

福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における  
除染実証業務

【除染計画策定のための詳細モニタリング事業編】

報告書

平成 24 年 6 月

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

本報告書は、内閣府からの委託事業として、独立行政法人日本原子力研究開発機構が実施した「福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における除染実証業務」の成果を取りまとめたものである。

## 目次

1. はじめに.....	1
2. モニタリングの概要.....	1
2.1 対象地域.....	1
2.2 実施期間.....	2
2.3 モニタリングの考え方.....	2
2.4 実施体制.....	4
2.5 除染前後の無人ヘリコプタによるモニタリング.....	4
3. 測定データのマッピング（放射線量の空間分布図作成）手法.....	6
3.1 対象となるモニタリング範囲.....	6
3.2 モニタリング方法ごとの100mメッシュ代表値の取扱い.....	6
3.3 測定値の100mメッシュ表記.....	6
3.4 100mメッシュの数.....	9
4. モニタリング結果.....	10
4.1 モニタリング結果全体の概要.....	11
4.2 市町村ごとの詳細モニタリング結果.....	12
4.3 除染前後のモニタリング結果.....	12
5. 考察.....	27

別紙 市町村ごとの詳細モニタリング結果

付録 福島第一原子力発電所事故に係る避難区域等における除染実証業務報告書概要版

【詳細モニタリング事業編】

## 1. はじめに

「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」に基づき国が除染を実施する地域（警戒区域，計画的避難区域）<sup>1</sup>において，放射線空間線量の詳細なモニタリングを行うとともに，居住地を中心に詳細な空間線量分布図を作成し，同法に基づく除染計画策定のための参考とした。なお，本結果は，中間報告（平成24年2月24日発表）と最終報告（平成24年5月30日発表）に分けて，環境省ホームページより公開した<sup>2</sup>。また，無人ヘリコプタモニタリング技術の実証のために，モデル事業に選定されたモデル地区において，除染前後の無人ヘリコプタモニタリングを実施した。

## 2. モニタリングの概要

### 2.1 対象地域

除染計画を作成するにあたっては，避難者の帰還をできる限り早期かつ効率的に進めるためにも，空間線量率の程度に応じた計画の検討が必要となる。このため，まず，帰還の可否の目安となる空間線量率が20 mSv/年であることを踏まえ，この付近のモニタリングを詳細に実施して，20 mSv/年を超える地域の把握を行う。さらに，計画策定の参考とするため，50 mSv/年，10 mSv/年，5 mSv/年，1 mSv/年付近の空間線量率についても詳細にモニタリングを行い，それぞれの線量レベルに該当する地域を把握する。各線量レベルの換算方法に関する考え方を以下に示す。

$$(D_h - BG) \times \frac{T_{out} + T_{in} \times SF}{365} = D_y$$

$D_h$ : 1時間当たりの線量 (mSv/h)

$BG$ : 自然放射線量率 (mSv/h) →0.04 mSv/hを採用

$T_{out}$ : 屋外活動時間 (8 h)

$T_{in}$ : 屋内活動時間 (16 h)

$SF$ : 屋内における遮蔽効果 (0.4)

$D_y$ : 年間の積算線量 (mSv)

具体的なモニタリング対象地域は，内閣府，文部科学省から公表されている警戒区域および計画的避難区域のモニタリングデータを参考に，それぞれの線量レベルに該当する地域を2×2 kmメッシュ毎に選定し，居住地の有無等にも配慮して測定範囲を検討する。

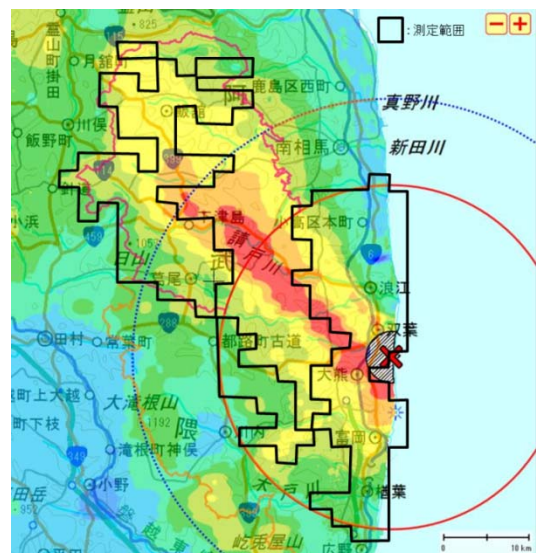


図2. 1-1 測定対象地域(背景図は、文科省HP航空機モニタリングの結果より)

<sup>1</sup> 内閣府 (2011) <sup>1)</sup>により，ステップ2の完了を受けて従来の区域設定（警戒区域および避難指示区域（計画的避難区域を含む））が次のように見直された：①避難指示解除準備区域（年間積算線量20 mSv以下となることが確認された地域），②居住制限区域（年間積算線量20～50 mSvの地域），③帰還困難区域（年間積算線量50 mSv超の地域。）

<sup>2</sup> <http://josen.env.go.jp/news/index.html>

さらにその中を原則として100 mメッシュ毎に区切って、詳細な空間線量率の分布を把握する。図2.1-1に測定地域を示す。

なお、モニタリング対象となった自治体は、田村市、南相馬市、川俣町、楡葉町、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯舘村の11市町村である。

## 2.2 実施期間

- ①50mSv/年 周辺地域 : 平成23年12月15日～12月21日, 平成24年1月6日～1月16日  
モニタリングカーおよび測定員によるモニタリング
- ②20mSv/年 周辺地域 : 平成23年11月7日～11月24日  
モニタリングカーおよび測定員によるモニタリング
- ③10mSv/年 周辺地域 : 平成24年2月17日～2月28日, 平成24年4月6日～12日  
モニタリングカーおよび測定員によるモニタリング
- ④5mSv/年 周辺地域 : 平成24年1月6日～3月3日  
無人ヘリコプタによるモニタリング
- ⑤1mSv/年 周辺地域 : 平成24年2月17日～2月28日  
モニタリングカーによるモニタリング

なお、空間線量率分布図の作成にあたっては、①～⑤のほか、内閣府および文部科学省の走行モニタリングデータ（第4巡、平成23年11月5日～12月12日測定）<sup>2)</sup>も活用した。

## 2.3 モニタリングの考え方

各モニタリングの方法は以下のとおりである。

### ① 走行モニタリング

・モニタリング原理：NaIシンチレーション式サーベイメータおよび電離箱式サーベイメータを搭載した車両で道路上を走行しながら、それらの値を記録するとともに、GPSによる位置情報も記録する。データ採取終了後、実測により定めた補正式を用いて、車内で計測した線量率を地上1mの空間線量率に換算する。補正式は、空間線量率の異なる20箇所程度で車内の線量率と地上1mの空間線量率を計測し、それらの関係を一次式で近似したものを用いる。なお、本事業で実施する走行モニタリングと内閣府および文部科学省による走行モニタリングの測定原理は同一である。モニタリングカーの外観を図2.3-1に示す。

・モニタリング地域：内閣府および文部科学省の走行モニタリングは、警戒区域および計画的避難区域における国道、県道、主要地方道、生活道路などを対象としており、約1ヶ月で一巡する。一方、本事業で実施

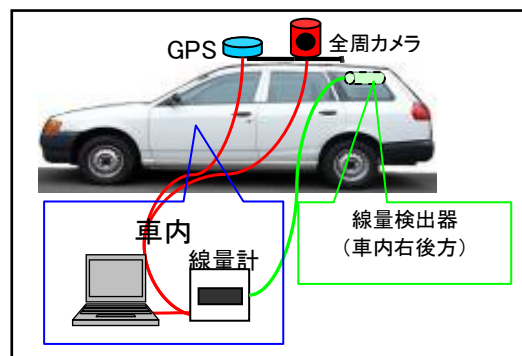


図2.3-1 モニタリングカー

するモニタリングは、上記の走行モニタリングでは対象とならない道路(あぜ道等を含む)を中心にモニタリングを行い、両者で対象地域における通行可能な道路上のモニタリングを相互補完した。

## ② 無人ヘリコプタによるモニタリング

・モニタリング原理: 大型プラスチックシンチレーション検出器を無人ヘリコプタに搭載し、1秒毎に計数率データとGPSデータを採取する。図2.3-2に無人ヘリモニタリングシステムの概要について示す。対地高度はGPSによる海拔高度から10mメッシュの数値地図データを差し引いて求めた。得られたデータは、あらかじめ同じ場所において高度を変化させた測定データから得られた減弱係数( $\mu$ )と基準高度(Hsd)において地上におけるNaIサーベイメータの測定データと比較して得た線量率換算係数(Cd)を使用して以下の計算式から地上1mにおける線量率(D1m)に換算する。

$$D_{1m} = Cd \times ((GC - BG) \times \exp(\mu(H_{sd} - 1)))$$

GC: 全計数率, BG: バックグラウンド計数率

無人ヘリコプタによるモニタリングは、地上における測定員によるモニタリングと比較すると迅速に広範囲をモニタリングすることができる上、プログラム飛行が可能のため、同一ルートでの飛行により除染効果の確認、経年変化による変動追跡等が可能である。また、人が容易に立ち入れない田畑の中や、森林、山の斜面等でもモニタリングが可能である。

なお、無人ヘリコプタには、ヤマハ発動機(株)製自律無人ヘリコプタRMAX G1を用いた。本ヘリコプタは、離発着以外は、パソコン制御システムを搭載した地上局(ワンボックスカー)から無線で遠隔操作することができる。

・モニタリング地域: 5mSv/年に相当するエリア地域を中心にモニタリングを実施する。



図2.3-2 無人ヘリモニタリングの概要と特徴

### ③ 測定員によるモニタリング

・モニタリング方法：NaIシンチレーション式サーベイメータおよび電離箱式サーベイメータ（空間線量率 $25\mu\text{Sv/h}$ 以上時）を用い，原則として1m高さの空間線量率をモニタリングする。また，モニタリングは「放射線測定に関するガイドライン」<sup>3)</sup>に基づき実施する。測定員によるモニタリング風景を図2.3-3に示す。

・モニタリング地域：対象地域において設定した100mメッシュのうち，モニタリングカーが走行できないメッシュにおいて，原則としてその中心地点1点での空間線量率をモニタリングする。但し，中心地点に到達できない場合は，可能な限り中心に近い地点で実施する。また，山林地，水面などでモニタリングが困難なメッシュは欠測とする。



図2.3-3 測定員モニタリングの測定作業風景

## 2.4 実施体制

- ① 環境省：指揮，監督
- ② （独）日本原子力研究開発機構：走行モニタリング及び無人ヘリコプタによるモニタリング実施
- ③ 東京電力株式会社<sup>\*</sup>：測定員によるモニタリング及び走行モニタリング実施  
（<sup>\*</sup> 同社は，環境省の要請に応じて詳細モニタリング事業に協力するもの）

## 2.5 除染前後の無人ヘリコプタによるモニタリング

2.3 で述べた無人ヘリコプタシステムを使用して，モデル事業で実施した除染前後のモニタリングを実施した。測定場所と実施期間について表2.5-1に示す。無人ヘリコプタによる測定結果の妥当性を検証するために，測定範囲内でNaIサーベイメータにより線量率を10点以上測定し，結果を比較した，比較した結果を図2.5-1に示す。

表 2.5-1 無人ヘリコプタによる線量測定結果

No	測定場所	無人ヘリによる線量率( $\mu\text{Sv/h}$ )						備考
		除染前			除染後			
		測定日	Max	Min	測定日	Max	Min	
1	田村市地見城地区	12/2 AM	0.9	1.9	2/26 AM	0.4	0.7	積雪 1~20cm
2	葛尾村役場周辺	12/2 PM	1.6	2.6	3/1 AM	0.5	0.9	積雪 0~5cm
3	浪江町権現堂地区	12/5 AM	2.4	10	2/24 PM	2.3	9.7	積雪無
4	浪江町津島地区	12/5 PM	5.7	11	2/27 PM	3.6	8.6	積雪 0~15cm
5	川内村貝ノ坂地区	12/6 AM	2.9	5.7	3/1 PM	1.7	3.7	積雪 0~15cm
7	川俣町坂下地区	12/6 PM	2.4	6.3	3/1 AM	0.9	2,3	積雪 0~21cm
8	飯館村草野地区	12/12 AM	3.6	6.3	2/27 AM 2/28 AM	1.6	3.7	積雪 0~20cm
9	南相馬市金房小学校周辺	12/12 PM	1.7	3.1	2/26 PM	0.4	1.1	積雪 0~5cm
10	檜葉町南工業団地	12/13 AM	0.4	1.1	2/21 PM	0.3	0.7	積雪無
11	檜葉町上繁岡地区	12/13 PM	1.0	2.6	2/21 AM	1.1	3.2	積雪無
12	富岡町富岡第二中学校	12/14 AM	4.6	8.7	2/24 AM	2.0	6.3	積雪無
13	富岡町夜の森公園	12/14 PM	8.7	12	2/24 AM	5.0	11.5	積雪無
14	大熊町夫沢地区	12/15 AM	41	50	2/22 PM	24	56	積雪無
15	広野町中央台・苗代替地区	12/15 PM	0.4	1.0	2/22 AM	0.2	0.6	積雪無

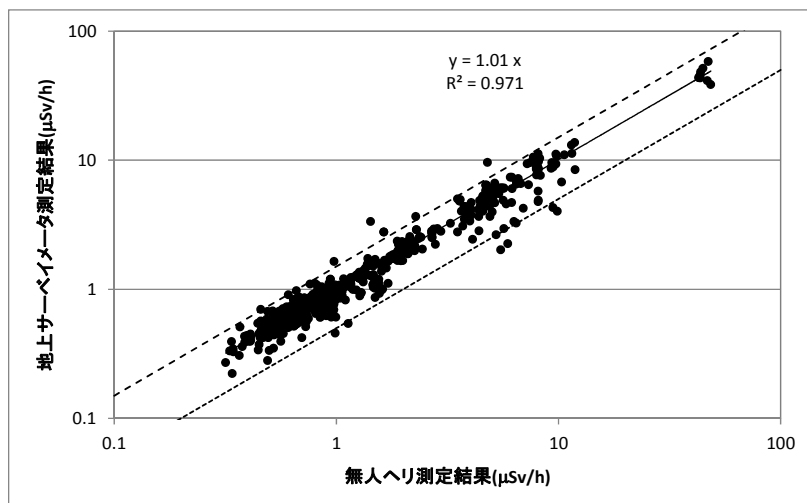


図 2.5-1 無人ヘリコプタと地上測定データの比較



### 3. 測定データのマッピング（放射線量の空間分布図作成）手法

モニタリング結果について、以下の方法により100mメッシュ上に表記して空間線量率分布図を作成した。今回の詳細モニタリングの基本コンセプトは、短い時間に広い範囲のモニタリングを実施するため、さまざまな方法で、同時にできる限りの範囲を測定し、メッシュ内の最大値を用いてマッピングするという、保守的な方法を採用した。以下、表記方法の概要及び事例(双葉町の例)を示す。

#### 3.1 対象となるモニタリング範囲

警戒区域において空間線量率が 50, 20, 10, 5, 1mSv/年, 計画的避難区域においては空間線量率が 50, 20, 10, 5mSv/年に相当する住居地域を中心に、2×2km メッシュ毎にモニタリング範囲を設定した(図 2.1-1)。

#### 3.2 モニタリング方法ごとの 100mメッシュ代表値の取扱い

図2.1-1の対象地域において、モニタリング対象の2×2kmメッシュを100m間隔で400分割し、100mメッシュごとに空間線量率を取得した。モニタリング方法ごとの代表値の取り扱いは以下のとおりである。

- ① 走行モニタリング：100mメッシュを通過する道路上の測定値（約10m間隔）のうち、最大値を100mメッシュの代表値とした。なお、内閣府および文部科学省の走行モニタリングデータについては、降雪の影響がない範囲で最新データとなる第4巡(実施期間：平成23年11月5日～12月12日)の測定データを採用し、同様の取り扱いを行った。
- ② 無人ヘリコプタによるモニタリング：100mメッシュ上空を通過する無人ヘリの飛行軌跡上の測定値について、走行モニタリングと同様に最大値を100mメッシュの代表値とした。
- ③ 測定員によるモニタリング：原則として100mメッシュの中心地点における1m高さの空間線量率を100mメッシュの代表値とした。但し、中心地点に到達できなかった場合の測定値についても、その値を採用した。

なお、測定値は、方法ごと、対象地域ごとにそれぞれ測定日が異なるが、放射性セシウムによる放射線量の自然減衰ならびにウェザリングを考慮し、いずれの測定値も、本詳細モニタリング実施の最終日である平成24年4月12日に補正している(減衰補正の方法は、文部科学省の航空機モニタリングで採用している方法に準じた)。

#### 3.3 測定値の 100mメッシュ表記

2×2kmメッシュごとに100mメッシュの表記を行うにあたり、まず走行モニタリング、無人ヘリコプタによるモニタリング、測定員によるモニタリングの測定値を、地図上に展開した図を作成した。双葉町を例として図3.3-1に示す。

図中の太線は走行モニタリング、細線は無人ヘリコプタ、三角(△)は測定員によるモニタ

リングの測定値であることを示している。

この測定値により、メッシュ毎の代表値を定め、空間線量率による色分けを実施して空間線量率分布図を作成した(図3.3-2)。また、各100mメッシュには、2×2kmメッシュごとに図3.3-3のとおり番号を設定し、100mメッシュ番号順に各メッシュの空間線量率の値を取りまとめた。

なお、メッシュ毎の空間線量率は、表3.3-1のような一覧表としてもとりまとめた。

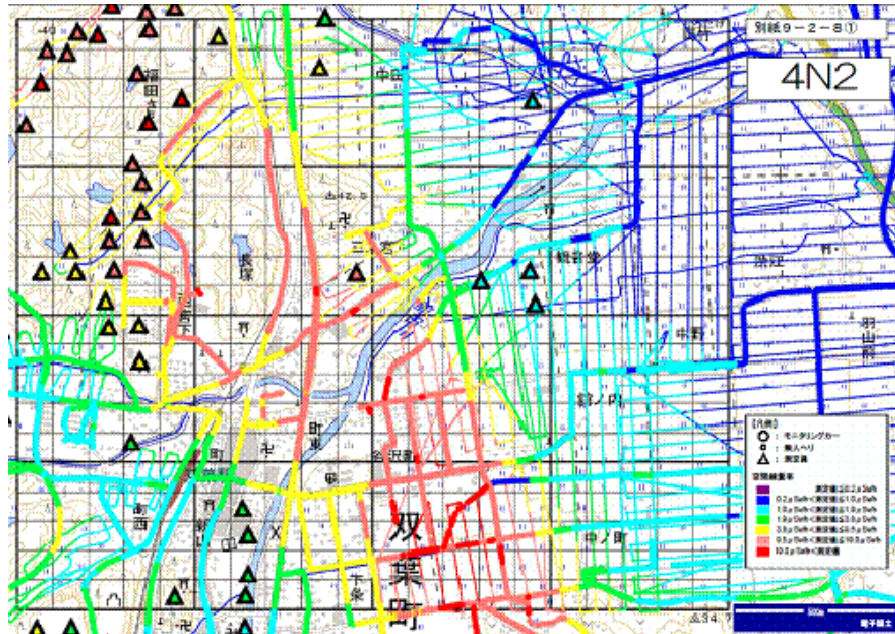


図 3.3-1 各モニタリングによる測定値の展開図例(双葉町)

