

福島県内の除染実施区域における除染の費用に関する解析

地圏資源環境研究部門 保高徹生
安全科学研究部門 内藤 航

1. はじめに

我々の研究チームは2013年6月4日、東京電力福島第一原子力発電所の事故により生じた陸域の放射性セシウム汚染について、除染特別地域(国が除染の計画を策定し除染事業を進める地域)を対象に複数の除染シナリオの費用と効果の解析を行い、その結果を公表した*。

本報では、福島県内の除染実施区域(市町村が中心となって除染を実施する地域)を対象に除染の費用に関する解析を行った結果を報告する。また、除染特別地域の費用推定に関しても今回の解析で新たに加えた考え方(輸送費、管理費等を考慮)を追加した結果について報告する。

* http://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/nr20130604/nr20130604.html

2. 解析方法

2.1. 対象地域

本解析では福島県内の除染実施区域の40市町村(下記参照)を対象とした(図1)。対象範囲の全面積は8,127km²である。

解析対象市町村:福島市、郡山市、いわき市、白河市、須賀川市、相馬市、二本松市、伊達市、本宮市、桑折町、国見町、大玉村、鏡石町、天栄村、会津坂下町、湯川村、三島町、会津美里町、西郷村、泉崎村、中島村、矢吹町、棚倉町、塙町、鮫川村、石川町、玉川村、平田村、浅川町、古殿町、三春町、小野町、広野町、新地町、田村市、南相馬市、川俣町、川内村

(このうち、三島町、柳津町、塙町、矢祭町は除染計画を策定していないが、本評価の対象として含めた。)

2.2. 除染解析シナリオ

図1に文部科学省による対象市町村の第4次(2011年10-11月)と第6次(2012年10-11月)航空機モニタリングの結果を示す。第4次から第6次にかけて、0.19 μ Sv/h(年間1mSv:外部被ばく換算係数として0.6を使用、バックグラウンドを含まない、以下同じ)以上の範囲、0.95 μ Sv/h(年間5mSv)以上の範囲は大きく減少したことがわかる。

除染実施区域の40市町村では、実際に除染を実施する地域や除染実施者、手法などを定めた実施計画を策定している。各市町村が策定した除染実施計画や複数の市町村に実施したヒアリングの結果によると、除染実施区域の対象は、追加被ばく線量が年間1mSv(時間当たり空間線量率0.19 μ Sv/h)以上の地域が基本であるが、除染方法、除染実施の判断方法・時期(例えば、いつ

の時点の空間線量率で除染の実施を判断するかなど)は、市町村によって異なることが確認された。本解析では、各市町村が策定した除染実施計画を参考にしつつ、そのような市町村による違いは個別には考慮せず、表1に示す4つの除染のシナリオを設定した。なお、除染は除染効果にかかわらず1回のみ実施するとした。

