

【資料 1】

**モンテカルロシミュレーションによる
個人総暴露量の推計方法の検討**

1. モンテカルロシミュレーションにおけるモデルの検討

モンテカルロシミュレーションによるダイオキシン類の個人総暴露量の推計については、第2章2.2で行ったが、この他にモデルの設定や変数の設定の異なる条件下での推計を実施した。

1.1 モデル及び変数の設定

変数の条件が異なるモデル(1)～(5)を設定した。個人総暴露量は食事経由の暴露量と環境経由(大気及び土壌)の暴露量の合計とし、表-15に示すように確率密度分布または固定値を適用した。

モデル(1)は第2章2.2に示したモデルと同じである。モデル(1)の食事経由の暴露量では、「平成12年度トータルダイエツスタディ(厚生労働省)」で報告されている「食事からの1日当たりダイオキシン類暴露量」(食事中の濃度に摂食量を乗じ体重(50kg)で除した値と同等な値)を変数とし、これに確率密度分布をあてはめた。また環境経由の暴露量では、大気、土壌とも濃度に確率密度分布を適用し、その他の変数に固定値を適用した。体重も固定値とした。

モデル(2)の食事経由の暴露量の推計では、「平成12年度トータルダイエツスタディ(厚生労働省)」で報告されている「食事からの1日当たりダイオキシン類摂取量」(食事中の濃度に摂食量を乗じた値と同等な値)と体重とを変数として実施した。モデル(2)では呼吸量と土壌摂食量を除く全ての変数に確率密度分布を適用した。

モデル(3)～(5)の推計では、各食品群中の濃度、各食品群の摂食量、体重、大気中濃度、呼吸量、土壌中濃度、土壌摂食量を変数とした。また、食事経由の暴露量は、各食品群からの暴露量の総計をとした(第2章1.4.2参照)。

モデル(3)では、食品中濃度、大気中濃度、土壌中濃度に確率密度分布を適用し、その他の変数に固定値を適用した。

モデル(4)では濃度、呼吸量及び土壌摂食量を固定値とし、その他の変数に確率密度分布を適用した。

モデル(5)では呼吸量及び土壌摂食量を固定値とし、その他の変数に確率密度分布を適用した。

各食品群中のダイオキシン類濃度は表-8の算術平均値に基づいて設定し、各食品群の摂食量は「平成12年度国民栄養調査(厚生労働省)」の調査結果に基づいて設定した。

また各変数に何らかの相関がある可能性を考慮し、モデル(2)～(5)では、仮に食事・食品摂取量と体重間を相関係数0.9、大気中及び土壌中ダイオキシン類濃度間を相関係数0.5として推計した。

各変数の設定内容を表-16に示した。

表-15 モンテカルロシミュレーションによる個人総暴露量推計方法の概要（ θ ：確率密度分布をあてはめた変数， ϕ ：固定値をあてはめた変数）

モデル番号	食事経由の暴露量				環境経由の暴露量				備考
	= 食事中濃度 × 摂食量 ÷ 体重 ¹⁾ または = (各食品群中濃度 × 各食品群摂食量) ÷ 体重 ²⁾ 食事 ¹⁾ または各食品群 ²⁾				= { (大気中濃度 × 呼吸量) + (土壌中濃度 × 土壌摂食量) } ÷ 体重				
	濃度 (pg-TEQ/g)		摂食量 (g/day)	体重 (kg)	大気		土壌		
				濃度 ⁷⁾ (pg-TEQ/m ³)	呼吸量 ⁸⁾ (m ³ /day)	濃度 ⁷⁾ (pg-TEQ/g)	摂食量 ⁹⁾ (g/day)		
(1)			3)						第2章2.2
(2)	トータルダイエツスタディ に基づく推計 ⁴⁾								相関係数(食事摂取量 - 体重: 0.9, 大気中濃度 - 土壌中濃度: 0.5)
(3)		5)	6)						相関係数(食事摂取量 - 体重: 0.9, 大気中濃度 - 土壌中濃度: 0.5)
(4)	国民栄養調査に に基づく推計								相関係数(食事摂取量 - 体重: 0.9, 大気中濃度 - 土壌中濃度: 0.5)
(5)		5)	6)						相関係数(食事摂取量 - 体重: 0.9, 大気中濃度 - 土壌中濃度: 0.5)

1) モデル(1)(2)の場合

2) モデル(3)(4)(5)の場合

3) 「食事からの1日当たりダイオキシン類暴露量」(「平成12年度トータルダイエツスタディ(厚生労働省)」の報告値)に基づいて設定

4) 「食事からの1日当たりダイオキシン類摂取量」(「平成12年度トータルダイエツスタディ(厚生労働省)」の報告値)に基づいて設定

5) 平成12年度測定値(表-8)に基づいて設定

6) 「平成12年度国民栄養調査(厚生労働省)」の報告値に基づいて設定

7) 平成12年度測定値(表-2)に基づいて設定

8) 「平成12年度ダイオキシン類精密暴露調査(環境省)」より(15m³/day)

