



除染の効果と将来予測  
—現地の測定結果から見えてくる将来の姿—

平成29年4月11日  
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構  
環境回復推進グループ  
山下 卓哉

## 概要

昨年8月、政府の原子力災害対策本部より「2017年度より5年を目途に復興拠点の避難指示解除を目指す帰還困難区域の取り扱いに関する基本方針」が示されました。

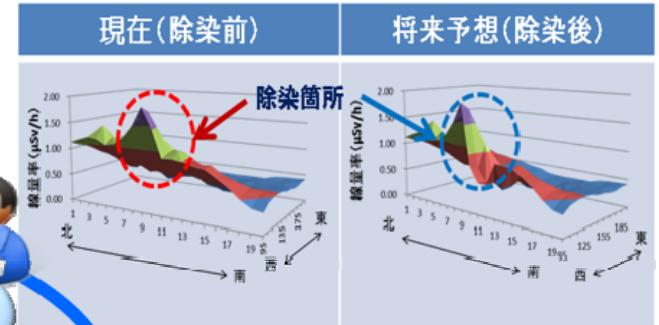
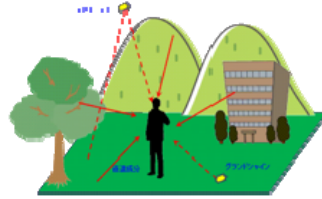
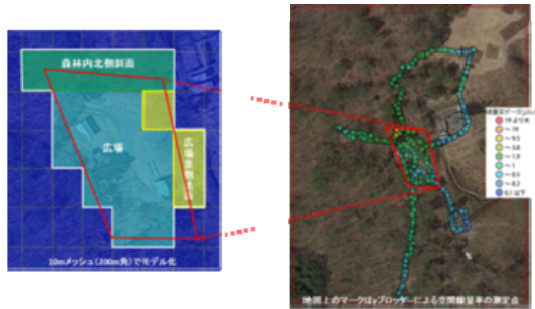
原子力機構は、復興を目指す国や自治体への情報提供を目的に、除染活動支援システム“RESET”を用いて帰還困難区域における除染シミュレーションを実施しました。

- ◎復興拠点をどこにするか？
- ◎今後の街づくりをどのように進めるか？
- ◎帰還後の被ばく線量はどの程度になるのか？

などの検討の参考にして頂けるよう、国や自治体への情報発信を行っています。

# 除染活動支援システム”RESET”

除染効果の評価  
除染前後の線量率の比較に。

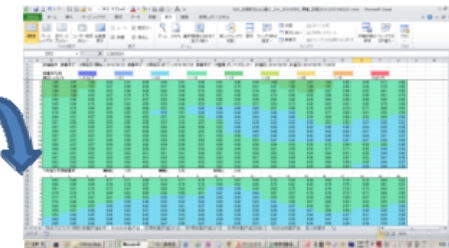
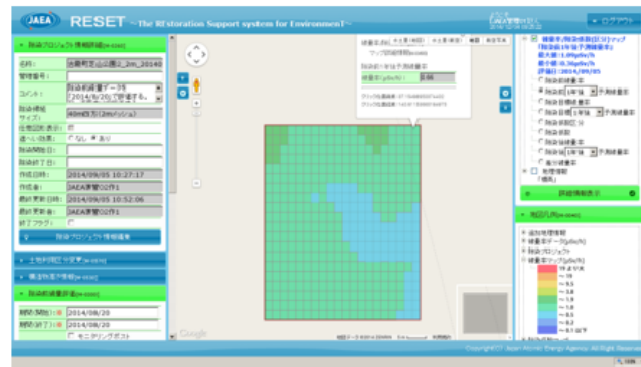


クラウドサービス

# RESET

## 空間線量率の将来予測

除染をしなかった場合、あるいは除染を終えた1年、3年、5年、10年後の線量率の予測に。(汎用ソフトMS Excelに評価結果を出力)



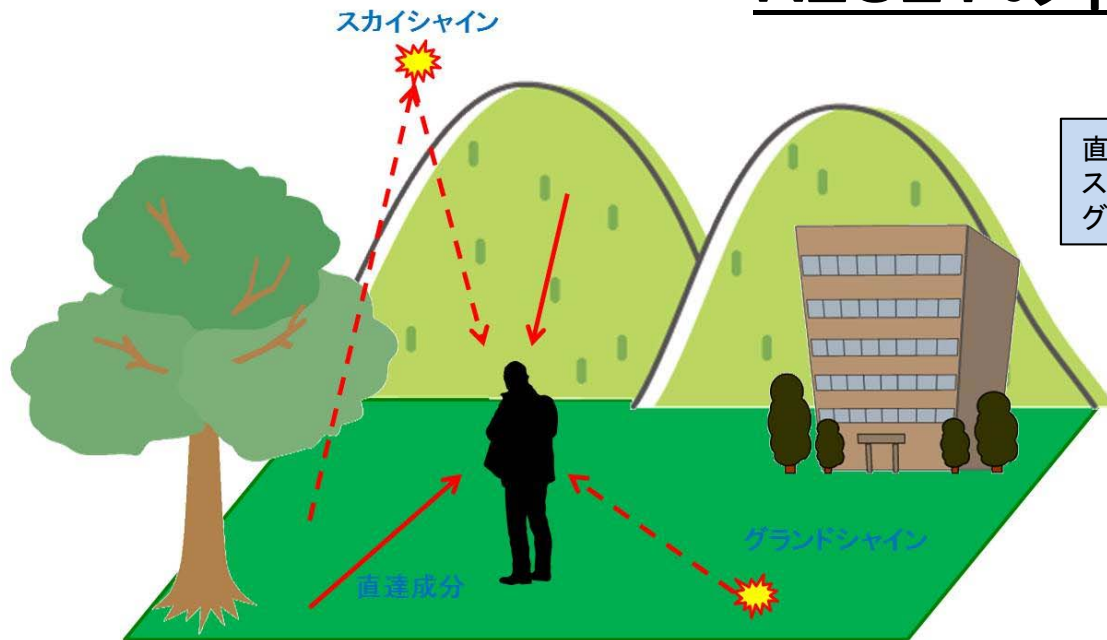
1年後  
3年後

## 除染のシミュレーション

現状からどの程度線量率を低減できるのか、除染目標の検討や、どこを除染したら線量率の低減効果が高いのか、除染範囲の検討に。

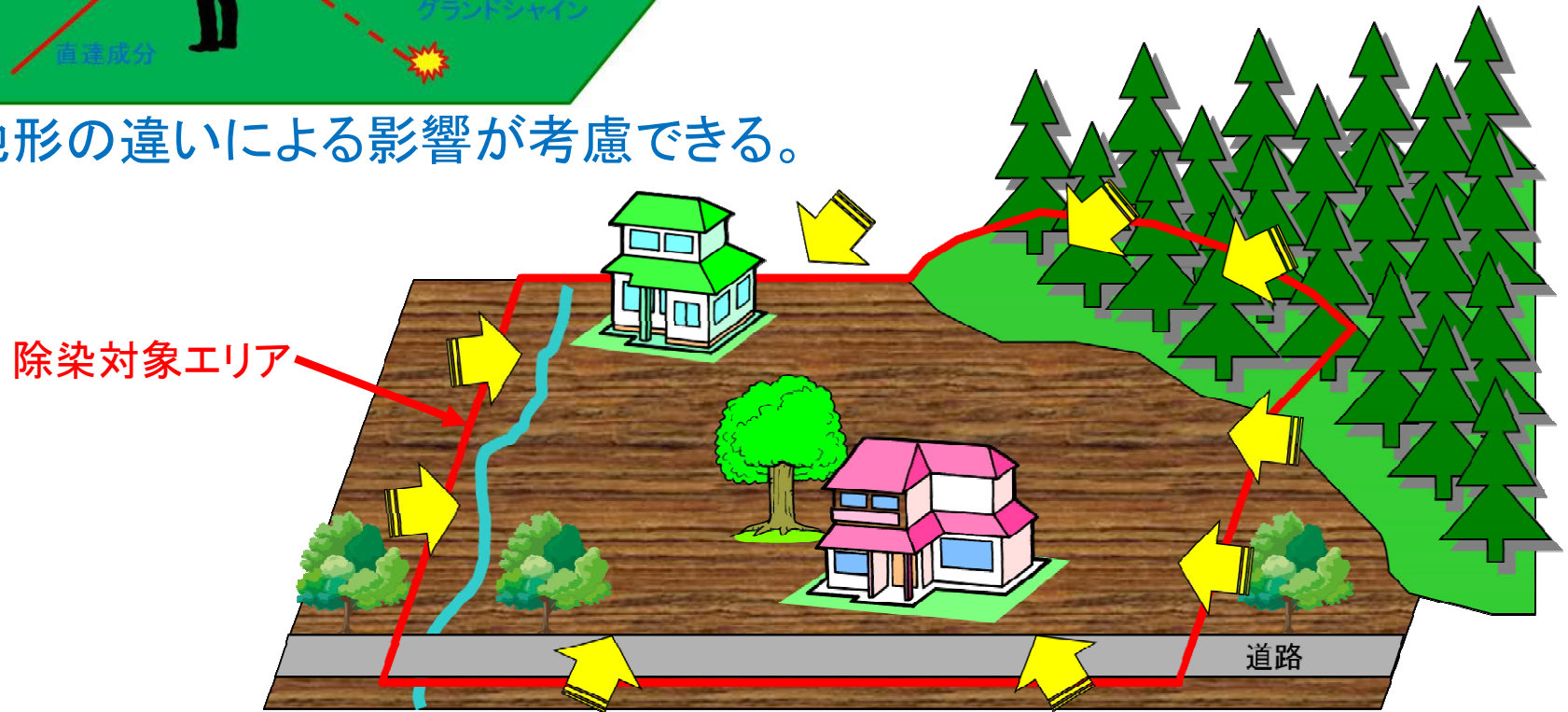
- RESETは、地図データや線量率データなど、システムに内蔵されたデータベースの活用により、研究者以外の方にも使いやすいシステムになっています。

