

平成19年度

ダイオキシン類の人における
ばく露実態調査結果報告書

平成20年3月

環境省総合環境政策局

環境保健部環境安全課

環境リスク評価室

目次

1. 調査の目的.....	1
2. ダイオキシン類関係調査結果の収集・整理.....	1
3. ダイオキシン類に係る個人総ばく露量の推計・解析	3
3.1 推計方法.....	3
3.2 ポイント・エスティメート (Point Estimate)	4
3.2.1 算術平均による推計.....	4
3.2.2 幾何平均による推計 (参考)	10
3.3 モンテカルロシミュレーション (参考)	12
3.3.1 シミュレーションモデルの設定	12
3.3.2 確立密度分布の検討.....	12
3.3.3 インプット変数.....	16
3.3.4 シミュレーション結果	18
3.3.5 その他検討事項.....	24
4. 結論	30

1.調査の目的

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、平成 18 年度に実施された常時監視の調査結果やその他ダイオキシン類関係の調査結果を収集・整理し、人へのダイオキシン類のばく露実態の現況を明らかにすることを目的とする。

2.ダイオキシン類関係調査結果の収集・整理

ダイオキシン類の人へのばく露量の推計を行うため、ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、平成 18 年度に実施された常時監視の調査結果等のダイオキシン類関係調査結果の収集・整理を行った。食事については、次章の統計的手法による推計で用いるため、平成 15～18 年度の調査結果をあわせて整理した。表 2-1 に収集したデータの調査主体等の一覧を示す。

また、表 2-2 に大気・土壌・食事の基本統計値の集計結果を示す。なお、食事経由のダイオキシン類ばく露量推計には、表 2-1 に示した公表データの内、トータルダイエットスタディの結果を用いた。

表 2-1 収集したデータ

公表日	調査主体(省庁)	調査主体(部局)	調査名/資料名/報道発表資料タイトル
平成 16 年 12 月 27 日	厚生労働省	医薬食品局食品安全部	平成 15 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について
平成 18 年 2 月 9 日	厚生労働省	医薬食品局食品安全部	平成 16 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について
平成 18 年 9 月 26 日	厚生労働省	医薬食品局食品安全部	平成 17 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について
平成 19 年 8 月 6 日	厚生労働省	医薬食品局食品安全部	平成 18 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について
平成 19 年 12 月 18 日	環境省	水・大気環境局(総務課 ダイオキシン対策室・大気環境課・水環境課・土壌環境課・土壌環境課地下水・地盤環境室)	平成 18 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果

注) 本表の調査では、毒性等量には WHO(1998)を用いている。

表 2-2 集計結果

媒体名称	単位	年度	データ数	最小値	25%点	中央値	75%点	最大値	算術平均値	幾何平均値	標準偏差
大気 (一般環境)	pg-TEQ/m ³	18	639	0.0053	0.026	0.040	0.059	0.39	0.049	0.040	0.038
大気 (一般環境+沿道)	pg-TEQ/m ³	18	670	0.0053	0.026	0.040	0.060	0.39	0.049	0.040	0.037
大気 (一般環境+沿道+発生源周辺)	pg-TEQ/m ³	18	859	0.0053	0.025	0.039	0.060	0.40	0.049	0.039	0.038
土壌 (一般環境)	pg-TEQ/g	18	1159	0	0.036	0.18	1.4	150	1.9	0.19	6.3
土壌 (一般環境+発生源周辺)	pg-TEQ/g	18	1505	0	0.044	0.27	1.7	330	2.6	0.24	11
食事 (トータルダイエットスタディ)	pg-TEQ/kg/day	18	27	0.38	0.66	0.98	1.43	1.94	1.04	0.94	0.47
食事 (トータルダイエットスタディ)	pg-TEQ/kg/day	15,16, 17,18	114	0.38	0.78	1.12	1.63	3.56	1.25	1.12	0.61

注1) 大気と土壌は、一般環境、沿道及び発生源周辺の測定値。ただし「発生源周辺」は、都道府県及び政令市の区域内において、数年程度で区域内の主要な発生源が選定されるよう年次計画を立てて調査地点を選定した地点であり、結果的に一般環境と同様な地点も含む場合がある。食事調査では、一般環境、沿道、発生源周辺等の区分はされてない。

注 2) 25%点、75%点とは、データの集合を値の大きさによって 4 つに分割したときに、小さい値の方のデータ群がちょうど与えた百分率だけ存在するような境の値のこと。

注 3) 大気の測定値は、各異性体の測定濃度が定量下限未満で検出下限以上の場合そのままその値を用い、検出下限未満の場合は検出下限の 1/2 の値を用いて毒性等量を算出している。土壌の測定値は、各異性体の測定濃度が定量下限未満の場合は、0 として毒性等量を算出している。

注 4) 幾何平均値は 0 を除外して算出。測定値が 0 のデータ数は、土壌の 2 データであった。

3.ダイオキシン類に係る個人総ばく露量の推計・解析

3.1推計方法

前章で収集・整理したデータを用い、大気経由、土壌経由及び食事経由の平均ばく露量から平均的な個人総ばく露量を推計した。経路ごとのばく露量の推計方法は、以下のとおりである。

① 大気経由

1日当たりの呼吸量を 15 m³、体重を 50 kg と仮定して算出した。

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{大気経由のばく露量} \\ \text{(pg-TEQ/kg/day)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{大気中のダイオキシン類} \\ \text{濃度(pg-TEQ/m}^3\text{)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{1日当たりの呼吸量} \\ \text{(m}^3\text{/day)} \\ \text{(15)} \\ \hline \end{array} \div \begin{array}{|c|} \hline \text{体重} \\ \text{(kg)} \\ \text{(50)} \\ \hline \end{array}$$

② 土壌経由

1日当たりの土壌摂食量を 100 mg、体重を 50 kg と仮定して算出した。

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{土壌経由のばく露量} \\ \text{(pg-TEQ/kg/day)} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{土壌中のダイオキシン類} \\ \text{濃度(pg-TEQ/g)} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{1日当たりの土壌の} \\ \text{摂食量(g/day)} \\ \text{(0.1)} \\ \hline \end{array} \div \begin{array}{|c|} \hline \text{体重} \\ \text{(kg)} \\ \text{(50)} \\ \hline \end{array}$$

③ 食事経由

体重を 50 kg と仮定して算出した。

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{食事経由のばく露量} \\ \text{(pg-TEQ/kg/day)} \\ \hline \end{array}$$

$$\text{個人総ばく露量(pg-TEQ/kg/day)} = \text{①(大気経由)} + \text{②(土壌経由)} + \text{③(食事経由)}$$

3.2ポイント・エスティメート（Point Estimate）

3.2.1 算術平均による推計

前章で整理した平成18年度の各調査における大気、土壌、食事の濃度（算術平均）を用い、3.1に示した推計方法に従い個人総ばく露量の推計を行った。推計の妥当性を検証するため、(1) 一般環境のみ、(2) 一般環境+沿道、(3) 一般環境+沿道+発生源周辺の3パターンの推計を行った。

(1) 一般環境のみの場合

① 大気経由（一般環境）

1日当たりの呼吸量を15 m³、体重を50 kgと仮定して算出した。

大気経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.015)	=	大気中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/m ³) (0.049)	×	1日当たりの呼吸量 (m ³ /day) (15)	÷	体重 (kg) (50)
---	---	--	---	--	---	--------------------

② 土壌経由（一般環境）

1日当たりの土壌摂食量を100 mg、体重を50 kgと仮定して算出した。

土壌経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.0038)	=	土壌中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/g) (1.9)	×	1日当たりの土壌の 摂食量(g/day) (0.1)	÷	体重 (kg) (50)
--	---	--------------------------------------	---	----------------------------------	---	--------------------

③ 食事経由

体重を50 kgと仮定して算出した。

食事経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (1.04)
--

$$\begin{aligned} \text{個人総ばく露量} &= \text{①}(0.015) + \text{②}(0.0038) + \text{③}(1.04) \\ &= 1.0588 \text{ pg-TEQ/kg/day} \\ &= 1.06 \text{ pg-TEQ/kg/day} \end{aligned}$$

(2) 一般環境+沿道の場合

① 大気経由（一般環境+沿道）

1日当たりの呼吸量を15 m³、体重を50 kgと仮定して算出した。

大気経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.015)	=	大気中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/m ³) (0.049)	×	1日当たりの呼吸量 (m ³ /day) (15)	÷	体重 (kg) (50)
---	---	--	---	--	---	--------------------

② 土壌経由（一般環境）

1日当たりの土壌摂食量を100 mg、体重を50 kgと仮定して算出した。

土壌経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.0038)	=	土壌中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/g) (1.9)	×	1日当たりの土壌の 摂食量(g/day) (0.1)	÷	体重 (kg) (50)
--	---	--------------------------------------	---	----------------------------------	---	--------------------

