

保健物理・環境科学部会セッション「30～40 年後の福島将来像」

(2) 将来の環境中放射線レベル推定

(2) Prediction of Ambient Dose Equivalent Rates for the Future

木名瀬 栄¹¹原子力機構

1. 緒言

原子力機構では、平成 24 年度は文部科学省の、平成 25 年度からは原子力規制庁の委託業務の一環として、空間線量率の分布状況変化モデルを開発した⁽¹⁻³⁾。空間線量率の分布状況変化モデルは、福島第一原発から 80km 圏内の広域な範囲に沈着した放射性セシウムを起因とした空間線量率の状況の予測等に役立てるよう、福島第一原発事故後に実施された走行サーベイ等による空間線量率の膨大な測定データをもとに開発した。具体的には、福島第一原発から 80 km 圏内(約 100 m メッシュ)を対象に、土地利用形態ごとに環境半減期(放射性セシウムの物理減衰による影響を取り除き、放射性セシウムの環境中での挙動に影響を及ぼすウェザリングや人間活動などの様々な要因により、環境中の空間線量率が半分の値になるまでの時間)を導出し、この環境半減期をモデルパラメータとした 2 成分 1 コンパートメントからなるモデルとした。本報告では、これまでに開発した空間線量率の分布状況変化モデルの特徴を示すとともに、これからの福島復興に資するよう、空間線量率の分布状況変化モデルを用いて作図した、福島第一原発から 80 km 圏内の空間線量率分布の将来予測図を紹介する。

2. 空間線量率の分布状況変化モデル

空間線量率の分布状況変化モデルは、空間線量率の起因となるセシウム 134、セシウム 137 を対象とする次式を適用した。

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

ここで、 $D(t)$ は経過時間 t における空間線量率、 D_{BG} はバックグラウンド空間線量率 $0.05 \mu\text{Sv/h}$ 、 T_{slow} は減衰が遅い成分の環境半減期 92 年、 k は ^{134}Cs の ^{137}Cs に対する初期空間線量率比(同じ濃度) 2.7、 λ_{134} は ^{134}Cs の壊変定数、 λ_{137} は ^{137}Cs の壊変定数である。本調査では、上式中の初期空間線量率である D_0 には、走行サーベイなどによる測定データを生活圏対象にした空間線量率へ補正した値を、減衰が速い成分の環境半減期である T_{fast} および減衰が速い成分の割合である f_{fast} には、走行サーベイの測定データから土地利用形態ごとの値(累積頻度分布作成)を導出・設定した。

減衰が速い成分の環境半減期 T_{fast} および減衰が速い成分の割合 f_{fast} それぞれについて、その 5% 値、中央値および 95% 値を表 1、2 に示す。減衰が速い成分の環境半減期は森林(落葉樹、常緑樹)を除き土地利用種別間の相違が大きいこと、減衰が速い成分の割合は土地利用形態間の相違が顕著であることが特徴的である。

Sakae Kinase¹¹Japan Atomic Energy Agency

表 1 減衰が速い成分の環境半減期

区域	土地利用形態	減衰が速い成分の環境半減期[年]		
		5%値	中央値	95%値
避難指示 区域外	水域	0.25	0.56	1.2
	都市	0.35	0.60	1.7
	水田	0.32	0.55	1.5
	畑地	0.32	0.63	1.9
	草地	0.29	0.58	2.2
	落葉樹	0.29	0.66	2.7
	常緑樹	0.28	0.94	5.7
	裸地	0.31	0.62	1.6
避難指示	森林	0.29	0.68	3.1
区域内	森林以外	0.32	0.60	1.7

表 2 減衰が速い成分の割合

区域	土地利用形態 /属性	減衰が速い成分の割合[-]		
		5%値	中央値	95%値
避難指示 区域外	水域	0.53	0.76	0.89
	都市	0.52	0.77	0.93
	水田	0.53	0.75	0.93
	畑地	0.48	0.71	0.89
	草地	0.47	0.72	0.92
	落葉樹	0.41	0.68	0.88
	常緑樹	0.26	0.62	0.86
	裸地	0.51	0.73	0.90
避難指示 区域内	帰還困難区域, 森林	0.32	0.45	0.55
	帰還困難区域, 森林以外	0.33	0.47	0.57
	居住制限区域, 森林	0.37	0.48	0.61
	居住制限区域, 森林以外	0.39	0.49	0.65
	避難指示解除準備区域, 森林	0.37	0.51	0.67
	避難指示解除準備区域, 森林以外	0.29	0.51	0.69