9) 「平成12年度ダイオキシン類精密暴露調査(環境省)」より(100mg/day)

表-16 各モデルの変数の設定

	変数 (単位)	設定の内容
モデル (2)	食事からのダイオキシン類 摂取量(pg-TEQ/day)	対数正規分布 (平均=73.0, 標準偏差=20, 最小値=0, 最大値=101)
	体重(kg)	対数正規分布 (平均=50, 標準偏差=10, 最小値=30, 最大値=70)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布 (位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	15
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布 (平均=12, 標準偏差=410, 最小値=0, 最大値=1200)
	土壌摂取量(mg/day)	100
モデル (3)	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布 (尤度=平均値 ^{注1)} , 最小値=平均値 ^{注1)} - 50%, 最大値=平均値 ^{注1)} + 50%)
	各食品群摂取量(g/day)	各報告値 ^{注2)}
	体重(kg)	50
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布 (位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	15
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布 (平均=12, 標準偏差= 410, 最小値=0, 最大値=1200)
モデル (4)	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	各算術平均値 ^{注1)}
	各食品群摂取量(g/day)	三角分布 (尤度=報告値 ^{注2)} , 最小値=報告値 ^{注2)} - 50%, 最大値=報告値 ^{注2)} + 50%)
	体重(kg)	対数正規分布 (平均=50, 標準偏差=10, 最小値=30, 最大値=70)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	0.14
	呼吸量(m ³ /day)	15
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	4.56
モデル (5)	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布 (尤度=平均値 ^{注1)} , 最小値=平均値 ^{注1)} - 50%, 最大値=平均値 ^{注1)} + 50%)
	各食品群摂取量(g/day)	三角分布 (尤度=報告値 ^{注2)} , 最小値=報告値 ^{注2)} - 50%, 最大値=報告値 ^{注2)} + 50%)
	体重(kg)	対数正規分布 (平均=50, 標準偏差=10, 最小値=30, 最大値=70)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布 (位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	15
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布 (平均=12, 標準偏差= 410, 最小値=0, 最大値=1200)
	土壌摂取量(mg/day)	100

注1) 平成12年度測定値 (表-8) の各食品群中濃度算術平均値

注2) 「平成12年度国民栄養調査 (厚生労働省)」の各食品群摂取量

1.2 シミュレーションの結果

モデル(1)~(5)によるモンテカルロシミュレーションの結果 (試行回数5000回) を表-17 に示す。

表-17 モデル(1)~(5)のモンテカルロシミュレーションによる個人総暴露量推計結果

(pg-TEQ/kg/day)

モデル番号	トータルダイエツスタディに基づく推計		国民栄養調査に基づく推計		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
算術平均値	1.43	1.46	2.46	2.59	2.59
中央値	1.42	1.45	2.46	2.56	2.57
5%点	0.95	1.19	1.87	2.10	1.19
95%点	1.93	1.74	3.05	3.30	3.33