③ 食事経由

体重を50 kgと仮定して算出した。

食事経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (1.04)
--

$$\begin{aligned} \text{個人総ばく露量} &= \text{①}(0.015) + \text{②}(0.0038) + \text{③}(1.04) \\ &= 1.0588 \text{ pg-TEQ/kg/day} \\ &= 1.06 \text{ pg-TEQ/kg/day} \end{aligned}$$

(3) 一般環境+沿道+発生源周辺の場合

① 大気経由（一般環境+沿道+発生源周辺）

1日当たりの呼吸量を15 m³、体重を50 kgと仮定して算出した。

大気経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.015)	=	大気中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/m ³) (0.049)	×	1日当たりの呼吸量 (m ³ /day) (15)	÷	体重 (kg) (50)
---	---	--	---	--	---	--------------------

② 土壌経由（一般環境+発生源周辺）

1日当たりの土壌摂食量を100 mg、体重を50 kgと仮定して算出した。

土壌経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.0052)	=	土壌中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/g) (2.6)	×	1日当たりの土壌の 摂食量(g/day) (0.1)	÷	体重 (kg) (50)
--	---	--------------------------------------	---	----------------------------------	---	--------------------

③ 食事経由

体重を50 kgと仮定して算出した。

食事経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (1.04)
--

$$\begin{aligned} \text{個人総ばく露量} &= \text{①}(0.015) + \text{②}(0.0052) + \text{③}(1.04) \\ &= 1.0602 \text{ pg-TEQ/kg/day} \\ &= 1.06 \text{ pg-TEQ/kg/day} \end{aligned}$$

上記結果より、(1)～(3)において、個人総ばく露量に変化がないことが分かった。個人総ばく露量における食事由来のダイオキシン類ばく露量の占める割合が、大気や土壌と比較して大きいと推測される。同様に、過年度の結果についても検証を行ったところ、(1)及び(2)については個人総ばく露量に変化がないことが分かった(表 3-1)。よって、以降、大気調査結果については一般環境と沿道の調査結果を合わせた結果を、土壌調査結果については一般環境の調査結果のみを推計に用いた。平成 18 年度トータルダイエットスタディによる食事からのダイオキシン類の摂取量の推計を、表 3-2 にまとめた。

また、図 3-1 に平成 18 年度の一般環境における個人総ばく露量の推計結果を示す。一般環境における個人総ばく露量は、安全の目安となるダイオキシン類の耐用一日摂取量(TDI: 4 pg-TEQ/kg/day)を下回る結果となった。また、個人総ばく露量が減少傾向にあることが、図 3-2 の一般環境における個人総ばく露量の経年変化より示唆される。

表 3-1 過年度の個人総ばく露量の推計結果（算術平均）^(注1)

(単位 pg-TEQ/kg/day)

	平成 11 年度 ^(注2)	平成 12 年度	平成 13 年度	平成 14 年度	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度
大気 ①	—	0.042	0.039	0.028	0.019	0.018	0.015	0.015
②	0.060	0.042	0.042	0.028	0.019	0.018	0.015	0.015
③	—	0.042	0.039	0.028	0.020	0.017	0.015	0.015
土壌 ①	0.011	0.0092	0.0064	0.0068	0.0052	0.0044	0.0041	0.0038
③	—	0.014	0.012	0.076	0.0088	0.0062	0.012	0.0052
食事	2.25	1.45	1.63	1.49	1.33	1.41	1.20	1.04
計 ^(注3) ①	—	1.50 (1.5012)	1.68 (1.6754)	1.52 (1.5248)	1.35 (1.3542)	1.43 (1.4324)	1.22 (1.2191)	1.06 (1.0588)
②	2.32	1.50 (1.5012)	1.68 (1.6784)	1.52 (1.5248)	1.35 (1.3542)	1.43 (1.4324)	1.22 (1.2191)	1.06 (1.0588)
③	—	1.51 (1.5060)	1.68 (1.6810)	1.59 (1.5940)	1.36 (1.3570)	1.43 (1.4332)	1.23 (1.2270)	1.06 (1.0602)

(注1)①一般環境のみ、②一般環境+沿道（土壌は一般環境のみ）、③一般環境+沿道+発生源周辺（土壌は一般環境+発生源周辺）

(注2)平成 11 年度データは、過年度の「ダイオキシン類の人へのばく露実態調査」報告書より引用

(注3) 括弧内：有効数字 3 桁に丸める前の値

表 3-2 食事からの摂取量推計結果（算術平均）

（「平成 18 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について」（厚生労働省）より）

食品群	平均一日摂取量(pg-TEQ/day)			摂取量 (pg-TEQ/ kg/day)
	PCDDs +PCDFs	Co-PCBs	Total (PCDDs+ PCDFs+ Co-PCBs)	
1 群（米）	0	0.03	0.03	0.0006
2 群（雑穀・芋）	0.2	0.08	0.27	0.0054
3 群（砂糖・菓子）	0.06	0.02	0.09	0.0018
4 群（油脂）	0.04	0.01	0.05	0.001
5 群（豆・豆加工品）	0	0.01	0.01	0.0002
6 群（果実）	0	0	0	0
7 群（有色野菜）	0.02	0.04	0.06	0.0012
8 群（野菜・海草）	0.01	0.06	0.07	0.0014
9 群（嗜好品）	0	0	0	0
10 群（魚介）	13.09	33.91	47	0.94
11 群（肉・卵）	1.38	2.14	3.52	0.0704
12 群（乳・乳製品）	0.71	0.34	1.06	0.0212
13 群（調味料）	0.04	0.02	0.06	0.0012
14 群（飲料水）	0	0	0	0
総摂取量(pg-TEQ/day)	15.57	36.65	52.23	-
摂取量(pg-TEQ/kg/day)	0.31	0.73	1.04	1.04

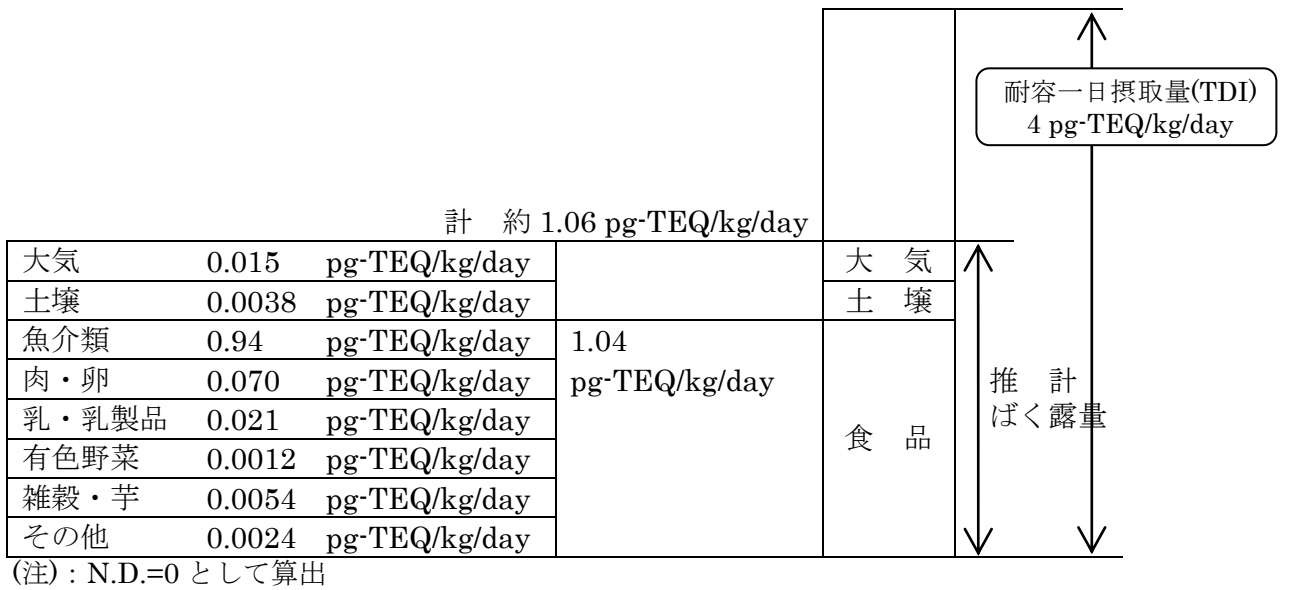


図 3-1 一般環境における個人総ばく露量の内訳 (平成 18 年度)