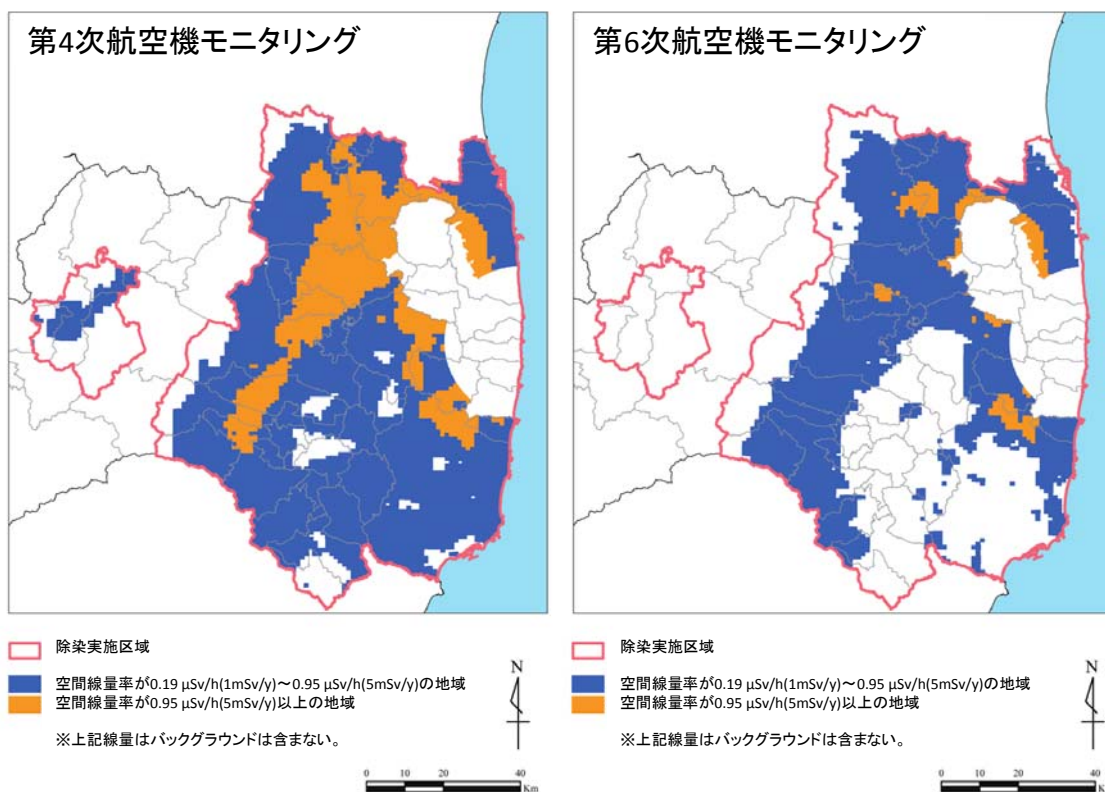


図1 解析対象の市町村における空間線量率。空間線量率のデータは、第4次(2011年10-11月)と第6次(2012年10-11月)航空機モニタリングの結果を使用した。

表1 除染のシナリオ

除染範囲と方法 基準となるデータ	年間追加被ばく線量 1mSv 以上の地域を面的除染	年間追加被ばく線量 5mSv 以上の地域を面的除染+1-5mSv の地域を局所除染
第4次航空機モニタリング	シナリオ1	シナリオ2
第6次航空機モニタリング	シナリオ3	シナリオ4

2.3. 除染費用の推定方法

2.3.1. 推定の考え方

除染費用の推定は、6月4日に公開した「[除染の効果と費用に関する解析について](#)」に記載している方法をベースとして、除去～中間貯蔵施設までの費用を推定した。

2013年7月23日掲載

2013年8月7日赤字部分(2箇所)に補足説明を追記

具体的には、地理情報システムを利用し、対象地域内の除染対象面積を土地利用区分ごと(建物用地、農用地、森林、道路)に100mメッシュ単位で求め、それぞれの土地利用区分に対応する単位面積当たりの除染費用を乗じて、全体の除染費用を推定した。なお、1kmメッシュ内の建物用地面積割合が50%以内のメッシュでは、居住世帯数に福島県の1戸建の平均的敷地面積(389.17m²:平成20年住宅・土地統計調査)として400m²/世帯を乗じた面積と建物用地の面積を比較し、大きい方を採用した。建物用地の面積が増加した場合、農用地や森林の面積を減じた。また、森林は生活圏の森林のみを対象として、農地、建物用地に隣接する森林の100mメッシュの20%を除染対象とした。

2.3.2. 解析に用いた除染方法と単価

解析において採用した除染方法を表2に示す。農地は「反転耕・プラウ・ゼオライト・カリウム投入」、森林は「枝葉の剪定、枝打ち&落ち葉の除去、除草」、建物用地は「家屋除染、コンクリート等の除染、表土除去および客土、庭木剪定」、道路は「路面清掃&側溝清掃」とした。

