

空間線量率分布の予測モデルの開発、実測データとの比較及び検証

木名瀬 栄（原子力機構）

1. 調査目的

本調査の目的は、住民帰還などの復興に資するため、福島第一原発から放出された環境中の放射性セシウムを起因とした空間線量率の変化傾向を把握するとともに将来の空間線量率分布等の長期的予測手法を開発することである。

これまで、福島第一原発から 80 km 圏内の第 3 次地域区画 1/10 細分区画（約 100 m メッシュ）すべてに対して、第 1 次（平成 23 年 6 月 4 日から 6 月 13 日）から第 6 次（平成 25 年 6 月 11 日から 7 月 19 日）走行サーベイの空間線量率測定データをもとに、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除いた、人為的な影響を含む実際の環境における移行挙動の影響をひとまとめにして評価した空間線量率の半減期）を導出し、この環境半減期をパラメータとした 2 成分 1 コンパートメントからなる分布状況変化モデルを開発してきた^{1 2 3}。

平成 26 年度は、第 8 次（平成 26 年 6 月 23 日から 8 月 8 日）走行サーベイ等の空間線量率測定データを用い、これまでの分布状況変化モデルのモデルパラメータのアップデートをするとともに分布状況変化モデルの不確かさ解析と妥当性検証を実施した。なお、空間線量率等の長期的予測手法は、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。

2. 調査内容

空間線量率等の長期的予測手法では、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、2 成分 1 コンパートメントモデルである放射性セシウムの分布状況変化モデルを次の式 (1) で表す。

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

ここで、

$D(t)$: 経過時間 t [y] における空間線量率 [μ Sv/h]
D_0	: 空間線量率の初期値 [μ Sv/h]
D_{BG}	: バックグラウンド空間線量率 [μ Sv/h]
f_{fast}	: 減衰が速い成分の割合 [-]

¹ 日本原子力研究開発機構, “原子力規制庁委託事業「平成 25 年度東京電力(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」成果報告書,” 日本原子力研究開発機構ホームページ, (<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry06.html>).

² S. Kinase, T. Takahashi, S. Sato, R. Sakamoto, K. Saito, “Development of Prediction Models for Radioactive Caesium Distribution within the 80km-Radius of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant,” Radiat. Prot. Dosim. 160(4), 318–321 (2014).

³ S. Kinase, S. Sato, T. Takahashi, R. Sakamoto, K. Saito, “Ecological Half-life of Radioactive Caesium within the 80 km Radius of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant,” Online Available: http://www.irpa2014europe.com/wp-content/uploads/2014/07/IRPA2014_AbstractBook_22-07-14.pdf (2014, July 14).

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	: セシウム 134 のセシウム 137 に対する空間線量率比(同じ濃度) [-]
λ_{134}	: セシウム 134 の壊変定数 [y^{-1}]
λ_{137}	: セシウム 137 の壊変定数 [y^{-1}]

である。

本調査では、福島第一原発から 80 km 圏内を対象に事故後 30 年までの空間線量率分布の経時変化を推定可能にするため、走行サーベイ等の空間線量率測定データを用いて、式(1)のモデルパラメータを導出した。

空間線量率分布等の長期的予測手法の具体的な開発実施内容を以下に示す。

- 福島第一原発から 80 km 圏内を適切なサイズのメッシュに分割
- 分割したメッシュすべてについて空間線量率の初期値を設定
- 分割したメッシュすべてについてモデルパラメータを設定
- 分布状況変化モデルによる将来の空間線量率の推定
(モデルパラメータの統計的分布を考慮して算出 (=不確かさ解析))
- 分布状況変化モデルによる推定値の妥当性検証

(1) 福島第一原発から 80 km 圏内のメッシュ分割

走行サーベイによる空間線量率測定では、統計的なばらつきを低減させるため、第 3 次地域区画 1/10 細分区画(約 100 m メッシュ)内に含まれる測定地点での空間線量率の値を平均してメッシュの代表値としている。なお、航空機モニタリングにおいても、対地高度 150~300 m の場合、航空機下部の地表面を直径約 300~600 m の円内の測定結果を平均化し測定データとしている(対地高度によって変化する)がこれと同様の手法である。本調査では、セシウム 137 の空気中平均自由行程(ガンマ線が空気中の分子と衝突せずに飛行する平均距離)が約 108 m であることも勘案し、福島第一原発から 80 km 圏内のメッシュ分割は第 3 次地域区画 1/10 細分メッシュ区画に対応する約 100 m 単位で行った。

(2) 空間線量率の初期値の設定

住民帰還などに資するため、本調査において推定する空間線量率は、住民の生活圏を対象にしたものが望まれる。住民の生活圏を横断する道路の中央における空間線量率の環境半減期が、道路周辺の生活圏における空間線量率の環境半減期と同等⁴であり、式(1)のモデルパラメータとして利用できることを踏まえ、広範囲かつ測定地点数の多い走行サーベイによる空間線量率測定データを式(1)の空間線量率の初期値とし、将来推定のための基準日における空間線量率とした。

空間線量率の設定に活用したデータを表-1 に示す。本調査では、福島第一原発から 80 km 圏内のメッシュすべてに対して、走行サーベイによる測定データがある場合にはその値を、走行サーベイによる測定データがない場合には走行サーベイと航空機モニタリングによる測定データの相関関係を用いて、航空機モニタリングによる測定データを走行サーベイによる測定データに相当するように補正した値を適用した。いずれの場合においても、住民

⁴ S. Kinase, S. Sato, R. Sakamoto, H. Yamamoto, K. Saito, "Changes in Ambient Dose Equivalent Rates around Roads at Kawamata after the Fukushima Accident," Radiat. Prot. Dosim. doi:10.1093/rpd/ncv275.

の生活圏を対象とすべく、歩行サーベイによる測定データとの比率によって補正した。また、走行サーベイによる測定データには、これまでの調査手法で得られたデータに加え、「総合モニタリング計画」(モニタリング調整会議決定)に基づき実施されている走行サーベイの詳細モニタリング結果⁵を活用することとした。帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域である避難指示区域内では主として「総合モニタリング計画」に基づき実施されている走行サーベイの詳細モニタリング結果のうち第17巡の結果を、避難指示区域外では第8次走行サーベイによる測定結果を用いることとした。住民の生活圏を対象にした、将来推定のための基準日における空間線量率は、第8次航空機モニタリングの測定最終日の測定データとした。

なお、避難指示区域内と避難指示区域外では人間活動などによる放射線場のじょう乱の程度が異なると想定されたため、それぞれの区域を対象にして第8次走行サーベイと第8次航空機モニタリングによる測定データの比率、走行サーベイによる測定データと歩行サーベイによる測定データの比率を算出して評価に用いた。

(3) モデルパラメータの設定

これまでに得られた空間線量率測定データでは、式(1)に示される2成分1コンパートメントモデルのパラメータを適切に決定できる測定地点は多くない。しかしながら、先行研究⁶より、放射性セシウムが土壌に沈着した約4年後から空間線量率の減少傾向が緩やかになることが知られている。こうした状況を踏まえ、本調査では、これまでに得られた測定データと研究成果^{6,7,8}を活用し式(1)のモデルパラメータを設定した。

減衰が遅い成分の環境半減期とその変化の範囲は、先行研究の結果を踏まえレベル3PSAに関する日本原子力学会の値⁷や米国原子力規制委員会の値⁸(具体的には92年)を、減衰が速い成分の環境半減期とその変化の範囲は、第1次から第8次走行サーベイの空間線量率測定データに対する最小二乗法フィットにより導出した値を用いることとした。なお、減衰が速い成分の環境半減期は、その信頼性及び合理性の確保を図るため、避難指示区域内にはALOS土地利用形態別のうち森林(落葉樹、常緑樹)か否かの群別に、避難指示区域外にはALOS土地利用形態別に導出した。

減衰が速い成分の割合は、避難指示区域内、避難指示区域外それぞれについて、「総合モニタリング計画」に基づき実施されている第17巡までの走行サーベイの詳細モニタリング結果と第1次から第8次走行サーベイの空間線量率測定データを用いて導出した。具体的には、減衰が速い成分の環境半減期を固定し、初期の空間線量率と減衰が速い成分の割合の2つのパラメータを対象にして非線形最小二乗法フィットにより減衰が速い成分の割合を導出した。得られた減衰が速い成分の割合は、避難指示区域内である帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域それぞれのALOS土地利用形態別のうち森林(落葉樹、常緑樹)か否かの群別に、避難指示区域外にはALOS土地利用形態別に分類し、平均値とその変化の範囲を導出した。

⁵ 原子力被災者生活支援チーム、避難指示区域における詳細モニタリング結果(モニタリングカーによる走行サーベイ第十七巡)の公表について、
(http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140527/monitor00_01.pdf).

⁶ H. J. Gale, D. L. O. Humphreys and E. M. R. Fisher, "Weathering of Caesium-137 of soil," *Nature*, 4916, 257-261 (1964).

⁷ 日本原子力学会, 日本原子力学会標準 原子力発電所の確率論的安全評価に関する実施基準(レベル3PSA編), AESJ-SC-P010 (2008).

⁸ J. L. Sprung, J. A. Rollstin, J. C. Helton and H-N Jow, "Evaluation of Severe Accident Risks: Quantification of Major Input Parameters, MACCS Input," NUREG/CR-4551 SAND86-1309 Vol. 2, Rev. 1, Part 7, Sandia National Laboratories, Albuquerque (1990).

(4) 分布状況変化モデルの不確かさ解析と妥当性検証

分布状況変化モデルを用いて、避難指示区域内外それぞれの空間線量率の経時変化を推定した。避難指示区域内である帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域については、ALOS 土地利用形態別のうち森林（落葉樹、常緑樹）か否かの群別に、避難指示区域外については、ALOS 土地利用形態別に空間線量率を求め、バックグラウンド空間線量率を除く初期の空間線量率で規格化した。

この際に、分布状況変化モデルの不確かさ解析として、式(1)に示される3つのモデルパラメータである、減衰が速い成分の割合、減衰が速い成分の環境半減期、減衰が遅い成分の環境半減期の統計分布を考慮したモンテカルロ計算により、空間線量率の統計的分布を含む経時変化を調べた。モンテカルロ計算に用いるパラメータサンプリングは、クリアランスレベル導出⁹などに利用されたLHS (Latin Hypercube Sampling) コード¹⁰により行った。LHS コードにより、累積分布関数の累積頻度の割合が等間隔になるようにサンプル数で分割し、各領域内から代表値を1つずつランダムに選択したパラメータの組み合わせを決定した。なお、減衰が遅い成分の環境半減期の統計分布は先行研究の結果⁸を踏まえ一様分布（固定値：92年）と仮定した。

また、規格化して得られた空間線量率の相対値と、第1次から第8次までの走行サーベイや「総合モニタリング計画」に基づき実施されている第17巡までの走行サーベイの空間線量率測定データの相対値（測定データからバックグラウンド空間線量率を除いた後、初期の空間線量率で除した値）と比較することにより、分布状況変化モデルの妥当性を調べた。さらに、第7次走行サーベイの空間線量率測定データを基準とした分布状況変化モデルを用いて避難指示区域外の空間線量率を推定し、第8次走行サーベイの空間線量率測定データと比較した。同様に、第1次走行サーベイの空間線量率測定データを基準とした場合の比較も実施した。

3. 結果及び考察

(1) 空間線量率の初期値とモデルパラメータ

空間線量率の初期値とモデルパラメータは、歩行サーベイ、走行サーベイ、航空機モニタリングなどで得られた最新の空間線量率測定データ及びレベル3PRA手法などの知見を踏まえ導出した（表-2）。空間線量率の初期値導出のために行った最新の測定データの比較ではあるが、第8次走行サーベイと第8次航空機モニタリングの測定時期が半年以上異なっているため、航空機モニタリングによる測定データを走行サーベイによる測定相当データに補正する線形回帰式（1次関数）の傾きは、避難指示区域内で0.58、避難指示区域外で0.53となった（図-1）。なお、0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 未満の空間線量率測定データはバックグラウンド空間線量率のばらつきの影響が含まれる可能性があるため線形回帰の解析対象から除外した。

第1次から第8次走行サーベイによる空間線量率測定データを用いて、減衰が速い成分の環境半減期について解析した結果を図-2に示す。避難指示区域外の減衰が速い成分の環境半減期として、ALOS 土地利用形態別に解析した結果を図-2(a)に、避難指示区域内の減衰が速い成分の環境半減期として、ALOS 土地利用形態別のうち森林（落葉樹、常緑樹）か否かの群別に解析した結果を図-2(b)に示した。図より、減衰が速い成分の環境半減期は、

⁹ 高橋知之, 武田聖司, 木村英雄, “クリアランスレベル設定のための確率論的解析コードシステム: PASCLR ユーザーズマニュアル,” JAERI-Data/Code 2000-041 (2001).

