

# 人為的なかく乱の少ない平坦な開かれた土地における 空間線量率分布測定

三上 智、斎藤 公明（原子力機構）

## 1. 調査目的

空間線量率の分布と変化傾向を把握するため、平成 25 年度の調査では、福島第一原発から 80 km 圏内を中心に 6 月と 11 月の 2 回にわたり空間線量率の測定を行い、現在の空間線量率の詳細な分布状況を把握するとともに、過去の測定結果との比較により空間線量率の経時的変化の特徴を調べた。

## 2. 調査内容

### (1) 調査期間

平成 25 年 6 月調査：平成 25 年 6 月 3 日～7 月 4 日

平成 25 年 11 月調査：平成 25 年 10 月 28 日～12 月 4 日

### (2) 調査箇所

福島第一原発から 80 km 圏内の地域を 1 km×1 km のメッシュに分割し、福島第一原発事故以前にも住民が存在しなかった地域（非可住区域）を除いて各メッシュ内で測定に適した 1 箇所を測定箇所として選定した(図-1)。測定箇所までの道路が通行止め等により測定が困難であった箇所を除き、平成 25 年 6 月調査は 6,562 箇所、同年 11 月調査は 6,554 箇所において測定を実施した。

### (3) 調査内容の詳細

校正履歴の明確な信頼のおけるサーベイメータを使用して、地表面から 1 m 高さの空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) を測定した。空間線量率が 30  $\mu\text{Sv/h}$  未満の地域では NaI(Tl) シンチレーション式サーベイメータを用い、空間線量率が 30  $\mu\text{Sv/h}$  以上の地域では電離箱式サーベイメータを使用して測定を実施した。GPS を用いて測定箇所の位置情報を取得し、これらの情報を基に福島第一原発から 80 km 圏内の詳細な空間線量率マップを作成した。

## 3. 結果と考察

### (1) 空間線量率マップ

今年度の調査における空間線量率の測定結果を図-2 に示す。

平成 25 年 6 月から 11 月の約 5 ヶ月間の空間線量率の変化を確認するため、平成 25 年 6 月調査と 11 月調査における空間線量率を比較した。比較にあたっては、天然放射性核種からの空間線量率への寄与が 0.05  $\mu\text{Sv/h}$  と仮定<sup>1</sup>し、この寄与分を全ての空間線量率値から一律に差し引いた値を用いた。また、GPS データには 20 m 程度の測位誤差が含まれることを考慮し、11 月調査では、平成 25 年 6 月調査で測定した箇所から 20 m の範囲内にある箇所を同一箇所として扱った。両者の相関を図-3 に示す。空間線量率の積算値の比率(表-1)

<sup>1</sup> 放射線医学総合研究所，外部被ばく線量の推計について(外部被ばく線量評価システムの概要と避難行動のモデルパターン別の外部被ばく線量の試算結果)，平成 23 年 12 月 13 日，福島県 県民健康管理調査検討委員会，<http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/231213senryosuikei.pdf> .

を算出した。空間線量率の積算値を測定箇所数で割ると平均空間線量率になるため、空間線量率積算値の比較は平均空間線量率の比較と同じ意味を持つ。

平成 25 年 6 月調査と 11 月調査における空間線量率の比は 0.86 と評価され、この期間の空間線量率の減少は 14%であった。この期間の物理減衰による空間線量率の減少は 8%程度であるため、物理減衰以外の要因により空間線量率が 6%減衰していた。

平成 25 年 6 月調査時に対する 11 月調査時の空間線量率積算値の比を、6 月調査時の空間線量率の範囲ごとに示した(図-4)。6 月調査時に空間線量率が  $0.25 \mu\text{Sv/h}$  未満であった箇所ではその低減率が物理半減期から期待される値よりも小さかった。

## (2) 空間線量率の長期的変化

平成 23 年 6 月調査から平成 25 年 6 月調査までに約 24 ヶ月の時間が経過することで、空間線量率は 51%減衰していた。放射性セシウムの物理減衰に伴う空間線量率の減少は 24 ヶ月間で 37%程度と評価されるため(表-2)、主に降雨を始めとするウェザリング等の影響により、空間線量率が 14%減少していた。図-5(左図)の  $5.0 \mu\text{Sv/h}$  未満の線量率域のデータを観察すると、平成 23 年 6 月調査に比べて大幅に空間線量率が減少している箇所が複数確認された。左図の  $5.0 \mu\text{Sv/h}$  未満の部分拡大したのが右図である。平成 23 年 6 月調査に比べて空間線量率が 55%以上減少している箇所が全部で 171 箇所あった。この大幅に空間線量率が減少している箇所について除染状況を地元市町村等に確認したところ、これらのうちの 25 箇所を除染が行なわれていることが確認された。また、平成 23 年 6 月調査と平成 25 年 6 月調査の測定箇所の写真等とを比較して、整地や砂利敷き等により明らかに地面の状況が変わっている 92 箇所を抽出した。図-5において、除染が実施されたことを確認できた 25 箇所を赤色の印で、地面の状況が変化していると判断された 92 箇所を緑色の印で示す。

