

## 2.5 除染モデル事業の結果を踏まえた広域除染評価

本モデル事業は約3～37ha程の広さの除染対象地区において、高線量地域における土壌等の除染等の措置に係る効率的・効果的な除染技術の確立などを目標として実施された。今後は、本モデル事業で実施、検証された除染方法が広範囲に適用され、除染が必要とされるより広い地域の除染が行われる。そこで、本章では、本除染モデル事業で得られた結果を基に、特別地域内除染実施計画（田村市）（環境省，2012a）の除染実施対象区域について、除染効果と除去物量の評価を行う。ただし、今回の評価は様々な簡略化と前提に基づく理論的な簡易推計であり、特に、現地調査に基づく土地利用区分の精査や、現地で実際に除染手法を適用した結果に基づくものではないため、本章の結果は実際の除染結果を保証するものではないことに注意されたい。

本評価で用いる除染効果評価システム（Calculation system for Decontamination Effect, CDE）（日本原子力研究開発機構，2011）は、地表などに降着した放射性セシウム量を入力として、そこからγ線について空気と地表による散乱効果を簡易的に計算し、1m高さにおける空間線量率を評価するソフトウェアである。評価の大枠の流れとしては土地区分地図の作製の後、それを基に除染効果評価と除去物量の算出を行う。それぞれの工程の流れを図2.5-1と図2.5-2に示す。以下では、この図の流れに沿って除染効果評価と除去物量の評価手順について述べる。なお、本解析ではCDE ver. 1.07を用いた。

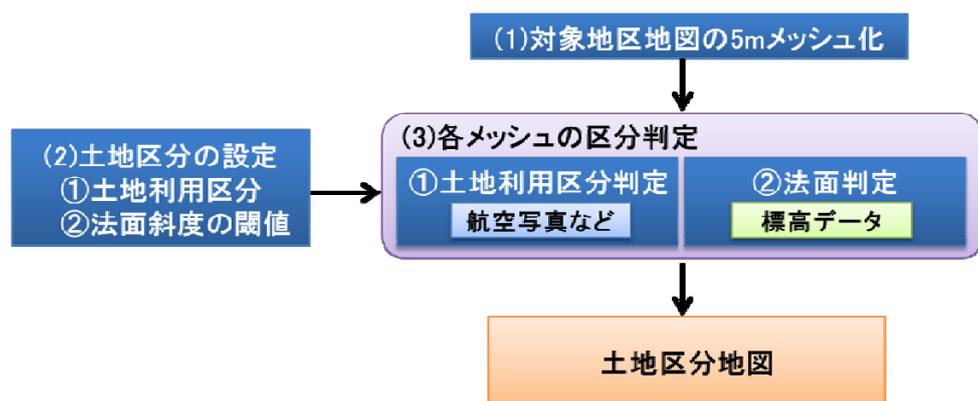


図 2.5-1 土地区分地図の作成過程

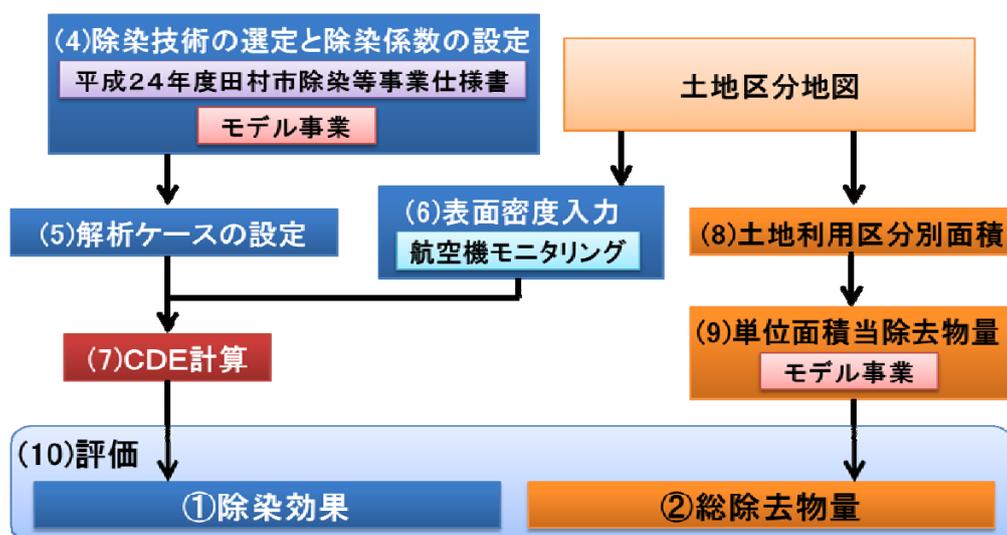


図 2.5-2 除染効果評価と総除去物量などの算出過程



## (2) 土地区分の設定

以下で、CDE 解析における土地区分の設定について述べる。

### ① 土地利用区分

5m メッシュ化した地図のメッシュ一つ一つに対して、そのメッシュが主にどのように利用されているかを定めることができる（例えば「農地」や「舗装道路」など）。本章では、この「農地」や「舗装道路」などをそのメッシュの「土地利用区分」と呼ぶことにした。ただし、CDE のマニュアルに沿って土地利用区分を各メッシュに割り当てる場合、航空写真から目視によって土地利用区分を判別することになるため、土地利用区分の種類はこの作業によって判別可能なものだけに限る必要があることに注意した。一方、特別地域内除染実施計画（田村市）（環境省、2012a）における除染実施対象区域の土地利用区分については、平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書（環境省、2012b）に細かな土地利用区分が記載されており、それらに対して除染方法が決められている。平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書（環境省、2012b）に基づいた除染効果評価のためには、5m メッシュ化した地図の各メッシュを仕様書が決める土地利用区分に分類する必要があるが、目視によって仕様書に定められている土地利用区分を判別することは難しい場合もある（例えば、宅地周辺の土壌部分と砂利地の判別は困難であるなど）。そこで、本解析では仕様書の土地利用区分を参考にしながら、航空写真の判別可能性を基準にして、土地利用区分を「家屋」、「大型施設」、「非舗装地」、「農地」、「舗装道路」、「林縁部から 20m 以内の森林」、「林縁部から 20m 以遠の森林」、「水域」の 8 つに設定し、後から仕様書が定めるより詳細な土地利用区分との整合性について考察することにした。

