefecture. The present study examined whether public acceptance of plans improves when the contaminated soil is recycled, instead of being disposed of, by creating new value for the host community. An online survey was conducted in August 2023, with the development of a regional park assumed as the outcome of the recycling efforts. Survey respondents answered questions about public acceptability and related factors for each scenario: A regional park is to be constructed in your municipality using radioactively contaminated soil that has been recycled / A final disposal site for radioactively contaminated soil is to be constructed. A similar survey was conducted for naturally occurring arsenic-contaminated soils, to determine whether trends were unique to the radioactively contaminated soil from the Fukushima accident. The results showed that public acceptance of contaminated soil was higher for recycling than for disposal, and this trend was observed for both contamination. This suggests that public acceptance can be enhanced by adding initiatives that provide new value to the host community beyond financial compensation for the management and disposal of contaminated soil.

Key words: online survey, arsenic, radiocesium, Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident, sustainability

Received November 22, 2024; Accepted April 22, 2025

*Corresponding author: Address: Institute for Geo-Resources and Environment, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567, Japan
E-mail: momo.takada@aist.go.jp



Appendices

Appendix 1 自然由来の重金属汚染土壤に関する事前説明

【自然由来の重金属汚染土壤に関するアンケート】

概要説明

◇自然由来の重金属とは

自然界にはカドミウム、六価クロム、水銀、セレン、鉛、ヒ素、フッ素、ホウ素といった元素が存在します(上述の元素には、重金属ではないものも含まれますが、簡単のため以下では重金属とします)。これらの重金属は自然界にある岩盤・土壤や河川の堆積物、温泉、食品等に含まれます。通常の環境では人間も含めてすべての動植物に微量に存在している物質ですが、摂取量によっては健康被害を生じることがあるため、慎重に対応する必要があります。

◇トンネル掘削工事による汚染土壤の発生

高速道路の建設等、公共事業の現場で発生する土壤(例えばトンネルの掘削土)には、上記のような自然由来の重金属が含まれている場合があります。

このような土壤は発生後、風雨にさらされることによって、重金属が溶け出し、周辺の地下水を汚染する可能性があるため、周辺環境への影響を考慮して処理、処分されています。

以下のアンケートでは、トンネル掘削工事で発生した、土壤溶出量基準*を超える自然由来のヒ素を含む土壤(以下、汚染土壤とします)への対応について、皆様のご意見をお聞きするものです。

*土壤から水にとけだす量を用いた基準値。地下水などの飲用による健康リスクを想定して決められています。ヒ素の土壤溶出量基準値は0.01 ミリグラム/リットル(水道水と同じ基準)。この基準値は、70年間、1日2リットルの地下水を飲用することを想定し、一生涯にわたりその地下水を飲んでも健康に対する有害な影響がない濃度として設定されています。

Appendix 2 社会受容とその他の因子の相関係数

社会受容との相関係数	放射性セシウム		ヒ素	
	再生利用	最終処分	再生利用	再生利用 (不溶化無し)
感情的評価	0.31***	0.28***	0.20***	0.27***
リスク認知	- 0.55***	- 0.53***	- 0.53***	- 0.47***
保護価値	- 0.58***	- 0.53***	- 0.47***	- 0.51***
				- 0.48***

*** $p < 0.001$