

平成 27 年度福島県市町村除染技術支援事業

実証試験結果報告書

平成 28 年 6 月

福島県環境創造センター



## 目次

1	事業概要.....	3
2	実施結果.....	5
(1)	実証結果一覧表.....	5
(2)	実施結果報告書.....	7
ア	地理的条件の違いによる除染の効果(技術1).....	7
イ	効率的な事後モニタリング及び空間線量率マップの作成手法(技術3).....	19
ウ	除染後の放射性物質の分布に関する調査(技術5).....	30



## 1 事業概要

### (1) 目的

市町村からの要望を踏まえて除染技術を選定し、それら技術の実地試験、除染効果の検証等を行い、その結果を市町村へフィードバックすることにより、福島県内の除染の着実な進捗を図る。

### (2) 公募対象

- ア 地理的条件の違いによる除染の効果（技術1）
- イ 仮置場における不陸対処方法（技術2）
- ウ 効率的な事後モニタリング及び空間線量率マップの作成手法（技術3）
- エ 仮置場の原状回復時の汚染状況調査（技術4）
- オ 除染後の放射性物質の分布に関する調査（技術5）
- カ 透水性アスファルト舗装路面の効果的な除染技術（技術6）

### (3) 公募期間

- 平成 27 年 11 月 30 日（月）～平成 27 年 12 月 14 日（月）（技術1～5）
- 平成 27 年 12 月 4 日（金）～平成 27 年 12 月 16 日（水）（技術6）

### (4) 応募数

公募に対し、3 技術 5 社の応募があった。応募状況は以下のとおり。

- ア 地理的条件の違いによる除染の効果（技術1） 1 社
- イ 仮置場における不陸対処方法（技術2）
- ウ 効率的な事後モニタリング及び空間線量率マップの作成手法（技術3） 2 社
- エ 仮置場の原状回復時の汚染状況調査（技術4）
- オ 除染後の放射性物質の分布に関する調査（技術5） 2 社
- カ 透水性アスファルト舗装路面の効果的な除染技術（技術6）

※技術2、4、6の応募は無かった。

### (4) 実証の流れ

- ア 県ホームページへの公募情報の掲載
- イ 申請者は申請書類を県へ提出
- ウ 審査委員会の審査により実証事業者を選定
- エ 実証事業者が実証作業を開始
- オ 実証作業の結果を公表

## 2 実施結果

実証結果の一覧は次表のとおり。



平成27年度福島県市町村除染技術支援事業 実証結果一覧表

No	技術名	実証事業者名 (所在地)	作業内容	結果及び評価等
1	地理的条件の違いによる除染の効果	アースデザインインターナショナル株式会社 (東京都)	除染前後の空間線量率等のデータから、除染活動支援システム (RESET) を用い、様々な条件下で除染効果の検討を行い、それらを視覚的に表現する手法について有用性の検討を行った。	RESETによるシミュレーション結果と地形図を重ねて視覚的に表現することは、地理的な条件の違いを踏まえた除染実施方法の検討や除染後の効果を住民に分かり易く伝えるツールとして有用と考えられる。
2	効率的な事後モニタリング及び空間線量率マップの作成手法	国際航業株式会社福島営業所 (郡山市)	通常の業務で市街地を走行する車両の走行経路において、自動放射線量計測システム (KURAMA II) を用いた空間線量率データの収集及び評価を実施するとともに、線量率マッピングの作成を行った。	実証技術による空間線量率測定では、補正係数を用いることにより、ガイドライン法測定値への換算が可能であり、配送車両のような一定の期間内に対象地区を網羅的に走行する車両に計測装置を積載することで、対象地区の空間線量率データを半自動的に収集し、空間線量率マップを作成することが可能である。
3	除染後の放射性物質の分布に関する調査	株式会社環境総合テクノス福島事務所 (福島市)	過去に除染を実施した箇所の空間線量率等を測定し、除染実施時の測定値と視覚的に比較することにより放射性物質の挙動を推定する手法の有用性について検証を行った。	除染後の空間線量率測定値と比較試験時における空間線量率測定値の差分から差分線量率図を作成し比較することにより、放射性物質の挙動を相対的に推定することが可能と考えられる。



# 平成 27 年度福島県市町村除染技術支援事業

(技術 1 地理的条件の違いによる除染の効果)

## 実証試験結果報告書

## 1 目的

住宅の立地条件に伴う除染による効果を住民に対し適切に伝えるため、除染前後の空間線量率等のデータから、住宅周辺の条件の違いによる除染実施前後の空間線量率等をシミュレーションし、除染による効果を確認することを目的とする。

## 2 実施事業者

アースデザインインターナショナル株式会社

## 3 作業内容

### (1) 除染係数 (DF) の検討

県中地区の3つの地域（1メッシュあたり20m×20mの範囲）として、森林・農地・住宅地及び傾斜地を含む地域①、住宅地が多くを占めており傾斜地を多く含む地域②、他と比べて平坦な地形であり、農地が多い地域③を選定した。それぞれの土地利用状況及び地形図を図1に示す。

3つの地域に対し、除染を実施した住宅等の除染実施前後の空間線量率等、緯度経度情報及び土地利用区分を抽出した。次に、(2)以降のシミュレーションを実施するため、各地域において、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）が開発した除染活動支援システム（RESET）※を用いて、除染後の空間線量率を予測し、その結果（RESET 予測値）と除染後の空間線量率の実測値とを比較することで、その差が最も小さくなる住宅、農地、道路における除染係数（DF：Decontamination Factor）を算出した。このとき、森林における除染係数は1とした。

なお、除染係数は除染前の表面汚染密度を除染後の表面汚染密度で除することで定義されるが、本調査では表面汚染密度のデータが得られなかったことから空間線量率を用いて推察したものである。

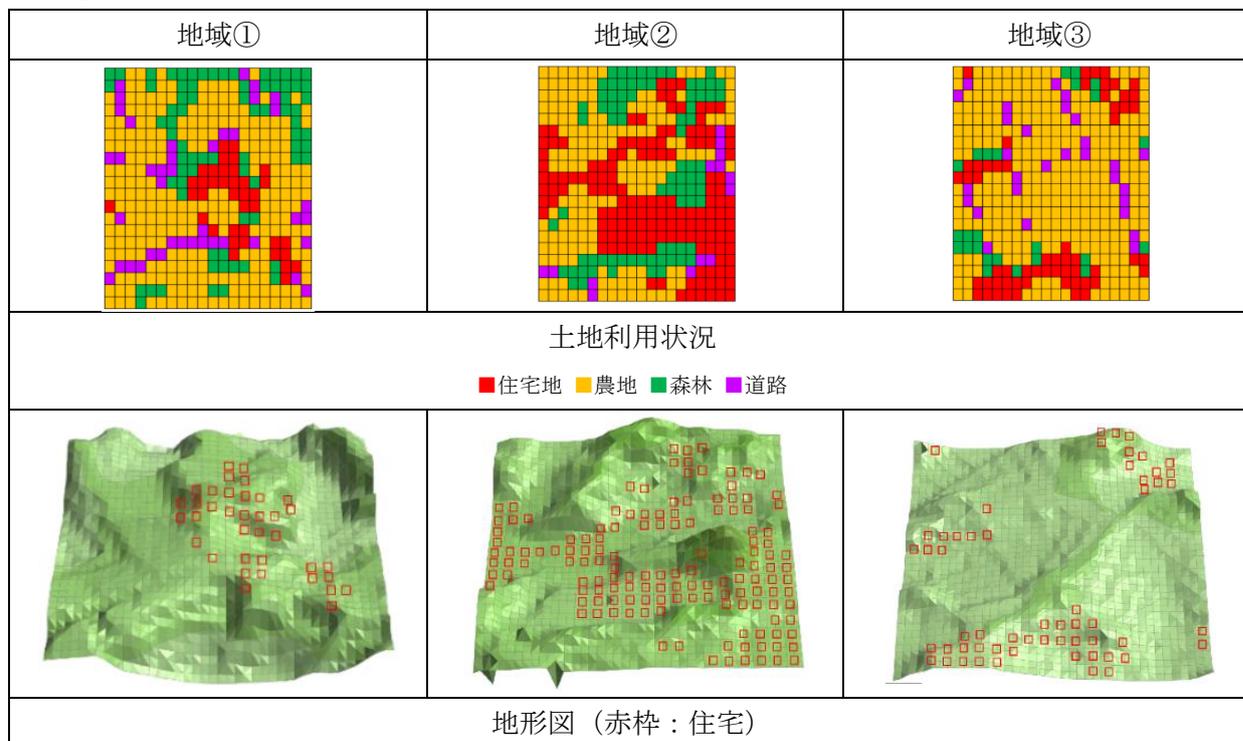


図1 対象地域について

## (2) 除染活動支援システム (RESET) を用いた除染効果の検討

(1) で検討した条件下において、除染を実施した住宅周辺における地形の違いや除染の実施状況が当該住宅の空間線量率の低減に与える影響について RESET によりシミュレーションした。

### ア 住宅周辺の地形の違いによる影響

#### (ア) 地形の違いによる影響

住宅周辺の地形の違いとして、傾斜地による空間線量率の低減効果を調べるため、住宅を、周辺より 4 m 以上高いところにある住宅 (A)、周辺との高さが ± 3 m 以内にある住宅 (B)、周辺より 4 m 以上低いところにある住宅 (C) の 3 つに分類し、それぞれについて除染した場合に、対象住宅の空間線量率がどのように変化するかをシミュレーションした。

#### (イ) 地域の違いによる影響

3 つの地域において、住宅に隣接する傾斜地の除染による空間線量率の低減効果を調べるため、それぞれについて傾斜地を除染する場合としない場合に対象住宅の空間線量率がどのように変化するかをシミュレーションした。

### イ 住宅周辺の農地除染の実施有無による影響

住宅周辺の除染実施の有無が住宅に与える影響を検証するため、3 つの地域において住宅から 20m までの農地を除染した場合、40m までの農地を除染した場合、農地を除染しなかった場合をそれぞれシミュレーションし、比較した。

#### ※効果検証に使用するシステム

・システム名 除染活動支援システム 「RESET」 (国立研究開発法人日本原子力研究開発機構)

#### ・システム概要

- ー除染を行う際の除染計画立案、任意の経過年数における空間線量等を、インターネット上に設置したクラウドコンピュータによって予測し、効率的・効果的な除染の実施を支援するためのシステム。
- ークラウド上のサーバーには、既知のモニタリングデータ、除染技術に関する除染係数 (DF=除染前の表面汚染密度/除染後の表面汚染密度)、除染作業の歩掛 (コスト)、地形データ、土地利用データ等をデータベースとして有し、GPS による位置情報と除染前の線量率データから除染場所の空間線量率分布を予測・解析し、除染後の空間線量率、除染費用、予算に見合う除染工法等を自動で予測・抽出する。

#### 4 実施工程

今回実施した検証作業の実施工程表を表1に示す。

表1 実施工程表

作業項目	1月	2月	3月
(1) 除染係数の検討	→		
(2) RESET を用いた除染効果の検証		→	
ア 住宅周辺の地形の違いによる除染効果		→	
イ 住宅周辺の除染の実施状況による除染効果		→	

#### 5 検証結果

##### (1) 除染係数 (DF) の検討

解析エリア別の除染係数の算出結果を表2に示す。除染係数は、各地域の土地利用区分別に住宅で1.5~1.8、農地で1.6~1.8、道路で1.5~1.8であった。

また、算出したDFによって得られた除染後の空間線量率のRESET予測値と除染後の空間線量率の測定結果のプロット図を作成した(図2)。相関係数は0.782、有意水準0.1%でRESET予測値と実測値の間には有意に相関が認められた。また、回帰式の傾きは0.9399となり、この地域における除染前後の空間線量率の分布を算出したDFを用いてRESET上で再現できるものと考えられた。

表2 解析エリアにおける除染係数の算出結果

土地利用区分	地域①	地域②	地域③
住宅	1.6	1.5	1.8
農地	1.8	1.6	1.6
道路	1.8	1.5	1.8

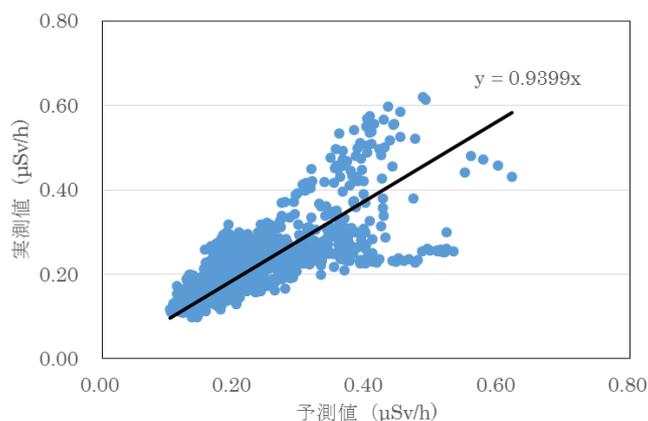


図2 RESET 予測値と実測値の関係

## (2) RESET を用いた除染効果の検証

### ア 住宅周辺の地形の違いによる影響

#### (ア) 地形の違いによる影響

住宅に隣接する傾斜地の DF を 1~5 に変化させて除染を実施した場合の効果を比較した結果を表 3 及び図 3 に示す。結果からは、C (周辺より 4 m 以上低いところにある住宅) の低減率が最も高く、A (周辺より 4 m 以上高いところにある住宅) の低減率が最も低い傾向が見られた。これは住宅周辺の傾斜地から受ける影響の程度の違いを表していると考えられる。

