

2. 統計的解析による個人曝露量の推計

2.1 幾何平均値による個人曝露量の推計

一般に環境媒体中の汚染物質濃度の分布は対数正規分布を示すという指摘もあるため、統計的な推定値として、1.2～1.3の環境媒体別及び食事の調査結果の幾何平均値（大気：0.15pg-TEQ/m³、土壌：0.47pg-TEQ/g、食事：1.98pg-TEQ/kg/day）を用いて、個人曝露量の推計をあわせて行った。推計は、1.4.1に示した方法にこれらの幾何平均値をあてはめて実施した。

幾何平均値を用いた我が国における平均的な曝露量は、2.0pg-TEQ/kg/day程度であると考えられる。個人曝露量について推計した結果を表-8に示す。

表-8 幾何平均値を用いた個人曝露量の推計結果

(単位 pg-TEQ/kg/day)	
大気	0.045
土壌	0.00094
食事	1.98
計	2.0

2.2 モンテカルロ法によるシミュレーション

ダイオキシン類の環境媒体や食事からの曝露量は不確実性を伴って値のばらつきを示すものであるため、これを確率論的に扱う手法の一つであるモンテカルロシミュレーションを用いて個人曝露量の推計を行った。モンテカルロシミュレーションはいくつかの確率論的なインプット変数に対してアウトプット変数の分布の推定をすることを目的としたサンプリング実験である。すなわち、あるアウトプット変数の分布を決定するいくつかのインプット変数に対して個々に分布の型を仮定し、統計学的手法で乱数を発生させ、その乱数に従ってそれぞれのインプット変数の仮定分布からサンプリングを行う。このサンプリングをアウトプット変数の分布が確定するのに十分な回数行い、アウトプット変数をシミュレートするという手法である。

本調査ではこのモンテカルロシミュレーションにより、我が国のダイオキシン類個人曝露量分布の推定を試みた。

2.2.1 モデルの設定

ダイオキシン類による個人曝露量をシミュレートするに当たり、「大気中のダイオキシン類濃度」「土壌中のダイオキシン類濃度」および「食事経由の曝露量」の3つをインプット変数として、以下のモデルを設定した。

$$\text{個人曝露量} = \quad + \quad +$$

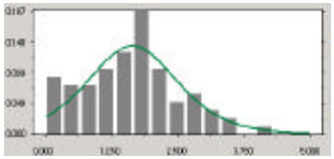
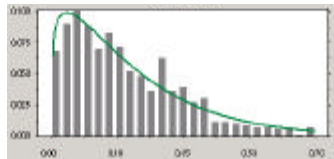
～ の算出方法は1.4.1に示したとおりである。

2.2.2 実測データの分布の検討

各インプット変数の確率密度分布は、平成 11 年度の大気中及び土壌中ダイオキシン類濃度測定値（表-2）、並びに平成 9～11 年度のトータルダイエツスタディ及び陰膳試料からの 1 日あたり摂取量（最小値 0.0070pg-TEQ/kg/day、最大値 7.01 pg-TEQ/kg/day、算術平均値 1.70pg-TEQ/kg/day、中央値 1.69pg-TEQ/kg/day（n=76））に基づき、これらの実測データに統計学的に最も適合すると考えられた分布をあてはめることとし、最小値を 0、最大値を実測データの最大値として適用した。ただし土壌中のダイオキシン類濃度については統計学的に十分適合する分布が得られなかったため、実測データの幾何平均および幾何標準偏差をパラメータとする対数正規分布と仮定した。なお、本推定では、用いたデータに対する統計学的な適合度のみに基づき、利用可能な確率密度関数を機械的に決定している。

表-9 にそれぞれ適用した分布の型（線グラフ）と実測データのヒストグラムを示した。

表-9 インプット変数の分布の仮定

変数	食事経由暴露量 (pg-TEQ/kg/day)	大気中濃度 (pg-TEQ/m ³)	土壌中濃度 (pg-TEQ/g)
適用した分布の型 パラメータ 分布の範囲 実測データのヒストグラム（棒）および適用した分布（実線）	ロジスティック分布 (平均, 尺度= 1.64, 0.57) 最小値 0 最大値 7.01 	ワイブル分布 (位置, 尺度, 形状= 0.01, 0.22, 1.2) 最小値 0 最大値 1.45 	対数正規分布 (平均, 標準偏差= 0.47, 19.8) 最小値 0 最大値 180 実測データの幾何平均・幾何標準偏差をパラメータとした対数正規分布