次に、赤色及び緑色の印で示した空間線量率が全て、除染あるいは土地利用状況の変化により変化したものと想定し、除染等の影響以外すなわち純粹にウェザリング効果により、どの程度空間線量率が減少したかを評価した。なお、平成 23 年 6 月調査と平成 25 年 11 月調査の比較にあたっては、平成 25 年 6 月調査と平成 25 年 11 月調査の測定箇所の写真を比較確認し、6 月から 11 月までの間に土地利用状況が変化した箇所として新たに 13 箇所を抽出している。また、それぞれの調査における空間線量率の積算値から評価した空間線量率の変化率を、除染等の影響を含めた場合と含めない場合について表-3 にまとめる。

除染等の影響を除いて評価した、平成 23 年 6 月調査から平成 25 年 6 月調査までの空間線量率の減少は、空間線量率積算値の比からは 46%であることが確認された。また、平成 23 年 6 月調査から平成 25 年 11 月調査までの空間線量率の減少は、空間線量率の積算値の比からは 53%であった。それぞれの期間における放射性セシウムの物理減衰のみを考慮した空間線量率の変化率はそれぞれ 37%と 42%である。従って、物理減衰及び除染以外の要因により空間線量率が 9~11%減衰していた。さらに、表-3 において、除染箇所を含めた場合と含めない場合で空間線量率積算値の比が異なることから、除染等の効果がデータに明確に現れてきている。

空間線量率変化の空間線量率との関連を調べるため、平成 23 年 6 月調査と平成 25 年度の 2 回の調査における空間線量率の比率を算出し、空間線量率の大きさごとに比較した(図-6)。上述した除染された箇所ならびに土地の利用状況が変化すると判断される箇所を除外した場合と、含めた場合との比較を行った結果、平成 24 年度の結果と同様に平成 23 年 6 月調査の空間線量率に関連して異なる傾向があることが確認された。特に、平成 23 年 6 月調査における空間線量率が  $0.25 \mu\text{Sv/h}$  以下の部分では放射性セシウムの物理減衰よりも

空間線量率の変化率が小さく、天然放射性核種からのバックグラウンド放射線の影響を差し引いても同様の傾向が観察された。除染箇所を含めた図と含めない図を比較すると、0.5～2.0  $\mu\text{Sv/h}$  の線量率範囲で明確な差があることから、除染の影響がこの空間線量率域で特に顕著に現れている。

空間線量率の減少傾向と土地利用状況との関係を調べるために、土地利用区分ごとに空間線量率の積算値の比率を比較した(図-7)。空間線量率測定の対象となっている攪乱のない平坦地においては、空間線量率の減少傾向と統計上の土地利用区分には明確な関係はないことが確認された。しかしながら、走行サーベイデータの解析によると、土地利用状況により空間線量率の減少傾向が明らかに異なる結果が得られている。この違いの原因は、走行サーベイにおいては様々な土地利用状況の地域を実際に走行して測定を行なっているのに対し、地表面から1 m 高さの空間線量率測定においては、土地利用分類にかかわらず、周辺に物体が存在しないある程度の広さを持つ土地という同様の条件を持つ平坦地を選んで測定を行なっているためと考えられる。

表-1 平成25年6月調査と11月調査の空間線量率の積算値の比較

(平成25年6月調査と11月調査において測定場所が合致する5,968箇所の空間線量率をそれぞれ積算し、その比率を算出)

調査期間	空間線量率 の積算値	平成25年6月調査との比率	
		積算値から算出	物理減衰による 減衰から算出
平成25年6月調査 (平成25年6月3日～7月4日)	3,809	-	-
平成25年11月調査 (平成25年10月28日～12月4日)	3,272	0.86	0.92

(データ数 n= 5,968)

表-2 平成23年6月調査と平成25年6月調査の空間線量率の積算値の比較

(平成23年6月調査と平成25年6月調査において測定場所が合致する687箇所の空間線量率をそれぞれ積算し、その比率を算出)

調査期間	空間線量率 の積算値	平成23年6月調査との比率	
		積算値から算出	物理減衰による 減衰から算出
平成23年6月調査 (平成23年6月4日～7月8日)	858	-	-
平成25年6月調査 (平成25年6月3日～7月4日)	421	0.49	0.63

(データ数 n= 687)

表-3 平成23年6月と平成25年度調査の空間線量率の積算値の比較

(平成23年6月と平成25年6月調査及び11月調査において測定場所が合致する箇所の空間線量率をそれぞれ積算し、その比率を算出)