表 3 住宅地の低減率 (平均値) 及び DF が 1 の場合と比較した低減率の差

DF	A		B		C	
	低減率 (平均値)	低減率の差	低減率 (平均値)	低減率の差	低減率 (平均値)	低減率の差
1	31.9	0.0	34.3	0.0	33.7	0.0
2	34.6	2.7	37.1	2.8	37.1	3.4
3	35.5	3.6	38.0	3.7	38.2	4.5
4	35.9	4.1	38.5	4.2	38.8	5.1
5	36.2	4.3	38.7	4.4	39.1	5.4

※小数点第 2 位以下を四捨五入しているため、数値が合わない場合がある

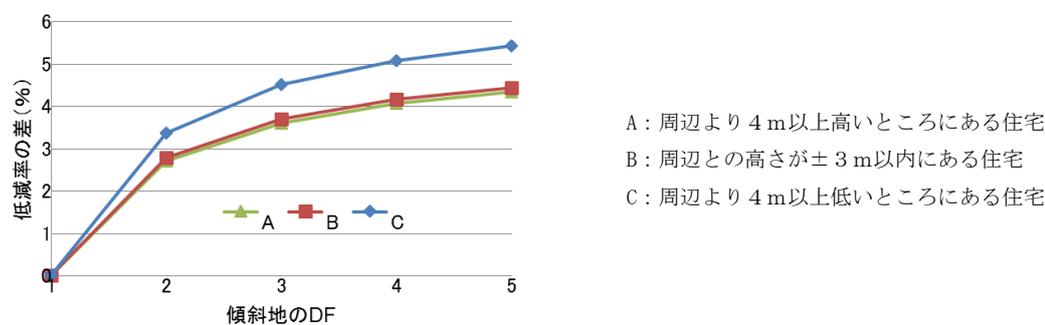


図 3 住宅に対する傾斜地の影響

(イ) 地域の違いによる影響

各地域において住宅に隣接する傾斜地を除染した場合のシミュレーション結果を図4から図6に示す。

結果より、住宅に隣接する傾斜地を除染しなかった場合と比較して、傾斜地を除染することで隣接する住宅では空間線量率の低減効果が認められた。地域①及び②においては、住宅に隣接する傾斜地を除染することで空間線量率が10%程度低減した。一方で、地域③においては傾斜地を除染した場合でも空間線量率は3%程度の低下にとどまっております、隣接する傾斜地の種類など住宅周辺の地理的条件の違いによって除染の効果が異なることが示唆された。

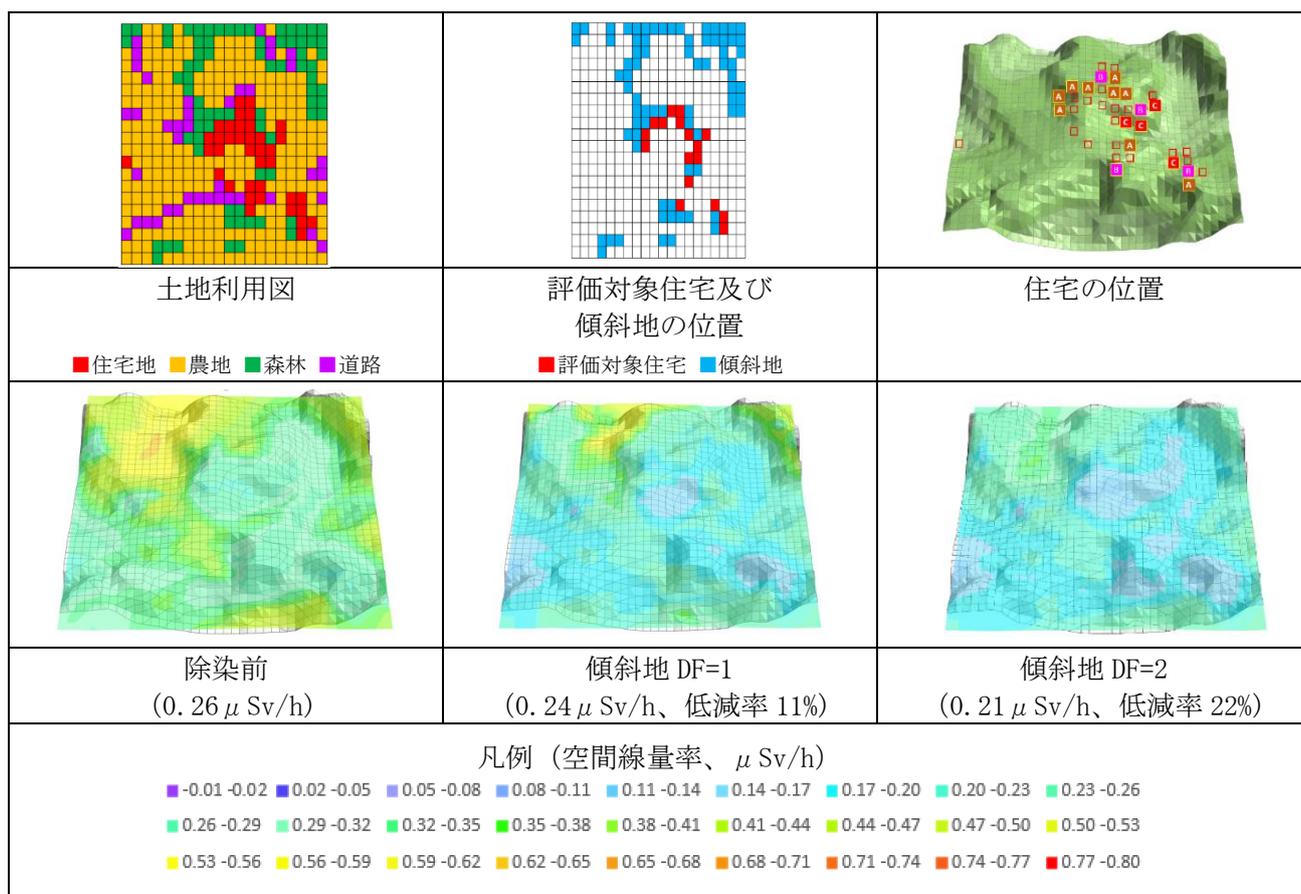


図4 傾斜地に関するシミュレーションの結果 (地域①)

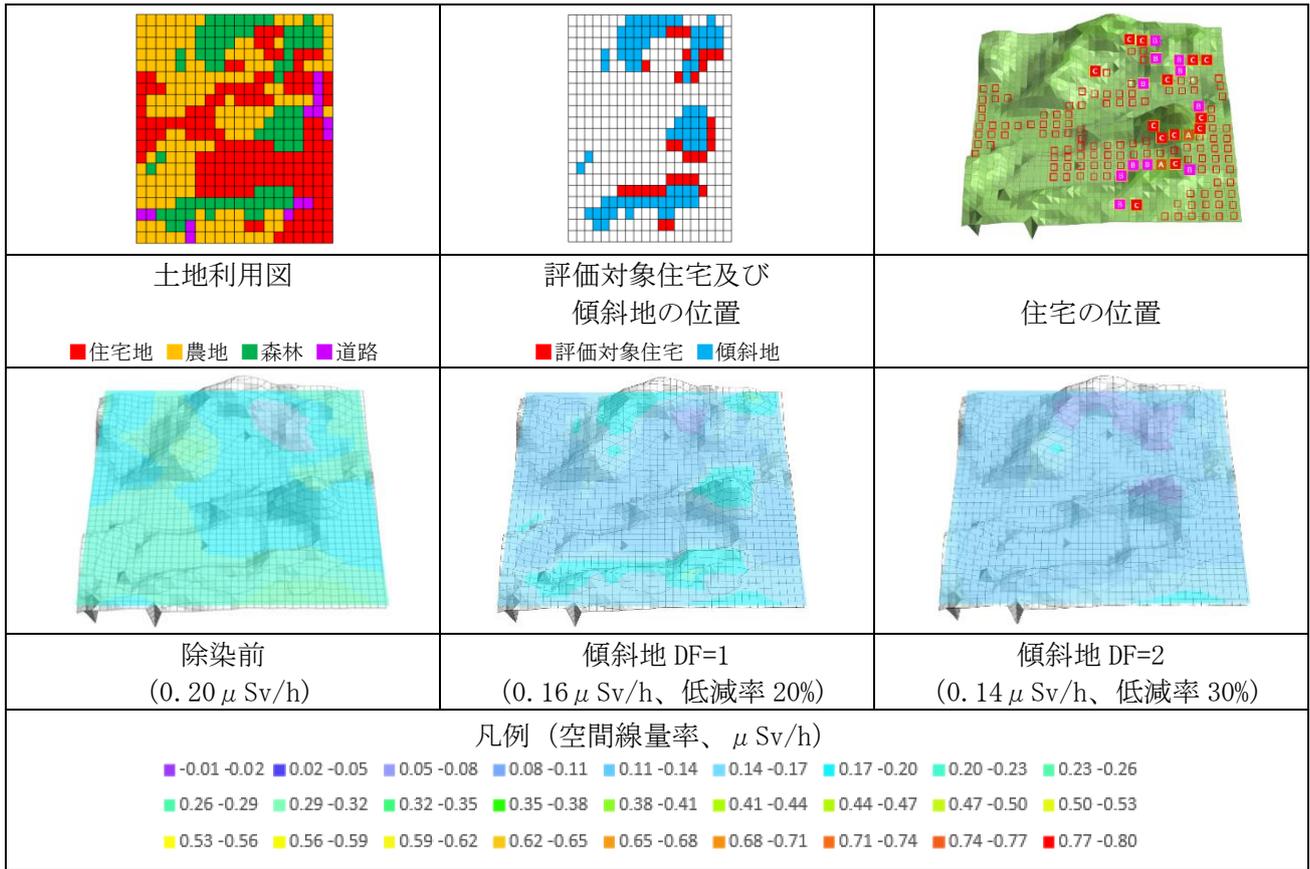


図5 傾斜地に関するシミュレーションの結果 (地域②)

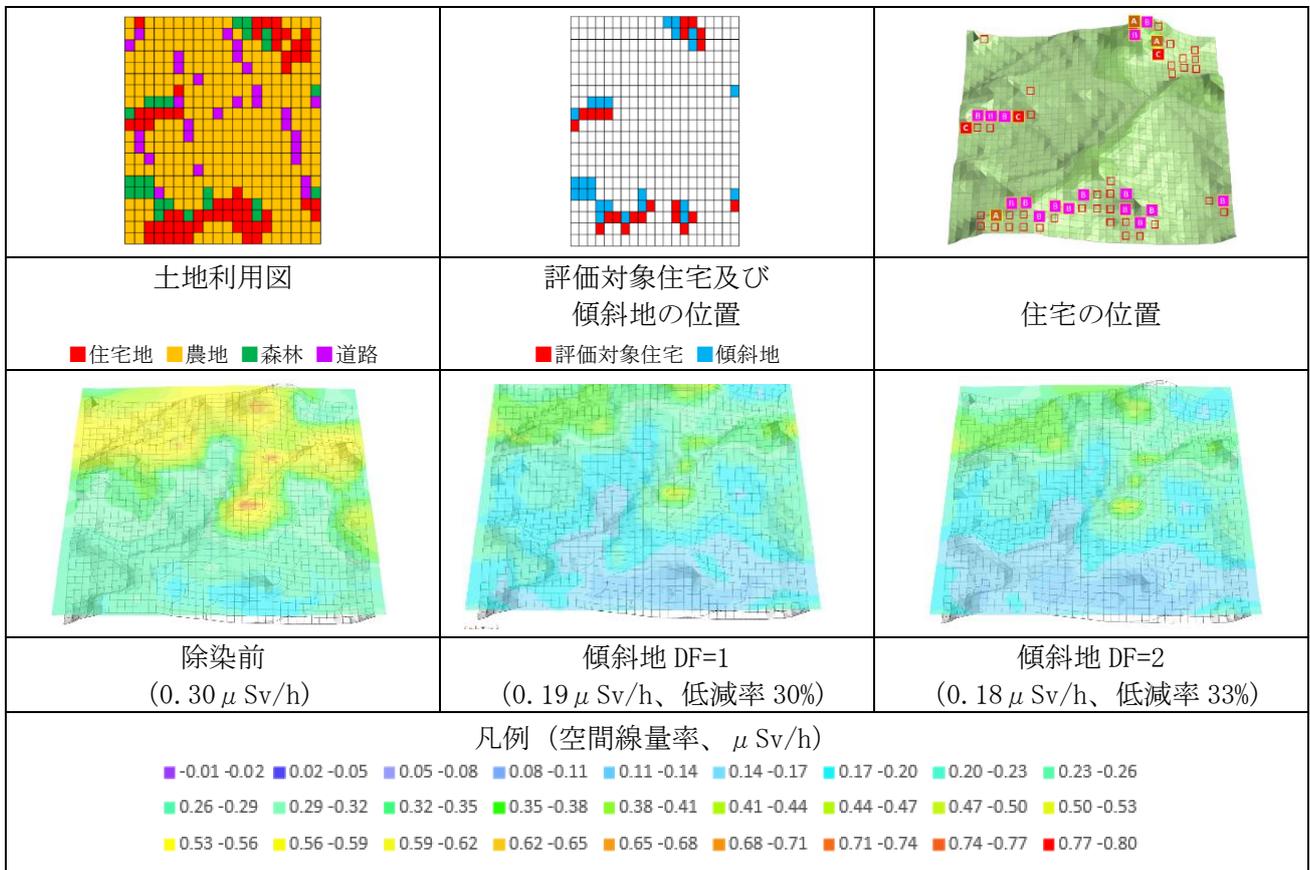


図6 傾斜地に関するシミュレーションの結果 (地域③)

