

2.3 空間線量率の変化傾向の解析に基づくモデルパラメータの決定

木名瀬 栄（原子力機構）

2.3.1 モデル作成のためのデータの収集

本調査では、2.1.2 章において述べたように、福島第一原発から 80 km 圏内を対象に、これまでの分布状況等調査で得られた空間線量率測定データをもとに、放射性物質の分布状況変化モデルの作成を行った。

(1) 空間線量率データの調査

2.1.2 章において、分布状況変化モデルの作成に有用と考えられるモニタリングポスト等の定点の連続測定データ（時間連続データ）を表 2.1.2-1 に、可搬型測定器による不定期な測定データ（時間離散データ）を表 2.1.2-2 に示した。それぞれの空間線量率測定データには、分布状況変化モデルの作成において、時空間的な特徴を反映すべき点に長短がある。すなわち、時間連続データは同一地点において空間線量率の経時変化を解析することのできる十分な時間頻度の情報を提供するが、測定地点が限定されており地域的に十分な広さをカバーできていない。一方、時間離散データは空間線量率の地域的な特徴を解析するのに十分な範囲をカバーしているが、これまでの数回の測定データでは経時変化の傾向を決定するのに十分ではない。

そこで、本調査では、空間線量率の経時的な変化傾向の把握のため、広域な範囲にわたって実施された走行サーベイで測定された道路上の時間離散な空間線量率データのみならず、時間連続な空間線量率測定データである「東京電力株式会社福島第一原子力発電所 20 km 圏内の測定結果」と「福島県による緊急時環境放射線等モニタリング実施結果」を用いることとした。

また、広域な範囲の分布状況変化モデルのモデルパラメータの解析のために、時間離散な空間線量率測定データである過去の放射性物質の分布状況等調査で得られた地上 1 m 高さの空間線量率測定データと走行サーベイで測定された道路上の空間線量率の測定データを用いることとした。分布状況変化モデル作成の目的である住民の将来設計等に役立てることを念頭におくと、生活圏の空間線量率を良く反映すると考えられる走行サーベイのデータは有用であると考ええる。

(2) 土地関連データの調査

土地利用種別等、空間線量率の経時変化に関連が予想される環境モデルパラメータとして、表 2.3.1-1 に示す 10 種類のデータを入手し調査した。調査の結果、データが電子化されている等の利便性、信頼性の観点から、分布状況変化モデル作成の検討には宇宙航空研究開発機構（JAXA：Japan Aerospace Exploration Agency）（以下、「JAXA」という。）の陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS：Advanced Land Observing Satellite）データを用いた高解像度土地利用土地被覆図（JAXA）、国土数値情報土地利用細分メッシュ（国土交通省）及び数値地図 50 m メッシュ（標高）（国土地理院）の土地関連データを利用することとした。

以下に、利用する土地関連データの特徴を記す。

- 「だいち」（ALOS）データを用いた高解像度土地利用土地被覆図（JAXA）
日本全域が約 50 m メッシュ単位で 11 区分の土地利用種別ごとに分類されている。今後、さらなる高精度化と更新が予定されている。

- 国土数値情報土地利用細分メッシュ（国土交通省）
日本全域が約 100 m メッシュ単位で、12 区分の土地利用種別（平成 21 年度）ごとに分類されている。
- 数値地図 50 m メッシュ（標高）（国土地理院）
国土地理院が作成し、日本地図センターが発行している数値地図 50 m メッシュ（標高）データ

(3) その他

福島第一原発から 80 km 圏内の広域な範囲において、今後、公衆の現存被ばくの主因はセシウム 134 と 137 である。それぞれの放射性物質について、緩衝深度（土壌表層の放射性セシウムの放射能濃度が $1/e$ になる深さ）に対応した線量換算係数、初期値（放射性セシウムの放射能濃度）等の放射線線量測定関連データは、これまでの知見や調査によって明らかになっている。福島第一原発事故に関連した放射性セシウムについて、放射線線量測定関連データを以下に記す。

- 実測等で得られた平成 23 年度時点の平均的な緩衝深度を用いた場合のセシウム 137 の線量換算係数に対するセシウム 134 の線量換算係数の比率は 2.7 [1]
- 平成 23 年 6 月 14 日時点におけるセシウム 137 の放射能濃度に対するセシウム 134 の放射能濃度の比率の平均値は 0.92（平成 24 年 3 月の東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果）

なお、空間線量率測定データは、バックグラウンド値を含めて解析した。今後、バックグラウンド値として、福島第一原発事故前の空間線量率等を調査する予定である。

参考文献：

- [1] 国際放射線単位測定委員会(ICRU)：“Gamma-ray spectroscopy in the Environment” ICRU Report 53 (1994)

表 2.3.1-1 土地利用種別等のデータ

データ	公開元	対象	備考
土地利用 3 次メッシュ、 土地利用細分メッシュ	国土交通省	土地利用	
植生調査	環境省 自然環境局	植生	
20 万分の 1 日本シームレス地 質図	産総研 地質調査総合 センター	地質	
土壌図ベクトルデータ 土壌図メッシュデータ	日本土壌協会	土質	メッシュデータを利用
地力保全土壌図データ	日本土壌協会		
Land Cover Type Yearly L3 Global 500 m SIN Grid	NASA LP DAAC	土地利用	
20 万分 1 土地利用調査	国土地理院	土地利用	電子化されていない
細密数値情報 (10 m メッシュ 土地利用)・数値地図 5000 (土 地利用)	国土地理院	土地利用	大都市圏のみのデータ
「だいち」(ALOS) データを用 いた高解像度土地利用土地被 覆図	JAXA	土地利用	
数値地図 50 m メッシュ (標高)	国土地理院、日本地図 センター	標高	

2.3.2 経時変化モデルの決定

本調査で用いる2成分1コンパートメントモデルからなる分布状況変化モデルの適用性を調べるため、福島第一原発事故による空間線量率及び放射性セシウムの放射能濃度の変化傾向を確認した。具体的には、広い範囲において測定が実施された走行サーベイの測定結果を用いて、空間線量率の経時変化を調べた。図2.3.2-1に第1次走行サーベイと第2次走行サーベイ間の相関関係（第1次－第2次）、第1次走行サーベイと第3次走行サーベイ間の相関関係（第1次－第3次）を示す。図2.3.2-1に示すように、第1次－第2次走行サーベイ、第1次－第3次走行サーベイともに、減衰補正を行った空間線量率が全体的に減少していることが確認できた。第1次－第2次走行サーベイ、第1次－第3次走行サーベイによる減少傾向は、それぞれのグラフの傾きから0.84、0.91となり同程度であるため、1つの環境半減期を用いた指数関数によって表現される1成分1コンパートメントモデルに適合すると考えられる。それぞれの走行サーベイの空間線量率は、ヨウ素131が空間線量率にほとんど寄与しない平成23年6月14日時点の値に物理的減衰の補正を行ったものであるため、図2.3.2-1に示した空間線量率の減少は、ウェザリング効果等の自然環境中の影響によるものであると考える。