# RESETの特徴



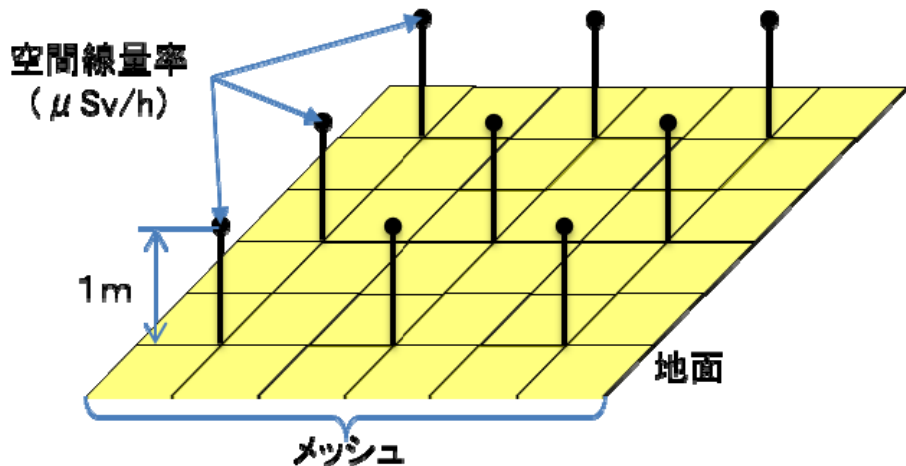
直達成分 : 地上の放射線源から直接到達するガンマ線  
 スカイシャイン : 大気により散乱されて到達するガンマ線  
 グラウンドシャイン: 土壌により散乱されて到達するガンマ線

山や谷など地形の違いによる影響が考慮できる。

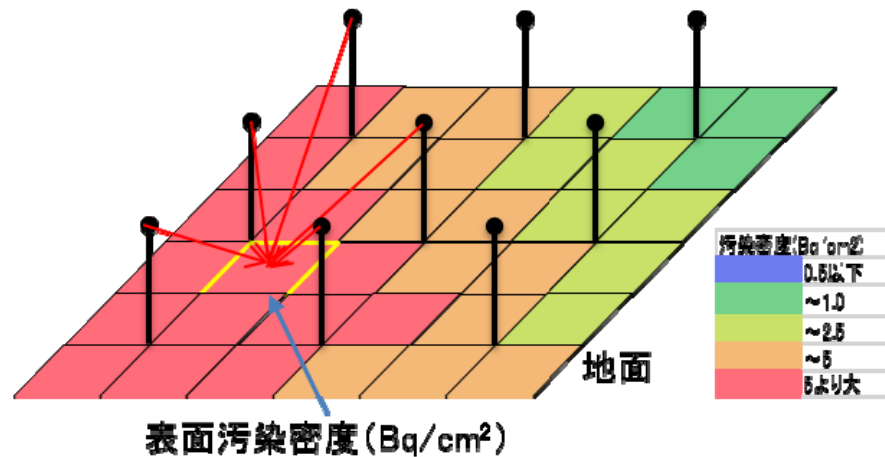


除染をしていない所からの放射線の影響が考慮できる。

# RESETによる除染シミュレーションの流れ

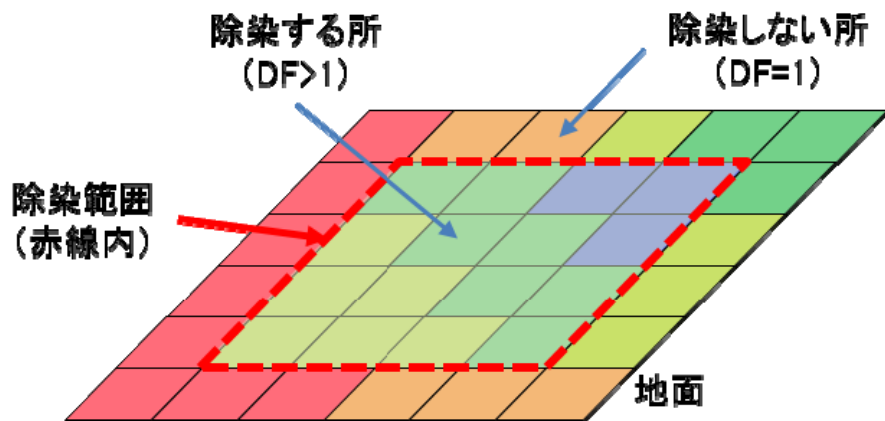


① 1m高さの空間線量率を入力する

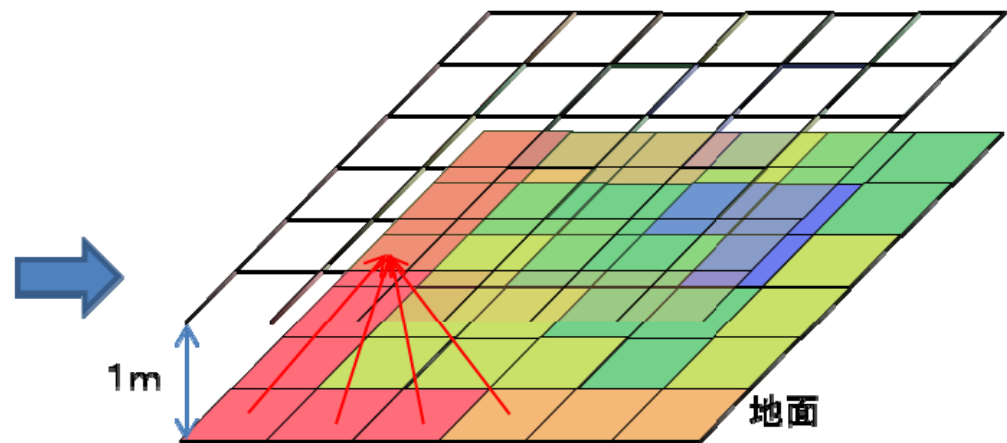


② 1m高さの空間線量率より地面の表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>) を計算する

除染係数DF: 除染の効果を表す係数  
 $DF = \text{除染前の表面汚染密度 (Bq/cm}^2\text{)} / \text{除染後の表面汚染密度 (Bq/cm}^2\text{)}$



③ 除染係数 (DF) を入力する



④ 除染係数で低減した表面汚染密度を使って1m高さの空間線量率を計算する



# 空間線量率減衰の2成分モデルによる将来予測

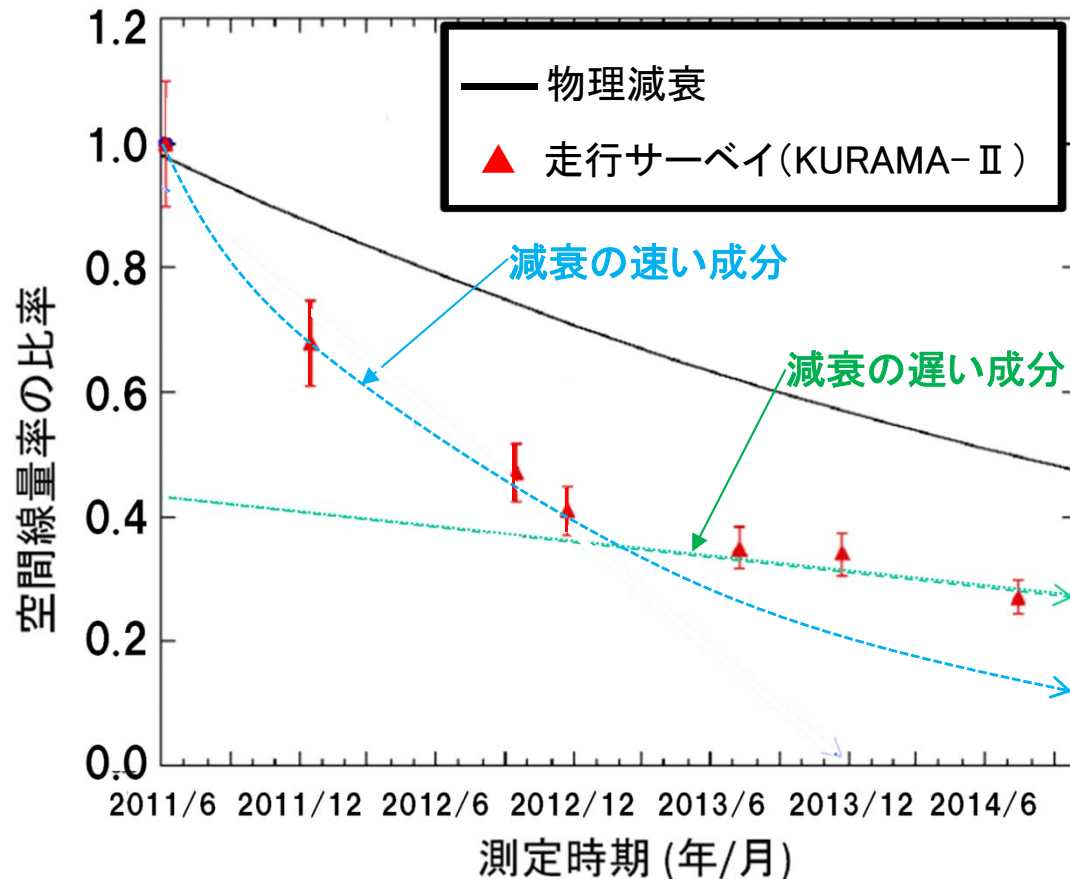
2成分モデル式

減衰の速い成分

減衰の遅い成分

物理減衰

$$D(t) = (D_0 - D_{BG}) \left\{ f_{fast} \exp(-\ln 2 / T_{fast} \cdot t) + (1 - f_{fast}) \exp(-\ln 2 / T_{slow} \cdot t) \right\} \frac{k \exp(-\lambda_{134} t) + \exp(-\lambda_{137} t)}{k + 1} + D_{BG}$$