¹⁰ R. L. Iman and M. J. Shortencarier, “A FORTRAN 77 Program and User’s Guide for the Generation of Latin Hypercube and Random Samples for Use with Computer Models,” NUREG/CR-3624 (1987).

森林（落葉樹、常緑樹）を除き ALOS 土地利用種別間の相違が顕著でないことが示される。こうした傾向が現れる原因としては、森林（落葉樹、常緑樹）に分類されたメッシュにおける空間線量率の経時変化の特異性（たとえば森林における空間線量率が人間活動などにより比較的影響を受けない一方、季節遷移にともなう落葉などや樹木の成長による線源分布変化の影響を受けていること）が考えられる。本調査では、表-3 に示すように、避難指示区域外及び避難指示区域内それぞれについて、式(1)のモデルパラメータである減衰が速い成分の環境半減期の平均値等を導出し、将来の空間線量率の推定に適用した。不確かさ解析に用いる減衰が速い成分の環境半減期の統計分布は、減衰が速い成分の環境半減期の90%信頼区間の分布から対数正規分布と仮定した¹¹。

図-3(a)及び(b)に走行サーベイの空間線量率測定データを用いて解析した、避難指示区域外及び避難指示区域内の減衰が速い成分の割合（累積頻度分布）を示す。また、その5%値、平均値及び95%値を表-4に示す。図に示すように、避難指示区域外の減衰が速い成分の割合は、ALOS 土地利用形態間の相違が顕著である。とくに、森林（落葉樹、常緑樹）に分類されたメッシュにおける減衰が速い成分の割合は、森林以外の値に較べ小さい。また、避難指示区域内である帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域それぞれの減衰が速い成分の割合では、人間活動などが比較的多い避難指示解除準備区域における減衰が速い成分の割合の方が他の区域に較べ大きくなる傾向が示された。なお、90%信頼区間の分布に着目すると、不確かさ解析に用いるいずれの減衰が速い成分の割合についても、その統計分布は正規分布になると仮定した¹¹。避難指示区域外の減衰が速い成分の割合については、開平変換後の統計分布が正規分布（減衰が遅い成分の平方根は正規分布）を示した。

(2) 分布状況変化モデルによる空間線量率推定とその不確かさ解析及び妥当性検証

分布状況変化モデルにより推定した空間線量率の経時変化について、図-4(a)～(h)に避難指示区域外の値（絶対値ではなく、事故発生時点の空間線量率で規格化した相対値）を、図-5(a)～(f)に避難指示区域内の値を示す。ここで、本分布状況変化モデルは、統計的な分布を有する3つのパラメータを入力として計算を行うため、同一時点における推定値も統計的な分布（＝不確かさ）を有する。この不確かさを考慮するため、それぞれの図においては、50%値（推定値が有する分布の中央値）に加えて、90%信頼区間下限値（推定値が有する分布の5%値）、90%信頼区間上限値（推定値が有する分布の95%値）の各場合における推定値を記載（＝不確かさ解析）している。また、これらの推定値が実測値とどの程度の精度を有するかについて検証（＝妥当性検証）するために、走行サーベイによる空間線量率の実測値（相対値）も併記している。図に示されるように、推定した空間線量率（50%値、減衰が遅い成分の環境半減期を92年とする選定値に基づく推定）は走行サーベイによる空間線量率の実測値とよく一致している。また、第1次（平成23年6月4日から6月13日）から第8次（平成26年6月23日から8月8日）までの期間の走行サーベイによる空間線量率の実測値のほとんどが、不確かさを考慮した推定値の範囲内（90%信頼区間の下限値から上限値の間）にあることが確認できる。

また、図-6(a)に避難指示区域外の空間線量率について、第7次走行サーベイ（平成25年11月5日から12月12日）の空間線量率測定データを基準とした分布状況変化モデルによる第8次走行サーベイの時点（平成26年6月23日から8月8日）の推定値と、第8次走行サーベイによる空間線量率の測定データ（実測値）の比較結果を示す。両者間は、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以上となる空間線量率について、係数2（実測値に対して推定値が最大で2倍や2分

¹¹ 本章「参考」を参照のこと。

の1程度であること)の範囲で概ね一致するとともに、測定データの多くは係数2よりも高い精度で一致していることが確認できた。なお、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 未滿の空間線量率測定データについては、バックグラウンド空間線量率のばらつきの影響が含まれるために、精度が低下した可能性が考えられる。図-6(b)には、第1次走行サーベイ(平成23年6月6日から6月13日)の空間線量率測定データを基準とした分布状況変化モデルによる第8次走行サーベイの時点(平成26年6月23日から8月8日)の推定値と、第8次走行サーベイによる空間線量率の測定データ(実測値)の比較結果を示す。第1次走行サーベイは観測地点数が少ないものの、本結果においても、両者間は、 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以上となる空間線量率について、係数2(実測値に対して推定値が最大で2倍や2分の1程度であること)の範囲で概ね一致していることが確認できた。

このことから、人為的な影響を含むじょう乱がこれまでと同程度と仮定したうえで、分布状況変化モデルを用いて将来の空間線量率を推定する場合、実測値との比較で検証された期間と同程度の将来(最大でも入力した実測値の観測時点から3年程度(今回の入力においては、事故6年後程度))に対してであれば、係数2程度の不確かさで推定できる可能性が示唆された。なお、これより先の将来に対する分布状況変化モデルの適用可能性については、今回行った検証以上の有効な方法が存在しないため、本報告書においては言及しないこととする。

4. まとめ

福島第一原発から80 km圏内を対象に、空間線量率等の長期的予測手法を開発するとともに、最新の測定データ及びこれまでの知見を適用して避難指示区域内外の地域特性に応じたモデルパラメータを導出した。森林(落葉樹、常緑樹)に分類されたメッシュにおける減衰が速い成分の環境半減期や減衰が速い成分の割合は、森林以外に分類されたメッシュでの値と相違があることが示唆された。

また、福島第一原発事故30年後までの空間線量率分布の経時変化を推定するとともにモデルの不確かさ解析及び妥当性検証を行った。この結果からは、人為的な影響を含むじょう乱がこれまでと同程度と仮定したうえで、分布状況変化モデルを用いて将来の空間線量率を推定する場合、実測値との比較で検証された期間と同程度の将来(最大でも入力した実測値の観測時点から3年後(今回の入力においては、事故6年後程度))に対してであれば、係数2程度の不確かさで推定できる可能性が示唆された。

空間線量率等の長期的予測手法は、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、住民帰還などの復興に役立つと考える。

表-1 将来推定のための基準日における空間線量率の設定に用いたデータ

空間線量測定データ	測定実施日
第8次走行サーベイ	平成26年6月23日から8月8日
「総合モニタリング計画」に基づき 実施されている第17巡の走行サーベイ	平成26年3月18日から4月22日
第8次航空機モニタリング	平成25年11月19日(測定最終日)
歩行サーベイ	平成26年7月28日から9月12日

表-2 空間線量率の将来推定に関する空間線量率初期値とモデルパラメータ

パラメータ	単位	記号	設定値
将来推定の初期値	—	$t=0$	平成23年3月15日
バックグラウンド空間線量率	$\mu\text{Sv/h}$	D_{BG}	0.05
減衰が速い成分の環境半減期	y	T_{fast}	表-3 参照
減衰が遅い成分の環境半減期 (上限値及び下限値)	y	T_{slow}	92^7 (45-135) ⁸
減衰が速い成分の割合	—	f_{fast}	表-4 参照
セシウム134のセシウム137に対する 初期空間線量率比	—	k	2.7
セシウム134の壊変定数	y^{-1}	λ_{134}	$\ln 2 / 2.0648^{12}$
セシウム137の壊変定数	y^{-1}	λ_{137}	$\ln 2 / 30.1671^{11}$
将来予測する時期	y	t	5, 10, 15, 30年後
走行サーベイによる空間線量率	$\mu\text{Sv/h}$	—	(地点別)
航空機モニタリングによる空間線量率	$\mu\text{Sv/h}$	—	(地点別)
生活圏の空間線量率への補正係数	—	—	避難指示区域内 : 1.05 避難指示区域外 : 1.20
航空機モニタリングによる測定データの走行 サーベイによる測定相当データへの補正係数	—	—	避難指示区域内 : 0.58 避難指示区域外 : 0.53

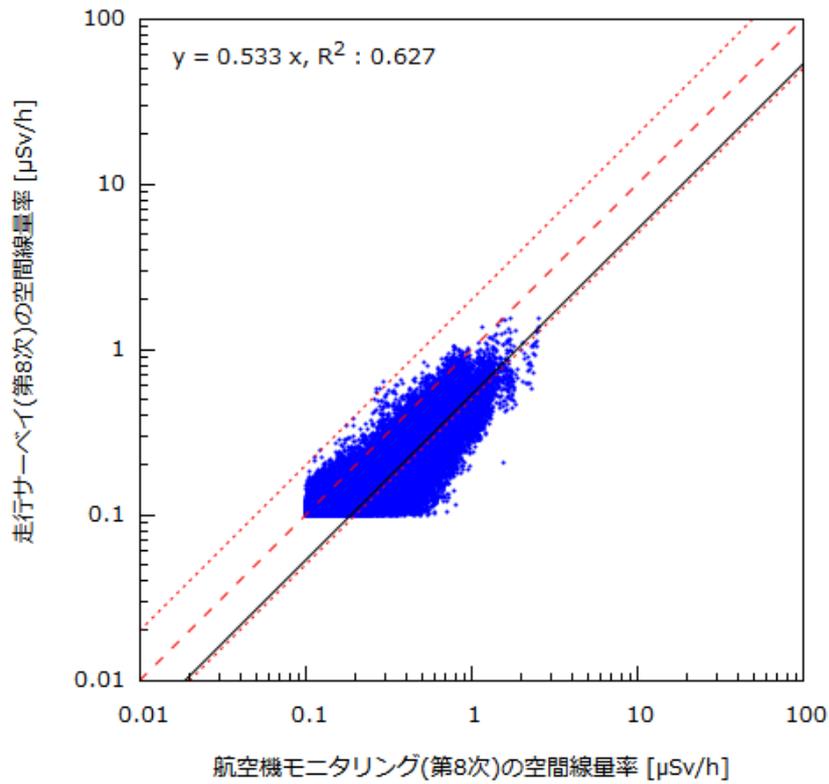
¹² ICRP, Nuclear Decay data for Dosimetric Calculations, ICRP Publication 107 (2008).