第1次、第2次、第3次走行サーベイによる空間線量率データは3回のみでの測定によること、各測定時の測定地点が完全には一致しない場合があること等の理由により、時間連続な空間線量率測定データである「東京電力株式会社福島第一原子力発電所20 km圏内の測定結果」と「福島県による緊急時環境放射線等モニタリング実施結果」を用いて、さらなる空間線量率の時間変化の傾向を調べた（評価期間は、降雪等の影響を除くため、平成23年6月14日から平成23年12月31日の間とした）。

それぞれの時間連続な空間線量率測定データについての具体的な検討は、以下のとおりである。

- 平成23年6月14日時点の値に物理的減衰の補正
- 測定データの経時変化が1成分モデル（1つの環境半減期を用いた指数関数によって表現されるモデル）になると仮定した場合の測定データと近似曲線間の残差の評価（近似曲線は物理的減衰を補正したセシウム134と137の2核種による空間線量率の1成分モデルの式）
- 「減衰が見られない」、「1成分モデル」、「2成分モデル」の分類分け
近似曲線の減衰率が一定値より小さい地点を「減衰が見られない」として分類した。一年あたりの減衰割合が5%未満のものを「減衰が見られない」とした。「1成分モデル」と「2成分モデル」の判断は明確な基準がないため、残差が波のように変動する系列相関が存在するもの、すなわち、残差に対する測定日区間の端で正、中央付近で負の特徴が顕著なものを「2成分モデル」とした。

平成23年6月14日から1年間の空間線量率の減少割合を評価した結果等から、多くの評価地点（52地点）が図2.3.2-2に示すような1成分1コンパートメントモデルに分類されることがわかった。2成分1コンパートメントモデルが妥当と確認できたのは、実質的には1地点のみであった。

以上の結果をふまえ、福島第一原発の事故後初期（平成23年6月14日）から地上1 m高さの空間線量率の分布状況変化モデルは、セシウム134と137の2核種1成分モデルにすることとした。

セシウム 134 と 137 の 2 核種 1 成分 1 コンパートメントモデル式を(式 1)に記す。

$$Y(t) = k^{Cs137} \cdot Q_{init}^{Cs137} \exp\left(\frac{-\ln 2}{T_{env}^{Cs}} \cdot t\right) \cdot \exp(-\lambda^{Cs137} \cdot t) \\ + k^{Cs134} \cdot Q_{init}^{Cs134} \exp\left(\frac{-\ln 2}{T_{env}^{Cs}} \cdot t\right) \cdot \exp(-\lambda^{Cs134} \cdot t) \quad (式 1)$$

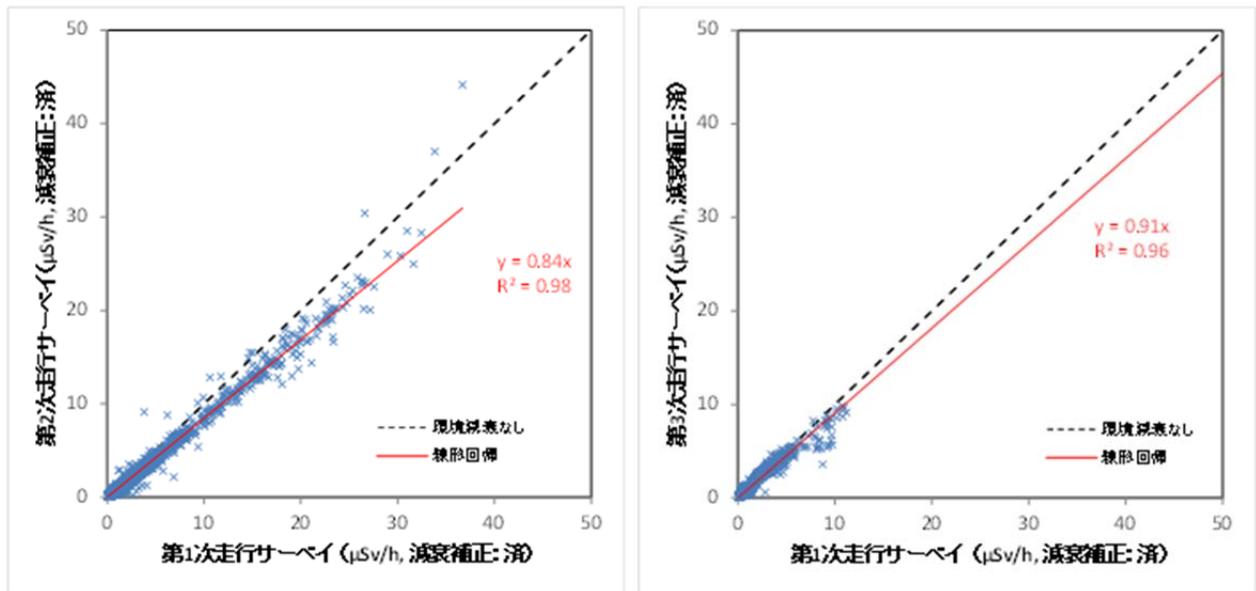
ここで、

$Y(t)$:	評価時点 t における地上 1 m 高さの空間線量率 (μ Sv/年)
k^{Cs134}, k^{Cs137}	:	セシウム 134、137 の土壌表面の放射能濃度と地上 1 m 高さの空間線量率の相関関係 (線量換算係数) ((μ Sv/年)/(Bq/m ²))
$Q_{init}^{Cs134}, Q_{init}^{Cs137}$:	セシウム 134、137 の初期放射能濃度(Bq/m ²)
t	:	核種が沈着した時点から評価時点までの期間(年)
T_{env}^{Cs}	:	セシウムの環境半減期(年)
$\lambda^{Cs134}, \lambda^{Cs137}$:	セシウム 134、137 の壊変定数(1/年) (セシウム 134 の物理的半減期は 2.0648 年、セシウム 137 の物理的半減期は 30.1671 年) [1]

とする。

参考文献：

[1] 日本アイソトープ協会：アイソトープ手帳 11 版 (2012)