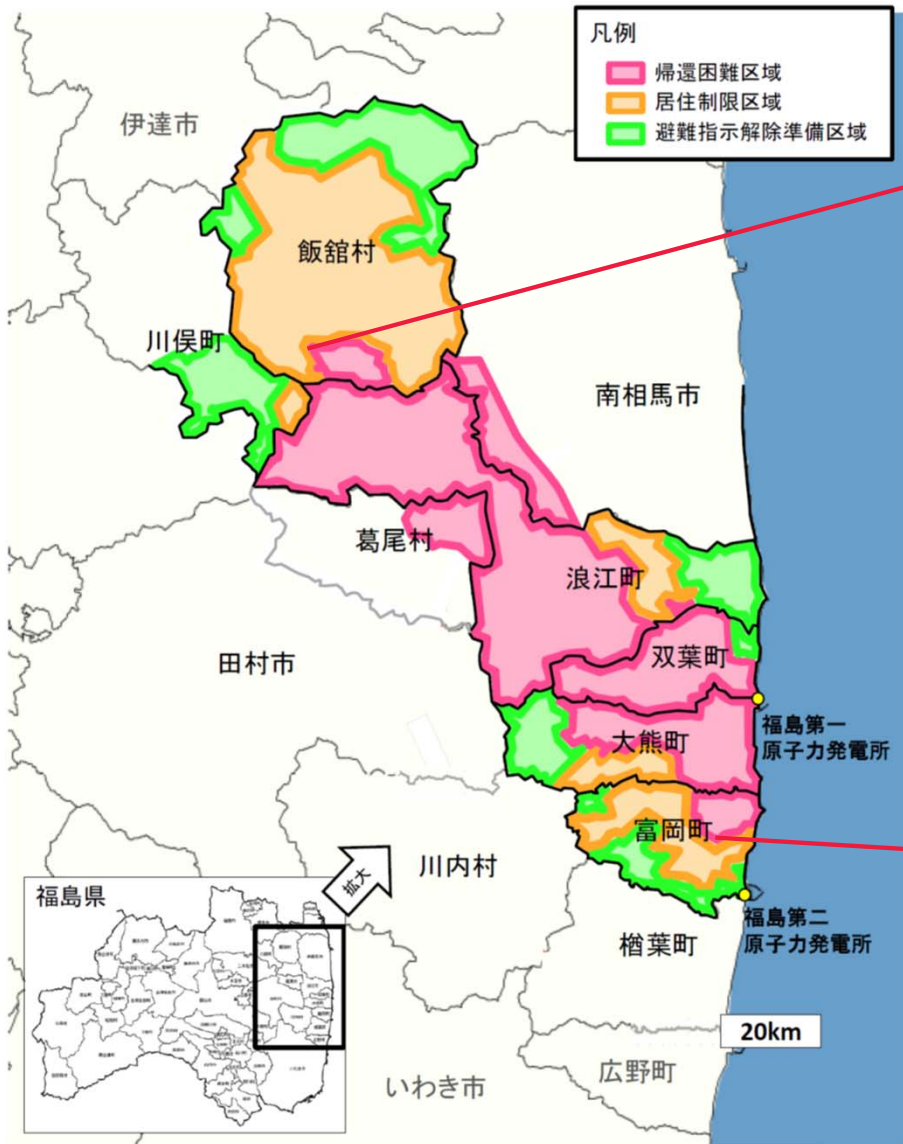
ここで、

- $D(t)$  : 経過時間  $t$  [y]における空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]
  - $D_0$  : 初期空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]
  - $D_{BG}$  : バックグラウンド空間線量率 [ $\mu\text{Sv/h}$ ]
  - $f_{fast}$  : 減衰が速い成分の割合 [-]
  - $T_{fast}$  : 減衰が速い成分の環境半減期 [y]
  - $T_{slow}$  : 減衰が遅い成分の環境半減期 [y]
  - $k$  :  $^{134}\text{Cs}$ の $^{137}\text{Cs}$ に対する初期空間線量率比 [-]
  - $\lambda_{134}$  :  $^{134}\text{Cs}$ の壊変定数 [ $\text{y}^{-1}$ ]
  - $\lambda_{137}$  :  $^{137}\text{Cs}$ の壊変定数 [ $\text{y}^{-1}$ ]
- である。