表-3 減衰が速い成分の環境半減期

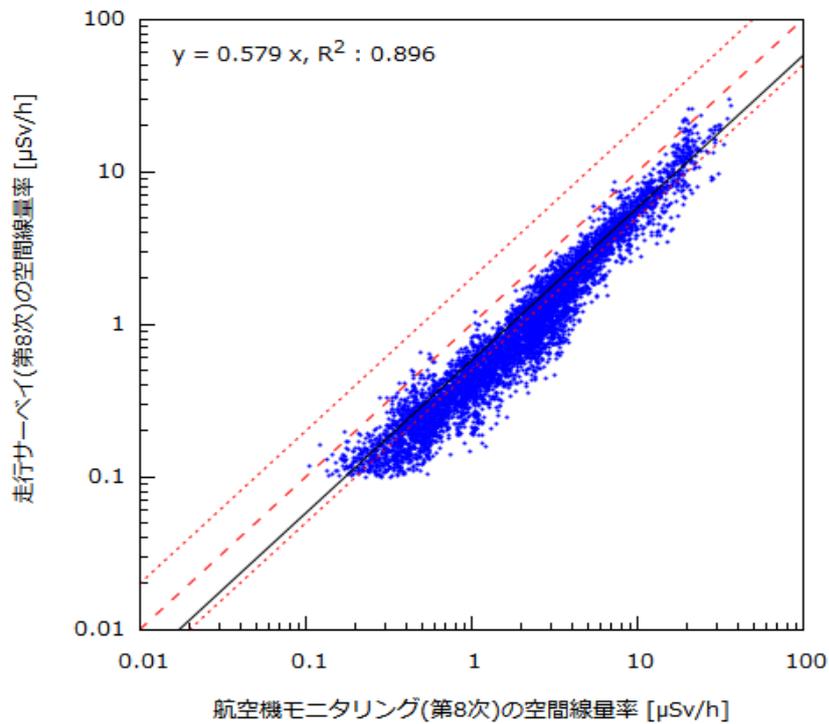
区域	ALOS 土地利用形態	減衰が速い成分の環境半減期[年]		
		5%値	中央値	95%値
避難指示 区域外	水域	0.25	0.56	1.2
	都市	0.35	0.60	1.7
	水田	0.32	0.55	1.5
	畑地	0.32	0.63	1.9
	草地	0.29	0.58	2.2
	落葉樹	0.29	0.66	2.7
	常緑樹	0.28	0.94	5.7
	裸地	0.31	0.62	1.6
避難指示 区域内	森林	0.29	0.68	3.1
	森林以外	0.32	0.60	1.7

表-4 減衰が速い成分の割合

区域	ALOS 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



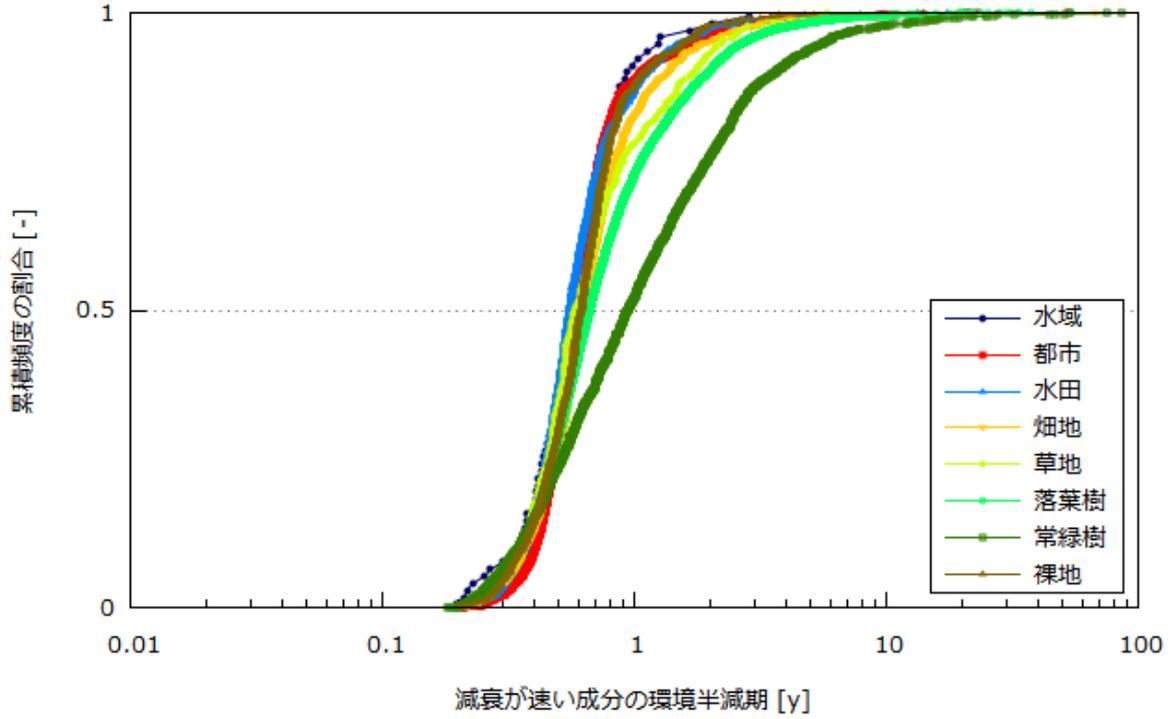
(a) 避難指示区域外



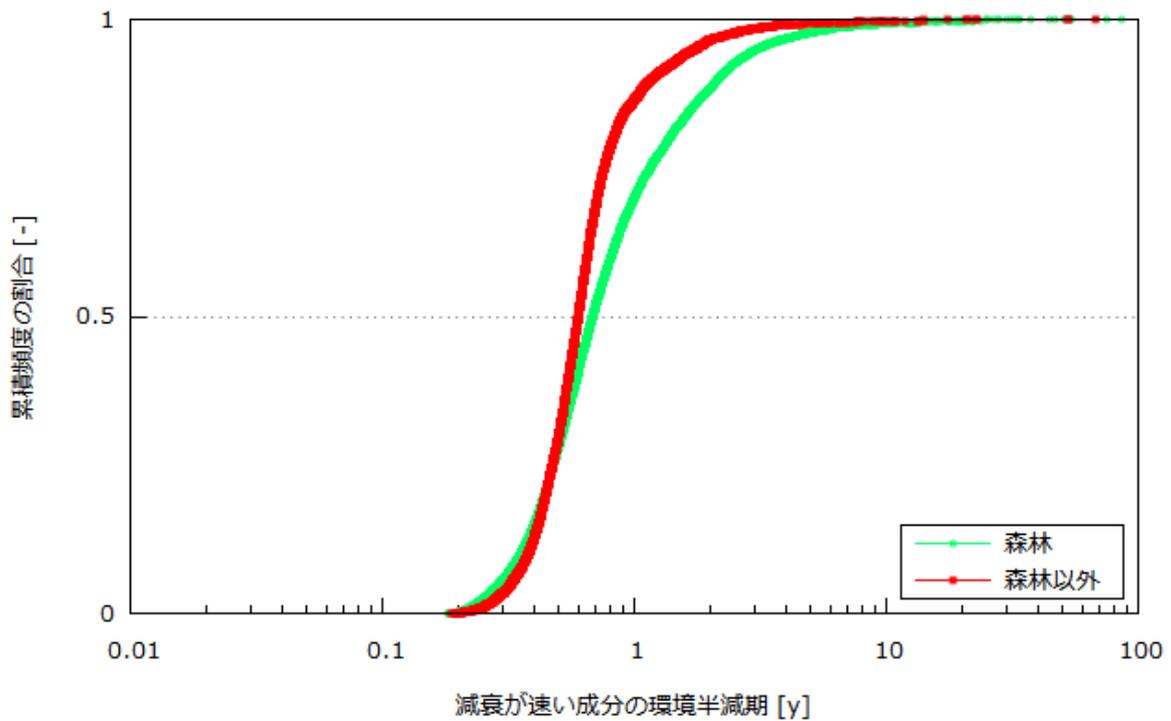
(b) 避難指示区域内

図-1 第8次走行サーベイと第8次航空機モニタリングによる空間線量率測定データの関係

(赤線は、図中上から、走行サーベイと航空機モニタリングの測定データの関係が、1:2、1:1、2:1である場合を示す)