表2 解析に使用した除染実施区域の除染方法と土地利用毎の除去単価

土地利用	除染方法	基本単価 (最大単価)	出典
農地	反転耕・プラウ・ゼオライト・カリウム投入	100万円/ha	福島県除染対策事業実施要領
	(局所除染の場合) ゼオライト・カリウム投入	20万円/ha	ヒアリング
森林	生活圏の森林のみ、枝葉の剪定、枝打ち&落ち葉の除去、除草	60万円/ha (280万円/ha)	福島県除染対策事業実施要領 (JAEA(2012)P259)
建物用地	家屋除染、コンクリート等の除染、表土除去および客土、庭木剪定	1,750万円/ha (3,500万円/ha)	福島県除染対策事業実施要領のP3、 「戸建住宅」項の除染単価 (自治体へのヒアリング最大値)
	(局所除染の場合) 雨樋下、敷地内側溝等の高線量範囲のみ除染	125万円/ha (250万円/ha)	自治体へのヒアリングにより、5万円/軒程度との情報が得られたため、敷地面積を400m ² /軒とし、算定した。
道路	路面清掃& 側溝清掃	240万円/km	福島県除染対策事業実施要領

(JAEA(2012):JAEA 除染実証業務報告書)

また、局所除染シナリオについては、年間追加被ばく線量が1-5mSvの範囲においては、以下の考え方で実施した。

- 農地: 「ゼオライト・カリウム投入」を実施
- 建物用地: 雨樋下、敷地内側溝等、高線量部分のみ除染を実施するものとした。
- 森林: 除染せず
- 道路: 除染せず

除染費用の単価については、独立行政法人日本原子力研究開発機構や福島県などの除染モデル事業・実証試験データ・ヒアリング結果などの公開情報や類似技術情報から、除去費用、廃棄物発生量(表3)、保管容器・仮置き場・輸送費・可燃物減容化の土地面積あたりのコスト(表4)を推定した。除染単価は、基本単価と最大単価(ヒアリング等で得られた最も高額な単価)の2つで費用の試算を行った。

表3 解析に使用した除染により発生する廃棄物量の原単位

	除染方法	廃棄物発生量*(個/ha)		
		不燃物	可燃物	出典
農地	反転耕・プラウ・ゼオライト・カリウム投入	0	0	ヒアリング
	(局所除染の場合) ゼオライト・カリウム投入	0	0	ヒアリング
森林	枝葉の剪定、枝打ち&落ち葉の除去、除草	0	260	JAEA(2012a)の P260「(1)森林内落葉等の除去時の除去物量の実績」を使用した。可燃物は、当年落葉除去の値(0.026袋/m ²)を採用した。
建物用地	家屋除染、コンクリート等の除染、表土除去および客土、庭木剪定	100	50	ヒアリング (局所除染の場合は発生量は除染単価に比例するとして 7.1%(125万円/1,750万円)とした)
道路	路面清掃車による路面清掃	3	0	JAEA(2012) P383、「路面清掃車・搭乗式ロードスweeperによる清掃」の大型土嚢の個数(0.25個/6,957m ² と1個/3,555m ²)より算定した。
	側溝清掃	85	0	片側30cmの側溝に5cmの汚泥が蓄積している状況を想定し、両側側溝の除染を考えた場合、34個/kmとなる。GISで求めた福島県の平均道路幅である約4mを用いて、haあたりの個数を換算した。

*ここで個とはフレキシブルコンテナの個数であり0.9m³入とした。

中間貯蔵施設の単価については、情報が少ないものの、既存の管理型処分場や遮断型処分場のコストを参考にして、以下の仮定で試算を行った。

- ・ 可燃物は焼却による減容化を行い、焼却灰を高濃度・溶出性対応型(遮断型処分場)で保管し、土壌(不燃物)は低濃度・非溶出性対応型(管理型処分場)で保管する。

また、これらの試算に対して放射線モニタリング費用等を含む一般管理費として、除染特別地域内の5地区における除染費用の発注価格と推定価格の比の平均値が1.22倍(幅0.9~1.5倍)であったことから、全体の価格に対して22%を管理費として上乗せした。