(a) 第1次 - 第2次

(b) 第1次 - 第3次

図 2.3.2-1 走行サーベイによる空間線量率の比較

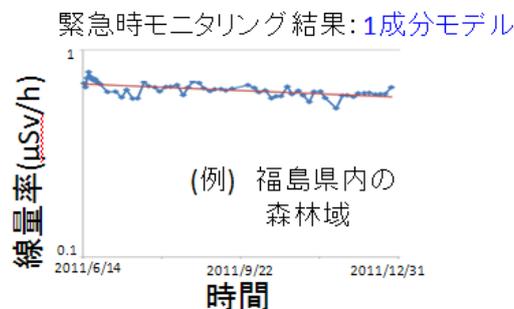


図 2.3.2-2 1成分モデルの特徴を示す時間連続データ

2.3.3 環境半減期の地域特性の検討・導入

2.3.2 章に示したように、過去の緊急時モニタリング等の結果から、福島第一原発事故後の初期（平成23年6月14日）から数ヶ月間における空間線量率の分布状況変化モデルは、風雨や風化等の自然環境変化の影響を含めた放射性セシウムの環境半減期1成分で表現できることが確認された。他方で、走行サーベイの測定結果において示されているように、空間線量率の減少傾向が一様でないことが明らかになった。

そこで、福島第一原発から80 km圏内を対象に、時間離散データである放射性物質の分布状況等調査で得られた地上1 m高さの空間線量率測定データと走行サーベイで測定された道路上の空間線量率測定データをもとに、地域特性、土地利用種別の相違による放射性セシウムの環境半減期を導出した。なお、環境半減期 T_{env}^{Cs} は次に示す(式1)により導出した。

$$T_{env}^{Cs} = \ln 2 \cdot (t_2 - t_1) / \ln \left(\frac{Y'(t_1)}{Y'(t_2)} \right) \quad (\text{式1})$$

ここで、

$Y'(t_1)$: 測定時点 t_1 の空間線量率測定データ

$Y'(t_2)$: 測定時点 t_2 の空間線量率測定データ

ただし、 $Y'(t_1)$, $Y'(t_2)$ は、平成23年6月14日時点に物理的減衰を補正

とする。

(1) 地上1 m高さの空間線量率の測定結果をもとにした地域特性による環境半減期の評価

前述したように、本調査では、福島第一原発から80 km圏内について第3次地域区画（約1 km四方）（以下、「3次メッシュ」という。）に基づいたメッシュ間隔で地上1 m高さの空間線量率の詳細測定を実施している（第1次分布状況等調査では2 kmメッシュ、第2次分布状況等調査では5 km及び10 kmメッシュ）。そのため、複数の測定地点が1つの3次メッシュもしくは第3次地域区画1/10細分区画（約100 m四方）（以下、「細分メッシュ」という。）に入ることはない。地上1 m高さの空間線量率測定データについて、経時変化を調べ、環境半減期を導出するため、第1次分布状況等調査及び第2次分布状況等調査の測定結果のうち、同じメッシュ（3次メッシュもしくは細分メッシュ）に入ったデータを同一地点のデータとみなして比較することとした。

図2.3.3-1に、福島第一原発から80 km圏内の放射性セシウムの環境半減期（ $\ln 2$ /環境半減期）に関するマップを示す。図2.3.3-1からは環境半減期にばらつきが見られたが、地域による明確な差異をこのマップの傾向から見いだすことはできなかった。これにより、場所による差異ではなく、土地利用形態等の地域特性と環境半減期の関係を検討する必要があることが示唆された。

なお、第1次分布状況等調査（約2,000箇所）と第2次分布状況等調査（約1,000箇所）のうち、同じメッシュのデータが得られたのは210組と少なく、第3次分布状況等調査以降のデータを用いたさらなる解析を行う必要がある。

(2) 走行サーベイの測定結果をもとにした地域特性による環境半減期の評価

走行サーベイは道路上を走行する際の自動車の速度等により測定地点が変わるため、本質的に同一地点の測定データを得ることが困難である。したがって、走行サーベイで得られた空間線量率測

定データの変化傾向を調べるには、比較対象範囲を大きくするメッシュ平均値（1 メッシュ内の平均空間線量率）をとるか、特定の距離以内の測定データを同一地点における測定データであるのみならず（第2次分布状況等調査では、一次走行サーベイ測定地点の30 m以内にある二次走行サーベイ測定地点を同一地点と見なした）こととなる。

本調査では、走行サーベイで測定された道路上の空間線量率の測定地点の間隔が密であるため、道路上の各測定地点を含む細分メッシュ（約100 m四方）を基本としたメッシュ平均値をとることにした。

走行サーベイで得られた空間線量率測定データについて、環境半減期を導出するため、土地利用種別細分メッシュのメッシュサイズと異なるALOS土地利用種別については、①測定データをALOS土地利用種別に振り分け、②細分メッシュ毎に土地利用種別の空間線量率の平均値を導出し、ALOS土地利用種別に対応した空間線量率の細分メッシュ平均値を導出した。したがって、一つの細分メッシュ内の同じ土地利用種別の空間線量率測定データの平均値を、そのメッシュの当該土地利用種別のメッシュ平均空間線量率とした。平均化した空間線量率データはメッシュごとに複数存在し、その数は各メッシュに存在するALOS土地利用種別の数となる。

第1次走行サーベイと第2次走行サーベイの間における放射性セシウムの環境半減期に関するマップを図2.3.3-2(a)に、第1次走行サーベイと第3次走行サーベイの間における放射性セシウムの環境半減期に関するマップを図2.3.3-2(b)に示す。いずれのデータも平成23年6月14日時点で物理的減衰を補正した空間線量率測定データから導出した。図2.3.3-2に示すように、福島第一原発から80 km圏内の放射性セシウムの環境半減期は一律でなく、地域特性に応じた環境半減期の評価が必要であることが明らかになった。