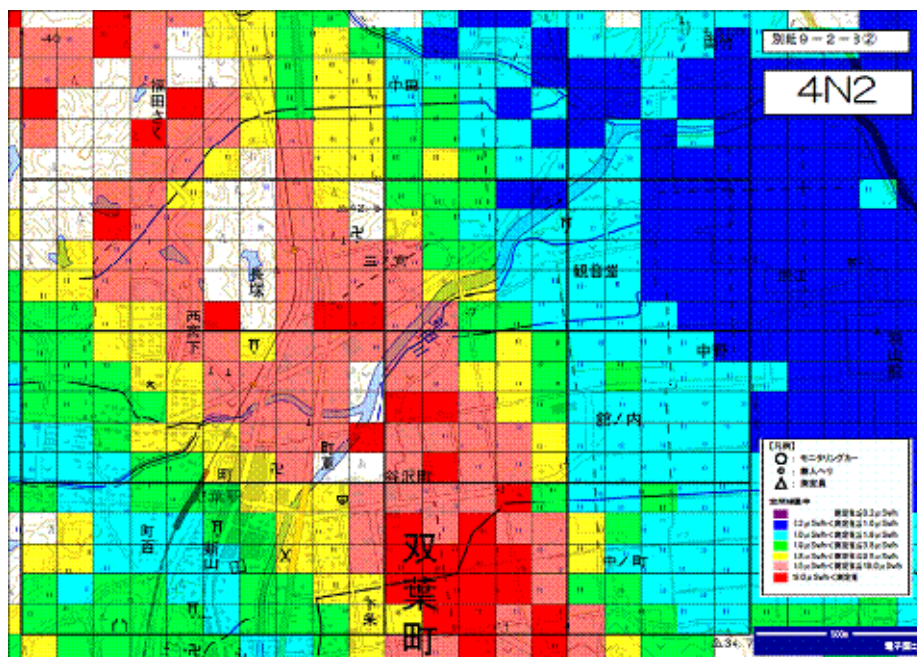


図 3.3-2 100mメッシュによる空間線量率分布図の例(双葉町)

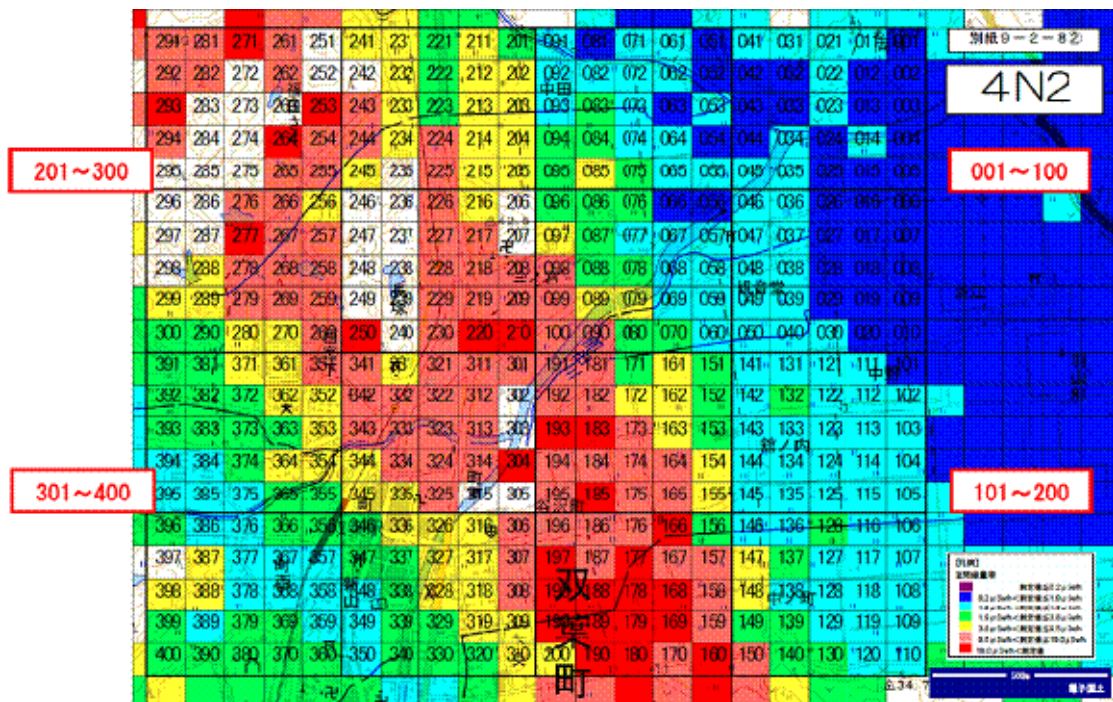


図3.3-3 100mメッシュ表記例とメッシュ番号

表3.3-1 100mメッシュごとの測定値一覧例(双葉町)

別紙9-2-B2

詳細モニタリング結果一覧(100mメッシュ)

※1 監視所における値  
※2 双葉町双葉町(双葉町)シンチレータにおける値

メッシュ番号	測定場所	測定日	空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	測定方法	備考
0402-001	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	0.0 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-002	双葉郡双葉町大字町竹	2011/1/24	0.9 <sup>※2</sup>	モニタリングカー	
0402-003	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	0.8 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-004	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-005	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	0.9 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-006	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-007	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-008	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	0.9 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-009	双葉郡双葉町大字中野	1012/2/3	0.9 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-010	双葉郡双葉町大字中野	1012/2/3	1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-011	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1.3 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-012	双葉郡双葉町大字町竹	2011/1/24	0.9 <sup>※2</sup>	モニタリングカー	
0402-013	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	0.8 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-014	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1.1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	
0402-015	双葉郡双葉町大字町竹	1012/2/3	1 <sup>※1</sup>	無人ヘリ	

### 3.4 100mメッシュの数

今回の詳細モニタリングにより、測定値を取得した100mメッシュの数は以下のとおりである。

①走行モニタリングによる測定メッシュ数	: 7,612	メッシュ
②無人ヘリコプタモニタリングによる測定メッシュ数	: 2,861	メッシュ
③測定員による測定メッシュ数	: 3,595	メッシュ
<hr/>		
①～③の合計	14,068	メッシュ

#### ④内閣府および文部科学省の走行モニタリングの測定値を

採用したメッシュ数 (対象地域内) : 9,418 メッシュ

---

① ～④の合計 23,486 メッシュ

#### 4. モニタリング結果

詳細モニタリングの結果，作成された線量率マップの全体を図 4-1 に示す。

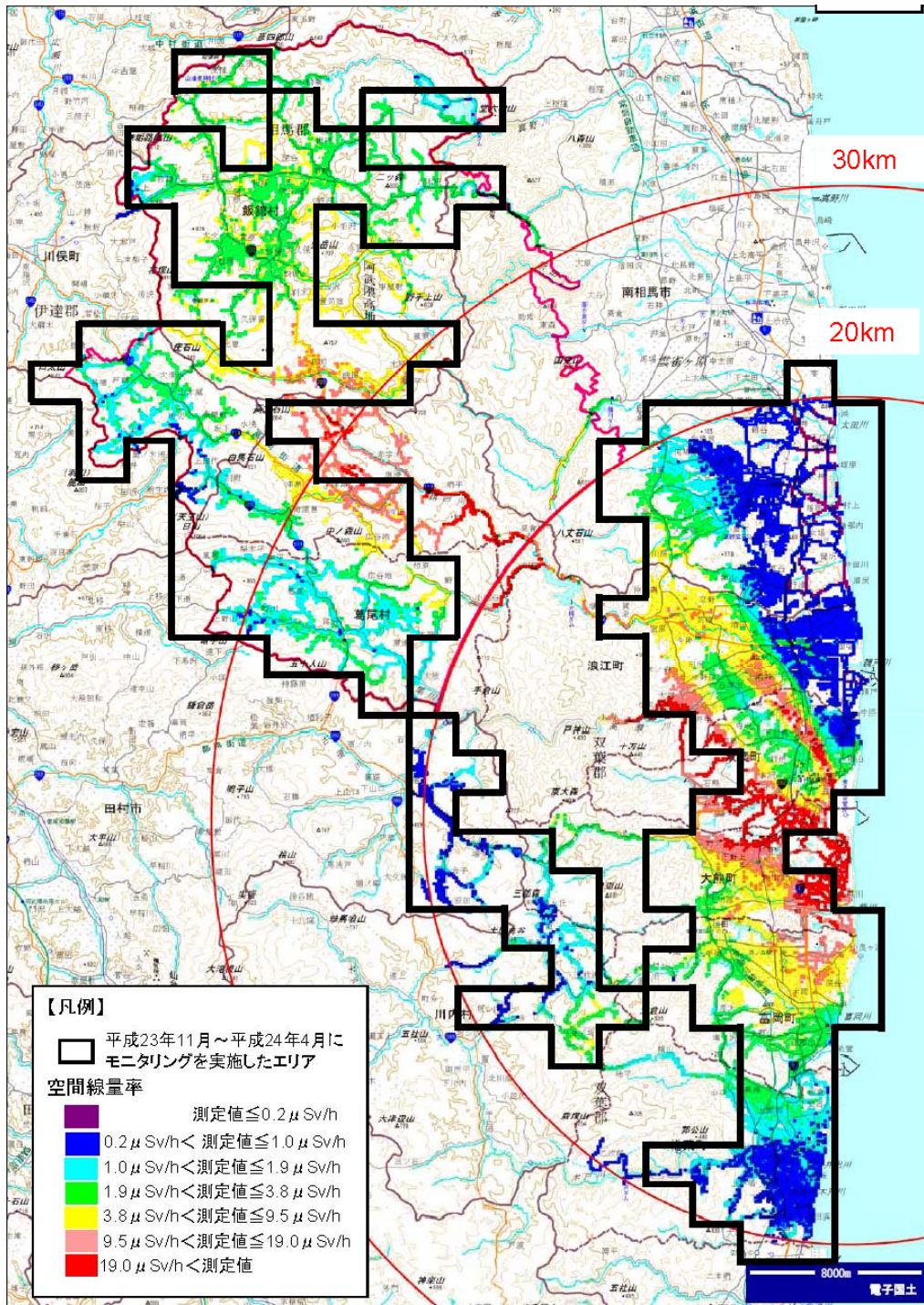


図 4-1 詳細モニタリング全体像

#### 4.1 モニタリング結果全体の概要

##### ①「警戒区域」：空間線量率50mSv/年（9.5 $\mu$ Sv/h）近傍

福島第一原子力発電所北側の地域では、双葉町東部から浪江町東部にかけて、9.5 $\mu$ Sv/hを超えるメッシュ（桃色、赤色）が明瞭に北北西に延びており、南相馬市の南西部に達している。一方、発電所の西から北西にかけて桃色および赤色のメッシュが広く分布し、山岳等の影響で詳細は把握できないものの、全体として北西方向に広がっている。また発電所の南西および南側では、桃および赤のメッシュは発電所から5～10km以内にはほぼ同心円状に分布している。

##### ②「警戒区域」：空間線量率20mSv/年（3.8 $\mu$ Sv/h）近傍

1.9～3.8 $\mu$ Sv/hのメッシュ（緑色）と3.8～9.5 $\mu$ Sv/hのメッシュ（黄色）が、比較的明瞭に境界を形成して分布している。

福島第一原子力発電所北側の地域では、双葉町東部から浪江町東部、南相馬市南部にかけて、発電所から北西の方向に明瞭に緑メッシュと黄メッシュの境界線が見られ、その東側（海岸側）では、海岸線に向かって空間線量率が低くなっている。一方境界線の西側では、一端空間線量率が高くなるが、双葉町から浪江町にかけて、緑メッシュが2×6km程度の楕円状に分布しており、このエリアの線量率が周辺より低くなっている。

発電所の南側の地域では、発電所から6～10km程度の距離となる大熊町、富岡町の中部地域で緑メッシュと黄メッシュの境界が見られ、これより発電所から離れるに従って徐々に線量率が低くなる（水色のメッシュ（1.0～1.9 $\mu$ Sv/h）に移行していく）。しかし、一部大熊町西部や川内村東部など、発電所から12～15km以上離れた地域でも黄メッシュ（3.8～9.5 $\mu$ Sv/h）が分布する地域が見られる。

##### ③「警戒区域」：空間線量率1～10mSv/年（0.2～1.9 $\mu$ Sv/h）近傍

同区域の北側では、双葉町北東部から南相馬市小高区中心部に1.9 $\mu$ Sv/h以下の境界（緑メッシュと青メッシュの境界）が延びている。そのラインから海側に向かって徐々に空間線量率が低くなり、海側では、1mSv/年以下の地域も見られる。

一方、発電所の南側においては、楡葉町北部から南部にかけて1.9 $\mu$ Sv/h以下のメッシュ（水色、青色）が広がっているが、楡葉町北部においては緑メッシュが混在しており、水色メッシュ（1.0～1.9 $\mu$ Sv/h）との明瞭な境界とはなっていない。また、楡葉町南部では、青色のメッシュ（0.2～1.0 $\mu$ Sv/h）の中にやや高い水色メッシュの混在が見られる。

##### ④「計画的避難区域」：空間線量率50mSv/年（9.5 $\mu$ Sv/h）近傍

発電所から北西に延びる9.5 $\mu$ Sv/hより高いエリアが、葛尾村北東部、浪江町北西部、飯舘村南部にまで達しており、この付近で桃色および赤色のメッシュの分布が見られる。しかし、9.5 $\mu$ Sv/h以下のメッシュ（黄色メッシュ）との境界は明瞭ではなく、分布がばらついていることを示している。

⑤ 「計画的避難区域」：空間線量率20mSv/年（3.8 $\mu$ Sv/h）近傍

同区域の南側では比較的明瞭に黄メッシュと緑メッシュの境界線が形成されており、それより南側で線量率が下がっている（水色のメッシュに移行）。しかし、区域の北部、中央部（飯舘村）では、黄メッシュと緑メッシュが混在しており、明瞭な境界線は形成されていない。

⑥ 「計画的避難区域」：空間線量率5～10mSv/年（1.0～1.9 $\mu$ Sv/h）近傍

対象となる水色メッシュおよび青色メッシュは、計画的避難区域の南部（葛尾村，浪江町北部，川俣町南東部）および北部（飯舘村北部）に分布しているが、山間部が多くメッシュ数が限られること、および水色と青色のメッシュが混在しているエリアが多いことなどから、空間線量の広域かつ明瞭な境界を定めることは難しい。

#### 4.2 市町村ごとの詳細モニタリング結果

今回モニタリング対象となった自治体ごとに、以下のとおり100mメッシュの空間線量分布をとりまとめた。

田村市	：別紙 1
南相馬市	：別紙 2-1, 2-2
川俣町	：別紙 3
檜葉町	：別紙 4
富岡町	：別紙 5
川内村	：別紙 6
大熊町	：別紙 7
双葉町	：別紙 8
浪江町	：別紙 9-1, 9-2
葛尾村	：別紙10
飯舘村	：別紙11-1, 11-2

#### 4.3 除染前後のモニタリング結果

以下に、各地域における除染前後の線量率マップ及び除染前後における同地点の線量率比のヒストグラムを示す。

(1) 田村市地見城地区

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 30-50% となった。
- ・ 除染後の測定は、積雪が最大 20cm 程度観測された。

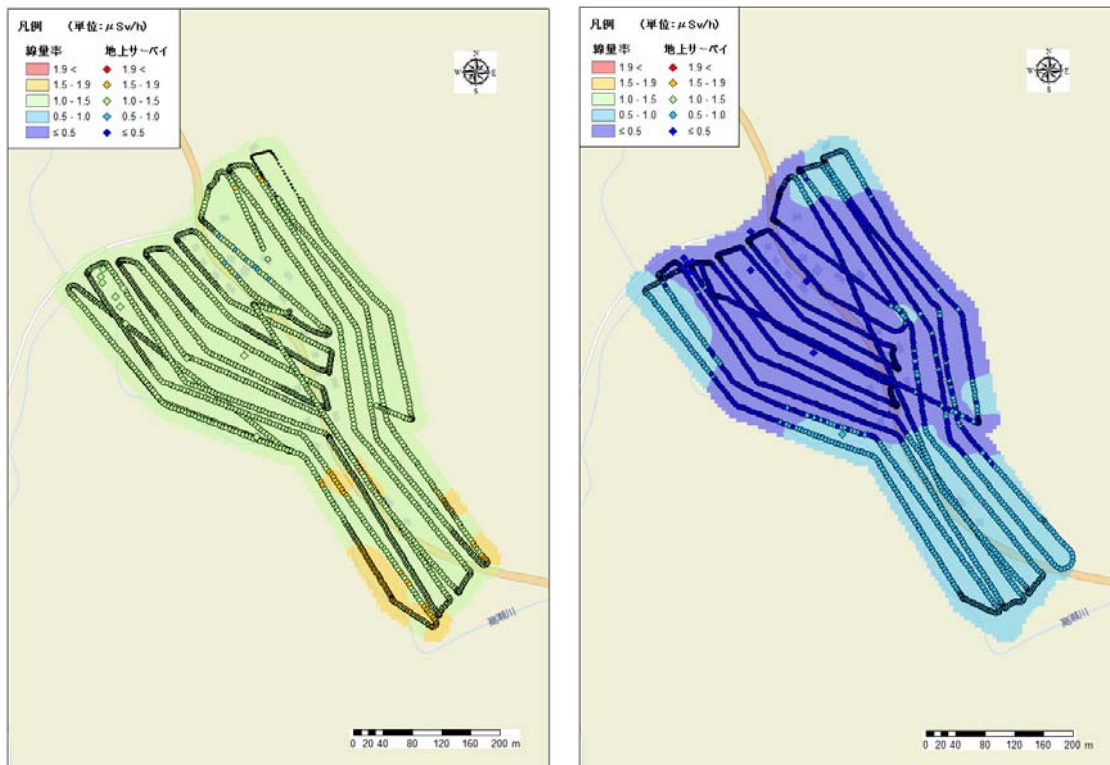


図 4.3-1(1) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

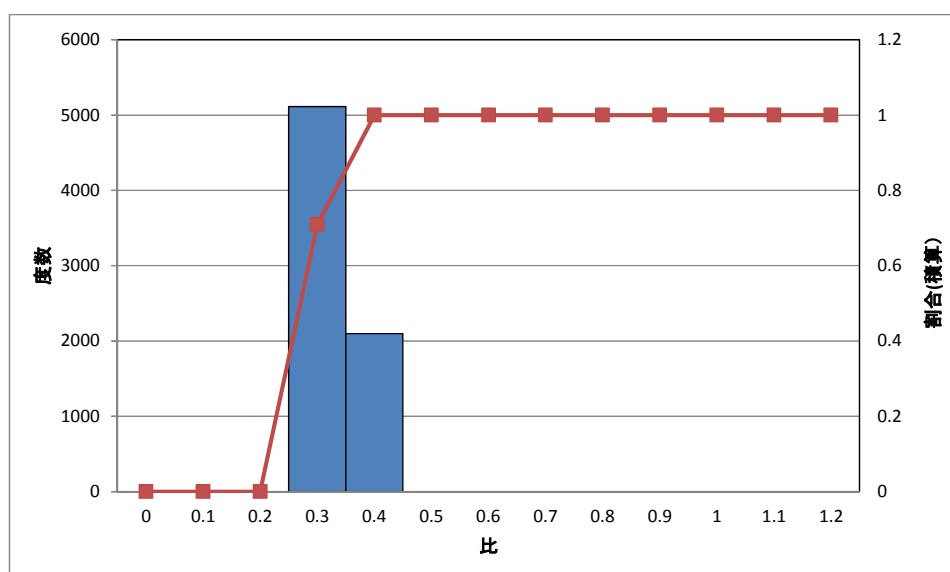


図 4.3-2(1) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム



(2) 葛尾村役場周辺

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 20-50% となった。
- ・ 除染後の測定は、積雪が最大 5cm 程度観測された。

