

住宅地の空間線量率シミュレーションについて

2021年11月19日

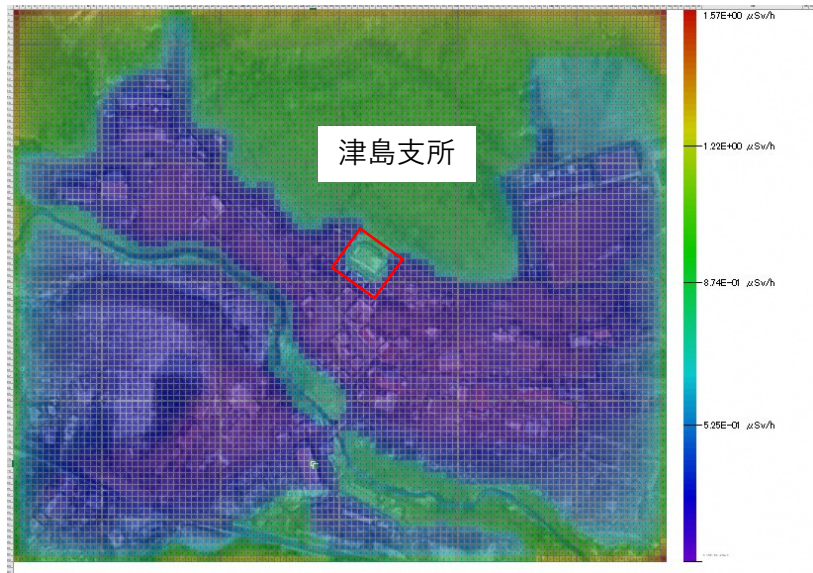
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

福島研究開発部門

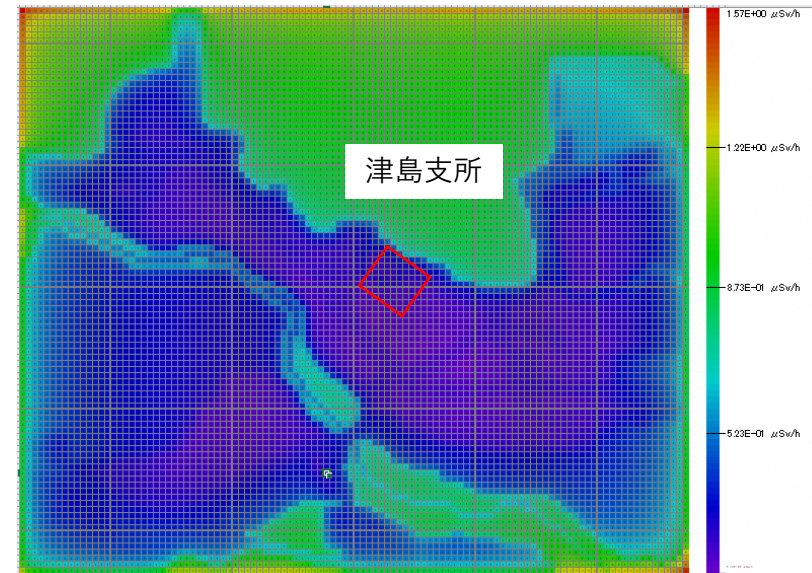
JAEAでは、福島第一原子力発電所事故後、いくつかの空間線量率シミュレーションアプリケーションの開発を行ってきた。

簡便		詳細 (高精度)	
計算名	CDE	RESET	3D-ADRES
開発年度・開発者	2011年 JAEA原子力基礎工学研究部門	2015年 JAEA福島研究開発部門	2018年 JAEAシステム計算科学センター
計算メッシュ	5m×5m, 10m×10m, 20m×20m	2m×2m, 5m×5m, 10m×10m 20m×20m, 30m×30m, 40m×40m 50m×50m	下限なし
地形の模擬	地形メッシュに標高を入れることで 模擬可能	ALOSによる土地利用情報使用 DEMによる地形情報	既存のDEM及びDSMの入力可能 レーザー測量などの3次元データの 入力可能
家屋の模擬	地形メッシュに標高を入れることで 模擬可能だが5mメッシュのため再 現性は限られる	DSMモデルも入力可能	レーザー測量などの3次元データの 入力可能
アプリケーションの更新	なし (2012年Ver)	なし (2019年Ver)	なし (2018年Ver)
精度の検証	PHITSとしての精度検証はされてい るが、CDEとしての精度検証例は限 られている。	環境省除染結果との比較による詳細 な検証	飯舘村の実証事業での検証例あり
備考	Excelベースでの設定が可能。 土壌深度分布などの詳細なパラメー タの設定は不可能	専用ワークステーションでの計算 R4/4でサービス停止予定	専用ワークステーションでの計算