除染箇所等を含めた575箇所で算出

調査期間	空間線量率 の積算値	平成23年6月調査との比率	
		積算値から算出	物理減衰による 減衰から算出
平成23年6月調査 (平成23年6月4日～7月8日)	742	-	-
平成25年6月調査 (平成25年6月3日～7月4日)	370	0.50	0.63
平成25年11月調査 (平成25年10月28日～12月4日)	319	0.43	0.58

(データ数 n= 575)

除染が確認された22箇所及び地面の状況が変化していると判断された85箇所を除いて算出

調査期間	空間線量率 の積算値	平成23年6月調査との比率	
		積算値から算出	物理減衰による 減衰から算出
平成23年6月調査 (平成23年6月4日～7月8日)	619	-	-
平成25年6月調査 (平成25年6月3日～7月4日)	336	0.54	0.63
平成25年11月調査 (平成25年10月28日～12月4日)	292	0.47	0.58

(データ数 n= 468)



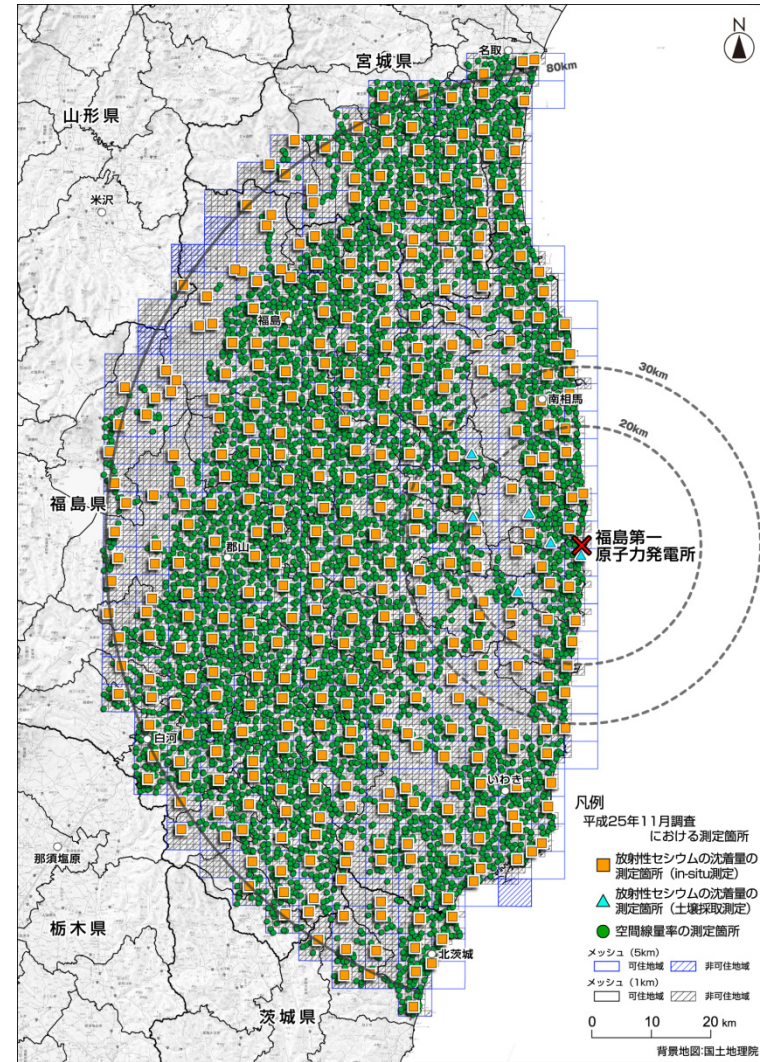
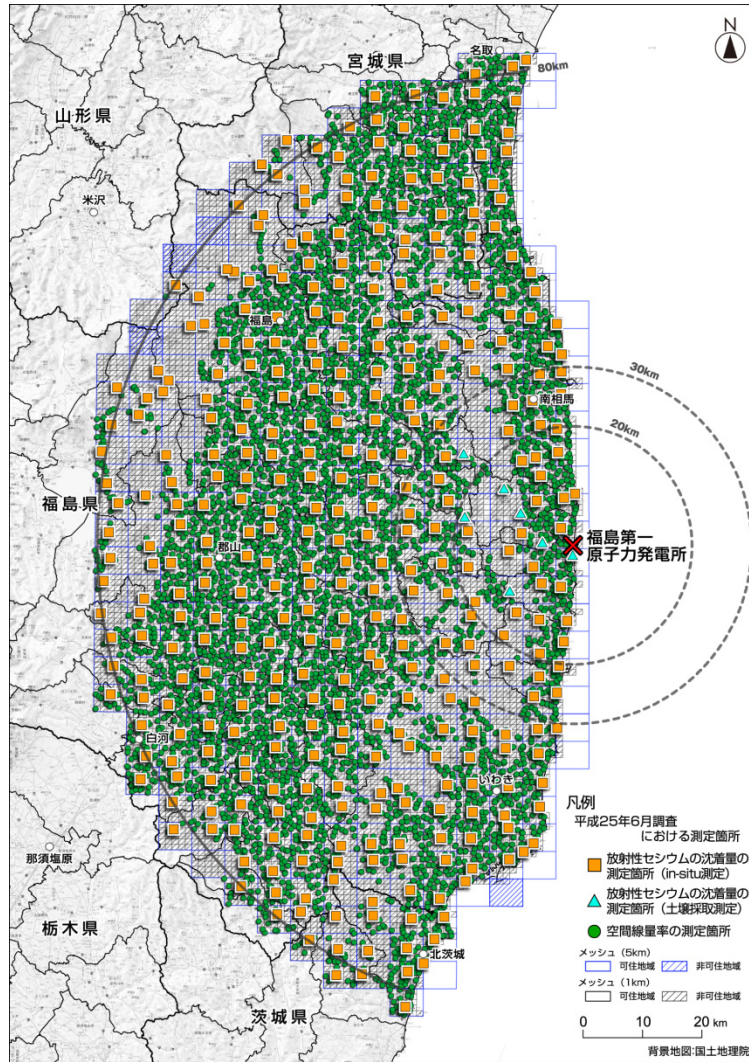


