

詳細リスク評価書シリーズ 16 コプラナーPCB

参考資料 C :

**PCB および PCB 含有製品の製造, 使用, 保管, 廃棄に伴う PCB およびコプラナーPCB
の排出量の推定**

2008 年 3 月

(独)産業技術総合研究所 化学物質リスク管理研究センター

詳細リスク評価書シリーズ 16 コプラナーPCB 参考資料 C

文責 小倉 勇

評価書の本文は、「詳細リスク評価書シリーズ 16 コプラナーPCB」(丸善株式会社)として 2008 年 3 月に刊行されている。本資料はその参考資料である。

目次

1. はじめに
2. 方法
 - 2.1 考慮する排出経路および仮定
 - 2.2 排出係数等
 - 2.3 PCB 含有製品等の使用年数分布の計算方法
 - 2.4 各 PCB の環境排出量の計算
3. 結果

1. はじめに

本資料では、PCB および PCB 含有製品の製造、使用、保管、廃棄に伴う PCB および Co-PCB の環境排出量について、PCB 製品の製造・使用・保管・廃棄などの各過程や、用途別の使用年数、使用された PCB の種類、各化合物(コンジェナー)による揮発性の違いなどを考慮して推定する。

2. 方法

2.1 考慮する排出経路および仮定

PCB の環境への排出経路として、1. PCB および PCB 含有製品の製造工場からの排出、2. PCB 使用工場(熱媒体や潤滑油・切削油としての使用など)からの排出、3. PCB 含有製品等の使用や保管時の排出、4. PCB 含有製品等の廃棄に伴う排出が考えられる。

1 および 2 に関して、考慮した工場の種類を表 C.1 に示す。1 に関しては、簡易に水系への排出のみを、2 に関しては、大気と水系への排出を考えた。排出係数については後述する。

3 および 4 に関して、考慮した用途と、使用年数、排出経路、使用後の行方の仮定を表 C.2 に示す。3 に関しては、揮発による大気への排出を考えた。4 の廃棄に関しては、以下の 4 通りを考えた。

- ①焼却処理：通常の可燃廃棄物として焼却処理されるケース。排ガスとしての大気への排出を考える。排水への移行や焼却灰等としての残留分は無視する。
- ②埋め立て：通常の廃棄物として土壌へ埋め立てされるケース。大気への揮発・拡散および土壌中での分解を考える。PCB の環境排出量の推計において、埋立処分場への PCB 流入量を環境排出量とせず、埋立処分場から一般環境への PCB 排出量を環境排出量とみなす。
- ③土壌へ漏洩：非適切な管理や、不法投棄、または粉砕処理等により、PCB が土壌表層に浸透するようなケース。土壌からの揮発・拡散や土壌粒子の巻き上げによる大気への移行、降雨に伴う土壌からの流出(土壌中溶存態 PCB の流出)および土壌粒子の浸食(土壌中粒子態 PCB の流出)による水系への移行、土壌中での分解を考える。PCB の環境排出量推計において、ある特定汚染地域の土壌への PCB 流入量を環境排出量とせず、その土壌から揮発・拡散や雨によるその他一般環境への PCB 排出量を環境排出量とみなす。
- ④放置：非適切な管理や不法投棄により PCB 含有廃棄物が開放放置されるようなケース。埋め立てられたり、土壌に浸透したりするわけではなく、環境に開放的な状態(比較的環境排出しやすい状態)を考える。大気への揮発を考える。一生放置されることは通常考えにくい、ここでは一生放置されると仮定する。

考慮する PCB の排出経路や仮定の概要を、図 C.1～5 に図示する(図の実線で書かれた部分)。

表 C.1 PCB や PCB 含有製品の製造工場および PCB 使用工場からの排出 [g/g]

		本資料			参考：EUSES の排出係数のデフォルト値					
		PCB 生産量・使用量 ^a	大気への排出係数 ^b	水系への排出係数 ^b	大気への排出係数	土壌への排出係数	水系への排出係数	工業カテゴリー	用途カテゴリー	ライフステージ
		[t]	[g/g]	[g/g]	[g/g]	[g/g]	[g/g]			
PCB 製造	PCB 製造工場	58,757	-	0.001	0.00001	0.0001	0.003			製造
	電気機器製造工場	37,156	-	0.001	0.0005	0.01	0.005	電気・電子工学工業	絶縁体	加工
	感圧紙製造工場	5,350	-	0.001	0	0.0001	0.003	パルプ、紙、紙加工工業	複写用材	製剤化加工
					0	0.0015	0.0005			
PCB 含有製品製造	再生紙工場	1,600	-	0.05	0	0	0.05	パルプ、紙、紙加工工業	複写用材 公文書	回収
	塗料の製造工場	1,700	-	0.001	0	0.005	0.001	塗料、ラッカー、ワニス工業	腐食防止剤 その他	加工
	可塑剤等の製造工場	780	-	0.001	0.005	0.0005	0.001	高分子工業	軟化剤	加工
PCB 使用	熱媒体使用工場	8,585	開放系揮発の排出係数 ^c	0.1 ^d	0.0002	0.0001	0.185	金属抽出、精練、加工工業	熱媒体	加工
	潤滑油・切削油等使用工場	460	開放系揮発の排出係数 ^c	0.1	0.0002	0.0001	0.185	金属抽出、精練、加工工業	潤滑油 添加剤	加工