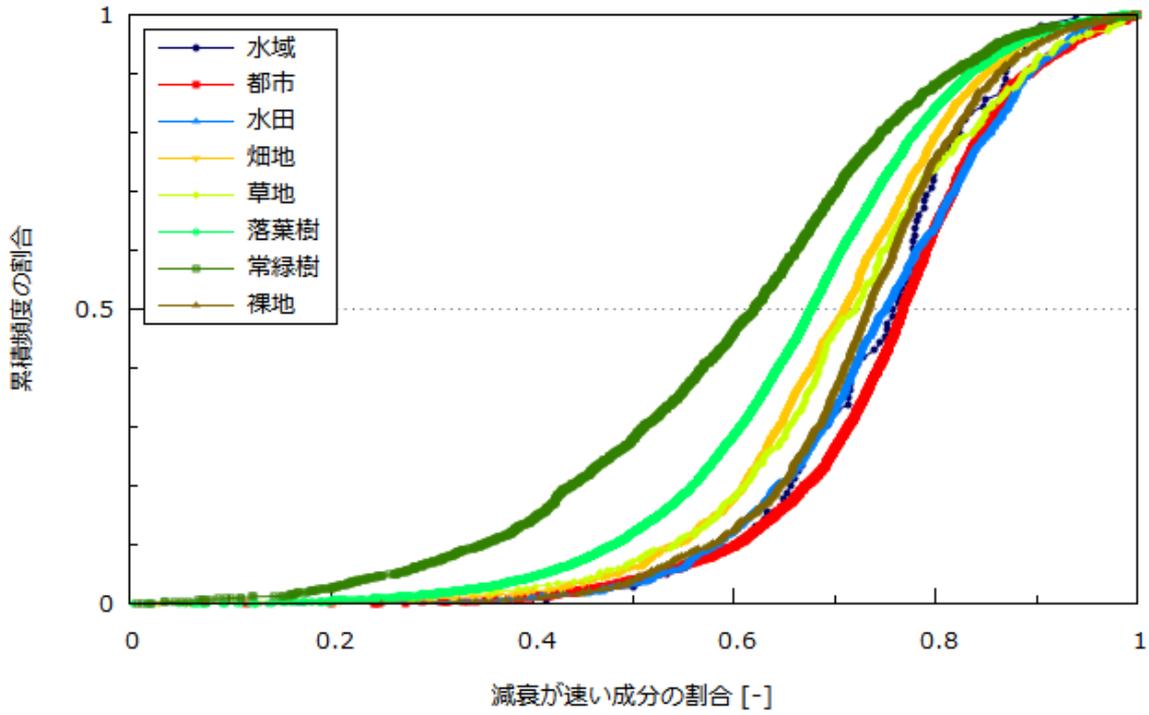


(a) 避難指示区域外

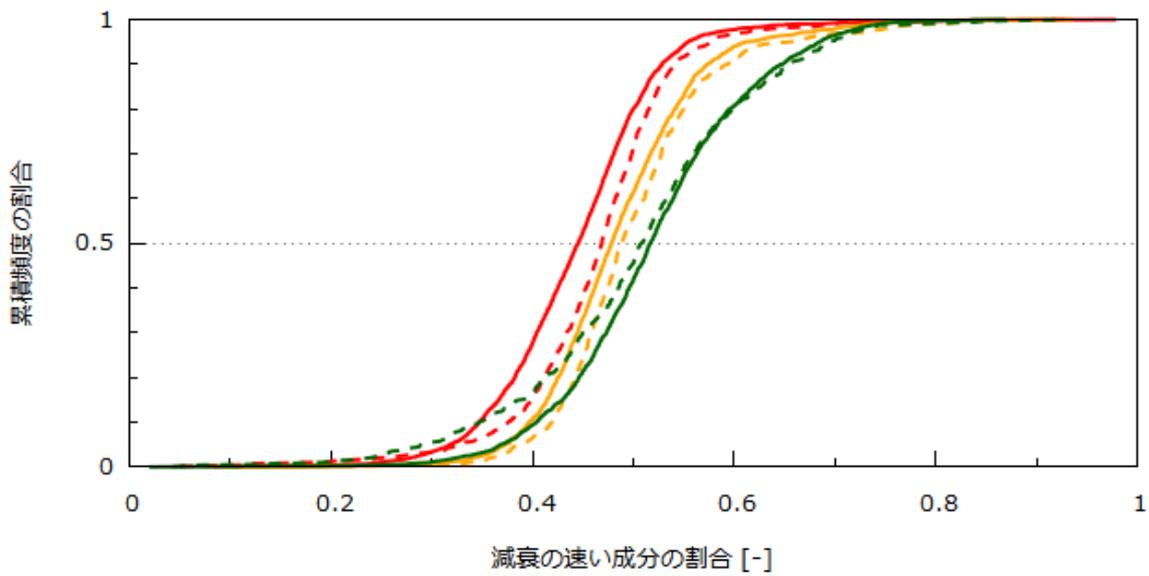


(b) 避難指示区域内

図-2 第1次から第8次走行サーベイによる空間線量率測定データを用いて導出した減衰が速い成分の環境半減期の累積頻度分布

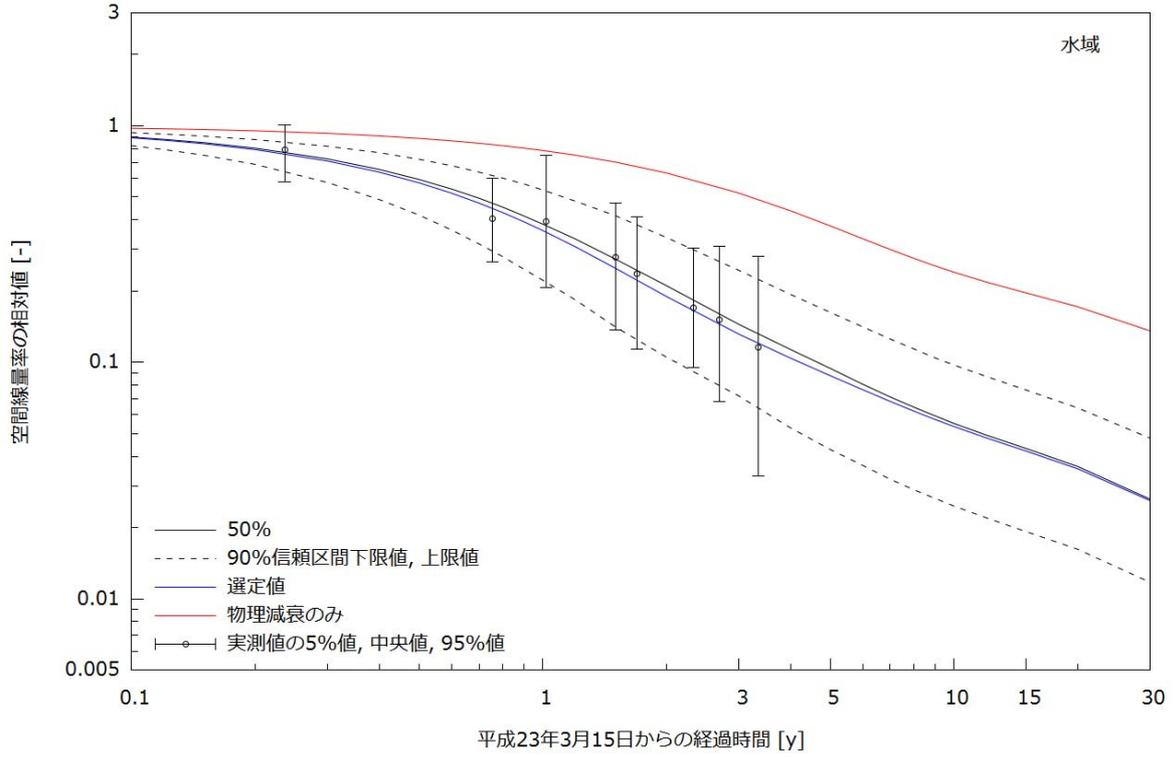


(a) 避難指示区域外

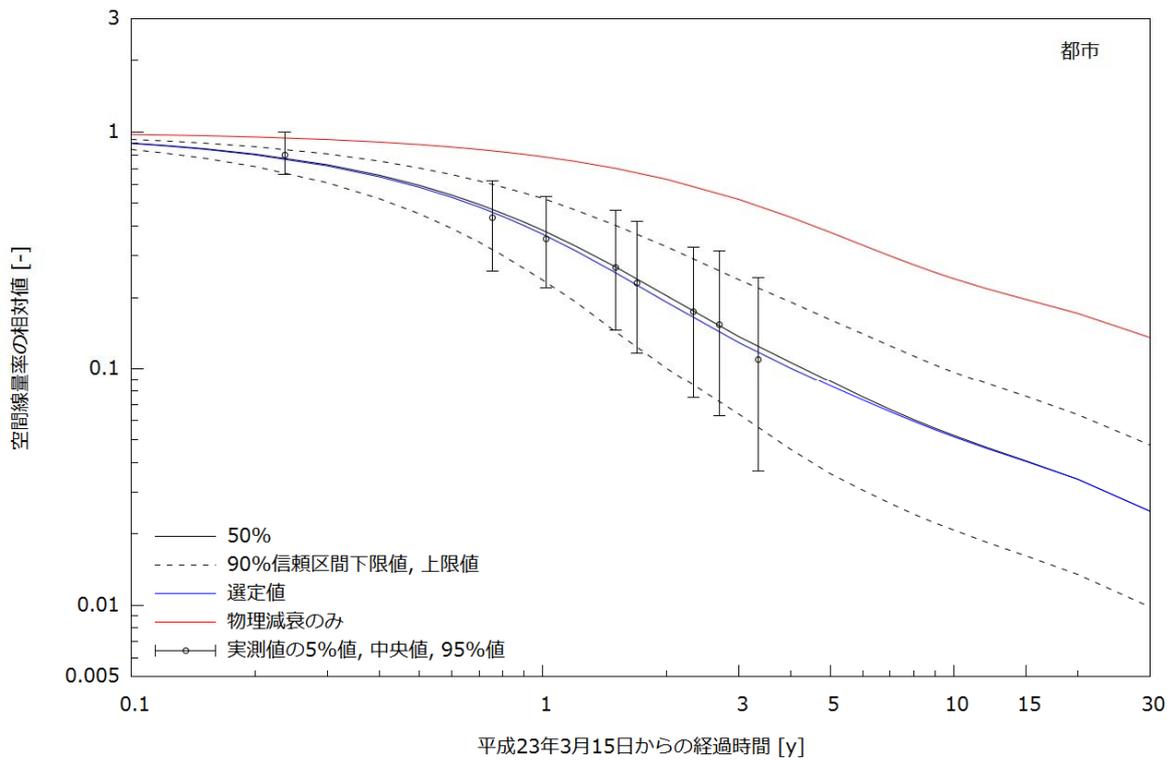


(b) 避難指示区域内

図-3 走行サーベイによる空間線量率測定データを用いて導出した減衰が速い成分の割合の累積頻度分布

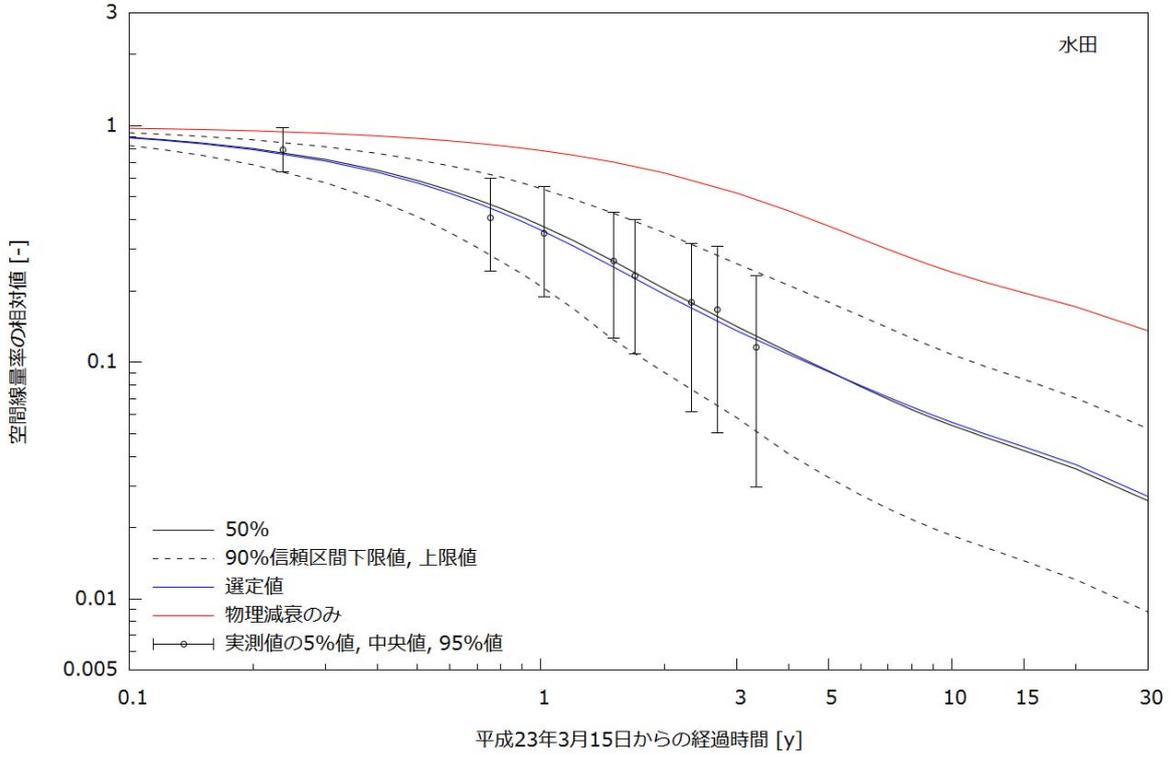


(a) 水域

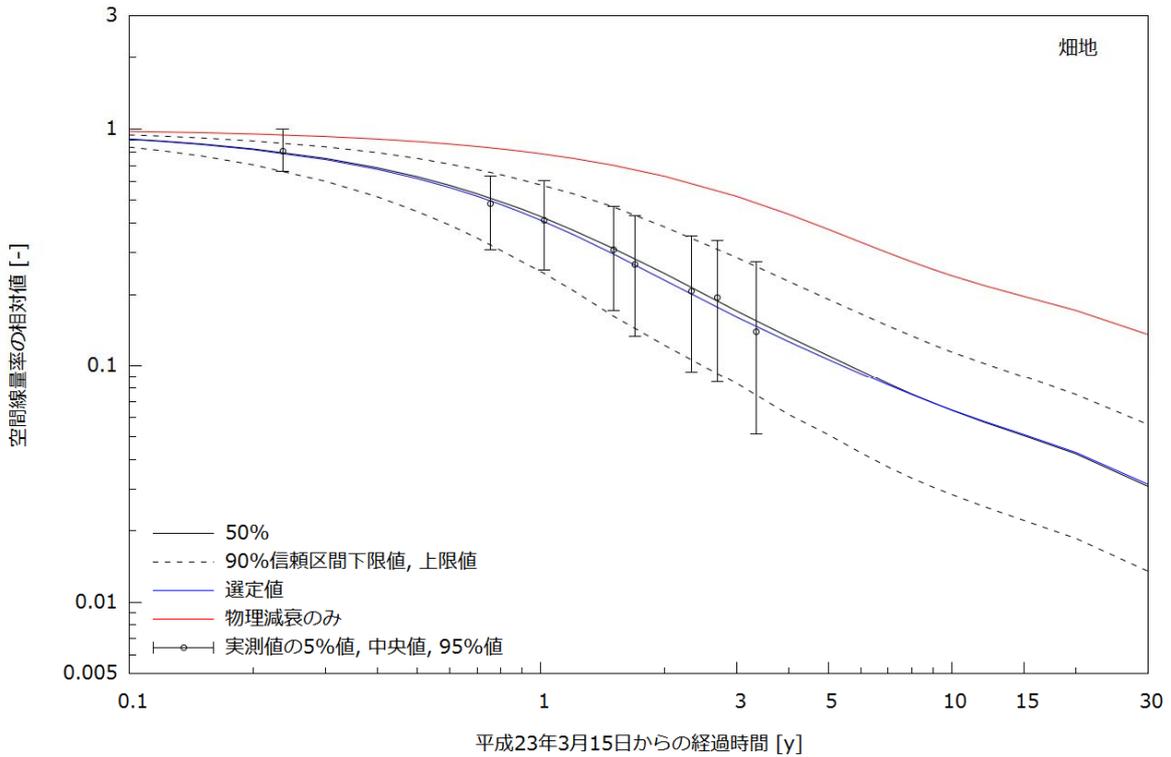


(b) 都市

図-4 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域外(1/4))