# 帰還困難区域の範囲とシミュレーション範囲

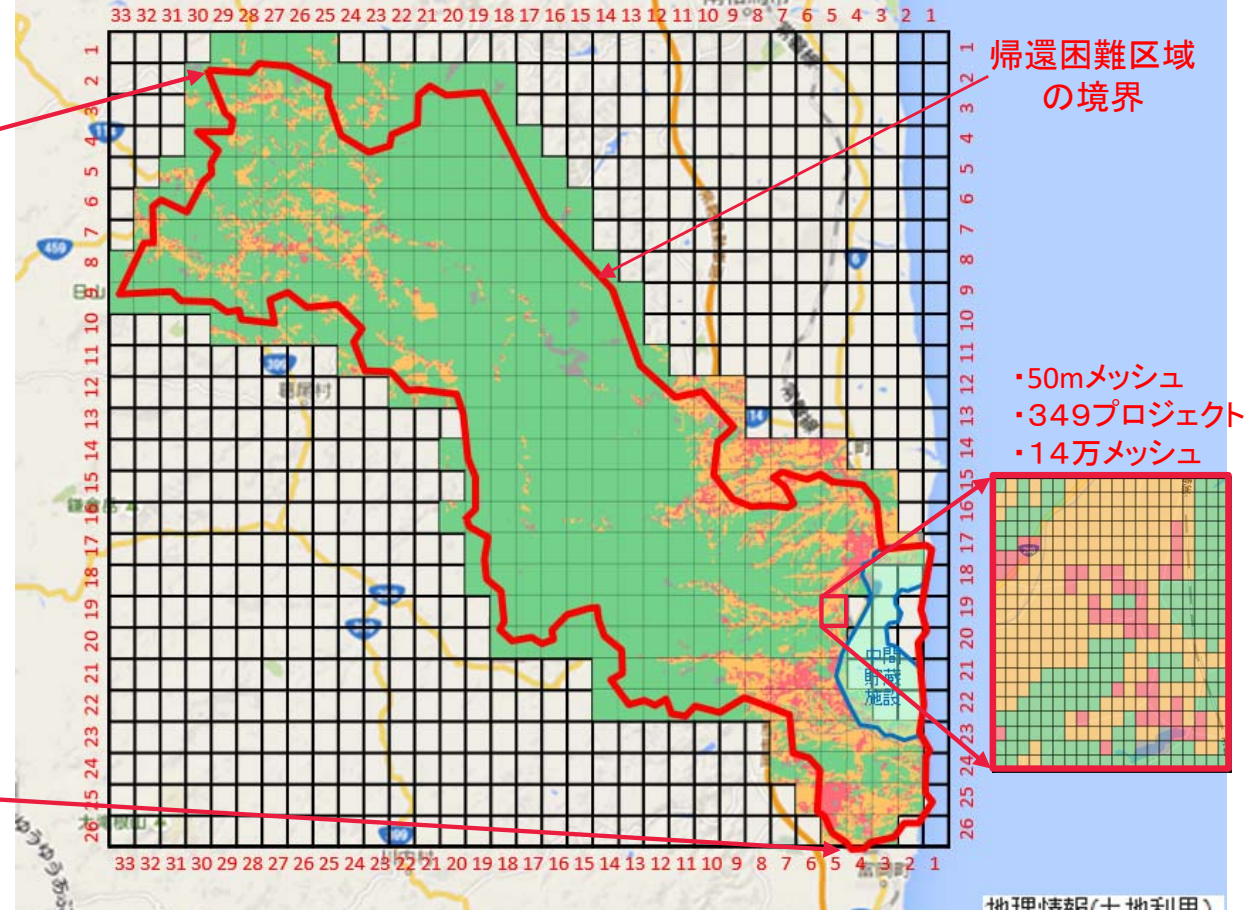
【避難指示区域の概念図】

平成28年7月12日時点



【土地利用データ】

除染範囲(宅地と農地)の面積は帰還困難区域全域の約18%



注) 本シミュレーションは、宅地と農地だけを対象とし、生活圏の森林(林縁から20m)はメッシュサイズより小さいため対象には含まれていない。

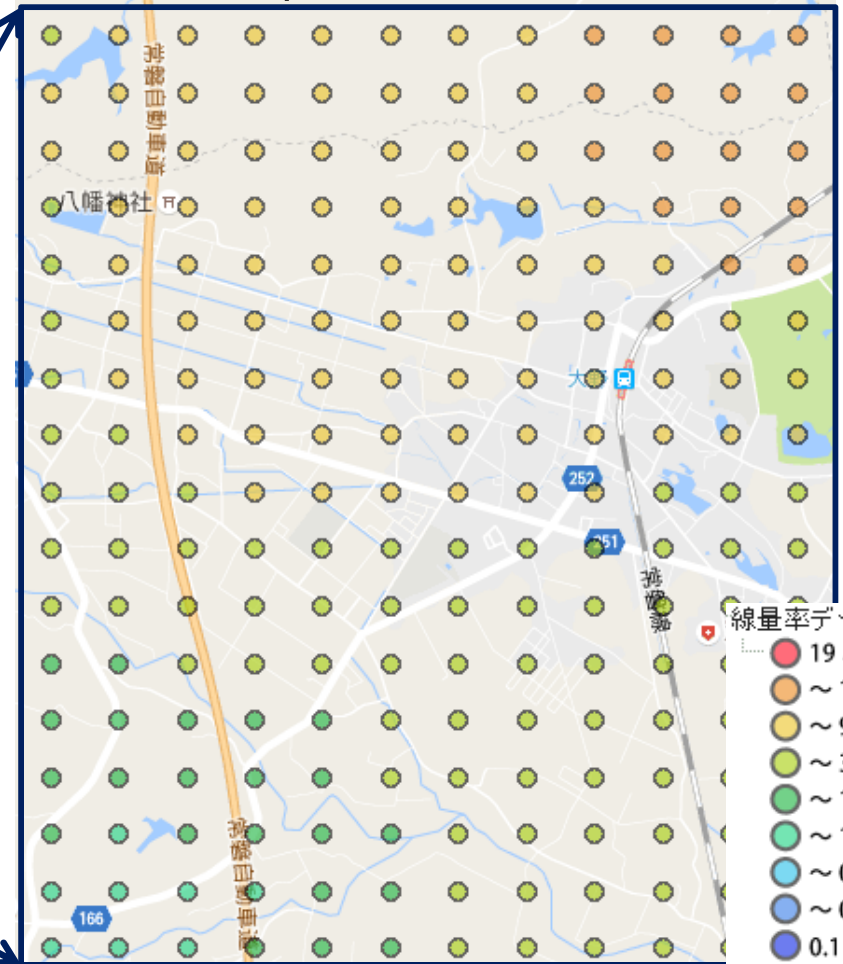
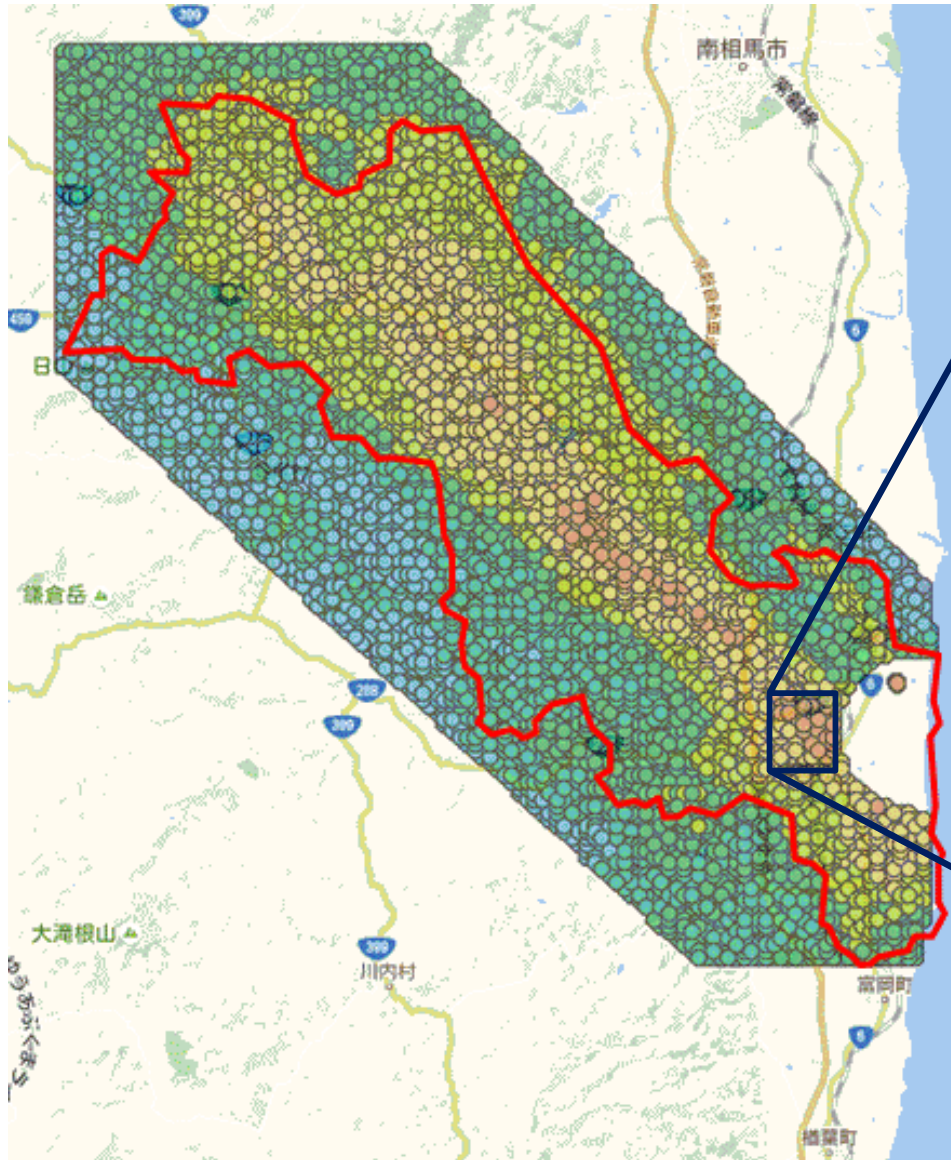
地理情報(土地利用)





# シミュレーションに用いた空間線量率データ

約250mピッチ



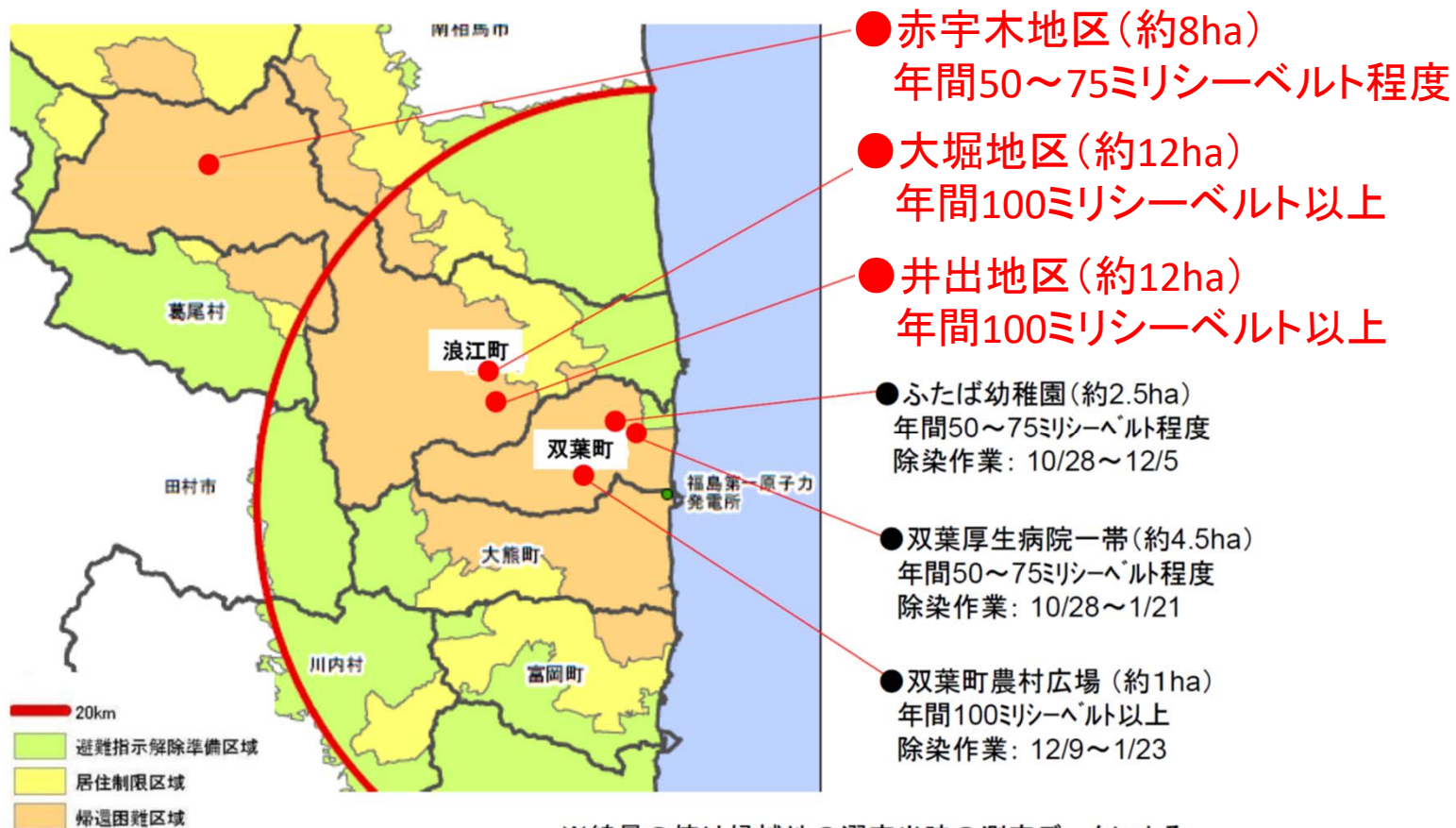
原子力規制委員会より公開された第10次航空機モニタリングデータ(2015年11月4日換算)に地上測定の変換係数(0.69)を乗じたもの。