図-1 平成25年度の調査における空間線量率の測定箇所（放射性セシウムの沈着量の測定箇所を含む）  
（左図が平成25年6月調査、右図が平成25年11月調査）



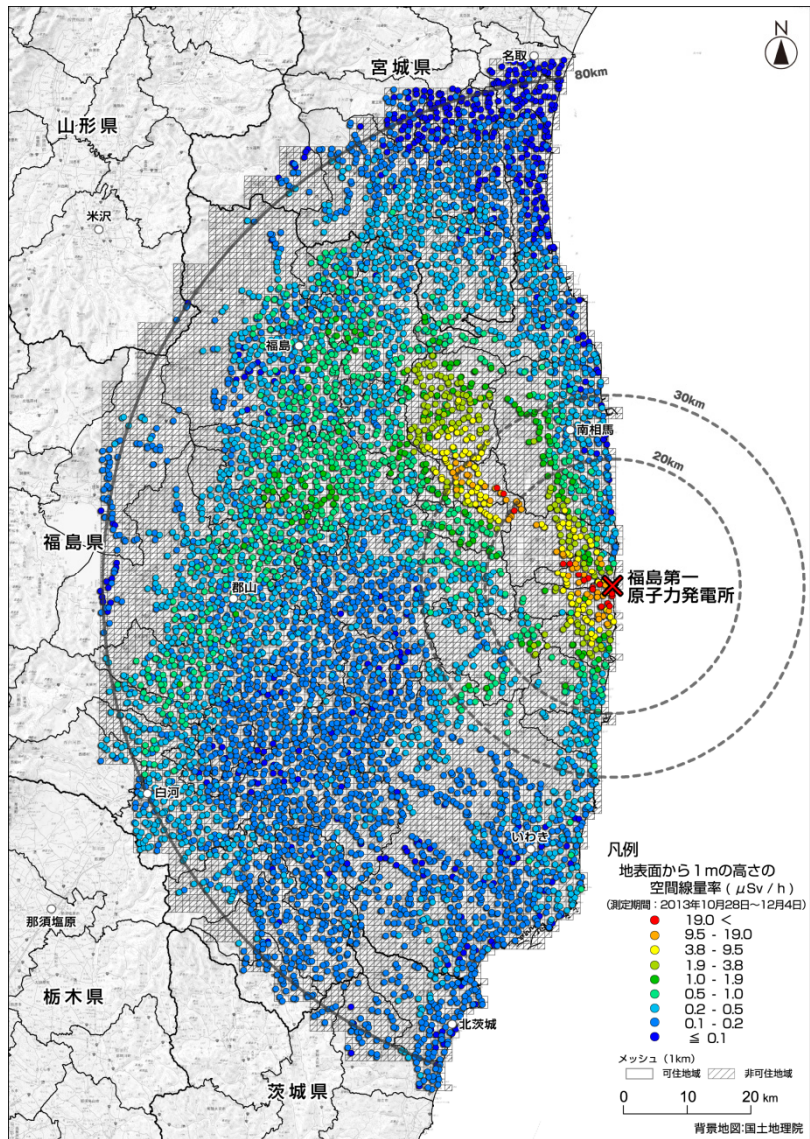
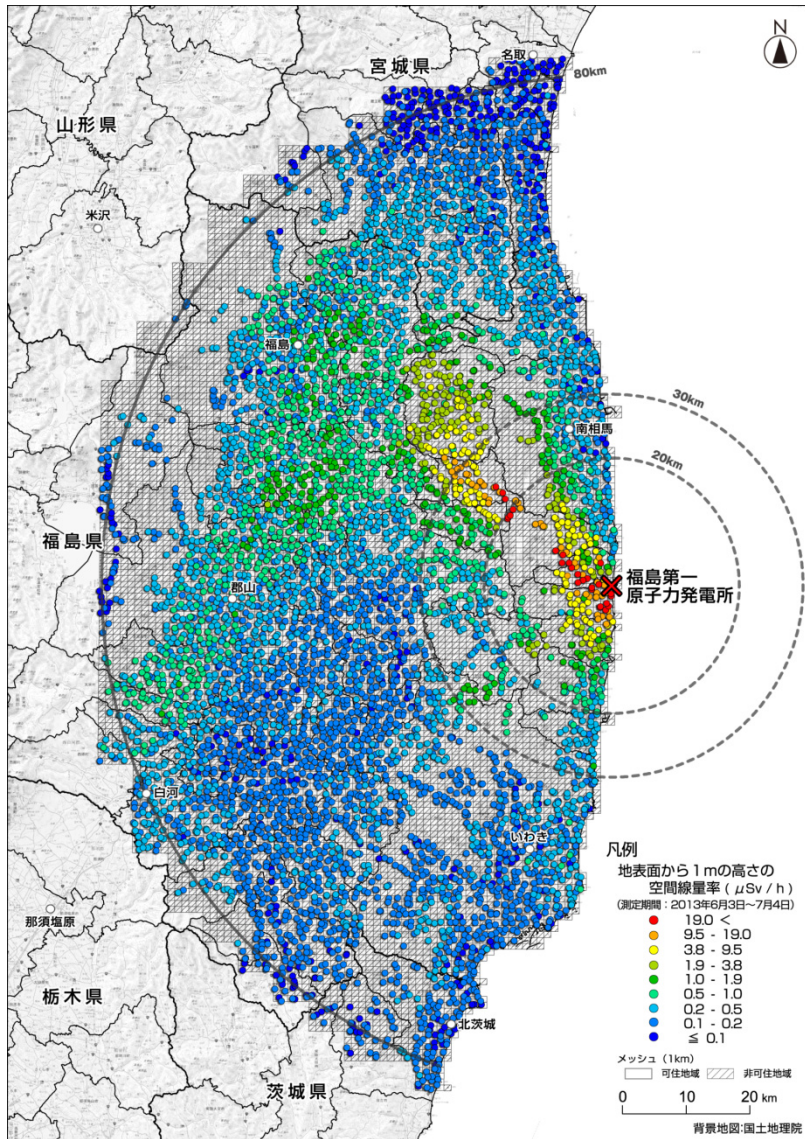