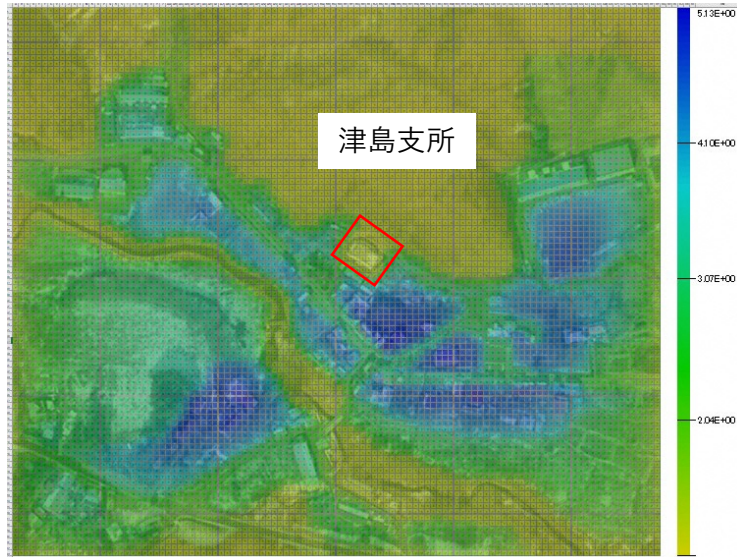
①除染後の線量率マップ (津島支所残未除染)



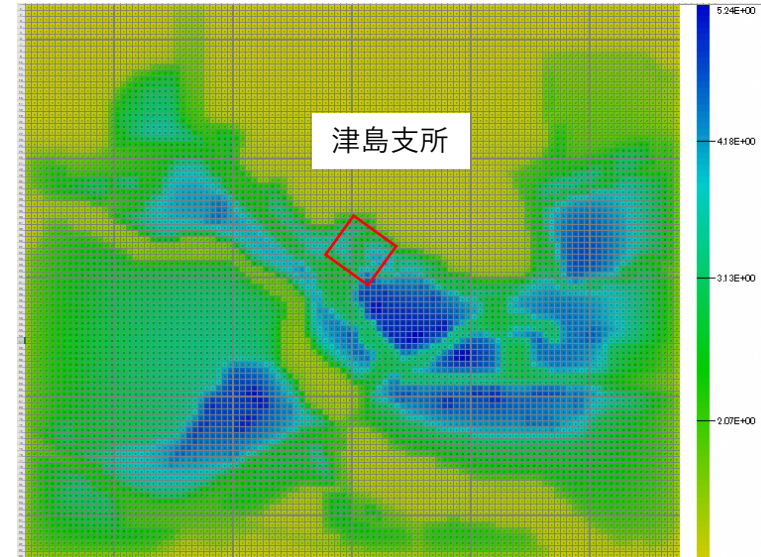
①除染後の線量率マップ (住宅地全除染)