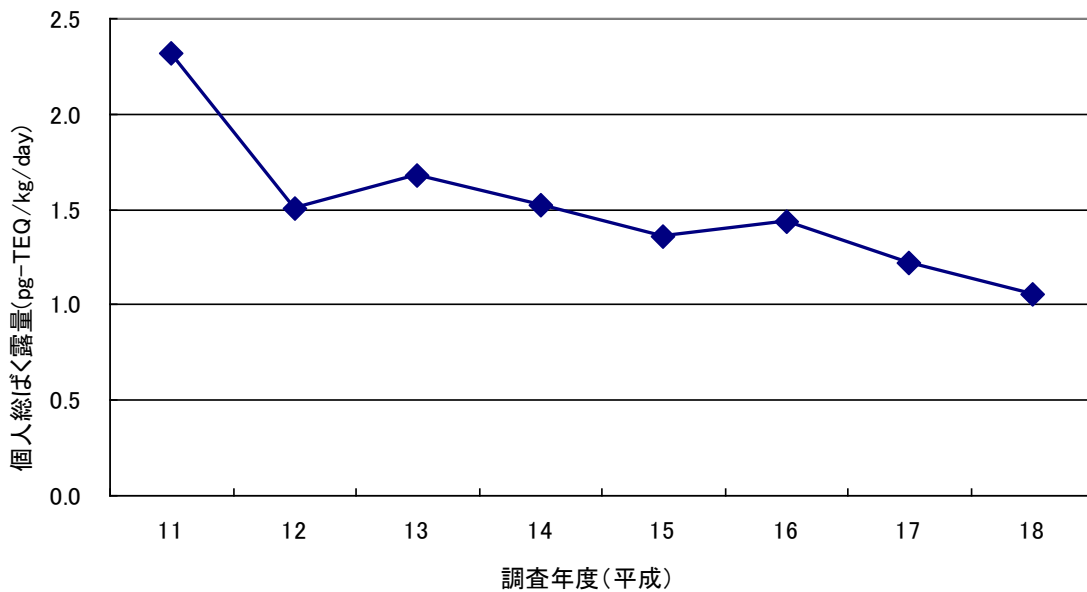


図 3-2 一般環境における個人総ばく露量の推移 (算術平均)
(表 3-1 における推計結果②参照)

3.2.2幾何平均による推計（参考）

環境媒体における濃度分布は対数正規分布を示すという指摘もある。そこで、調査結果の幾何平均値（表 2-2）を用いて、算術平均と同様の方法（3.1 参照）で個人総ばく露量の推計を行った。測定値が 0 のデータは除外して推計を行った。

① 大気経由（一般環境＋沿道）

1 日当たりの呼吸量を 15 m³、体重を 50 kg と仮定して算出した。

大気経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.012)	=	大気中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/m ³) (0.040)	×	1 日当たりの呼吸量 (m ³ /day) (15)	÷	体重 (kg) (50)
---	---	--	---	---	---	--------------------

② 土壌経由（一般環境）

1 日当たりの土壌摂食量を 100 mg、体重を 50 kg と仮定して算出した。

土壌経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.00048)	=	土壌中のダイオキシン類 濃度(pg-TEQ/g) (0.19)	×	1 日当たりの土壌の 摂食量(g/day) (0.1)	÷	体重 (kg) (50)
---	---	---------------------------------------	---	-----------------------------------	---	--------------------

③ 食事経由

体重を 50 kg と仮定して算出した。

食事経由のばく露量 (pg-TEQ/kg/day) (0.94)
--

$$\begin{aligned} \text{個人総ばく露量} &= \text{①}(0.012) + \text{②}(0.00048) + \text{③}(0.94) \\ &= 0.95 \text{ pg-TEQ/kg/day} \end{aligned}$$

幾何平均値を用いた個人総ばく露量の推計値は、0.95 pg-TEQ/kg/day であった。表 3-3 及び図 3-3 に、平成 11 年度から平成 18 年度の幾何平均値を用いた個人総ばく露量の推移を示す。幾何平均値による推計値は算術平均による推計値よりも若干低い結果となっているが、経年変化は算術平均とほぼ同様の減少傾向にあることが伺える。

表 3-3 過年度の個人総ばく露量の推計結果（幾何平均）

（単位 pg-TEQ/kg/day）

	平成 11 年度	平成 12 年度	平成 13 年度	平成 14 年度	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度
大気	0.045	0.032	0.029	0.021	0.015	0.014	0.013	0.012
土壌	0.00094	0.00080	0.00058	0.00078	0.00046	0.00046	0.00046	0.00048
食事	1.98	1.44	1.50	1.36	1.22	1.25	1.07	0.94
計	2.03	1.47	1.53	1.38	1.24	1.26	1.08	0.95

（注 1）一般環境（沿道含む）の結果

（注 2）平成 11 年度～17 年度のデータは、過年度の「ダイオキシン類の人へのばく露実態調査」報告書より引用

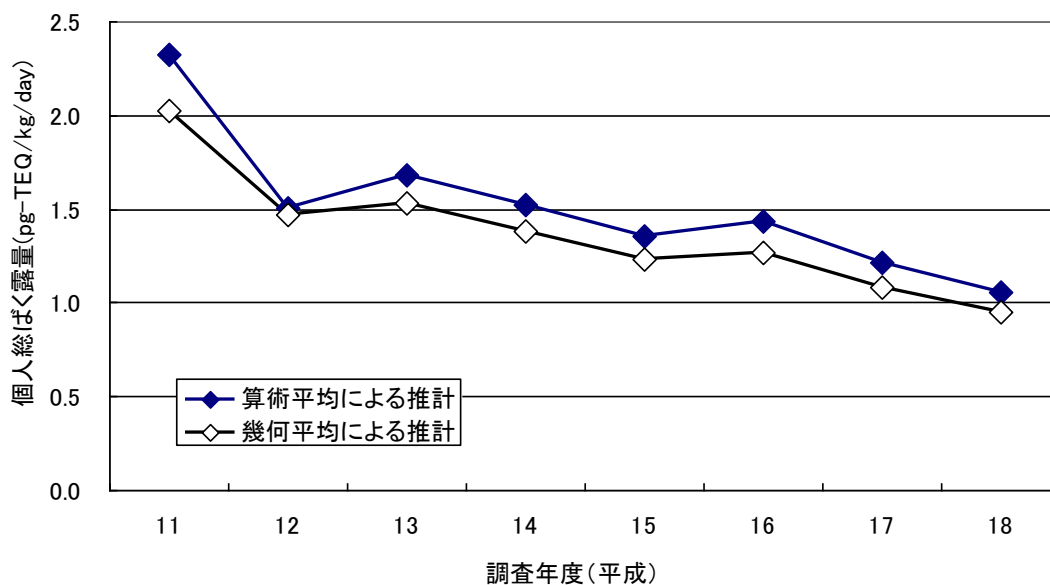


図 3-3 一般環境における個人総ばく露量の推移

（算術平均、幾何平均ともに、大気は一般環境+沿道、土壌は一般環境のデータを用いた）

3.3モンテカルロシミュレーション（参考）

ダイオキシン類の環境媒体や食事からのばく露量は、不確実性を伴った値のばらつきを示すものである。そこで、これらを確率論的に扱うシミュレーションであるモンテカルロシミュレーションを用いて、個人総ばく露量の推計を行った。シミュレーションには、Crystal Ball 7 (Decisioneering, Inc.) を用いた。

3.3.1シミュレーションモデルの設定

3.2 ポイント・エスティメートで用いた式を適用した（3.1 参照）。

個人総ばく露量(pg-TEQ/kg/day)=①(大気経由)+②(土壌経由)+③(食事経由)

3.3.2確立密度分布の検討

モンテカルロシミュレーションでは、各仮定に統計学的に最も適合すると考えられる確立密度分布を与え、インプット変数を決定しなければならない。そこで、平成 18 年度調査結果について、コルモゴロフ＝スミルノフ検定 (K-S)、アンダーソン＝ダーリング検定 (A-D)、カイ二乗検定を用いて最も適合すると思われる分布を検討した。

コルモゴロフ＝スミルノフ検定 (K-S) は、経験分布を帰無仮説において示された累積分布関数と比較する適合検定であり、累積分布間の垂直方向の最大距離を表す。一般に、0.03 未満だとよく適合しているといわれる。コルモゴロフ＝スミルノフ検定 (K-S) が分布の裾の部分よりも中央値付近の方に強く依存するのに対し、アンダーソン＝ダーリング検定 (A-D) は、裾でも中央値付近でも等しい感度を与える適合検定である。一般に、1.5 未満だとよく適合しているといわれる。カイ二乗検定は、最も古く、最も一般的な適合度検定手法である。分布を確率が等しい領域に分解して、各エリア内の実際のデータポイントの個数と予測データポイントの個数とを比較し、適合の一般的な正確さを測定する。一般に、p 値が 0.5 より大きいとよく適合しているといわれる。

検討した結果、大気と土壌については対数正規分布、食事の平成 15 年度～18 年度を合わせたデータ群についてはベータ分布が最も適合することが分かった。

(1) 大気

平成 18 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果について分布を検討した。

表 3-4 大気データ（一般環境+沿道）の適合分布の検討結果

分布	A-D	カイニ乗検定	K-S
対数正規分布	0.4711	48.5075	0.0239
ガンマ分布	3.0188	52.7612	0.0554
最大極値分布	5.3268	83.5075	0.0734
ワイブル分布	15.0504	117.9104	0.1212
ロジスティック分布	15.3921	199.1791	0.1166
Student t 分布	15.5534	285.2985	0.1421
正規分布	34.1754	318.2836	0.1536
ベータ分布	34.4047	322.0896	0.1538
指数分布	53.3585	328.9552	0.2331
パレート分布	148.8288	1,092.39	0.3785
三角分布	418.2422	1,176.57	0.5387
最小極値分布	108.5063	1,248.06	0.3411
一様分布	732.2184	2,461.12	0.7008