# 参考にした帰還困難区域の除染モデル実証事業の結果

環境省が平成25年度に実施した「帰還困難区域の除染モデル実証事業」の結果報告\*によると、除染による空間線量率(平均)の低減効果は以下のとおりであった。

○浪江町:各地区とも、生活圏(住宅地、農地、道路)の1m空間線量率については、除染により50~70%程度の低減が見られた。

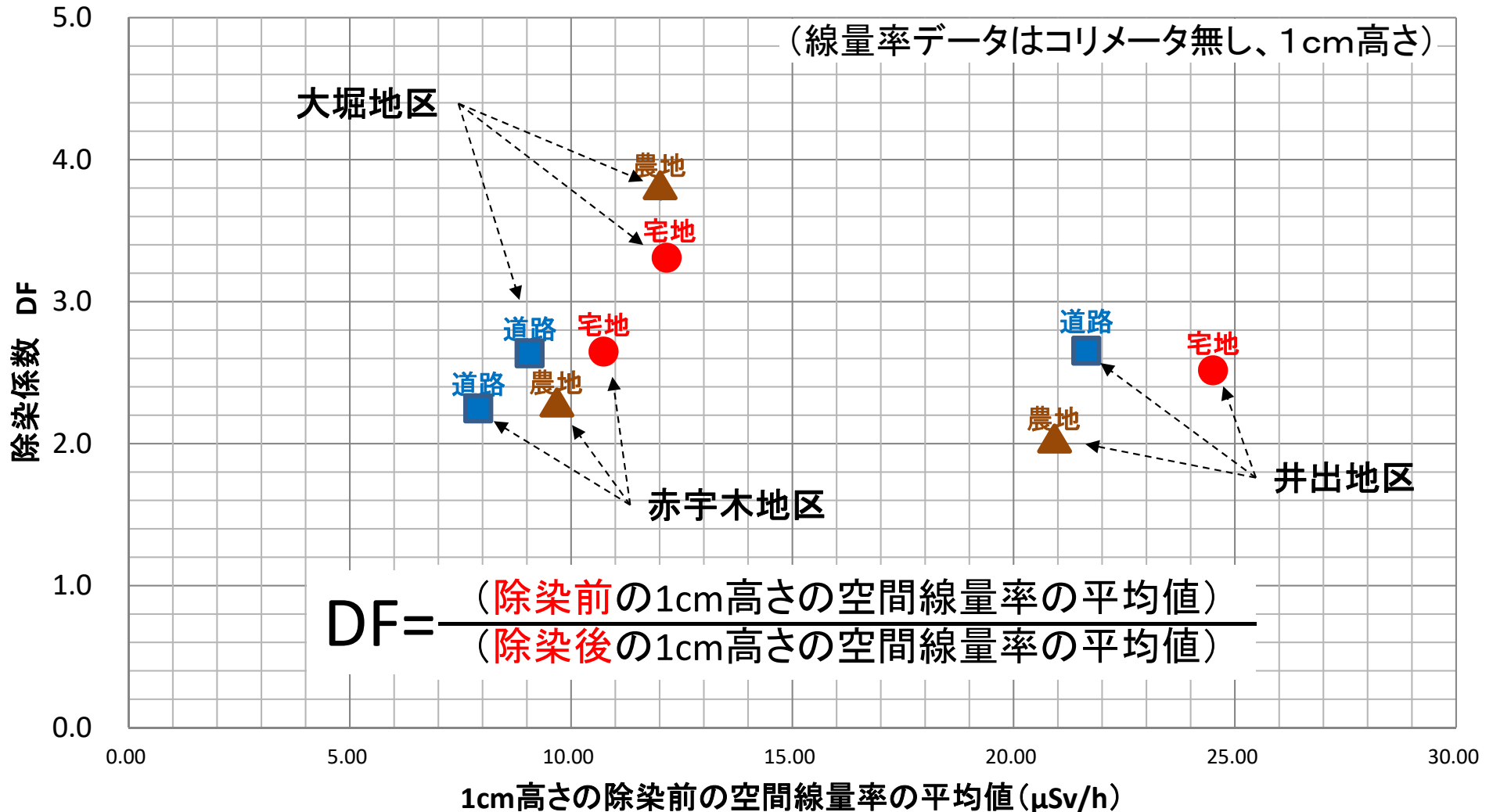


※線量の値は候補地の選定当時の測定データによる。

\*環境省除染チーム、帰還困難区域の除染モデル実証事業の結果報告、  
[http://josen.env.go.jp/material/pdf/model\\_140529a.pdf?140610](http://josen.env.go.jp/material/pdf/model_140529a.pdf?140610)

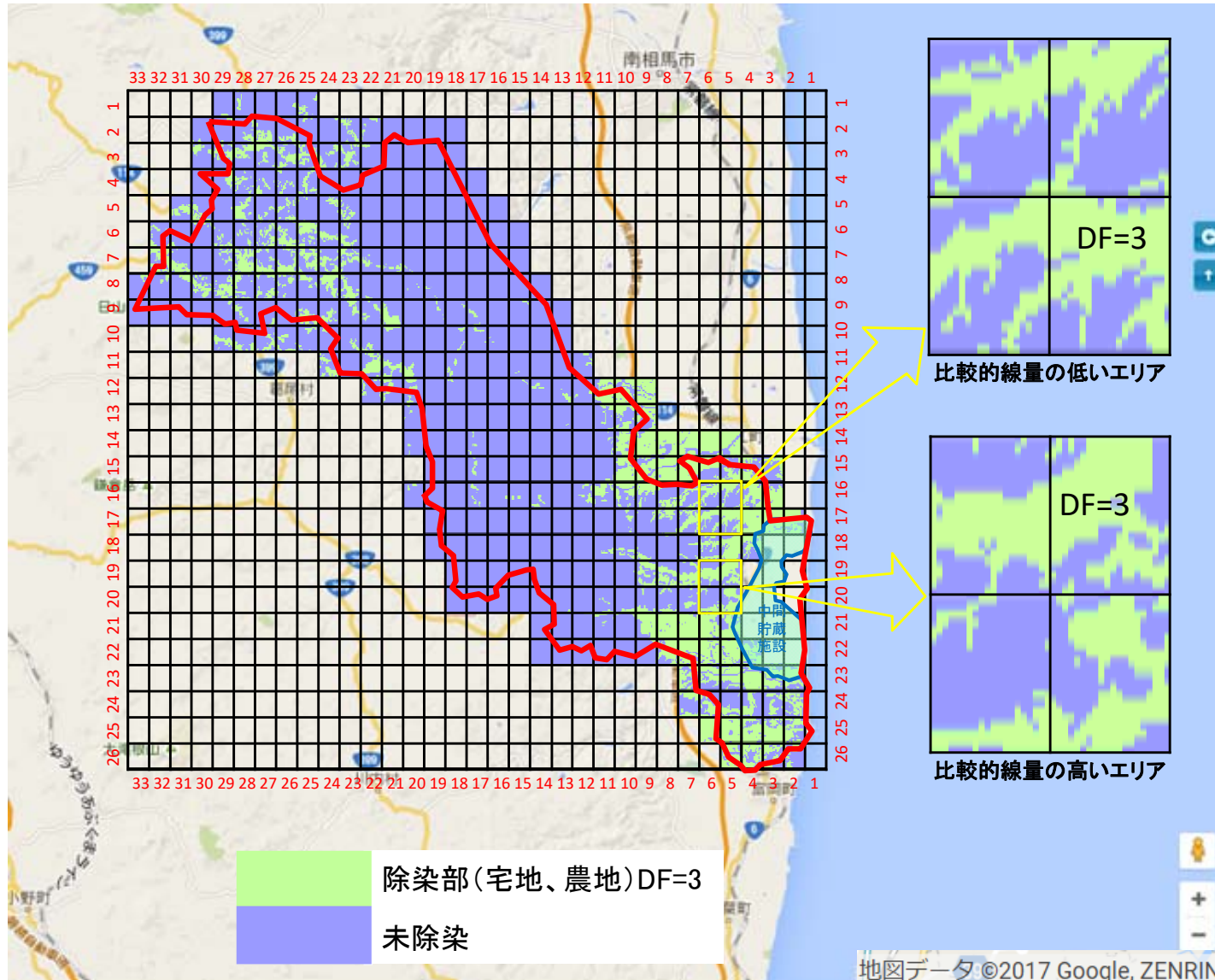
# シミュレーションに用いた除染係数

- ・線量率と低減率: [「帰還困難区域における除染モデル実証事業の結果報告\(環境省除染チーム:平成26年6月10日\)」](#)より
- ・測定時期(赤字木地区): H25年9月11日~9月27日(除染前)、H25年10月14日~11月27日(除染後)
- ・測定時期(大堀地区): H25年9月23日~10月10日(除染前)、H25年11月25日~H26年2月7日(除染後)
- ・測定時期(井出地区): H25年9月21日~10月29日(除染前)、H25年11月28日~H26年1月18日(除染後)
- ・除染係数:  $DF = (\text{除染前の1cm高さの空間線量率の平均値}) / (\text{除染後の1cm高さの空間線量率の平均値})$ より算出