表4 解析に使用した管理・保管費用

項目	単価	出典・備考
保管容器	0.8万円/個	環境省除染ガイドライン適合品の耐候性フレキシブルコンテナを使用するとして、事業者のHP確認、ヒアリングを行った結果、0.5～0.8万円/個であった。そのため、ここでは0.8万円/個に設定した。
輸送1 除染場所→仮置場	0.31万円/個	片道5km、4tトラックで移動すると仮定し、環境省「除染特別地域における除染等工事暫定積算基準」を参考にして算定した。
仮置場	2万円/個	本単価は、ヒアリングおよび環境省「除染特別地域における除染等工事暫定積算基準」を用いた場合の試算より算定した。
輸送2 仮置場→中間貯蔵施設	0.38万円/個 ～1.6万円/個	移動距離は各市町村の役場から東京電力福島第一原子力発電所付近までの距離で算定。10tトラックで移動すると仮定し、環境省「除染特別地域における除染等工事暫定積算基準」等を参考にして算定。
中間貯蔵 施設	可燃物減容化	0.2万円/個 減容化を中間貯蔵施設で実施すると仮定した。 可燃物(落ち葉等)の焼却による減容化を想定して、可燃物減容化コスト:13,450円～18,790円/t(環境省:第6回「生ごみ等の3R・処理に関する検討会」:資料1.メタン発酵施設と焼却施設のコスト比較より)および、フレキシブルコンテナ内可燃物重量(焼却前)比重を0.1(JAEA除染報告書p.224)として算定された1,345～1,879円/m ³ の最大値から0.2万円/個(0.9m ³)とした。また、減容化率は95%とした。
	可燃物焼却物 保管	10万円/個 高濃度・溶出性対応型の保管単価(円/m ³):10万円/個(0.9m ³)とした。遮断型処分場を想定した受け入れ単価を想定したが、遮断型処分場の単価に関する情報が得られなかったため、関係者へのヒアリングの結果より、低溶出型の保管単価の3倍程度の10万円/m ³ とした。
	不燃物保管	3万円/個 低濃度・非溶出性対応型の保管単価として、管理型処分場の受け入れ単価を用いた。管理型処分場である滋賀クリーンセンターの残土の処理単価である17,850円/tを用いて、比重1.8で計算し28,917円/個(0.9m ³)を参考にし、3万円/個とした。 出典:滋賀クリーンセンターHP http://www.kouka.ne.jp/~skj-ccs/clean/riyo.html#hyou02

2. 3. 3. 除染特別地域の費用推定からの変更点

前回の試算(6月4日公表)からの大きな変更点は、以下の2点である。

- 1) 除染方法の相違:現実に採用されている除染方法と照らしあわせて、除染特別地域内の、農地、森林、道路で方法を変更した。また、除染単価に関する情報が集まってきたことから、宅地除染費用・森林除染費用に関して幅を持たせて評価を行った。
- 2) 輸送費・管理費の導入:実際に必要な経費である輸送費、管理費について、今回の試算より導入した。また、除染特別地域についても、道路除染の側溝汚泥除染費用、輸送費、管理費等を導入した。

3. 結果

3.1. 除染実施区域の費用の推定

基準となる航空機モニタリングデータ、追加被ばく線量による除染方法の区分の違いによる4シナリオについて、福島県内の除染実施区域を対象に除染費用を推定した結果を表5に示す。福島県内の除染実施区域の除染費用は、0.13兆円(シナリオ4)～2.13兆円(シナリオ1)と推定された。

シナリオ4の除染費用が0.13兆円と非常に少ないのは、図1右、表5に示したとおり、第6次モニタリングの時点で年間の追加被ばく線量が5mSvを超える除染対象土地利用面積が52km²と非常に小さいためである。シナリオ4については、福島市、郡山市の平成23年～25年の間に予算計上されている除染費用の合計よりも小さいことから、現実的なシナリオではないものの、比較の意味も含めてここでは示した。

また、建物用地・森林の除染単価、中間貯蔵施設の考え方によっては、先の推定額の1.7倍程度大きくなる可能性があることが示された(シナリオ(表5の()内))。

表5 除染実施区域における各シナリオの除染費用と除染面積の推定結果

基準となるデータ		年間追加被ばく線量 1mSv 以上の地域を面的除染	年間追加被ばく線量 5mSv 以上の地域を面的除染+1-5mSvの地域を局所除染
第4次航空機モニタリング	除染費用	シナリオ1 2.13兆円-(3.10兆円)	シナリオ2 0.70兆円-(1.03兆円)
	除染面積	面的除染: 2,290km ²	面的除染: 644km ² 局所除染: 1,645km ²
第6次航空機モニタリング	除染費用	シナリオ3 1.42兆円-(2.09兆円)	シナリオ4 0.13兆円 -(0.19兆円)
	除染面積	面的除染: 1,516km ²	面的除染: 52km ² 局所除染: 1,464km ²