3. 空間線量率分布の将来予測図

セシウム 137 の物理的半減期に相当する 30 年を目処に、事故発生 10 年後、30 年後の福島第一原発から 80km 圏内の空間線量率分布を作図した。予測する空間線量率は、分布状況変化モデルに用いる環境半減期などのモデルパラメータ導出データの不確かさを考慮して、バックグラウンド空間線量率を含めた空間線量率 $0.20 \mu\text{Sv/h}$ を超えるメッシュに対して行うこととし、数値に対応したカラーグラデーションにより可視化した。なお、 $0.20 \mu\text{Sv/h}$ 未満の空間線量率のメッシュについては $0.20 \mu\text{Sv/h}$ に対応したカラーと同様にした。猪苗代湖上や福島第一原発から 3km 圏内のような、航空機モニタリングや走行サーベイによる測

定データがないメッシュについては白抜きにした。

予測ケースは次の3つとした。

ケース1:モデルパラメータの中央値(減衰が遅い成分の環境半減期は92年)を適用した場合。

ケース2:90%信頼区間下限値を適用した場合。不確かさ解析結果の5%値と中央値の比率をケース1結果に適用。

ケース3:90%信頼区間上限値を適用した場合。不確かさ解析結果の95%値と中央値の比率をケース1結果に適用。

土地利用形態別のうち森林(落葉樹, 常緑樹)と分類され, 人口ゼロであるメッシュに対しては, これまでの調査結果より空間線量率は物理的減衰のみによる減少とした。

福島第一原発から80km圏内の空間線量率分布の将来予測結果を図1～図3に示す。モデルパラメータの中央値を適用したケース1を図1に, 不確かさ解析結果の90%信頼区間下限値を適用したケース2を図2に, 不確かさ解析結果の90%信頼区間上限値を適用したケース3を図3に示した。予測した空間線量率は, 事故10年後, 30年後の住民の生活圏を対象にしたものであり, バックグラウンド空間線量率を含めた値である。避難指示区域外では, 事故10年後の3ケース間において, $0.20 \mu\text{Sv/h}$ 未満に対応したカラーとは異なるメッシュが分布する場合もある。一方, 避難指示区域内では, モデルパラメータの不確かさが比較的小さいためか, いずれの解析ケースにおいても大きな相違は見られない。

今後, 住民の帰還が進むと, 人間活動などによる放射線場のじょう乱によりモデルパラメータの不確かさが大きくなることが予想され, ケース1からケース3の予測結果に相違が生じることが考えられるが, 事故5年後のバックグラウンド空間線量率を含む空間線量率を推定した場合では, 極端なケースを除き, 係数2程度の不確かさで推定できることが確認されている。