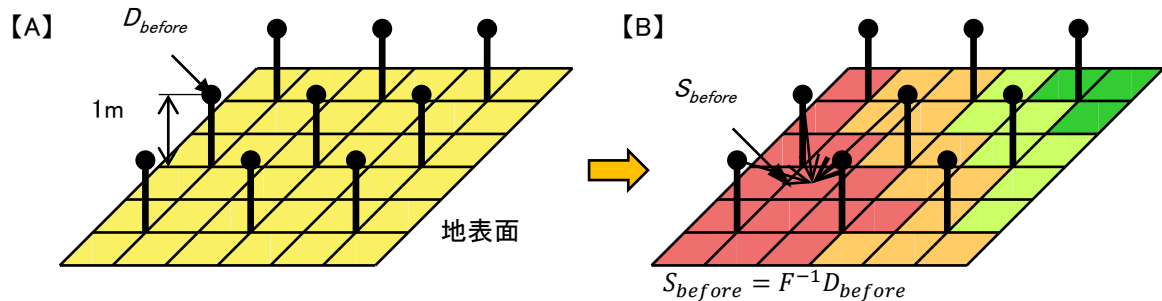
②低減率



②低減率

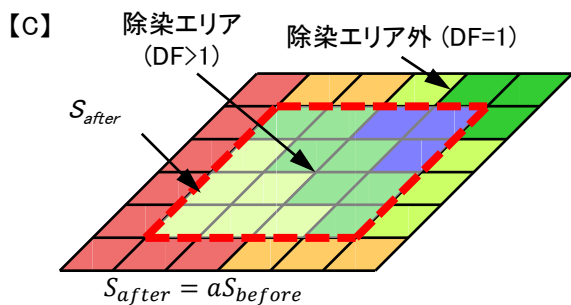


現地で測定された空間線量率の分布【A】から地表面の放射性セシウムの分布【B】を計算。
 除染係数を設定することで【C】、除染後の空間線量率【D】を計算。

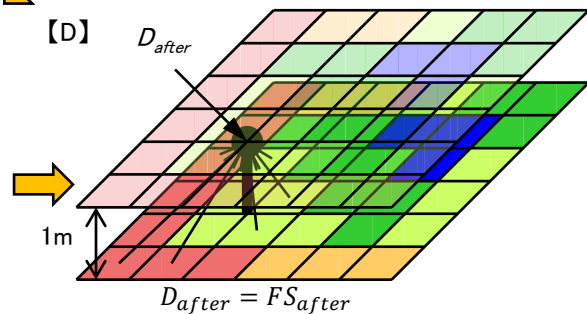


除染前の1m高さの空間線量率 D_{before} を入力する

除染前の表面汚染密度 S_{before} を計算する



除染後の表面汚染密度 S_{after} を計算する



除染後の空間線量率 D_{after} を計算する

2成分指数減衰モデルにより将来の空間線量率分布の予測も可能。

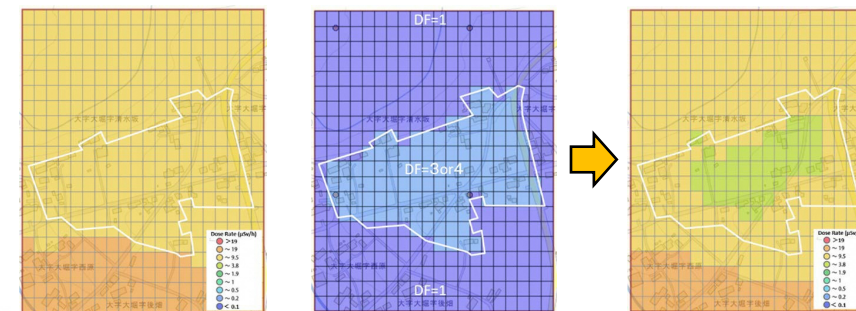
$$D(t) = (D_0 - D_{BG}) \left\{ f_{fast} \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{fast}} t\right) + (1 - f_{fast}) \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{slow}} t\right) \right\} \frac{k \exp(-\lambda_{134} t) + \exp(-\lambda_{137} t)}{k + 1} + D_{BG}$$

- | | |
|---|--|
| D(t) : 経過時間t (年)における空間線量率 (μSv/h) | T _{fast} : 減衰が早い成分の環境半減期 (年) |
| D ₀ : 初期空間線量率 (μSv/h) | T _{slow} : 減衰が遅い成分の環境半減期 (年) |
| D _{BG} : バックグラウンド空間線量率 (μSv/h) | k : ¹³⁴ Csの ¹³⁷ Csに対する初期空間線量率比 |
| f _{fast} : 減衰が早い成分の割合 | λ ₁₃₄ : ¹³⁴ Csの壊変定数 (年 ⁻¹) |
| | λ ₁₃₇ : ¹³⁷ Csの壊変定数 (年 ⁻¹) |

計算例

<入力データ>

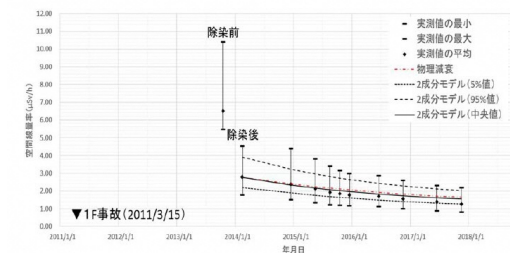
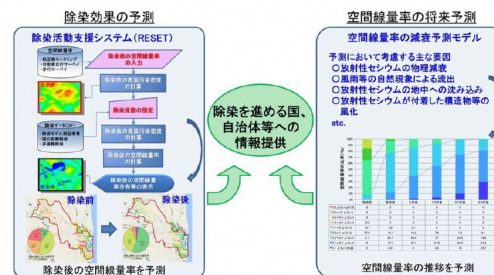
<出力結果>



除染前の線量率

除染係数

1) DF=3
除染後の線量率

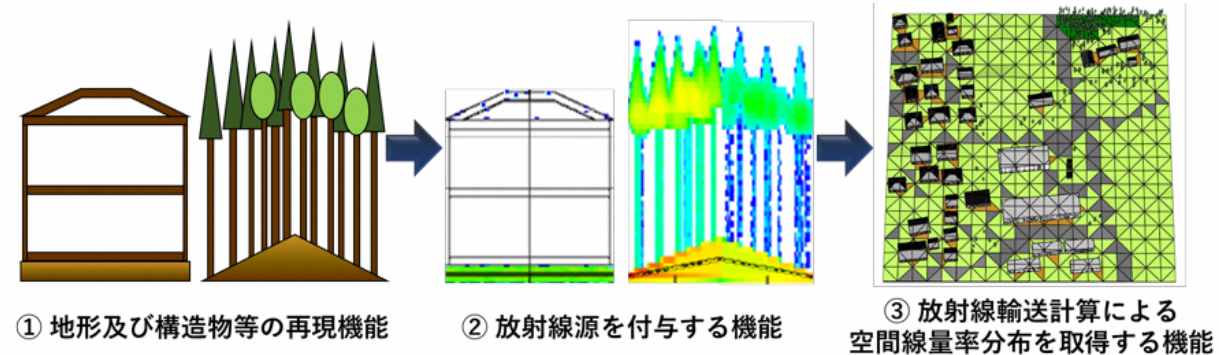


除染効果と線量率予測

Fig.1.1 除染の効果と空間線量率の将来予測手法

使用ツール 3D ADRES: 3D Air Dose Rate Evaluation System

- 本システムの中核となるのは、
- ①人工衛星画像等のリモートセンシング技術から得られる地理空間情報を活用し、地形及び構造物などをモデルとして再現する機能（一部、自動認識機能を用いて自動化）
 - ②認識し再現された構造物等の表面や地表面等に放射線源を付与する機能
- そして、①②の結果を基に、
- ③設定した放射線源が発する γ 線の輸送モンテカルロシミュレーションを実施する（原子力機構・基礎工学部門が開発したPHITSコードを利用）機能。