### ② 法面の閾値の設定

次に、平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書（環境省、2012b）に示されている法面を CDE の土地利用区分において分類する方法を決める。航空写真から法面を判定することは非常に難しいため、今回の評価においては、上記(2)-①の土地利用区分のうち「非舗装地」の中で、斜度が 30 度を超えるものを「法面」とした。

上記(2)-①、(2)-②より、本解析における土地利用区分を下記の 9 つに設定した。

1. 家屋
2. 大型施設
3. 非舗装地
4. 法面
5. 農地
6. 舗装道路
7. 林縁部から 20m 以内の森林
8. 林縁部から 20m 以遠の森林
9. 水域

## (3) 各メッシュの区分判定

以下で、上記(2)で定めた土地区分の判定方法について述べる。

### ①土地利用区分判定

CDE のマニュアルを参考に、航空写真などから目視によって土地利用区分を判断し、各メッシュに土地利用区分を付与した。

## ②法面判定

国土地理院が提供する 5m メッシュの標高データを利用した。まず、上記(3)-①で作成した地図に標高データを割り当てる。そして、周囲の 8 メッシュとの標高差の最大値から斜度を図 2.5(2)-1 のように定義し、その斜度が 30 度以上の非舗装地を法面とした。

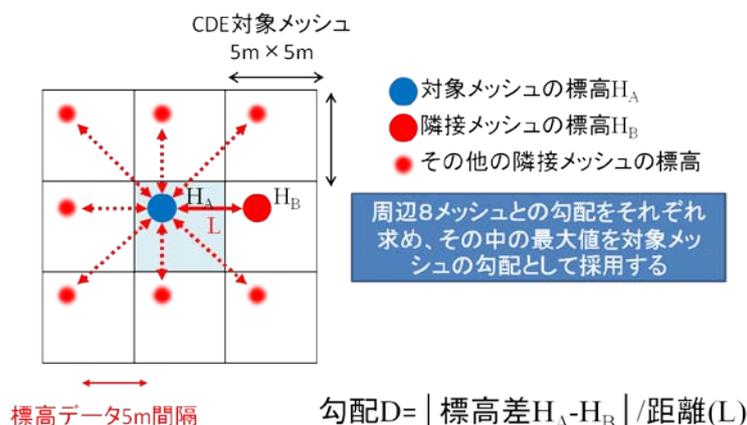


図 2.5(2)-1 斜面区分設定のための勾配の決定法

上記(1)～(3)の手続きを経て「土地区分地図」が完成した。ここからは、これを用いて除染効果評価を行い、さらに、除染に伴う除去物量の評価を行った。

## (4) 除染技術の選定と除染係数の設定

CDE 解析のためには各土地区分に除染係数 (Decontamination Factor, DF) を割り当てる必要があるが、本解析では、各土地区分に対して本モデル事業で実施された除染技術を割り当て、DF の値は本モデル事業で得られた値を用いる。一方で、特別地域内除染実施計画 (田村市) (環境省, 2012a) における除染実施対象区域における除染方法は、平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書 (環境省, 2012b) に細かな除染対象ごとに指定されている。しかし、本解析では航空写真から判別できない除染対象は評価の対象に含めないで、本解析で定めた土地区分は仕様書に記載されている土地区分よりも粗い分類になっており、本解析で用いる除染方法を仕様書からそのまま決めることができない。そこで、本解析では、次に示す手順で用いる除染方法とそれに対応する除染係数を決定した。

### ①土地区分と除染方法の対応付け

本解析における各土地区分と平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書 (環境省, 2012b) における除染対象との対応を付け、仕様書で指定されている除染方法をリストアップした。そして、対応付けした仕様書で指定されている除染方法と本報告書に記載されている除染技術を対応させて、それぞれの DF の最大値と最小値を確認した。

### ②本解析における DF の最小値, 最大値, 平均値の決定

上記(4)-②までの作業で、本解析における土地区分に対する除染方法と除染係数が複数対応している状況になっているので、除染方法を大枠で捉え直し、除染係数の最小値, 最大値, 平均値を決める。

以下に、上記の各手順の詳細を記すが、ここで、1つの除染対象に2種類の除染技術を組み合わせる場合の除染係数 (ここでは「組合せた除染係数」と呼ぶことにする) について

述べておく。本解析では組み合わせた除染係数を次のようにして求める。2種類の除染技術の低減率[%]をそれぞれ $x$ と $y$ とすると、組み合わせた低減率 $z$  [%]は

$$z = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{x}{100} \right) \left( 1 - \frac{y}{100} \right) \right] \times 100$$

と求まる。例としては、土地区分「非舗装地」に対して適用する除染技術は「表土の剥ぎ取り」と「土地表面の被覆」であるので、CDE 解析では上記の計算によって得られた組合せた除染係数を用いる。その際、土壌や砂利、碎石による被覆についての低減率は、2.4.8 項「機能回復措置」より、最小7%、最大42%とした（人工芝テニスコートは除染対象として特殊なため、低減率の考察の際には省略した）。

#### ①土地区分と除染方法の対応付け

##### (a)家屋

本解析では面的除染を対象にするため、本解析の土地区分「民家」には、平成24年度田村市除染等工事特記仕様書に示されているもののうち、「住宅地等」の内の「屋根・屋上」が対応し、除染対象としては「コンクリート以外の屋根」と「コンクリートの屋根」が対応するものとした。

これらの除染対象に適用する除染方法は「堆積物の除去」と「拭き取り」であるので、本報告書の2.4.2(1)①(b) I 項より、対応する屋根の材質ごとの除染係数の最大値と最小値を採用した。ただし、本モデル事業ではコンクリート瓦に対する拭き取りを行っていないので、対応する除染係数はなしとした。

##### (b)大型施設

仕様書に記載されている除染対象で、本解析の「大型施設」に対応するものは「大型施設」の「屋根・屋上」である。除染方法は「堆積物の除去」と「高圧水洗浄」であるので、本報告書の2.4.2(1)②-2-2「大-1・表面ブラッシング+高圧水洗浄(B)」が対応する。除染係数の最小値と最大値はこの表から採用した。

##### (c)非舗装地

仕様書に記載されている除染対象の中で、本解析の「非舗装地」に対応するものは、「住宅地等」の「庭等」の「未舗装面」、「大型施設」の「グラウンド等（駐車場含む）」の「未舗装面」と「草、芝」と「砂利、碎石」、「道路」の「未舗装の道路（通路）」の「道路表面（土壌）」と「道路表面（砂利、碎石道）」、「農地」の「畦畔」、「草地、芝地」の「灌木（密）」と「灌木（粗）」が対応する。これらの除染部位に対する除染係数を順に見ていく。