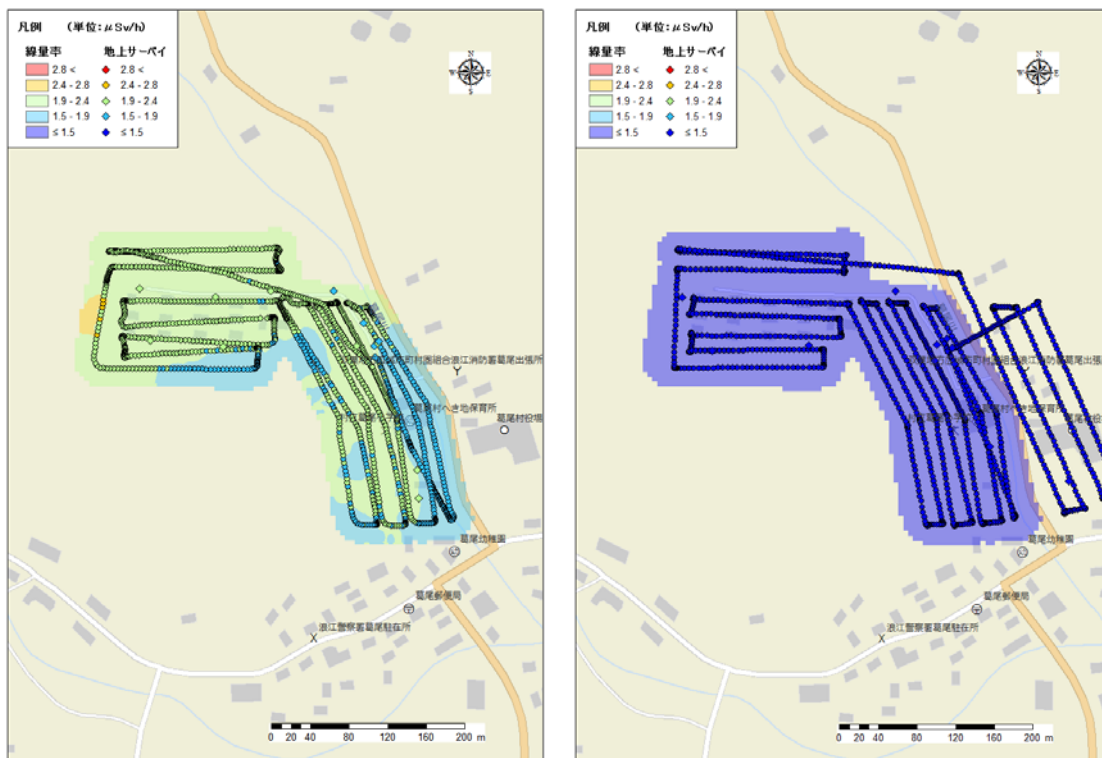


図 4.3-1(2) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

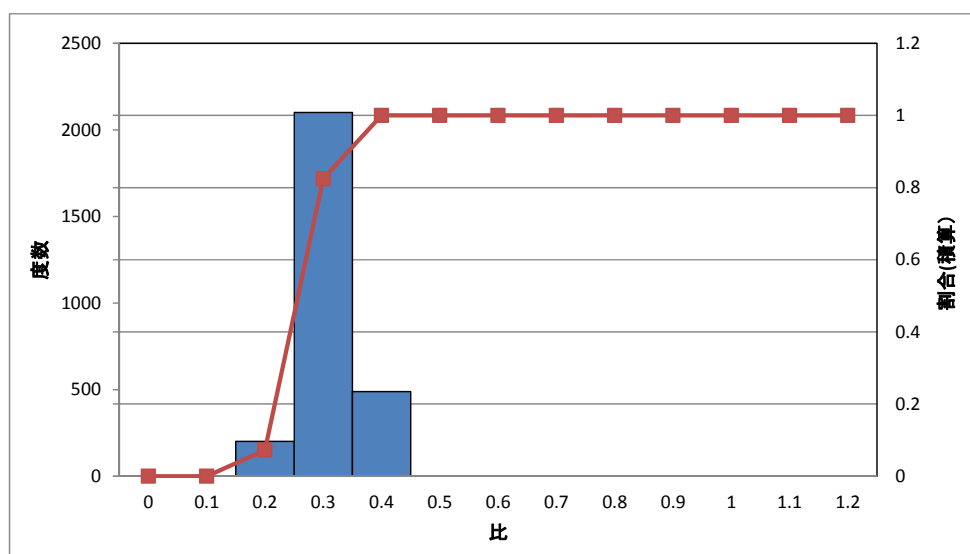


図 4.3-2(2) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(3) 浪江町権現堂地区

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の40-110%となった。
- 除染後の測定時に、積雪はなかった。

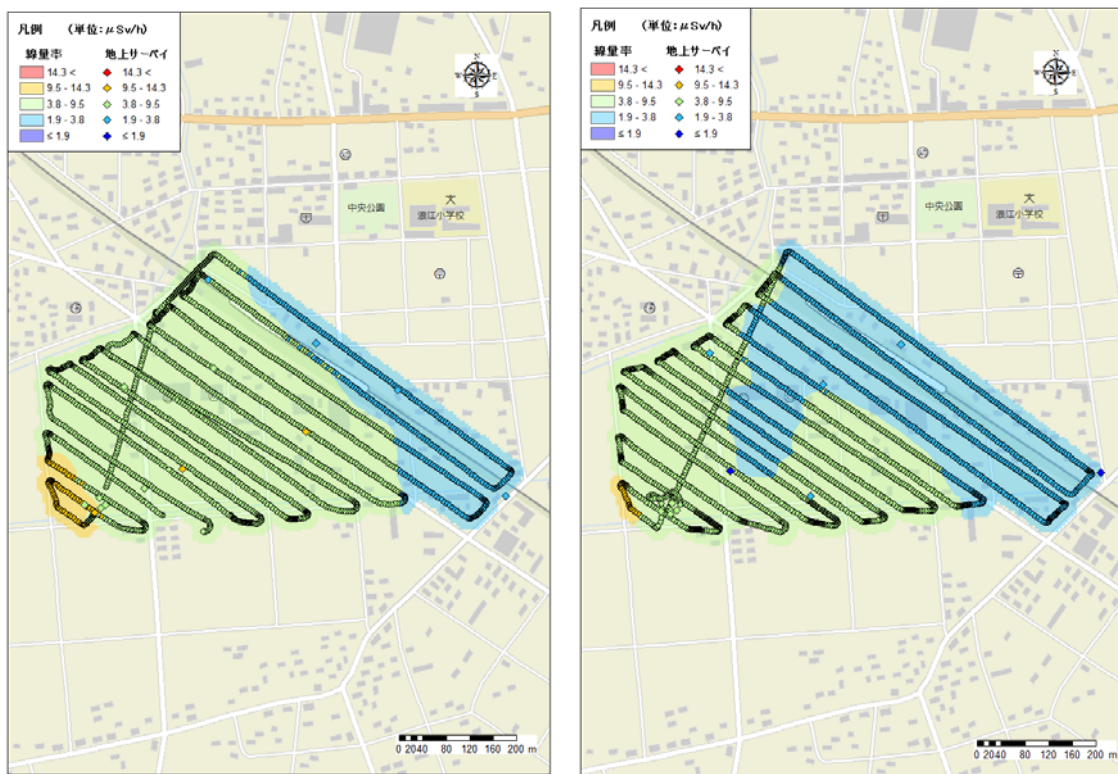


図 4.3-1(3) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左: 除染前, 右: 除染後)

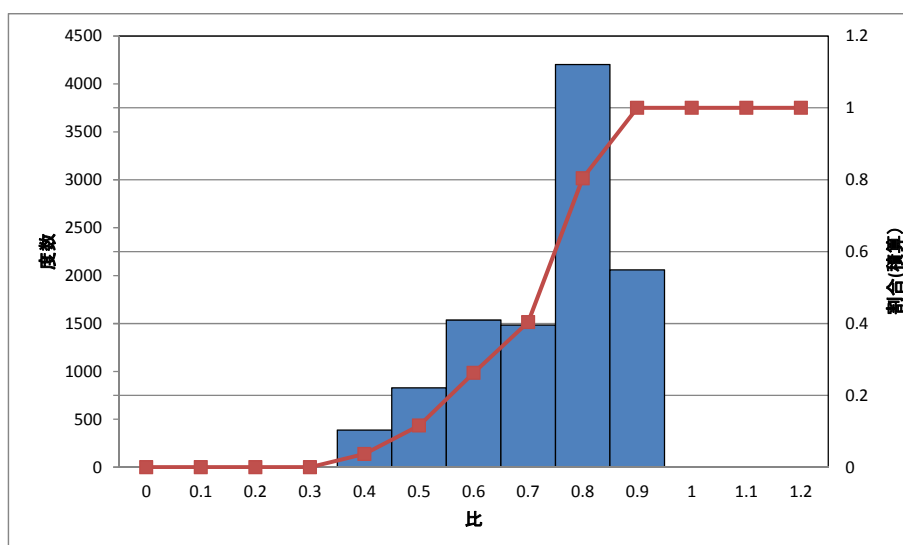


図 4.3-2(3) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(4) 浪江町津島地区

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の30-100%となった。
- ・ 除染後の測定は、積雪が最大15cm程度観測された。

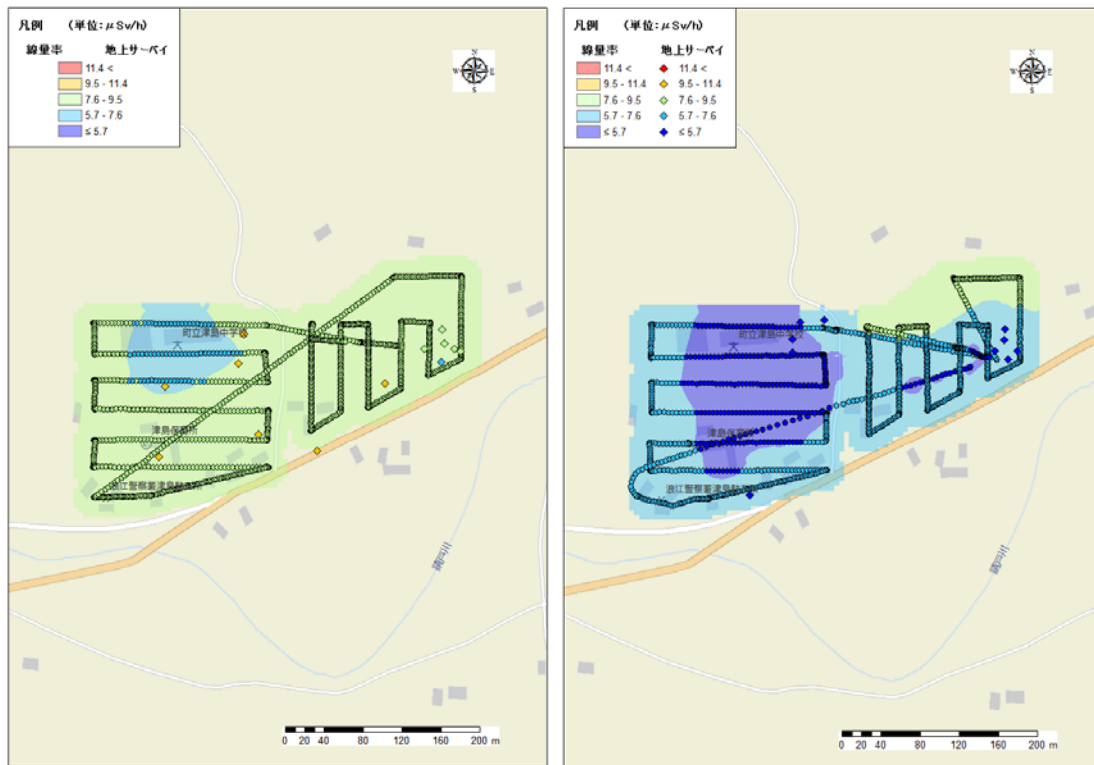


図 4.3-1(4) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

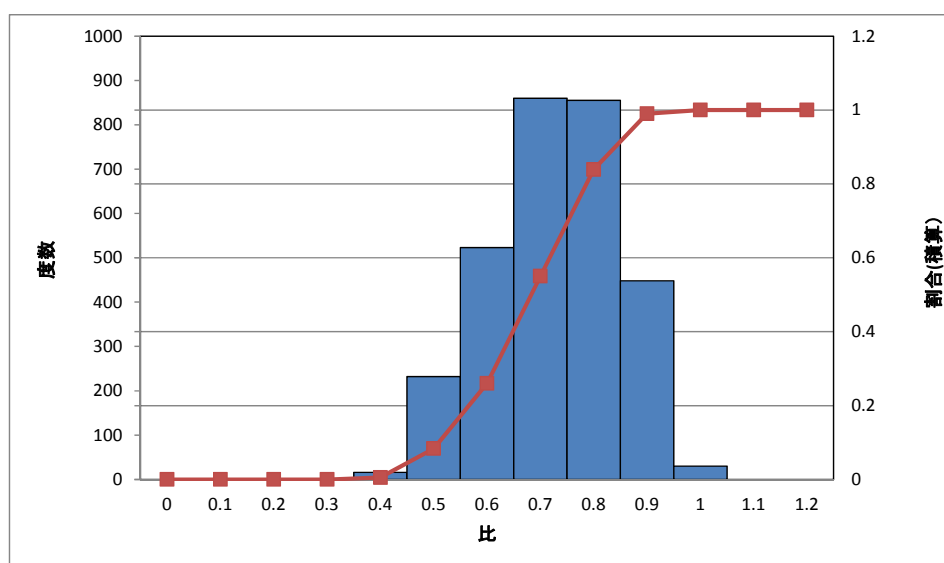


図 4.3-2(4) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(5) 川内村貝ノ坂地区

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の40-80%となった。
- 除染後の測定は、積雪が最大15cm程度観測された。

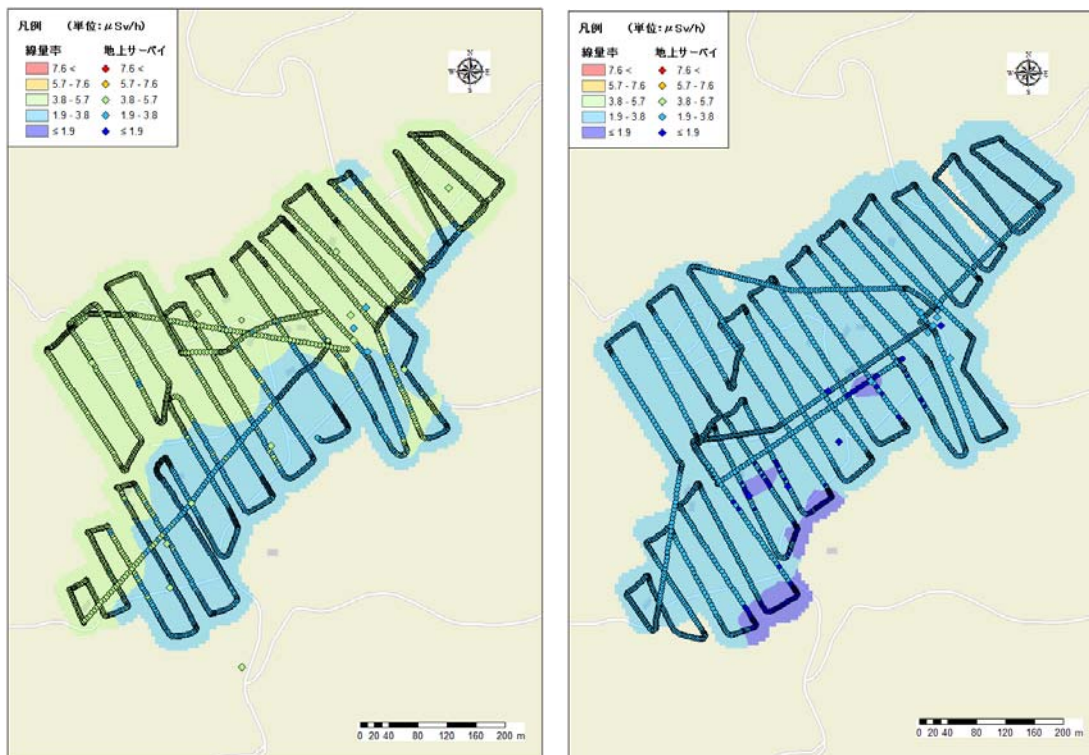


図 4.3-1(5) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

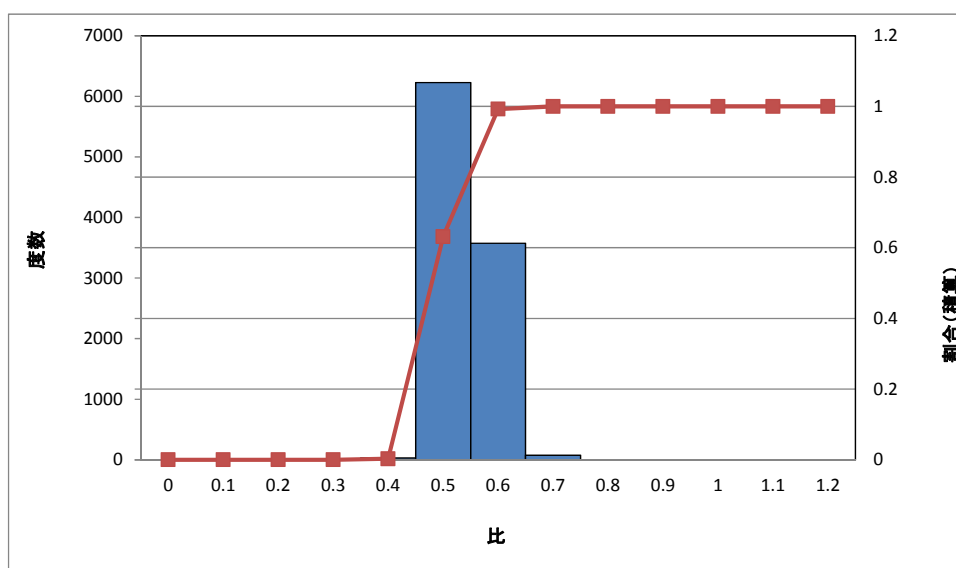


図 4.3-2(5) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(6) 川俣町坂下地区

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 20-50% となった。
- ・ 除染後の測定は、積雪が最大 21cm 程度観測された。

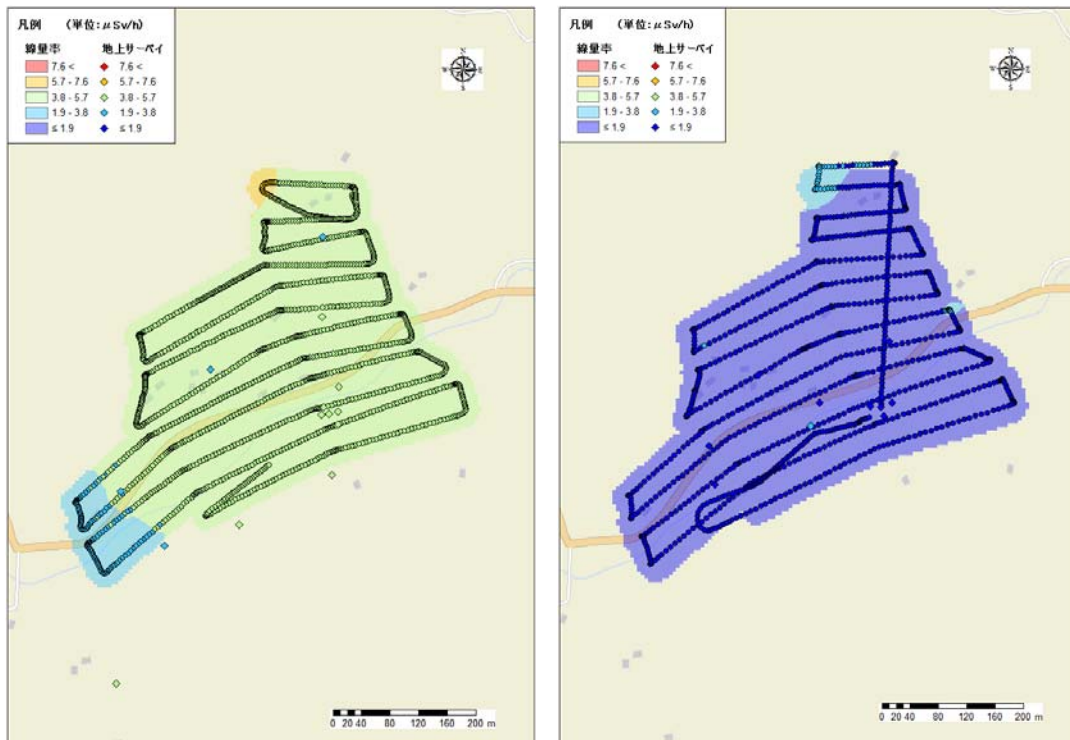


図 4.3-1(6) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

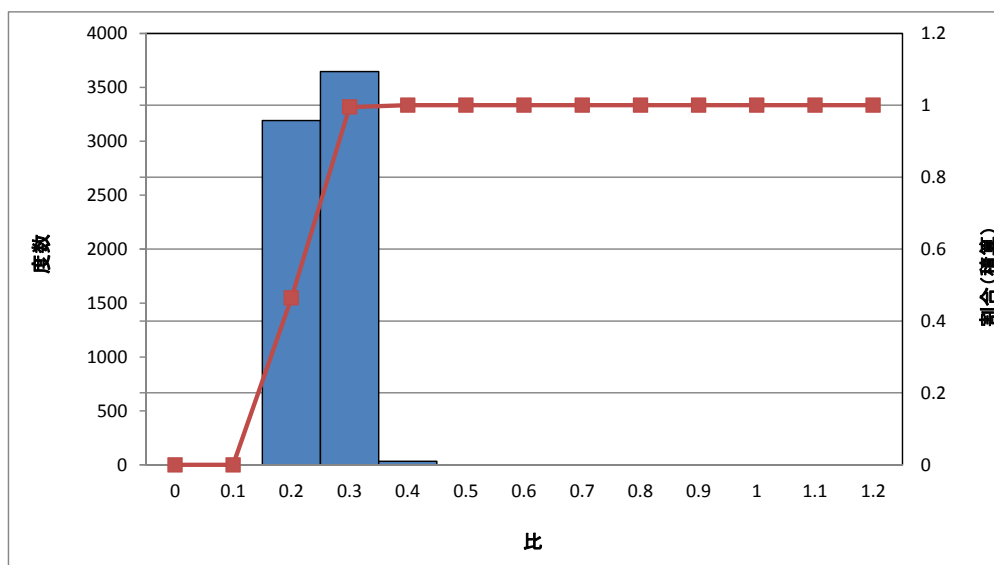


図 4.3-2(6) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(7) 飯館村草野地区

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の30-70%となった。
- 除染後の測定は、積雪が最大20cm程度観測された。