## イ 住宅周辺の農地除染の実施有無による影響

住宅周辺の農地の除染の違いによる結果を図 7-1 から 9-2 に示す。

地域①では除染前の住宅の空間線量率が平均  $0.27 \mu\text{Sv/h}$  であったのに対し、農地を除染しない場合は平均  $0.20 \mu\text{Sv/h}$ 、住宅から 20 m までの農地を除染した場合は平均  $0.18 \mu\text{Sv/h}$  であった。それぞれ、低減率は 25.9%、33.3% であり、低減効果に 7.4% の差が生じた。

地域②では除染前の住宅の空間線量率が平均  $0.20 \mu\text{Sv/h}$  であったのに対し、農地を除染しない場合は平均  $0.14 \mu\text{Sv/h}$ 、20 m までの農地を除染した場合は平均  $0.14 \mu\text{Sv/h}$  であり、差が生じなかった。

地域③では除染前は住宅の空間線量率が平均  $0.30 \mu\text{Sv/h}$  であったのに対し、農地を除染しない場合は平均  $0.26 \mu\text{Sv/h}$ 、20 m までの農地を除染した場合は平均  $0.23 \mu\text{Sv/h}$  であった。それぞれ、低減率は 13.3%、23.3% であり、低減効果に 10% の差が生じた。

このことから、今回検討した各地域における農地の除染によって得られる住宅の空間線量率の低減効果は、最大で 10% 程度と推計された。また、住宅から 20 m までの農地を除染した場合に比べ、40 m まで除染した場合には、いずれの地域においても住宅の空間線量率に変化は見られず、住宅への影響を考慮する場合、住宅から 20 m までの農地を除染することがより効果的であることが示唆された。

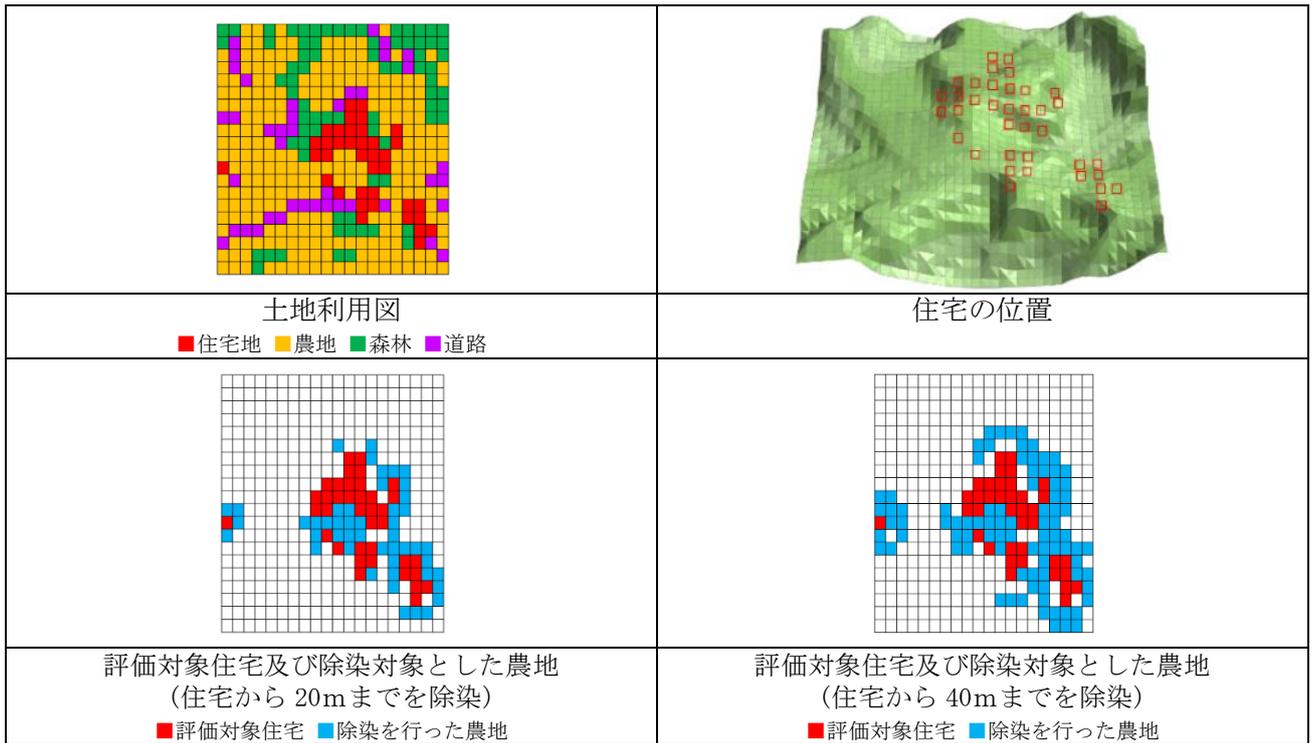


図 7-1 住宅に隣接している農地を除染した場合のシミュレーション条件 (地域①)

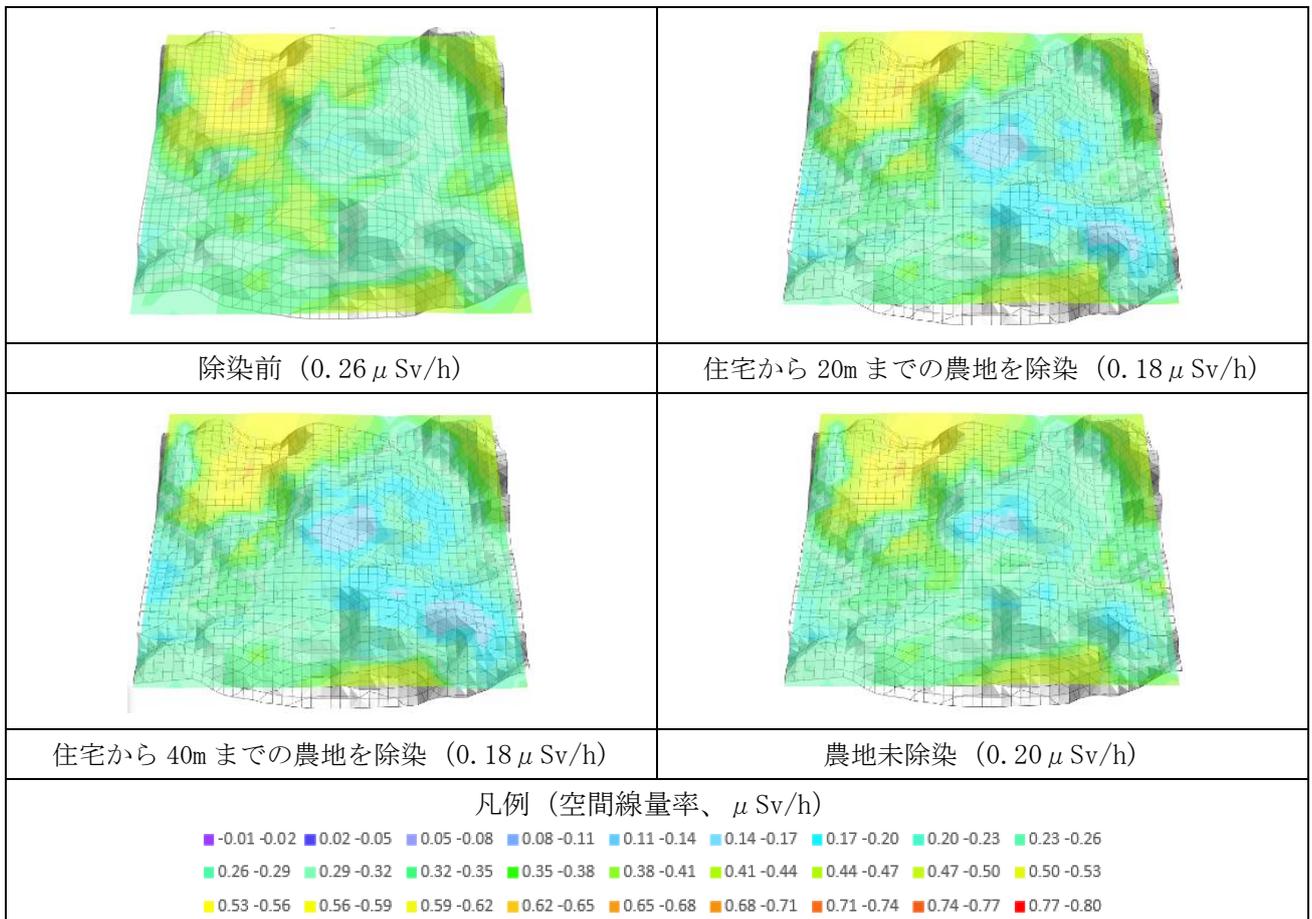


図 7-2 住宅に隣接している農地を除染した場合のシミュレーション結果 (地域①)

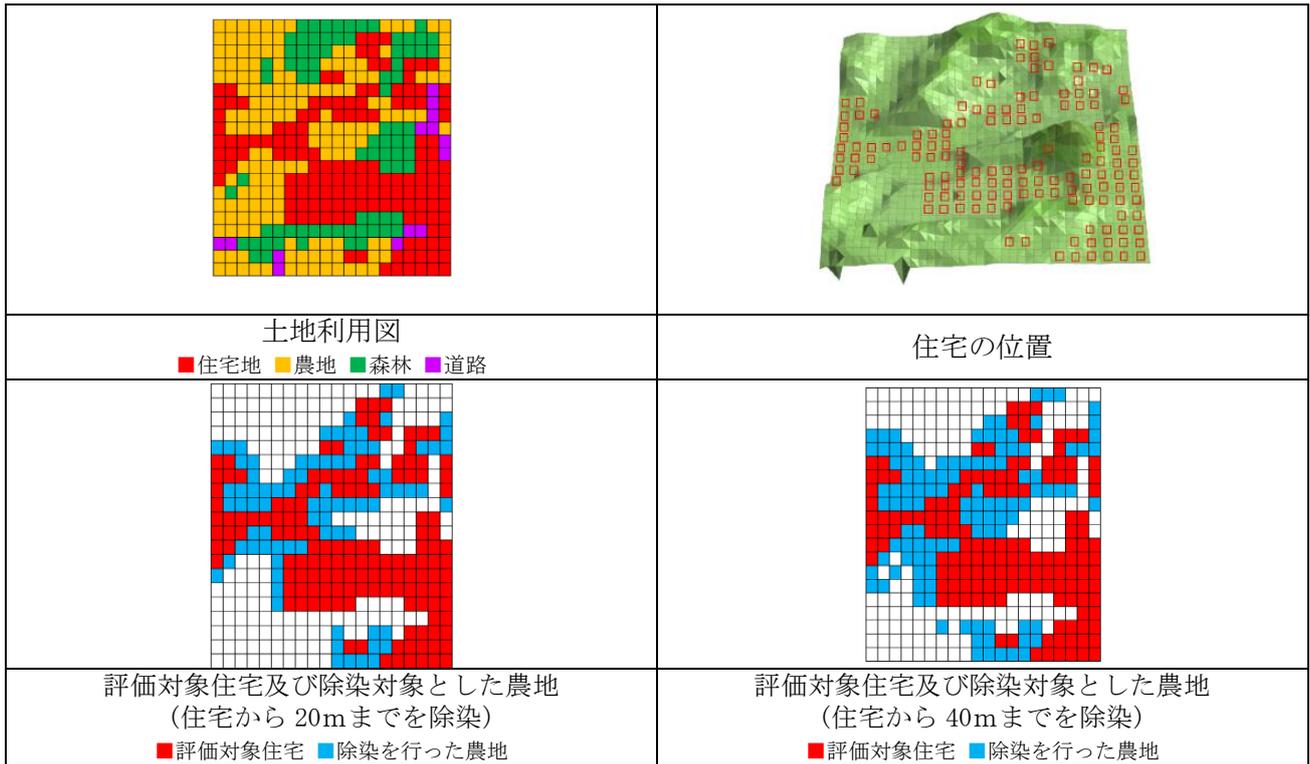


図 8-1 住宅に隣接している農地を除染した場合のシミュレーション条件 (地域②)