注) 位置・尺度・形状：ロジスティック分布やワイブル分布等の確率分布を決定するパラメータ。位置は分布の横軸上の位置を、尺度は分布の広がり、形状はワイブル分布において分布の形状を表す。

2.2.3 シミュレーションの結果

シミュレーション（試行回数 10000 回）の結果を図-10 及び表-10 に示した。平成 11 年度の調査結果に対する機械的な分布のあてはめに基づく本推定によっても、個人曝露量は平均的な値に対して幅を持つ分布を示すこと、分布の一部が TDI に近いかまたは超える値となる可能性があり得ることなどが推測される。ただし、シミュレーションの結果は用いる分布等の仮定によって異なるため、今後、曝露量や環境濃度の分布関数の適切な設定方法を検討する必要がある。

統計量	値
平均値	1.85
中央値	1.77
標準偏差	0.91
分散	0.83
歪度	0.65
尖度	3.82
変動係数	0.49
最小値	0.02
最大値	6.59
範囲	6.57
標準誤差	0.01
25%点	1.20
75%点	2.39

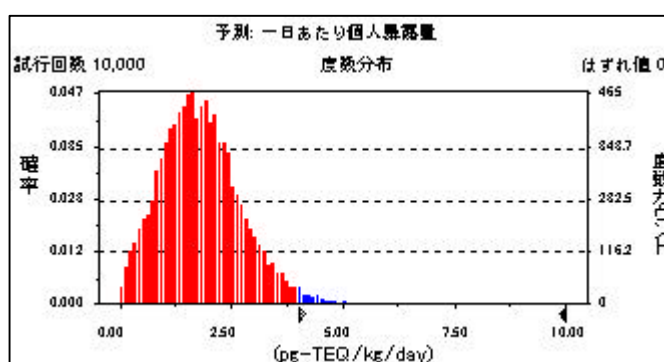


表-10 推計された個人曝露量の統計量

図-10 個人曝露量の度数分布

2.3 過去に推計された曝露量との比較

以下の ~ の報告において示された曝露量と、本調査における曝露量の推計結果（算術平均値を用いて推計した結果）を比較した。

- 「ダイオキシンリスク評価検討会報告書」
（平成 9 年 5 月、ダイオキシンリスク評価検討会）
- 「ダイオキシンの耐容一日摂取量(TDI)について」
（平成 11 年 6 月、中央環境審議会環境保健部会、生活環境審議会及び食品衛生調査会）
- 「ダイオキシン類精密曝露調査の結果について - 平成 11 年度調査結果 - 」
（平成 12 年 11 月 24 日、環境庁環境保健部環境リスク評価室）
- 「環境白書」
（平成 12 年度、平成 13 年度、環境庁編）

各調査結果及び本調査で推計したダイオキシン類の 1 日摂取量の比較表を表-11 に示す。

表-11 ダイオキシン関係調査報告による1日摂取量の比較

	ダイオキシン類1日摂取量 (pg-TEQ/kg/day)				
	食事	大気	土壌	水	計
ダイオキシンリスク評価検討会報告書 (注1)	0.26 ~ 3.26	0.02 ~ 0.18	0.008 ~ 0.084	0.001	0.29 ~ 3.53
ダイオキシンの耐容一日摂取量(TDI)について (平成9年度摂取量)	2.41	0.17	0.0024 ~ 0.021		2.60程度
平成12年度環境白書 (平成10年度摂取量)	2.0	0.07	0.0084		約2.1
ダイオキシン類精密暴露調査の結果について (平成11年度摂取量) (注2)	0.32 ~ 6.2	0.0066 ~ 1.2	0.00013 ~ 0.26		0.32 ~ 6.2
平成13年度環境白書 (平成11年度摂取量)	2.25	0.05	0.0084		約2.3
本調査結果 (平成11年度摂取量)	2.25	0.063	0.012		2.3

(注1) 平成9年以前のデータを収集し推計した値

(注2) 大阪府能勢町地域、埼玉県地域、広島県府中市地域(いずれも発生源周辺地区と対照地区の両方を含む)のみを対象とした調査