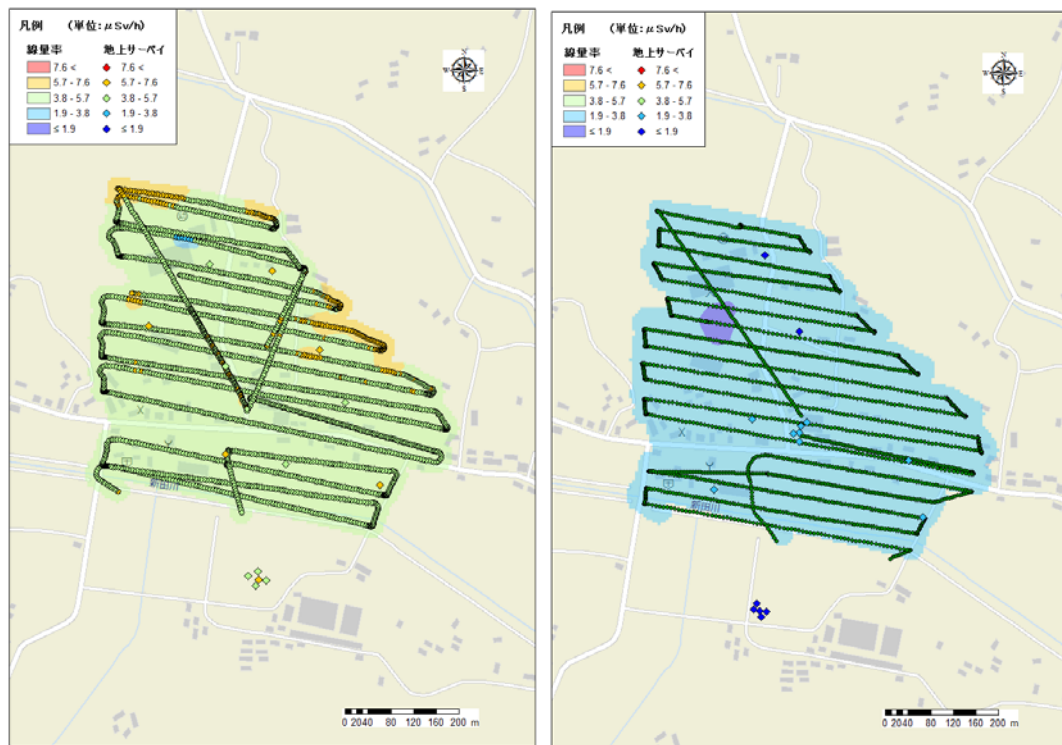


図 4.3-1(7) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

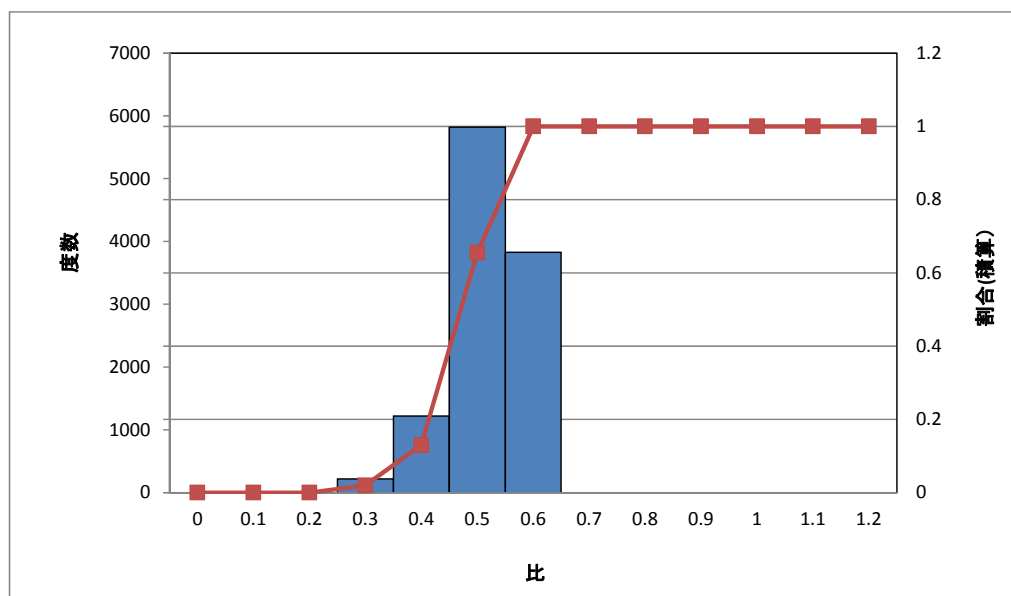
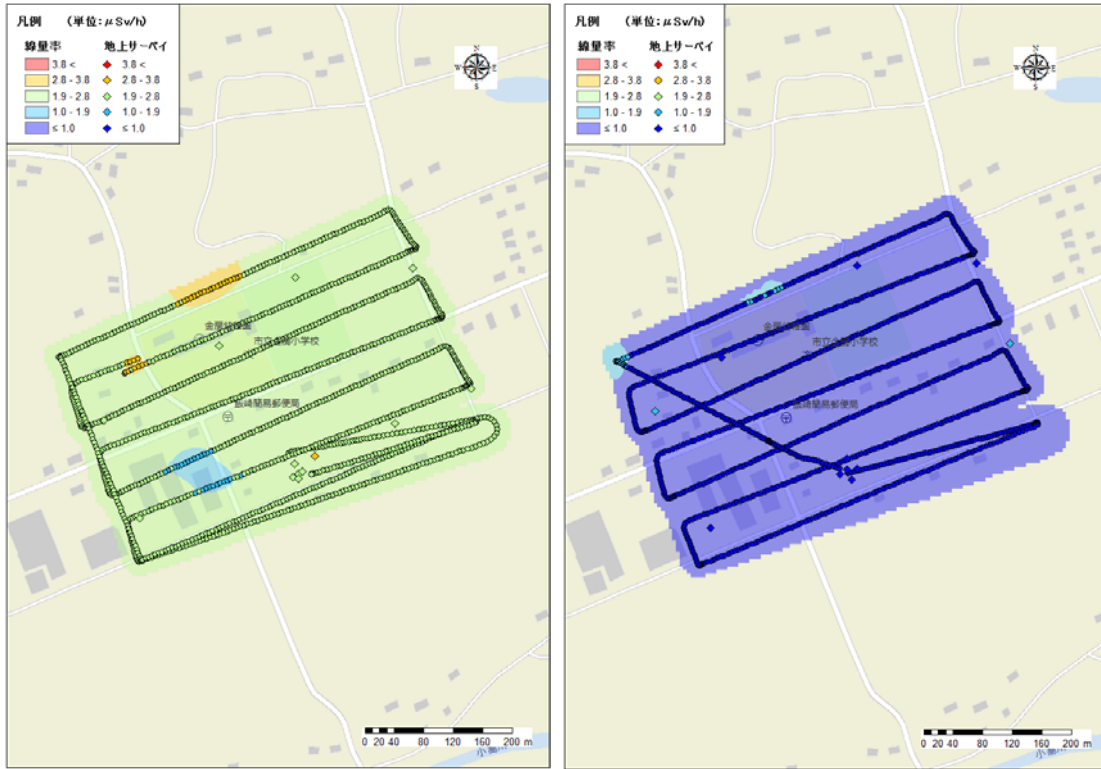


図 4.3-2(7) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(8) 南相馬市金房小学校周辺

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の20-40%となった。
- 除染後の測定は、積雪が最大5cm程度観測された。



南相馬市金房小学校周辺 1m線量率分布図(速報) 南相馬市金房小学校周辺 除染後 1m線量率分布図(速報)

図 4.3-1(8) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

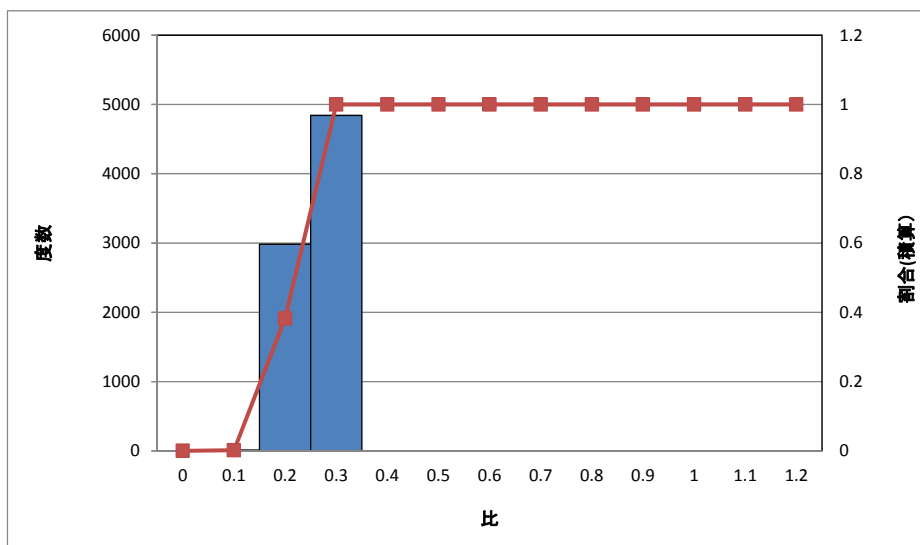


図 4.3-2(8) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(9) 檜葉町南工業団地

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 60-80% となった。
- ・ 除染後の測定時に、積雪はなかった。



図 4.3-1(9) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

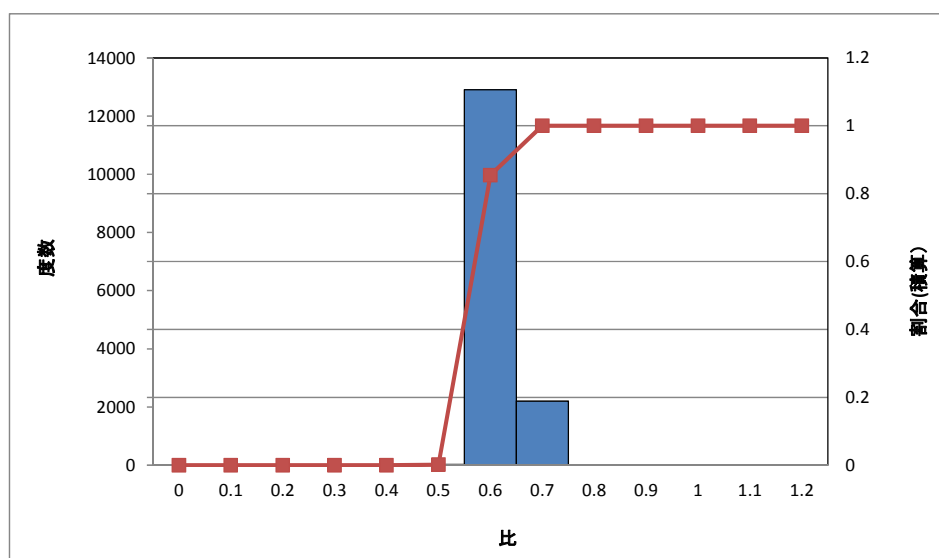


図 4.3-2(9) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム



(10) 檜葉町上繁岡地区

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 80-120% となった。
- ・ 除染後の測定時に、積雪はなかった。

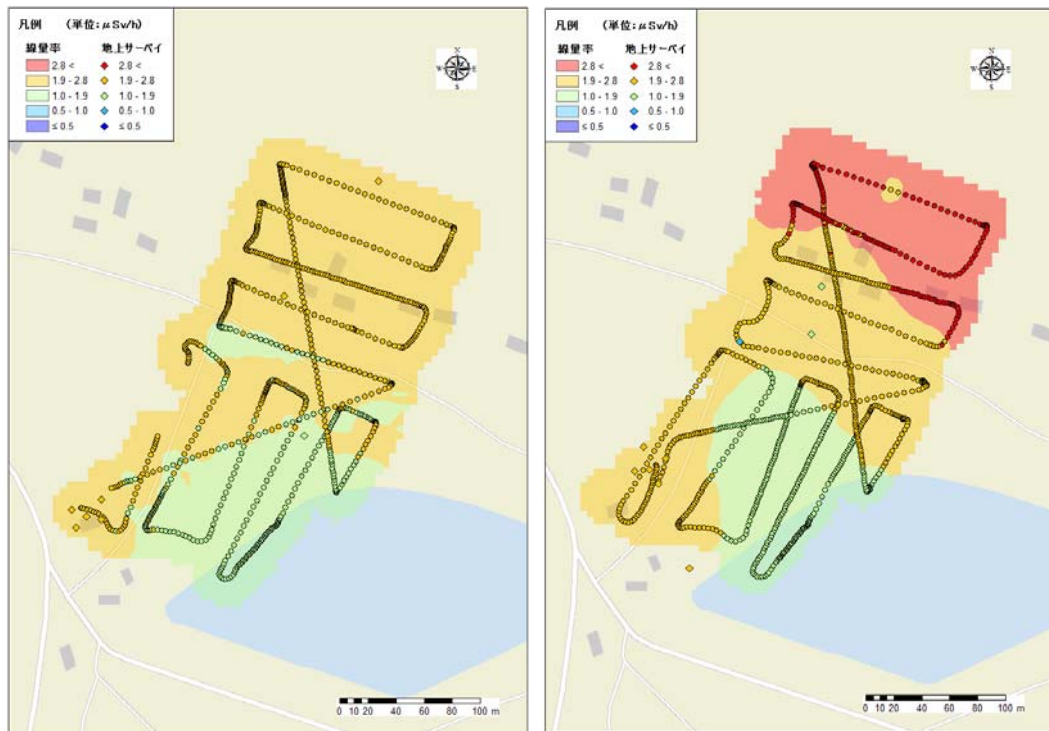


図 4.3-1(10) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

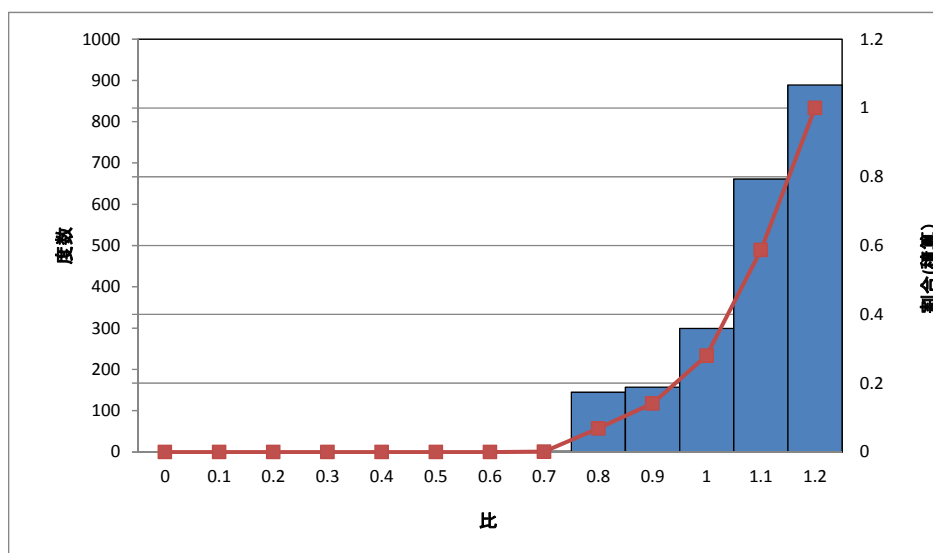


図 4.3-2(10) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(11) 富岡町富岡第二中学校

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の30-100%となった。
- 除染後の測定時に、積雪はなかった。

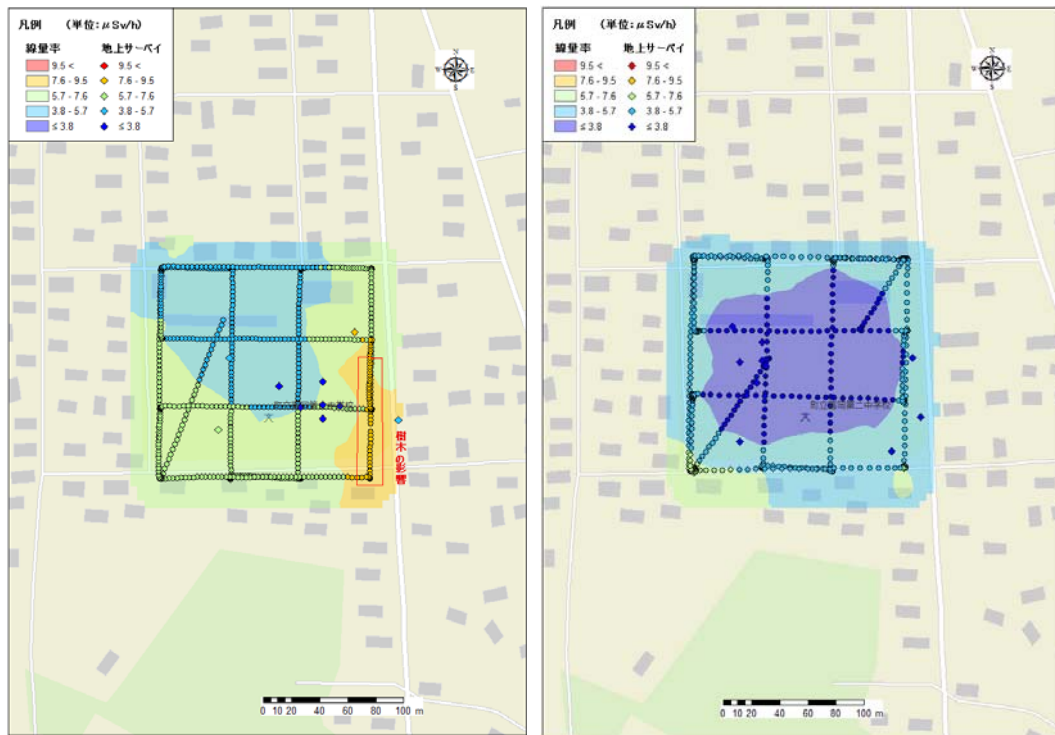


図 4.3-1(11) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左: 除染前, 右: 除染後)