まず、「住宅地等」の「庭等」の「未舗装面」には除染方法として「堆積物の除去+除草、芝刈り」、「草、芝の深刈り（回復可能な剥ぎ取り）」、「砂利、碎石の除去+土地表面の被覆」、「表土の剥ぎ取り+土地表面の被覆」が指定されている。これらには以下のように本報告書の除染方法を対応させる。

- ・ 「堆積物の除去+除草、芝刈り」は2.4.2(1)②-2-3「農-参1・草刈(A)」に対応するが、この除染手法による除染効果はほとんどないため、除染係数の最小値、最大値として1を採用した。
- ・ 「草、芝の深刈り（回復可能な剥ぎ取り）」は2.4.2(1)②-2-1「宅-9・芝剥ぎ取り(A)」に対応するので、除染係数の最小値、最大値はこの表の値を採用した。
- ・ 「砂利、碎石の除去+土地表面の被覆」の除染技術は下記のような組み合わせを対応させ、

それらの除去率の最小値を組み合わせて求めた組合せた除染係数を除染係数の最小値、それらの除去率の最大値を組み合わせて求めた組合せた除染係数を除染係数の最大値として採用した。

- 「砂利，碎石の除去」：2.4.2(1)②-2-1「宅-6・碎石剥ぎ取り」
- 「土地表面の被覆」：2.4.8項「機能回復措置」
- ・ 「表土の剥ぎ取り＋土地表面の被覆」の除染技術は下記のような組み合わせを対応させ、それらの除去率の最小値を組み合わせて求めた組合せた除染係数を除染係数の最小値、それらの除去率の最大値を組み合わせて求めた組合せた除染係数を除染係数の最大値として採用した。
  - 「表土の剥ぎ取り」：2.4.2(1)②-2-1「宅-5・薄層表土剥ぎ取り(D)」
  - 「土地表面の被覆」：2.4.8項「機能回復措置」

次に、「大型施設」の「グラウンド等（駐車場含む）」の「未舗装面」に対する除染方法は「堆積物の除去」であるが、本報告書では2.4.2(1)②-2-3「農-参1・草刈(A)」が相当するとした。しかし、この除染手法による除染効果はほとんどないため、除染係数の最小値、最大値として1を採用した。「大型施設」の「グラウンド等（駐車場含む）」の「草，芝」の除染方法は「草，芝の深刈り（回復可能な剥ぎ取り）」であるが、これは上記「住宅地等」の「庭等」の「未舗装面」の場合と同様に2.4.2(1)②-2-1「宅-9・芝剥ぎ取り(A)」を採用し、除染係数の最小値、最大値はこの表の値を採用した。また、「大型施設」の「グラウンド等（駐車場含む）」の「砂利，碎石」の除染方法は「砂利，碎石の除去＋砂利，碎石の被覆」であるが、本解析では上記「大型施設」の「グラウンド等（駐車場含む）」の「砂利，碎石」の除染方法と同様に「砂利，碎石の除去」には2.4.2(1)②-2-1宅-6「碎石剥ぎ取り」を、「土地表面の被覆」には2.4.8項「機能回復措置」を割り当て、同様に除染係数の最小値、最大値を得た。

「道路」の「未舗装の道路（通路）」の「道路表面（土壌）」と「道路表面（砂利，碎石道）」の除染技術はそれぞれ「表土の削り取り＋土地表面の被覆（覆土財含む）」と「砂利，碎石の除去＋砂利，碎石の被覆」であるが、これらは上記の「住宅地等」の「庭等」の「未舗装面」の場合と同様に、「道路表面（土壌）」には

- ・ 「表土の剥ぎ取り」：2.4.2(1)②-2-1「宅-5・薄層表土剥ぎ取り(D)」
  - ・ 「土地表面の被覆」：2.4.8項「機能回復措置」
- を、「道路表面（砂利，碎石道）」には
- ・ 「砂利，碎石の除去」：2.4.2(1)②-2-1「宅-9・砂利層剥ぎ取り」
  - ・ 「土地表面の被覆」：2.4.8項「機能回復措置」

を割り当てた。除染係数については上記「住宅地等」の「庭等」の除染係数の議論を参照のこと。

「農地」の「畦畔」の除染方法は「除草」が指定されており、本報告書の2.4.2(1)②-2-3「農-参1・草刈(A)」が相当するとした。しかし、この除染手法による除染効果はほとんどないため、除染係数の最小値、最大値として1を採用した。

最後に、「草地，芝地」の「灌木（密）」と「灌木（粗）」については除染方法として「刈払」が指定されているが、本報告書では2.4.2(1)②-2-3「農-参1・草刈(A)」が相当するとした。この除染手法による除染効果はほとんどないため、除染係数の最小値、最大値として1を採用した。

### (c) 法面

仕様書に記載されている除染対象の中で、本解析の「法面」に対応するものは「法面」である。除染方法は「草，落葉，堆積物の除去」であるので、本報告書の2.4.2(1)②-2-2「大-参1・下草刈り(C)」が相当する。しかし、この除染手法による除染効果はほとんどないため、除染係数の最

小値, 最大値として1を採用した。

(d)農地

仕様書に記載されている除染対象のうち, 本解析の「農地」に相当するものは「農地」の「水田」, 「畑」, 「牧草地」である。除染方法は「反転耕」であるので, 本報告書の2.4.2(1)②-2-3「農-1・反転耕」が対応する。除染係数の最小値と最大値はこの表から採用した。

(e)舗装道路

仕様書に記載されている除染対象の中で, 本解析の「舗装道路」に対応するものは「住宅地等」の「庭等」の「舗装面」, 「大型施設」の「グラウンド等(駐車場を含む)」の「駐車場(コンクリート, アスファルト)」, 「道路」の「舗装された道路」である。以下にそれぞれの除染方法と本報告書に記載されている除染方法との対応とそこから得られる除染係数の最小値, 最大値を採用した。

「住宅地等」の「庭等」の「舗装面」の除染方法は「高圧水洗浄」であるが, 本報告書では2.4.2(1)②-2-1「宅-15・高圧水洗浄(C)」が対応する。除染係数の最小値, 最大値はこの表の値を採用し, 平均値はこの表の低減率の最小値, 最大値から求めた。

