

## E3 マルチメディアモデルを用いた 鉛の環境動態に関するパラメータ感度解析

Parameter sensitivity analysis for environmental dynamics of lead using Multimedia model.

共生環境評価領域

08E11054 日岡佑介 (Yusuke HIOKA)

**Abstract:** One box multimedia model for lead to assess the environmental risk was developed, and applied to Biwako-Yodogawa basin in Japan. The model includes four media of the atmosphere, the soil, the water body and the sediment. The amount of lead emissions from industrial activities was estimated with reference to PRTR report. The period of the calculation was 51 years from 1957 to 2007. The calculated concentration was compared with the measured data. Sensitivity analysis was performed to understand which input parameters affected the output concentration of four media. Uncertainty analysis was performed by Monte Carlo simulation to evaluate the influence on the concentrations due to variability of input parameters. The simulation was undertaken repeatedly 1000 times. The results indicated that the most important parameter affecting the concentration was soil depth and the concentration uncertainty had the wider range for the soil than any other media.

**Keywords:** Multimedia model, OneBox model, Lead, Sensitivity analysis, Uncertainty analysis

### 1. はじめに

近年、我々人間の様々な産業活動に伴い、多くの有害化学物質が環境中に排出されているため、これらの化学物質の環境濃度を推定し、人の健康や生態系へのリスク評価を行い、適正な監視と管理をする必要がある。環境中の有害物質の濃度を推定する方法として化学物質の環境挙動を表現する運命予測モデルの活用が有効であるが、有機化学物質と比べて金属を対象としたものは非常に少ない。化学物質排出移動届出(PRTR)制度により定められている第一種指定化学物質である鉛は、環境基準を超過している例が多々あり、神経に影響を及ぼす有害な化学物質として対策が必要な化学物質の一つに挙げられ、環境中鉛のリスクに対する懸念は国際的にも非常に高い。本研究では琵琶湖・淀川流域を対象とし、大気、水域、土壌、底質などの環境媒体間における化学物質の移動に着目したモデルを構築し、計算結果を実測値と比較することによりモデルの妥当性を評価する。そして、このモデルに使用されるパラメータはそれぞれ不確実性を持っており、出力結果に影響を与える可能性があるため、それらのパラメータに対して感度解析を実行し、結果に大きく影響を与える感度の高いパラメータを抽出する。さらに、抽出されたパラメータに対して、モンテカルロシミュレーションによる不確実性解析を実施し、環境媒体濃度の確率分布の推計を試みる。

### 2. モデルの概要

難分解性・不揮発性で残留性の強い化学物質挙動解析を行う場合、単一媒体のみを対象としたシミュレーションでは不十分であり、複数の媒体について同時にアプローチするマルチメディアモデルが有用である。本研究では、対象領域を1つの箱と仮定し、各媒体における濃度は均一と仮定しているOne Box型マルチメディアモデルを構築した。構築したモデルは、大きく大気、土壌、水域、底質の4つの媒体で構成される。

### 3. 鉛の排出量推計

鉛濃度を計算する際に鉛排出量の推計が必要となる。本研究では、2007年におけるPRTR制度で公表されている届出内排出量、届出外すそ切り以下排出量、下水道業に係る排出量、塗料に係る排出量、

焼却炉からの排出量の結果を基にして、1957～2007年の51年間におけるそれぞれの排出量の推計と1957～1987年における有鉛ガソリンからの排出量の推計を行った。

#### 4. 鉛濃度推計結果と考察

2007年における鉛濃度の実測値と推計値の比較を図1に示す。土壌における鉛濃度の推計値は実測値よりも1桁ほど小さな値となったが、それ以外の媒体においては推計値と実測値は概ね良い一致を示した。また、1957年から2007年の51年間の鉛濃度の経年変化を図2に示す。大気と水域の鉛濃度は徐々に減少していき、ほぼ一定となるが、土壌と底質の鉛濃度は1957年から1980年頃まで増加傾向にあり、それ以降はほぼ一定となる。