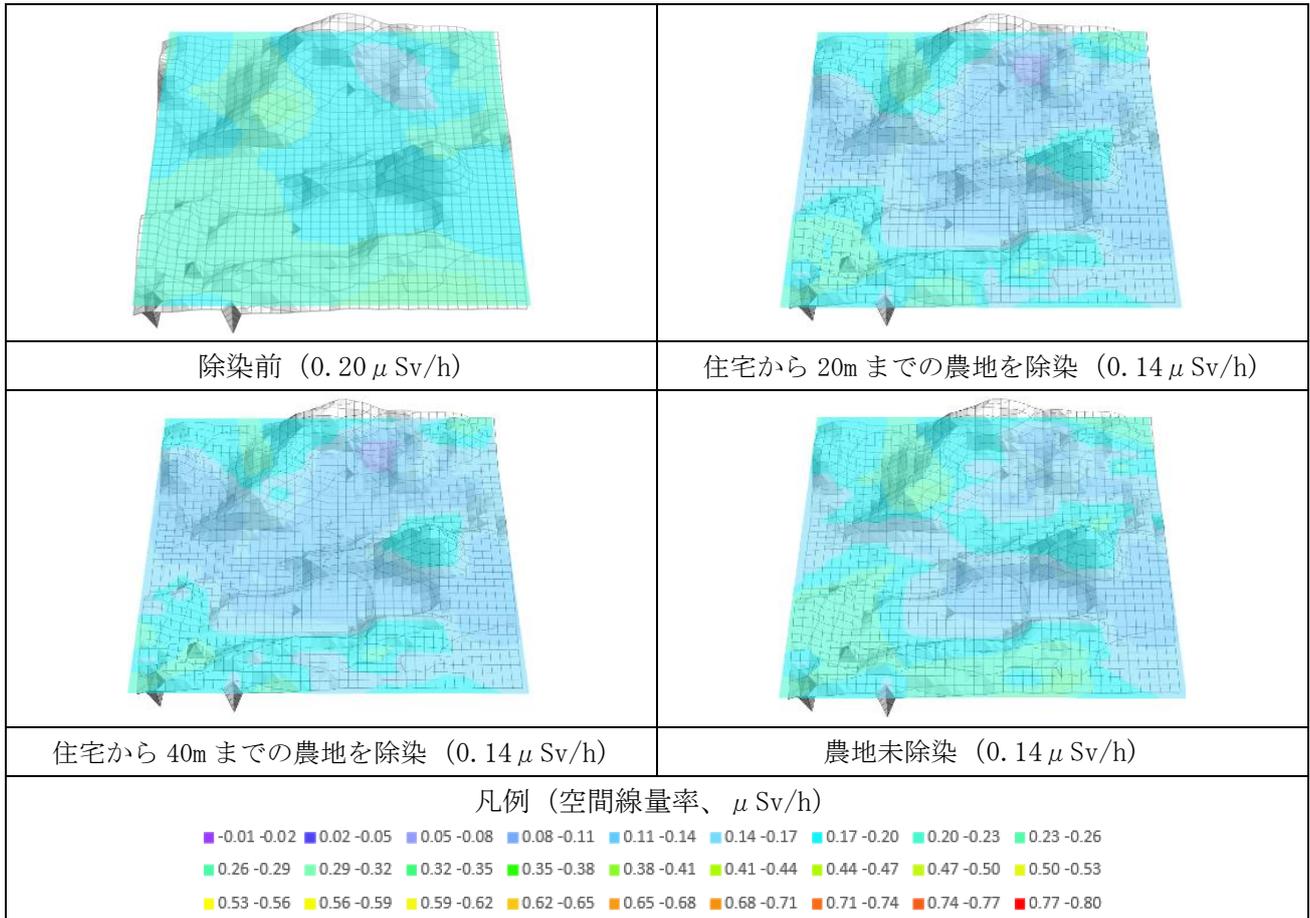


図 8-2 住宅に隣接している農地を除染した場合のシミュレーション結果 (地域②)

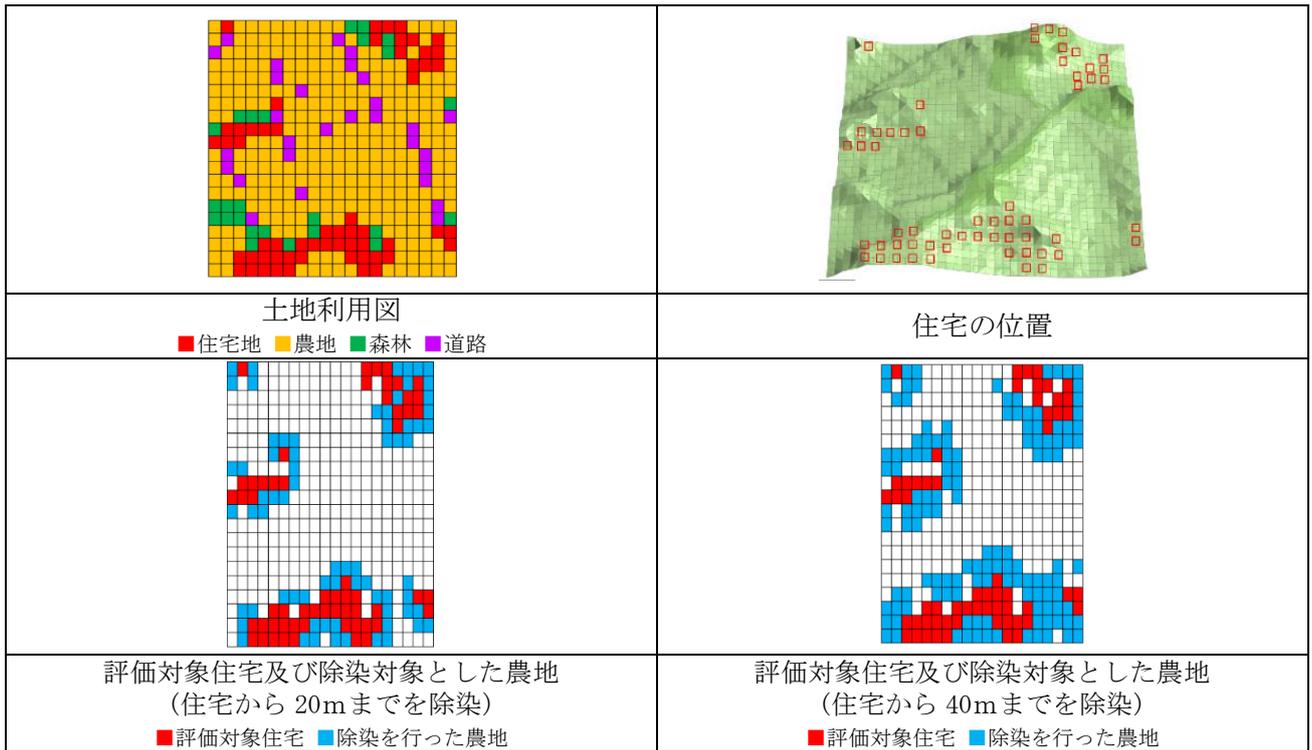


図 9-1 住宅に隣接している田畑を除染した場合のシミュレーション条件 (地域③)

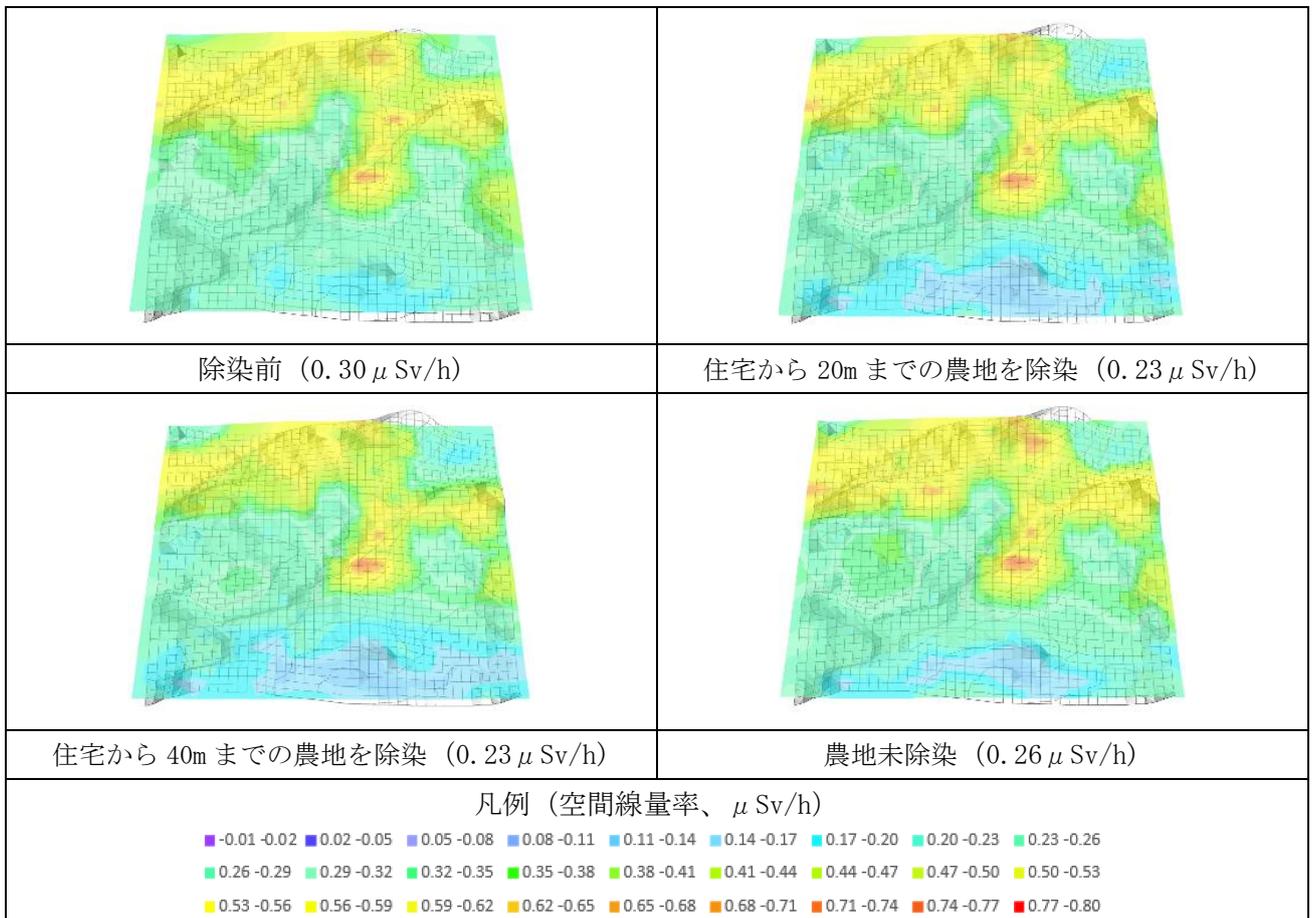


図 9-2 住宅に隣接している農地を除染した時のシミュレーション結果 (地域③)

## 6 評価等

除染実施結果に基づき、除染対象や範囲を変化させた場合の空間線量率の変化について、除染活動支援システム（RESET）を用いたシミュレーションを実施し、住宅に隣接する傾斜地の状況により除染の効果、及び、住宅に対する周辺の農地の除染効果を明らかにした。また、空間線量率の分布と地形図とを重ねて視覚的に表現した。

RESET によるシミュレーション結果と地形図を重ねて視覚的に表現することは、地理的な条件の違いを踏まえた除染実施方法の検討や除染後の効果を住民に分かり易く伝えるツールとして有用と考えられる。

## 平成 27 年度福島県市町村除染支援事業

(技術 3 効率的な事後モニタリング及び空間線量率マップの作成方法)

### 実証試験結果報告書

## 1 目的

除染後の地域の空間線量率のモニタリングを頻度よく測定し、住民に分かり易く伝えるため、実証試験を通じて、人力によらず（半）自動的に計測しマッピングできる技術など、効果的な手法を検討することを目的とする。

## 2 実証事業者

国際航業株式会社福島営業所（郡山市）

## 3 作業内容

### （1）作業に用いた技術

自動放射線量計測システム（KURAMA II）

KURAMA IIはGPSで測定位置を記録しながら、放射線検出部（大容量CsIシンチレータ）によって空間線量率に予め決定された補正係数をかけた値をサーバーに自動的に取り込む測定システムである。電源投入のみで操作するため、使用方法は簡易なものとなっている。本システムは、空間線量率測定及びディファレンシャルGPS方式による測地座標の測定データを測定時刻の情報により関連付けを行い、取得データをサーバーに送信、保存を行うものである。また無線LAN経由でリアルタイム表示や測定した放射線量値を地図上に展開した放射線量率マップの作成も可能である。図1に測定に用いた車両及びKURAMA IIの外観を示す。



図1 測定に用いた車両及びKURAMA IIの外観

### （2）実証作業の実施方法

#### ア 対象範囲

実証作業を実施する対象地域として、面的なデータ取得が可能で、かつ、複数の種類の車両による検証が可能な市街地から設定することとし、県中地区において実施した。

#### イ 対象車両の種類

通園バス及び配送車両

#### ウ 測定経路

実証対象車両が通常の営業により走行する経路

#### エ 測定データの収集

KURAMA II を搭載した軽ワゴン車両により対象車両を追走し、3秒間隔で空間線量率の測定データの収集を行った。KURAMA II の放射線検出部（大容量 CsI シンチレータ）については、測定高さ 1 m に調整し、KURAMA II の放射線検出部を道路と平行となるように設置すると共に、運転席の後方部の道路中心に近い位置に固定した。KURAMA II の設置位置を図 2 に示す。KURAMA II システムは、取得したデータを専用のサーバーに送信保存するシステムであるため、格納されたデータを 地図上に展開し、測定データの収集が確実に行われていることを確認しながら作業を行った。