次に, 「大型施設」の「グラウンド等(駐車場を含む)」の「駐車場(コンクリート, アスファルト)」であるが, 除染方法は高圧水洗浄が指定されているが, 本報告書では舗装面の素材別に除去率が測定されているため, コンクリート面に対しては2.4.2(1)②-2-1「宅-15・高圧水洗浄(C)」が, アスファルトには2.4.2(1)②-2-4「道-3・排水性舗装機能回復車による洗浄」が対応する。除染係数の最小値と最大値はそれぞれの表から得た。

「道路」の「舗装された道路」の除染方法は「高圧水洗浄」であり, 本報告書の2.4.2(1)②-2-4「道-3・排水性舗装機能回復車による洗浄」が対応する。除染係数の最小値と最大値は表から得られた。

(f)林縁部から20m以内の森林

仕様書に記載されている除染対象の中で, 本解析の「林縁部から20m以内の森林」に対応するものは「果樹園」と「森林」の「常緑樹」, 「落葉樹」, 「雑木林」である。このうち, 「果樹園」の除染方法は「除草, 草刈+堆積物の除去」であるが, 本報告書で対応する除染技術は2.4.2(1)②-2-5「森-1・落ち葉, 腐植土層除去(A)」が対応する。この表から除染係数の最小値と最大値が得られた。

仕様書の「森林」のうち, 「常緑樹」の除染方法は「堆積物の除去+針葉樹の枝打ち・切り枝回収」となっているが, 本評価では簡単のため除染技術として本報告書の2.4.2(1)②-2-5「森-1・落ち葉, 腐植土層除去(A)」を採用した。針葉樹の枝打ちを省略したことになるが, CDEにおいて3次元の効果(地面ではなく枝に付着した放射性物質から発せられる放射線の効果)をどのように取り入れるのかは明確でないため, 今回は採用を見送った。また, 「落葉樹」と「雑木林」の除染方法は「堆積物除去」となっているため, 本報告書で対応する除染技術を2.4.2(1)②-2-5「森-1・落ち葉, 腐植土層除去(A)」とした。除染係数の最大値と最小値は表の値を用いた。

(g)林縁部から20m以遠の森林

林縁部から20m以遠の森林は除染しないので, 除染係数は1とした。

(h)水域

河川などの水域については, 仕様書の除染方法は「底質の除去」となっているが, 本解析では川底に沈着した放射性セシウムからの放射線は水によって十分遮蔽されていると仮定して, 除染

前後で放射線の強さは変化しないとして DF=1 とした。

上記の段階を経て除染技術の対応を付けたものの一覧を表 2.5(4)-1 に示す。

## ②本解析における DF の最小値，最大値，平均値の決定

ここで，本解析における土地区分ごとの DF の最小値，最大値，平均値を決める。上記①の作業で，本解析の土地区分に複数の除染技術と対応する DF が割り当てられたが，除染効果評価のためには土地区分と DF の値の対応を決める必要がある。本解析では，それら複数の除染技術を広い意味での除染技術として捉え直し，除染係数の最小値，最大値そして平均値を求める。

### (a)家屋

除染対象がコンクリートとコンクリート以外に分かれているため，除染係数が異なっているが，除染技術自体は「拭き取り」である。そこで，本解析における土地区分「家屋」の除染技術を「拭き取り」として，表より DF の最小値を 1，最大値を 4.3 とした。そして，DF の最小値と最大値に対応する低減率をそれぞれ求めて，それらを平均し，その値から平均 DF を求める。その結果，平均 DF1.6 が得られた。

### (b)大型施設

この除染対象に対する除染方法は 1 つしかないため，本解析における土地区分「大型施設」の除染技術を「高圧水洗浄」とし，DF の最小値，最大値をそれぞれ 1.4 と 3.3 とした。そして，上記(4)②-(a)と同様にして平均 DF を求めた。

### (c)非舗装地

本解析における非舗装地に対する除染技術には「除草」や「表土の削り取り＋土地表面の被覆」，「砂利，碎石の除去＋砂利，碎石の被覆」などが割り振られているが，これらは広い意味で「地表薄層の除去＋地表の被覆」と捉えることにする。除草のみを実施する際には「地表の被覆」に対応する除染措置は行わないが，これは効果なし，もしくは厚みゼロの地表の被覆（低減率 0%）と捉えることにする。この考え方に基づくると，本解析における土地区分「非舗装地」の DF の最小値を次のように求めることができた。

#### (非舗装地の最小低減率)

$$\begin{aligned} &= \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\text{除草の低減率 } 0\%}{100} \right) \left( 1 - \frac{\text{効果ゼロの被覆の低減率 } 0\%}{100} \right) \right] \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

同様にして最大値は次のように求めた。

#### (非舗装地の最大低減率)

$$= \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\text{砂利，碎石の除去の最大低減率 } 95\%}{100} \right) \left( 1 - \frac{\text{覆土の最大低減率 } 42\%}{100} \right) \right] \times 100 = 97\%$$

平均低減率は，まず，地表薄層の除去と地表の被覆の平均低減率をそれぞれ求めた。

$$\begin{aligned} \text{(地表薄層の除去の平均低減率)} &= \frac{\text{(除草の低減率 } 0\%) + \text{(砂利，碎石の除去の最大低減率 } 95\%)}{2} \\ &= 47.5\% \end{aligned}$$

$$\text{(地表の被覆の平均低減率)} = \frac{\text{(効果ゼロの被覆の低減率 0\%)} + \text{(覆土の最大低減率 42\%)}}{2} = 21\%$$

そして、これらの値から組合せた低減率を求めると

$$\text{(地表薄層の除去 + 地表の被覆の平均低減率)} = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{47.5\%}{100} \right) \left( 1 - \frac{21\%}{100} \right) \right] \times 100 = 63\%$$

が得られた。これに対応する DF は 2.4 と求まる。本解析では、DF2.4 を「非舗装地」に適用する平均 DF とした。

(d) 法面

法面も対応する除染技術は 1 つなので、DF の最小値、最大値、平均 DF は一意に決まる。

(e) 農地

農地に対応する除染技術も 1 つなので、DF の最小値、最大値、平均 DF は一意に決まる。

(f) 舗装道路

舗装道路に対応する除染技術は、路面の材質によって DF が異なっているが、これらを広く「高圧水洗浄」と捉え、DF の最小値、最大値をそれぞれ 1 と 3.3 とする。これらから平均 DF を求めると 1.5 が得られた。