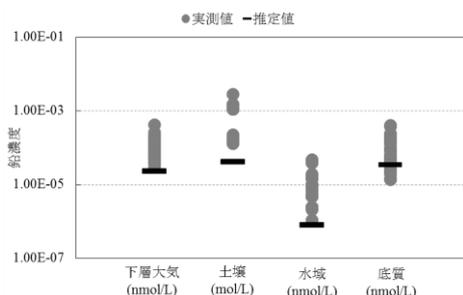


図1 鉛濃度の実測値と推計値の比較

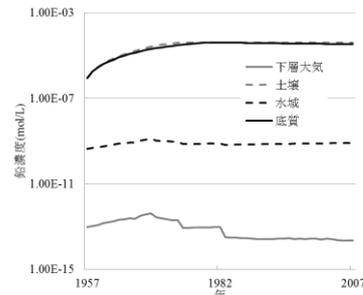


図2 鉛濃度の経年変化

#### 5. 感度解析の結果

モデルに使用されている31個のパラメータに対して感度解析を行い、感度の高いパラメータを7個抽出した。抽出したパラメータを表1に示す。モンテカルロシミュレーションは対象のパラメータに確率分布を定義し、乱数を発生させて確率分布からランダムに値を抽出し、実験を繰り返すことにより得られた結果から分布を推定する手法である。本研究では、それぞれのパラメータについて、

表1 感度解析により抽出されたパラメータ

① 土壌深さ [m]	: $5.00 \times 10^{-2}$	⑤ 経験式(エアロゾル) [m/s]	: $3.06 \times 10^{-5}$
② 大気への鉛排出量 [t/year]	: 20.3(2007年値)	⑥ 水域への鉛排出量 [t/year]	: 5.2(2007年値)
③ 底質厚さ [m]	: 0.100	⑦ 底質高さ変化量 [m]	: $2.98 \times 10^{-11}$
④ SS沈降速度 [m/s]	: $7.13 \times 10^{-6}$		

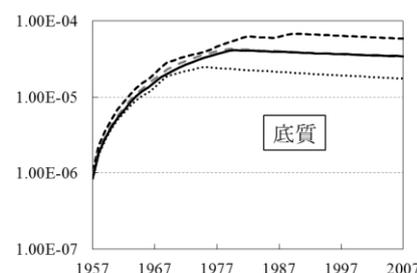
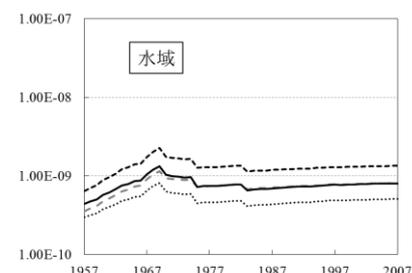
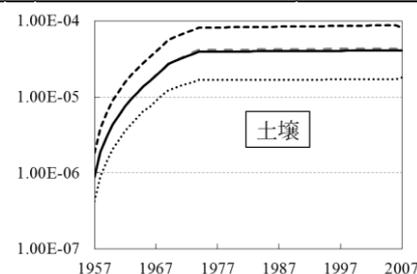
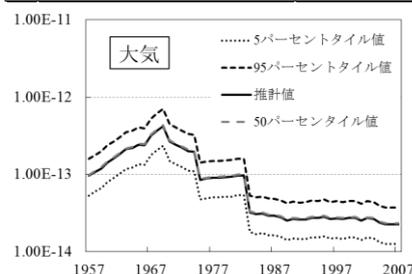


図3 各媒体における不確実性解析の結果(縦軸：鉛濃度(mol/L), 横軸：年)

て、表1に示した値を基準値とし、基準値の0.5倍から1.5倍までの範囲でランダムに値を抽出するとした。1000回のモンテカルロシミュレーションによる鉛濃度の不確実性解析の結果を図3に示す。最も鉛濃度の不確実性の範囲が大きいのは土壌であり、次いで底質という結果になった。土壌、底質は年が経つにつれて、徐々に不確実性範囲が大きくなる傾向であったが、大気、水域の不確実性範囲は、経年変化を示さない。

#### 6. 結論

不確実性解析により、大気、水域への排出量や土壌の深さ、底質の厚さなどのパラメータは結果に大きく影響を与え、特に土壌において鉛濃度は広い範囲の不確実性を持つことが分かった。今後の研究として、排出量より正確な推計や鉛以外の他の金属に適用させるためのモデル改善が必要となる。