

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における
詳細モニタリングについて

(最終報告)

平成24年5月

環境省

1. 詳細モニタリングの目的

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、住居等及び農用地を中心に詳細な空間線量率分布図を作成し、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。

（※警戒区域および計画的避難区域であった地域も含む。以下同様）

2. 実施概要

(1) 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）※も活用した。

（※ <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120202.html> ）

(2) モニタリング範囲

警戒区域及び計画的避難区域において、空間線量率が20mSv/年及び50mSv/年に相当する地域のほか、より空間線量率が低い地域（1mSv/年、5mSv/年、10mSv/年）についてもモニタリングを実施した。

具体的には、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、2×2kmメッシュ毎に選定し、さらにその中を原則として100mメッシュ毎に区切った。このメッシュのうち、住居等及び農用地であり、かつ、上記の①～⑤の空間線量率の境界付近に該当する地域についてモニタリングを実施し、詳細な空間線量率の分布を把握した。

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。

(3) モニタリング方法

100mメッシュ毎のデータを効率よく把握するため、既存データを活用するとともに、自動車に測定機器を取り付けたモニタリングカーにより走行しながら測定する走行モニタリング、無人ヘリコプタに測定器を取り付けて上空から測定する無人ヘリモニタリング、測定員によるモニタリングを併用して、データを収集した。モニタリング方法選定の基本的な考え方は以下のとおりである。

- ・モニタリングカーによる走行モニタリング : 市街地、住宅地、郊外の道路上
- ・無人ヘリコプタまたは測定員によるモニタリング : 学校、公園、道路のない田畑等

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。
- ・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。

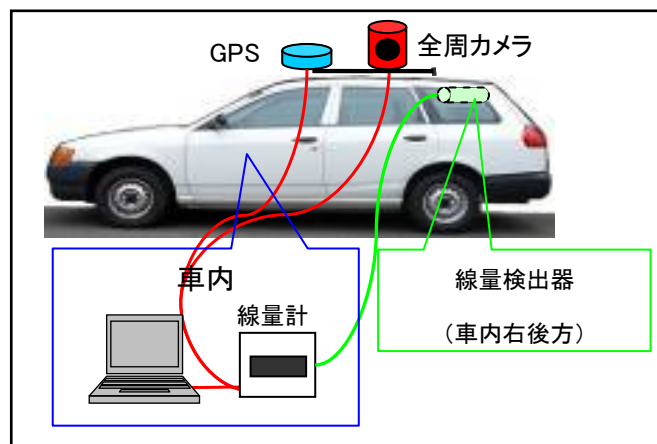


図1 モニタリングカー

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。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を用いて補正を加えている。
- ・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、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 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

- ・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」（文部科学省・日本原子力研究開発機構）に基づき実施する。
- ・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3 測定員によるモニタリング

(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[※] : 測定員によるモニタリング及び走行モニタリング実施
- （※ 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）

3. モニタリング結果

(1) モニタリング結果全体の概要（別紙1参照）

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

1.9～3.8 μ Sv/hのメッシュ（緑色）と3.8～9.5 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ Sv/h）近傍

発電所から北西に延びる9.5 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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。

(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 2-1、	別紙 2-2-1①②～ 9①②、	別紙 2-3-1～ 9
南相馬市	：別紙 3-1、	別紙 3-2-1①②～34①②、	別紙 3-3-1～34
川俣町	：別紙 4-1、	別紙 4-2-1①②～15①②、	別紙 4-3-1～15
檜葉町	：別紙 5-1、	別紙 5-2-1①②～14①②、	別紙 5-3-1～14
富岡町	：別紙 6-1、	別紙 6-2-1①②～18①②、	別紙 6-3-1～18
川内村	：別紙 7-1、	別紙 7-2-1①②～ 8①②、	別紙 7-3-1～ 8
大熊町	：別紙 8-1、	別紙 8-2-1①②～18①②、	別紙 8-3-1～18
双葉町	：別紙 9-1、	別紙 9-2-1①②～13①②、	別紙 9-3-1～13
浪江町	：別紙10-1-1～2、	別紙10-2-1①②～33①②、	別紙10-3-1～33
葛尾村	：別紙11-1、	別紙11-2-1①②～21①②、	別紙11-3-1～21
飯舘村	：別紙12-1-1～2、	別紙12-2-1①②～37①②、	別紙12-3-1～37