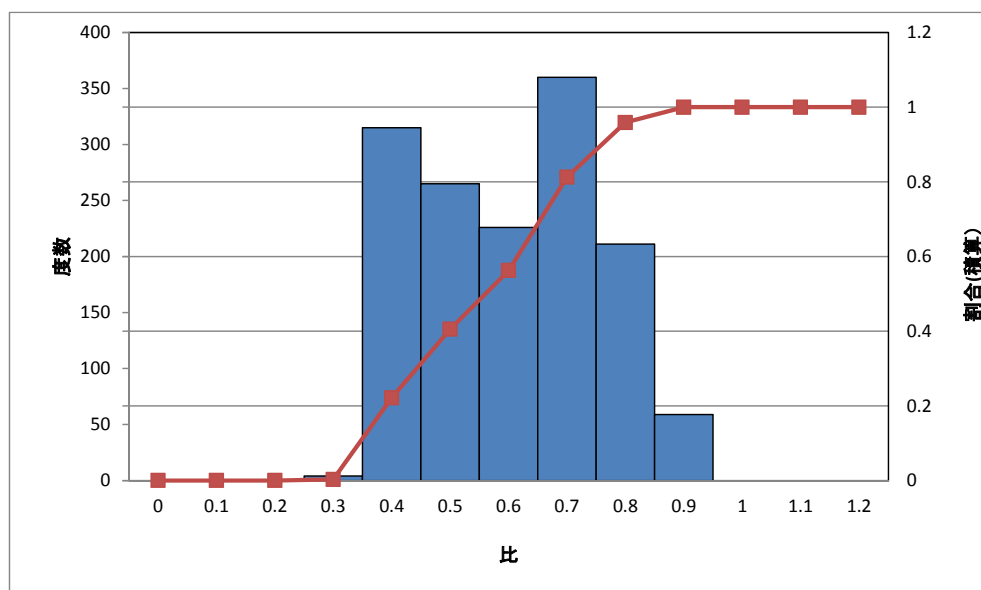


図 4.3-2(11) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(12) 富岡町夜の森公園

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 40-100% となった。
- 除染後の測定時に、積雪はなかった。

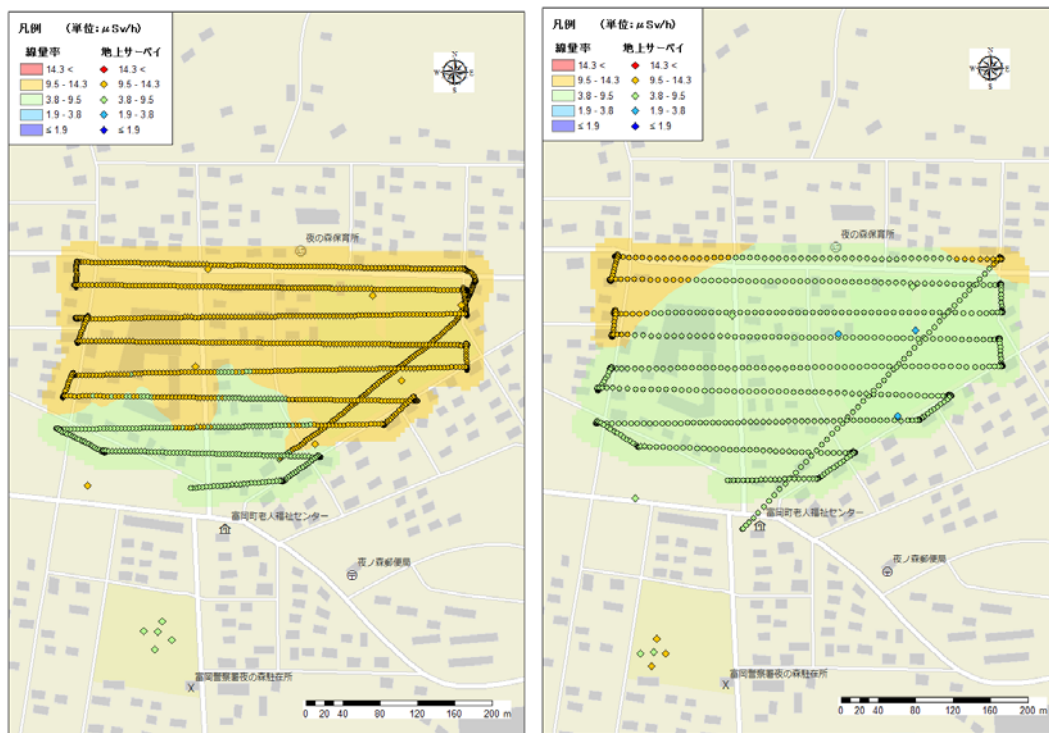


図 4.3-1(12) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

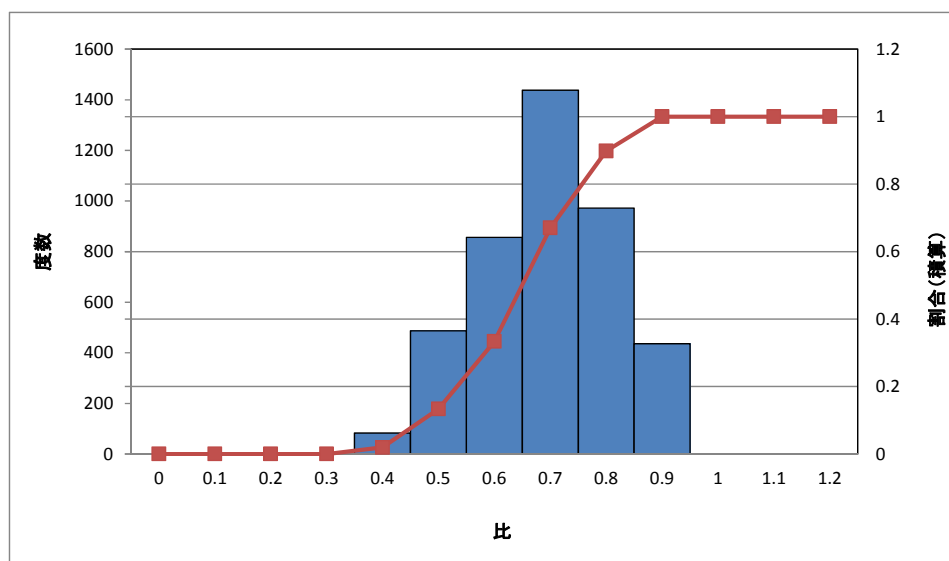


図 4.3-2(12) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(13) 大熊町夫沢地区

- 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の50-110%となった。
- 除染後の測定時に、積雪はなかった。

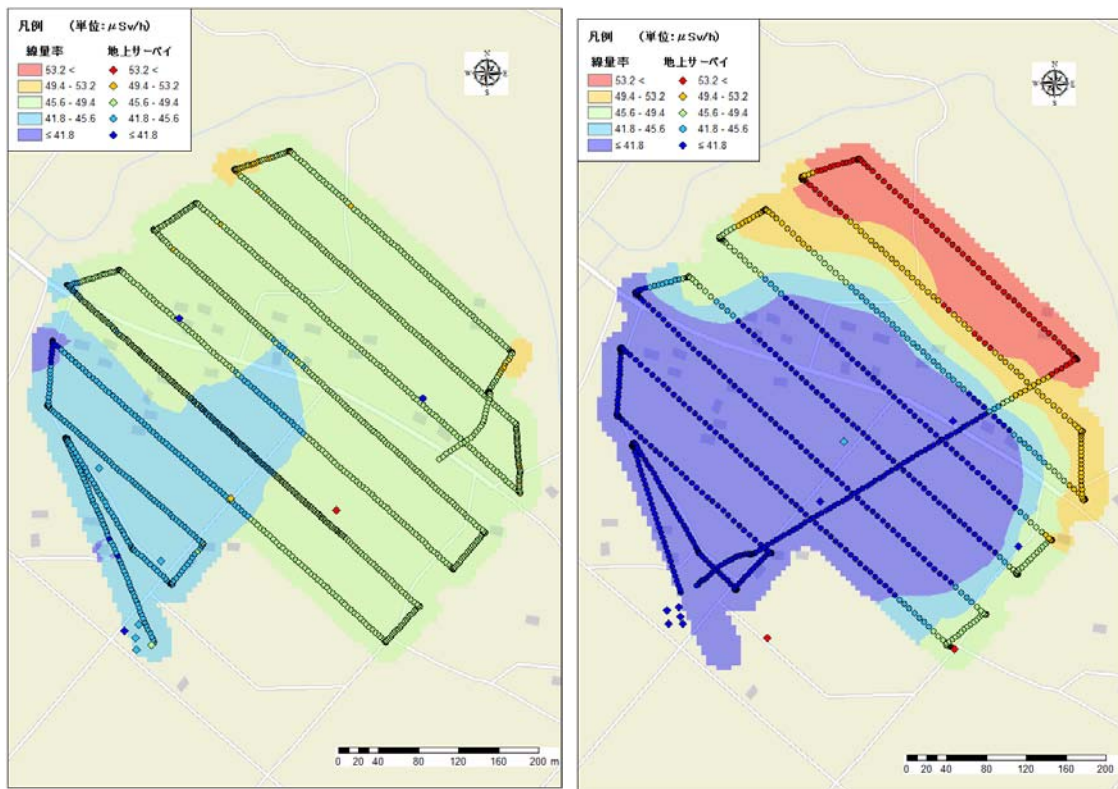


図 4.3-1(13) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果  
(左：除染前，右：除染後)

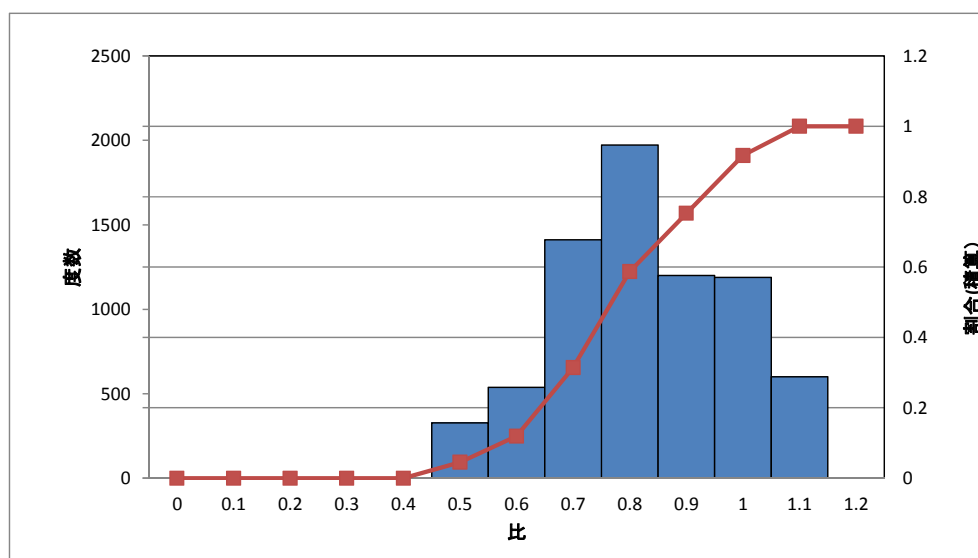


図 4.3-2(13) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

(14) 広野町中央台・苗代替地区

- ・ 除染前後のヒストグラムから、除染後は除染前の 40-80% となった。
- ・ 除染後の測定時に、積雪はなかった。

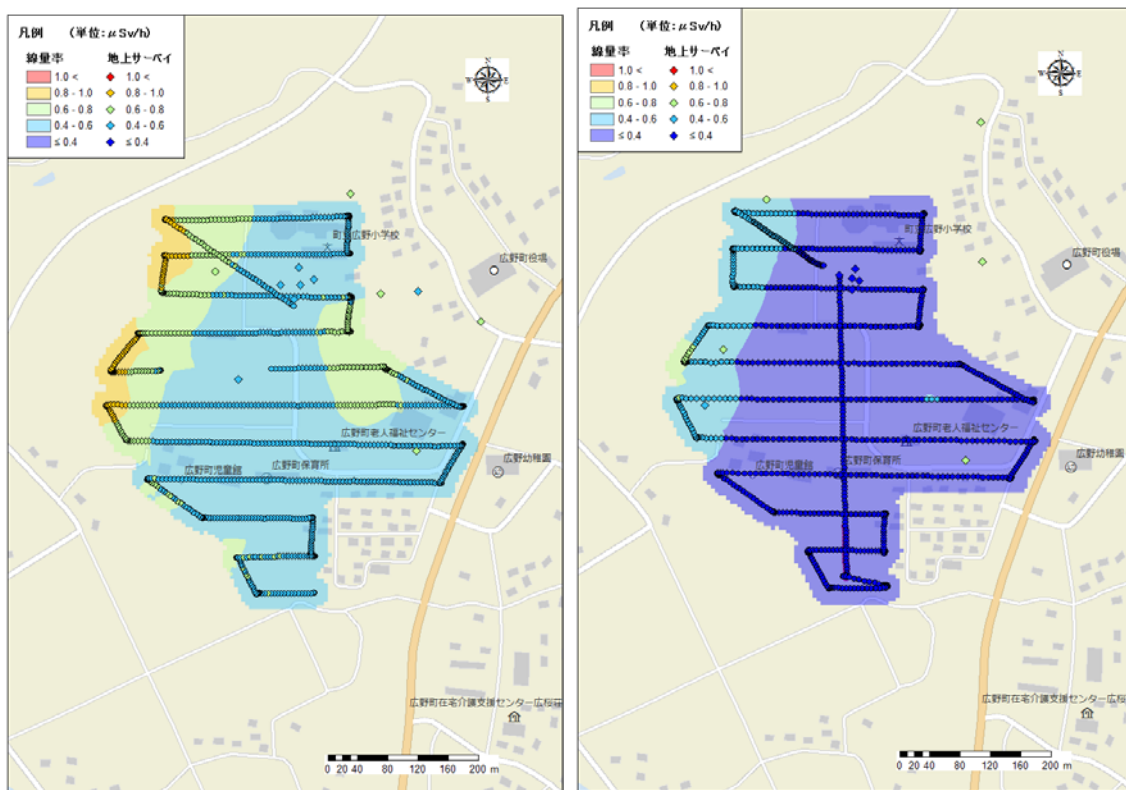


図 4.3-1(14) 無人ヘリによる除染前後のサーベイ結果 (左：除染前, 右：除染後)

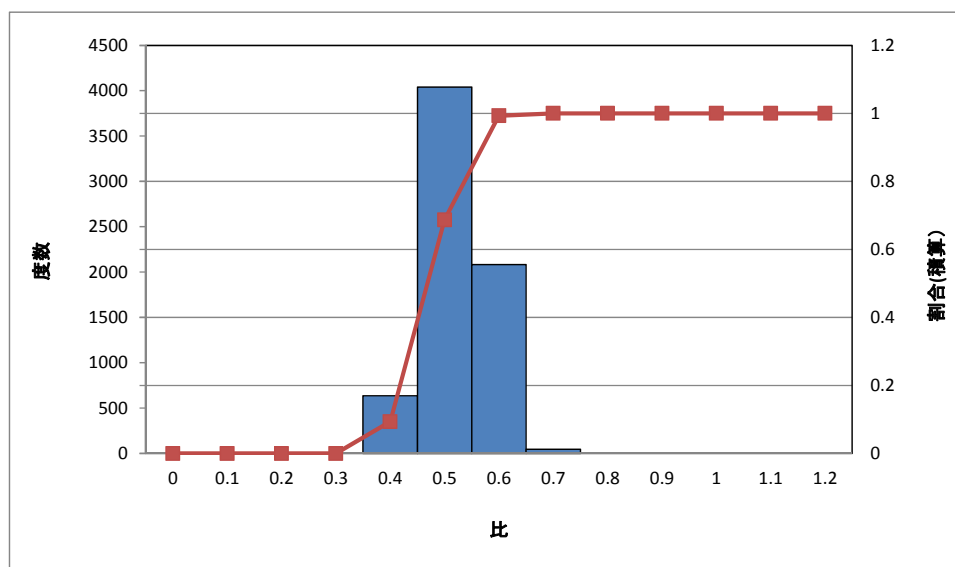


図 4.3-2(14) 除染前後の線量率の割合のヒストグラム

## 5. 考察

今回の詳細モニタリングによって、居住地を中心に20mSv/年（ $3.8\mu\text{Sv/h}$ ）以下、20 mSv/年を超え50mSv/年（ $9.5\mu\text{Sv/h}$ ）以下、50mSv/年超、のそれぞれの地域における空間線量率の分布状況が明瞭となった。これらは、除染実施計画策定、除染事業実施のための有用な基礎資料となるものと期待される。

なお、今回の詳細モニタリングは、①走行モニタリング、②無人ヘリコプタによるモニタリング、③測定員によるモニタリングの3つの方法を併用し、100mメッシュで区切ったマスをそれぞれ得られた線量率値の最大値で色分けし、安全側のマップを作成した。それぞれの方法については、「2.3 モニタリングの」の項で述べたが、モニタリング結果を更に詳細に検討する際や、今後同様のモニタリングを実施する際には、それぞれの特徴を踏まえ、方法を選定する必要がある。モニタリング方法の違いによる特徴を表5-1に示す。

また、無人ヘリによる除染前後のモニタリングでは、除染の効果が視覚的にわかりやすいマップを作成することが可能であることが分かった。また、地上における測定データと0.5-1.5の範囲で一致し、上空からの測定でも、地上の線量率が推定可能であることが分かった。しかしながら、無人ヘリによる線量率の測定範囲は半径20m～50mの平均値（対地高度に比例）であるため、線量率の分布が狭い範囲で変化が大きい場所では、地上における1点のデータと合致しない可能性がある。また、高度補正は、GPSによる海拔高度から10mメッシュの数値地図データを差し引いて求めた対地高度により行っているため、森林や建物の上空は実際の地上での測定結果と合致しない可能性がある。それらの懸案事項があるものの、地上で測定することと比較して、人工がかからないこと、人の立ち入れないところでも測定できること、プログラム飛行で何度も同じ場所を飛べることから、モニタリングや除染効果の確認に非常に有用であるといえる。

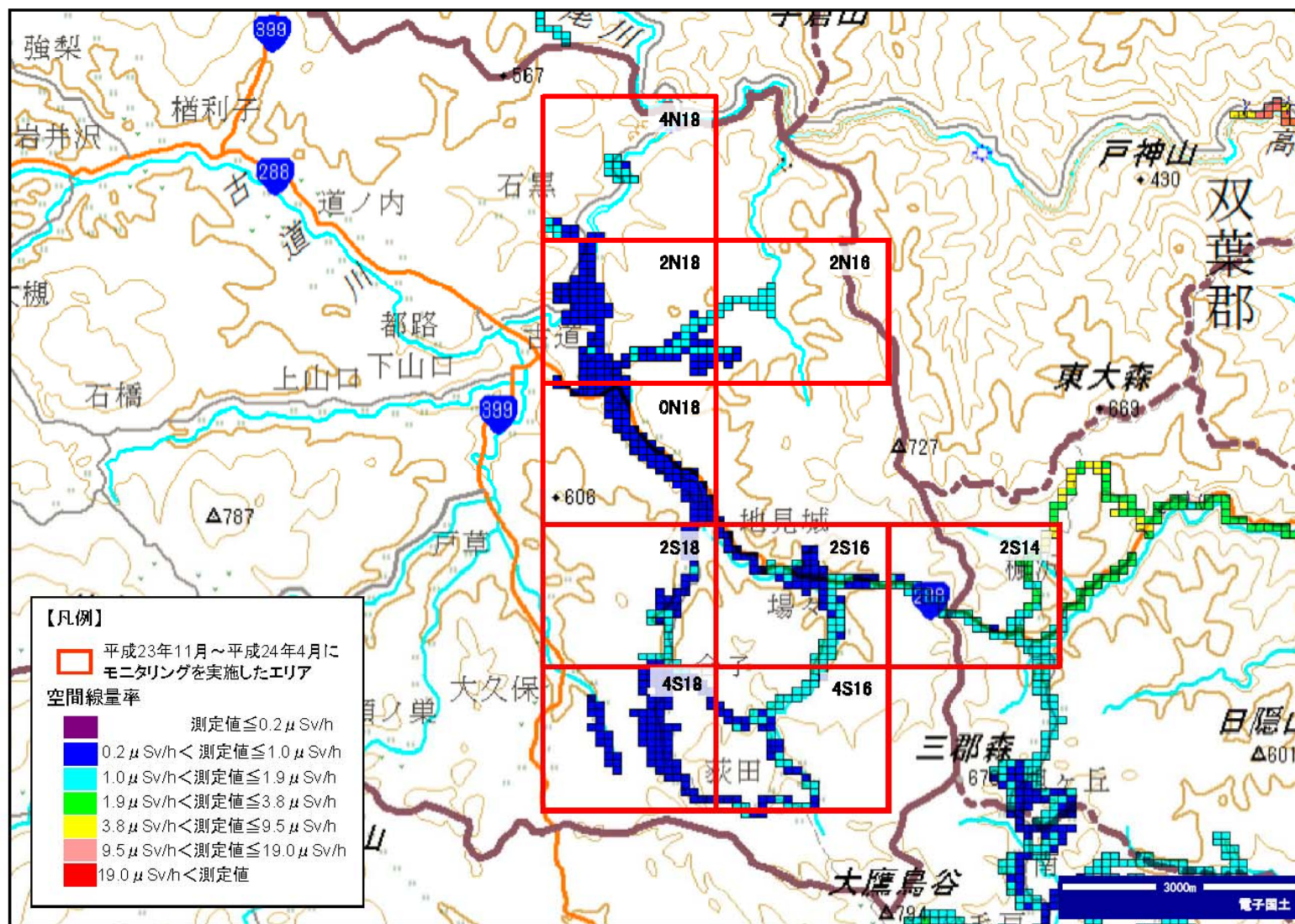
### （参考文献）

- 1) 内閣府（2011）：ステップ2の完了を受けた警戒区域及び避難指示区域の見直しに関する基本的考え方及び今後の検討課題について、原子力災害対策本部，平成23年12月26日
- 2) 文科省HP: <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120202.html>
- 3) 文部科学省・日本原子力研究開発機構（2011）：放射線測定に関するガイドライン，平成23年10月21日