モデル(2)～(5)で設定した変数の条件及び推計された個人総暴露量の分布のグラフを以下に示す。

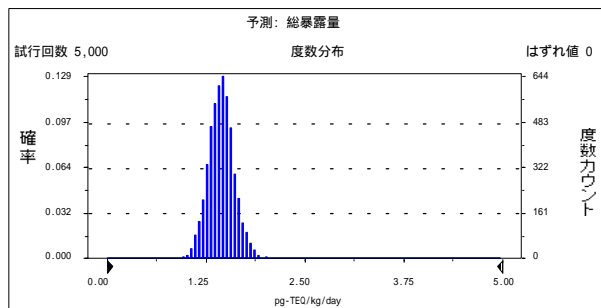


図-14 モデル(2)による個人総暴露量の度数分布

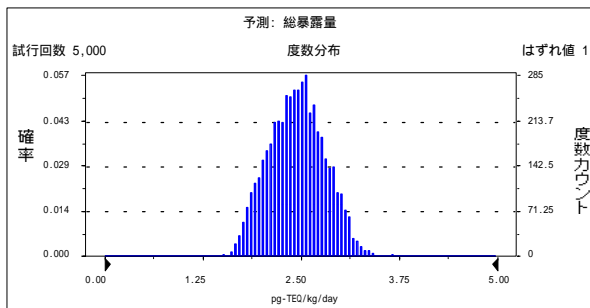


図-15 モデル(3)による個人総暴露量の度数分布

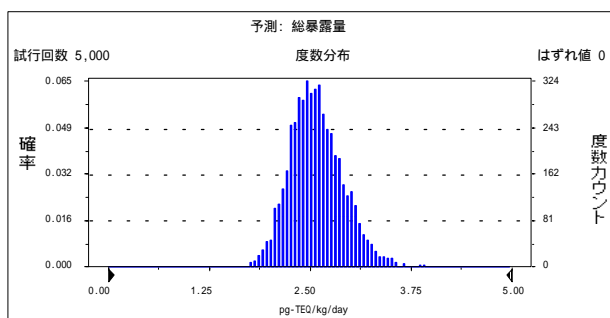


図-16 モデル(4)による個人総暴露量の度数分布

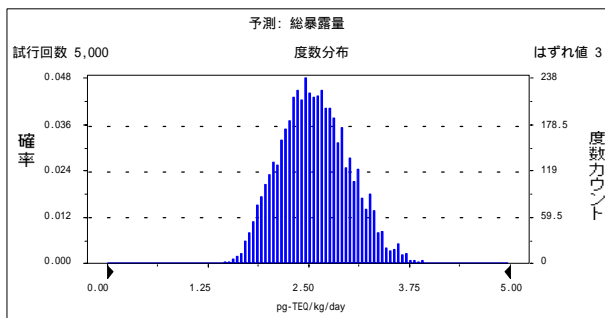


図-17 モデル(5)による個人総暴露量の度数分布

2. モンテカルロシミュレーションによる年齢別個人総暴露量の推計

モデル(5)のモデルを用い、生後1ヶ月、3～5歳、9～11歳、15～17歳及び成人のダイオキシン類暴露量を推計した。

2.1 モデル及び変数の設定

生後1ヶ月では、食事経由の暴露量は母乳からの暴露量とし、母乳中ダイオキシン類濃度^{注1)}、母乳摂取量^{注2)}、体重^{注3)}を変数とした。大気中濃度はモデル(5)と同じとし、1日当たり呼吸量は成人の安静時呼吸量^{注4)}に対する新生児の安静時呼吸量^{注4)}の比を成人(モデル(5))の1日当たり呼吸量に乗じて算出した。また土壌経由の暴露はないものとした。

3～5歳、9～11歳、15～17歳の推計では、各食品群中濃度、大気中濃度、及び土壌中濃度は成人(モデル(5))と同じとした。各食品群摂取量は、成人のエネルギー所要量^{注5)}に対する各年齢のエネルギー所要量^{注5)}の比を、成人の各食品群摂取量(モデル(5))に乗じて算出した値をもとに設定した。また、体重は報告値^{注6)}に基づいて年齢ごとに設定した。1日当たり呼吸量は、成人の安静時呼吸量^{注4)}に対する各年齢の安静時呼吸量^{注4)}の比を成人(モデル(5))の1日当たり呼吸量に乗じて算出した。土壌摂取量は3～5歳児については「子供」の報告値^{注7)}に基づいて設定し、9～11歳、15～17歳については成人と同じとした。

各変数の設定を表-18に示す。

表-18 年齢別モンテカルロシミュレーションの設定の詳細

	変数(単位)	設定の内容
生後 1 ヶ月	母乳中濃度(pg-TEQ/g-fat)	三角分布(尤度=23, 最小値=12, 最大値=1.35)
	母乳脂肪含有量(%)	4.0
	母乳摂取量(g/day)	三角分布(尤度=480, 最小値=240, 最大値=720)
	体重(kg)	対数正規分布(平均=4.0, 標準偏差=0.48, 最小値=3.1, 最大値=4.9)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布(位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	2.5
	土壌摂取量(mg/day)	0
3 歳 から 5 歳	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布(尤度=平均値 ^{注8)} , 最小値=平均値 ^{注8)} - 50%, 最大値=平均値 ^{注8)} + 50%)
	各食品群摂取量(g/day)	三角分布(尤度=算出値 ^{注9)} , 最小値=算出値 ^{注9)} - 50%, 最大値=算出値 ^{注9)} + 50%)
	体重(kg)	対数正規分布(平均=16, 標準偏差=3.9, 最小値=10, 最大値=24)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布(位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	9.3
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布(平均=12, 標準偏差=410, 最小値=0, 最大値=1200)
	土壌摂取量(mg/day)	200
9 歳 から 11 歳	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布(尤度=平均値 ^{注8)} , 最小値=平均値 ^{注8)} - 50%, 最大値=平均値 ^{注8)} + 50%)
	各食品群摂取量(g/day)	三角分布(尤度=算出値 ^{注9)} , 最小値=算出値 ^{注9)} - 50%, 最大値=算出値 ^{注9)} + 50%)
	体重(kg)	対数正規分布(平均=35, 標準偏差=8, 最小値=17, 最大値=51)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布(位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
	呼吸量(m ³ /day)	14
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布(平均=12, 標準偏差=410, 最小値=0, 最大値=1200)
	土壌摂取量(mg/day)	100