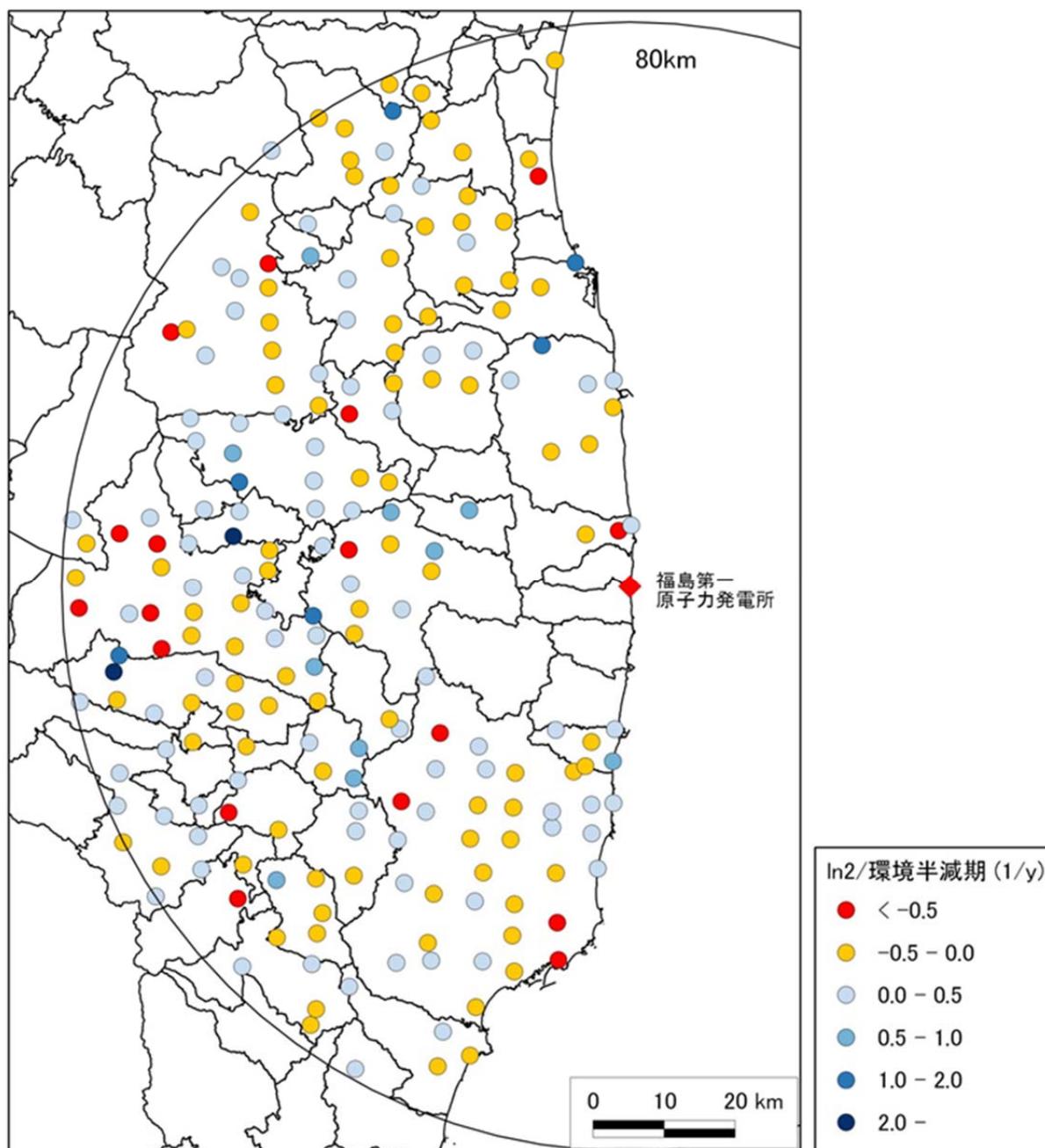
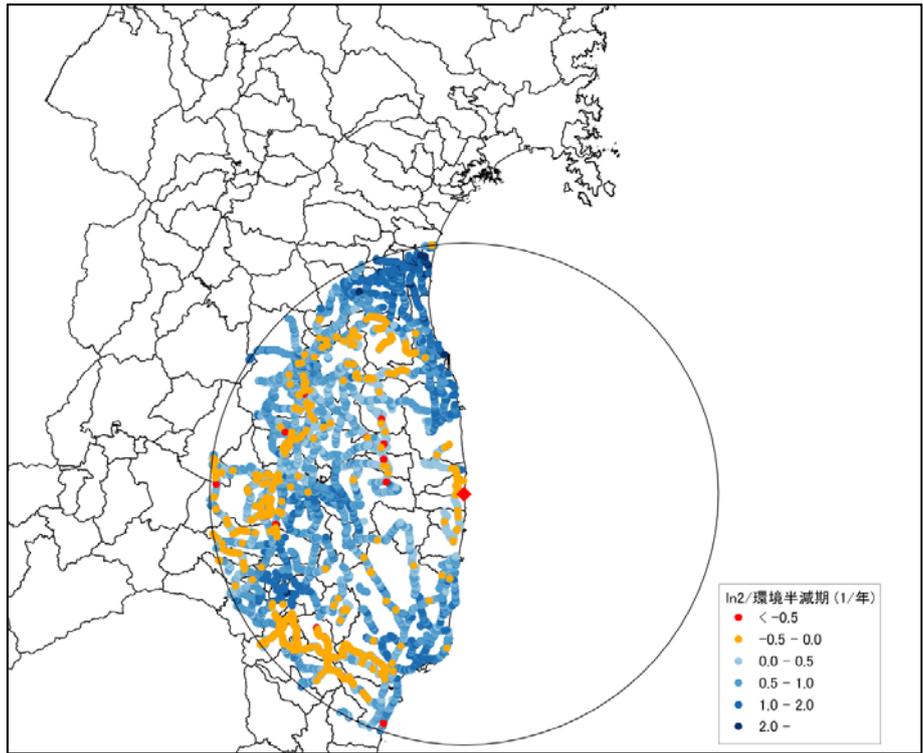
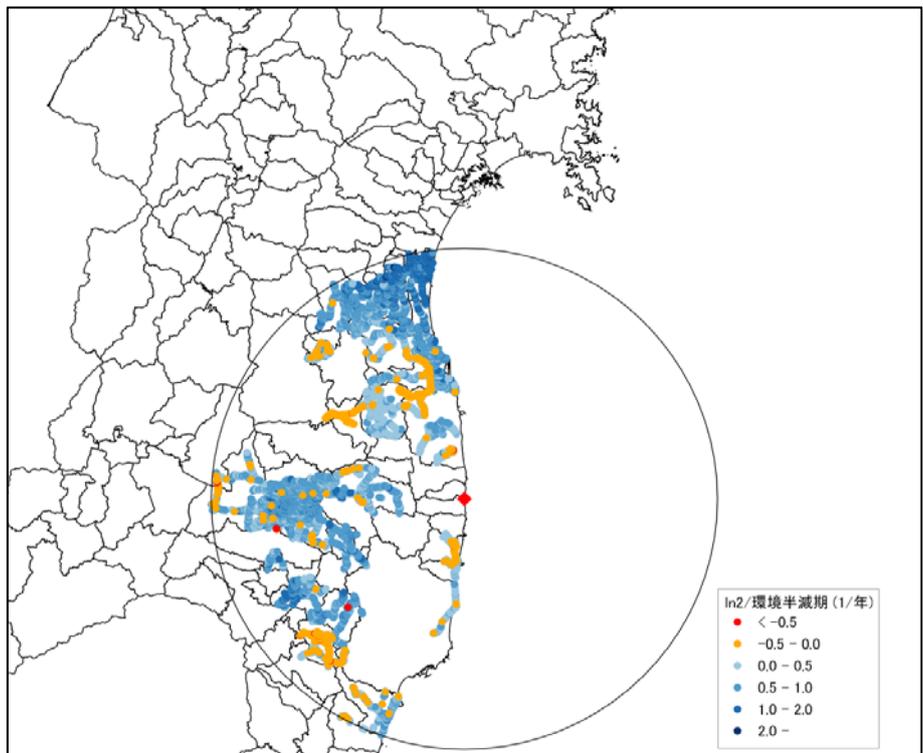