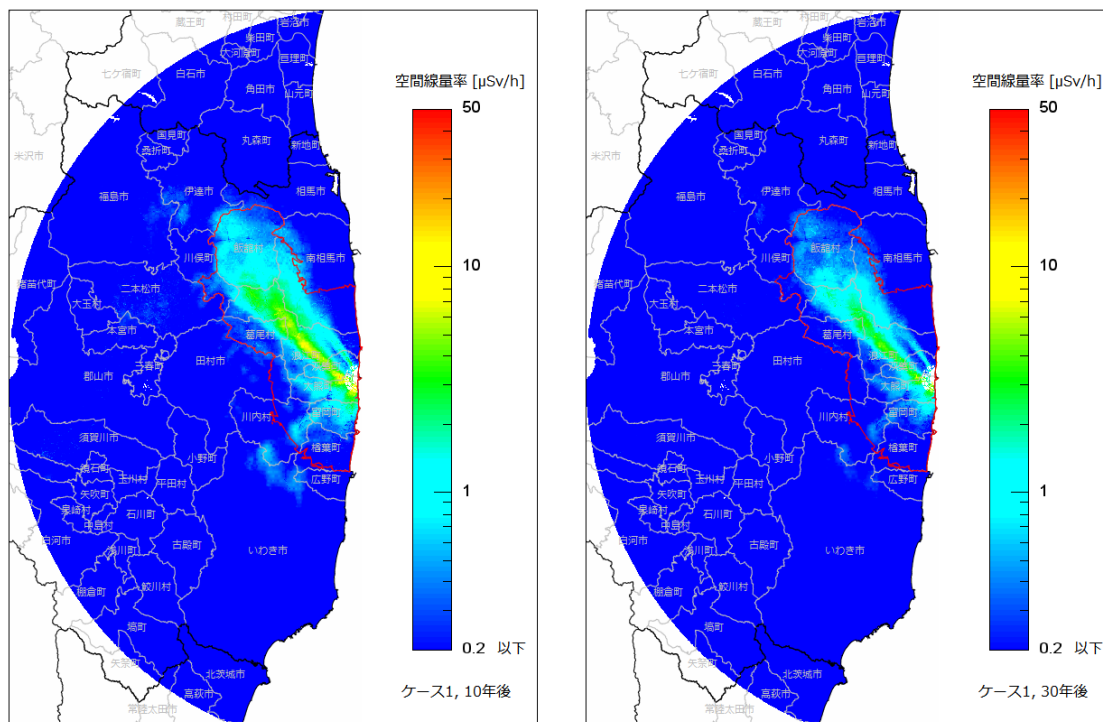


図1 空間線量率の分布状況予測結果(ケース1)。

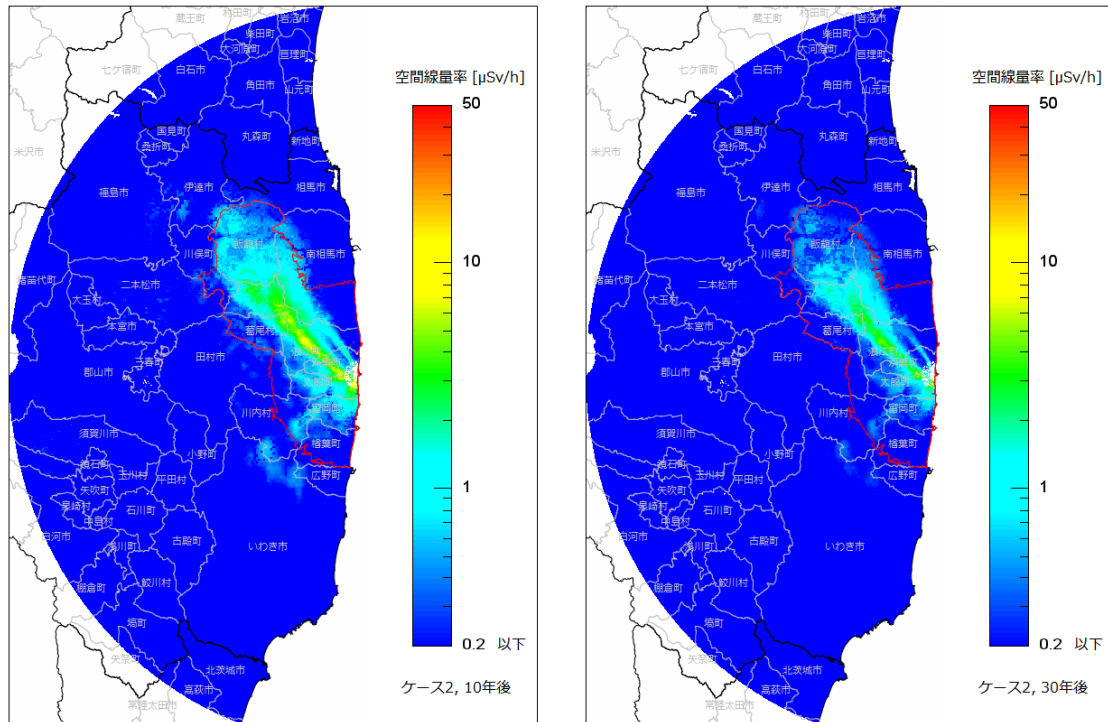


図 2 空間線量率の分布状況予測結果（ケース 2）.