^a 出典は磯野(1975, 1976b). 再生紙工場で取り扱う PCB 量については、PCB 含有感圧紙の製造段階や印刷工程で出る屑を製造量の 1%, 古紙として回収された PCB 感圧紙のその回収率を 30%と仮定し、それらが再生紙原料として使われると仮定して推算した。塗料と可塑剤等の製造工場および潤滑油・切削油等使用工場で取り扱う PCB 量については、主要な PCB 使用工場への出荷量(40 t 以上、1965 年以降の判明分：切削油・開放系 195 t、塗料 707 t、可塑剤 330 t、小計 1,232 t)を基に、その比率が全体の比率と等しいと仮定して、開放系 PCB 総使用量約 2,910 t を割り振った。

^b EUSES (The European Union System for the Evaluation of Substances) (European Chemicals Bureau 1997)の排出係数のデフォルト値を参考に値を決定した。値の不確実性を考慮し、中排出ケースの排出係数を表の値とし、高排出ケースではこの値の 10 倍の値、低排出ケースではこの値の 1/10 の値とした。ただし、熱媒体使用工場および潤滑油・切削油等使用工場から水系への排出の高排出ケースでは、排出係数は表の 5 倍の値とした。

^c 大気への排出係数は、開放系 PCB 含有製品からの揮発の排出係数と同じとした(表 C.3 参照)。

^d 熱媒体使用工場から水系への排出係数は、表の排出係数(中排出ケースでは 0.1)を熱媒体の平均使用年数 7.5 年(磯野 1975)で割った値(中排出ケースでは $0.1/7.5 = 0.013$ [(g/g)/year])を 1 年当たりの排出係数とした。

表 C.2 PCB 含有製品等からの PCB 排出推定に用いた仮定

分類	用途	PCB 使用量 ^a	使用年数	使用・保管中の排出 ^b	使用後の行方
製品	重電機器	34,600 t	平均使用年数 25 年 (ワイブル分布)	大気(閉鎖系揮発)	原則保管：使用が終了したもののうち毎年 0.6%が 紛失と仮定 ^d ， 紛失分：土壌漏洩 1%，放置 1%，焼却 98% ^e
製品	家庭用以外の 小型電気機器	2,250 t	平均使用年数 25 年 (ワイブル分布)	大気(閉鎖系揮発)	保管 30% ^f ， 土壌漏洩 1%，放置 1%，埋め立て 68% ^g
製品	家庭用電気機器	350 t	平均使用年数 10 年 (ワイブル分布)	大気(閉鎖系揮発)	土壌漏洩 1%，放置 1%，埋め立て 98% ^g 保管は考慮しない
製品	感圧紙	5,350 t	1～5 年	大気(開放系揮発)	保管約 2% ^h ，放置 1%，焼却 67%， リサイクル(再生紙工場へ) 30%
製品	可塑剤	780 t	平均使用年数 25 年 (ワイブル分布)	大気(開放系揮発)	放置 1%，焼却 49.5%，埋め立て 49.5%
塗布	塗料(船底塗料以外)	830 t	1～10 年	大気(開放系揮発)	放置 1%，焼却 49.5%，埋め立て 49.5%
塗布	塗料(船底塗料)	830 t	1～2 年	水	考慮しない
工場使用	熱媒体	8,585 t	平均使用年数 7.5 年 (ワイブル分布)	使用は工場からの排出 ^c	1972 年以前 焼却 99%，土壌漏洩 1% 1972 年以降残存分全量回収 (保管や処理時の排出は無視)
工場使用	潤滑油・切削油等	460 t	1 年	使用は工場からの排出 ^c	焼却 99%，土壌漏洩 1%

^a磯野(1975, 1976b). 可塑剤, 塗料, 潤滑油・切削油等については, 主要な PCB 使用工場への出荷量(40 t 以上, 1965 年以降の判明分: 切削油・開放系 195 t, 塗料 707 t, 可塑剤 330 t, 小計 1,232 t)を基に, その比率が全体の比率と等しいと仮定して, 開放系 PCB 総使用量約 2,910 t を割り振った. また, 塗料について, 船底塗料とその他塗料・印刷インキの使用割合に関する情報は手に入らなかったため, ここでは, 任意に船底塗料 50%, その他塗料・印刷インキ 50%として割り振った.

^b 大気への排出は簡易に開放系揮発と閉鎖系揮発に二分した. それぞれの排出係数は表 C.3 参照.

^c 工場からの排出は表 C.1 参照.

^d 2004 年時点での累積紛失率を 7%と仮定すると(評価書本文の第 III 章 2.1.1 項(1)参照), 平均使用年数 25 年(ワイブル分布)のもとで, 使用が終了したもののうち毎年約 0.6%が紛失したことになる.

^e 高圧トランスおよび高圧コンデンサの抜き取り可能な液体量は, それぞれ封入量の約 90%, 約 50%で, 容器内の可燃固形分または鉄心に付着又は浸透している分が, 遊離液として除去されずに残留するとされている((財)産業廃棄物処理事業振興財団 1999). 金属部は再資源として高温で熔融されるとした. 実際は, 廃油の一部はリサイクルして再利用され, 金属部の一部は埋め立てられると考えられるが, ここでは無視する.

^f 評価書本文の第 III 章 2.1.1 項の表 III.2 を参考に使用後の保管の割合を 30%と仮定した.

^g 一部は, 焼却やリサイクルにまわると考えられるが, ここでは無視する.

^h 評価書本文の第 III 章 2.1.1 項の表 III.4 を参考に保管 0.6%, 保管後紛失 0.04%, PCB として処理 1.5%, 計約 2%とした.

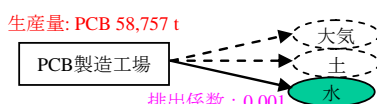


図 C.1 PCB の排出仮定 1: PCB の製造時

注: 各年の PCB 生産量(評価書本文の第 II 章 3.2.1 項の表 II.12)に, 各 PCB の含有濃度, 排出係数を掛け合わせて, 各 PCB の環境排出量を求めた. 排出係数については, 表 C.1 参照.