図 2.3.3-1 地上 1 m 高さで測定した空間線量率から導出した (ln2/環境半減期) マップ



(a) 第1次走行サーベイ - 第2次走行サーベイ



(b) 第1次走行サーベイ - 第3次走行サーベイ

図 2.3.3-2 各走行サーベイで測定した空間線量率から導出した($\ln 2$ /環境半減期)のマップ
(平成 23 年 6 月 14 日に放射性セシウムの物理的減衰による補正を考慮済み)

2.3.4 環境半減期に影響を与える種々の要因の検討

分布状況変化モデルに使用するモデルパラメータの抽出のため、環境半減期に影響を与えると考えられる以下の要因について、放射性セシウムの環境半減期（ $1n2$ /環境半減期）の累積頻度分布を調査した。ここでいう累積頻度分布は、（ $1n2$ /環境半減期）の頻度分布を、その値が小さいほうから積算して相対値として表したものであり、累積頻度分布の立ち上がりが多いほど空間線量率の減衰が遅く、逆に立ち上がりが多いほど空間線量率の減衰が速いことを意味する。

(1) 土地利用の相違による環境半減期への影響

土地利用の相違による環境半減期への影響を確認するため、時間離散な空間線量率測定データである放射性物質の分布状況等調査で得られた地上 1 m 高さの空間線量率の測定データと走行サーベイで測定された道路上の空間線量率の測定データを用いて、土地利用の相違における広域な範囲の分布状況変化モデルの環境半減期を評価した。得られた環境半減期は、「だいち」（ALOS）データを用いた高解像度土地利用土地被覆図（JAXA）、国土数値情報土地利用細分メッシュ（国土交通省）の土地関連データを用いて、土地利用形態ごとの累積頻度分布を調べた。

① 走行サーベイの測定結果を用いた土地利用の相違による環境半減期への影響評価

図 2.3.4-1 に、第 1 次、第 2 次、第 3 次走行サーベイによる空間線量率データを用いて ALOS 土地利用種別の環境半減期について解析した結果（累積頻度分布）を示す。図 2.3.4-1 に示すように、第 1 次及び第 2 次走行サーベイ、第 1 次及び第 3 次走行サーベイのいずれの空間線量率の測定データから導出した環境半減期についても、土地利用種別に着目した累積頻度分布からは、常緑樹として土地利用に分類された地域では環境半減期が長い（減衰が遅い）こと、水域（河川・湖沼等）や都市として土地利用に分類された地域では環境半減期が短い（減衰が速い）ことが示唆された。こうした傾向は、第 1 次及び第 2 次走行サーベイのデータを用いて国土数値情報土地利用細分メッシュ（国土交通省）の環境半減期について解析した結果（累積頻度分布）と同様であった。すなわち、国土数値情報土地利用細分メッシュにおいても、森林として土地利用に分類された地域では、環境半減期が長い（減衰が遅い）こと、河川地及び湖沼、建物用地として土地利用に分類された地域では、環境半減期が短い（減衰が速い）ことが示唆された。一方、第 1 次及び第 3 次走行サーベイのデータを用いて、土地利用細分メッシュの環境半減期について解析した結果では、第 3 次走行サーベイの測定範囲に偏りがあったためか、土地利用個別の明確な減衰傾向を見出すことはできなかった。

ALOS 土地利用種別による評価において、第 1 次及び第 3 次走行サーベイのデータを用いて導出した環境半減期は、第 1 次及び第 2 次走行サーベイのデータを用いて導出した環境半減期より長くなる傾向が示唆された。これは、今後 2 成分 1 コンパートメントモデルの適用の可能性を示していると考えられる。

② 放射性物質の分布状況等調査で測定された空間線量率の測定結果を用いた土地利用の相違による環境半減期への影響評価

放射性物質の分布状況等調査で得られた地上 1 m 高さの空間線量率測定データを用いて、土地利用細分メッシュ及び ALOS 土地利用種別の環境半減期評価を検討した。しかし、福島第一原発から 80 km 圏内で、同じ土地利用種別（メッシュ）に該当し、環境半減期を導出できたのは、第 1 次分布状況等調査及び第 2 次分布状況等調査のデータのうち 210 組程度と少なく、環境半減期の大小に明確な地域性を見出すことは困難であった。今後は、平成 24 年度に実施し

た第3次分布状況等調査の結果等を用いた検討が必要である。以下では、走行サーベイで得られた空間線量率の測定結果をもとに、各要因による環境半減期への影響を評価した。

なお、参考までに、第4次航空機モニタリング（平成23年11月5日）と第5次航空機モニタリング（平成24年6月28日）による空間線量率データを用いて、「だいち」（ALOS）データを用いた高解像度土地利用土地被覆図（JAXA）と国土数値情報土地利用細分メッシュ（国土交通省）の土地利用種別の環境半減期について試算した結果（累積頻度分布）、走行サーベイの測定結果で得られた土地利用種別ごとの環境半減期の相違と同様の傾向を示した（Appendix 2.3.4-図1参照）。

(2) 初期空間線量率の相違による環境半減期への影響

走行サーベイで測定された道路上の空間線量率の測定結果について、第1次分布状況等調査の空間線量率（平成23年6月14日に物理的減衰補正）を初期空間線量率として空間線量率の大きさごとに階層化（0.5 μ Sv/h未満、0.5以上1.0 μ Sv/h未満、1.0以上2.0 μ Sv/h未満、2.0 μ Sv/h以上）し、その初期空間線量率の大きさの相違による環境半減期への影響について、（ $\ln 2$ /環境半減期）の累積頻度分布をもとに調査した。

その結果、第1次及び第2次走行サーベイ、第1次及び第3次走行サーベイのいずれのデータから導出した環境半減期においても、初期空間線量率（平成23年6月14日）が低い階層の方が環境半減期は長くなる（空間線量率の減衰が遅くなる）ことが示唆された。

なお、地上1 m高さの空間線量率測定データを用いた初期空間線量率の相違による環境半減期の評価については、データ数が少なく、条件が限定的なデータであったため、さらなる検討が必要である。