平成30年11月16日
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

放射線量の詳細分布の推定を可能にする計算システム「3D-ADRES」を開発
—リモートセンシング情報に基づき任意のエリアの放射線量の3次元分布が取得可能に—

【発表のポイント】

- 福島第一原子力発電所（1F）事故により、放射性セシウムが降着した市街地や森林では、放射性セシウムが発する放射線が構造物・樹木・土壌・斜面等により散乱され、放射線量は複雑な立体的分布を示します。しかし、そのような3次元分布を現地で推定可能とするシステムはこれまでになく、その開発が望まれていました。
- 今回、開発したシステム（3D Air Dose Rate Evaluation System: 略称3D-ADRES）は、人工衛星画像等を用いて複雑な市街地や森林をリアルにモデル化し、放射線量の詳細な3次元分布を初めて実際の市街地及び森林で推定可能としました。
- 本システムを用いて実際に徳島県区域の大熊町及び富岡町の特徴の異なる3つのエリアで放射線量を計算したところ、いずれも測定結果とおおむね一致し、計算の妥当性が示されました。
- 本システムを利用すると、住民の生活環境において、その付近に分布する様々な放射線源からの影響を計算機上でシミュレーションすることにより、除染の効果的な計画策定が可能となります。今後、徳島県区域等の高い放射線量を示す区域での幅広く低減への活用が期待されます。

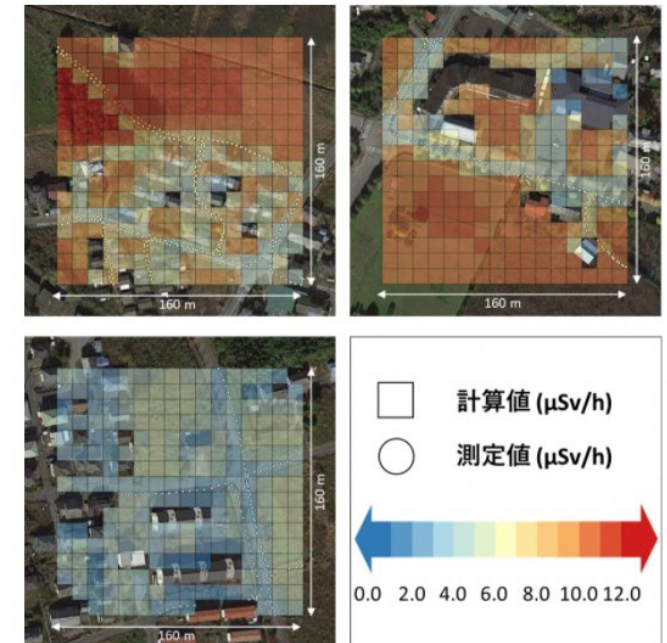
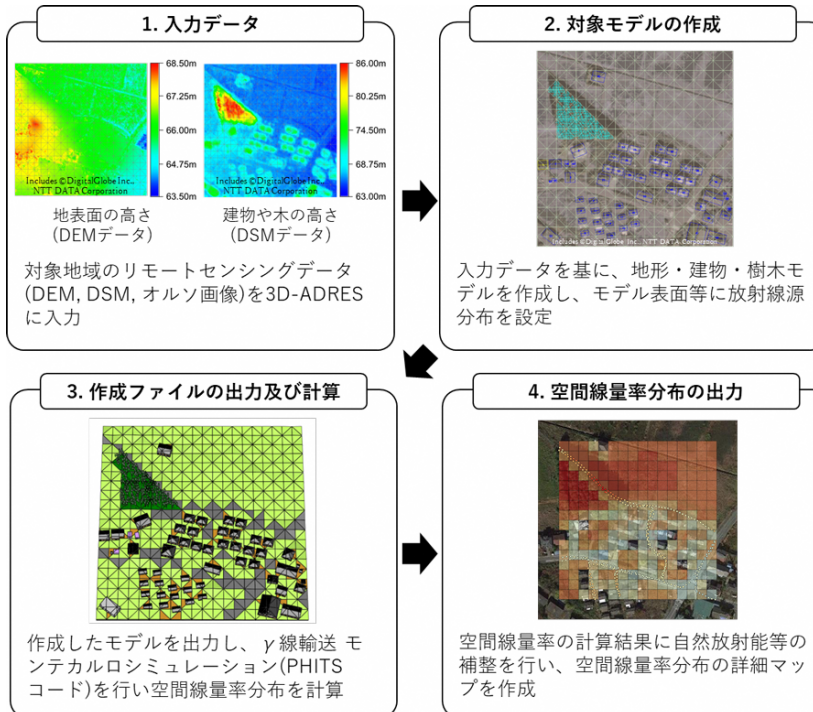
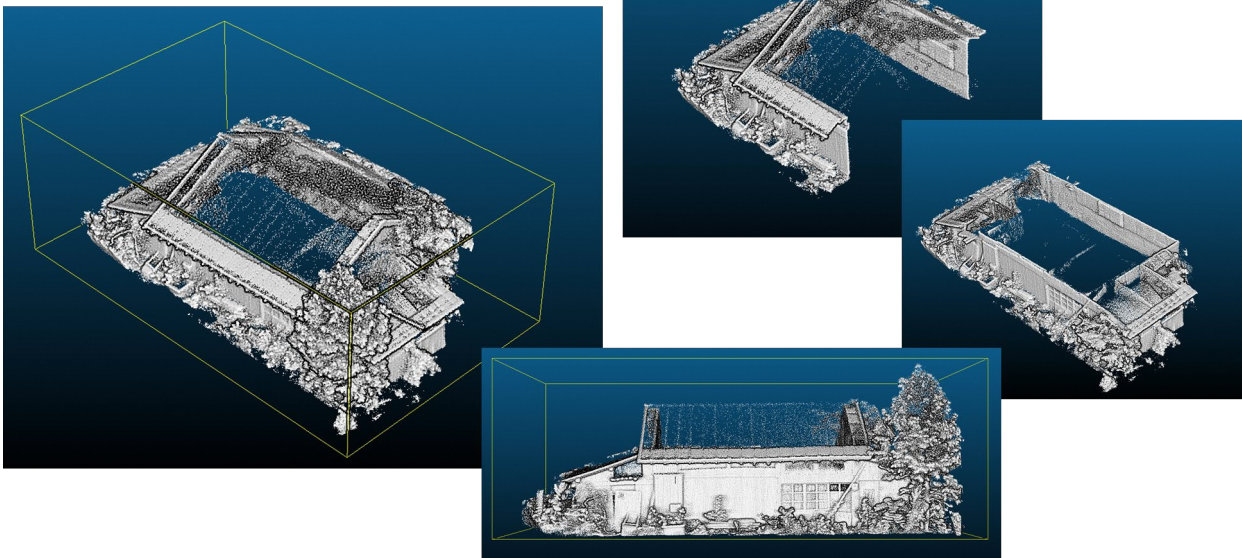