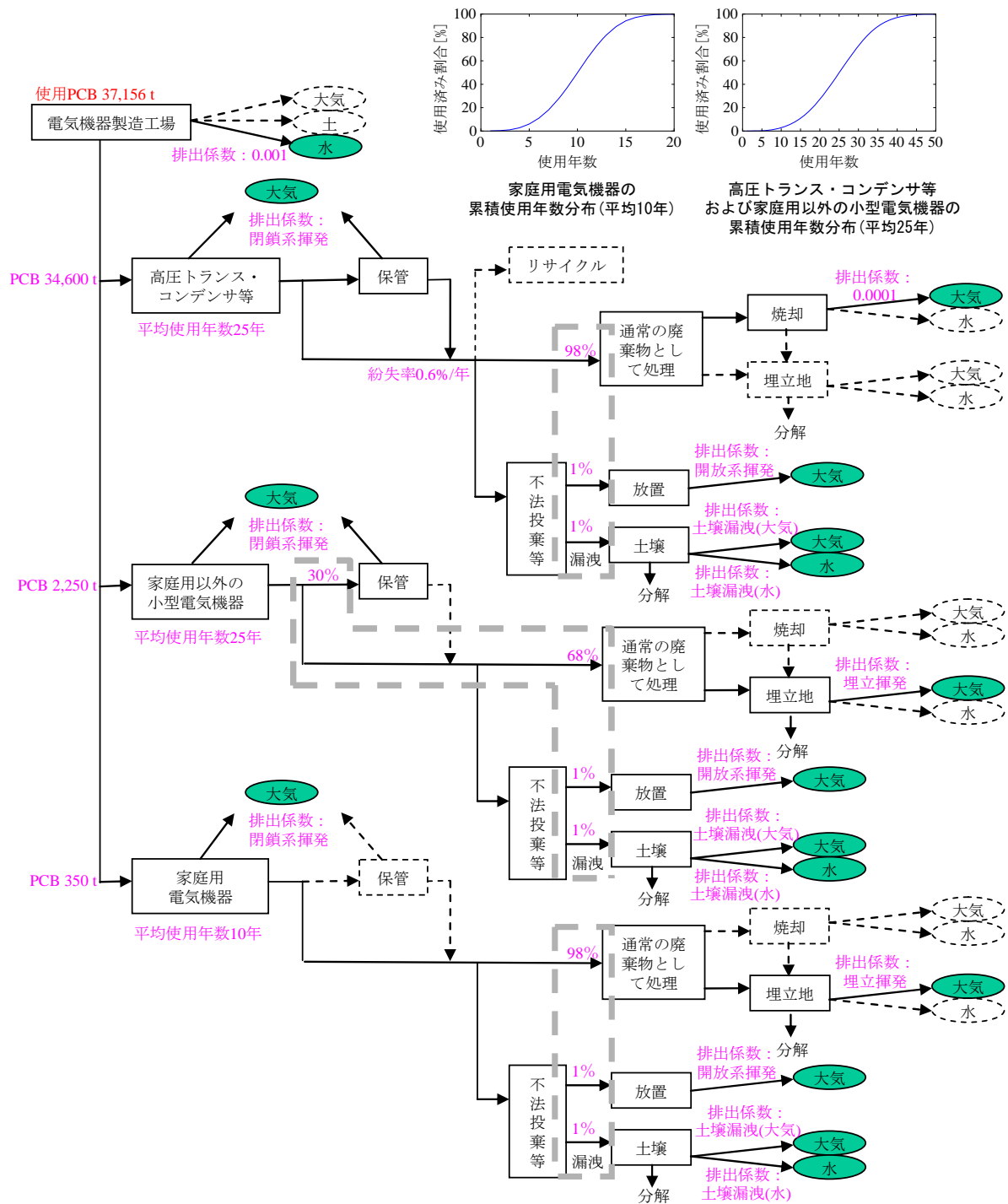


図 C.2 PCB の排出仮定 2 : PCB 含有電気機器の製造, 使用, 保管, 廃棄時

注 : 各年の電気機器の PCB 使用量(評価書本文の第 II 章 3.2.2 項の表 II.14)を基に, 図のような排出経路や使用後の行方を仮定し, 各 PCB の含有濃度, 排出係数などを掛け合わせて, 各 PCB の環境排出量を求めた. 排出係数については, 表 C.1 および表 C.3 参照. 排出経路や使用後の行方などの仮定については, 表 C.2 参照.