(3) 周囲との空間線量率差の相違による環境半減期への影響

走行サーベイで測定された道路上の空間線量率は、約100 m四方を基本としたメッシュ平均値であり、メッシュ間の相違が放射性物質（空間線量率も含む）の変化を反映すると考えられる。そこで、周囲の空間線量率差の相違による環境半減期への影響を評価するため、第1次及び第2次走行サーベイによる空間線量率測定データについて、隣接する8メッシュのデータに比べ極大である（最も空間線量率が大きくなる）メッシュと極小である（最も空間線量率が小さくなる）メッシュのそれぞれについて、（ $\ln 2$ /環境半減期）のヒストグラムを図2.3.4-2に示す。

その結果、全土地及びALOS各土地利用種別において、極小地点（対象メッシュの空間線量率はそのどの隣接メッシュの空間線量率より小さい）の環境半減期は、極大地点（対象メッシュの空間線量率はそのどの隣接メッシュの空間線量率より大きい）の環境半減期に比べて長い（空間線量率の減衰が遅くなる）ことが確認された（ $\ln 2$ /環境半減期）の平均値及び中央値は、極小地点より極大地点の方が大きい）。この傾向は、前述した台風期前後の空間線量率の詳細測定の結果でも同様の傾向が確認されており、極小地点において、周辺からの放射性物質の流れ込みの可能性が示唆される。

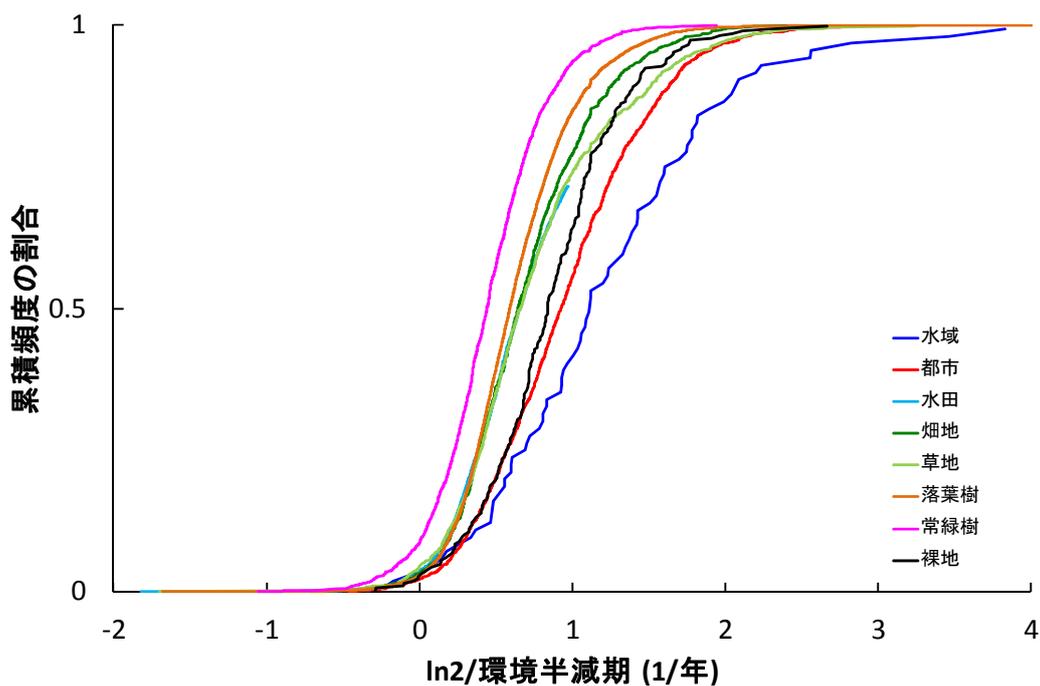
(4) 標高の相違による環境半減期への影響

第1次、第2次、第3次走行サーベイで測定された道路上の空間線量率の測定結果について、数値地図50 mメッシュ（標高）（国土地理院）の標高データを用いて、標高の相違ごとに階層化（100 m以下、100 mより高く200 m以下、200 mより高く500 m以下、500 mより高い）し、測定地点の標高の相違による環境半減期への影響について、（ $\ln 2$ /環境半減期）の累積頻度分布を調査した。その結果、第1次及び第2次走行サーベイのデータを用いて導出した環境半減期と、第1次及び第3次走行サーベイのデータを用いて導出した環境半減期に関して、各標高階層の5%値、95%値から算

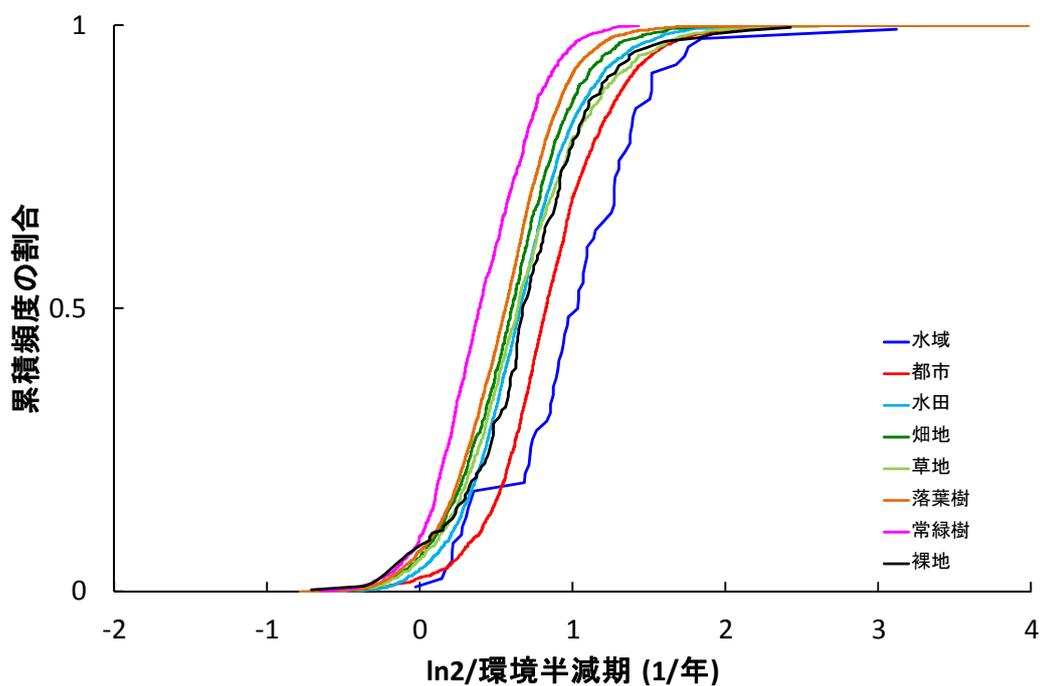
出した累積分布関数の傾きにおいて大きな変化は見られなかった。したがって、標高は環境減衰に影響する要因に該当しないと考える。