図-2 サーベイメータによる地表面から1m高さの空間線量率の測定結果を記したマップ  
(左図: 平成 25 年 6 月調査、右図: 同年 11 月調査)

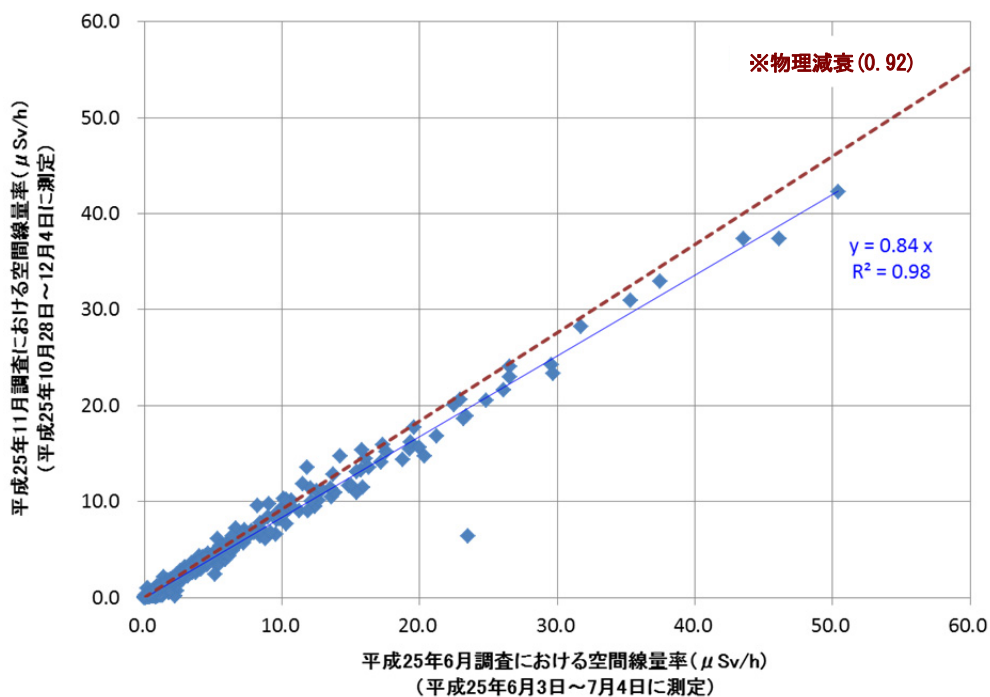


図-3 平成25年6月調査と平成25年11月調査での空間線量率の変化  
(データ数 n= 5,968)

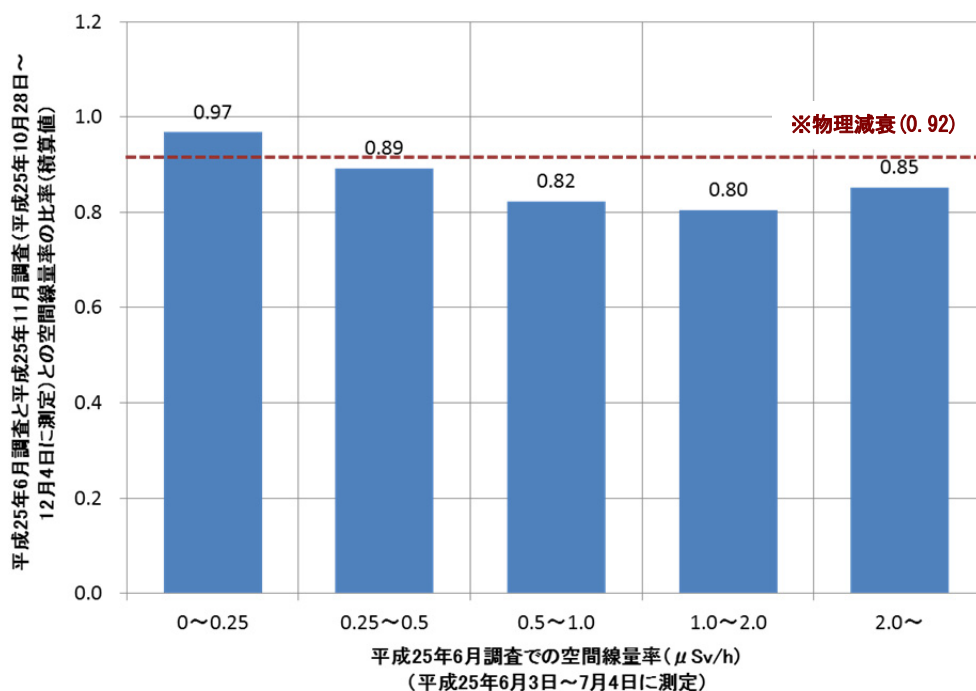


図-4 平成25年6月から同年11月までの空間線量率の減少率と  
平成6月時点の空間線量率との関係

(空間線量率の比率は、平成25年6月調査で測定された空間線量率の積算値に対する平成25年11月調査で測定された空間線量率の積算値の比率を指す。)(データ数 n= 5,968)