(g) 森林

森林に対応する除染技術は、(常緑樹に対する枝打ちを省略したため) 堆積物の除去の 1 種類であるので、DF の最小値、最大値、そして平均 DF は一意に決まる。

上記の段階を経て決定した、本解析における土地区分に対応する最小 DF、最大 DF、平均 DF の一覧を表 2.5(4)-1 に示す。

(5) 解析ケースの設定

本解析では全ての土地区分に対して表 2.5(4)-1 に記載した最小 DF を用いる「最小 DF ケース」、最大 DF を用いる「最大 DF ケース」、平均 DF を用いる「平均 DF ケース」の 3 ケースについて解析を行った。

表 2.5(4)-1 広域評価と平成 24 年度田村市除染等工事特記仕様書における土地区分の対応と評価に用いる DF

広域評価 土地区分	平成24年度田村市除染等工事 共通仕様書				報告書参照箇所	報告書DF		広域評価 除染方法	広域評価DF			
	土地区分	除染部位	対象	除染方法		最小	最大		最小	最大	平均	
家屋	1.住宅地等	1.1屋根・屋上	屋根(コンクリート以外)	拭き取り	2.42(2)①(b)I	1	4.3	拭き取り	1	4.3	1.6	
			屋根(コンクリート)	拭き取り	2.42(2)①(b)I	-	-					
大型施設	5.大型施設	5.1屋根・屋上	屋根、屋上	高圧水洗浄	大-1	1.4	3.3	高圧水洗浄	1.4	3.3	2	
非舗装地	1.住宅地等	1.4庭等	未舗装面	堆積物の除去+除草、芝刈り	農-参1	1	1	地表薄層の除去+地表の被覆	1	34	2.4	
				草、芝の深刈り(回復可能な剥ぎ取り)	宅-9	5	5					
				砂利、碎石の除去+土地表面の被覆	宅-6 +2.4.8	1.3	34					
				表土の削り取り+土地表面の被覆	宅-5 +2.4.8	1.1	17					
	5.大型施設	5.4グラウンド等 (駐車場含む)	未舗装面	堆積物の除去	森-参1	1	1					
				草、芝の深刈り(回復可能な剥ぎ取り)	大-8	1.8	1.8					
	6.道路	6.2未舗装の道路 (通路)	道路表面(土壌)	砂利、碎石	砂利、碎石の除去+砂利、碎石の被覆	宅-6 +2.4.8	1.3					34
				道路表面(砂利、碎石道)	表土の削り取り+土地表面の被覆(覆土材含)	宅-5 +2.4.8	1.1					17
8.農地	8.5畦畔	畦畔	除草	道-9 +2.4.8	1.3	34						
9.草地、芝地	9.1灌木(密)	灌木(密)	刈払	農-参1	1	1						
	9.2灌木(粗)	灌木(粗)	刈払	農-参1	1	1						
法面	7.法面	7.1法面	草、落葉、堆積物	堆積物の除去	大-参1	1	1	堆積物の除去	1	1	1	
農地	8.農地	8.1水田	土壌	反転耕	農-1	2.9	4	反転耕	2.9	4	3.3	
		8.2畑	土壌	反転耕	農-1	2.9	4					
		8.3牧草地	土壌	反転耕	農-1	2.9	4					
舗装道路	5.大型施設	5.4グラウンド等 (駐車場含む)	駐車場(コンクリート、アス ファルト)	高圧水洗浄	宅-15	1.3	3.3	高圧水洗浄	1	3.3	1.5	
				高圧水洗浄(コンクリート)	宅-15	1.3	3.3					
	6.道路	6.1舗装された道路	道路・歩道	高圧水洗浄(アスファルト)	道-3	1	3.3					
森林	10.果樹園	10.1果樹園	堆積物	除草、芝刈り+堆積物の除去	森-1	1.1	10	堆積物の除去	1.1	10	1.9	
				堆積物の除去+針葉樹の枝打ち・切り枝回収	森-1	1.1	10					
	11.森林	11.2落葉樹	堆積物	堆積物の除去	森-1	1.1	10					
				堆積物の除去	森-1	1.1	10					
		11.3雑木林	堆積物	堆積物の除去	森-1	1.1	10					

## (6) 表面密度入力

### ①入力データ

CDE 解析では、入力値として除染前の表面密度が必要であるが、本解析では、第4次航空機モニタリングの結果から表面密度へ変換し、それを入力値とした。ただし、この変換方法に従うと、河川等の水域にもある一定量の表面密度が付与されるが、実際には、河川に降った放射性セシウムの大半は川底に沈着するため、多くの場合、その上に存在する水によって十分に遮蔽され、1m高さにおける空間線量率にはほとんど寄与しない。そこで、本解析では、水域の表面密度は一律CDEの入力下限値である $0.1\text{Bq/m}^2$ とした。

### ②入力方法（IDの割り付け方法）

本解析ではCDE ver. 1.07を用いた。CDEのマニュアルでは、除染前の表面線量率のモニタリング結果について、土地区分ごとに平均して入力値とする使用方法が記載されている。この方法は狭い地域に対する評価では有効であるが、本解析のように評価対象地域が広い場合には表面線量率の空間的変化が小さくないため、この効果を解析に取り込むことが必要になる。そこで本解析では、各土地区分を入力線量率範囲によってさらに分け、それぞれにIDを割り振ることによって表面線量率の空間的変化を取り入れることにした。具体的には、年間追加被ばく線量（環境省，2011） $2[\text{mSv/y}]$ に相当する $0.38[\mu\text{Sv/h}]$ ごとに土地区分を設定した（注：ここでは自然界からの放射線量を考慮していない）。例を図2.5(6)-1に示す。