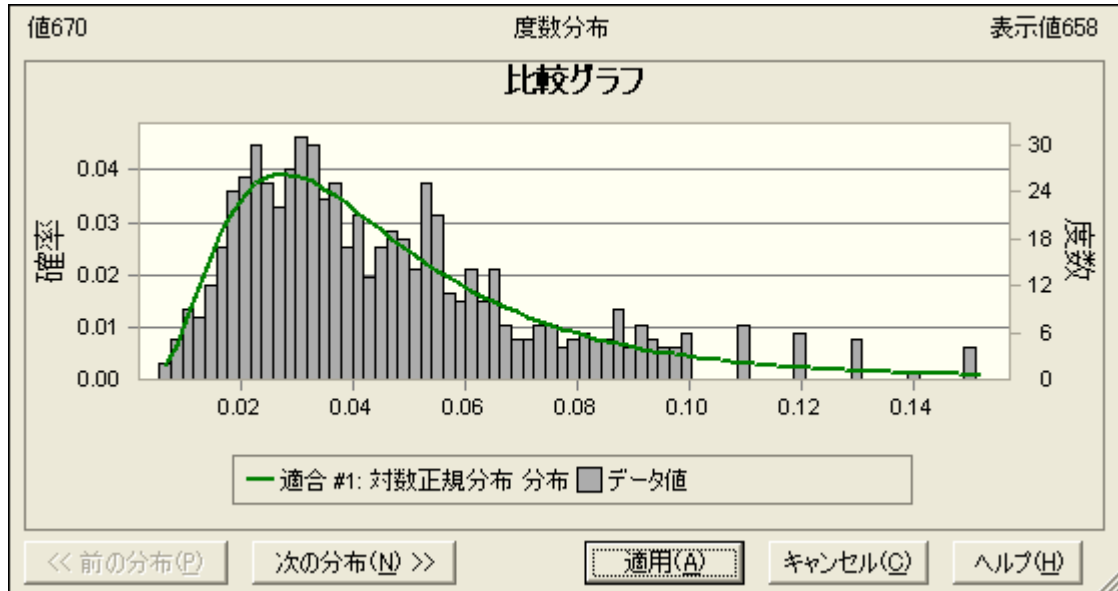


図 3-4 大気データ（一般環境+沿道）への対数正規分布の適合

(2) 土壌

平成 18 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果について分布を検討した。検討の際、値が 0 であった検体は除いた。

表 3-5 土壌データ（一般環境）の適合分布の検討結果

分布	A-D	カイニ乗検定	K-S
対数正規分布	3.0281	84.0759	0.0442
ワイブル分布	491.4679	373.2131	0.1156
パレート分布	225.5575	1,655.21	0.3441
ガンマ分布	109.1226	2,274.67	0.2169
指数分布	691.8615	4,022.28	0.4202
最大極値分布	169.1057	5,765.82	0.279
Student t 分布	190.8677	6,220.79	0.462
ベータ分布	247.7415	7,476.89	0.3812
正規分布	247.3915	7,586.24	0.3808
ロジスティック分布	171.975	9,240.12	0.3891
最小極値分布	382.4877	19,232.02	0.5313
三角分布	3,984.77	23,774.23	0.8471
一様分布	4,457.86	28,009.65	0.8946



図 3-5 土壌データ（一般環境）への対数正規分布の適合

(3) 食事（トータルダイエツトスタディ）

平成 18 年度の調査結果のみではデータ数が不足するため、平成 15 年度～平成 18 年度の調査結果を合わせて平成 18 年度調査結果とした。

表 3-6 食事データの適合分布の検討結果

分布	A-D	カイニ乗検定	K-S
ベータ分布	0.3019	4.5263	0.0456
ワイブル分布	0.3066	5.7895	0.0467
ガンマ分布	0.3557	8.3158	0.0538
対数正規分布	0.4955	11.2632	0.06
最大極値分布	0.7025	16.5263	0.0693
正規分布	1.9597	23.8947	0.115
Student t 分布	1.7772	26.6316	0.1135
ロジスティック分布	1.5008	27.2632	0.0918
三角分布	7.4786	27.8947	0.2186
最小極値分布	6.2166	57.1579	0.1929
指数分布	15.1959	76.1053	0.2994
一様分布	35.2403	87.2632	0.4256
パレート分布	15.2737	91.2632	0.2691