(5) 周囲との標高差の相違による環境半減期への影響

測定地点とその周辺の標高の相違による環境半減期の関係を調べるため、第1次及び第2次走行サーベイにより得られたメッシュ平均値について、ある中心メッシュに隣接する8メッシュのうち、中心メッシュよりも標高が高いメッシュの個数で階層化を行った。図2.3.4-3に、中心メッシュに隣接する標高の高いメッシュ数で分類した($\ln 2$ /環境半減期)(第1次及び第2次走行サーベイのデータ)の累積頻度分布を示す。図2.3.4-3に示すように、隣接メッシュ数が0メッシュ、すなわち地形的に頂上に相当するメッシュは環境半減期が短く(空間線量率の減衰は早い)、中心メッシュから隣接メッシュへの放射性物質の流出の可能性が示唆された。こうした傾向は、第1次及び第3次走行サーベイのデータを用いて導出した環境半減期についても同様の傾向を示した。なお、隣接メッシュ数が1メッシュから7メッシュである地形、8メッシュである窪地上の地形については、標高順に従い環境半減期は変化しているものの、その差異は小さかった。



(a) 第1次及び第2次走行サーベイの測定結果を用いた($\ln 2$ /環境半減期)の分布



(b) 第1次及び第3次走行サーベイの測定結果を用いた($\ln 2$ /環境半減期)の分布

図 2.3.4-1 走行サーベイの測定データから導出した土地利用種別の相違による($\ln 2$ /環境半減期)の分布の相違について (土地利用種別ごとの環境半減期の相違)

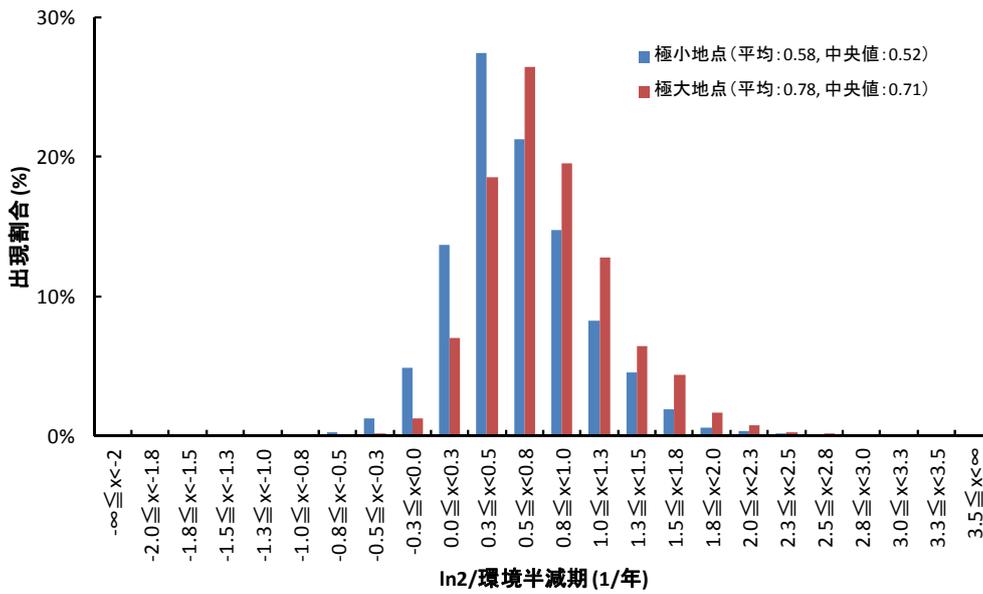


図 2.3.4-2 第 1 次走行サーベイの細分メッシュにおける空間線量率の極大地点・極小地点における ($\ln 2 / \text{環境半減期}$) の分布状況について (第 1 次及び第 2 次走行サーベイのデータを使用) (全土地対象)

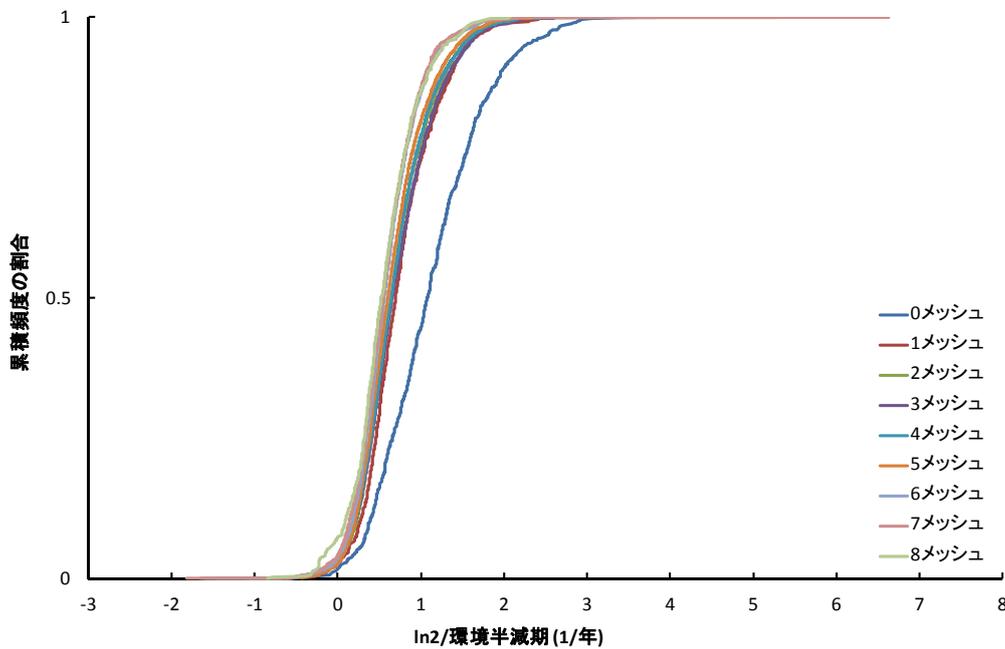


図 2.3.4-3 特定の細分メッシュに隣接するメッシュのうち、特定の細分メッシュより標高が高いメッシュ数で分類した、特定の細分メッシュにおける ($\ln 2 / \text{環境半減期}$) の累積頻度分布 (第 1 次及び第 2 次走行サーベイのデータを使用。 0 メッシュは特定の細分メッシュが最も標高が高いメッシュを指す。)