図1 3D-ADRESを用いた空間線量率分布の計算値と測定値の比較：点は測定地点で色は空間線量率の値を反映しています。計算値は各メッシュ上の色で与えられます。測定地点の色とメッシュ上の色がおおよそ一致していることが分かります。

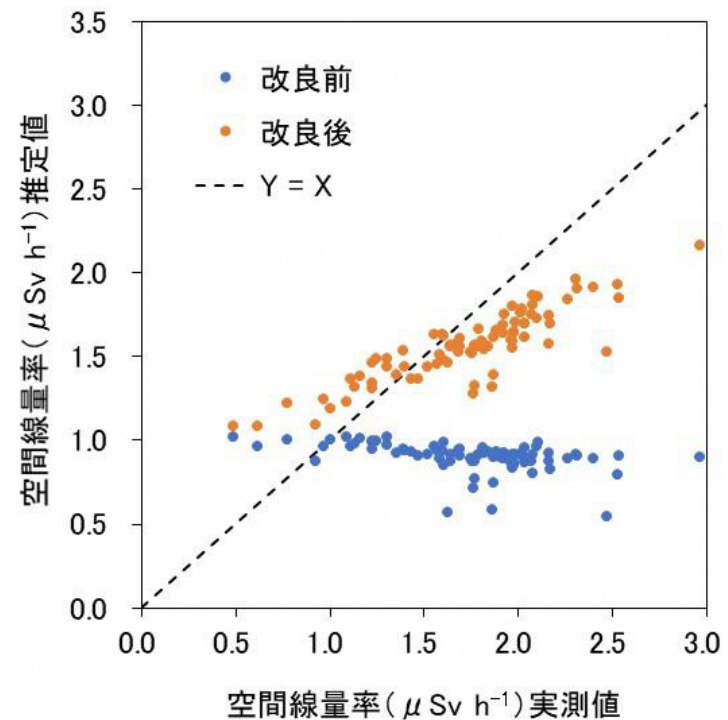
内閣府事業での検証例



Liderによる3次元データの取得



3次元測量データを使用した計算による精度向上例



★青は一般的な家屋模擬の例

パラメータ名	単位	値	説明
000	kg	1.0	バックグラウンド
001	kg	1.2	土壌 汚染対象区域
002	kg	1.2	土壌 汚染対象区域
003	kg	1.2	土壌 汚染対象区域
004	kg	1.8	土壌 汚染対象区域
005	kg	1.8	土壌 汚染対象区域
006	kg	1.8	土壌 汚染対象区域
007	kg	1.8	土壌 汚染対象区域
008	kg	1.4	土壌 汚染対象区域
009	kg	1.4	土壌 汚染対象区域
010	kg	1.4	土壌 汚染対象区域
011	kg	2.7	土壌 汚染対象区域
012	kg	2.7	土壌 汚染対象区域
013	kg	2.7	土壌 汚染対象区域
014	kg	2.7	土壌 汚染対象区域
015	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
016	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
017	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
018	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
019	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
020	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
021	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
022	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
023	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
024	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
025	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
026	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
027	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
028	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
029	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
030	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
031	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
032	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
033	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
034	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
035	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
036	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
037	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
038	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
039	kg	2.3	土壌 汚染対象区域
040	kg	2.3	土壌 汚染対象区域