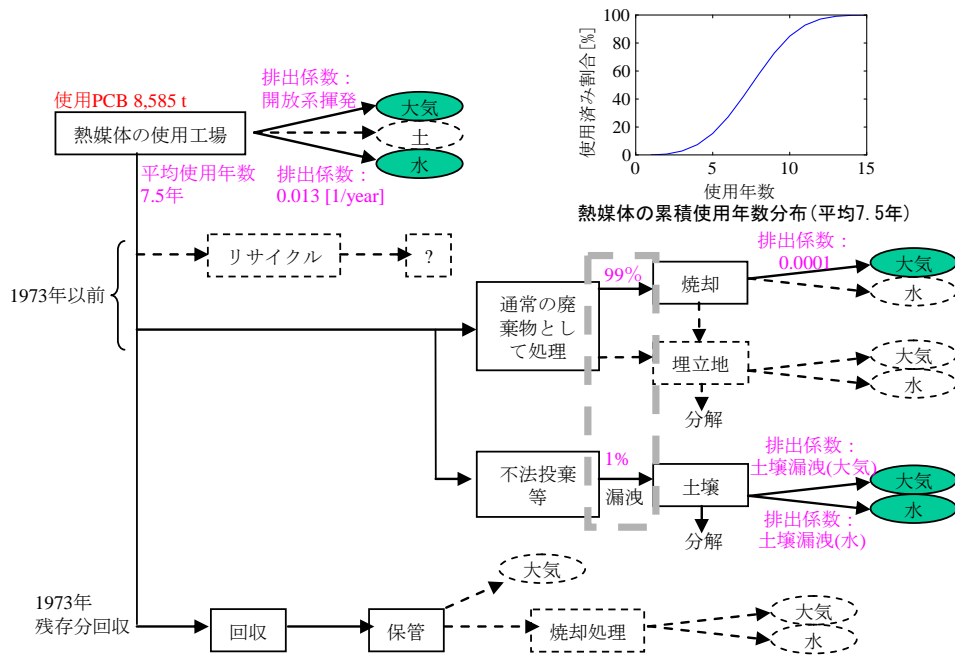


図 C.3 PCBの排出仮定3: PCB含有熱媒体の使用, 保管, 処理, 廃棄時

注: 各年の熱媒体のPCB使用量(評価書本文の第II章3.2.2項の表II.14)を基に, 図のような排出経路や使用後の行方を仮定し, 各PCBの含有濃度, 排出係数などを掛け合わせて, 各PCBの環境排出量を求めた. 排出係数については, 表C.1および表C.3参照. 排出経路や使用後の行方などの仮定については, 表C.2参照.

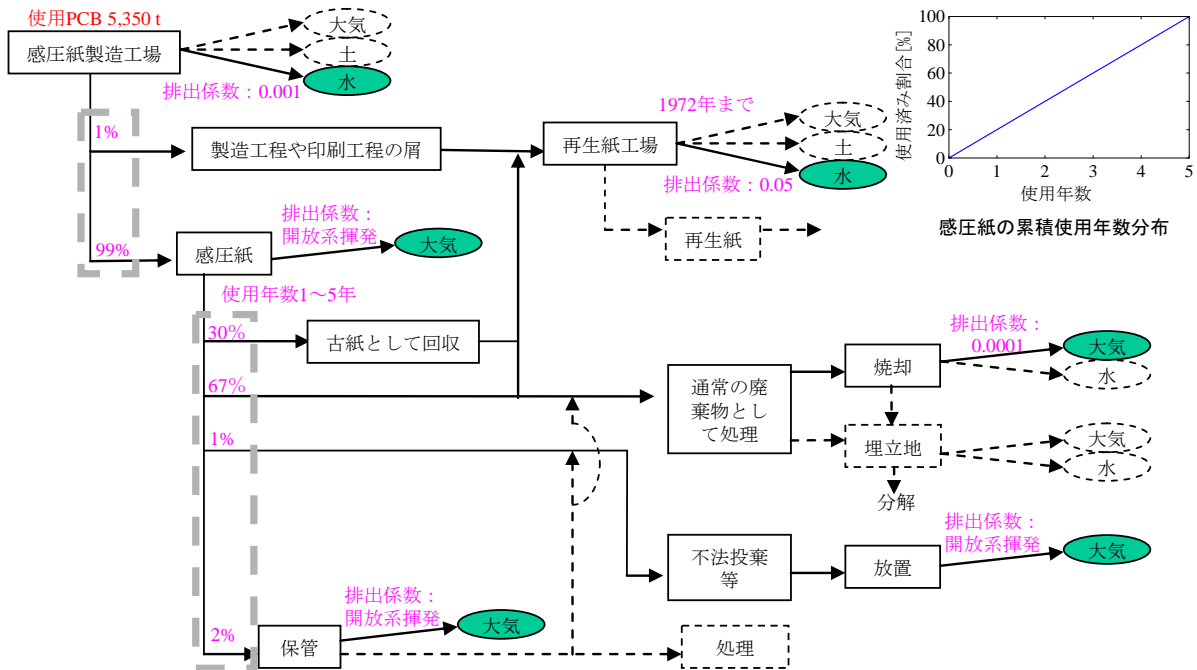


図 C.4 PCBの排出仮定4: PCB含有感圧紙の製造, 使用, 保管, 処理, 廃棄時

注: 各年の感圧紙のPCB使用量(評価書本文の第II章3.2.2項の表II.14)を基に, 図のような排出経路や使用後の行方を仮定し, 各PCBの含有濃度, 排出係数などを掛け合わせて, 各PCBの環境排出量を求めた. 排出係数については, 表C.1および表C.3参照. 排出経路や使用後の行方などの仮定については, 表C.2参照.