測定高の調整 (1m)



KURAMA II 設置位置



図 2 KURAMA II 設置位置概要

#### オ 走行距離及び頻度の集計

対象車両が 5 営業日の間に走行して得られるデータを地図上に展開し、走行距離及び走行頻度（走行回数）を路線区間毎に整理すると共に、測定頻度が高い上位 5 路線を抽出した。対象路線は、走行頻度により色分けし整理した。整理した対象路線の例を図 3 に示す。



図3 測定頻度集計図 (例)

### カ 線量率マップの作成

KURAMA II から取得したデータは、地理情報システム (GIS) を使用した処理により空間線量率マップを作成した。空間線量率マップは、測定点を空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) により色分けした空間線量率マップ① (図4) 及び内挿法を用いメッシュ変換データを色分けした空間線量率マップ② (図5) の2種類を作成した。



図4 空間線量率マップ①作成例

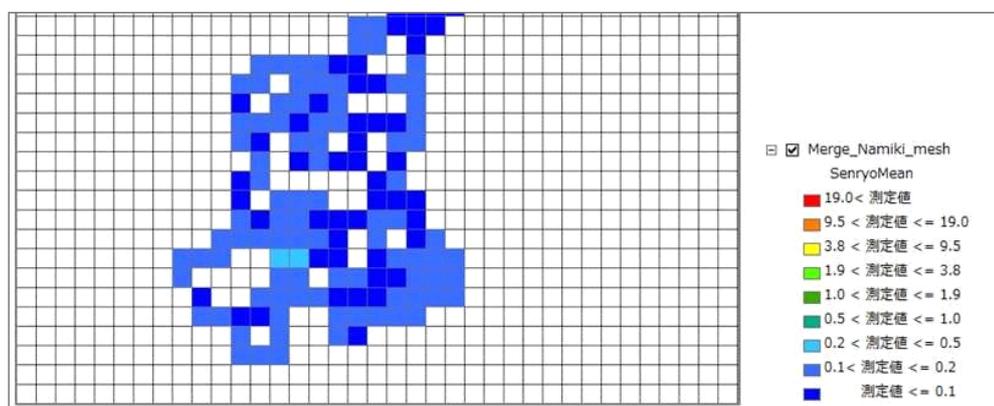


図5 空間線量率マップ②作成例

## キ ガイドライン法との比較

KURAMA II の測定結果のうち、走行路線上の代表点について、NaI シンチレーションサーベイメータによる 1 m 高さの空間線量率の測定を実施し、その結果（除染関係ガイドライン準拠、以下ガイドライン法と略記）と KURAMA II により得られた結果とを比較し、測定値の差を確認した。ただし、走行路線が大型幹線道路等である場合には、幹線道路内にてガイドライン法による測定は行わず、その近傍で測定した結果を用いることとした。

## 4 実施工程

今回実施した作業の実施工程表を表 1 に示す。

表 1 実施工程表

	2月																			
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
通園バスの追走	→				→			→												
宅配車両の追走 (第1週)									→											
宅配車両の追走 (第2週)														→						

## 5 実証作業の結果

### (1) 走行距離及び頻度の集計

#### ア 走行距離

調査した日時及び走行距離等を表 2-1 から表 2-3 に示す。なお、表中において、走行距離は実証対象車両が走行した距離、調査延長は調査距離のうち重複して走行した距離を除く距離とした。

通園バスにおいて各調査日の走行距離と調査延長は同程度であり、1日のうちに走行する経路において、同じ経路を走行する頻度が少ないのに対して、配送車両では各調査日の1日のうちの走行距離は調査延長の 1.4~2.9 倍であり、同じ経路を走行する頻度が通園バスよりも高かった。

表 2-1 通園バス路線の調査日時、走行距離、調査延長

調査日	調査時間		走行距離 (m)	調査延長* (m)
	開始時刻	終了時刻		
H28. 2. 8 (月)	7:30:00	9:20:00	23,005.40	22,186.40
	13:30:01	15:10:01	21,261.77	20,578.88
H28. 2. 9 (火)	7:32:02	9:19:02	23,948.92	23,332.37
	13:30:01	15:09:00	22,794.66	21,924.21
H28. 2. 10 (水)	7:29:00	9:19:00	22,504.12	21,774.27
	13:30:01	15:15:01	21,371.13	20,617.60
H28. 2. 12 (金)	7:30:34	9:19:02	23,269.77	22,707.54
	13:29:50	15:14:01	20,591.98	20,093.84
H28. 2. 15 (月)	7:27:30	9:16:01	22,534.22	21,701.68
	13:30:30	15:05:02	20,990.19	19,963.79

\*調査期間（5日間）における調査延長は29,105m

表 2-2 配送車両路線の調査時間・走行距離・調査延長集計表（第1週目）

調査日	調査時間		走行距離 (m)	調査延長* (m)
	開始時刻	終了時刻		
H28. 2. 16 (火)	8:21:37	20:27:16	75,511.80	29,602.12
H28. 2. 17 (水)	8:28:55	20:27:45	49,695.78	18,576.29
H28. 2. 18 (木)	8:22:27	20:42:59	48,967.13	20,450.26
H28. 2. 19 (金)	8:19:33	12:57:16	23,625.15	14,650.86
H28. 2. 20 (土)	8:21:46	12:56:17	30,377.54	16,015.51

\*調査期間（5日間）における調査延長は56,610m

表 2-3 配送車両の調査時間・走行距離・調査延長集計表（第2週目）

調査日	調査時間		走行距離 (m)	調査延長* (m)
	開始時刻	終了時刻		
H28. 2. 21 (日)	8:29:01	12:59:00	22,781.20	16,406.74
H28. 2. 22 (月)	8:22:02	19:54:21	49,985.87	21,908.50
H28. 2. 23 (火)	8:22:31	19:17:00	54,561.86	18,915.00
H28. 2. 24 (水)	8:19:40	15:41:11	34,236.24	17,805.60
H28. 2. 25 (木)	8:18:00	11:59:00	22,883.90	13,147.91

\*調査期間（5日間）における調査延長は51,151m

## イ 測定頻度

通園バスは1日2便（登園及び降園）が走行しており、5営業日の調査を実施したため、同一路線における測定頻度の最大値を10回とした。配送車両は同様に5営業日の調査に

において、測定頻度の最大値を5回とした。測定頻度の集計結果を表3に示す。また、測定頻度に応じて経路毎に色分け処理をおこなった結果を図6-1～図6-3に示す。

通園バスによる走行経路の延長は29.105kmであり、測定頻度毎の調査延長に対する割合は最大の10回が40.9%（11.910km）であり、5回以下が27.3%（7.950km）であった。

配送車両による第1週目の走行経路の延長は56.610kmであり測定頻度毎の調査延長に対する割合は最大の5回が7.5%（4.232km）、最小の1回が60.3%（34.122km）であった。第2週目の走行経路の延長は51.151kmであり、測定頻度毎の調査延長に対する割合は最大の5回が8.1%（4.232km）、最小の1回が64.3%（32.917km）であった。

表3 測定頻度集結果

	測定頻度	複数回走行した経路の延長	調査延長に対する割合 (%)
通園バス 調査延長 29.105km	10回	11.910 km	40.9%
	9回	2.579 km	8.9%
	8回	3.361 km	11.5%
	7回	1.805 km	6.2%
	6回	1.500 km	5.2%
	5回以下	7.950 km	27.3%
配送車両 (第1週) 調査延長 56.610km	5回	4.232 km	7.5%
	4回	0.317 km	0.6%
	3回	6.583 km	11.6%
	2回	11.355 km	20.0%
	1回	34.122 km	60.3%
配送車両 (第2週) 調査延長 51.151km	5回	4.126 km	8.1%
	4回	2.332 km	4.6%
	3回	1.948 km	3.8%
	2回	9.828 km	19.2%
	1回	32.917 km	64.3%

次に測定頻度が多く、連続する測線の距離が長い上位5ルートについて整理した結果を表4に、測定頻度上位5ルートの対象路線を図6-1～図6-3に示す。

通園バスの測定頻度は、頻度の高い5経路すべてが最大となる10回の走行をしており、連続する経路の最大延長は3.599kmであった。一方、配送車両において頻度の高い5経路の測定頻度は3回から5回の走行を実施しており、連続する測線の最大延長は4.126kmであった。

上位5ルートの測定頻度は、一日2回ほぼ同じ経路を走行する通園バスで高くなった。一方、配送車両は、通園バスと比較すると測定頻度は低いものの、一定の範囲を網羅的に走行するため、5日間の調査延長は通園バスの約2倍であった。

これらの結果からは、同一路線を頻度良く測定する場合には通園バスの活用が、ある地域を網羅的に一定の頻度で測定する場合には配送車両の活用が有用であることが示唆された。

表4 測定頻度上位5ルート

調査期間	通園バス	配送車両	
	5日間	5日間(第1週目)	5日間(第2週目)
調査延長	23.332km	56.610km	51.151km
測定頻度	1~10回	1~5回	1~5回
ルート1	3.599km (頻度: 10回)	4.126km (頻度: 5回)	4.126km (頻度: 5回)
ルート2	2.230km (頻度: 10回)	0.107km (頻度: 5回)	2.148km (頻度: 4回)
ルート3	1.889km (頻度: 10回)	0.219km (頻度: 4回)	0.105km (頻度: 4回)
ルート4	1.212km (頻度: 10回)	0.098km (頻度: 4回)	0.078km (頻度: 4回)
ルート5	1.176km (頻度: 10回)	2.661km (頻度: 3回)	1.518km (頻度: 3回)