表 5-1 各モニタリング方法の比較

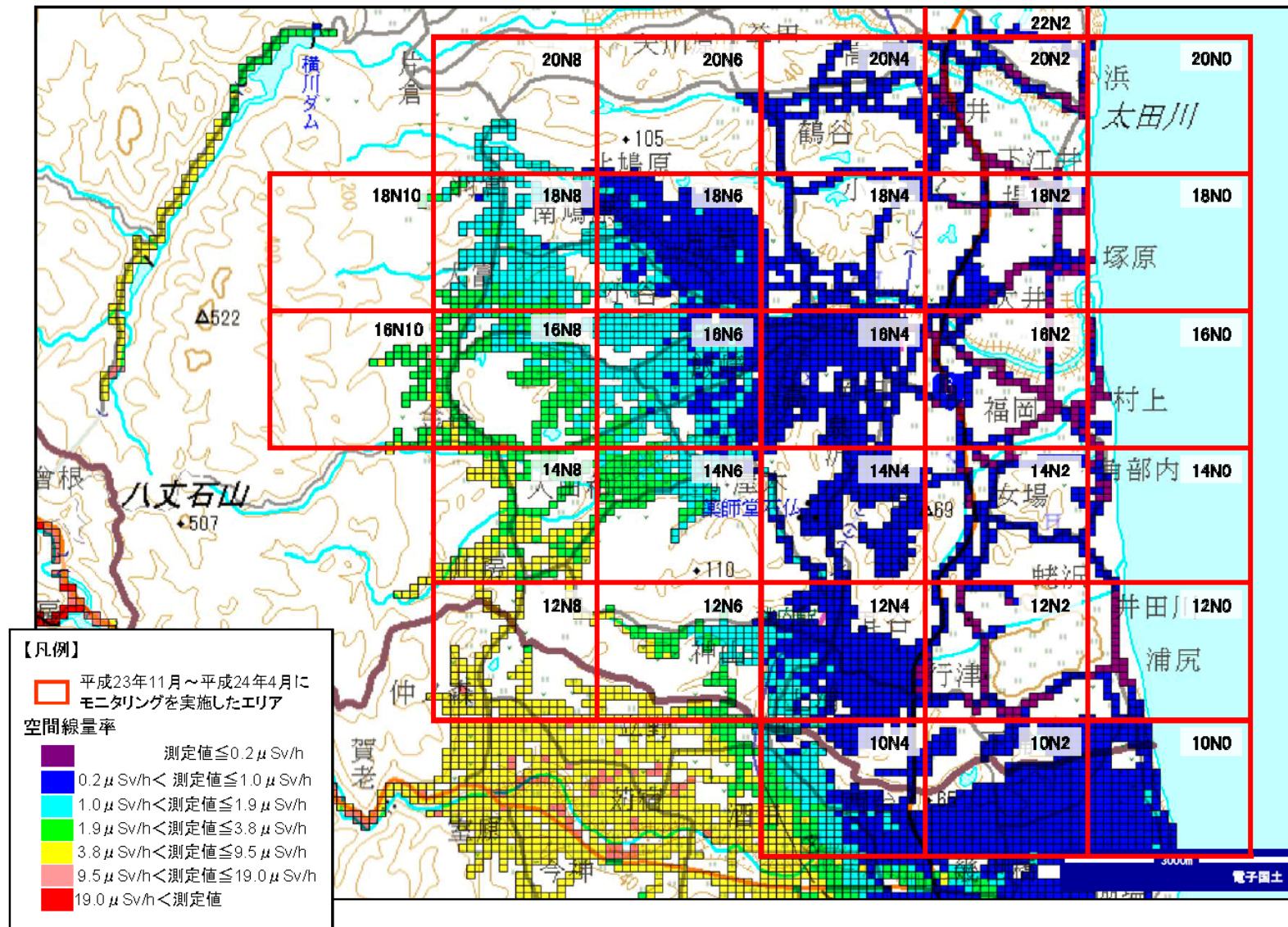
方法	検出器	測定速度 (m/s)	測定高度	測定時間 (秒)	換算方法	測定範囲	利点	欠点
走行モニタリング	NaI シンチレータ (<math>30 \mu\text{Sv}</math>) 電離箱 (>math>30 \mu\text{Sv}</math>)	8.3 程度 (30km/h 程度)	地上から 1 m	3 (測定点の前後 1.5 秒間の平均)	車内外の実測値から、1 次回帰式で換算係数を設定して補正。	測定点の前後約 12m 間の平均値	・測定員よりも早く、広範囲な測定が可能	・道路上のみの測定
無人ヘリコプタによるモニタリング	プラスチックシンチレータ	2-4 (7-14 km/h)	地上から 50-80 m	1	あらかじめ設定したキャリブレーションポイントにおける地上の測定結果から線量換算係数を算出し、換算。	検出器を中心に 50-80m(測定高度に対応)の平均値	・3つの方法の中で、最も早く広範囲な測定が可能 ・人や車でいけない場所の測定が可能 ・面的な線量分布を把握することができる。	・地上を平面として換算しているため、建物や森による影響がある。 ・地形によっては横からの放射線の影響を受ける
測定員によるモニタリング	NaI シンチレータ (<math>30 \mu\text{Sv}</math>) 電離箱 (<math>30 \mu\text{Sv}</math>)	0 (停止して測定)	地上から 1 m	30 (時定数の 3 倍)	サーバイメータの読み値	測定地点の値	・自由度の高い測定が可能 ・ポイント毎の測定が可能	・時間と人手を要する ・点のデータであるため、面的な状況把握が難しい