図 2.2 パラメータの設定画面

簡便なパラメータ入力により
線量率マップの作成が可能

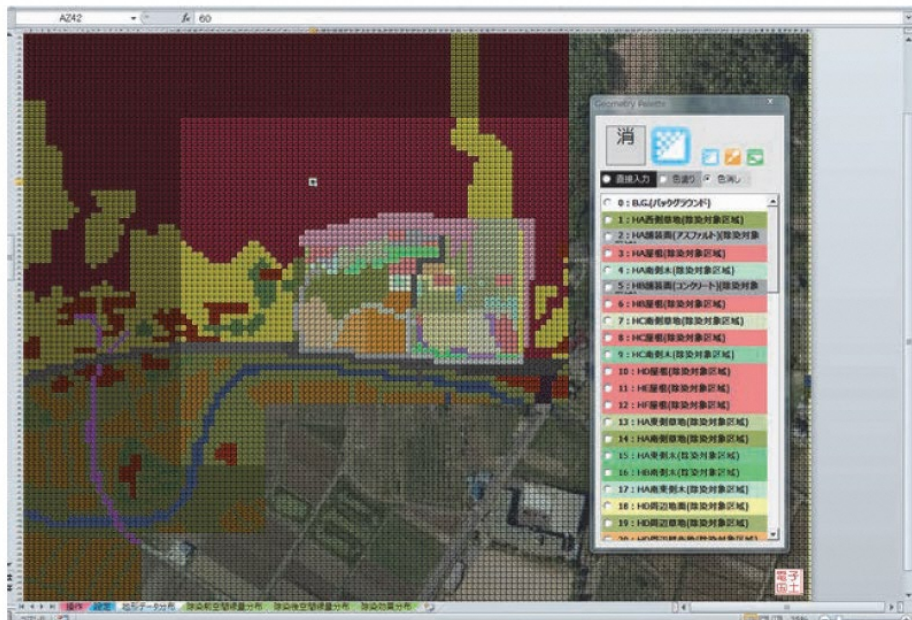
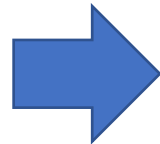
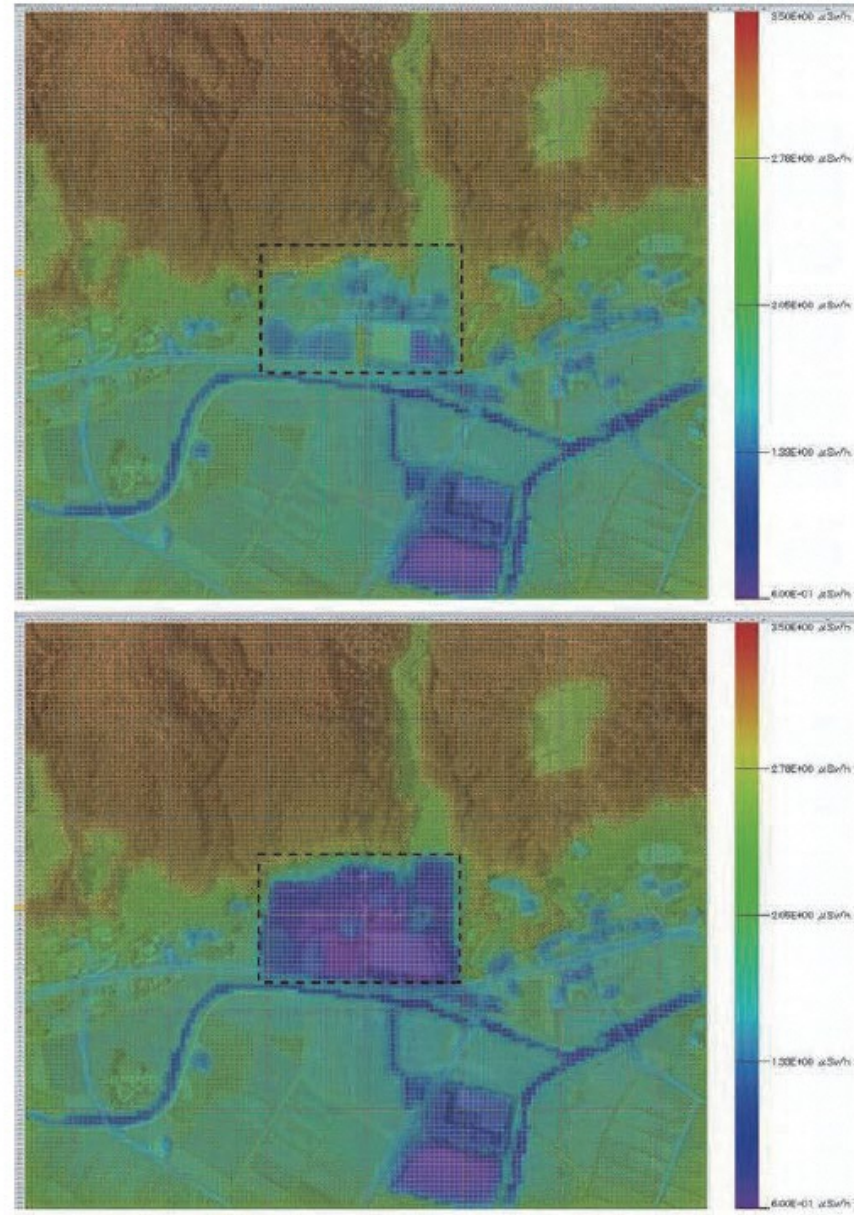