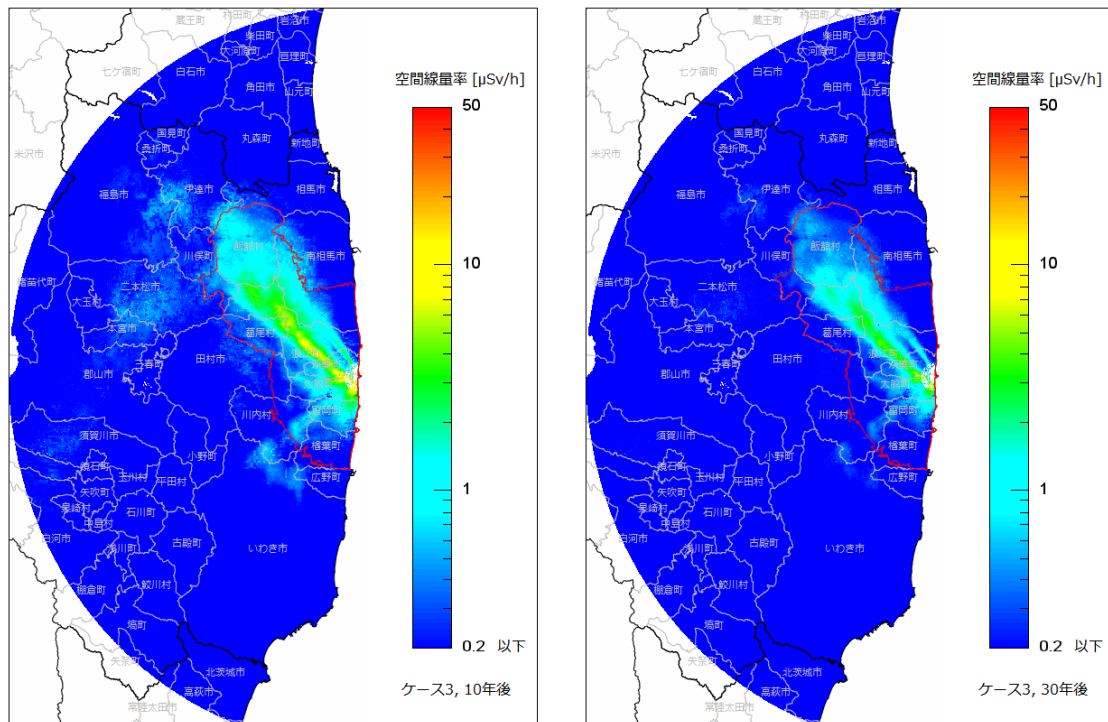


図 3 空間線量率の分布状況予測結果（ケース 3）.

4. 結言

福島第一原発から80km圏内を対象に、空間線量率の分布状況変化モデルを開発するとともに、福島第一原発事故後30年までの空間線量率分布を予測した。空間線量率の分布状況変化モデルは、環境半減期などのモデルパラメータを用いた計算により、避難指示区域内外それぞれの生活圏において空間線量率分布を簡便に推定することが可能であるため、福島復興に役立つと考える。なお、空間線量率分布の分布状況変化モデルは、今後新たな測定データ・知見が得られれば、その都度見直しを実施し、さらなる検討を加える。

謝辞

本調査内容は、平成26年度原子力規制庁の放射性物質測定調査委託費（東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発）事業の一環として実施したものである。空間線量率の将来予測図は、原子力機構が当該委託業務を実施する中で得た知見をもとに作成したものである。

参考文献

- (1) 日本原子力研究開発機構，平成24年度放射能測定調査委託事業「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」成果報告書(2013)，
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry05.html>
- (2) 日本原子力研究開発機構，平成25年度原子力規制庁委託事業「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立事業」成果報告書(2014)，
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry06.html>
- (3) 日本原子力研究開発機構，平成26年度原子力規制庁委託事業「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発」成果報告書(2015)，
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry07.html>