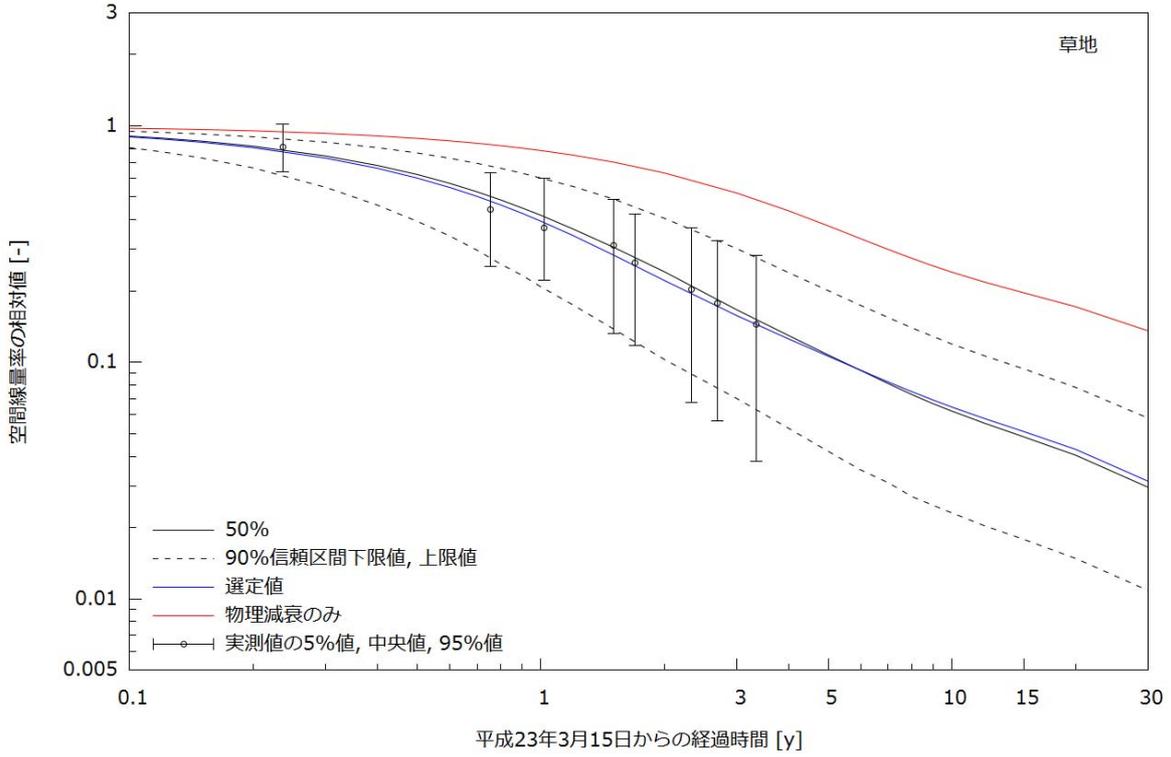


(c) 水田

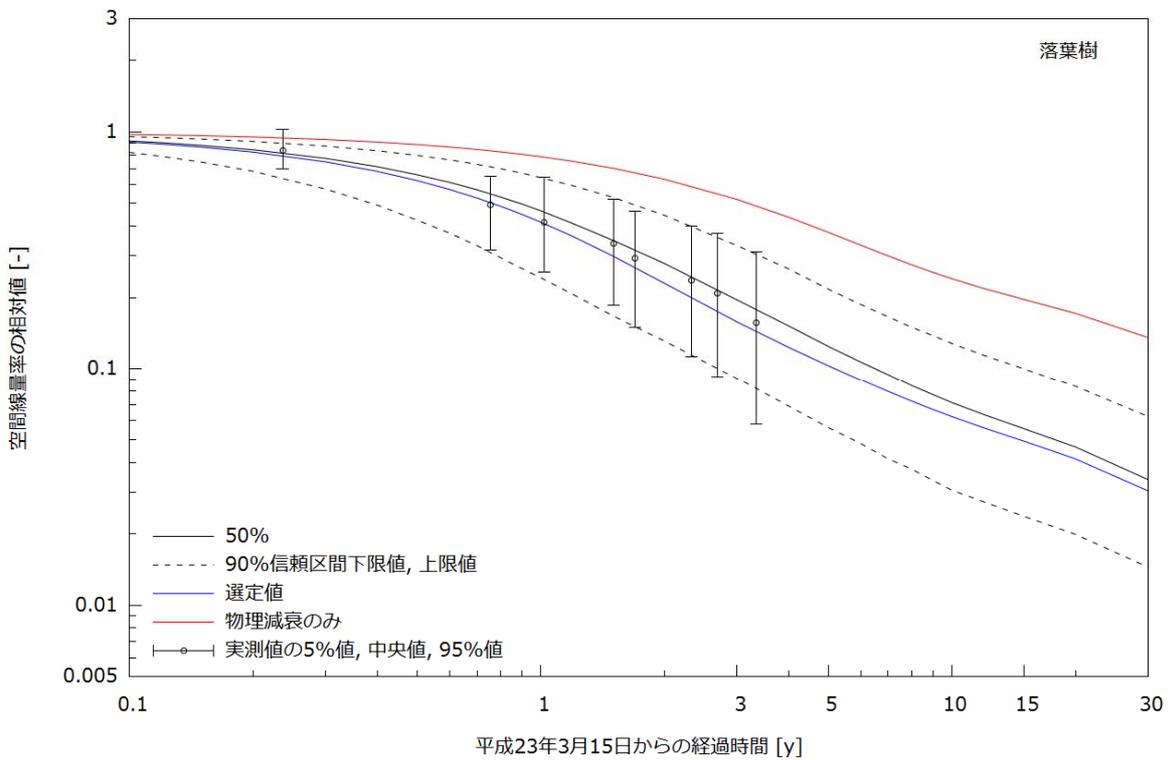


(d) 畑地

図-4 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域外(2/4))

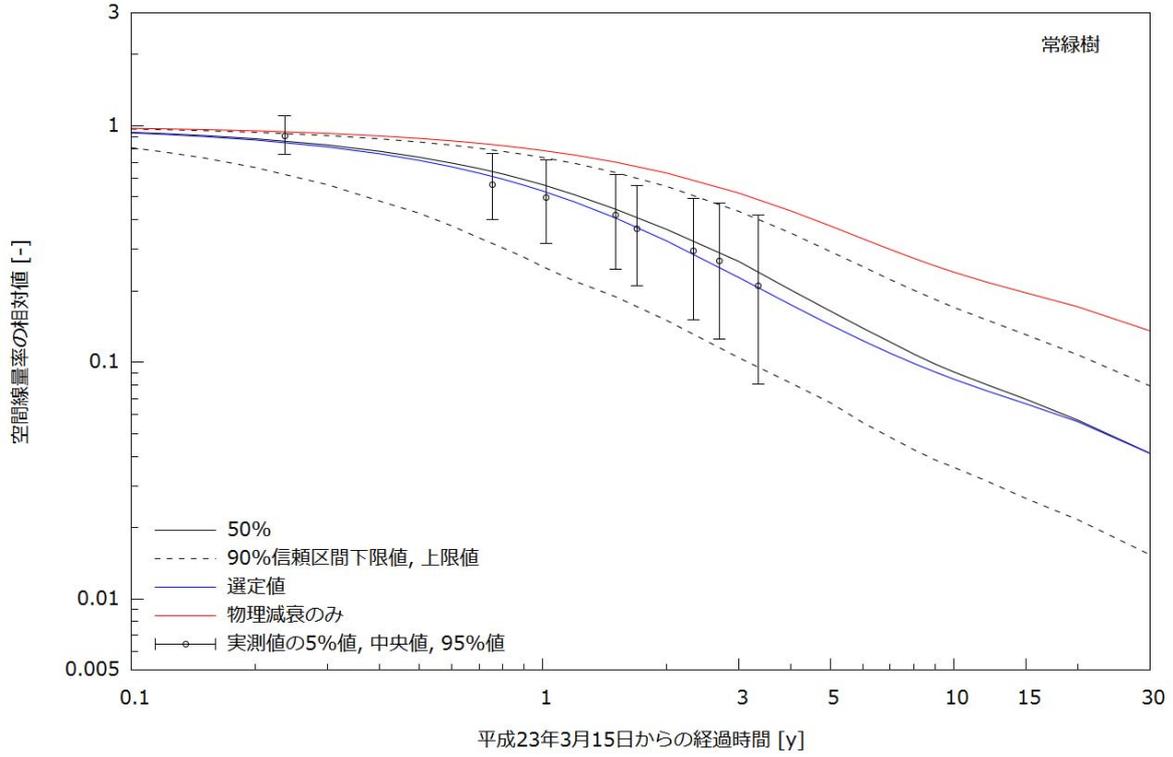


(e) 草地

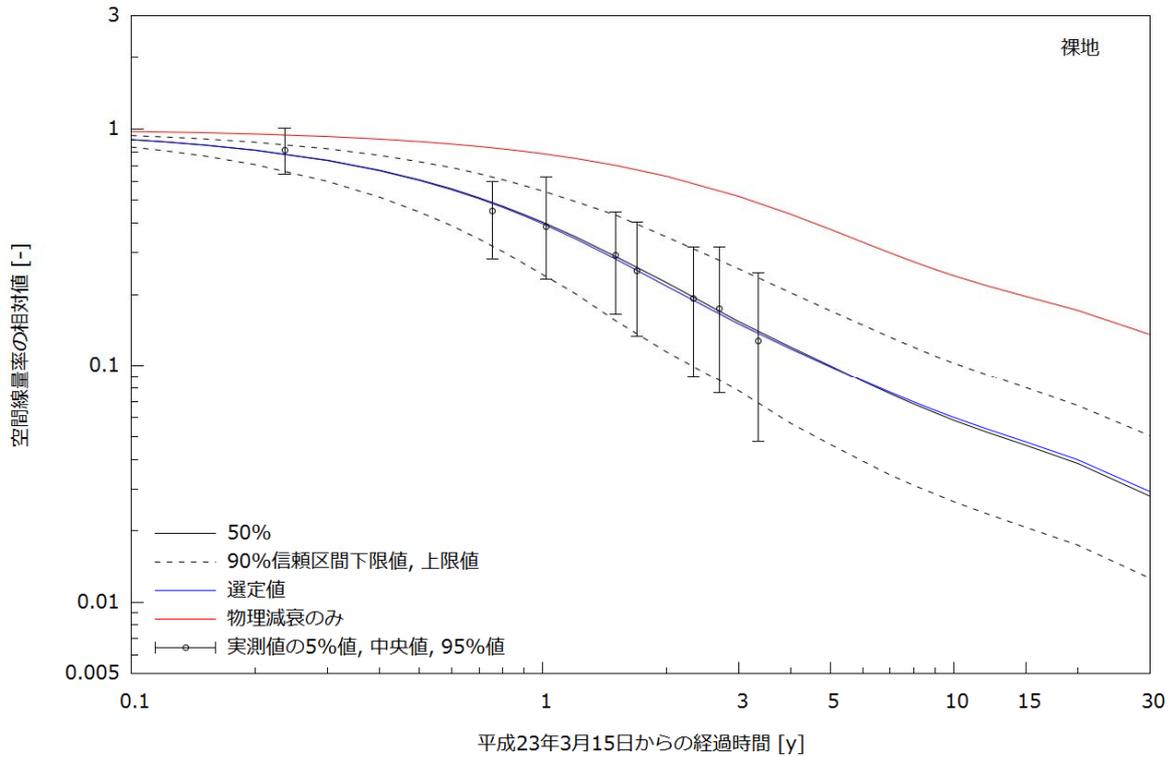


(f) 落葉樹

図-4 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域外(3/4))