地形データ(入力)				
ID	色	斜面効果	ラベル1	ラベル2
000		<input type="checkbox"/>	B.G.	バックグラウンド
001		<input type="checkbox"/>	家屋	0-0.38 $\mu\text{Sv}$
002		<input type="checkbox"/>	家屋	0.38-0.76 $\mu\text{Sv/h}$
003		<input type="checkbox"/>	家屋	0.76-1.14 $\mu\text{Sv/h}$
004		<input type="checkbox"/>	家屋	1.14-1.52 $\mu\text{Sv/h}$
005		<input type="checkbox"/>	家屋	1.52-1.90 $\mu\text{Sv/h}$
006		<input type="checkbox"/>	家屋	1.52-1.90 $\mu\text{Sv/h}$
007		<input type="checkbox"/>	家屋	1.90-2.28 $\mu\text{Sv/h}$
008		<input type="checkbox"/>	家屋	2.28-2.66 $\mu\text{Sv/h}$
011		<input type="checkbox"/>	大型施設	0-0.38 $\mu\text{Sv}$
012		<input type="checkbox"/>	大型施設	0.38-0.76 $\mu\text{Sv/h}$
087		<input type="checkbox"/>	森林(20m以遠)	1.90-2.28 $\mu\text{Sv/h}$
088		<input type="checkbox"/>	森林(20m以遠)	2.28-2.66 $\mu\text{Sv/h}$
091		<input type="checkbox"/>	水域	

図 2.5(6)-1 本解析におけるCDEのID設定

## (7) CDE 計算実行

以上の手続きを経て、各解析ケースについて計算を行う。パラメータのうち、「線量を評価する日」は2012年3月31日とした。

#### (8) 土地利用区分別面積

土地区分地図からメッシュの数を数えることによって、評価地域における各土地区分の面積を知ることができる。表 2.5(8)-1 に結果を示す。ただし、本解析では現地調査を行っていないこと、5m×5m メッシュを最小単位にしていること、図 2.5(1)-1 のように本来の除染対象地区を含む小領域の面積全体を評価していることなどの原因により、誤差を多く含んでいると考えられる。

表 2.5(8)-1 から、本解析の対象地域における除染対象の土地区分の中では林縁から 20m 以内の森林（約 8%）、農地（約 5%）、非舗装地（約 4%）の面積が広いことがわかる。一方で、これらに対して、家屋（約 0.2%）、大型施設（約 0.03%）、法面（約 0.3%）の面積は狭いことがわかる。

表 2.5(8)-1 航空写真に基づく各土地区分の面積

土地区分	メッシュ数	面積[m <sup>2</sup> ]	割合[%]
家屋	3,111	77,775	0.15
大型施設	613	15,325	0.03
非舗装地	75,456	1,886,400	3.69
法面	5,770	144,250	0.28
農地	109,946	2,748,650	5.37
舗装道路	13,474	336,850	0.66
森林(20m以内)	163,800	4,095,000	8.00
森林(20m以遠)	1,668,324	41,708,100	81.48
水域	7,006	175,150	0.34
合計	2,047,500	51,187,500	

#### (9) 単位面積当たり除去物量

上記(8)で求めた土地区分ごとの面積を利用して除去物量の最小値と最大値を求めるために、単位面積当たりの除去物量についてまとめておく。単位面積当たりの除去物量は本報告書の表に記載されている値を用いた。

家屋は除染方法が「拭き取り」となっているので除去物は発生しない。ただし、別途拭き取りに使用した布などを廃棄する必要が出てくるが、本解析では除去物のみを考慮することにし、除染行為に付帯する廃棄物は総除去物量に入れないことにした。

大型施設と舗装道路は「高圧水洗浄」を施すので、除去物量としてはゼロとした(2.4.2(1)②-2-2「大-1」、2.4.2(1)②-2-1「宅-15」、2.4.2(1)②-2-4「道-3」の「除去物」の欄を参照)。

非舗装地の除去物量の最小値と最大値は表の「報告書参照箇所」に挙げられている参照箇所に記載されている除去物量の中から最小値と最大値を採用した。最小値は2.4.2(1)②-2-5「森-参1」の「除去物量」の50袋/ha、最大値は2.4.2(1)②-2-1「宅-9」、2.4.2(1)②-2-2「大-8」、2.4.2(1)②-2-4「道-9」の500袋/haとした。

法面の除去物量は2.4.2(1)②-2-2「大-参1」より、最小値50袋/ha、最大値100袋/haとした。

農地の除去物量については除染技術が反転耕であることから、除去物量はゼロとした(2.4.2(1)②-2-3「農-1」参照)。

舗装道路については、除染技術が高圧水洗浄であることから、除去物量をゼロとした(2.4.2(1)②-2-1「宅-15」と2.4.2(1)②-2-4「道-3」を参照)。

森林については2.4.2(1)②-2-5「森-1」より、最小値200袋/ha、最大値900袋/haとした。

上記をまとめたものを表 2.5(9)-1 に示す。

表 2.5(9)-1 土地区分ごとの 1ha 当たり除去物量

土地区分	フレコンバッグ数 [袋/ha]	
	最小	最大
家屋	0	0
大型施設	0	0
非舗装地	50	500
法面	50	100
農地	0	0
舗装道路	0	0
森林	200	900

#### (10) 評価

##### ① 除染効果

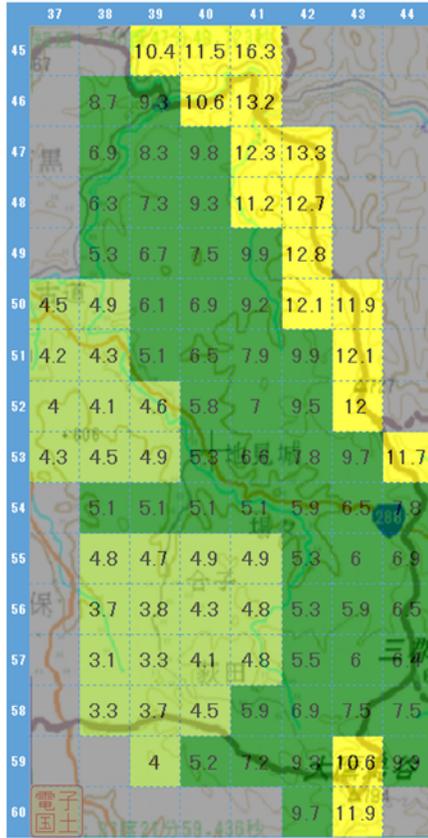
図 2.5(10)-1 に除染前、最小 DF ケース、平均 DF ケース、最大 DF ケースの結果について、小領域ごとに空間線量率を平均したものを示す。ただし、空間線量率は年間追加被ばく線量[mSv/y]（環境省、2011）で表している(0, 19 $\mu$ Sv/h  $\Leftrightarrow$  1mSv/y。ここでは自然界からの放射線量を考慮していない)。しかし、これらと比較してみるても、あまり違いが判らない。これは除染の効果がないことを表しているのではなく、表 2.5(8)-1 からわかるとおり、評価対象地域のほとんどが林縁部から 20m 以上の森林となっており、除染を行わないためである。そこで、除染を行わない林縁部から 20m 以上の森林と水域以外の空間線量率を平均した結果を図 2.5(10)-2 に示す。この図を見ると、解析ケースによって除染結果が異なることがわかる。図 2.5(10)-1 には色表示存在したにもかかわらずこの図では表示がなくなっている小領域があるが、これはその小領域内に林縁部から 20m 以上の森林と水域以外は存在しないことを意味している。