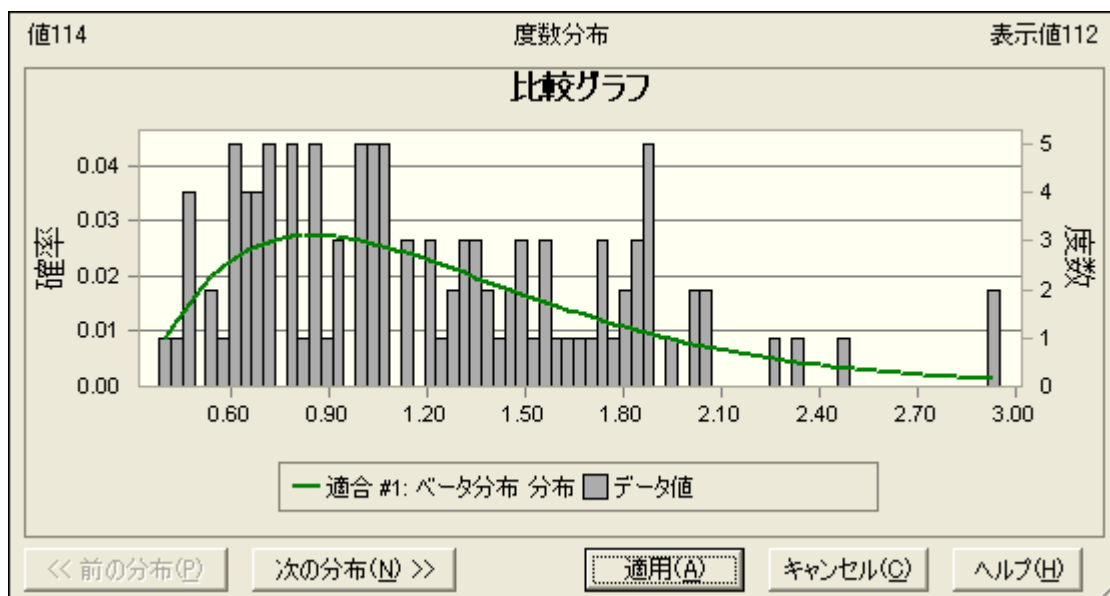


図 3-6 食事データへのベータ分布の適合

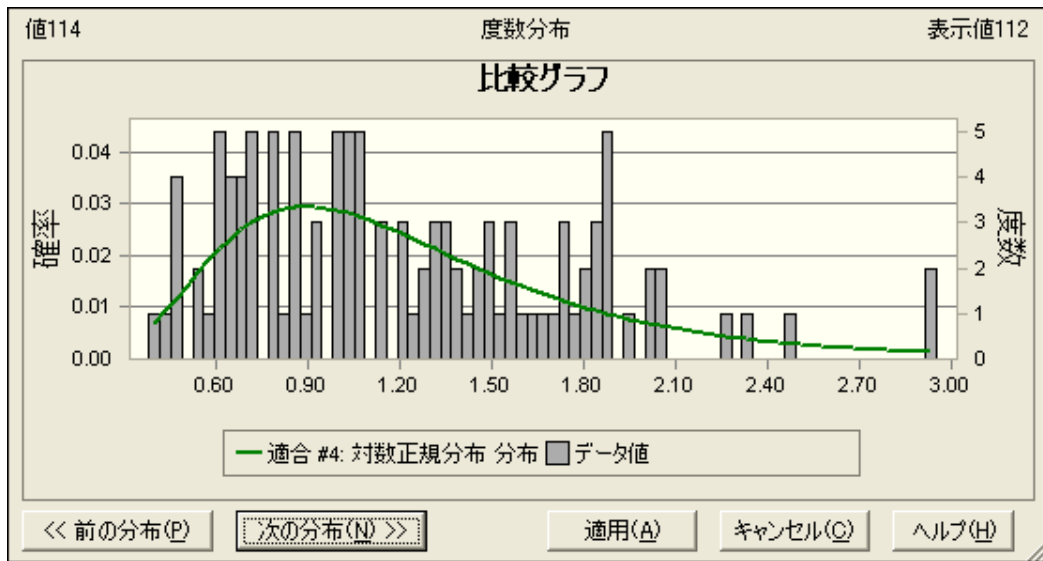


図 3-7 食事データへの対数正規分布の適合

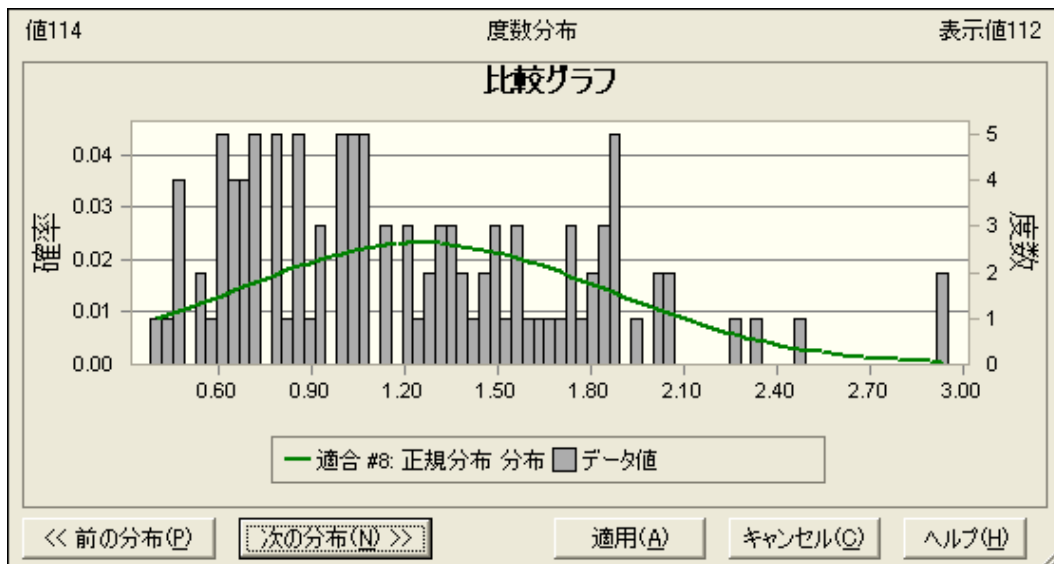


図 3-8 食事データへの正規分布の適合

3.3.3 インプット変数

以上の結果より、シミュレーションには表 3-7 に示したインプット変数を用いることにした。また、分布範囲の最小値は 0 とし、最大値には一般環境（大気は沿道も含む）における最大値を用いた。ただし、食事については、対数正規分布を用いたシミュレーションも行った。ベータ分布を用いたシミュレーションをモデル 1、対数正規分布を用いたシミュレーションをモデル 2 とする。対数正規分布を用いた際、測定値が 0 のデータは除外してシミュレーションを行った。また、食事について、正規分布を適合したシミュレーションも行い、モデル 3 とした。

表 3-7 インプット変数の分布の仮定 (モデル 1)

変数	大気中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/m ³)	土壌中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/g)	食事経由ばく露量 (H15-18 年度) (pg-TEQ/kg/day)
適用した分布の型 パラメータ	対数正規分布 幾何平均 0.04 幾何標準偏差 1.87	対数正規分布 幾何平均 0.19 幾何標準偏差 12.57	ベータ分布 算術平均 1.25 標準偏差 0.61 α 2.05 β 19.52
分布範囲	最小値 0 最大値 0.39	最小値 0 最大値 150	最小値 0 最大値 10

表 3-8 インプット変数の分布の仮定 (モデル 2)

変数	大気中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/m ³)	土壌中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/g)	食事経由ばく露量 (H15-18 年度) (pg-TEQ/kg/day)
適用した分布の型 パラメータ	対数正規分布 幾何平均 0.04 幾何標準偏差 1.87	対数正規分布 幾何平均 0.19 幾何標準偏差 12.57	対数正規分布 幾何平均 1.12 幾何標準偏差 1.63
分布範囲	最小値 0 最大値 0.39	最小値 0 最大値 150	最小値 0 最大値 3.56

表 3-9 インプット変数の分布の仮定 (モデル 3)

変数	大気中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/m ³)	土壌中濃度 (H18 年度) (pg-TEQ/g)	食事経由ばく露量 (H15-18 年度) (pg-TEQ/kg/day)
適用した分布の型 パラメータ	対数正規分布 幾何平均 0.04 幾何標準偏差 1.87	対数正規分布 幾何平均 0.19 幾何標準偏差 12.57	正規分布 算術平均 1.25 標準偏差 0.61
分布範囲	最小値 0 最大値 0.39	最小値 0 最大値 150	最小値 0 最大値 3.56

3.3.4シミュレーション結果

上記に示した変数を用いて、モンテカルロシミュレーション（試行回数 5,000 回）による個人総ばく露量の推計を行った。

(1) モデル 1

- ⎧ 大気：対数正規分布
- ⎧ 土壌：対数正規分布
- ⎧ 食事：ベータ分布

表 3-10 モデル 1 個人総ばく露量の推計結果（統計量）

	予測値
試行回数 (回)	5,000
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.26
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.15
最頻値(モード)	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.59
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.35
歪度	1.01
尖度	3.87
変動係数 (%)	0.4675
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.336
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.58
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.24
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0084

表 3-11 モデル 1 個人総ばく露量の推計結果
(パーセント値)

パーセンタイル	総摂取量
2.5%	0.47
5%	0.53
50%	1.15
95%	2.43
97.5%	2.75

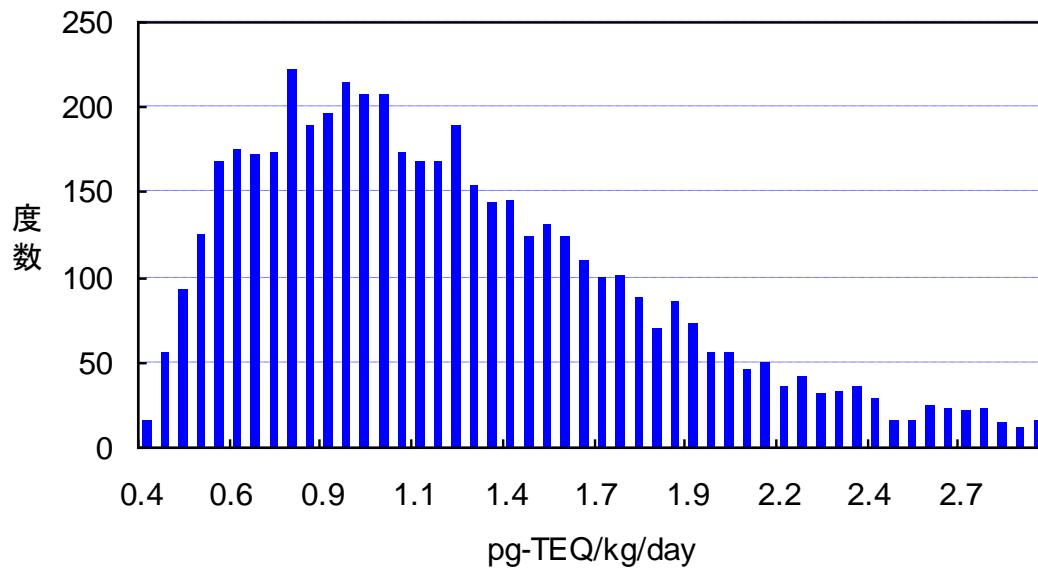


図 3-9 モデル1 個人総ばく露量推計結果（度数分布）

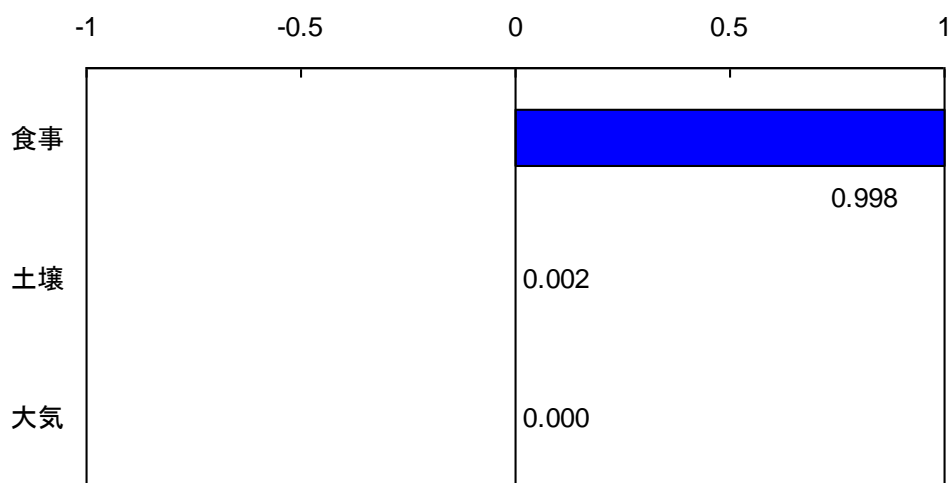


図 3-10 モデル1 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

(2) モデル 2

{ 大気：対数正規分布
土壌：対数正規分布
食事：対数正規分布

表 3-12 モデル 2 個人総ばく露量の推計結果 (統計量)

	予測値
試行回数 (回)	5,000
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.27
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.14
最頻値(モード)	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.60
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.36
歪度	1.10
尖度	4.13
変動係数 (%)	0.4725
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.211
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.63
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.42
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0085