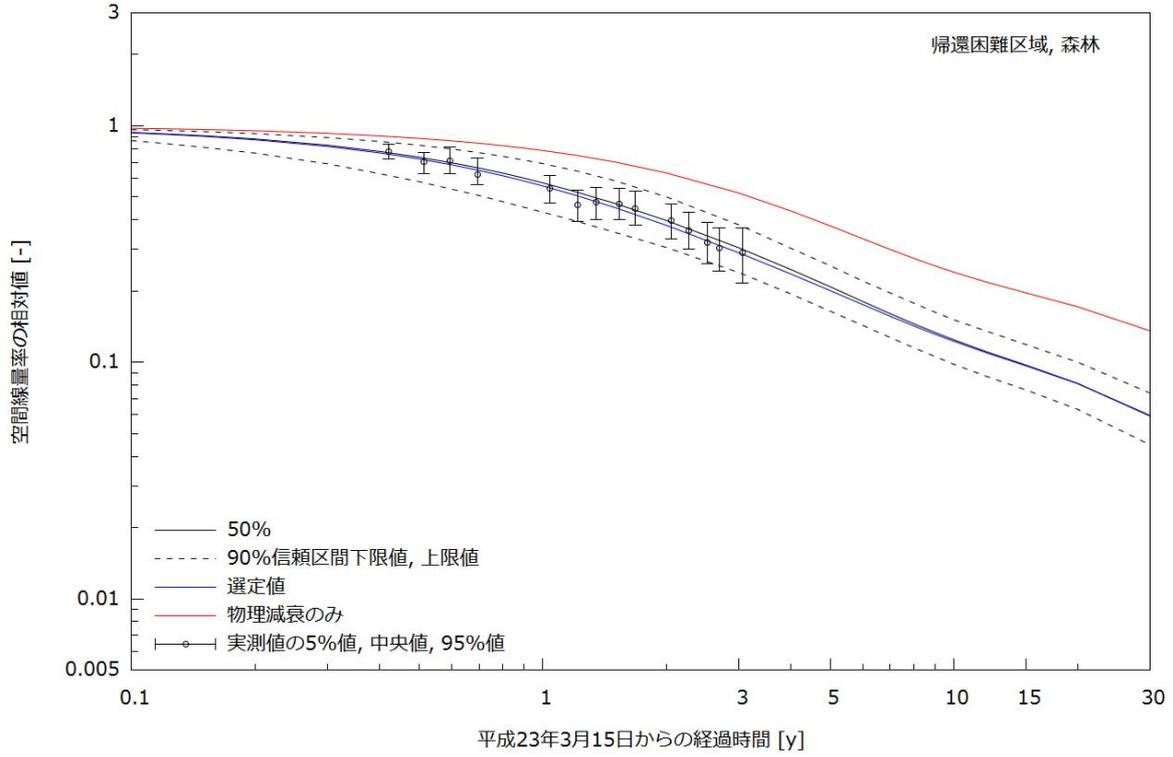


(g) 常緑樹

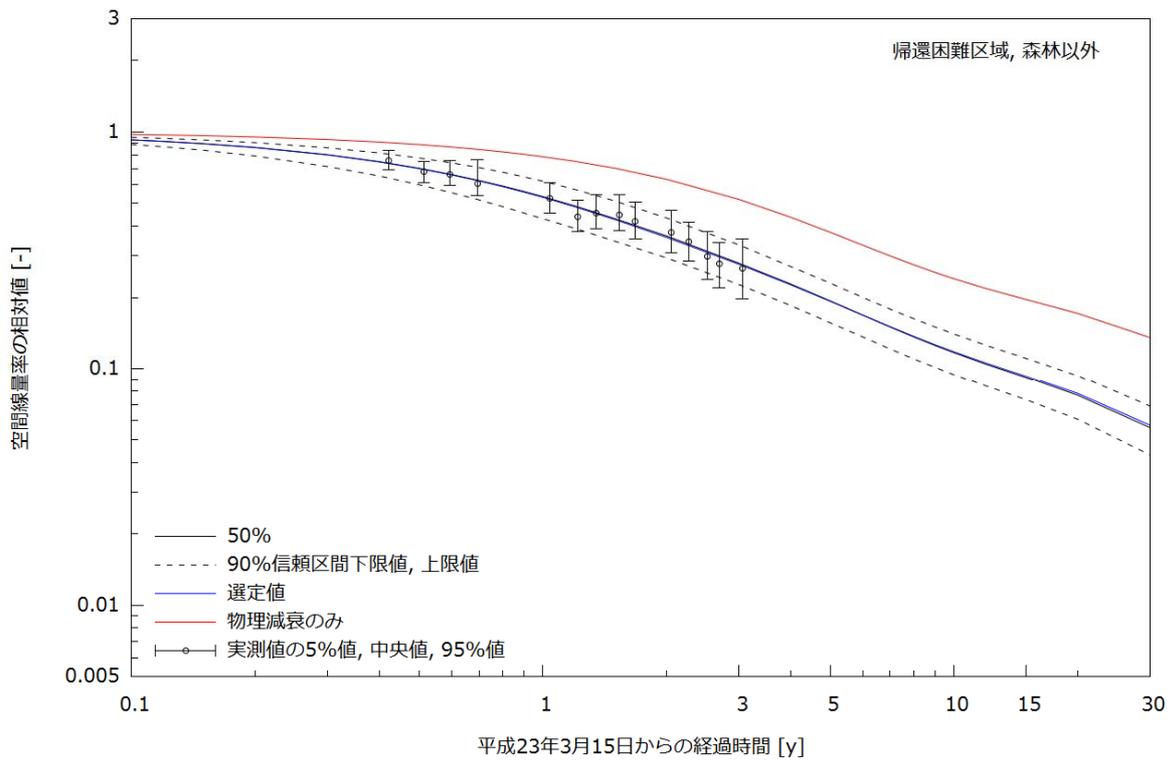


(h) 裸地

図-4 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域外(4/4))

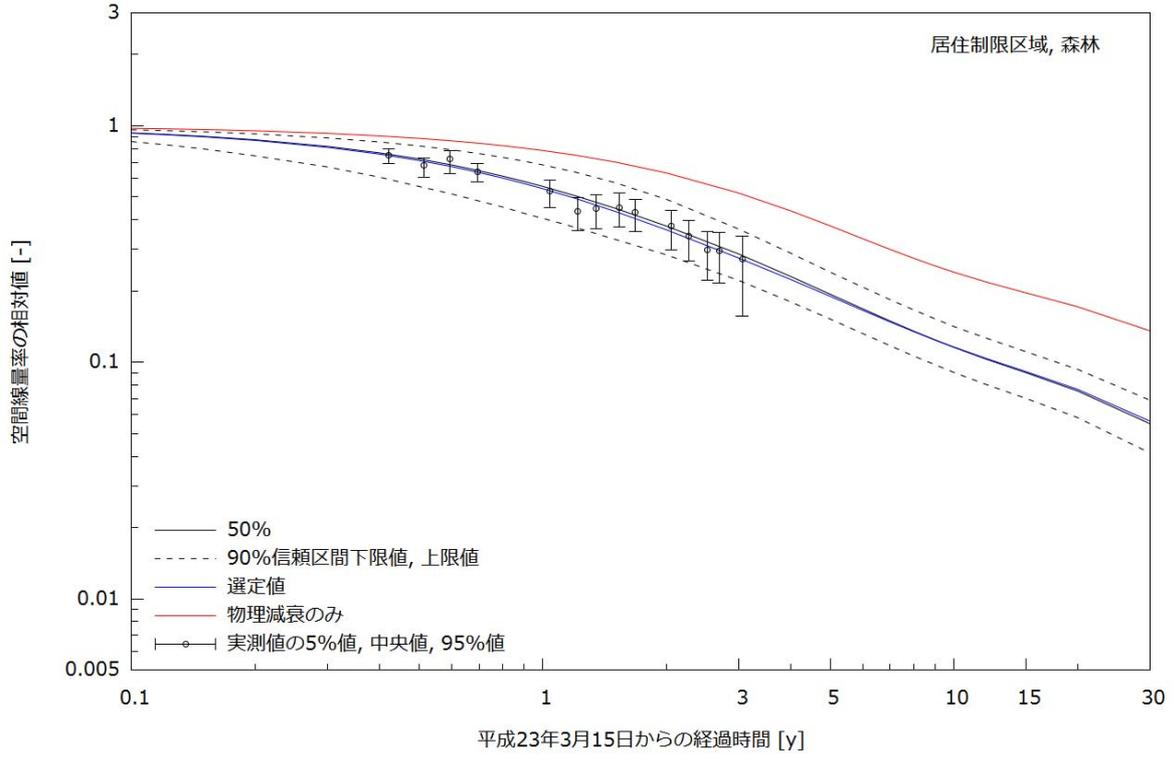


(a) 帰宅困難区域、森林

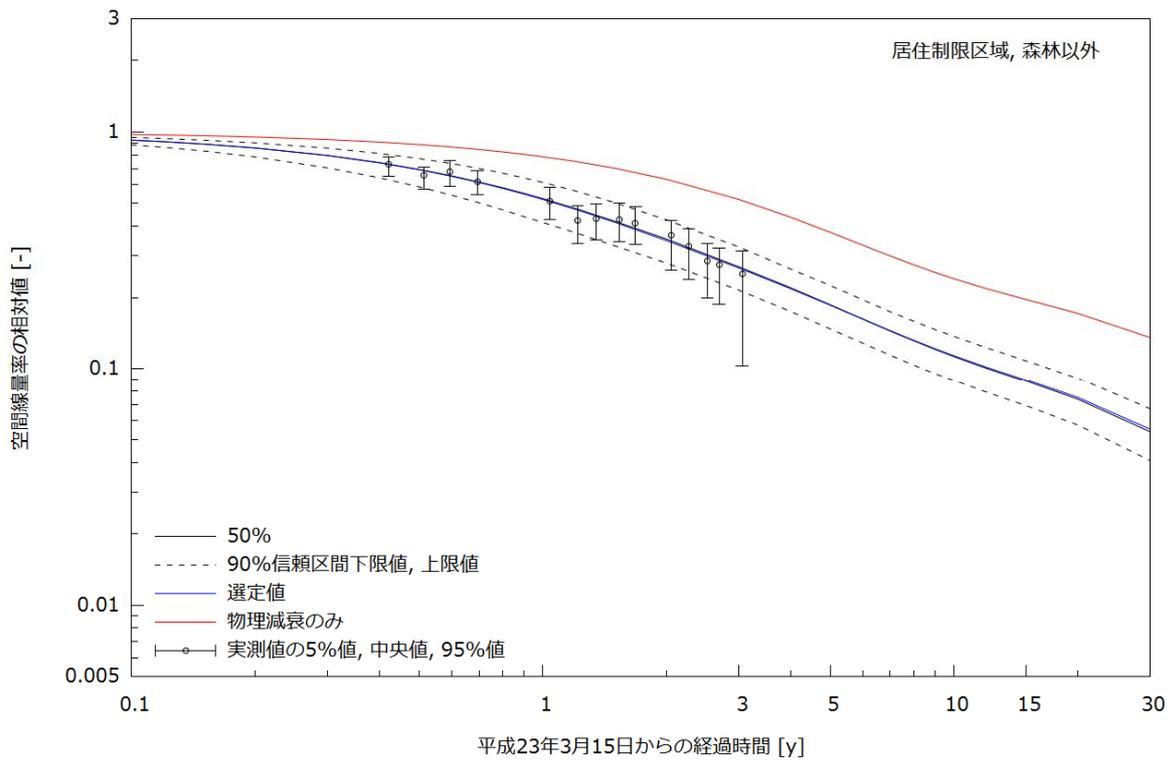


(b) 帰宅困難区域、森林以外

図-5 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域内(1/3))