# 除染範囲と除染係数

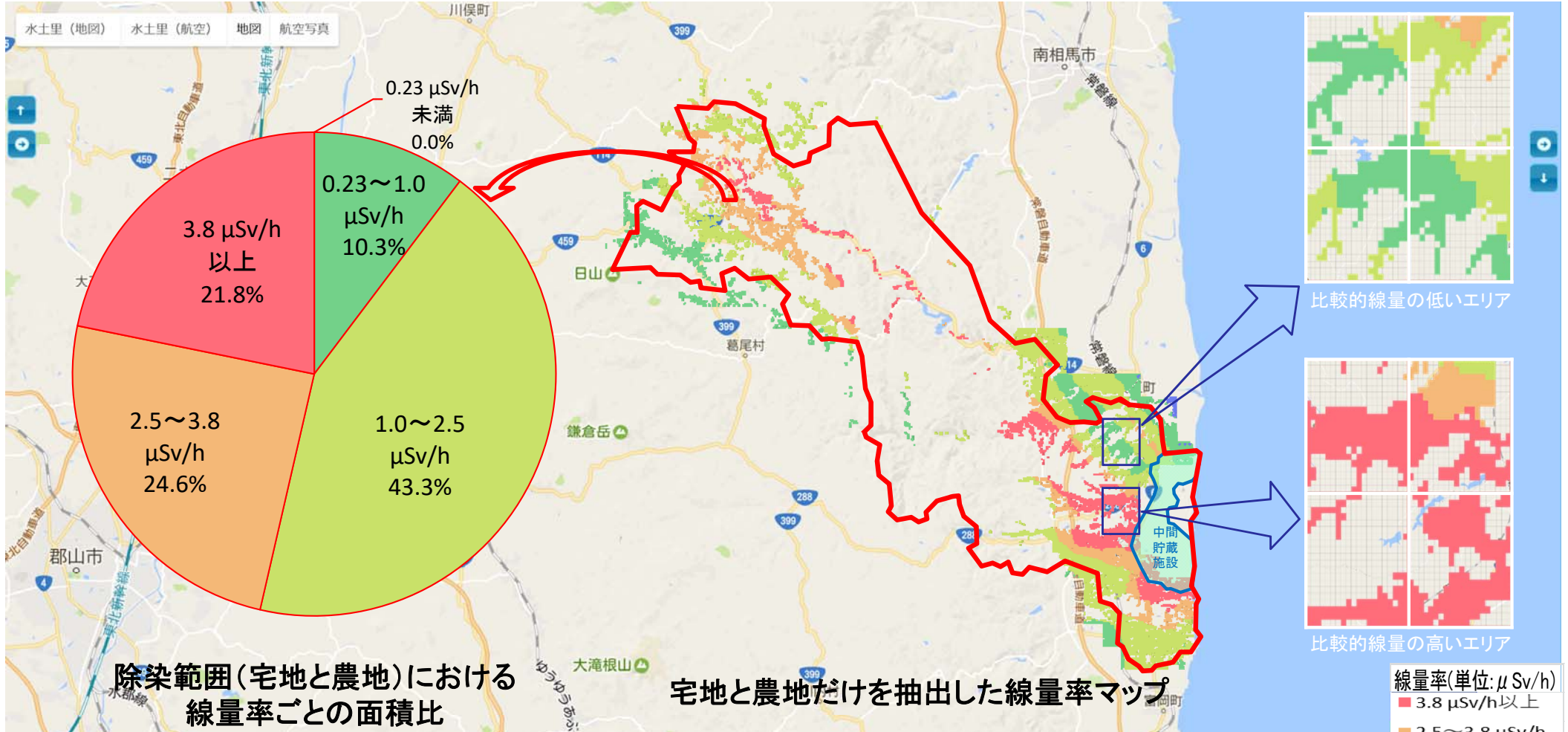
除染範囲(宅地と農地)の面積は帰還困難区域全域の約18%





# 除染前の宅地と農地における線量率ごとの面積比

(2017年4月時点の予測)



0.23 μSv/h\* : 除染を実施する地域を定める際の基準(年間の追加被ばく線量1mSvに相当)

1.0 μSv/h : 除染ロードマップで示された段階的にいつどこを除染するか区分目安のひとつ

2.5 μSv/h : 除染特別地域の作業における除染電離則の適用基準

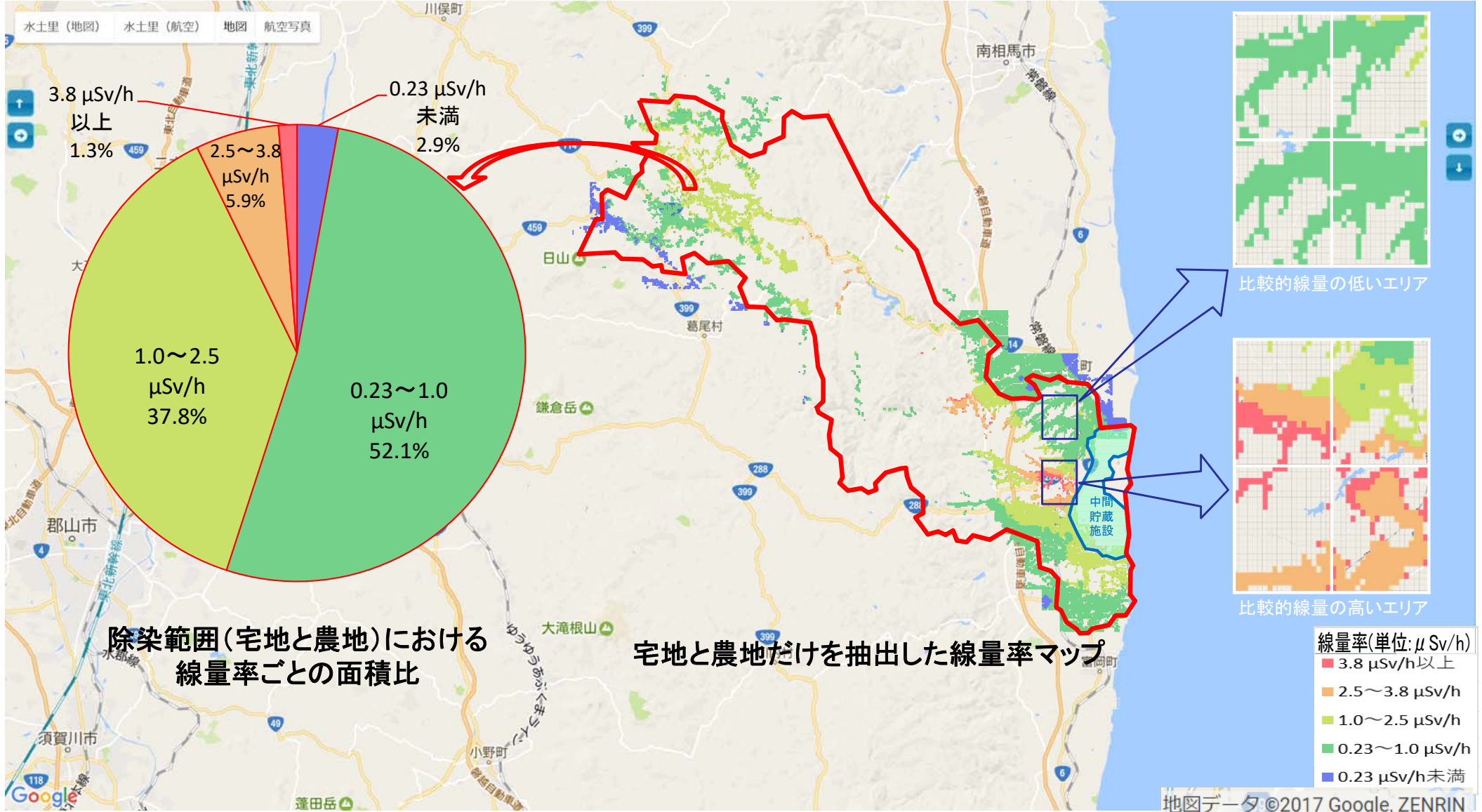
3.8 μSv/h\* : 避難指示解除の基準である年間の追加被ばく線量20mSvに相当