表 3-13 モデル 2 個人総ばく露量の推計結果
(パーセント値)

パーセンタイル	総摂取量
2.5%	0.46
5%	0.54
50%	1.14
95%	2.52
97.5%	2.80

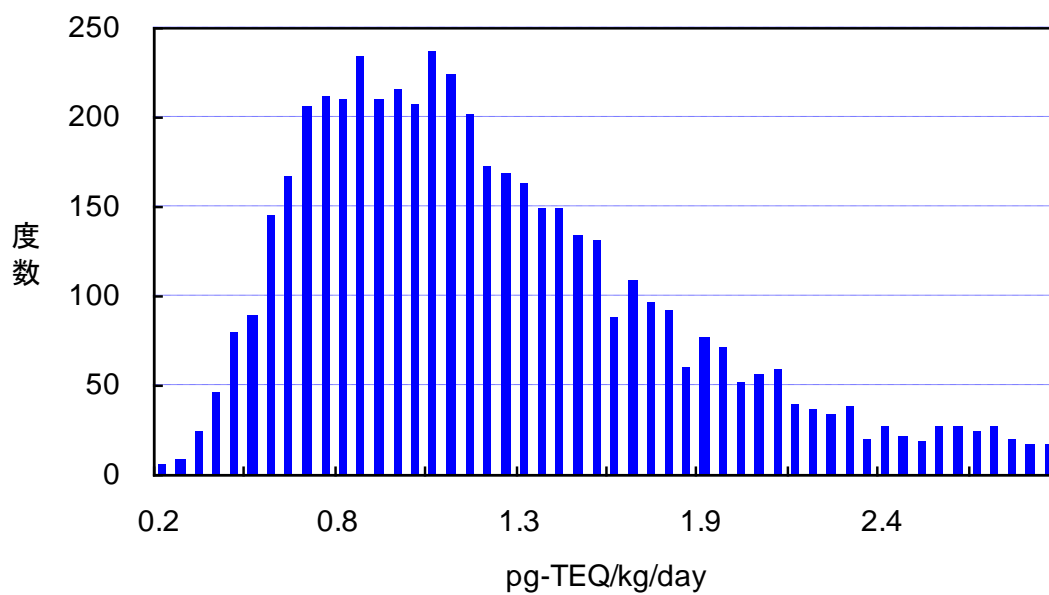


図 3-11 モデル 2 個人総ばく露量推計結果 (度数分布)

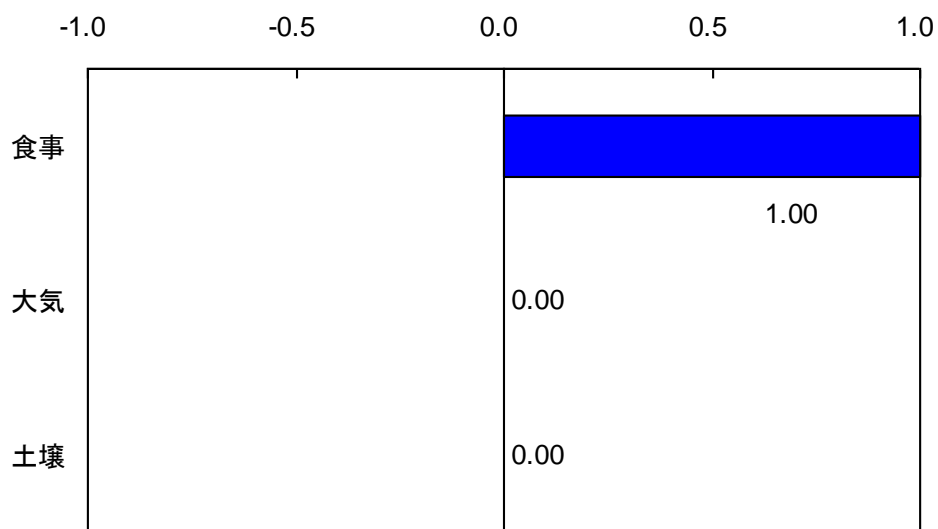


図 3-12 モデル 2 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

(3) モデル 3

{ 大気：対数正規分布
土壌：対数正規分布
食事：正規分布

表 3-14 モデル 3 個人総ばく露量の推計結果 (統計量)

	予測値
試行回数 (回)	5,000
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.29
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.28
最頻値(モード)	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.57
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.32
歪度	0.189
尖度	2.76
変動係数 (%)	0.4401
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.0134
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.59
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.58
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0080

表 3-15 モデル 3 個人総ばく露量の推計結果
(パーセント値)

パーセンタイル	総摂取量
2.5%	0.25
5%	0.37
50%	1.28
95%	2.25
97.5%	2.44

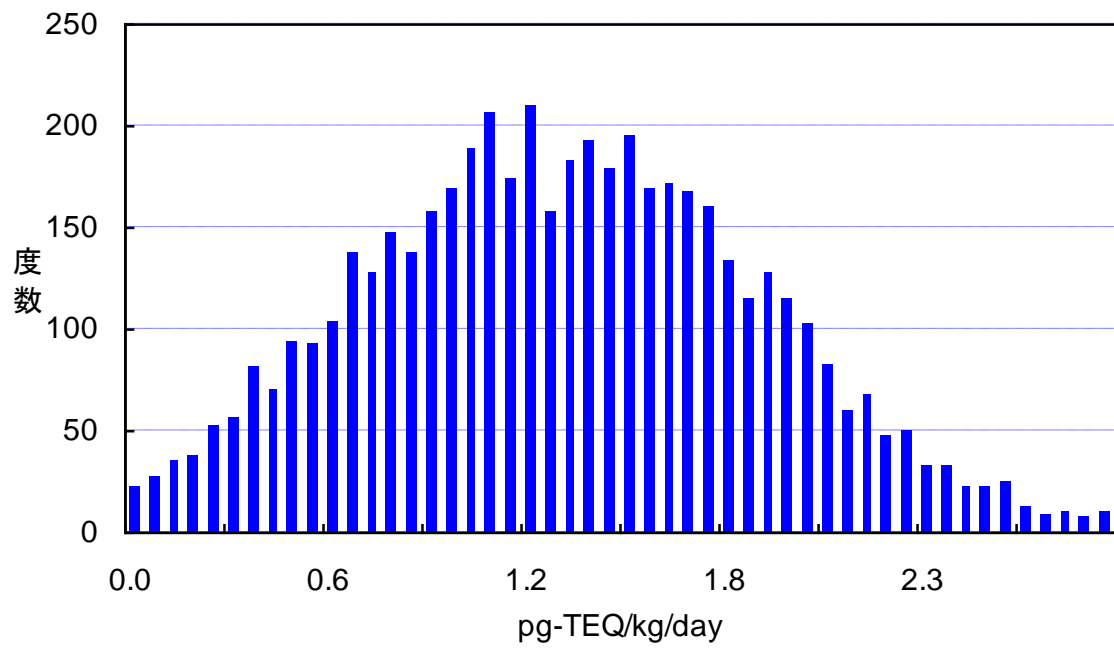


図 3-13 モデル 3 個人総ばく露量推計結果 (度数分布)

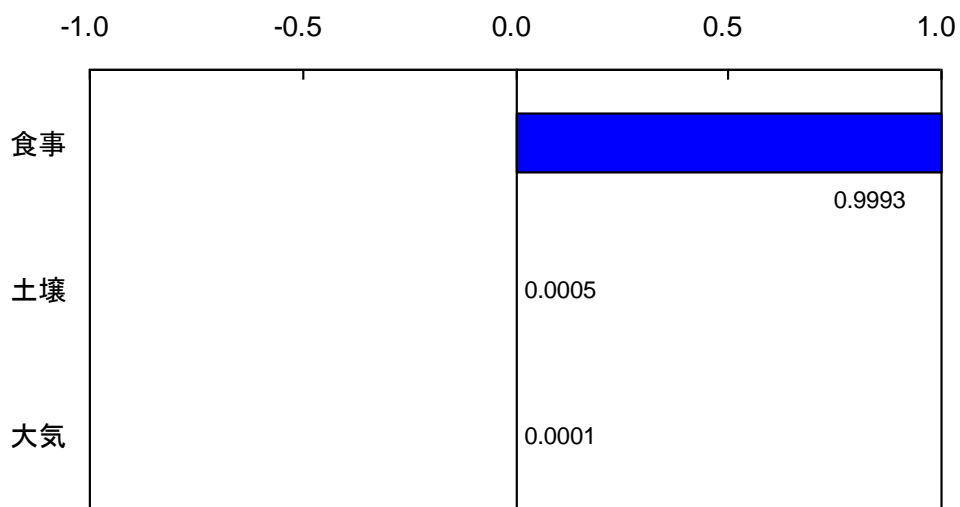


図 3-14 モデル 3 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

3.3.5 その他検討事項

(1) 発生源周辺のデータを加えた場合の検討

一般環境だけでなく、発生源周辺のデータも加えた場合についても個人総ばく露量のシミュレーションを行った。

① インプット変数

表 3-16 インプット変数の分布の仮定

変数	大気中濃度 (H18年度) (pg-TEQ/m ³)	土壌中濃度 (H18年度) (pg-TEQ/g)	食事経由ばく露量 (H15-18年度) (pg-TEQ/kg/day)		
			モデル 1	モデル 2	モデル 3
適用した分布の型 パラメータ	対数正規分布 幾何平均 0.0393 幾何標準偏差 1.90	対数正規分布 幾何平均 0.243 幾何標準偏差 13.1	ベータ分布 算術平均 1.25 標準偏差 0.61 α 2.05 β 19.52	対数正規分布 幾何平均 1.12 幾何標準偏差 1.63	正規分布 算術平均 1.25 標準偏差 0.61
分布範囲	最小値 0 最大値 0.40	最小値 0 最大値 330	最小値 0 最大値 10	最小値 0 最大値 3.56	最小値 0 最大値 3.56