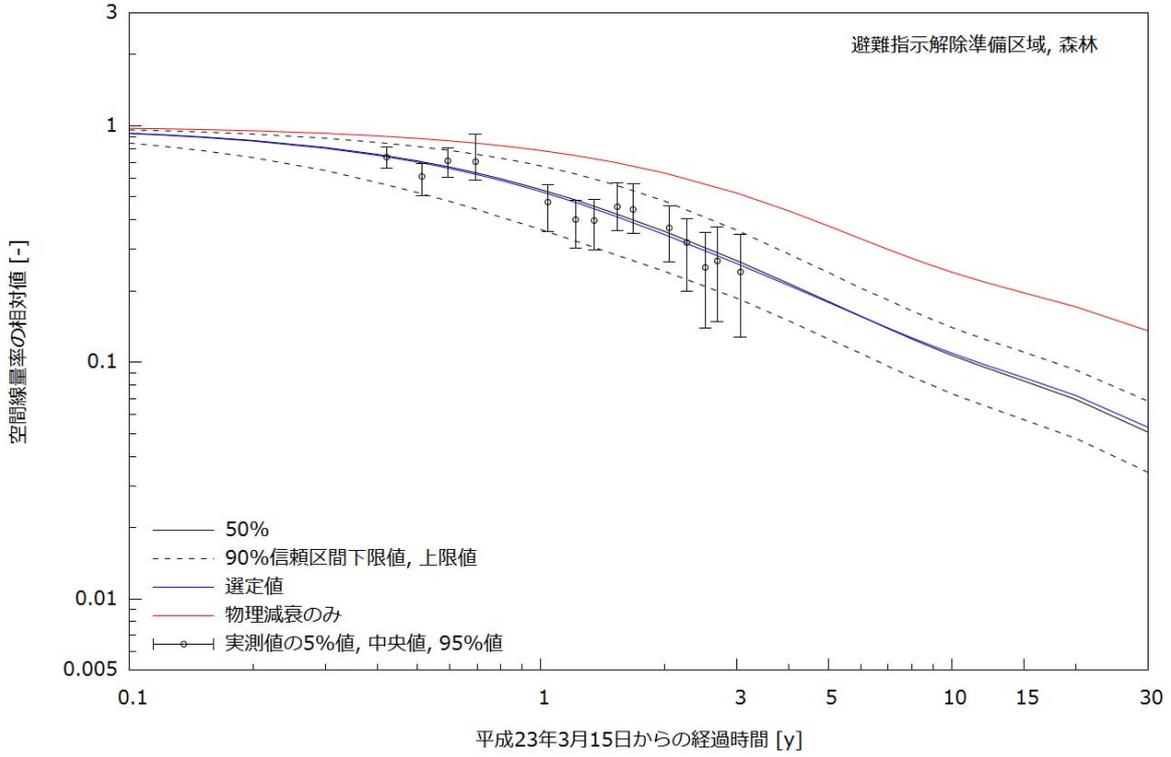


(c) 居住制限区域、森林

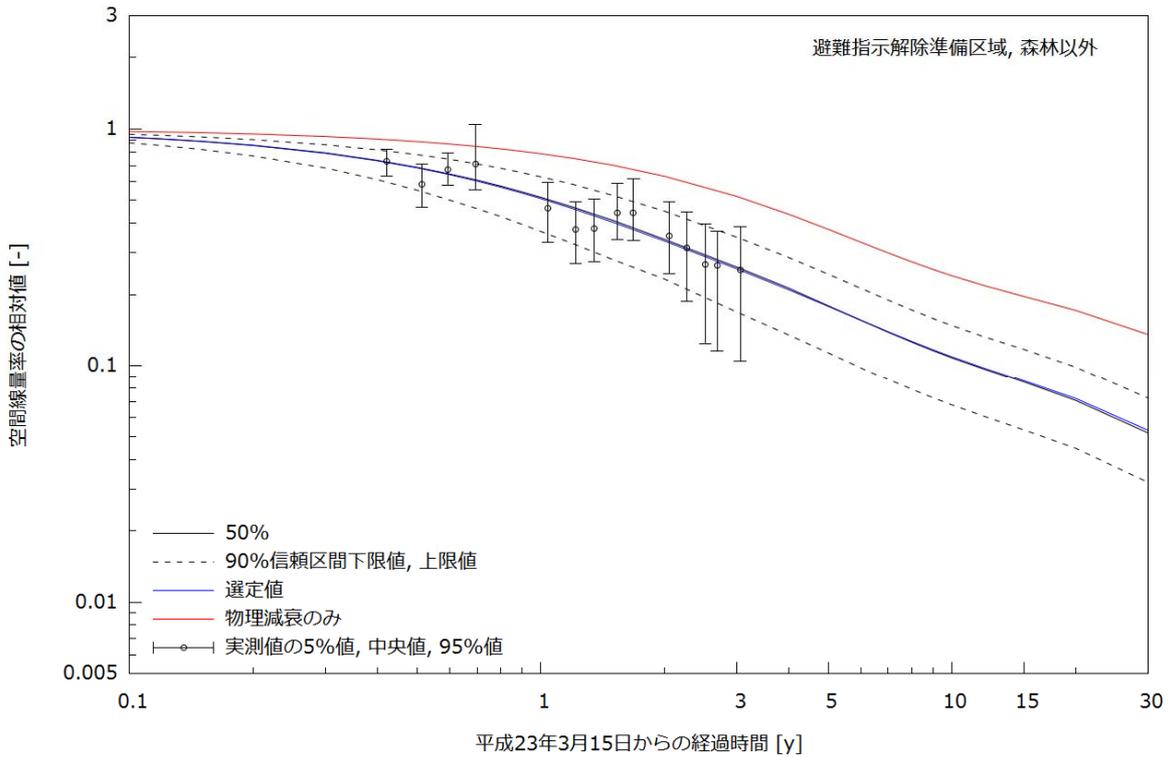


(d) 居住制限区域、森林以外

図-5 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域内(2/3))

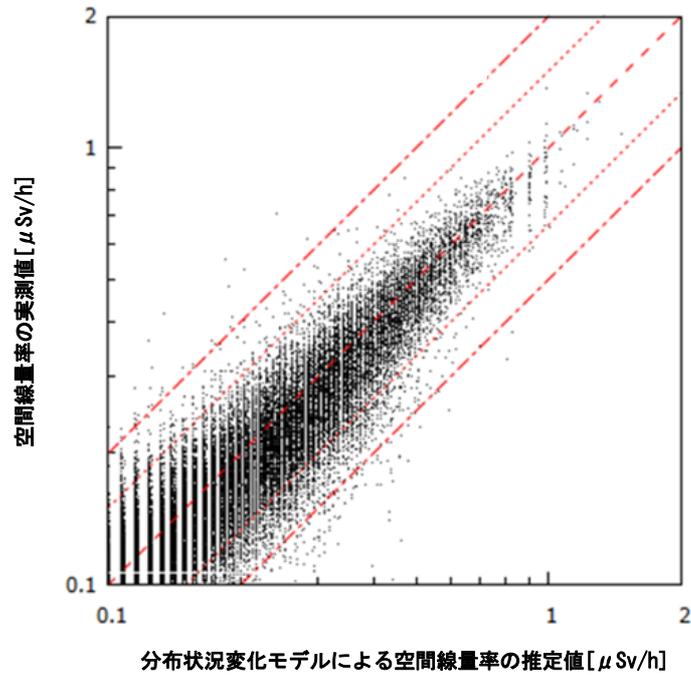


(e) 避難指示解除準備区域、森林

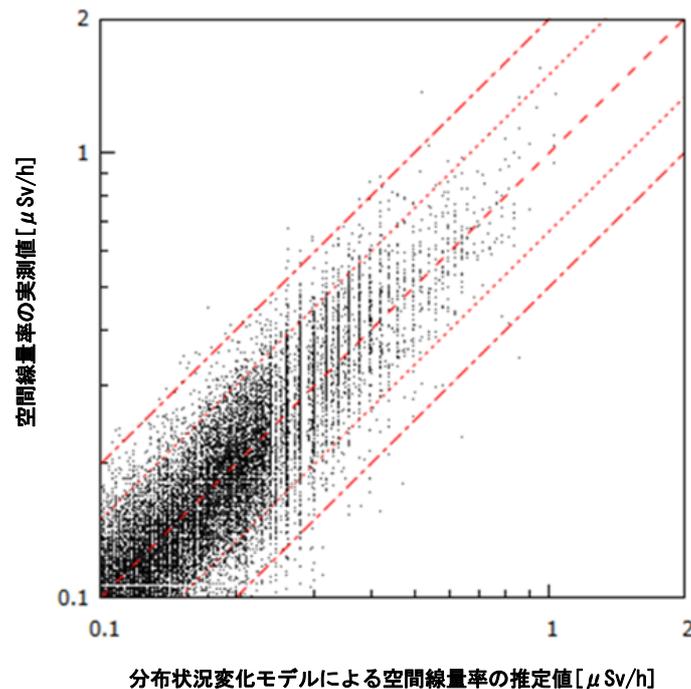


(f) 避難指示解除準備区域、森林以外

図-5 空間線量率の相対値の経時変化
(避難指示区域内(3/3))



(a) 第7次走行サーベイの測定データを入力



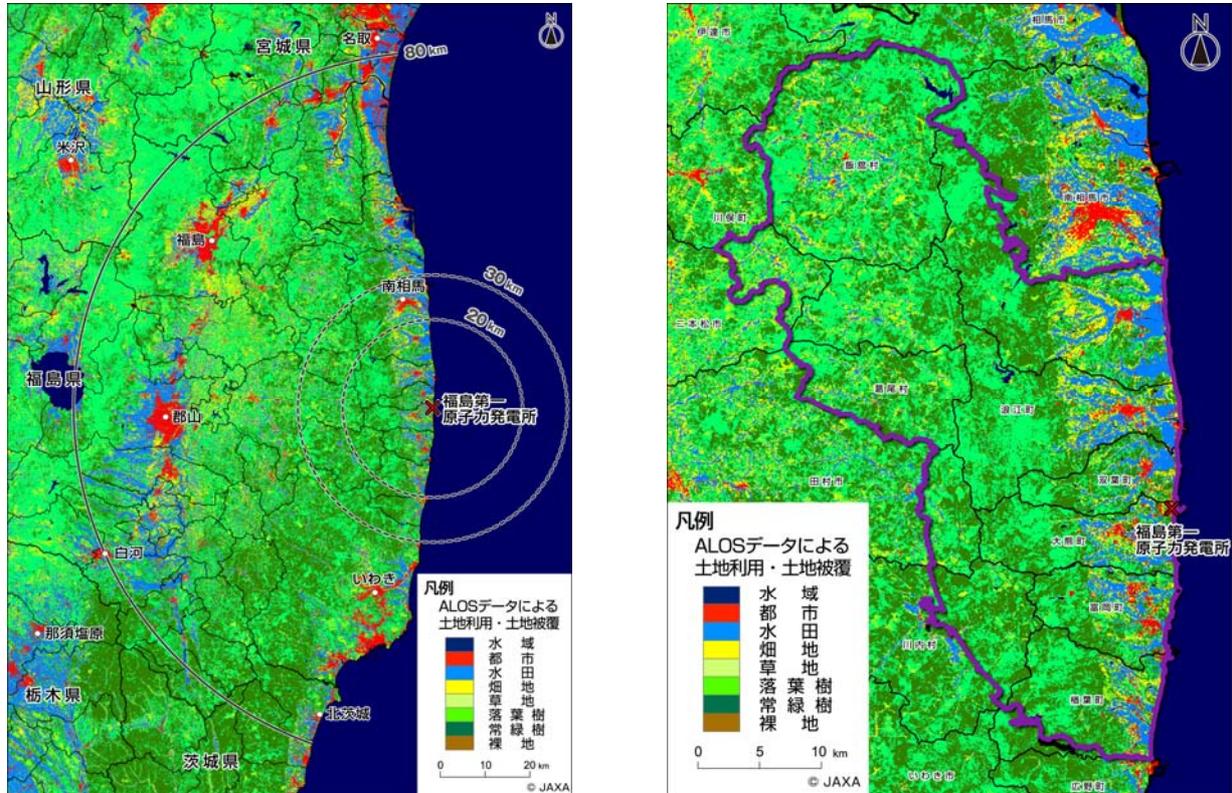
(b) 第1次走行サーベイの測定データを入力

図-6 分布状況変化モデルによる推定値 ((a) 第7次走行サーベイ (平成25年11月5日から12月12日、(b) 第1次走行サーベイ (平成23年6月6日から6月13日) の空間線量率測定データを入力とし、分布状況変化モデルにより算出された第8次走行サーベイ (平成26年6月23日から8月8日) の時点の推定値) と第8次走行サーベイの空間線量率測定データとの比較