最小 DF ケースは農地以外の DF がほぼ 1 であるにも関わらず、ある程度の除染効果があることがわかる。これは表 2.5(8)-1 に示されている通り、除染対象のうち、林縁から 20m 以内の森林に次いで農地の面積が大きいことが原因であると考えられる。

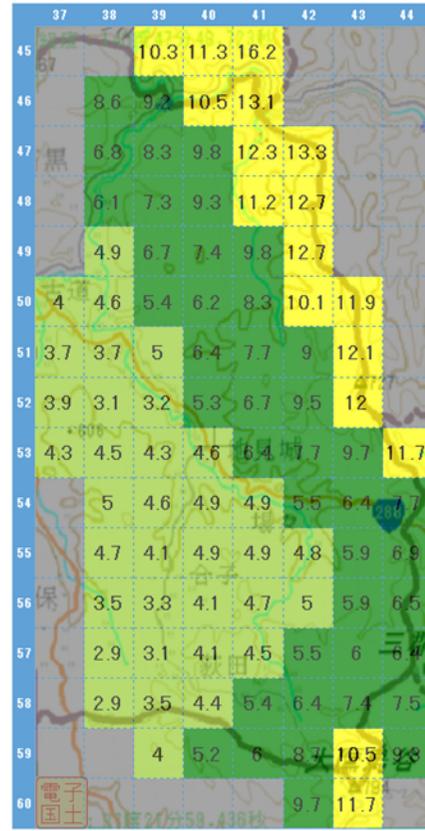
平均 DF ケースを見てみると、全体的に線量率が下がっており、全体的に DF の値が大きくなった効果が表れていることがわかる。平均 DF ケースを最小 DF ケースと比較すると、DF 値がだいたい 1.5 倍程度になっているが、一方で計算結果もだいたい 1/1.5 倍された値になっており、およそその DF の増加分と除染効果の向上率が一致している。

最大 DF ケースは線量率の低減率が大きいですが、これは全ての DF の値が大きいことの結果である。ただし、除染効果は除染対象の状況に強く依存するため、この最大 DF を全域において実現することは容易ではなく、あくまで理論上最大の除染効果が得られた場合の参考例である。

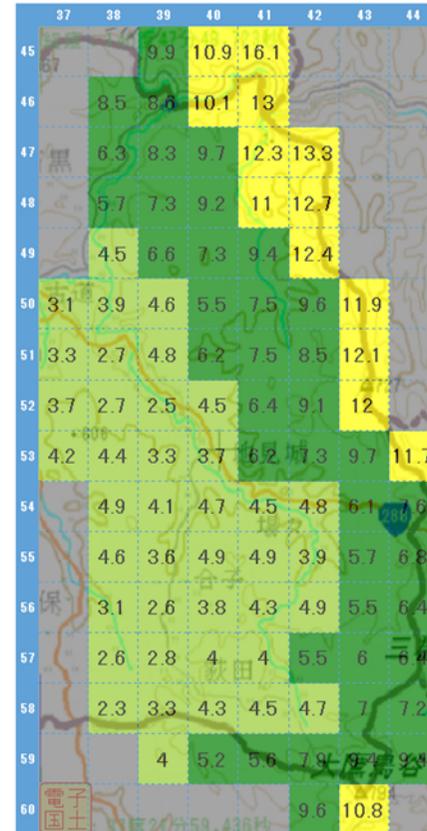
凡例: ■  $\leq 1$  ■ 1~5 ■ 5~10 ■ 10~20 ■ 20~50 ■  $>50$  mSv/y