図 2.3 地形データ分布の作成画面



浪江町津島地区のシミュレーション例

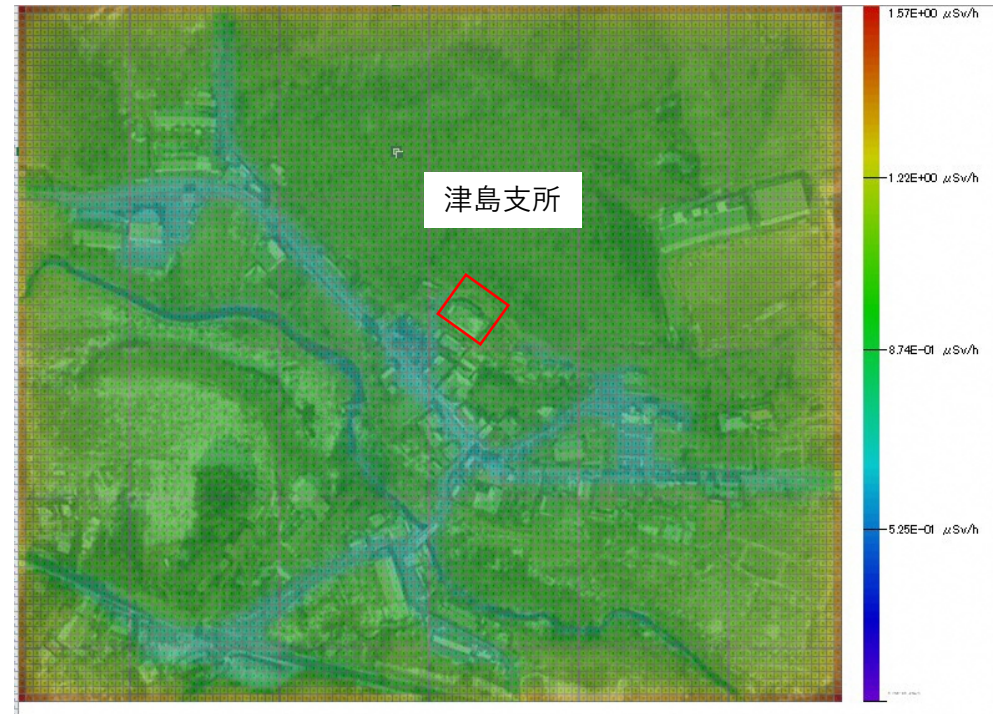
- シミュレーション範囲：役場津島支所を含む500m×500m（100セル×100セル）の地域
- 除染前の線量率：令和2年度の歩行モニタリングと航空機モニタリングのデータをベース
- 除染係数：土壌の剥ぎ取り10, 道路高圧水除染3.0等除染モデル実証の結果を適用
- 計算ケース：①津島支所のみを除染しない場合の計算 ②津島支所を含めて全域を除染した場合の計算

③初期線量の入力

①計算範囲の決定



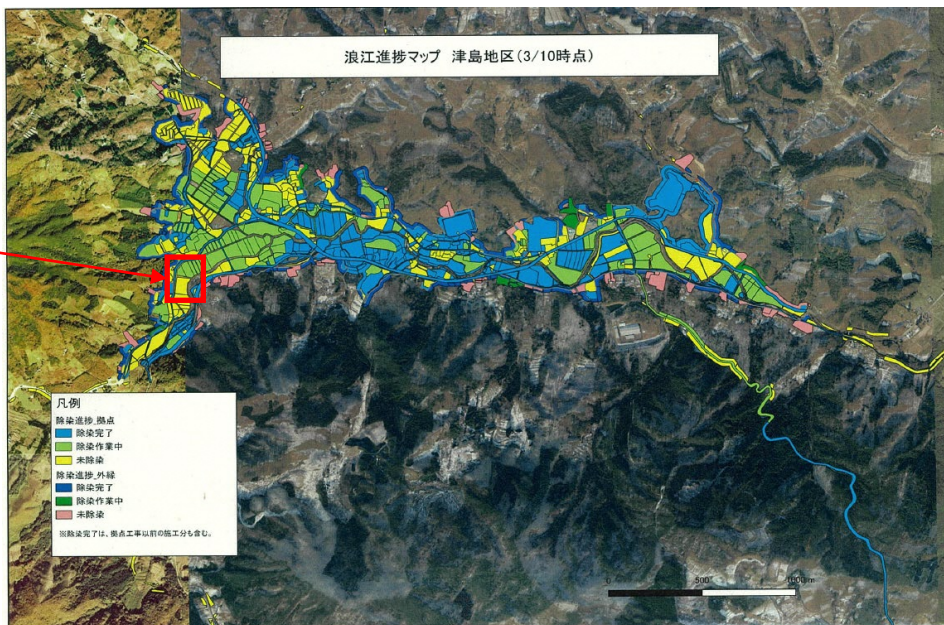
②土地利用情報の入力



浪江町津島地区のシミュレーション例

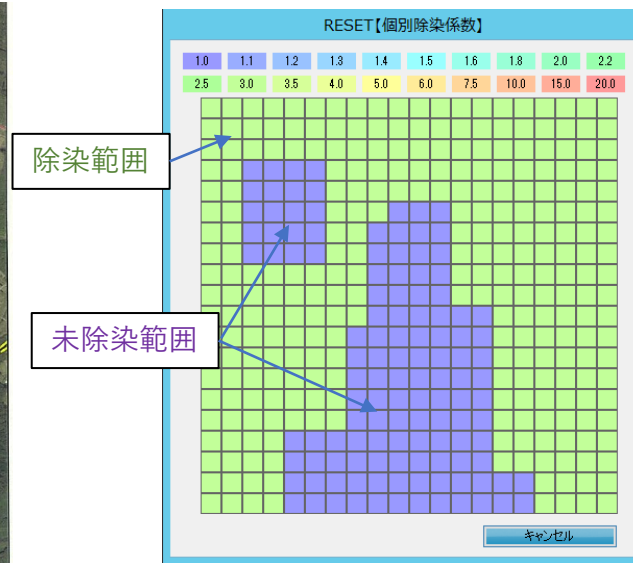
- シミュレーション範囲：除染／未除染を含む200m×200m（20セル×20セル）の地域
- 除染前の線量率：平成28年11月の統合マップをもとに、半減期補正し令和3年10月1日時点の線量率分布を仮定
- 除染係数：除染範囲を3とする（その場所で放射性セシウムが1/3になるという意味）。
- 計算ケース：①除染範囲とされた場所のみ除染する計算 ②未除染範囲とされた場所も除染する計算