(離散的な傾向を示すデータは推定に利用した測定データの有効桁に起因するものである。赤線は、図中上から、推定値と実測値の関係が、1:2、2:3、1:1、3:2、2:1 である場合を示す)

【参考】

福島第一原発から 80 km 圏内の ALOS 土地利用土地被覆図を以下に示す。



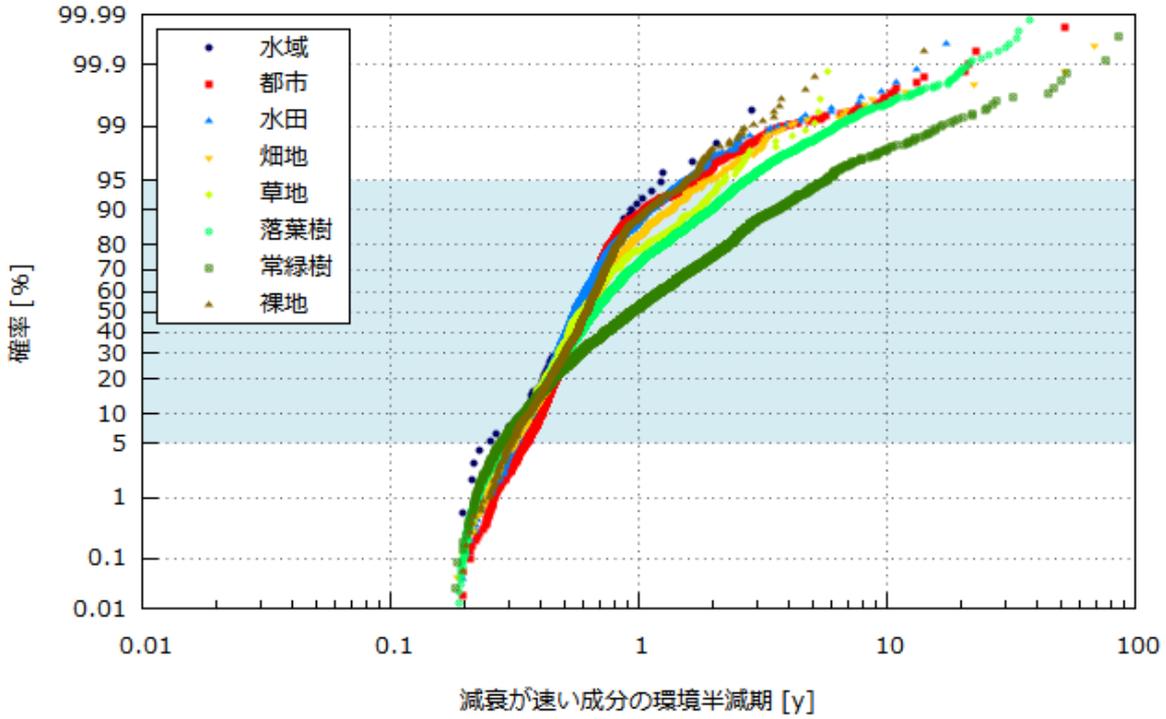
(a) 80 km 圏内

(b) 避難指示区域内

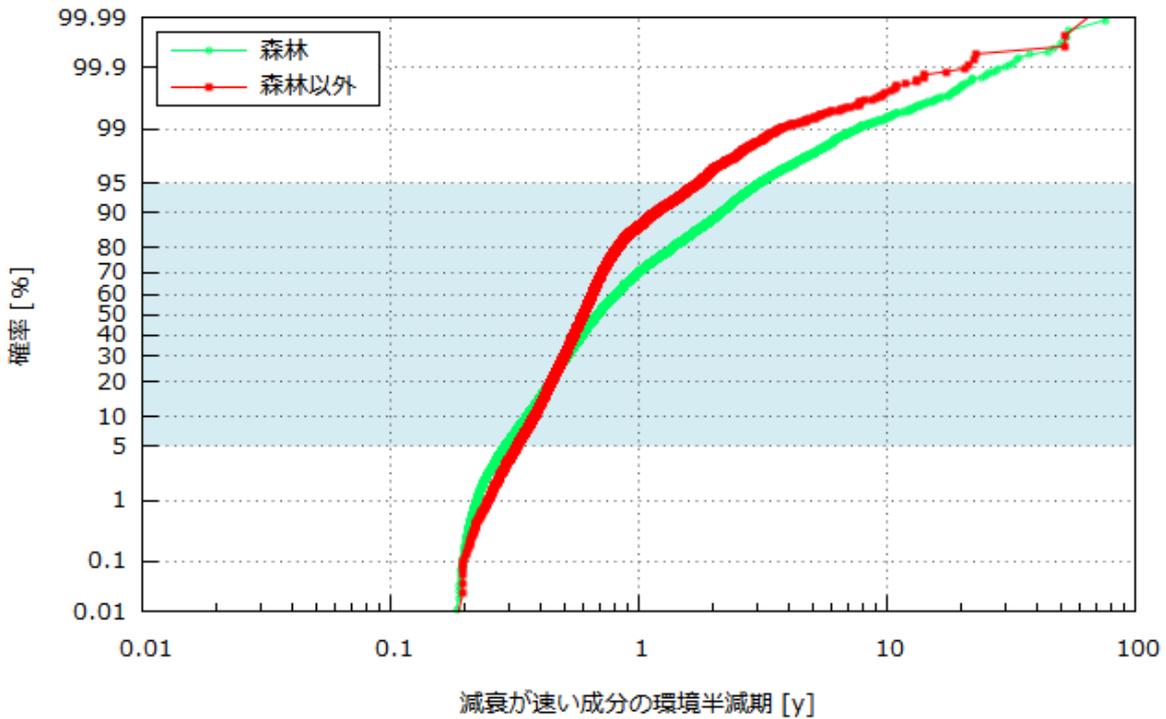
参考図-1 ALOS 土地利用被覆図

(JAXA が提供している高次研究プロダクトを使用 ©JAXA)

3つのモデルパラメータである、減衰が速い成分の割合、減衰が速い成分の環境半減期、減衰が遅い成分の環境半減期の累積分布を確率スケールでプロットした結果を以下に示す。

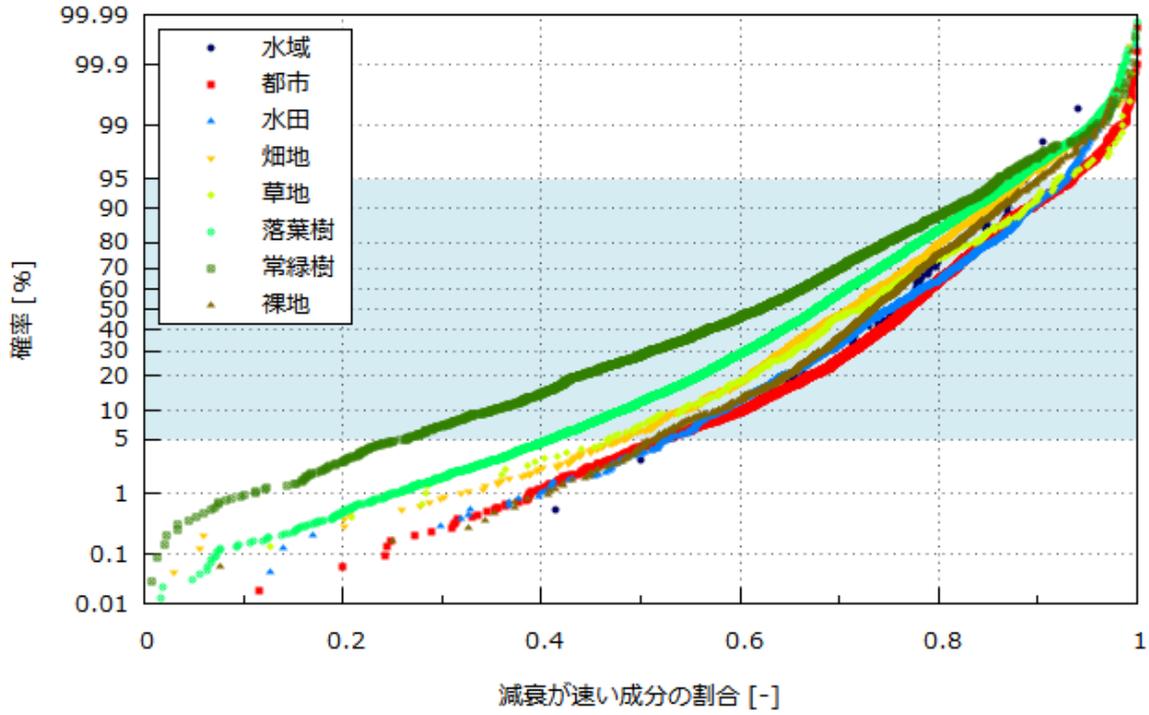


(a) 避難指示区域外

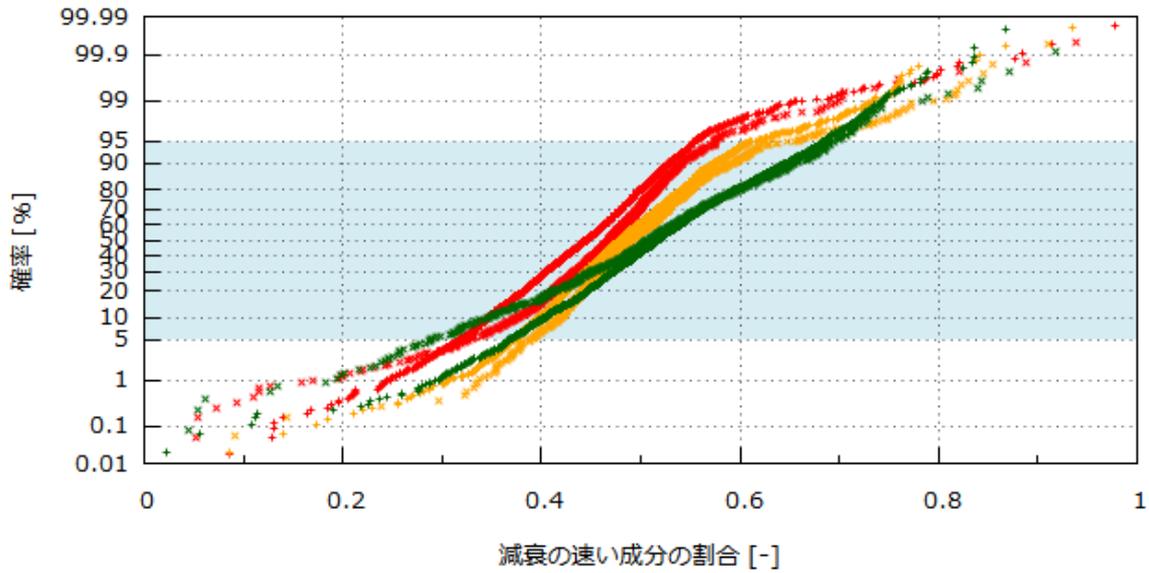


(b) 避難指示区域内

参考図-2 第1次から第8次走行サーベイによる空間線量率測定データを用いて導出した減衰が速い成分の環境半減期の統計分布（対数正規確率プロット）



(a) 避難指示区域外



(b) 避難指示区域内

参考図-3 第1次から第8次走行サーベイによる空間線量率測定データを用いて導出した減衰が速い成分の割合の統計分布（正規確率プロット）