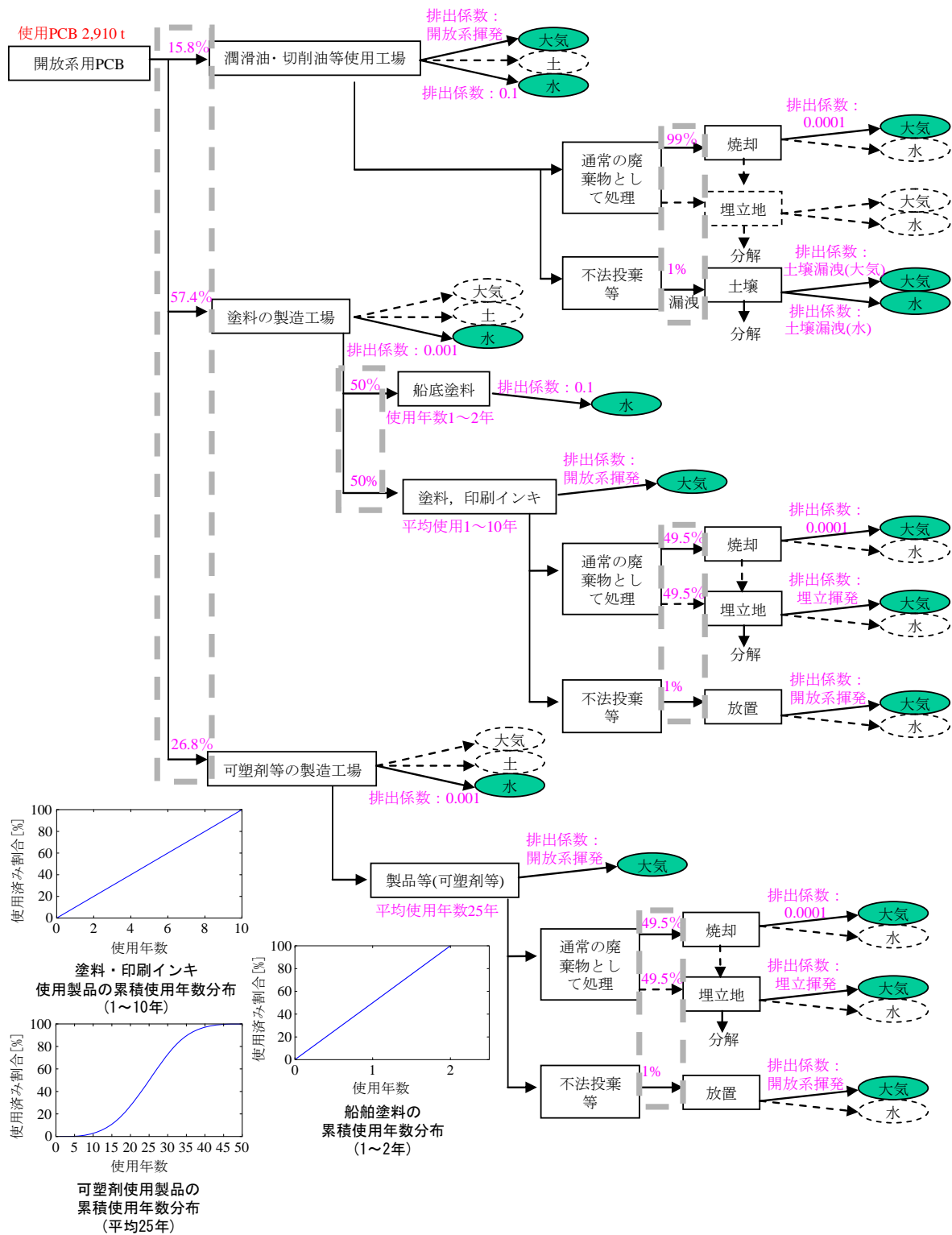


図 C.5 PCB の排出仮定 5 : PCB の開放系用途の製品の製造、使用、廃棄時

注:各年の開放系用途のPCB使用量(評価書本文の第II章3.2.2項の表II.14)を基に、図のような排出経路や使用後の行方を仮定し、各PCBの含有濃度、排出係数などを掛け合わせて、各PCBの環境排出量を求めた。排出係数については、表C.1および表C.3参照。排出経路や使用後の行方などの仮定については、表C.2参照。

2.2 排出係数等

排出係数等について、以下に説明する。

・ PCB および PCB 含有製品の製造工場および PCB 使用工場からの排出係数

PCB および PCB 含有製品製造工場および PCB 使用工場からの排出係数については、利用できる情報がなかった為、非常に不確実ではあるが、EU のリスク評価に用いられている EUSES (European Union System for the Evaluation of Substances) (European Chemicals Bureau 1997)の排出係数を参考に、表 C.1 のように排出係数を決定した。値の不確実性を考慮し、中排出ケースの排出係数を表 C.1 の値とし、高排出ケースではその 10 倍の値、低排出ケースではその 1/10 の値とした。ただし、熱媒体使用工場および潤滑油・削除油等使用工場から水系への排出は、中排出ケースの排出係数の値が大きいので、高排出ケースの排出係数は表の値の 5 倍とした。

水系への排出は、水溶解度の高い PCB コンジエナーほど排出しやすいとも考えられるが、水系への排出は大気への揮発と異なり、必ずしも各コンジエナーは単体でなく、PCB 混合物またはその他の多くの不純物と混ざった状態で排出されることを考え、すべてのコンジエナーにおいて排出係数は一様とした。

PCB 使用工場(熱媒体や潤滑油・切削油として使用)からの大気への排出係数に関しては情報がなかったため、後述する開放系 PCB 含有製品の揮発の排出係数と同じ値とした。熱媒体としての PCB は、基本的に閉鎖系での使用であったが、トランスなどの完全閉鎖系とは程遠く、ジョイント部分その他から PCB がしばしば漏れていたとされる(磯野 1975)。なお、後述する開放系の排出係数は、PCB 含有シーラントの実験結果を基にしているため、液体 PCB からの直接の揮発を想定するほど大きな値ではない。