シミュレーション範囲



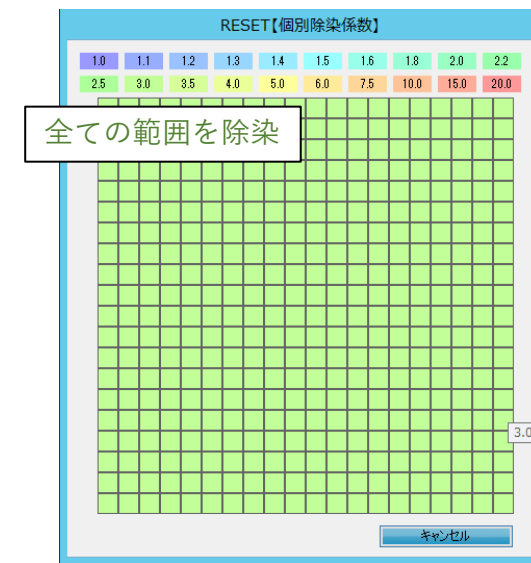
除染範囲

計算ケース①



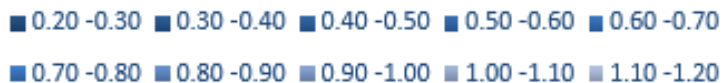
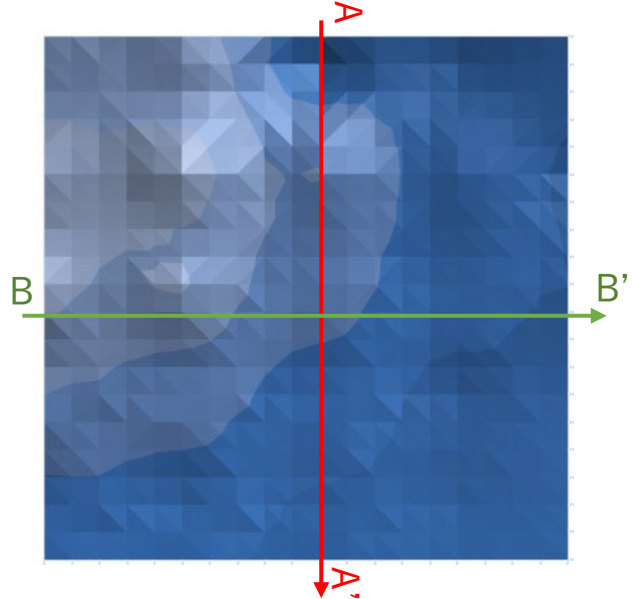
除染範囲：緑（除染係数=3）
 未除染範囲：紫

計算ケース②

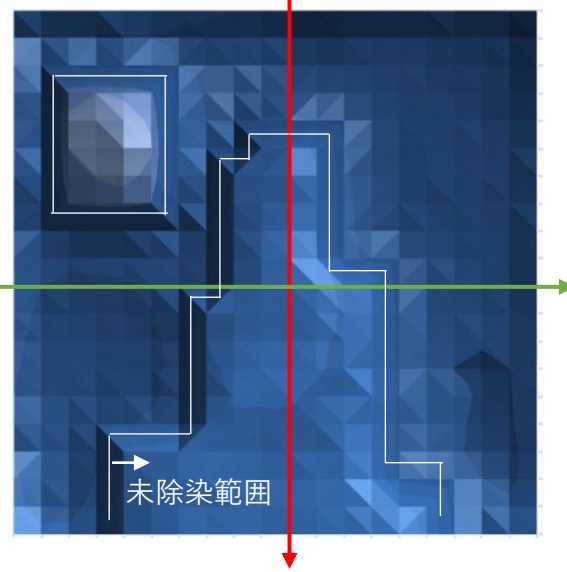


浪江町津島地区のシミュレーション例

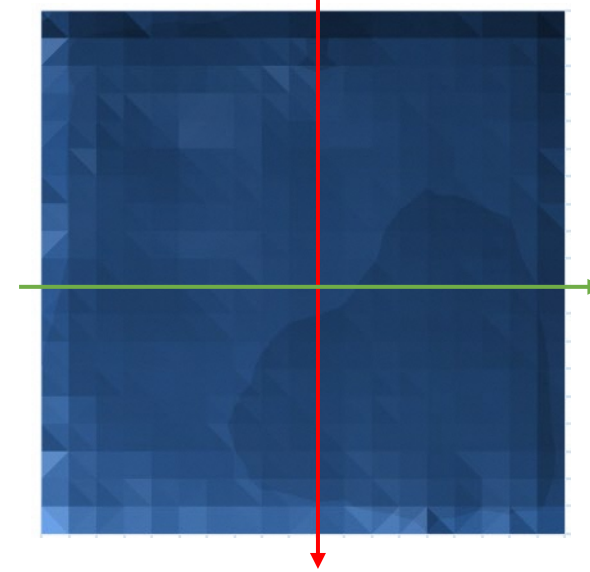
除染前の線量率分布



除染後の線量率分布
計算ケース①



除染後の線量率分布
計算ケース②



未除染の場所がある場合、除染した場所においても隣接する10~20メートルにおいて線量率の低減効果が低くなる（右図赤丸部分）