② シミュレーション結果

表 3-17 個人総ばく露量の推計結果

	モデル 1		モデル 2		モデル 3	
	一般環境	一般環境 + 発生源 周辺	一般環境	一般環境 + 発生源 周辺	一般環境	一般環境 + 発生源 周辺
試行回数 (回)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.26	1.27	1.27	1.26	1.29	1.31
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.15	1.14	1.14	1.14	1.28	1.28
最頻値(モード)	---	---	---	---	---	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.59	0.59	0.60	0.60	0.57	0.57
分散 (pg-TEQ/kg/day)	0.35	0.35	0.36	0.36	0.32	0.32
歪度	1.01	0.982	1.10	1.06	0.189	0.2164
尖度	3.87	3.79	4.13	4.04	2.76	2.75
変動係数 (%)	0.4675	0.4662	0.4725	0.4757	0.4401	0.4359
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.336	0.346	0.211	0.207	0.0134	0.00749
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.58	3.55	3.63	3.58	3.59	3.35
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.24	3.21	3.42	3.37	3.58	3.34
平均標準誤差	0.0084	0.0083	0.0085	0.0085	0.0080	0.0081

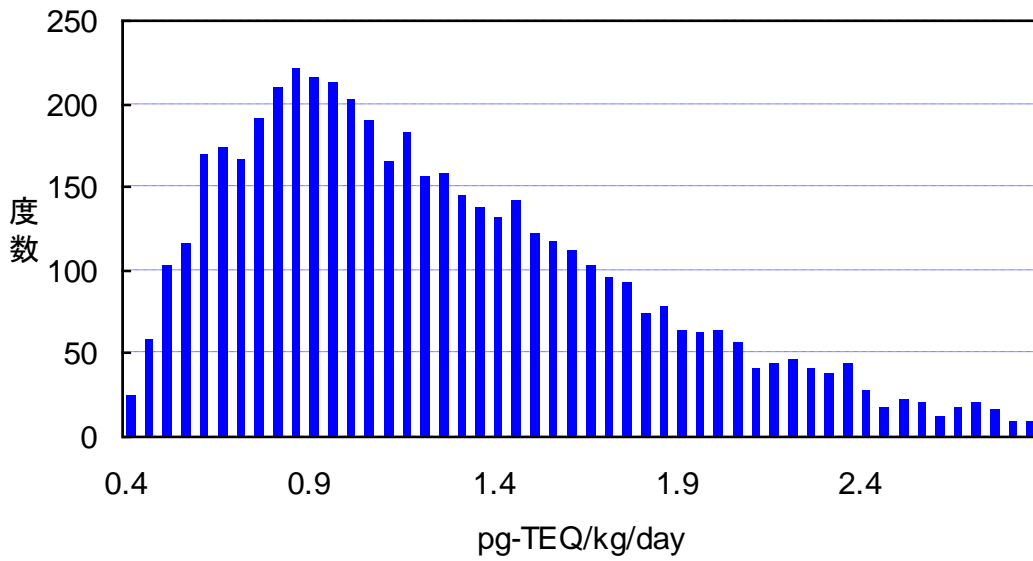


図 3-15 モデル1 個人総ばく露量推計結果 (度数分布)

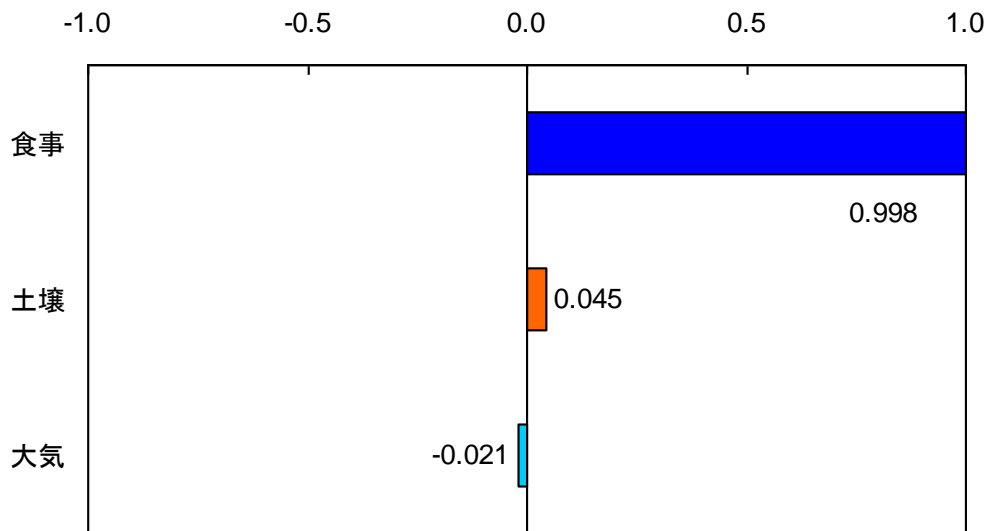


図 3-16 モデル1 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

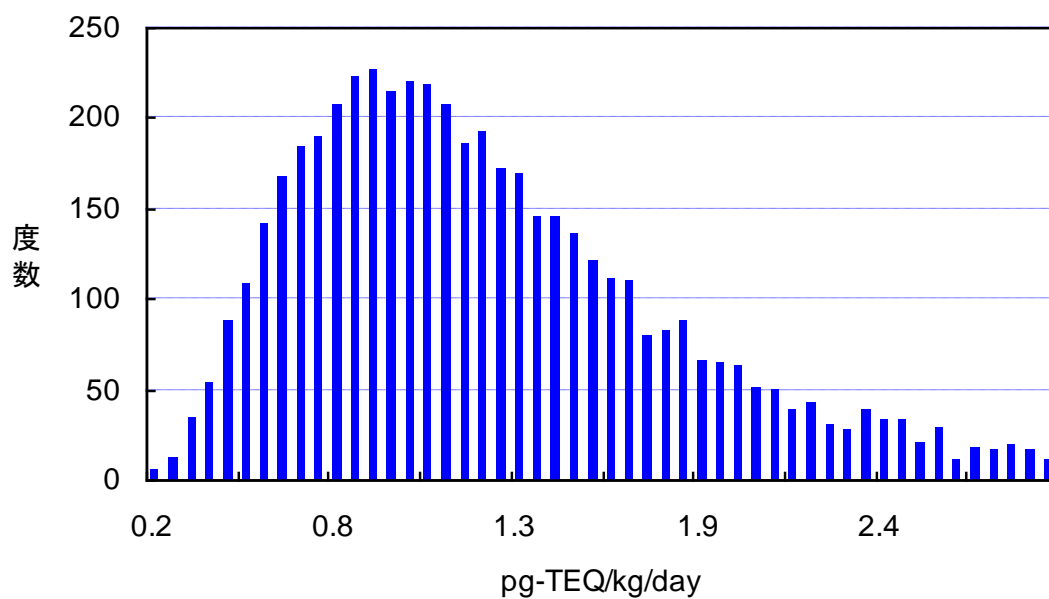


図 3-17 モデル 2 個人総ばく露量推計結果 (度数分布)