PCB および PCB 含有製品の製造工場から大気への PCB 排出もあり得るが、その排出係数に関する情報はなく、それらは無視することにした。

・ PCB 含有製品からの排出係数

PCB 含有製品の使用や保管に伴い、大気への PCB 排出が予想される。大気への排出係数は、使用製品の種類、使用・保管場所の換気やその管理状況、気温などによって一様ではないといえる。しかし、使用可能な情報はほとんどないため、ここでは、Breivik *et al.* (2002)の用いている排出係数を参考にし、簡易に、「開放系 PCB 製品からの揮発」および「閉鎖系 PCB 製品からの揮発」の 2 通りの排出係数を考えた(表 C.3)。開放系揮発の排出係数は、PCB 含有シーラントの実験(Persson *et al.* 1997a, 1997b)に基づいている(ただし、PCB 成分は Breivik *et al.* (2002)が推定)。また、閉鎖系揮発の排出係数は、PCB 含有電気機器からの排出データ(Annema *et al.* 1995)、閉鎖系(トランス、大型コンデンサ、mineral oil transformer 等)の漏洩データ(US EPA 1987)に基づいている。各 PCB の排出係数の相対比は、Breivik *et al.*によってオクタノール/空気分配係数(K_{OA})から推定されている。Breivik *et al.* (2002)の報告にない PCB コンジエナーの排出係数は、 K_{OA} と相関が高い RRT (ガスクロマトグラフィーの相対保持時間)(Harju *et al.* 1998)を用いて、 RRT と排出係数の回帰式から新たに推定した

(表 C.3). Breivik *et al.* (2002)の値は 20°Cの値とされているが、地域差の算出が目的でないこと、そして、その値の不確実性の大きさから、ここでは、特に温度の補正は行わず、20°Cの値をそのまま用いることにした。

舟川ら(2002)による PCB 含有安定器(40W2 灯高力率直列ラピッドスタート型 1 個)からの PCB の揮発実験では、2~4 塩化 PCB を中心に 15.5°Cで 5,500 ng/day, 30°Cで 37,000 ng/day と報告されている。PCB 含有量を 50 g と仮定すると、PCB 重量当たりの揮発量は、15.5°Cで 4×10^{-5} (g/g)/year, 30°Cで 3×10^{-4} (g/g)/year であり、Breivik *et al.* (2002)の値(2~4 塩化 PCB は閉鎖系で $1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-4}$ (g/g)/year : 表 C.3)とほぼ一致する。

Breivik *et al.* (2002)は、排出係数の不確実性を考慮し、10 倍および 1/10 倍の範囲で排出量を推定している。本資料でも同様に、中排出ケースの排出係数を表 C.3 の値とし、高排出ケースはその 10 倍の値、低排出ケースはその 1/10 の値とした。

船底塗料として使われた PCB の排出係数に関する使える情報はなかったため、ここでは、恣意的ながら、高排出ケースは 1 (g/g)/year, 中排出ケースは 0.1 (g/g)/year, 低排出ケースは 0.01 (g/g)/year と仮定した。

・焼却時の排出係数

高濃度の PCB は、640°C, 滞留時間 1 秒で熱分解が生じ、800°C, 滞留時間 1 秒で 99.9%の分解が行われると報告されている(Duvall & Rubey 1977)。また、低濃度の PCB は、700°Cでほぼ完全に分解し、滞留時間わずか 0.3 秒でも PCB や PCDD は不検出(PCB の分解率 99.96%以上)であったと報告されている(竹内ら 1994)。

Sakai *et al.* (2001)は、廃棄物中に含まれて一般廃棄物焼却施設に流入する Co-PCB の量と、排ガス、飛灰、主灰に含まれて排出される Co-PCB の量を測定し、その物質収支を調べている。PCB 製品中に元々多く含まれる PCB 類は、流入量に対し排出量は下回り、Total PCB では 90%以上分解していた。しかし、PCB 製品中にほとんど含まれない PCB (PCB-126, 169, 189 など)は、数倍~50 倍程度むしろ増加していた。PCDD・PCDF と同様に、Co-PCB が焼却過程で熱生成することが多くの研究で認められており、特に流入量が小さいとき、見かけの分解率は低くなると思われる。焼却施設から排出される PCB が、廃棄物として入ってくる PCB の分解残存物なのか、むしろ新規生成したものなのか、それらの割合は明確でない(評価書本文の第 III 章 2.2.1 項参照)。

ここでは、竹内ら(1994)の結果を基に、全コンジェナーにおいて、中排出ケースの排出係数を 0.0001 g/g, 高排出ケースはその 10 倍の値、低排出ケースはその 1/10 の値とした(表 C.3)。

・埋め立て時の PCB 排出係数および分解

埋め立て時の大気への揮発・拡散の排出係数は、Breivik *et al.* (2002)が用いている埋立地からの排出係数を用いた(表 C.3)。Breivik *et al.* (2002)は、Farmer *et al.* (1980)のアルゴリズムを使い、廃棄物の層を 5 m, 表面積を 15,000 m², そして、表層土の厚さを 1 m (間隙率 0.4 m³/m³)と仮定し、Venting

(barometric pumping)の効果も含めて、埋立地からの排出係数を求めている。Breivik *et al.* (2002)による 20°Cの値を、ここではそのまま用いた。Breivik *et al.* (2002)の報告にない PCB コンジェナーの排出係数は、*RRT* と排出係数の回帰式から予測した。

排出係数の不確実性を考慮して、中排出ケースの排出係数を表 C.3 の値とし、高排出ケースではその 10 倍、低排出ケースではその 1/10 とした。

埋め立てされた PCB の土壌中での分解も仮定した。中排出ケースでは、すべてのコンジェナーにおいて、分解半減期を 25 年とし(参考資料 B の 3.2.2 項参照)、値の不確実性を考慮して、高排出ケースではその 2 倍、低排出ケースではその 1/2 とした。