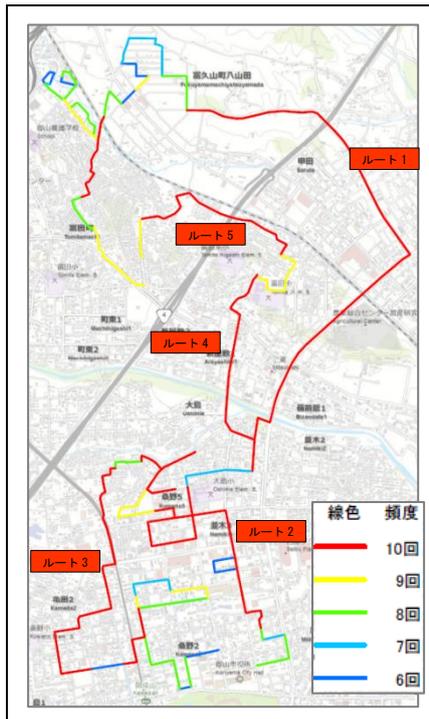


図6-1 通園バスの走行経路及び測定頻度

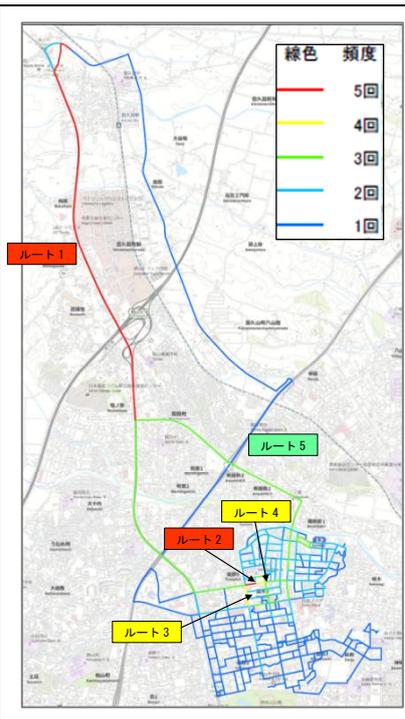


図6-2 配送車両の走行経路(第1週)及び測定頻度

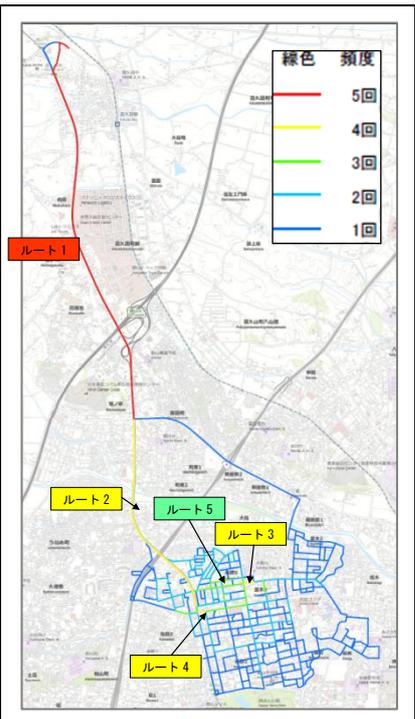
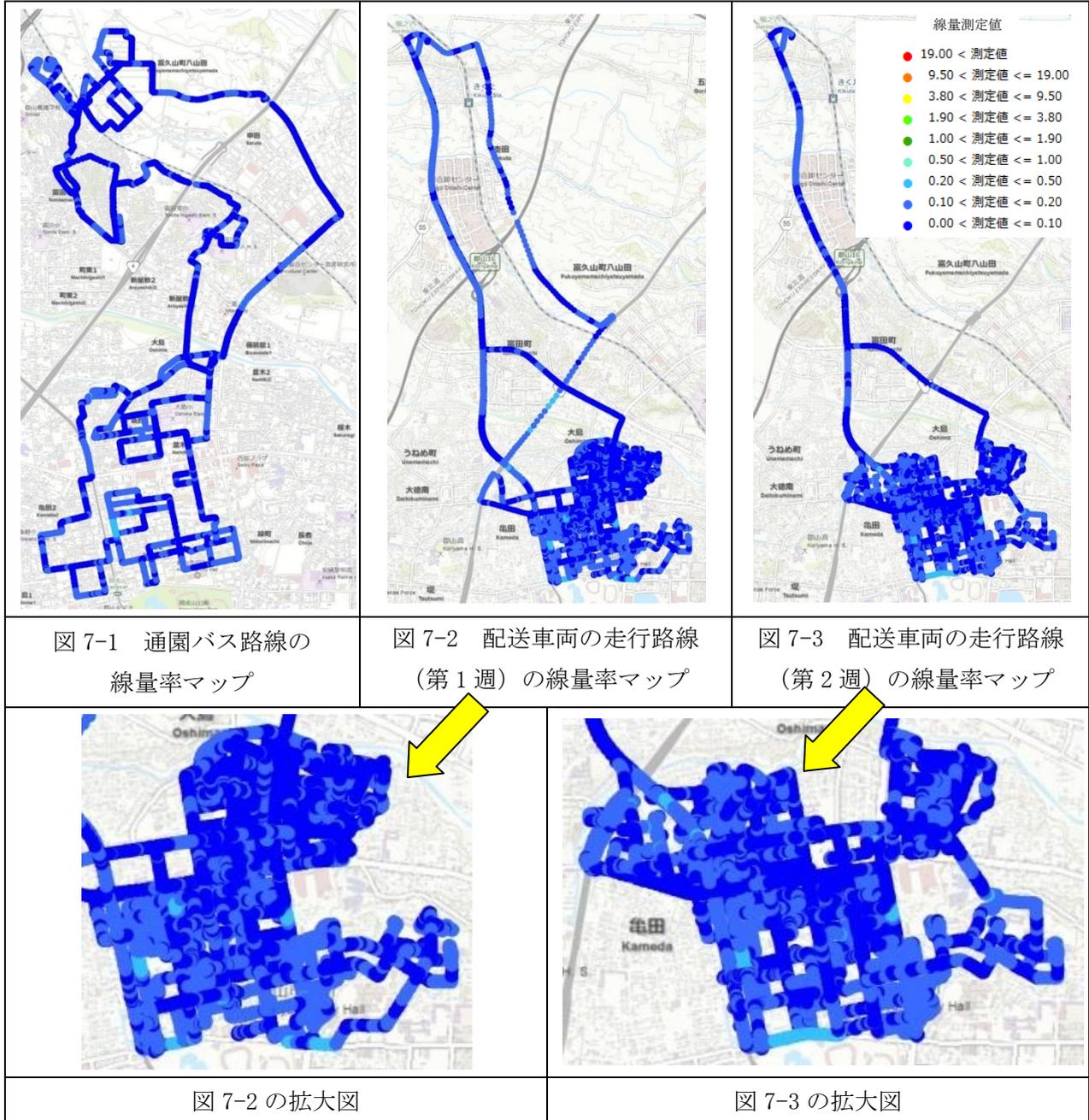


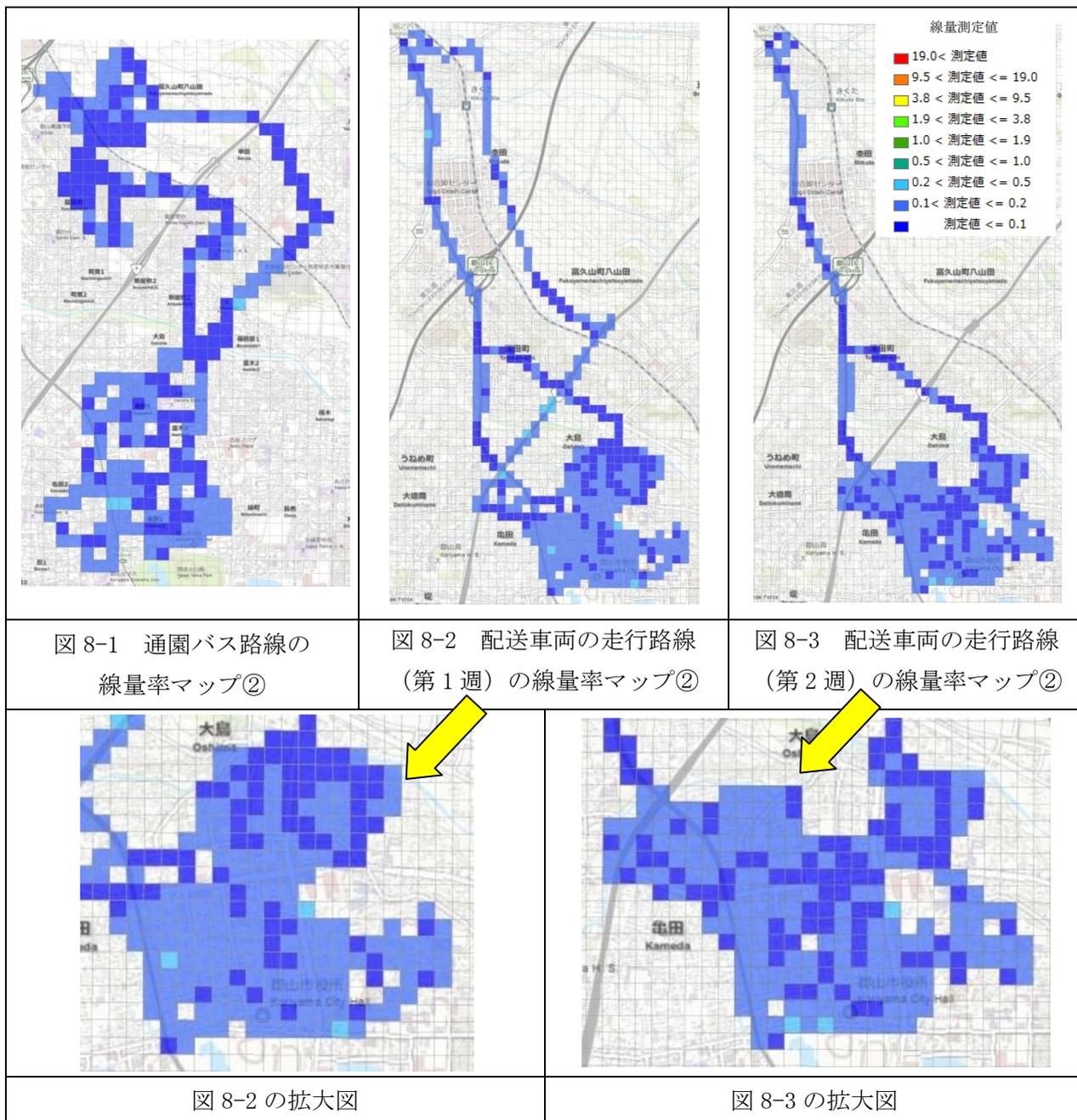
図6-3 配送車両の走行経路(第2週)及び測定頻度

## (2) 線量率マップの作成

各5営業日の全走行データを地図上に展開し、測定ポイントの空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) を段階別に色分けした空間線量率マップ①を図7-1～図7-3に、メッシュデータ化し段階別に色分けした空間線量率マップ②を図8-1～図8-3に示す。

通園バスは限られた経路を走行するため、作成可能な線量率マップは限定されたものとなった。一方、配送車両では、配達地域を網羅的に走行するため、地域の空間線量率を精緻に捉えることができた。





### (3) ガイドライン法との比較

NaI サーベイメータ（ガイドライン法）で走行ルート上の空間線量率（1m）を測定し、実証技術の測定値と比較を行った結果を図 9 に示す。なお、実証技術の測定値は車内外の補正のみ行った数値である。

今回実証作業において、実証技術とガイドライン法の測定値には、相関関係があり、実証技術とガイドライン法との測定点の距離に近いほど強い相関が得られた。

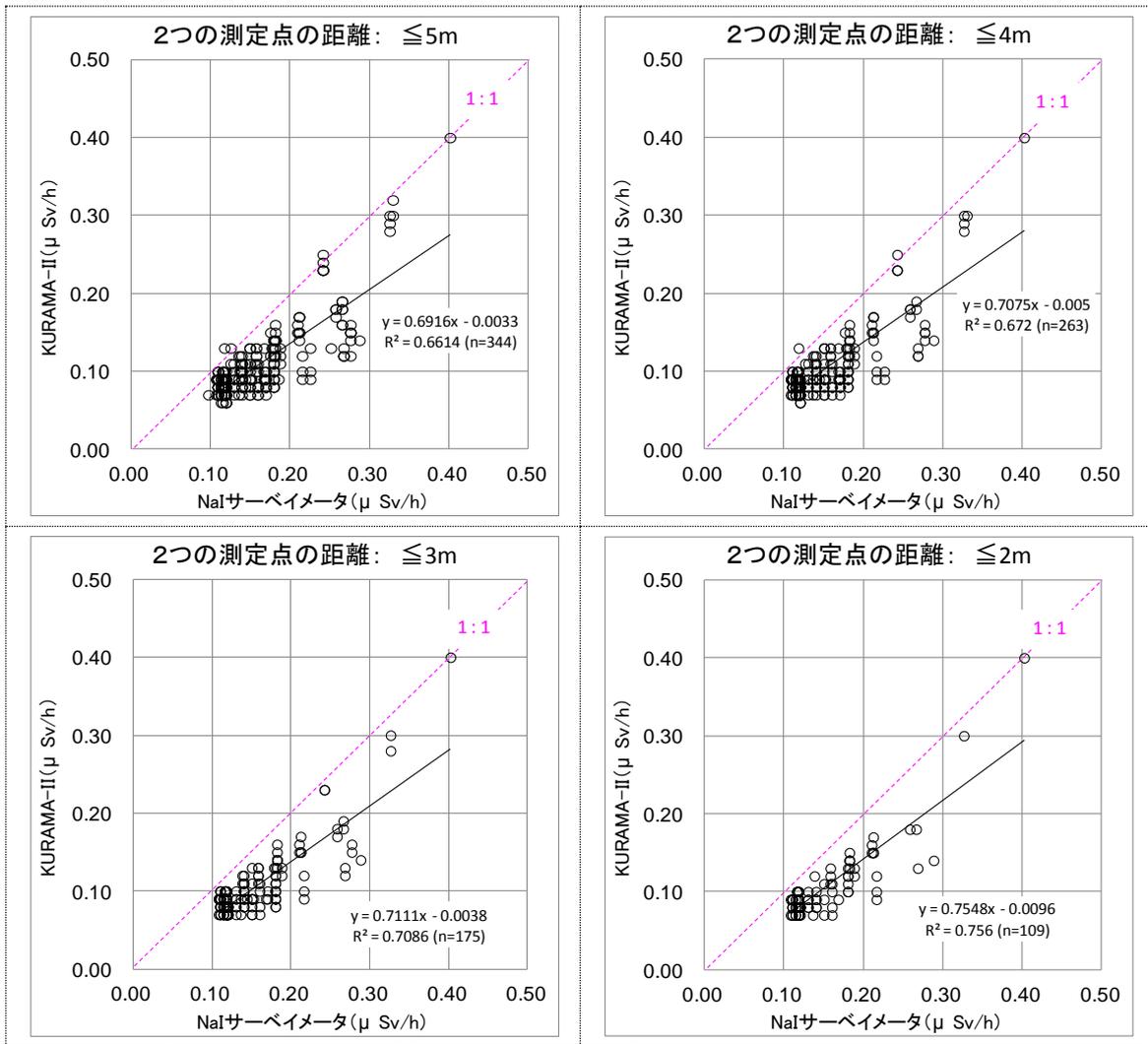


図9 ガイドライン法測定値と実証技術測定値との相関図  
 - 測定点のズレによる変動 -

## 6 評価等

実証技術による空間線量率測定では、補正係数を用いることにより、ガイドライン法測定値への換算が可能である。

また、配送車両のような一定の期間内に対象地区を網羅的に走行する車両に計測装置を積載することで、対象地区の空間線量率データを半自動的に収集し、空間線量率マップを作成することが可能である。

平成 27 年度福島県市町村除染支援事業  
(技術 5 除染後の放射性物質の分布に関する調査)