15 歳 か ら	各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布(尤度=平均値 ^{注8)} , 最小値=平均値 ^{注8)} - 50%, 最大値=平均値 ^{注8)} + 50%)
	各食品群摂食量(g/day)	三角分布(尤度=算出値 ^{注9)} , 最小値=算出値 ^{注9)} - 50%, 最大値=算出値 ^{注9)} + 50%)
	体重(kg)	対数正規分布(平均=50, 標準偏差=8, 最小値=34, 最大値=66)
	大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布(位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
17 歳	呼吸量(m ³ /day)	15
	土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布(平均=12, 標準偏差=410, 最小値=0, 最大値=1200)
	土壌摂食量(mg/day)	100

注1) 母乳中の脂肪含有量を4.0% (「母乳中ダイオキシン類濃度調査に係る総合解析報告書」平成14年3月東京都) とし、平成12年度測定値(表-2)の算術平均値に基づいて設定。

注2) 松枝ら(1993) 福岡医学雑誌, 84, 263-272より、120g/kg/day。

注3) 「平成12年度乳幼児発育調査報告書(厚生労働省)」の報告値に基づいて設定

注4) ニュー麻酔薬(南江堂)

注5) 日本人の栄養所要量食事摂取基準の活用(第一出版)

注6) 平成12年度国民栄養調査(厚生労働省)

注7) 「平成12年度ダイオキシン類精密暴露調査(環境省)」より、子供200mg/day、大人100mg/day

注8) 平成12年度測定値(表-8)の各食品群中濃度算術平均値

注9) 成人のエネルギー所要量に対する各年齢のエネルギー所要量の比を、成人の各食品群摂食量に乗じて算出した値

2.2 シミュレーションの結果

モンテカルロシミュレーションにより年齢別個人総暴露量の推計を行った。その結果(試行回数5000回)を表-19に示す。

表-19 モンテカルロシミュレーションによる年齢別個人総暴露量推計結果
(pg-TEQ/kg/day)

	1ヶ月	3~5歳	9~11歳	15~17歳	成人
算術平均値	110	5.06	3.36	2.83	2.59
中央値	110	4.99	3.33	2.81	2.57
5%点	67.0	3.76	2.51	2.09	1.19
95%点	157	6.49	4.30	3.61	3.33

3. 子供の食事組成を考慮したシミュレーション

「平成12年度環境中複合化学物質による次世代影響リスクの評価とリスク対応支援に関する研究報告書」(環境省)及び、「子供をターゲットとしたリスク評価事例の収集 - 幼児期の食事からのダイオキシン類摂取量の推計調査 -」pp161-166(内山巖雄, 佐藤加世子)では、沖縄県において子供(3歳)の食事内容の調査を行っている。また調査地に近い地

域での食品からのダイオキシン類摂取量調査である厚生労働省トータルダイエツトスタディにおける九州地区Bの食品からのダイオキシン類摂取量をもちいて各食品群中ダイオキシン類濃度を算出している。

この調査における子供の各食品群の摂食量と算出された九州地区Bの各食品群中ダイオキシン類濃度に基づいて、沖縄県の3歳児のダイオキシン類個人総暴露量をモンテカルロシミュレーションにより表-20の設定に基づいて推計した。その結果を表-21に示した。

表-20 モンテカルロシミュレーションによる沖縄市における3歳児の暴露量推計の設定

変数(単位)	設定の内容
各食品群中濃度(pg-TEQ/g)	三角分布(尤度=報告値 ^{注1)} , 最小値=報告値 ^{注1)} - 50%, 最大値=報告値 ^{注1)} + 50%)
各食品群摂食量(g/day)	三角分布(尤度=報告値 ^{注2)} , 最小値=報告値 ^{注2)} - 50%, 最大値=報告値 ^{注2)} + 50%)
体重(kg)	対数正規分布(平均=14, 標準偏差=2.0, 最小値=10, 最大値=18)
大気中濃度(pg-TEQ/m ³)	ワイブル分布(位置=0.01, 尺度=0.15, 形状=1.3, 最小値=0, 最大値=1.1)
呼吸量(m ³ /day)	5.8
土壌中濃度(pg-TEQ/g)	対数正規分布(平均=12, 標準偏差=410, 最小値=0, 最大値=1200)
土壌摂食量(mg/day)	200

注1) 「平成12年度トータルダイエツトスタディ(厚生労働省)」の九州地区Bの報告値

注2) 「平成12年度環境中複合化学物質による次世代影響リスクの評価とリスク対応支援に関する研究報告書(環境省)」での報告値

表-21 モンテカルロシミュレーションによる沖縄の3歳児の暴露量推計結果
(pg-TEQ/kg/day)

統計量	値
算術平均値	1.68
中央値	1.60
5%点	1.21
95%点	2.15