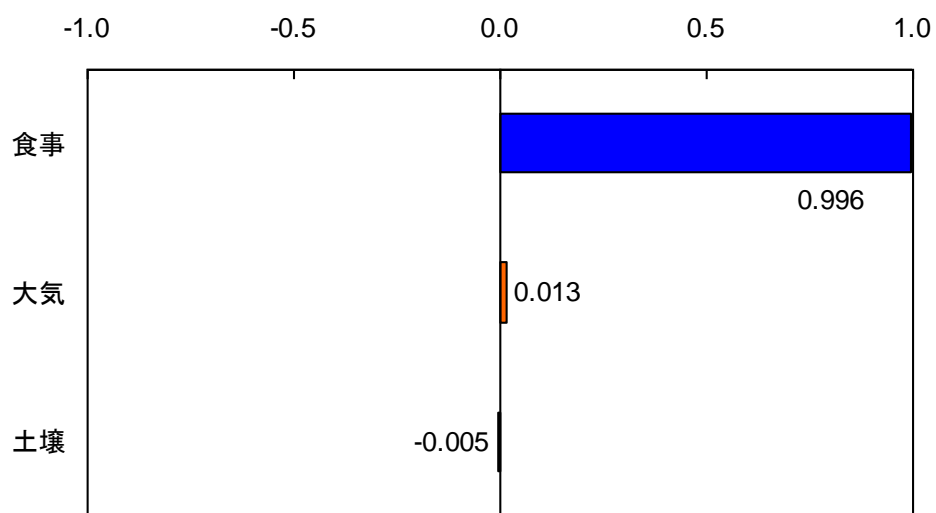


図 3-18 モデル 2 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

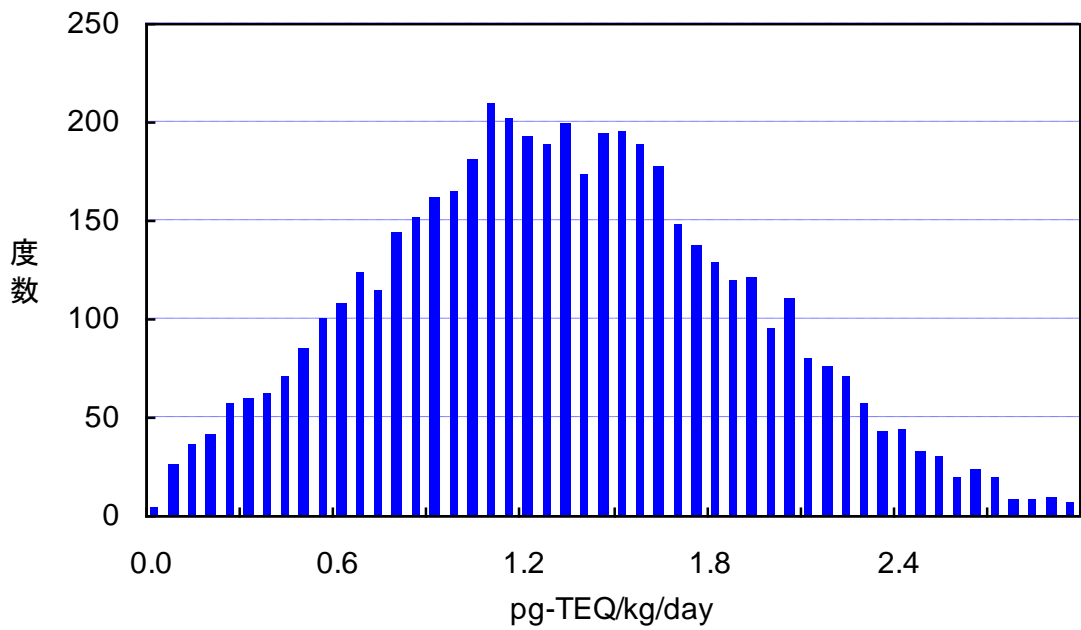


図 3-19 モデル 3 個人総ばく露量推計結果 (度数分布)

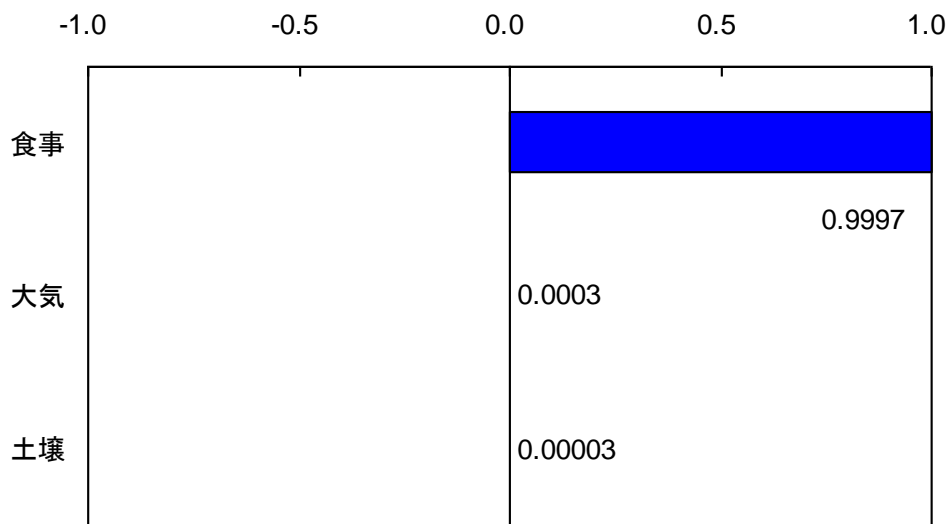


図 3-20 モデル 3 個人総ばく露量への各変数の寄与率
(順位相関による感度グラフ)

(2) 試行回数の検討

一般環境における個人総ばく露量のモンテカルロシミュレーションによる推計について、試行回数を 10,000 回、20,000 回に増やし、検討を行った。

① モデル 1

- ⎧ 大気：対数正規分布
- ⎧ 土壌：対数正規分布
- ⎧ 食事：ベータ分布

表 3-18 モデル 1 試行回数の検討

	予測値		
	5,000 回	10,000 回	20,000 回
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.26	1.26	1.27
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.15	1.15	1.16
最頻値(モード)	---	---	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.59	0.59	0.59
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.35	0.34	0.34
歪度	1.01	0.957	0.939
尖度	3.87	3.72	3.68
変動係数 (%)	0.4675	0.4653	0.4613
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.336	0.328	0.34
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.58	3.58	3.62
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.24	3.25	3.28
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0084	0.0059	0.0041

② モデル 2

- ⎵ 大気：対数正規分布
- ⎵ 土壌：対数正規分布
- ⎵ 食事：対数正規分布

表 3-19 モデル 2 試行回数の検討

	予測値		
	5,000 回	10,000 回	20,000 回
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.27	1.25	1.25
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.14	1.13	1.13
最頻値(モード)	---	---	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.60	0.60	0.59
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.36	0.36	0.34
歪度	1.10	1.06	1.05
尖度	4.13	4.01	4.08
変動係数 (%)	0.4725	0.4751	0.4676
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.211	0.200	0.128
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.63	3.57	3.57
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.42	3.37	3.44
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0085	0.0060	0.0042

③ モデル 3

- ⎵ 大気：対数正規分布
- ⎵ 土壌：対数正規分布
- ⎵ 食事：正規分布

表 3-20 モデル 3 試行回数の検討

	予測値		
	5,000 回	10,000 回	20,000 回
平均値 (pg-TEQ/kg/day)	1.29	1.30	1.31
中央値 (pg-TEQ/kg/day)	1.28	1.28	1.29
最頻値(モード)	---	---	---
標準偏差 (pg-TEQ/kg/day)	0.57	0.58	0.58
分散 (pg-TEQ/kg/day) ²	0.32	0.33	0.33
歪度	0.189	0.218	0.213
尖度	2.76	2.77	2.79
変動係数 (%)	0.4401	0.4445	0.4409
下限 (pg-TEQ/kg/day)	0.0134	0.0113	0.00607
上限 (pg-TEQ/kg/day)	3.59	3.46	3.59
範囲の幅 (pg-TEQ/kg/day)	3.58	3.45	3.59
平均標準誤差 (pg-TEQ/kg/day)	0.0080	0.0087	0.0041

4.結論

平成 18 年度に実施された環境調査結果ならびに食品からの一日摂取量調査結果を用いて、一般環境におけるダイオキシン類の人への総ばく露量の推計を行ったところ、算術平均を用いた推計結果は 1.06 pg-TEQ/kg/day (大気 : 0.015 pg-TEQ/kg/day; 土壌 : 0.0038 pg-TEQ/kg/day; 食事 : 1.04 pg-TEQ/kg/day) となった。また、幾何平均による推計では 0.95 pg-TEQ/kg/day となった(参考値)。いずれの結果においても、年々減少傾向にあることが示唆された。

また、参考までに、平成 18 年度ダイオキシン類に係る環境調査結果 (大気と土壌) ならびに平成 15 年度~18 年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査結果 (食事) を用いて、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人へのばく露量の推計を行った。環境媒体 (大気、土壌) については対数正規分布を当てはめたが、食事についてはデータ数が不足していることもあり、ベータ分布、対数正規分布および正規分布の 3 分布を用いてシミュレーションを行った。食事にベータ分布を適用した場合の総ばく露量は、1.26 pg-TEQ/kg/day (範囲 : 0.34~3.58 pg-TEQ/kg/day)、対数正規分布を適用した場合は 1.27 pg-TEQ/kg/day (範囲 : 0.21~3.63 pg-TEQ/kg/day)、正規分布を適用した場合は 1.29 pg-TEQ/kg/day (範囲 : 0.013~3.59 pg-TEQ/kg/day) となった。いずれの場合もダイオキシン類の耐容一日摂取量 (TDI) 4 pg-TEQ/kg/day を超過したものはなかった。また、食事経由のばく露量が個人総ばく露量のほぼ 100% を占めることが示唆された。