実証試験結果報告書

## 1 目的

除染後の放射性物質による継続的な汚染状況を把握するため、実地における放射性物質の分布状況を調査し、生活圏における放射性物質の挙動等を検討することを目的とする。

## 2 実証事業者

株式会社環境総合テクノス 福島事務所

## 3 作業内容

### (1) 実施場所

各試験場所の概要を表 1、周辺の様子と測定点図を図 1-1～図 1-5 に示す。

表 1 試験場所

地区名	試験場所	除染後 線量測定日	実証作業 線量測定日	測定高さ
県中地区	試験場所①	2011/ 7/26	2016/2/23	除染前後：表面（1cm） 実証試験：表面（1cm）、50cm、100cm
	試験場所②	2011/ 7/24	2016/2/23	除染前後：表面（1cm） 実証試験：表面（1cm）、50cm、100cm
	試験場所③	2012/ 7/30	2016/2/23	除染前後：表面（1cm コリメータ有）、50cm、 100cm 実証試験：表面（1cm）、50cm、100cm
相双地区	試験場所④	2011/10/11	2016/2/24	除染前後：表面（1cm）、50cm、100cm 実証試験：表面（1cm）、50cm、100cm
	試験場所⑤	2014/ 3/25	2016/2/25	除染前後：表面（1cm）、50cm、100cm 実証試験：表面（1cm）、50cm、100cm



図 1-1 試験場所①

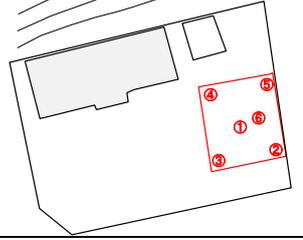
		
北側	西側	測定点図
【地面】草地、落葉 【測定点数】6 測定点		

図 1-2 試験場所②

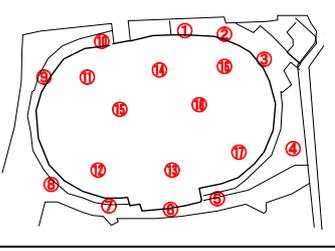
		
中心部	周縁部	測定点図
【地面】中心部：砂地、砂利 周縁部：草地、砂利 【測定点数】18 測定点		

図 1-3 試験場所③

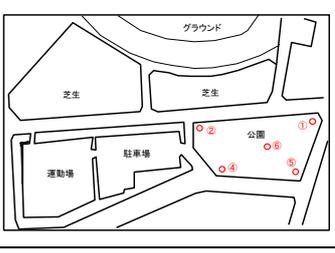
		
中心部	北側	測定点図
【地面】中心部：砂地、落葉 周縁部：草地、アスファルト 【測定点数】5 測定点		

図 1-4 試験場所④

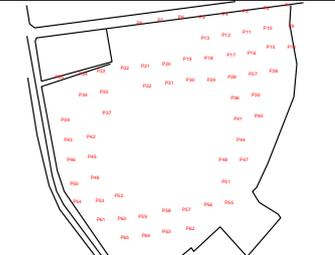
		
中心部	外周部斜面	測定点図
【地面】中心部：アスファルト、草地、落葉 外周部斜面：草地、落葉 【測定点数】65 測定点		

図 1-5 試験場所⑤

## (2) 実証作業の実施方法

### ア 予測値の算出

実証作業当日の測定値と除染後線量の測定値との比較を行うために、除染後線量測定値を放射性セシウムの物理減衰で補正した予測値を算出した。

### イ 空間線量率等の測定

NaI シンチレーションサーベイメータを用いて、除染後線量の測定点と同じ測定点において、空間線量率（50cm 及び 100cm）及び表面線量率（1cm）を測定（時定数 10 秒）した。

サーベイメータによる測定に当たっては、文部科学省(2011. 10. 21)「放射線測定に関するガイドライン」等に準拠した。

### ウ 実証作業の解析

除染後の測定値と今回の実証作業の測定値との比較検証のため、同じ条件下で測定されている両者の測定値の有意差検定を行った。また、同様に実証作業時の測定値から除染後の測定値を差し引いた差分（以後、「差分線量率」という。）等のコンター図を作成し、除染後の空間線量率等の分布の変化を確認するとともに、試験場所の周辺環境、除染後の試験場所の使用・利用状況等の情報と放射性セシウムの挙動との関係について検討した。

## 4 実施工程

今回実施した実証作業の実施工程表を表 2 に示す。

表 2 業務工程表

作業内容	2 月		3 月		
ア 事前準備	→				
イ NaI サーベイメータによる測定			→		
ウ NaI サーベイメータによる追加測定			→		
エ 比較検証・結果の整理				→	

## 5 実証作業の結果

### (1) 平均値の差の検定

除染後測定値の平均値と今回の測定値の平均値について、ウィルコクソンの符号順位検定（U 検定）による差の検定を実施した。結果を表 3 に示す。

除染後の空間線量率又は表面線量率の平均値と実証作業における測定値について、同様の方法により測定を実施しており比較可能な測定点を比較したところ、全ての試験場所において、今回の測定値の平均値が統計学的に有意に低下していた。

表3 表面線量率及び空間線量率測定結果

試験場所	測定値	表面線量率(μSv/h)				空間線量率(μSv/h)							
		1cm				50cm				100cm			
		n	平均値	(最小-最大)	U検定*1	n	平均値	(最小-最大)	U検定*	n	平均値	(最小-最大)	U検定*
試験場所①	除染前測定値	6	0.97	(0.76-1.1)	-	6	-	-	-	6	-	-	-
	除染後測定値	6	0.24	(0.22-0.25)	-	6	-	-	-	6	-	-	-
	実証作業測定値(a)	6	0.13	(0.12-0.15)	p<0.05	6	0.13	(0.11-0.16)	-	6	0.13	(0.11-0.15)	-
試験場所②	除染前測定値	6	1.43	(1.22-1.53)	-	6	-	-	-	6	-	-	-
	除染後測定値	6	0.33	(0.30-0.35)	-	6	-	-	-	6	-	-	-
	実証作業測定値	6	0.12	(0.10-0.15)	p<0.05	6	0.11	(0.11-0.12)	-	6	0.11	(0.11-0.13)	-
試験場所③	除染前測定値	7	0.16*2	(0.11-0.20)	-	18	0.45	(0.31-0.58)	-	18	0.41	(0.29-0.51)	-
	除染後測定値	7	0.08*2	(0.06-0.22)	-	18	0.18	(0.13-0.25)	-	18	0.17	(0.13-0.23)	-
	実証作業測定値(a)	18	0.12	(0.09-0.15)	-	18	0.12	(0.09-0.16)	p<0.01	18	0.12	(0.09-0.14)	p<0.01
試験場所④	除染前測定値	5	0.57	(0.54-0.61)	-	5	0.56	(0.54-0.61)	-	5	0.55	(0.53-0.56)	-
	除染後測定値	6	0.25	(0.13-0.28)	-	5	0.27	(0.26-0.29)	-	5	0.27	(0.25-0.28)	-
	実証作業測定値(a)	16	0.15	(0.08-0.25)	p<0.05	16	0.15	(0.09-0.22)	p<0.05	16	0.14	(0.09-0.19)	p<0.05
試験場所⑤	除染前測定値	65	0.50	(0.20-0.74)	-	65	0.40	(0.19-0.53)	-	65	0.37	(0.20-0.47)	-
	除染後測定値	65	0.24	(0.13-0.44)	-	65	0.22	(0.13-0.41)	-	65	0.21	(0.15-0.31)	-
	実証作業測定値(a)	70	0.17	(0.09-0.33)	p<0.01	70	0.16	(0.09-0.29)	p<0.01	70	0.15	(0.10-0.25)	p<0.01

\*1：ウィルコクソンの符号順位検定（U検定）による統計解析結果であり、p値は除染後測定値と実証作業測定値との有意水準。

\*2：コリメータを使用して測定した結果。

## (2) 実証作業の解析

測定点別に実証作業時の測定値から除染後の測定値を差し引いた差分線量率等についてコンター図を作成し、空間線量率等の分布の変化について確認した。なお、今回の実証作業においては、測定機器による測定誤差や除染後の表面状況の変化について考慮していない。

コンター図を図 2-1～図 2-4 に示す。値がマイナスの場合は、今回の空間線量率等の測定値が減少していた測定点であり、値が小さいほど減少率が高い測定点を示す。

### ア 試験場所① (図 2-1)

表面線量率 (1cm) における差分線量率は、 $-0.12 \sim -0.10 \mu\text{Sv/h}$  の範囲で測定点間の差は 0.02 と小さいことから、放射性物質の移動等は無かったものと推察された。

### イ 試験場所② (図 2-1)

表面線量率 (1cm) における差分線量率は、 $-0.23 \sim -0.19 \mu\text{Sv/h}$  の範囲で測定点間の差は 0.04 と小さいことから、放射性物質の移動等は無かったものと推察された。

### ウ 試験場所③ (図 2-2)

空間線量率 (50cm 及び 100cm) における差分線量率は、 $-0.12 \sim -0.02$  及び  $-0.10 \sim -0.01$  の範囲で、測定高さ 50cm における差分線量率の差は 0.10、測定高さ 100cm における差分線量率の差は 0.09 となり、2 種類の測定高さにおいて良く一致した。最も差分線量率の小さかった測定点は、50cm 空間線量率及び 100cm 空間線量率ともに南側の法面の中腹部であった。なお、相対的な違いについて詳細を明らかにするためには、対象場所における気象状況や放射性物質の濃度分布、周辺状況の変化などの情報を把握する必要がある。

### エ 試験場所④ (図 2-3)

表面線量率 (1 cm) 及び空間線量率 (50cm 及び 100cm) における差分線量率は、 $-0.19 \sim -0.13$ 、 $-0.18 \sim -0.14$ 、及び  $-0.19 \sim -0.14$  の範囲で、表面における差分線量率の差は 0.06、測定高さ 50cm における差分線量率の差は 0.04、測定高さ 100cm における差分線量率の差は 0.05 となり、全ての測定高さにおいて良く一致し、各々の差は小さく、放射性物質の顕著な移動等は無かったものと推察される。

### オ 試験場所⑤ (図 2-4)

表面線量率 (1 cm) 及び空間線量率 (50cm 及び 100cm) における差分線量率は、 $-0.25 \sim +0.14$ 、 $-0.15 \sim +0.01$ 、及び  $-0.13 \sim 0.00$  の範囲で、表面における差分線量率の差は 0.39、測定高さ 50cm における差分線量率の差は 0.16、測定高さ 100cm における差分線量率の差は 0.13 となり、いずれの高さにおいても他の試験場所に比べて差が大きかった。

100cm 高さで差分線量率の小さかった測定点の多くが、斜面上部の平坦部又は下部の平坦部に位置していた。一方、表面における差分線量率の大きかった測定点は斜面の下部に見られた。なお、相対的な違いについて詳細を明らかにするためには、対象場所における気象状況や放射性物質の濃度分布、周辺状況の変化などの情報を把握する必要がある。