4. まとめ

今回の詳細モニタリングによって、住居等及び農用地を中心に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ある程度明瞭となった。これらは、除染実施計画の策定や、除染事業の実施のための基礎資料として活用する予定である。

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つの方法を併用して実施した。それぞれの方法の妥当性については、「2. (3)測定方法」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、以下に示すようなそれぞれの方法の特徴を踏まえる必要がある。また、各地域における詳細な被ばく線量の評価や、除染等の実施に際しては、更に詳細なモニタリングを検討する必要がある。

①走行モニタリング

- 走行モニタリングによる道路上の空間線量率の測定結果は、道路周辺の土壌上の空間線量率よりも低いとの指摘がなされていることに留意する必要がある*。

(※「文部科学省による走行サーベイによる連続的な空間線量率の測定結果（平成23年12月時点）について」平成24年3月21日 参照

http://radioactivity.mext.go.jp/ja/contents/6000/5052/24/5600_032118.pdf)

②無人ヘリコプタによるモニタリング

- 無人ヘリコプタによる空間線量率のモニタリング範囲は半径20m～50mであるため、線量率の分布が急激に変化する場所では、地上における1点のデータと合致しない可能性がある。

③測定員によるモニタリング

- 原則として、100mメッシュの中心点1点の値を、メッシュの代表値として採用している。メッシュ内で土地利用区分や地形が大きく変化するなど、線量率の分布が大きく変化する場所では代表性が低くなる可能性がある。

<参考>

モニタリング結果の100mメッシュ表記について

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。表記方法の概要及び事例(南相馬市の例)を示す。

(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(別紙1の黒枠)。また、市町村ごとのモニタリング対象2×2kmメッシュの位置とメッシュ名(座標番号)は、別紙3-1の赤枠及びその中の番号で示すとおりである。