地図データ ©2017 Google, ZENRIN

\*安全側の仮定(屋外に8時間、屋内に16時間滞在、屋内では遮へい率が0.4)を置いた推定式により空間線量率に換算

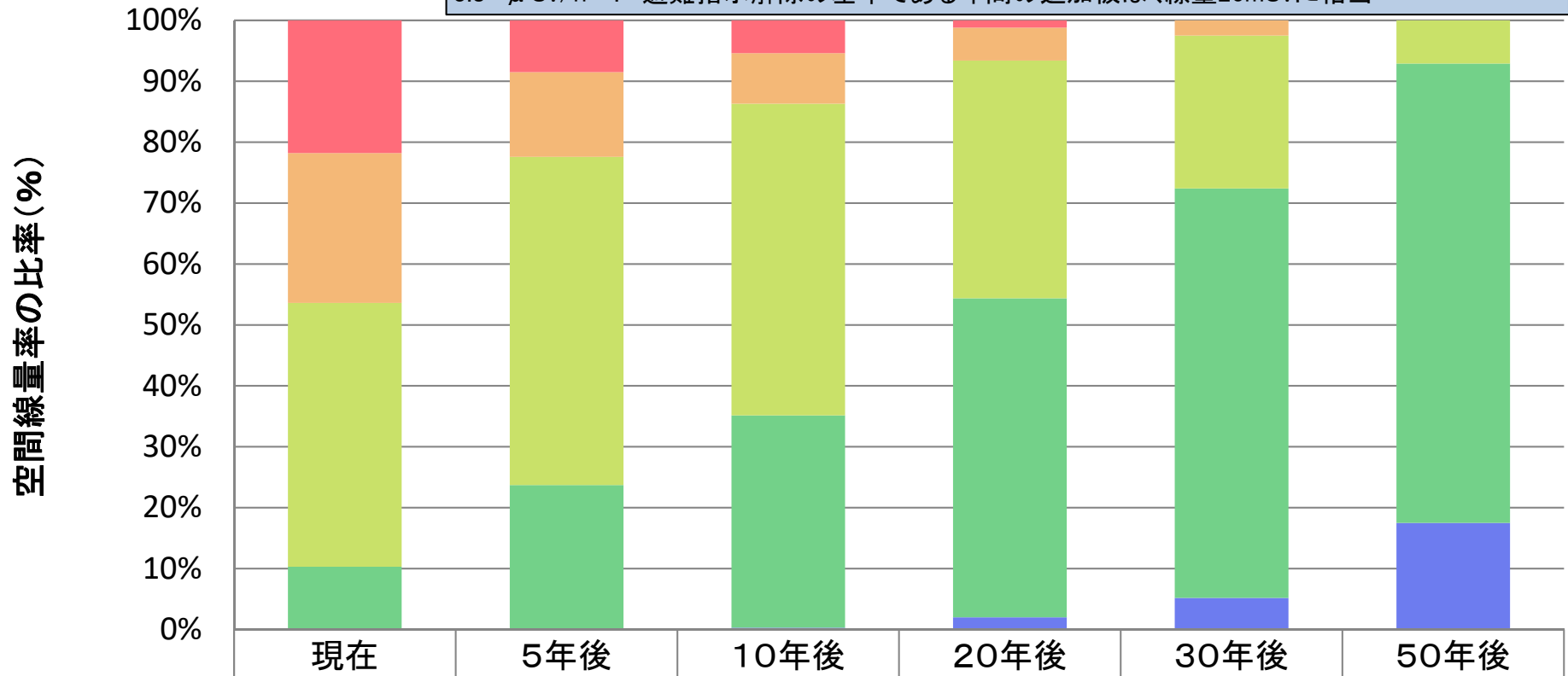
# 除染後の宅地と農地における線量率ごとの面積比

(2017年4月時点の予測)



# 除染しない場合の宅地と農地における線量率の推移

0.23  $\mu\text{Sv/h}$  : 除染を実施する地域を定める際の基準(年間の追加被ばく線量1mSvに相当)  
 1.0  $\mu\text{Sv/h}$  : 除染ロードマップで示された段階的にいつどこを除染するか区分目安のひとつ  
 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  : 除染特別地域の作業における除染電離則の適用基準  
 3.8  $\mu\text{Sv/h}$  : 避難指示解除の基準である年間の追加被ばく線量20mSvに相当



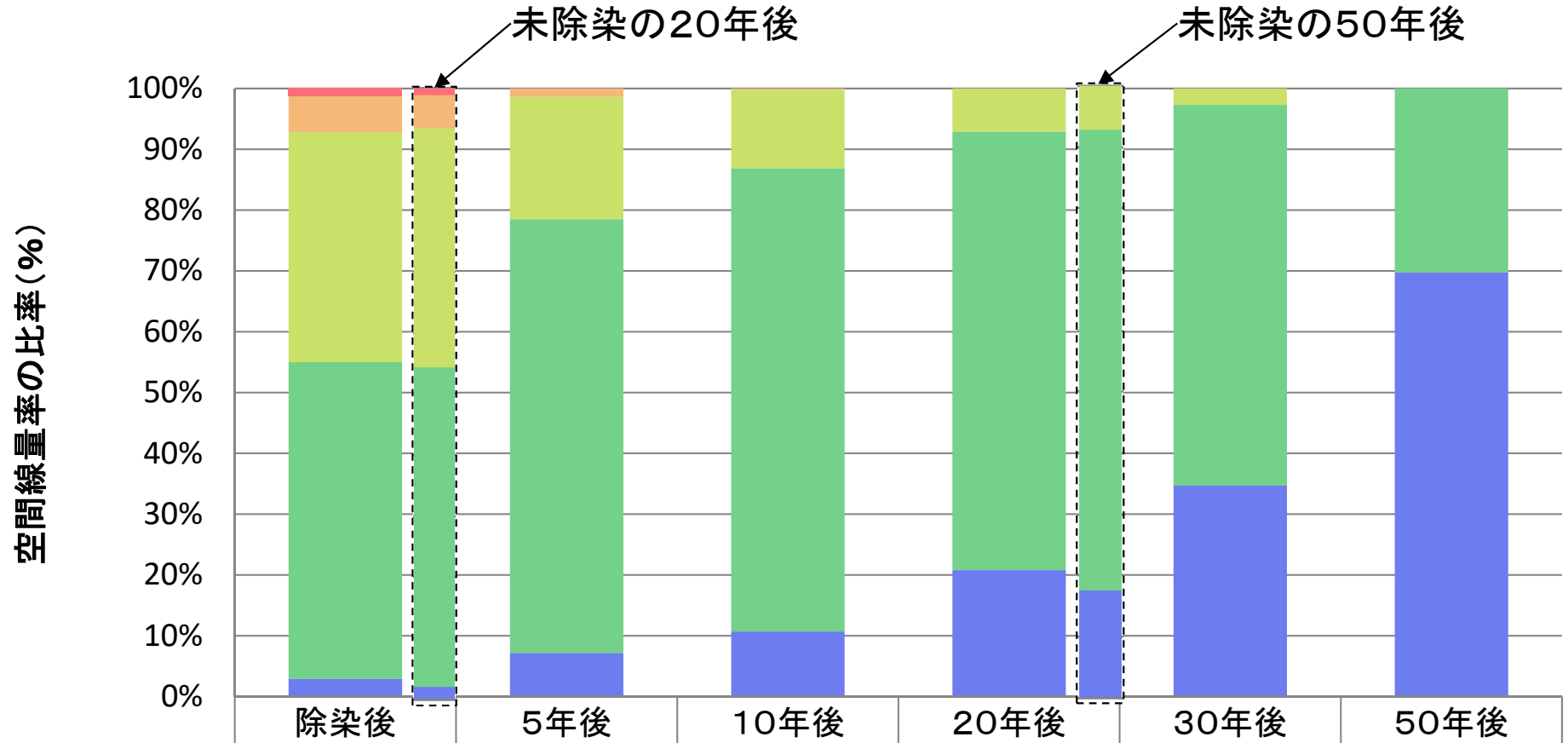
3.8 $\mu\text{Sv/h}$ 以上	21.8	8.5	5.4	1.2	0	0
2.5~3.8 $\mu\text{Sv/h}$	24.6	13.9	8.3	5.4	2.5	0
1.0~2.5 $\mu\text{Sv/h}$	43.3	53.8	51.2	39	25.1	7.1
0.23~1.0 $\mu\text{Sv/h}$	10.3	23.6	34.9	52.3	67.2	75.4
0.23 $\mu\text{Sv/h}$ 未満	0	0.1	0.3	2	5.2	17.5

(2017年4月)

(帰還困難区域全域の宅地と農地における線量率の割合)