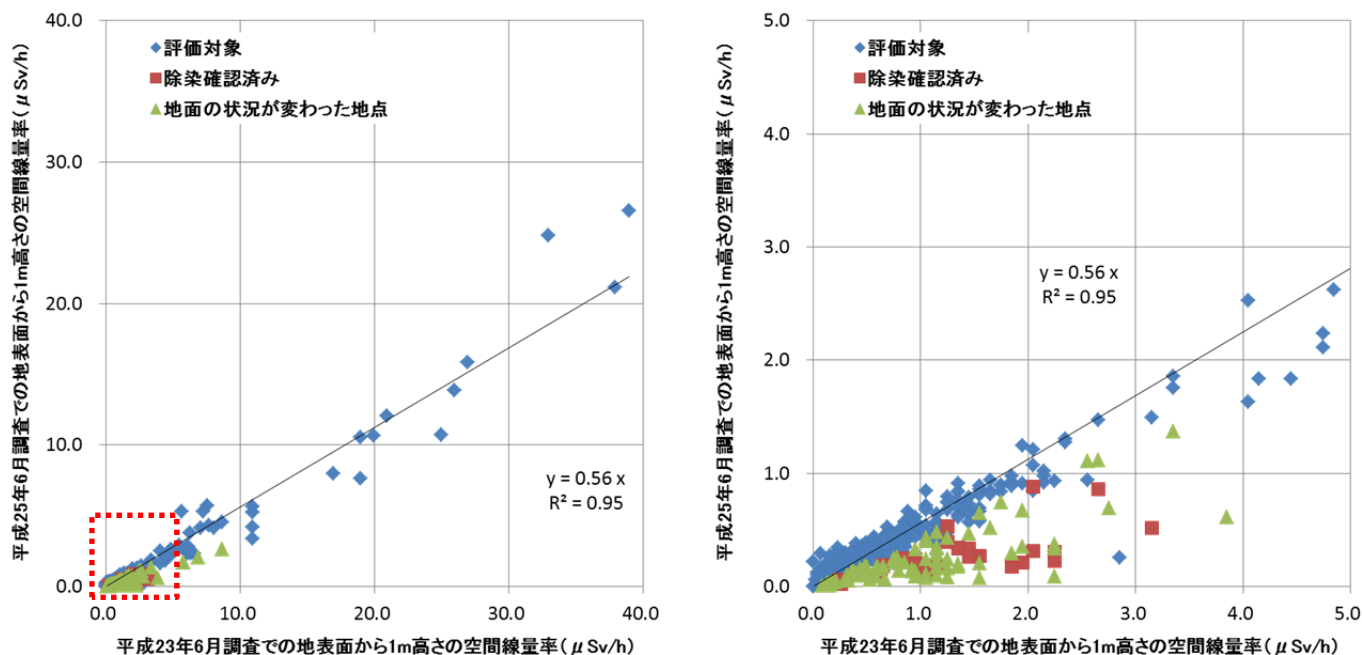


図-5 平成23年6月調査と平成25年6月調査の空間線量率の測定結果の比較  
 (右図は、左図の赤点線で囲んだ部分を拡大したもの。赤色のポイントは、平成23年6月調査以降に除染した25箇所。緑色のポイントは、地面の状況が変化していると判断された92箇所。) (データ数 n= 687)