(2) モニタリング方法ごとの100mメッシュ代表値の取扱い

上記(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) 測定値の100mメッシュ表記

(1)で示した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。南相馬市を例として図4に示す。

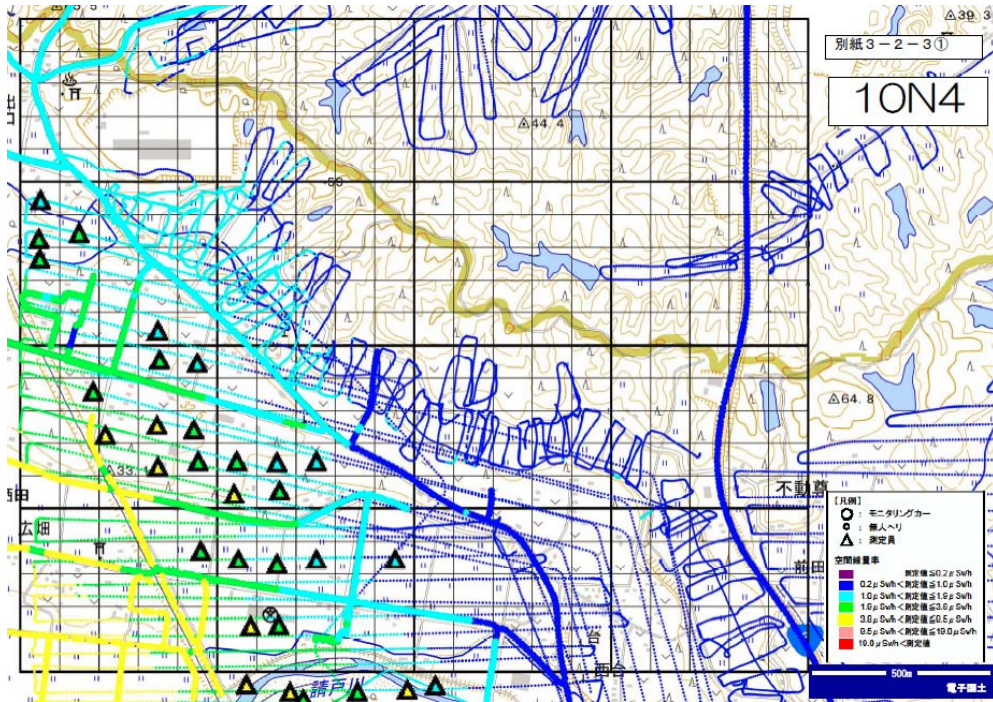


図4 各モニタリングによる測定値の展開図例(南相馬市)

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、各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5)。なお、代表値の取り扱いは(2)のとおりである。

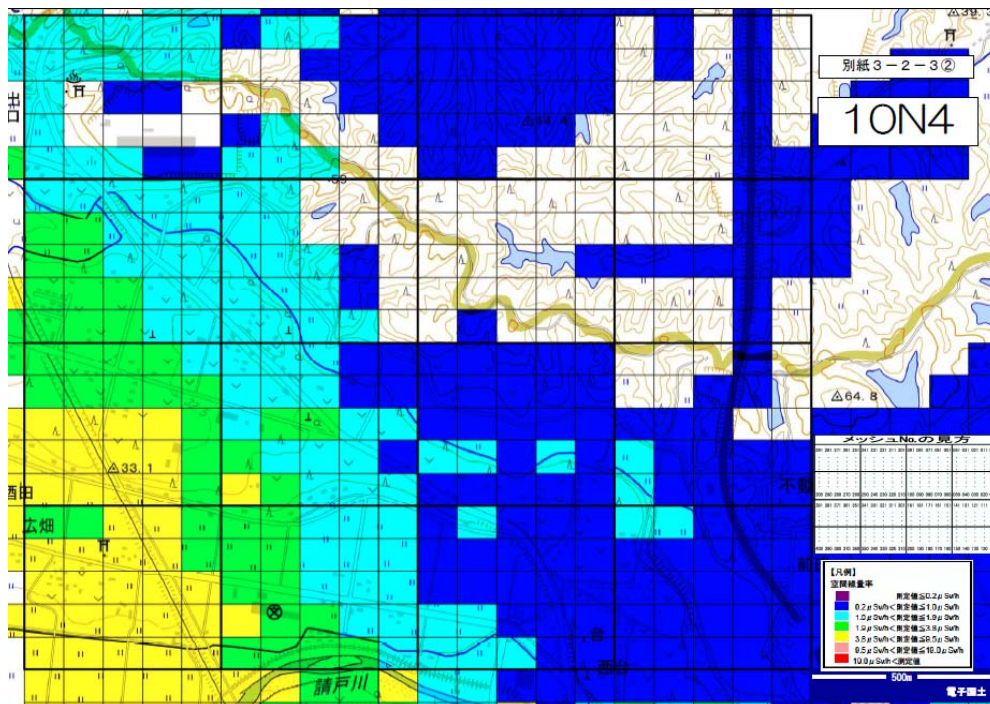


図5 100mメッシュによる空間線量率分布図の例(南相馬市)

また、各100mメッシュには、2×2kmメッシュごとに図6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。