- ・ 土壌へ漏洩時の PCB 排出係数および分解

土壌へ漏洩後の PCB の大気および水系への排出係数は、参考資料 B の 3.2.2 項の環境動態予測で得た土壌中 PCB の揮発・拡散・巻き上げ速度と、流出・浸食速度を使った。値を表 C.3 に示した。それらの不確実性を考慮して、各速度は、中排出ケースでは表 C.3 の値とし、高排出ケースはその 10 倍の値、低排出ケースはその 1/10 の値とした。

土壌へ漏洩時も、埋め立て時と同様に、土壌中での PCB の分解を仮定した。

- ・ 放置時の排出係数

大気への揮発を仮定し、開放系 PCB 含有製品からの揮発の排出係数(表 C.3)を用いた。元は閉鎖系の PCB 含有製品についても、開放状態(例えば密閉容器の劣化等)を仮定した。

表 C.3 PCB の排出係数および分解半減期

IUPAC No.	排出係数							土壤中分解半減期 [year]	RRT ^b
	開放系製品の 使用・保管・放 置時の揮発に よる大気への 排出係数 ^a [(g/g)/year]	閉鎖系製品の 使用・保管時の 揮発による大 気への排出係 数 ^a [(g/g)/year]	船舶塗料から 水系への 排出係数 [(g/g)/year]	埋め立て時の 揮発・拡散によ る大気への排 出係数 ^a [(g/g)/year]	土壌漏洩時 の揮発・拡散・ 巻き上げによ る大気への排 出係数 [(g/g)/year]	土壌漏洩時 の雨に伴う流 出・浸食による 水系への排出 係数 [(g/g)/year]	焼却による 大気への 排出係数 [g/g]		
5	2.56×10 ⁻²	5.22×10 ⁻⁴		3.08×10 ⁻⁶					0.3406
8	2.71×10 ⁻²	7.12×10 ⁻⁴		3.28×10 ⁻⁶					0.3406
18	6.75×10 ⁻³	1.18×10 ⁻⁴		6.57×10 ⁻⁷					0.3690
28	6.75×10 ⁻³	1.18×10 ⁻⁴		6.57×10 ⁻⁷					0.3989
31	6.88×10 ⁻³	8.55×10 ⁻⁵		6.72×10 ⁻⁷					0.3989
52	4.03×10 ⁻³	6.47×10 ⁻⁵		3.56×10 ⁻⁷					0.4213
70	1.01×10 ⁻³	1.01×10 ⁻⁵		7.40×10 ⁻⁸					0.4581
90	1.09×10 ⁻³	1.81×10 ⁻⁶		7.89×10 ⁻⁸					0.4747
101	1.10×10 ⁻³	1.29×10 ⁻⁵		8.01×10 ⁻⁸					0.4745
105	1.49×10 ⁻⁴	5.26×10 ⁻⁷		8.29×10 ⁻⁹					0.5267
110	6.70×10 ⁻⁴	5.46×10 ⁻⁶		4.55×10 ⁻⁸					0.4961
118	2.08×10 ⁻⁴	1.38×10 ⁻⁶		1.21×10 ⁻⁸					0.5114
123	2.27×10 ⁻⁴	1.26×10 ⁻⁷		1.33×10 ⁻⁸					0.5100
132	3.21×10 ⁻⁴	9.55×10 ⁻⁷		1.93×10 ⁻⁸					0.5262
138	2.31×10 ⁻⁴	1.07×10 ⁻⁶		1.33×10 ⁻⁸					0.5404
149	4.44×10 ⁻⁴	2.28×10 ⁻⁶		2.79×10 ⁻⁸					0.5104
153	2.92×10 ⁻⁴	2.09×10 ⁻⁶		1.73×10 ⁻⁸					0.5245
158	2.66×10 ⁻⁴	2.61×10 ⁻⁷		1.56×10 ⁻⁸					0.5410
160	3.46×10 ⁻⁴	5.14×10 ⁻⁷		2.10×10 ⁻⁸					0.5416
180	7.45×10 ⁻⁵	1.38×10 ⁻⁷		3.61×10 ⁻⁹					0.5787
194	1.58×10 ⁻⁵	3.38×10 ⁻⁹		6.12×10 ⁻¹⁰					0.6297
199	3.80×10 ⁻⁵	9.69×10 ⁻⁹		1.65×10 ⁻⁹					0.5997
77	5.43×10 ⁻⁴	2.22×10 ⁻⁶	0.1	3.58×10 ⁻⁸	7.76×10 ⁻⁵	3.22×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.4961
81	6.22×10 ⁻⁴	2.76×10 ⁻⁶	0.1	4.19×10 ⁻⁸	8.57×10 ⁻⁵	3.22×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.4905
126	1.62×10 ⁻⁴	3.27×10 ⁻⁷	0.1	8.87×10 ⁻⁹	2.91×10 ⁻⁵	3.04×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5455
169	5.41×10 ⁻⁵	5.73×10 ⁻⁸	0.1	2.50×10 ⁻⁹	1.69×10 ⁻⁵	2.99×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5904
105	1.49×10 ⁻⁴	5.26×10 ⁻⁷	0.1	1.51×10 ⁻⁸	4.12×10 ⁻⁵	3.10×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5267
114	3.19×10 ⁻⁴	9.56×10 ⁻⁷	0.1	1.94×10 ⁻⁸	4.66×10 ⁻⁵	3.10×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5178
118	2.08×10 ⁻⁴	1.38×10 ⁻⁶	0.1	2.32×10 ⁻⁸	4.94×10 ⁻⁵	3.07×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5114
123	2.27×10 ⁻⁴	1.26×10 ⁻⁷	0.1	2.42×10 ⁻⁸	5.06×10 ⁻⁵	3.07×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5100
156	9.06×10 ⁻⁵	1.30×10 ⁻⁷	0.1	4.53×10 ⁻⁹	2.07×10 ⁻⁵	3.01×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5693
157	8.38×10 ⁻⁵	1.15×10 ⁻⁷	0.1	4.14×10 ⁻⁹	2.02×10 ⁻⁵	3.01×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5725
167	1.24×10 ⁻⁴	2.14×10 ⁻⁷	0.1	6.52×10 ⁻⁹	2.25×10 ⁻⁵	3.00×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.5564
189	3.30×10 ⁻⁵	2.62×10 ⁻⁸	0.1	1.41×10 ⁻⁹	1.48×10 ⁻⁵	2.98×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	0.6106
KC-300	7.21×10 ⁻³	1.39×10 ⁻⁴	0.1	7.78×10 ⁻⁵	4.26×10 ⁻⁴	4.08×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	
KC-400	2.30×10 ⁻³	3.57×10 ⁻⁵	0.1	2.18×10 ⁻⁵	1.03×10 ⁻⁴	3.26×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	
KC-500	1.71×10 ⁻³	2.46×10 ⁻⁵	0.1	1.48×10 ⁻⁵	1.25×10 ⁻⁴	3.32×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	
KC-600	6.00×10 ⁻⁴	7.32×10 ⁻⁶	0.1	4.98×10 ⁻⁶	3.55×10 ⁻⁵	3.05×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁴	25	
出典等	Breivik <i>et al.</i> (2002)			Breivik <i>et al.</i> (2002)	参考資料 B	参考資料 B		参考資料 B	Harju <i>et al.</i> (1998)