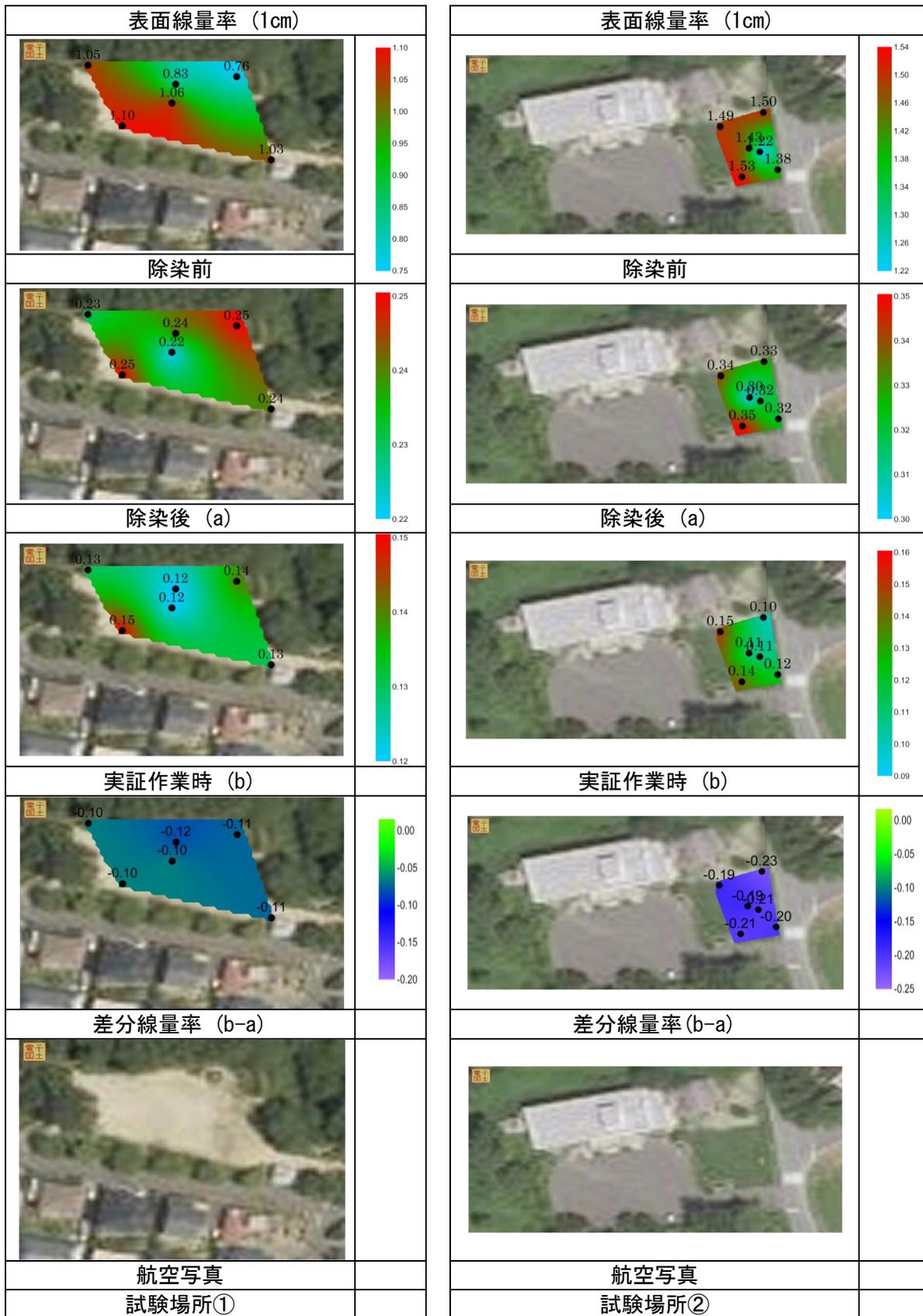


図 2-1 試験場所①及び②の表面線量率及び差分線量率分布図

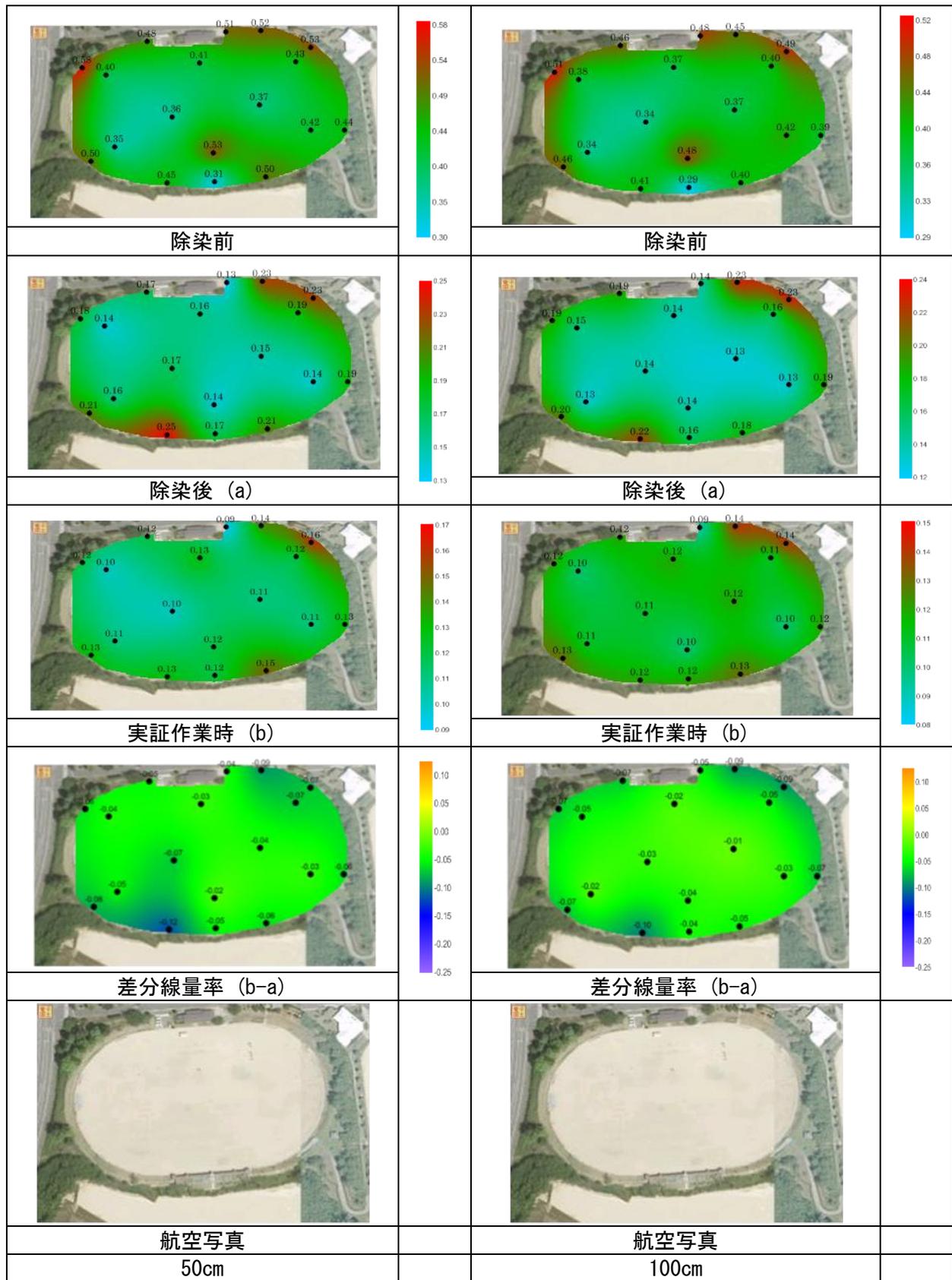


図 2-2 試験場所③の空間線量率及び差分線量率分布図

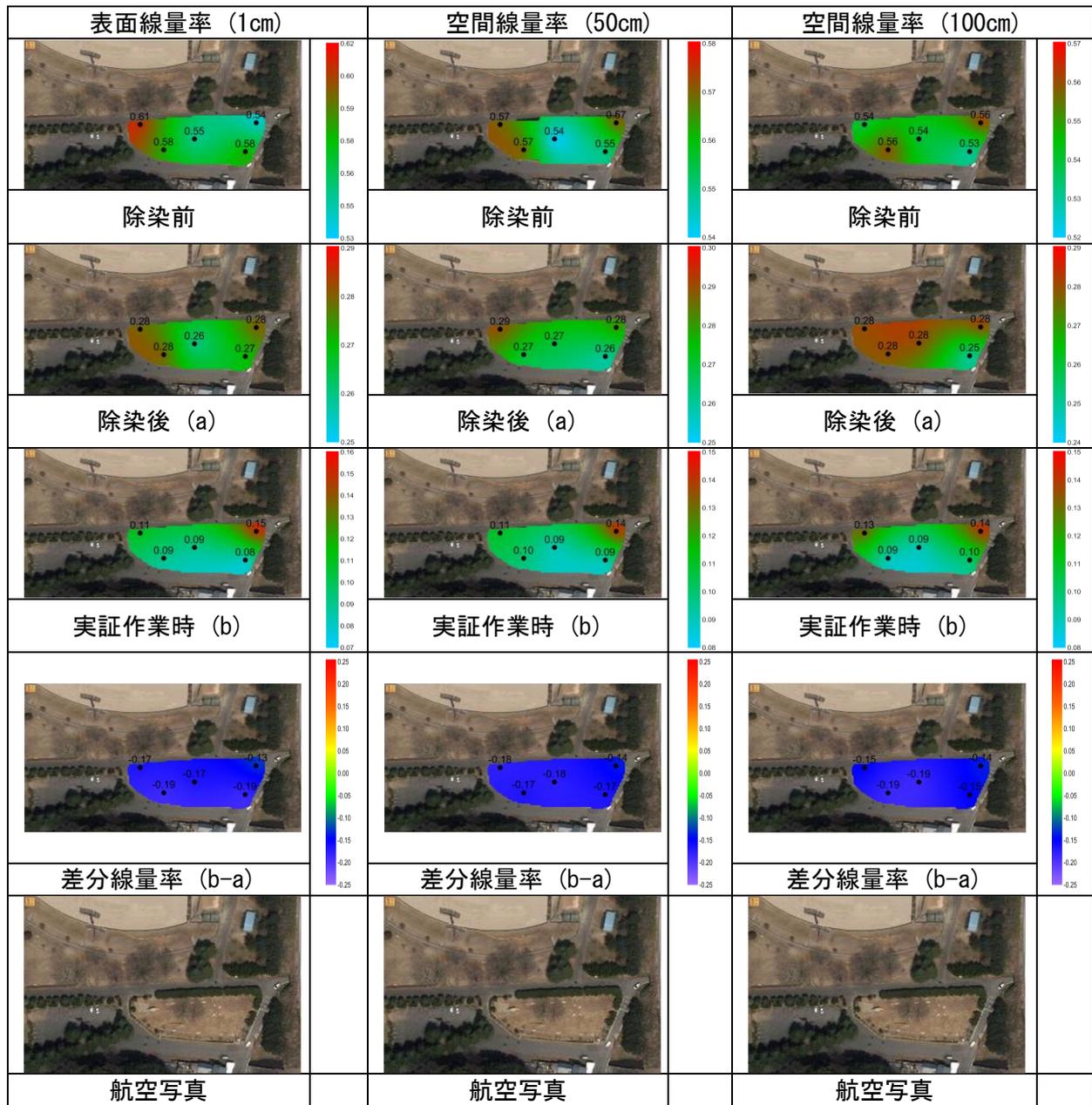


図 2-3 試験場所④の表面線量率、空間線量率及び差分線量率分布図

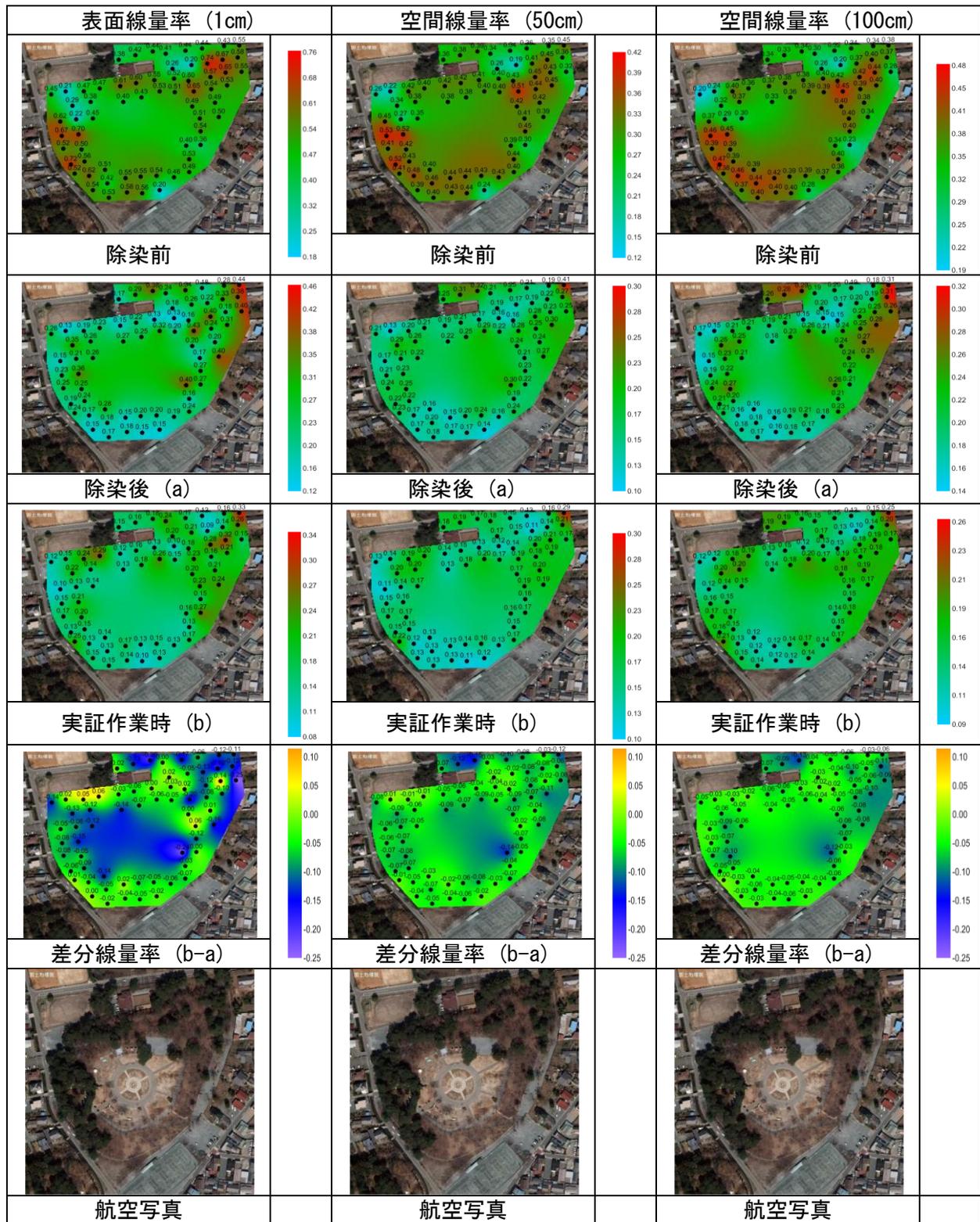


図 2-4 試験場所⑤の表面線量率、空間線量率及び差分線量率分布図

## 6 評価等

除染後の空間線量率測定値と実証作業時における空間線量率測定値との差分から差分線量率図を作成し比較することにより、法面の近傍では相対的に表面線量率や空間線量率の変化が起きやすいことがわかった。また、差分線量率図を利用することで、放射性物質の分布の変化を推定することが可能と考えられる。

なお、差分線量率における相対的な違いについて詳細を明らかにするためには、対象場所における気象状況や放射性物質の濃度分布、周辺状況の変化などの情報を把握する必要がある。