別紙 1 田村市 詳細モニタリング結果

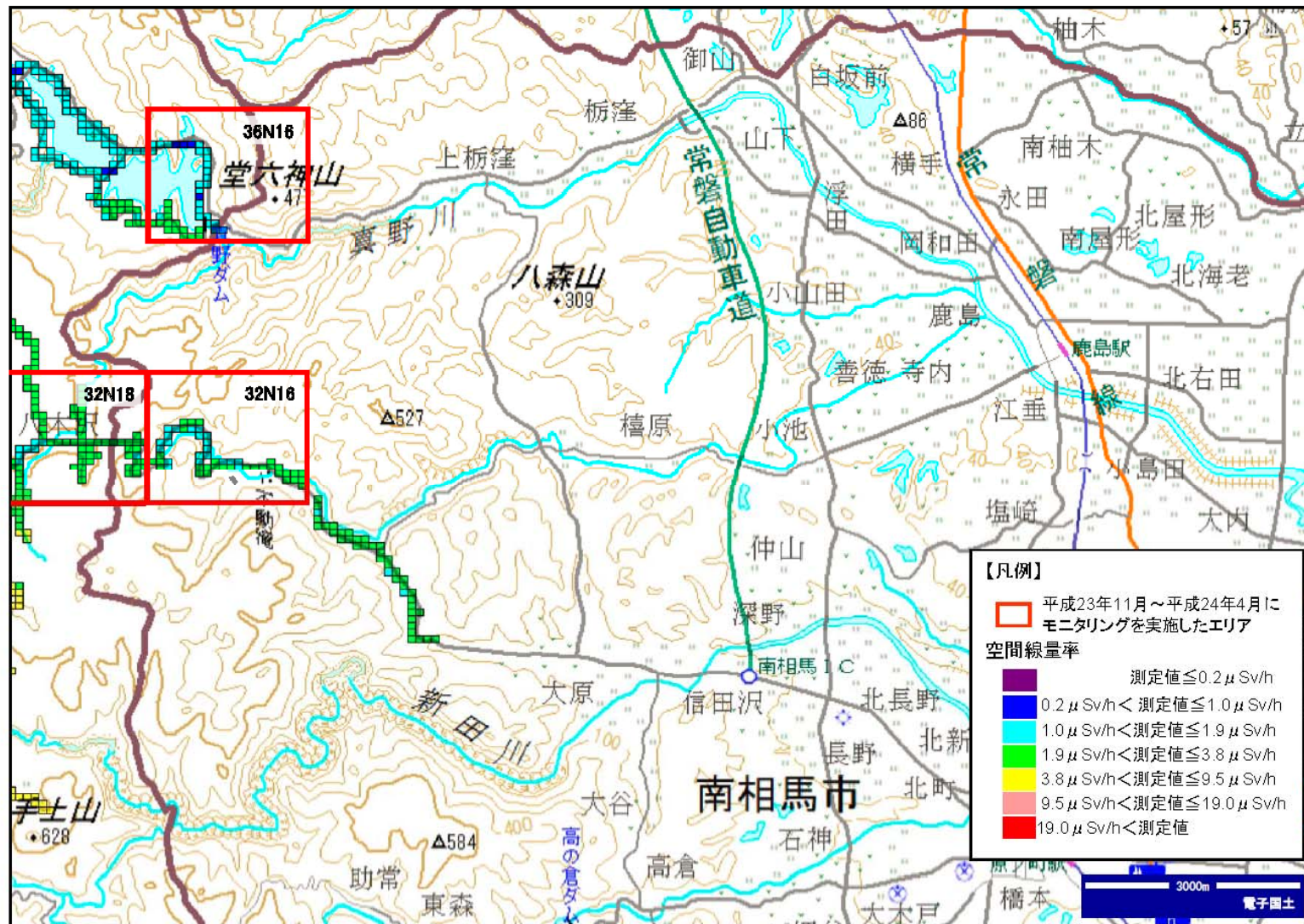




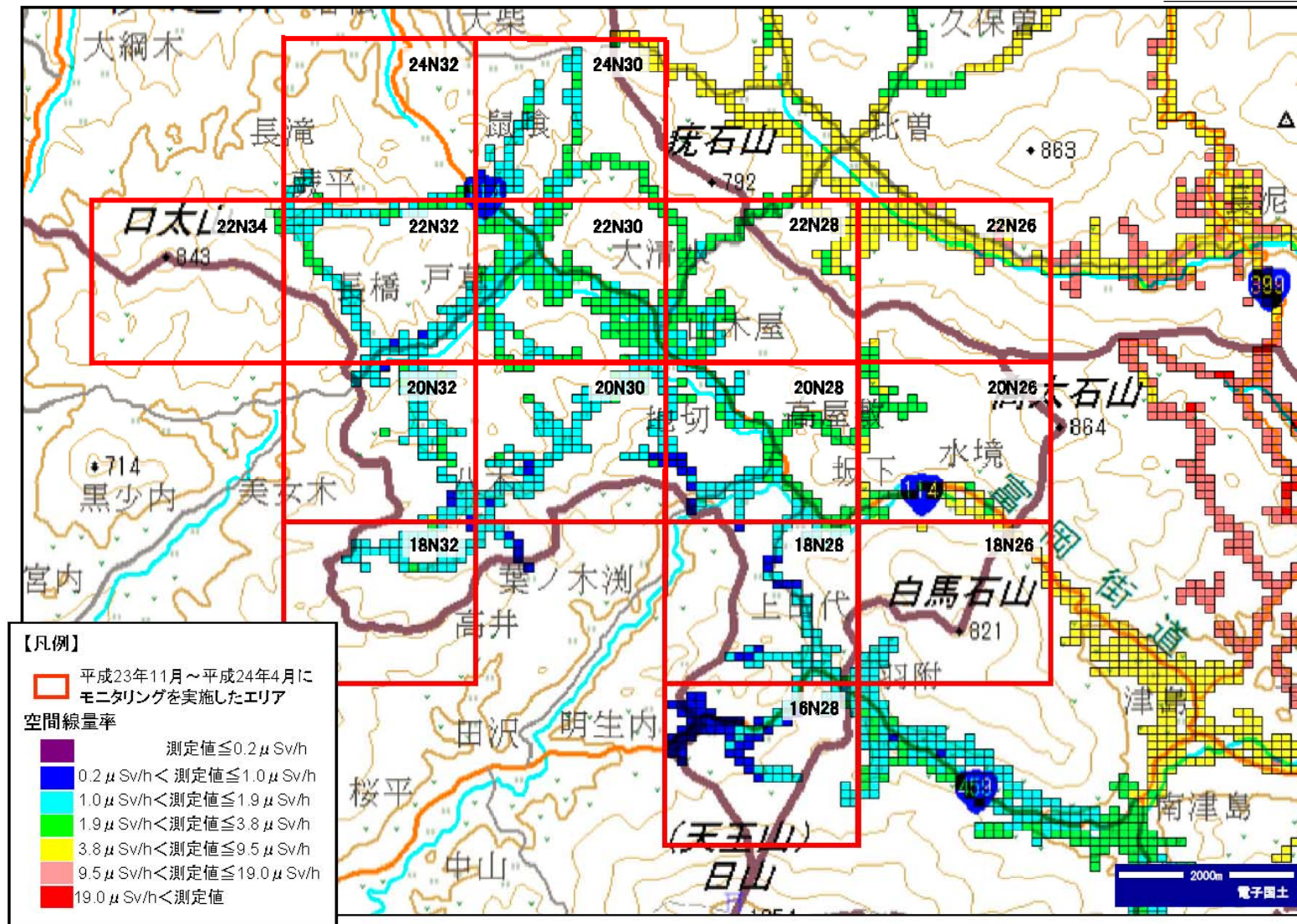
別紙 2-1 南相馬市 詳細モニタリング結果



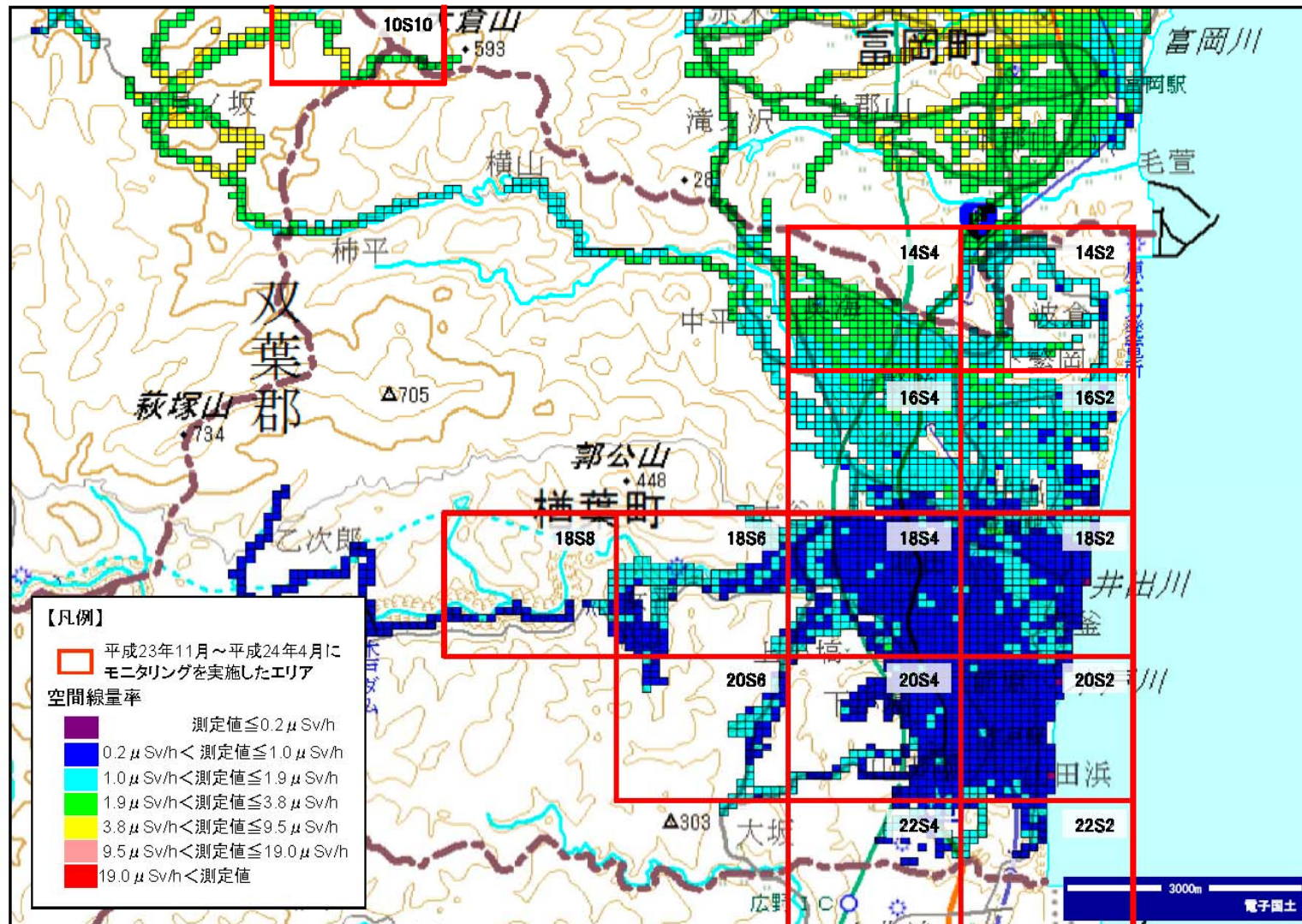
別紙 2-2 南相馬市 詳細モニタリング結果



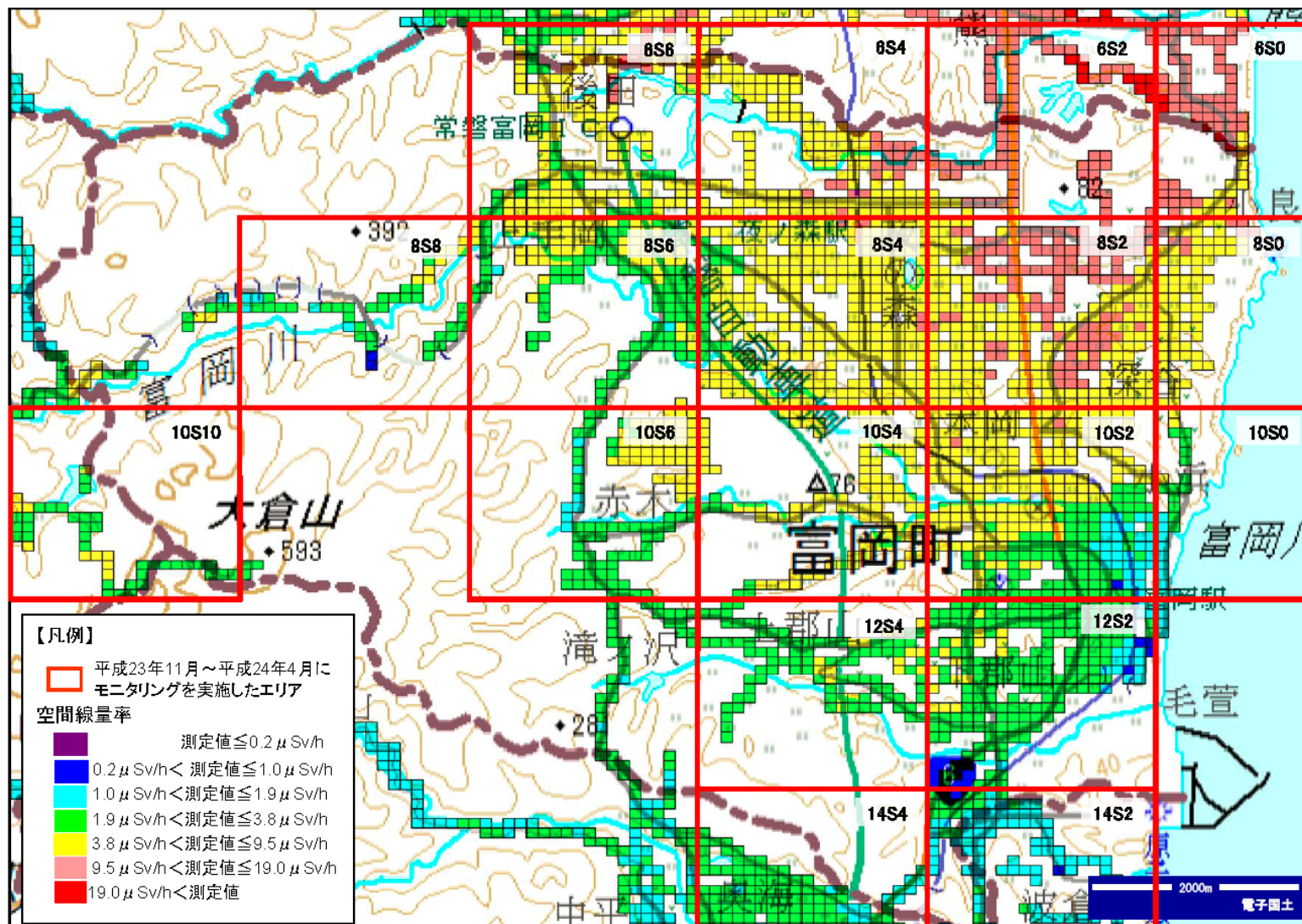
別紙 3 川俣町 詳細モニタリング結果



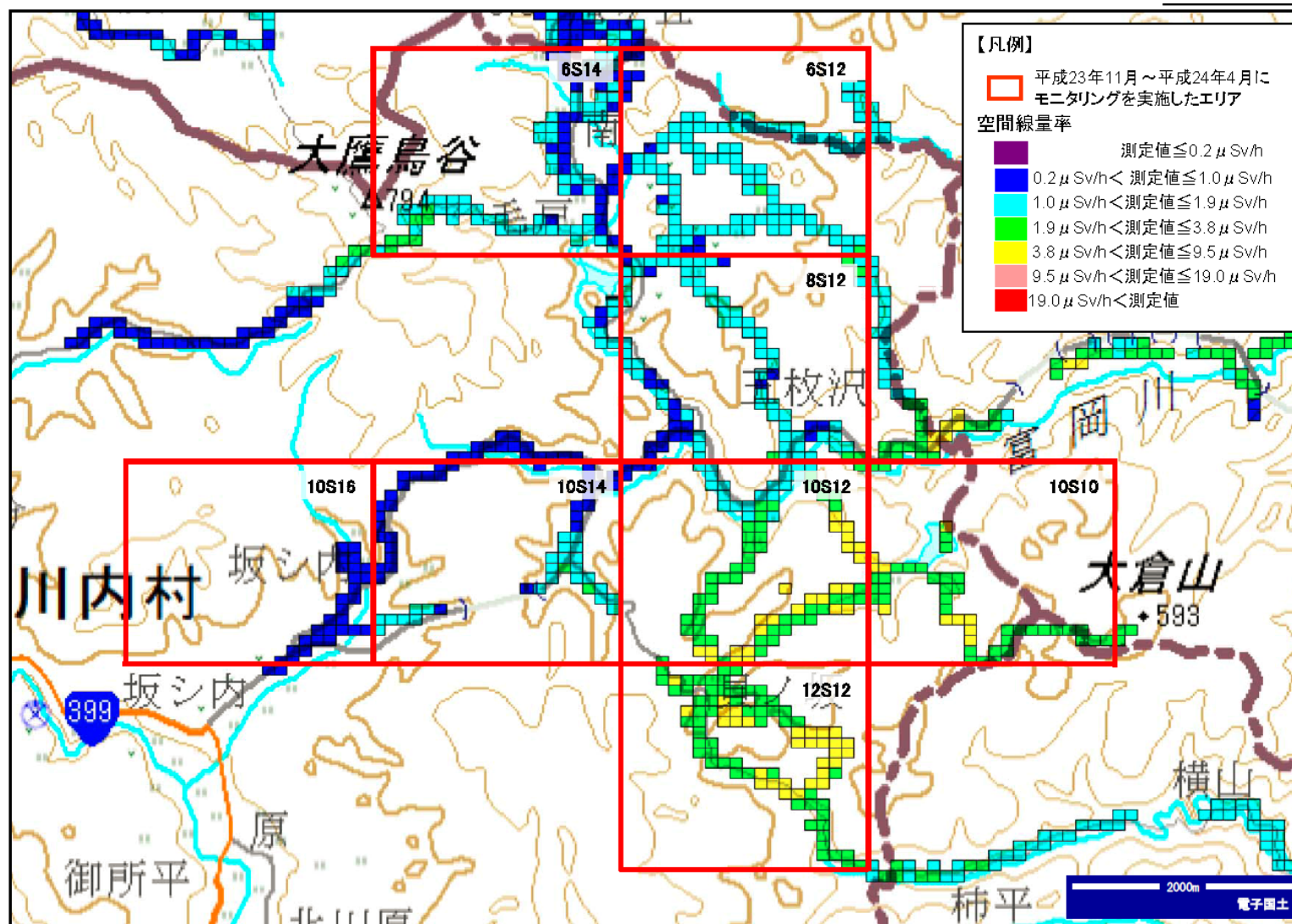
別紙 4 檜葉町 詳細モニタリング結果



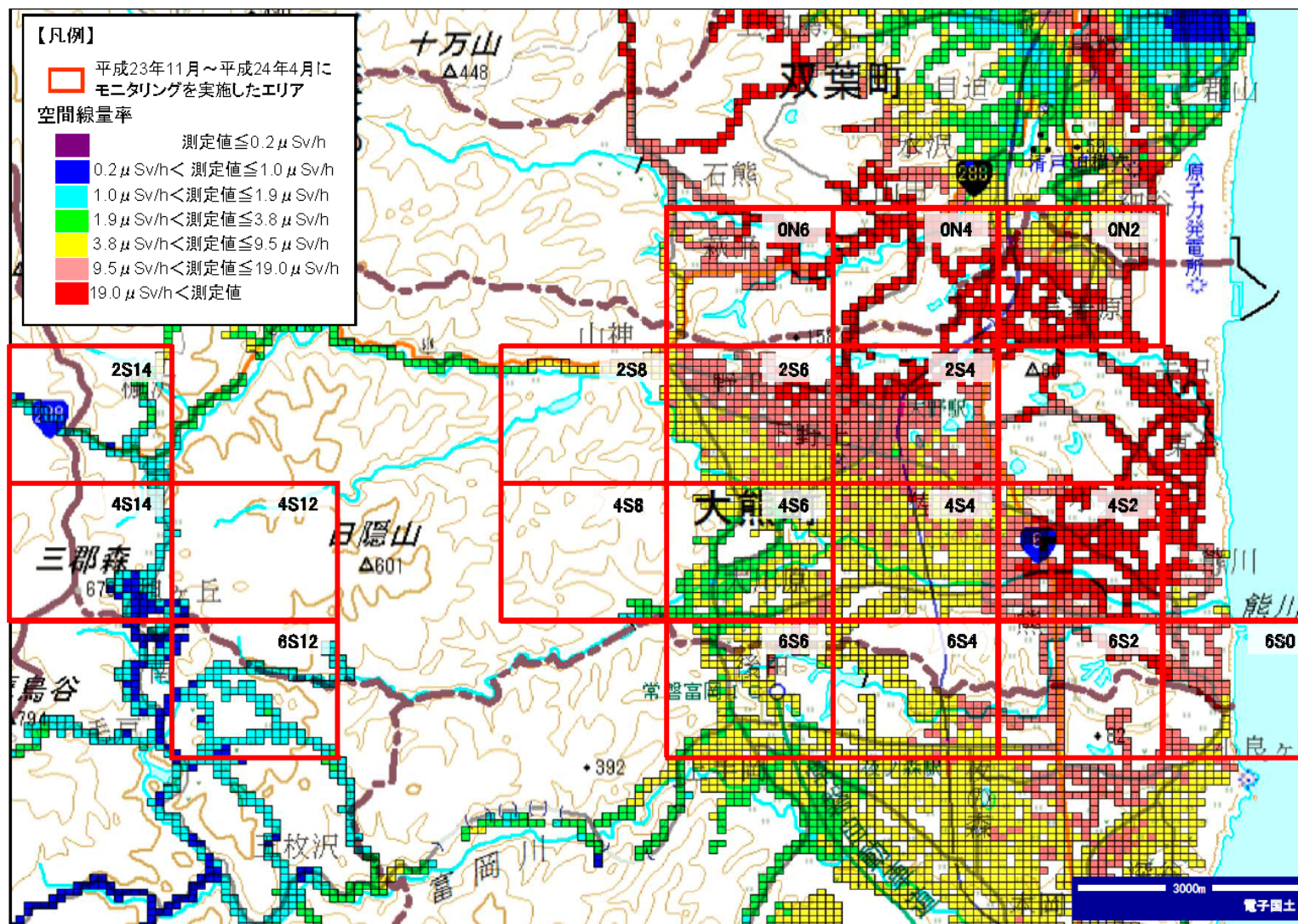
別紙 5 富岡町 詳細モニタリング結果



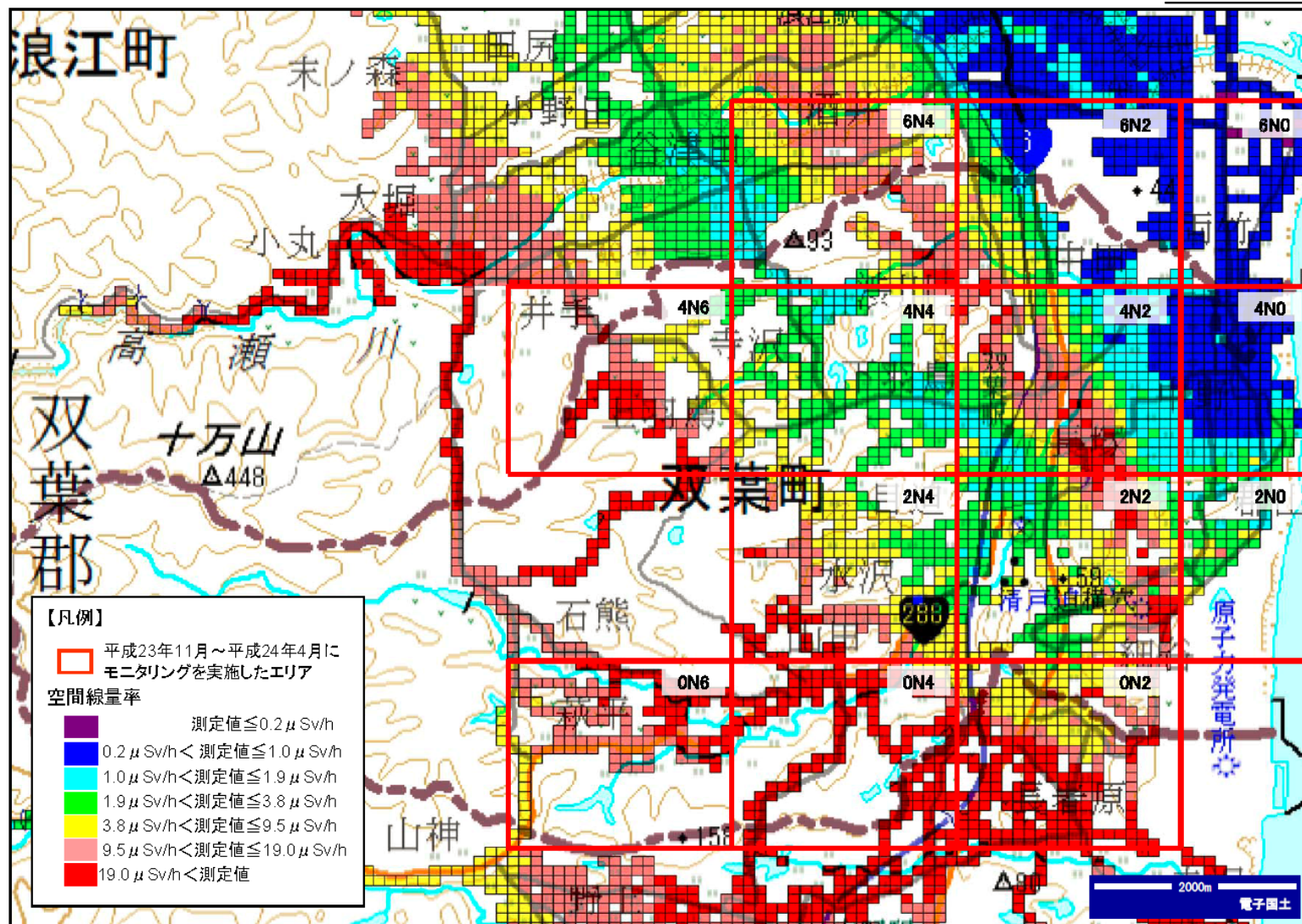
別紙 6 川内村 詳細モニタリング結果



別紙 7 大熊町 詳細モニタリング結果

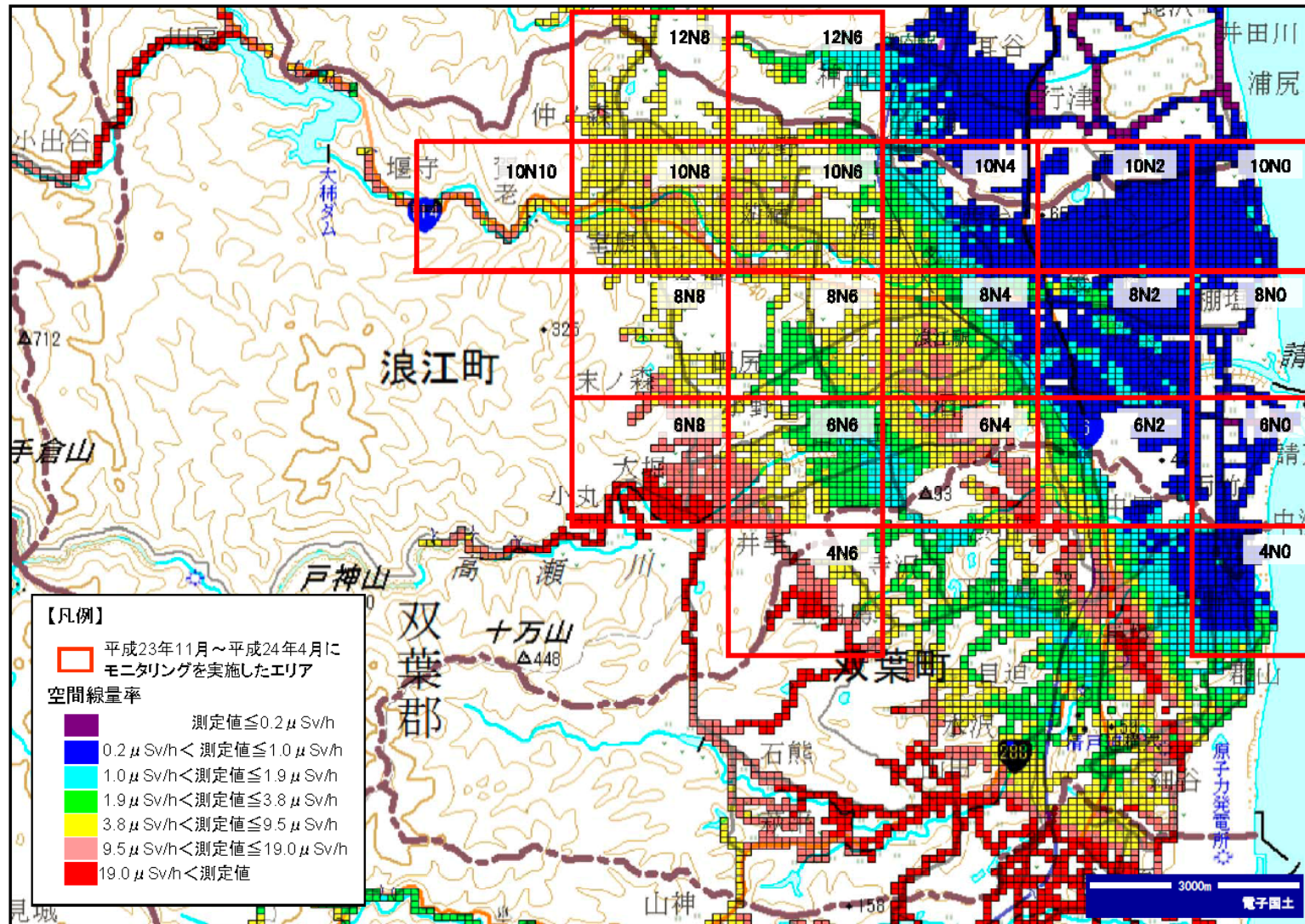


別紙 8 双葉町 詳細モニタリング結果

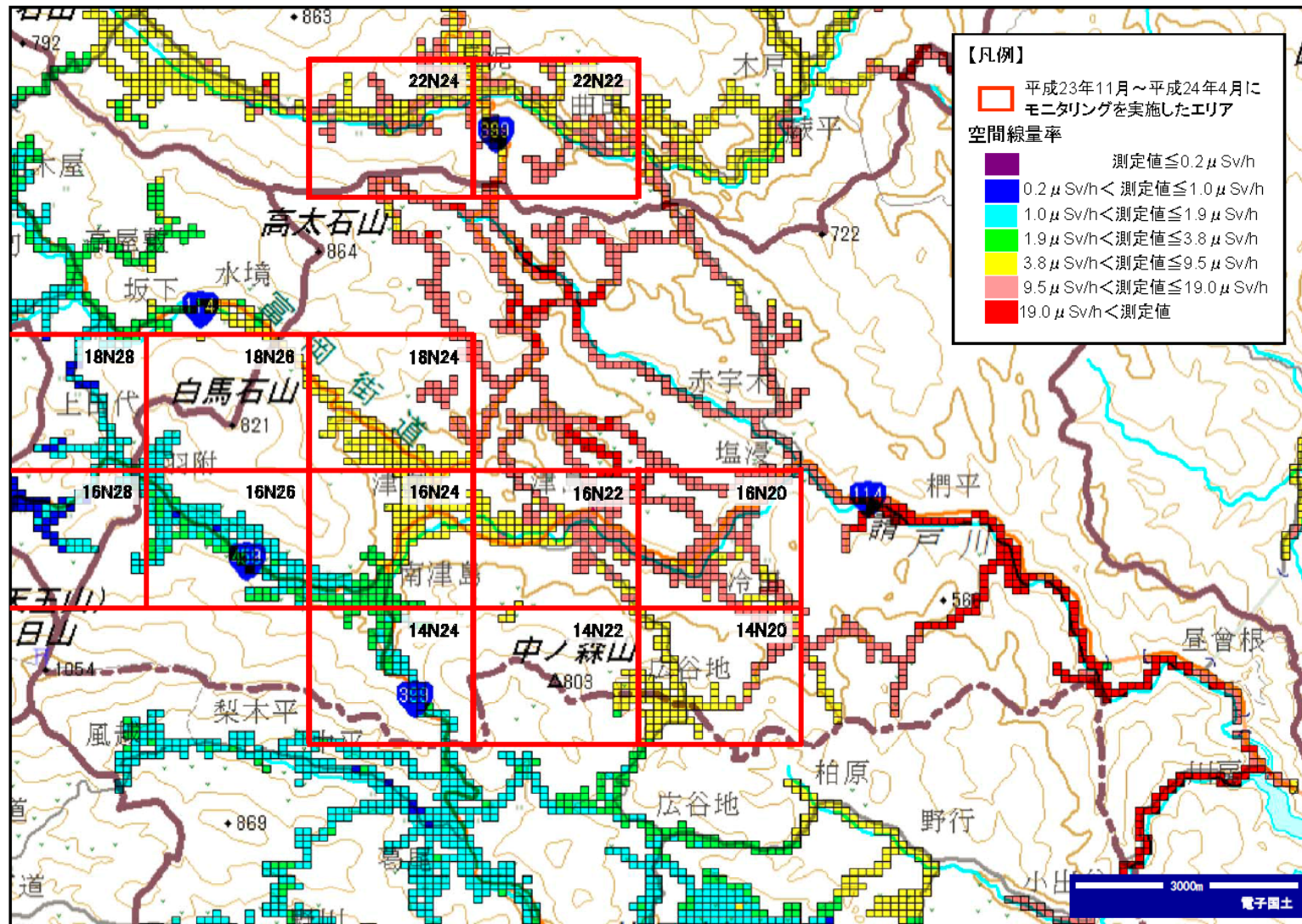




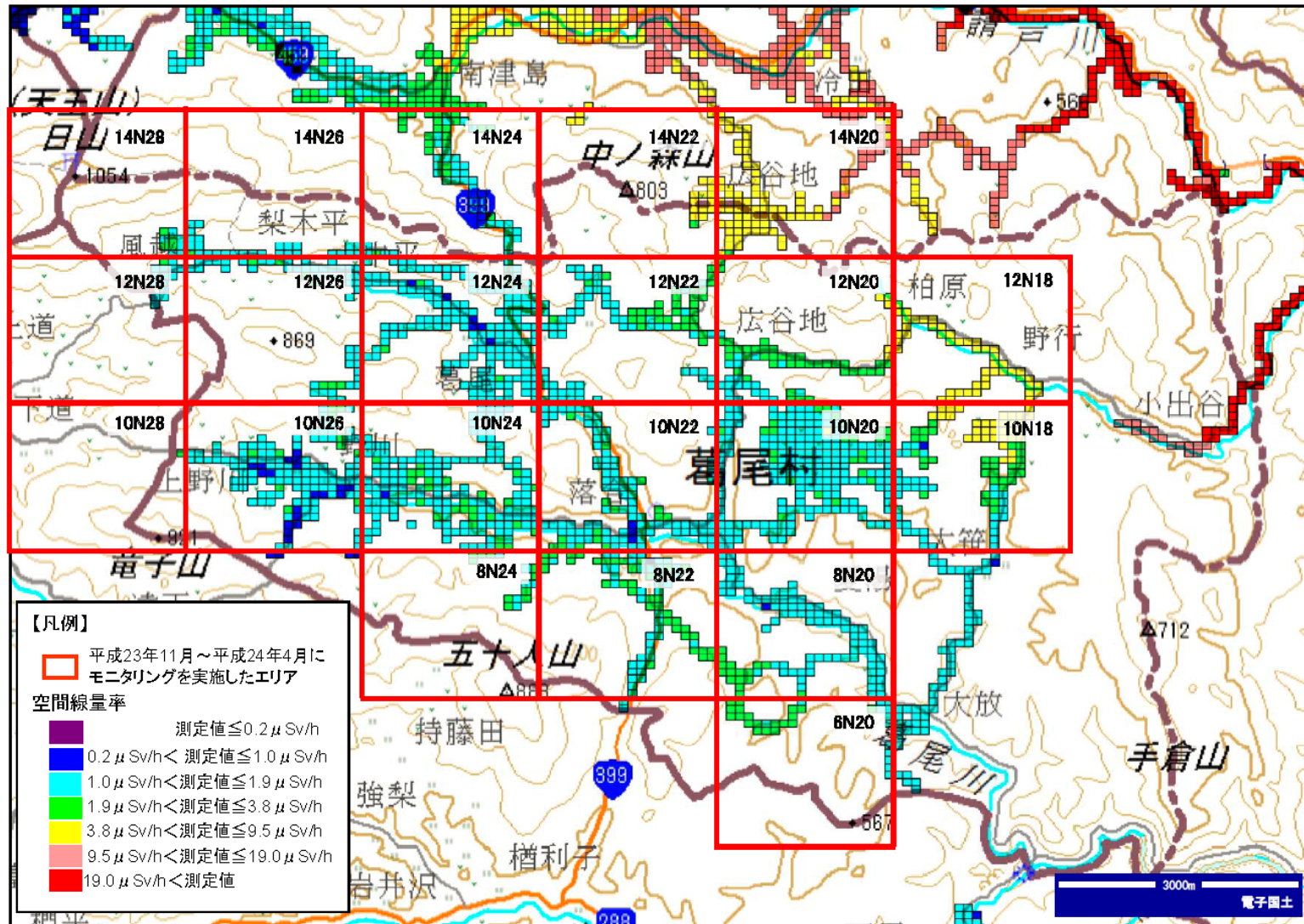
別紙 9-1 浪江町 詳細モニタリング結果



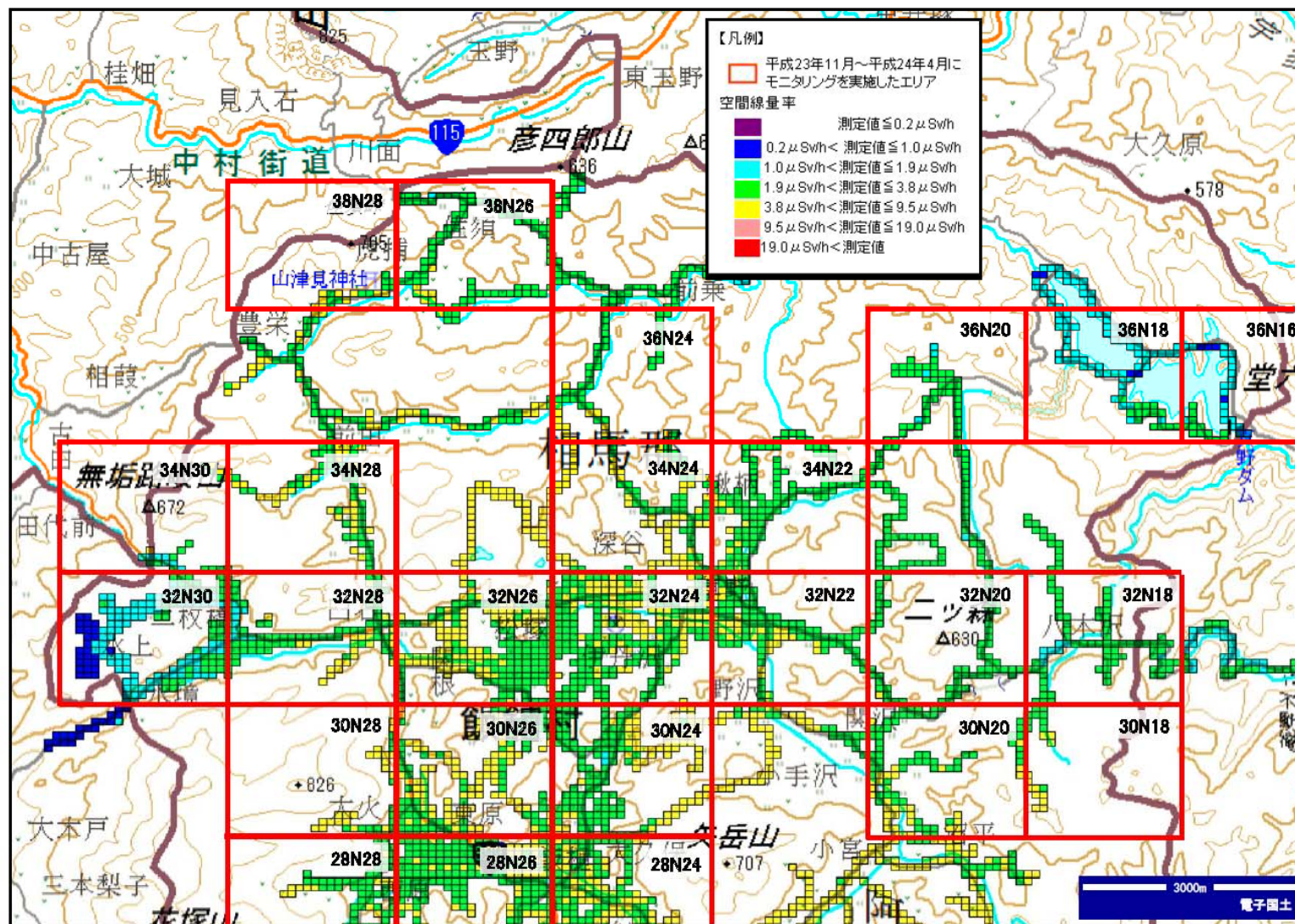
別紙 9-2 浪江町 詳細モニタリング結果



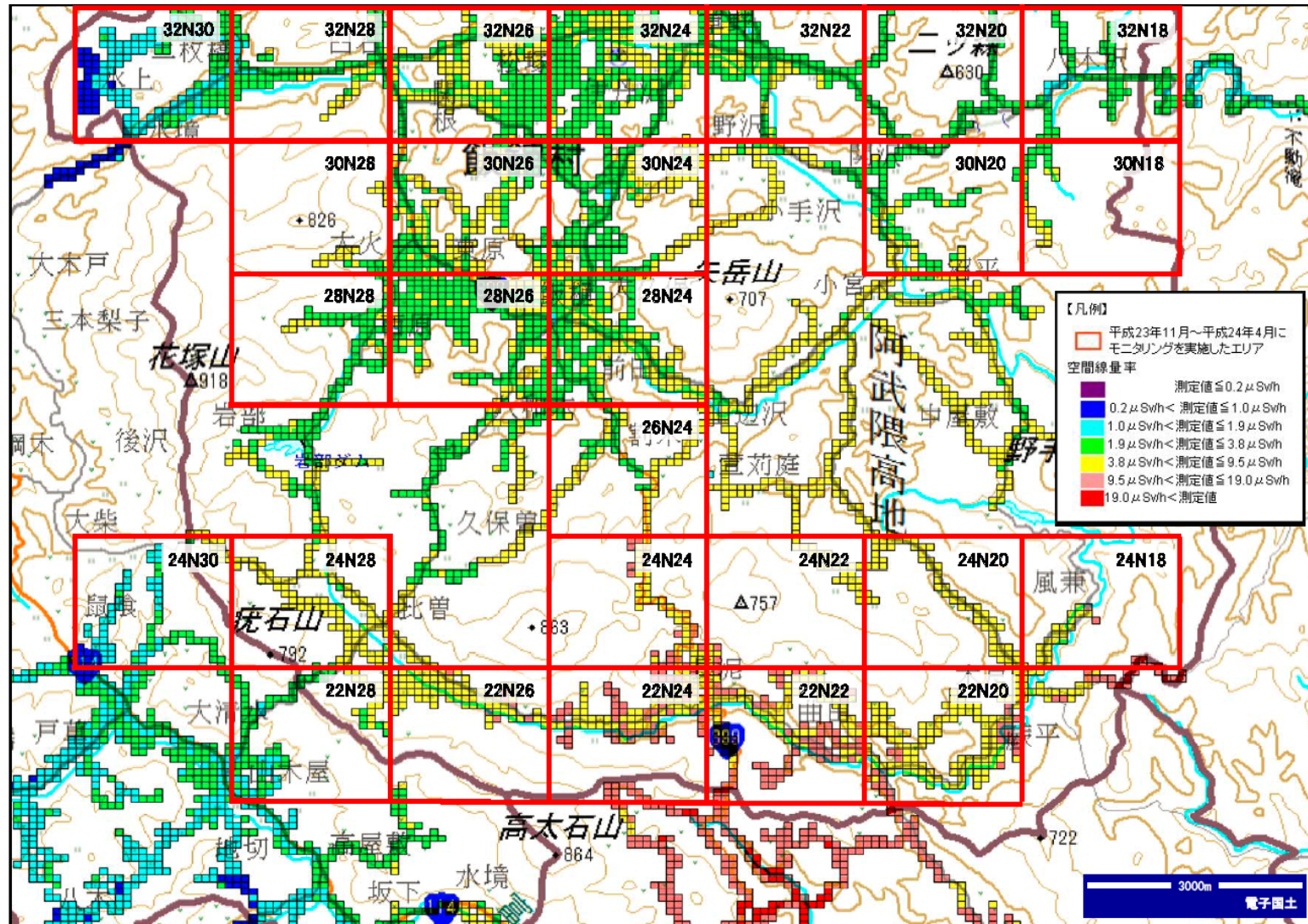
別紙10 葛尾村 詳細モニタリング結果



別紙 11-1 飯館村 詳細モニタリング結果



別紙 11-2 飯館村 詳細モニタリング結果



福島第一原子力発電所事故に係る  
避難区域等における除染実証業務

報告書概要版  
【詳細モニタリング事業編】

平成24年6月

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

# 無人ヘリによるモニタリング技術の実証

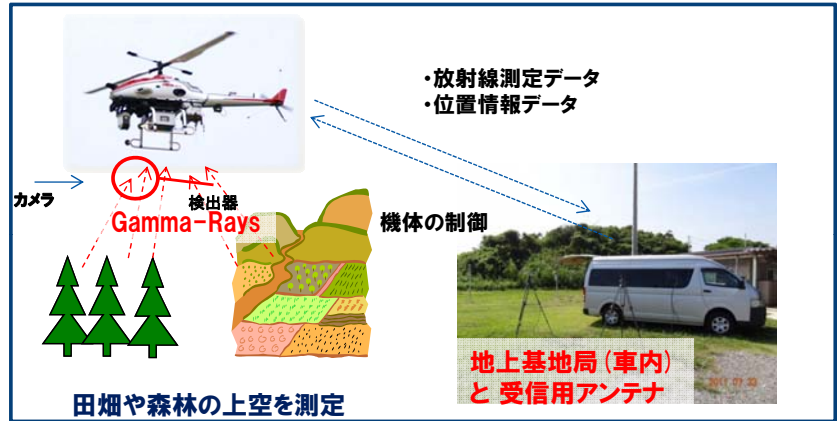
福島原発事故による環境モニタリングを進める上で、...