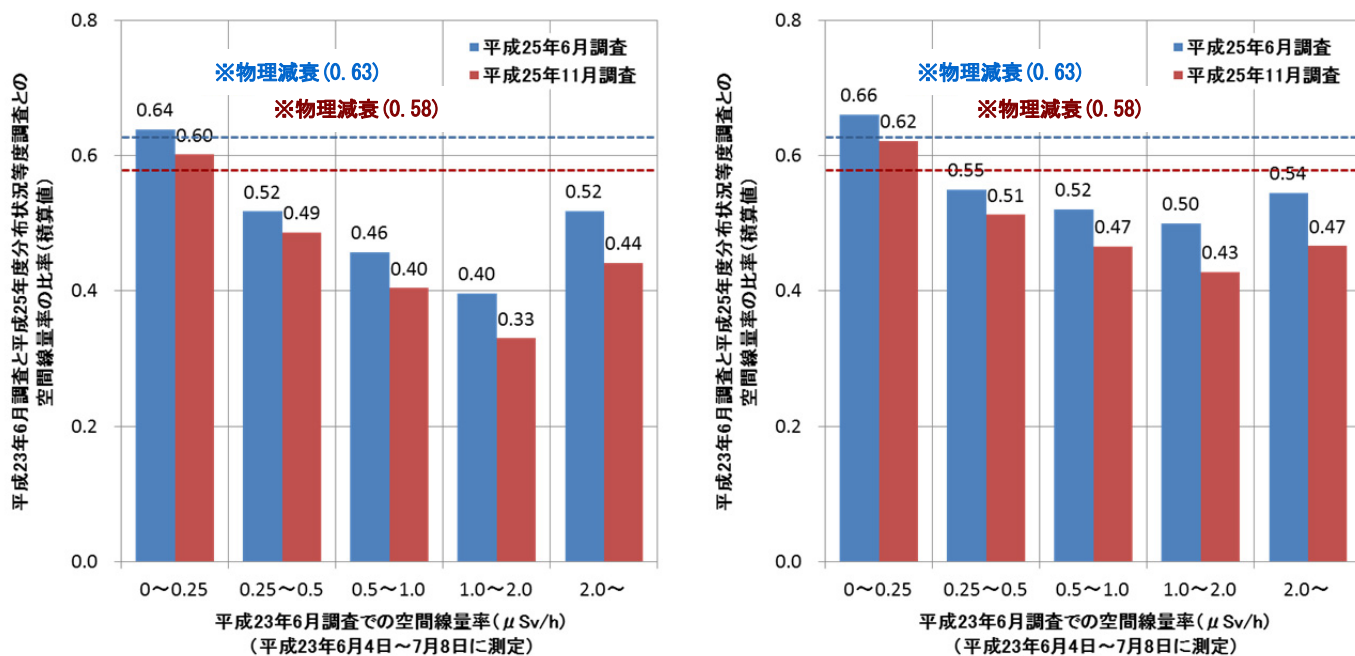


図-6 平成23年6月から平成25年6月(青)及び11月(赤)までの空間線量率の減少率と平成23年6月の時点の空間線量率との関係(積算値で比較)  
 (左図は、平成23年6月調査以降に除染した箇所及び地面の状況が変化していると判断された箇所を含めて算出(データ数 n= 575)。右図は、これら除染箇所等を除外して算出(データ数 n= 468))