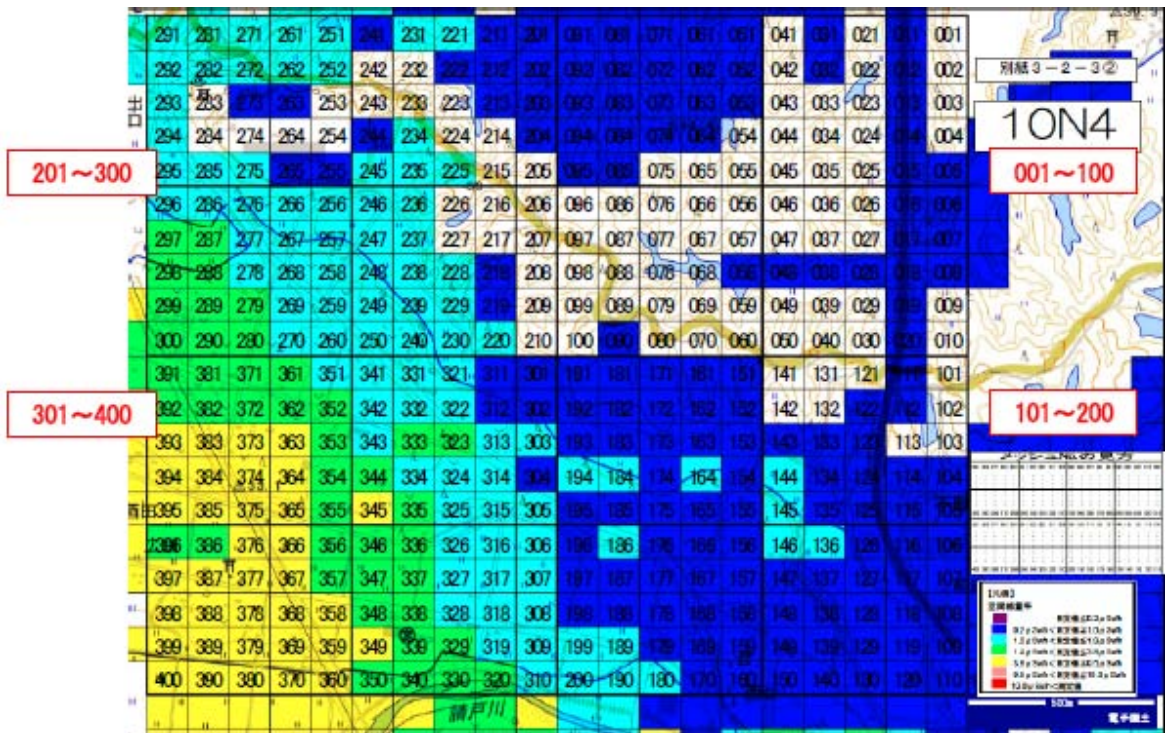


図6 100mメッシュ表記例とメッシュ番号

なお、各メッシュごとの空間線量率は、以下のような一覧表としてもとりまとめた。

表1 100mメッシュごとの測定値一覧例(南相馬市)

別紙3-3-3

詳細モニタリング結果一覧(10N04)

※1 電離箱における値
※2 NaI(ヨウ化ナトリウム)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
10N04-005	南相馬市小高区下浦	2012/2/8	0.7 ^{※2}	無人ヘリ	
10N04-006	南相馬市小高区下浦	2012/2/8	0.6 ^{※2}	無人ヘリ	
10N04-007	南相馬市小高区下浦	2012/2/6	0.5 ^{※2}	無人ヘリ	
10N04-008	南相馬市小高区下浦	2012/2/6	0.5 ^{※2}	無人ヘリ	
10N04-011	南相馬市小高区行津	2012/2/19	0.5 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-012	南相馬市小高区上浦	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-013	南相馬市小高区行津	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-014	南相馬市小高区行津	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-015	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.8 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-016	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-017	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.6 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-018	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-019	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-020	南相馬市小高区下浦	2011/11/14	0.7 ^{※2}	モニタリングカー	
10N04-028	南相馬市小高区下浦	2012/2/6	0.6 ^{※2}	無人ヘリ	

(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
<hr/>		
①～④の合計	23,486	メッシュ