- ・マッピング
- ・測定員と線源との距離確保
- ・人手のかからない

除染効果の確認

- ・除染前後で同じ場所を測定できる

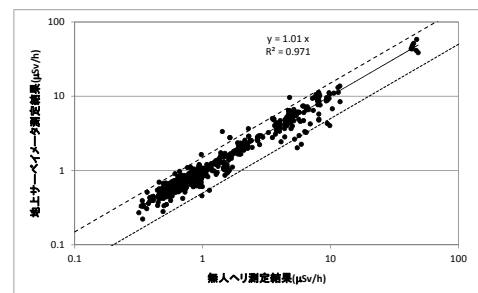
無人ヘリによるモニタリング方法の確立と現場への適用



## 《特長》

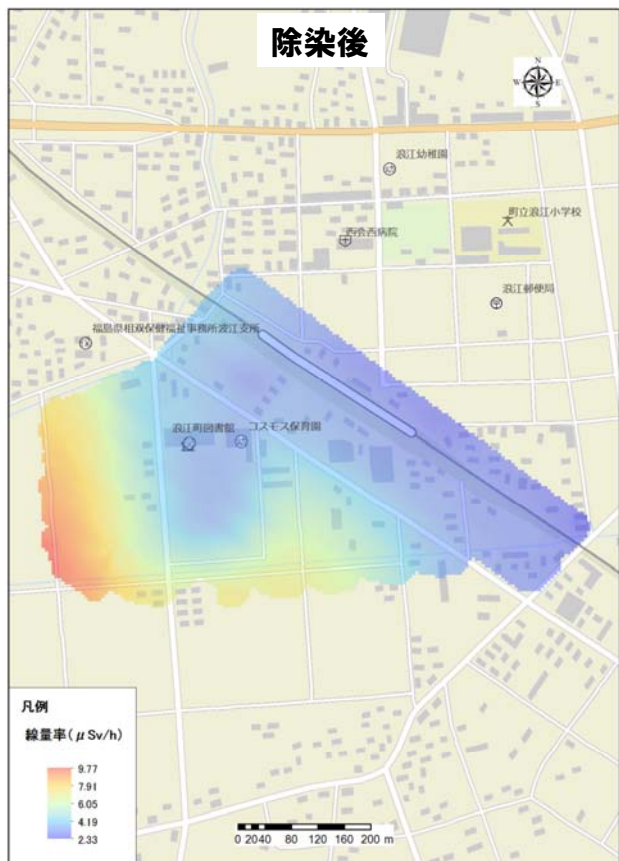
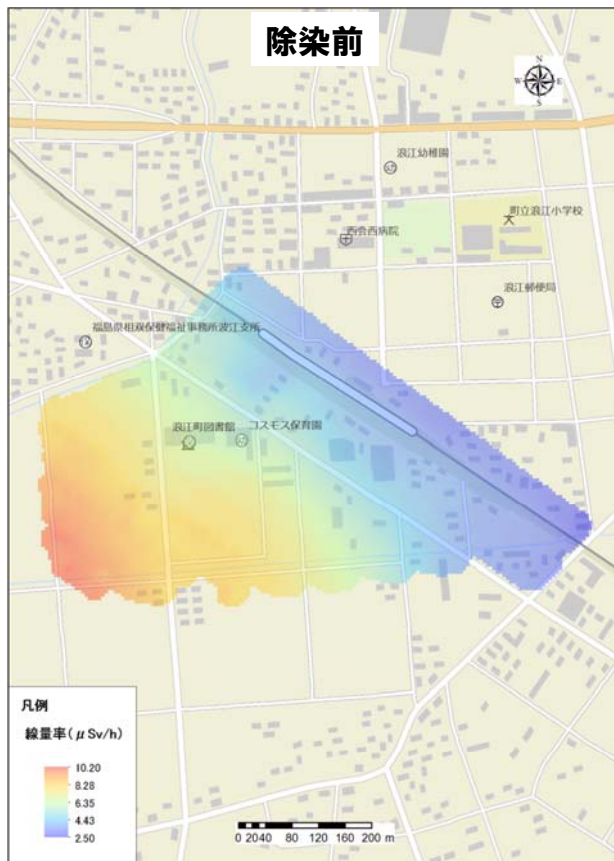
1. 人が容易に立ち入れない場所(高線量率場、森林、田んぼ等)での測定が可能
2. 地上局を安全な場所に設置できる(眺望の良いところ; < 数 km)
3. 放射線の他、映像もリアルタイムで把握できる
4. 位置が正確に把握できる(GPS、自律飛行)
5. 事前に飛行プログラムが設定できる(定期観測が可能)ー除染前後、時間変化
6. 低高度(<300m)での観測が可能(航空法の対象外)
7. ホバリングも可能 \*モニタリング場所の周辺には人がいないこと。

地上におけるNaIサーベイメータの測定値と比較



0.5-1.5の範囲でよく一致

1



2

# 除染計画策定のための詳細モニタリング事業

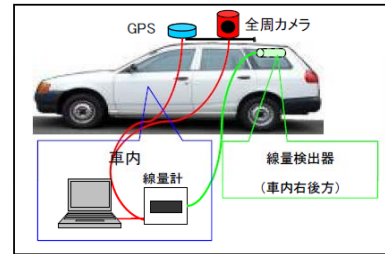
放射性物質汚染対処特措法に基づき国が除染を実施する地域(警戒区域、計画的避難区域)\*において、居住地を中心に詳細な空間線量分布図を作成し、同法に基づく除染実施計画策定のための参考とするため、詳細なモニタリングを行うもの。



無人ヘリコプタによるモニタリング



測定員によるモニタリング



車両によるモニタリング

- ①50mSv/年 周辺地域：平成23年12月15日～12月21日、平成24年1月6日～1月16日  
走行モニタリングおよび測定員による測定
- ②20mSv/年 周辺地域：平成23年11月7日～11月24日  
走行モニタリングおよび測定員による測定
- ③10mSv/年 周辺地域：平成24年2月17日～2月28日、平成24年4月6日～12日  
走行モニタリングおよび測定員による測定
- ④5mSv/年 周辺地域：平成24年1月6日～3月3日  
無人ヘリモニタリングによる測定
- ⑤1mSv/年 周辺地域：平成24年2月17日～2月28日  
走行モニタリングによる測定