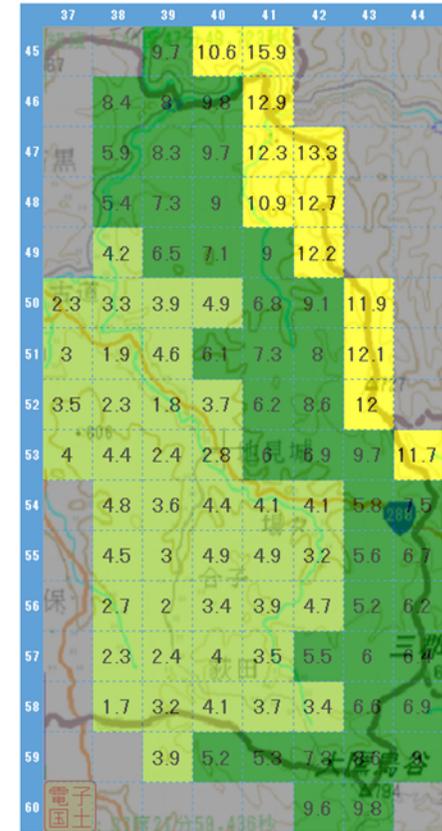
除染前



最小DF



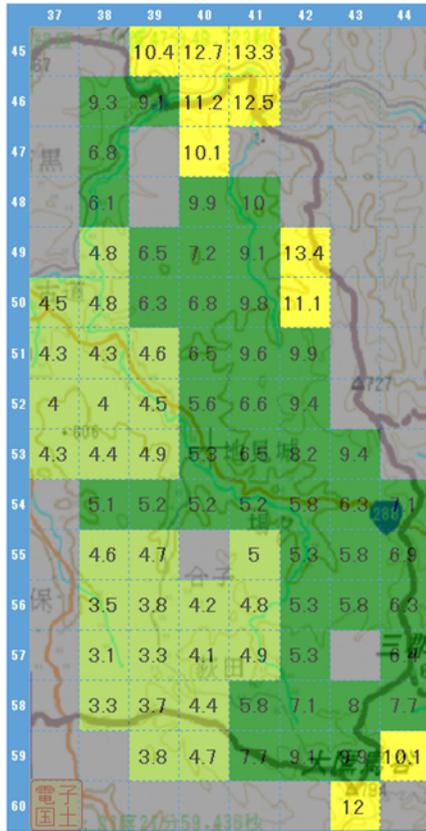
平均DF



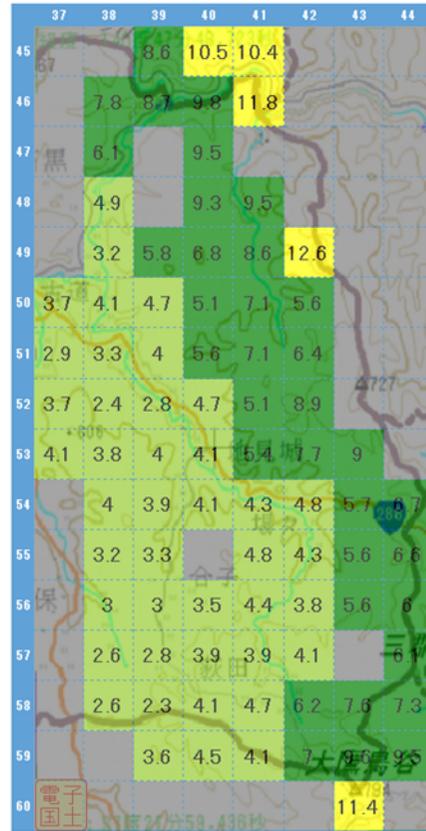
最大DF

図 2.5(10)-1 除染効果評価結果 (小領域の平均空間線量率)

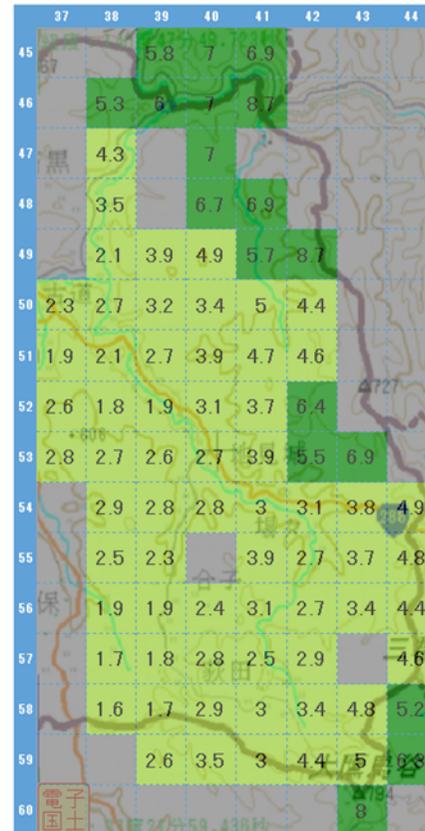
凡例: ■ ≤1 ■ 1~5 ■ 5~10 ■ 10~20 ■ 20~50 ■ >50 mSv/y



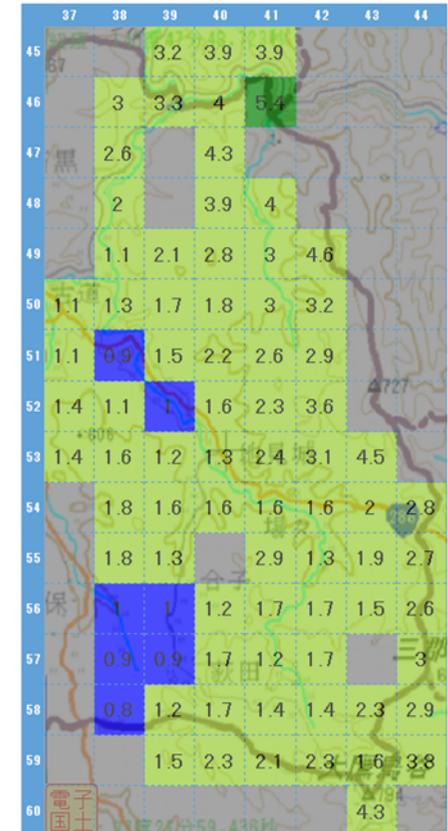
除染前



最小DF



平均DF



最大DF

図 2.5(10)-2 除染効果評価結果 (小領域内の除染対象土地区分を対象とした平均空間線量率)

## ②総除去物量

最後に、総除去物量の評価を行う。上記(8)で土地区分ごとの面積を、(9)で土地区分ごとの単位面積当たりの除去物量を出しているのので、それらを掛け合わせることによって総除去物量を求めることができる。結果を表2.5(10)-1に示す。この結果を見ると、除去物量はおおよそフレコンバッグ約9万～46万袋ほどであると予測されることがわかる。また、そのほとんどが森林の除染から排出されるものであることがわかる。

表 2.5(10)-1 総除去物量

土地区分	最小		最大	
	フレコン バッグ数 [袋]	割合[%]	フレコン バッグ数 [袋]	割合[%]
家屋	0	0	0	0
大型施設	0	0	0	0
非舗装地	9,432	10	94,320	20
法面	721	1	1,443	0
農地	0	0	0	0
舗装道路	0	0	0	0
森林(林縁から20m以内)	81,900	89	368,550	79
森林(林縁から20m以遠)	0	0	0	0
水域	0	0	0	0
合計	92,053		464,313	

## (11)まとめ

本章では、本事業で得られた知見（DF や除去物量）に基づき、CDE を用いて特別地域内除染実施計画（田村市）（環境省，2012a）の除染実施対象区域について除染効果評価を行った。その結果、除染対象の状況によって除染効果のばらつきが大きく、全体的にあまり除染効果が上がらない場合（最小DF ケース）でも、農地における反転耕による除染効果によって、平均的な空間線量についてはある程度の低減が期待できることがわかった。ただし、反転耕においても、除染効果が除染対象の状況に依存することは変わらず、本解析で用いた反転耕のDF はあくまで本事業で実施した除染結果に基づく知見である。また、除染による除去物量のおおよその量（フレキシブルコンテナバッグ約9万～46万個）を得た。この除去物量の約8～9割が森林の除染による除去物であった。ただし、上記の結果は、様々な簡略化と前提に基づく理論的な簡易推計であり、特に、現地調査に基づく土地利用区分の精査や、現地で実際に除染手法を適用した結果に基づくものではないため、実際の除染の効果や除去物量を保証するものではないことに注意されたい。