最小は除染費用:基本単価、()の最大は除染費用:最大単価を採用

有効数字2桁とし、四捨五入を実施

また、図2に各シナリオにおける除染費用の土地利用別の推定結果を、図3にシナリオ1における各項目の除染費用の内訳を示す。これらの結果から、示唆されることは以下のとおりである。

- ・ 除染の実施を判断する時期の違い(第4次か第6次:シナリオ1と3、シナリオ2と4の比較)により、全除染費用が大きく変化する(表5)。
- ・ 追加被ばく線量が1mSv～5mSvの地域の除染方法(面的除染か局所的除染か)により全体の除染費用が大きく変化する。
- ・ 全体の除染費用の土地利用ごとの割合(図2)から、シナリオ1～4のいずれのシナリオでも、建物用地の除染費用が全体の約50～70%以上を占めており、農用地は10%程度であった。
- ・ 除染費用の内訳(図3)をみると、除去費用が40%～60%程度占めており、国の直轄除染の推定結果と比較して、除染費用に占める管理・保管施設の割合が小さくなることが確認された。

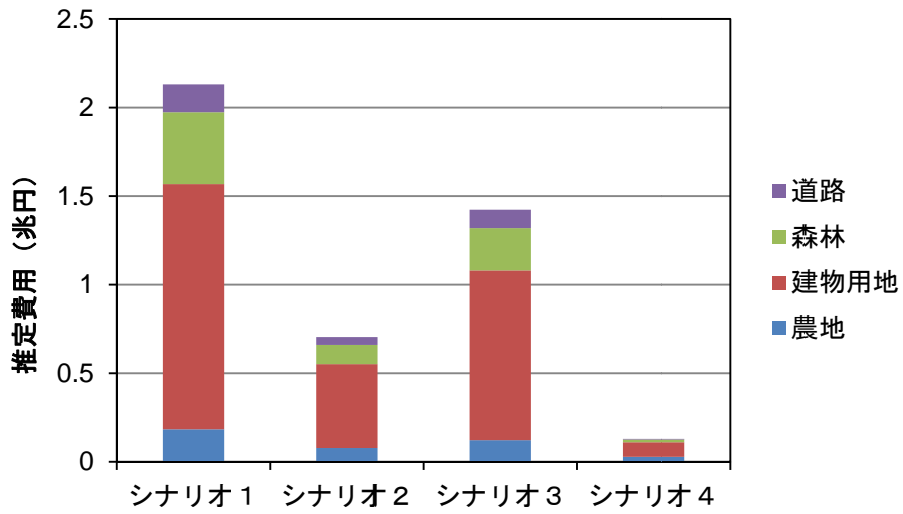


図2 除染実施区域における各シナリオの除染費用の推定結果(除染単価:基本単価)

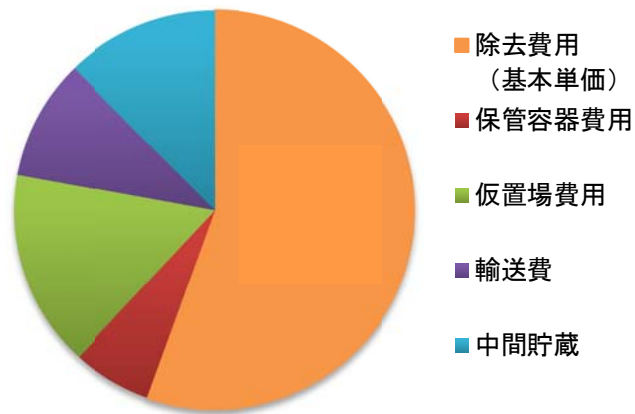


図3 除染実施区域におけるシナリオ1の費用の工程別内訳

3. 2. 除染特別地域の費用の再推定の結果と除染実施区域との比較

我々の研究チームが試算した国の直轄除染の費用（[産総研 主な研究成果](#)）について、輸送費・管理費・帰還困難区域の作業効率低下を考慮して、再推定した結果を表6に示す。帰還困難区域の除染作業は、それ以外の区域と比較して放射線防護の強化等による作業効率の低下が想定される。そのため、帰還困難区域内の作業を伴う工程（除去、仮置場、輸送）については、費用を1.7倍することとした。