# 除染後の宅地と農地における線量率の推移

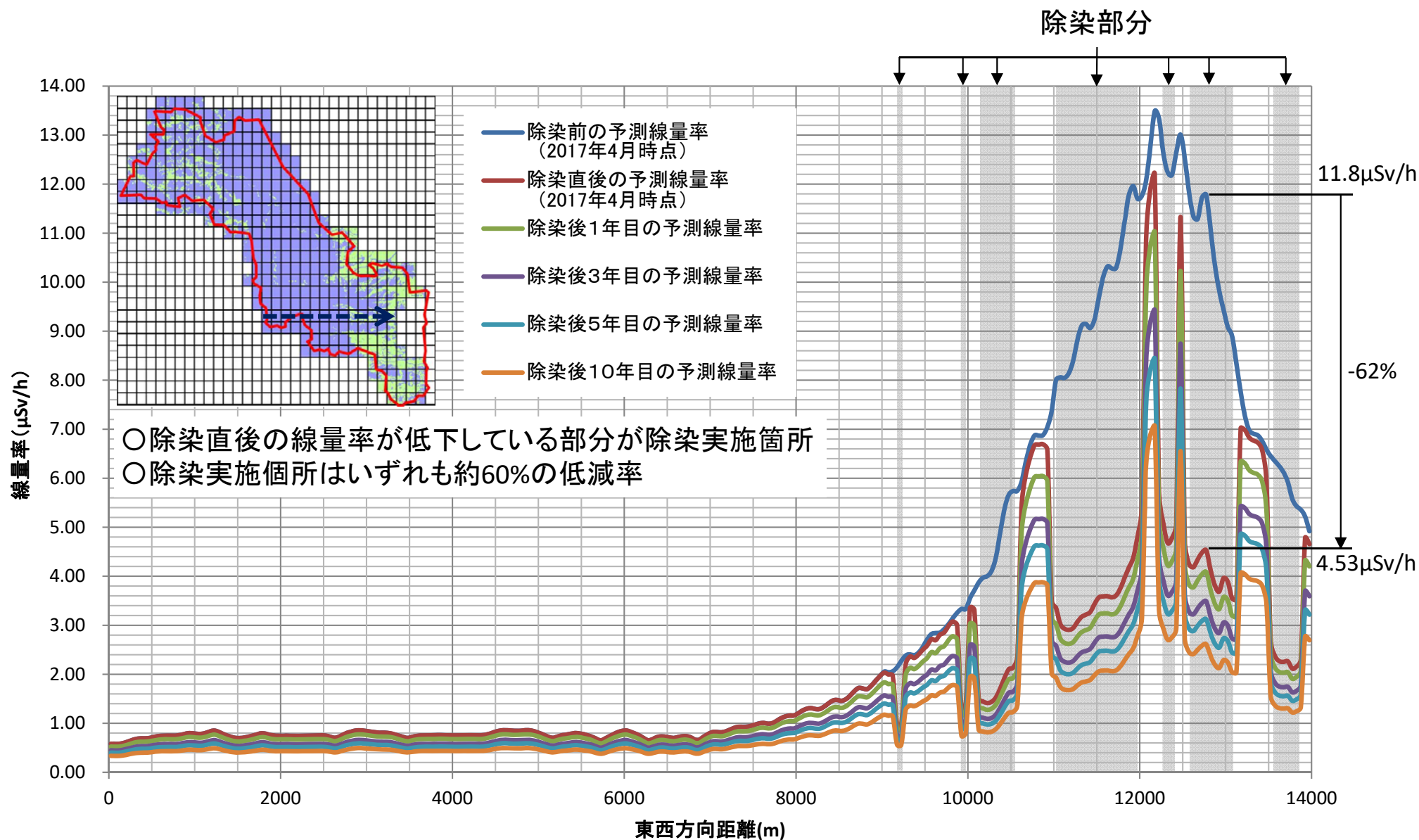


	除染後	5年後	10年後	20年後	30年後	50年後
■ 3.8 μSv/h以上	1.3	0	0	0	0	0
■ 2.5～3.8 μSv/h	5.9	1.4	0.2	0	0	0
■ 1.0～2.5 μSv/h	37.8	20.1	12.9	7.1	2.7	0
■ 0.23～1.0 μSv/h	52.1	71.3	76.1	72.1	62.6	30.3
■ 0.23 μSv/h未満	2.9	7.2	10.7	20.8	34.7	69.7

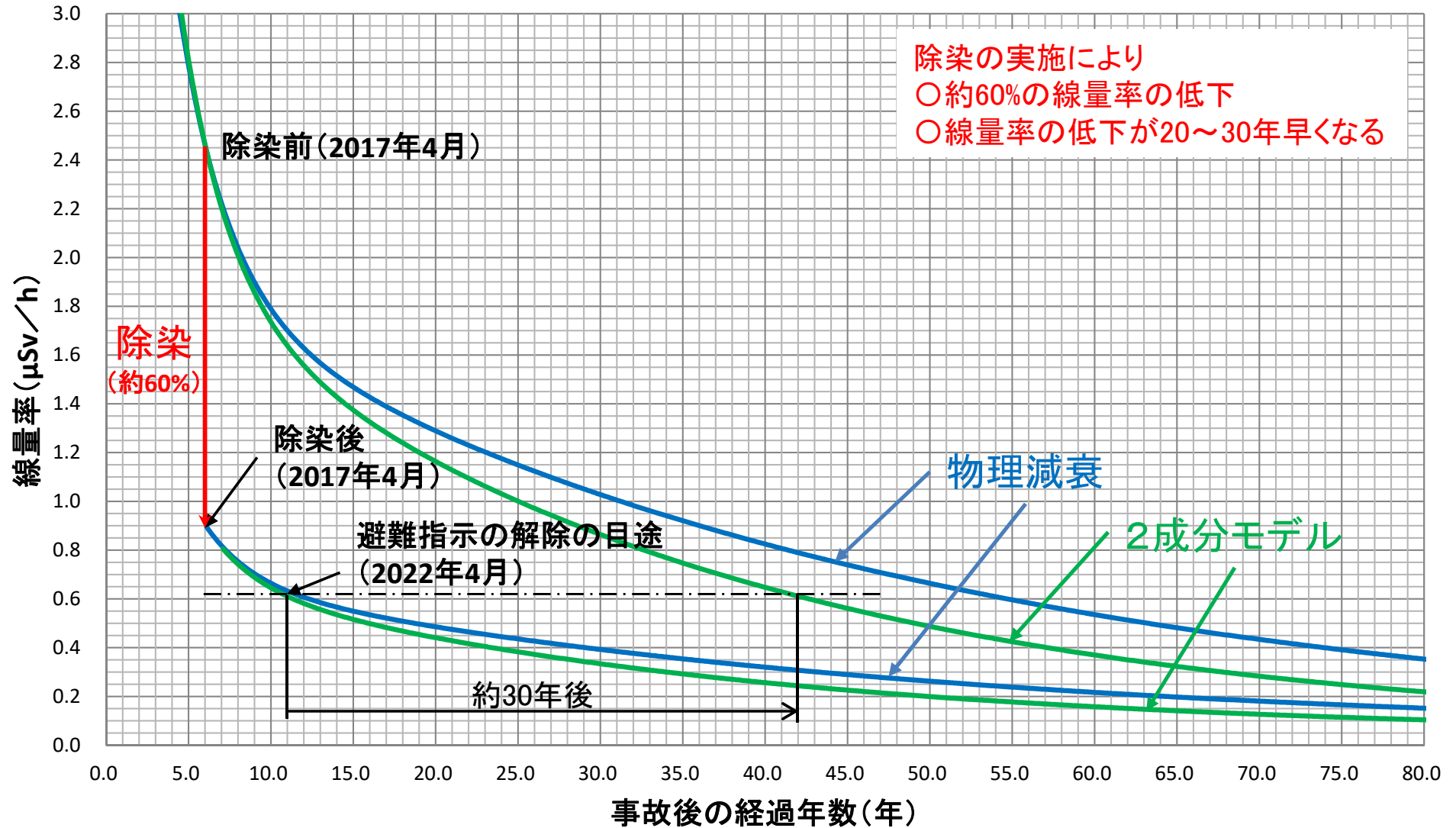
(2017年4月)

(帰還困難区域全域の宅地と農地における線量率の割合)

# 比較的線量率の高いエリアを横切るラインの東西方向の線量率分布



# 復興拠点を想定した除染の効果及び線量率の推移の予測例





## 個人線量に基づく放射線防護の長期目標(参考)

- 帰還後の住民の被ばく線量の評価は、空間線量率から推定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いることを基本とすべき<sup>1)</sup>
- 除染を含めた放射線防護措置全般の長期的な目標として個人の年間追加被ばく線量が1mSv以下となることは、除染直後に空間線量率が0.23  $\mu$ Sv/h以下となることとは異なっている<sup>2)</sup>
- 相馬市及び伊達市の個人線量計による測定結果によれば、空間線量率が0.3～0.6  $\mu$ Sv/h程度の地域において生活する住民の追加被ばく線量は、平均的には長期目標である年間1mSv程度となっている<sup>2)</sup>
- 生活経路に沿った空間線量率に滞在時間をかけて積算した空間線量に換算係数(対象住民が成人の場合は0.6、4～7歳の場合は0.7、乳児の場合は0.8)をかけて実効線量が得られる<sup>3)</sup>

1) 原子力規制委員会: 帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方 (平成25年11月20日)

2) 復興庁 環境省 福島市 郡山市 相馬市 伊達市: 除染・復興の加速化に向けた国と4市の取組 中間報告(平成26年8月)

3) Saito K, Ptoussi-Henss Nina: Ambient dose equivalent conversion coefficients for radionuclides exponentially distributed in the ground. J. Nucl. Sci. Technol. 51, 1274-1287 (2014)

## まとめ

- ①復興拠点の避難指示の解除を目指す2022年4月時点では
- ・除染を実施する地域を定める際の基準を下回る $0.23 \mu\text{Sv/h}$ 未満の面積は除染範囲(宅地と農地)の7.2%となる
  - ・避難指示の基準となる $3.8 \mu\text{Sv/h}$ を超える面積は0%となる
- と予測される。
- ②除染の実施により、空間線量率は平均で約60%低減すると予測される。
- ③除染直後の線量率は除染をしない場合の20年後に、除染後20年目の線量率は除染をしない場合の50年後にほぼ等しいことから、除染の実施により線量率の低減が20～30年早まるものと予測される。



- ④空間線量率が $0.3 \sim 0.6 \mu\text{Sv/h}$ 程度の地域が長期目標である年間 $1\text{mSv}$ になるとすると、2022年4月時点で年間の追加被ばく線量が $1\text{mSv}$ 以下となる面積は帰還困難区域の全域の約3～8%(除染範囲の約15～40%)と推定される。