

空間線量率予測モデルのコンパートメント間速度定数評価

Evaluation of transfer coefficients for prediction models on ambient dose equivalent rates

*木名瀬 栄^{1,2}

¹原子力機構, ²茨大連携大学院

環境中放射性セシウムの移行モデリング開発などに資するため、これまでに開発した空間線量率予測モデルの2-コンパートメント速度定数(移行係数)を評価した。

キーワード: 福島, 予測, 分布状況変化モデル, 線量, 速度定数, 移行係数, コンパートメント, 微分方程式

1. 緒言 福島第一原発事故後、原子力機構では、住民の放射線レベルの理解等に資するため、福島第一原発事故により環境中に沈着した放射性セシウムやそれに伴う空間線量率の変化傾向を予測する分布状況変化モデルを開発した[1]。空間線量率予測モデルである分布状況変化モデルは、4つのモデルパラメータ(減衰が速い/遅い成分の環境半減期、減衰が速い/遅い成分の割合)を用いた、経験則によって現象を捉える統計帰納法によるモデルとした。したがって、分布状況変化モデルは、空間線量率の経時変化において、実測結果と同様に分布相と消失相の二相性を示すが、モデルパラメータ個別の値は、コンパートメント間の速度定数(移行係数)のハイブリッド値-巨視的定数-になるため、その大小比較は放射性セシウム移行把握において一義的な意味を示さない。このことにより、空間線量率推移と環境中放射性セシウム移行の関係を理解することが一層困難になっている。そうした状況を踏まえ、本研究では、空間線量率予測モデルを2つの可逆的に結合されたコンパートメントからなるモデルとし、これまでに得られたモデルパラメータ値(巨視的定数)を用いて、コンパートメント間の放射性セシウム移行を1次速度過程とした、速度定数(微視的定数である移行係数)を評価した。

2. 方法 本研究では、環境中の放射性セシウム移行は2-コンパートメントモデルに従うこととした。式(1)の空間線量率予測モデルは、評価対象環境を2つのコンパートメントとしたモデル(図1参照)によって表現し、式(2)の放射性セシウム変化を表す微分方程式として記述した。

$$X_1(t) = f_{fast} \exp\left(\frac{-\ln 2}{T_{fast}} \cdot t\right) + (1 - f_{fast}) \exp\left(\frac{-\ln 2}{T_{slow}} \cdot t\right) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{dX_1}{dt} &= k_{21}X_2 - k_{12}X_1 - k_{10}X_1, \\ \frac{dX_2}{dt} &= k_{12}X_1 - k_{21}X_2 - k_{20}X_2 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $X_i(t)$ は放射性セシウム沈着後の経過時間 t における評価対象環境(第1コンパートメント)の空間線量率相対値(空間線量率に反映する放射性セシウム相対量)、 T_{fast} 、 T_{slow} は減衰が速い/遅い成分の環境半減期、 f_{fast} は減衰が速い成分の割合、 k は速度定数(移行係数)である。 k の添字順はコンパートメント間の移行元と移行先を示している。 k_{10} ($= k_{20}$) は評価対象環境からの消失速度定数(移行係数)である。

これまでに得られた分布状況変化モデルの4つのモデルパラメータ値[1]を用いて、式(2)の速度定数(移行係数)を算定した。

3. 結果 2-コンパートメントモデル(ケース1)の速度定数を図2に示す。避難指示区域外においては、ウェザリングや人間活動による放射性セシウムの移行を反映する k_{12} 値に比べ、再浮遊や人間活動による放射性セシウムの再分布を反映する k_{21} 値の方が小さいことが明らかになった。一方、帰還困難区域内では、 k_{12} と k_{21} の値に大きな相違がなく、放射性セシウムのじょう乱が少ないことが示唆された。

参考文献

[1] 原子力規制委員会, <http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/564/list-1.html>

*Sakae Kinase^{1,2}

¹JAEA, ²Ibaraki Univ.

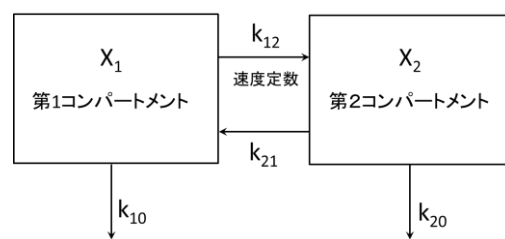


図1 2-コンパートメントモデル(ケース1)。

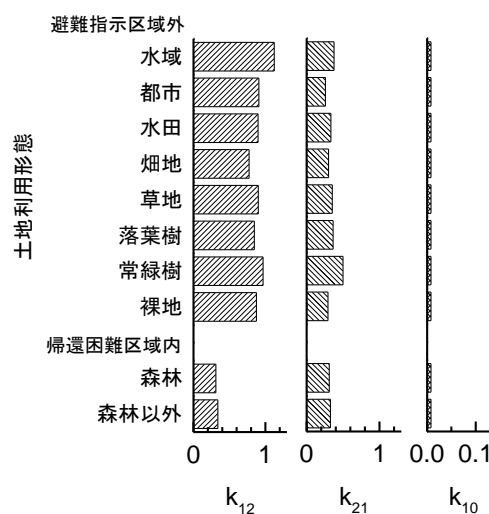


図2 分布状況変化モデル(ケース1)の速度定数(移行係数) [1/年]。