対象面積、除染実施面積は、除染特別地域と比較して除染実施区域のほうが5-8倍程度広い。一方、除染費用は、除染実施区域の方が除染実施面積が広いにもかかわらず、試算1では除染特別地域が1.83兆円、除染実施区域が0.70兆円～2.13兆円、試算2では除染特別地域が2.03兆円、除染実施区域が1.03～3.10兆円と、両者は同じオーダーの中に収まっている。一方、内訳は、除染実施区域は除去費用が60%近くを占めているのに対して、除染特別地域は除去費用が20%程度であり、逆に仮置場・輸送・中間貯蔵施設の占める割合が高い。

この理由としては、除染特別地域内の農地は5cmの剥ぎ取り(900万円/ha、廃棄物発生量可燃物100個、不燃物715個)を前提として費用を計上しているが、除染実施区域については反転耕(100万円/ha、廃棄物発生なし)を前提として費用を計上しているため、廃棄物発生量が少ないことが原因と考えられる。

表6 除染特別地域と除染実施区域の推定除染費用の比較

		除染特別地域(再試算結果)		除染実施区域
		全体	うち帰還困難区域	
対象面積		1,117km ²	339km ²	8,127km ²
除染実施面積 (除染実施面積/対象面積)		295km ²	79km ²	1,516～2,290km ²
試算1 除去単価: 通常単価	合計	1.83兆円	0.60兆円	0.70～2.13兆円
	除去	0.34兆円(19%)	0.14兆円(23%)	0.41～1.18兆円(56～59%)
	保管容器	0.18兆円(10%)	0.05兆円(8%)	0.04～0.14兆円(6～7%)
	仮置場	0.55兆円(30%)	0.21兆円(35%)	0.10～0.34兆円(14～16%)
	輸送・貯蔵	0.76兆円(42%)	0.21兆円(35%)	0.14～0.47兆円(21～22%)
試算2 除去単価: 最大単価	合計	2.03兆円	0.68兆円	1.03～3.10兆円
	除染	0.53兆円(26%)	0.22兆円(32%)	0.74～2.15兆円(56～59%)
	保管容器	0.18兆円(9%)	0.05兆円(7%)	0.04～0.14兆円(4%)
	仮置場	0.55兆円(27%)	0.21兆円(31%)	0.10～0.34兆円(10～11%)
	輸送・貯蔵*	0.76兆円(30%)	0.21兆円(31%)	0.14～0.47兆円(14～15%)
備考 試算1、試算2は、除去単価を表2の通常と最大を用いた場合の差である。		<ul style="list-style-type: none"> ・田畑は全て表土5cm除去と仮定して試算(実際は反転耕が活用されている市町村もあるため、過大評価の可能性はある) ・前回の試算に対して、管理費として22%増、帰還困難区域の作業効率低下として除去・仮置場、輸送費を70%増とした。 		・シナリオ1～3の幅を使用

*貯蔵:中間貯蔵施設

2013年7月23日掲載

2013年8月7日赤字部分(2箇所)に補足説明を追記

4. 終わりに

本解析では、現在利用可能な情報に基づき、各市町村に一律の仮定を置き、福島県内の除染実施区域の除染費用を推定した。本解析の仮定に基づく除染費用の推計金額は、各市町村が策定する除染計画に基づく予算金額の積み上げとは異なる。また廃棄物発生量、中間貯蔵施設の費用推定においては現段階では限られた情報を基に試算を実施した。

問い合わせ

独立行政法人 産業技術総合研究所

地圏資源環境研究部門 保高 徹生 (t.yasutaka(@)aist.go.jp)

安全科学研究部門 内藤 航 (w-naito(@)aist.go.jp)

(@を半角にして括弧を削除)