2.3.5 環境半減期の有意差検定

分布状況変化モデルに適用する要因を抽出するため、第1次、第2次、第3次走行サーベイによる空間線量率測定について、ALOS 土地利用種別や周囲との標高差階層等の要因ごとの(1n2/環境半減期)を求め、それぞれの要因ごとの中央値に有意な相違があるか有意差検定を行った。有意差検定にあたっては、ノン・パラメトリック検定(母集団分布に関して、特定の分布を仮定しないで統計的検定を行う方法)の1つであるウィルコクソン順位和検定を用いた。

① ALOS 土地利用種別ごとの環境半減期の検定

第1次及び第2次走行サーベイのデータから導出した土地利用種別ごとの環境半減期の検定結果を表2.3.5-1に示す。統計量が観測される確率であるp値について、有意水準0.05(5%) (○)または有意水準0.01(1%) (◎)で帰無仮説(1n2/環境半減期)の中央値が等しい)を棄却(仮説が有意でない)した。したがって、表2.3.5-1は、各土地利用種別間で中央値が有意に異なるか調べた検定の結果を示す。

表2.3.5-2に示すように、土地利用種別ごとの環境半減期の相違について評価したところ、水田と畑地、水田と草地、畑地と草地を除いた土地利用種別の組合せは、すべて有意差があるという結果になった。こうした傾向は、第1次及び第3次走行サーベイのデータから導出した環境半減期についても同様であった(表2.3.5-2より、水田と裸地、水田と草地、裸地と草地を除いた土地利用種別の組合せは、すべて有意差がある)。

これにより、分布状況変化モデルのコンパートメントを設定する際、個別の土地利用種別を考慮することによって、より信頼性の高いモデルになると考える。

なお、土地利用種別として国土数値情報(細分メッシュ)を使用した場合、有意差がない土地利用種別の組合せがALOSより多かった。これは、細分メッシュが約100mメッシュ、ALOSが約50mメッシュとALOSの解像度がより細かいことが理由に考えられる。

② 周囲との標高差階層ごとの環境半減期の検定

第1次と第2次走行サーベイ及び第1次と第3次走行サーベイのデータから導出した周囲との標高差階層ごとの環境半減期の検定の結果を表2.3.5-3に示す。表2.3.5-3は、2.3.4章において述べたように、周囲との標高差について、ある中心メッシュに隣接する標高の高いメッシュ数で階層化したあるメッシュの(1n2/環境半減期)の中央値が有意に階層間で異なるか調べた検定の結果である。隣接メッシュ数n=0は地形的に頂上を、隣接メッシュ数n=8は地形的に窪地を意味する。表に示されるように、地形的に頂上(n=0)に相当するメッシュや頂上に近いメッシュ(n=1)は有意差があるという結果になった。一方、隣接メッシュ数n=7,8等、地形的に窪地に相当する箇所では、有意差が見られにくくなる傾向が確認された。

これにより、周囲との標高差のうち、標高の高いメッシュについては、分布状況変化モデルに適用する要因として考慮することが望ましいと考えられる。なお、分布状況変化モデルのコンパートメントを設定する際、周囲との標高差のうち、標高の低いメッシュの取扱も含めて、さらなる検討を行う。

表 2.3.5-1 各土地利用種別(ALOS)について評価した環境半減期の総当たりの検定結果
(第1次及び第2次走行サーベイの測定データを使用)

	n	水域	都市	水田	畑地	草地	落葉樹	常緑樹	裸地
水域	78								
都市	1819	◎							
水田	3160	◎	◎						
畑地	1408	◎	◎	-					
草地	1065	◎	◎	-	-				
落葉樹	10339	◎	◎	◎	◎	◎			
常緑樹	1921	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
裸地	242	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	

◎：有意水準1%で棄却、○：有意水準5%で棄却、-：棄却されず(帰無仮説：中央値が等しい)
(◎は明らかに環境半減期が異なるものを指し、○は有意に環境半減期が異なるもの、-は環境半減期が異なるとはいえないものを指す。)

表 2.3.5-2 各土地利用種別(ALOS)について評価した環境半減期の総当たりの検定結果
(第1次及び第3次走行サーベイの測定データを使用)

	n	水域	都市	水田	畑地	草地	落葉樹	常緑樹	裸地
水域	65								
都市	1469	◎							
水田	2261	◎	◎						
畑地	943	◎	◎	◎					
草地	822	◎	◎	-	◎				
落葉樹	6428	◎	◎	◎	◎	◎			
常緑樹	1087	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
裸地	161	◎	◎	-	◎	-	◎	◎	

◎：有意水準1%で棄却、○：有意水準5%で棄却、-：棄却されず(帰無仮説：中央値が等しい)
(◎は明らかに環境半減期が異なるものを指し、○は有意に環境半減期が異なるもの、-は環境半減期が異なるとはいえないものを指す。)

表 2.3.5-3 特定の細分メッシュに隣接するメッシュのうち、特定の細分メッシュより
標高が高いメッシュ数で分類した環境半減期の相違に関する検定結果
(第1次及び第2次走行サーベイのデータを使用、0メッシュは特定の細分メッシュが最も標高が
高いメッシュを指す。)

(a) 第1次-第2次走行サーベイ

群1	群2	データ数		有意差
		群1	群2	
n =0	n =1	757	623	◎
n =1	n =2	623	1,306	◎
n =2	n =3	1,306	3,158	—
n =3	n =4	3,158	5,115	◎
n =4	n =5	5,115	3,161	◎
n =5	n =6	3,161	2,435	◎
n =6	n =7	2,435	2,387	—
n =7	n =8	2,387	558	—

nは各メッシュよりも標高の高い隣接メッシュの数を表す。
(n =0は“頂上”、n =8は“窪地”を意味する。)

(b) 第1次-第3次走行サーベイ

群1	群2	データ数		有意差
		群1	群2	
n =0	n =1	697	416	◎
n =1	n =2	416	847	◎
n =2	n =3	847	1,975	—
n =3	n =4	1,975	3,150	◎
n =4	n =5	3,150	1,954	—
n =5	n =6	1,954	1,653	—
n =6	n =7	1,653	1,582	○
n =7	n =8	1,582	405	—
n =7	n =8	1,582	405	—

nは各メッシュよりも標高の高い隣接メッシュの数を表す。
(n =0は“頂上”、n =8は“窪地”を意味する。)

◎：有意水準1%で棄却、○：有意水準5%で棄却、—：棄却されず（帰無仮説：中央値が等しい）
(◎は明らかに環境半減期が異なるものを指し、○は有意に環境半減期が異なるもの、—は環境半減期が異なるとはいえないものを指す。)