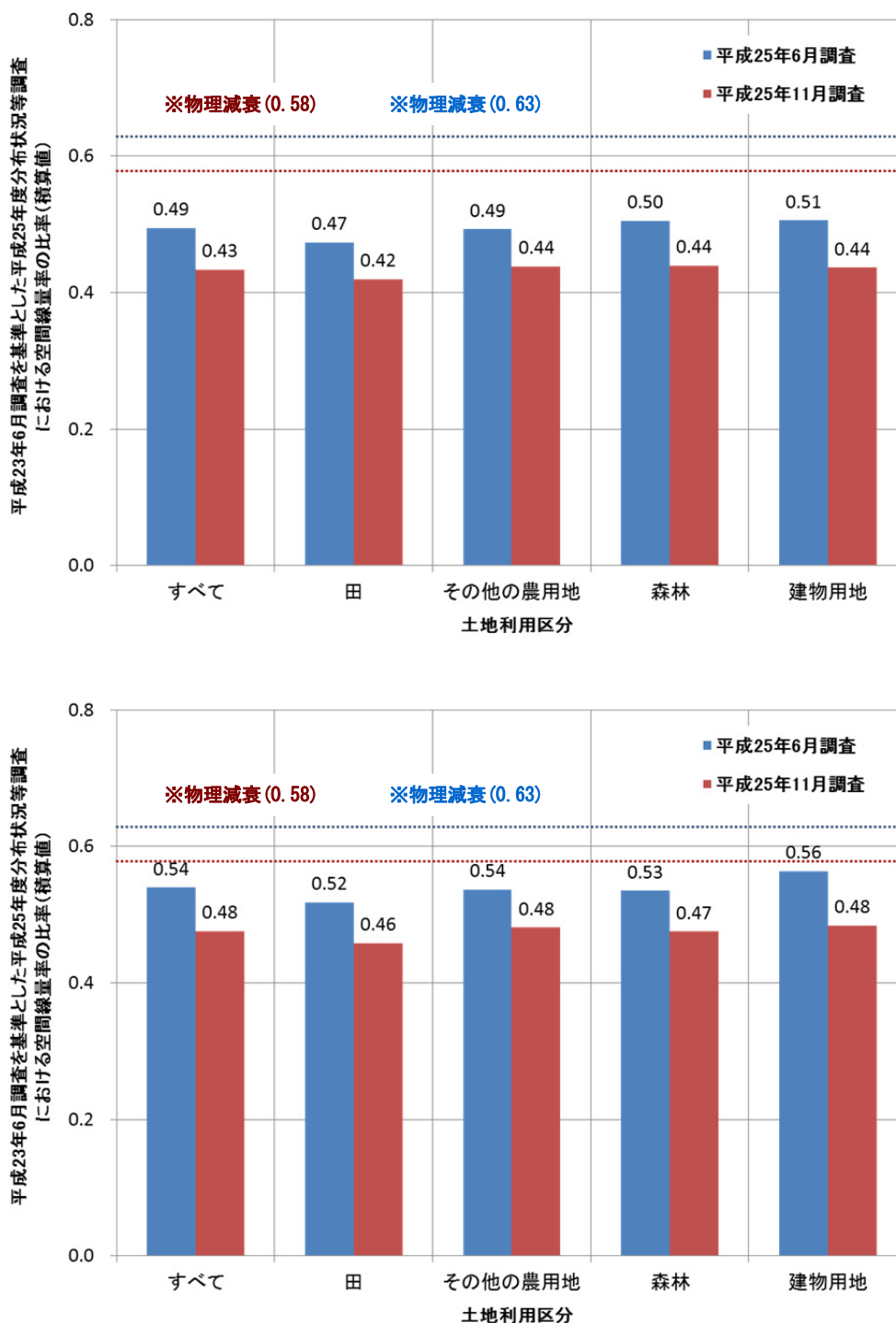


図-7 平成23年6月調査を基準とした平成25年度の調査における土地利用区分ごとの空間線量率の変化の割合(積算値で比較)

(上図は、平成23年6月調査以降に除染した箇所及び地面の状況が変化していると判断された箇所を含めて算出(データ数 n= 458)。下図は、これら除染箇所等を除外して算出(データ数 n= 375)。土地利用区分は、国土交通省国土政策局提供の「国土地理情報 土地利用区分細分メッシュ 第2.3版」の土地利用種別(平成21年度)を利用)