注：排出係数は、値の不確実性を考慮し、中排出ケースとして上記の値を、高排出ケースとして上記の値の10倍、低排出ケースとして上記の値の1/10の値とした。分解半減期については、中排出ケースとして上記の値を、高排出ケースとして上記の値の2倍、低排出ケースとして上記の値の1/2の値とした。

^a Breivik *et al.* (2002)の報告にないPCBコンジェナーの排出係数は、RRT(下記)と排出係数の回帰式を基に値を得た。これらの値は20℃の値とされているが、地域差の算出が目的でないことと、値の不確実性から、特に温度の補正は行わなかった。

^b Harju *et al.* (1998)の報告値。RRTは、ガスクロマトグラフィーカラムDB-5(J&B社製)を用いた時のPCB-52と180の保持時間の合計を1とした時の相対保持時間。

2.3 PCB含有製品等の使用年数分布の計算方法

耐久消費財の使用年数分布については、ワイブル分布がしばしば用いられる(田崎ら2001, 2002)。ワイブル分布のパラメータは3つあるが、耐久消費財の累積使用年数分布W(y)について、田崎らは、そのうち1つのパラメータを一定値とみなし、次の式で表すことができることを示している。

$$W(y) = 1 - \exp[-\{y/Y\}^b \times \{\Gamma(1+1/b)\}^b]$$

ここで、 Y は平均使用年数[year]、 b は定数である。

さらに、田崎らは、自動車や7品目の主要家電について、 b の値がおよそ 3.5 ± 0.5 であることを示している。PCB 含有製品の使用年数分布が、自動車や主要家電のそれと必ずしも等しいとはいえないが、ここでは $b=3.5$ とし、各 PCB 含有製品の平均使用年数に対応した使用年数分布を得た。仮定した使用年数は表 C.2 に示した。

2.4 各 PCB の環境排出量の計算

PCB 製品の生産量(評価書本文の第 II 章 3.2.1 項の表 II.12)または用途別の PCB 使用量(評価書本文の第 II 章 3.2.2 項の表 II.14)を基に、表 C.2 および図 C.1~5 に示したような排出経路や使用後の行方を仮定し、PCB 製品中の各 PCB 含有濃度(野馬ら 2004; Takasuga *et al.* 2005 : 評価書本文の第 II 章 3.5 項の表 II.19)および表 C.1 や表 C.3 に示した排出係数を掛け合わせて、各年の Total PCB および Co-PCB の環境排出量を計算した。

3. 結果

Total PCB 排出量の推定結果(中排出ケース)を図 C.6 に、Co-PCB 排出量(WHO-2005-TEQ)の推定結果(中排出ケース)を図 C.7 に示した。2005 年以降についても推定しているが、2004 年 12 月から始まった PCB 廃棄物処理事業による保管 PCB の処理の寄与はここでは考慮していない。

PCB や PCB 含有機器が製造され、様々な用途で使われていた 1970 年代前半までは排出量が高く、その後は、生活の至るところに広まった PCB 含有機器の使用・保管・廃棄に伴う比較的レベルな排出が続いていると推定された。過去の排出では、熱媒体使用工場からの水系への排出量が特に高いと推定された。近年では、Total PCB で見たときは、使用・保管中の高圧電気機器からの大気への揮発が、Co-PCB で見たときは、使用・保管中の可塑剤や高圧電気機器などからの大気への揮発、高圧電気機器から土壌への漏洩に伴う水系への排出(流出・浸食)が、総量として排出量が高いと推定された。

Total PCB および Co-PCB の 1954~2005 年の水系および大気への累積排出量は、表 C.4 のようになった。Total PCB の水系と大気を合わせた累積排出量は、国内 PCB 総使用量(54,001 t: 厚生省 1972)の 0.24% (低排出ケース)、2.2% (中排出ケース)、16% (高排出ケース)にそれぞれ相当する。

ここでの計算は、非常に不確実な排出係数と多くの仮定に基づく概算であり、また、すべての排出経路が考慮されているわけではない(例えば、シュレッダーなどの中間処理に伴う排出やリサイクルなどによる別用途での使用など)ことに注意する必要がある。

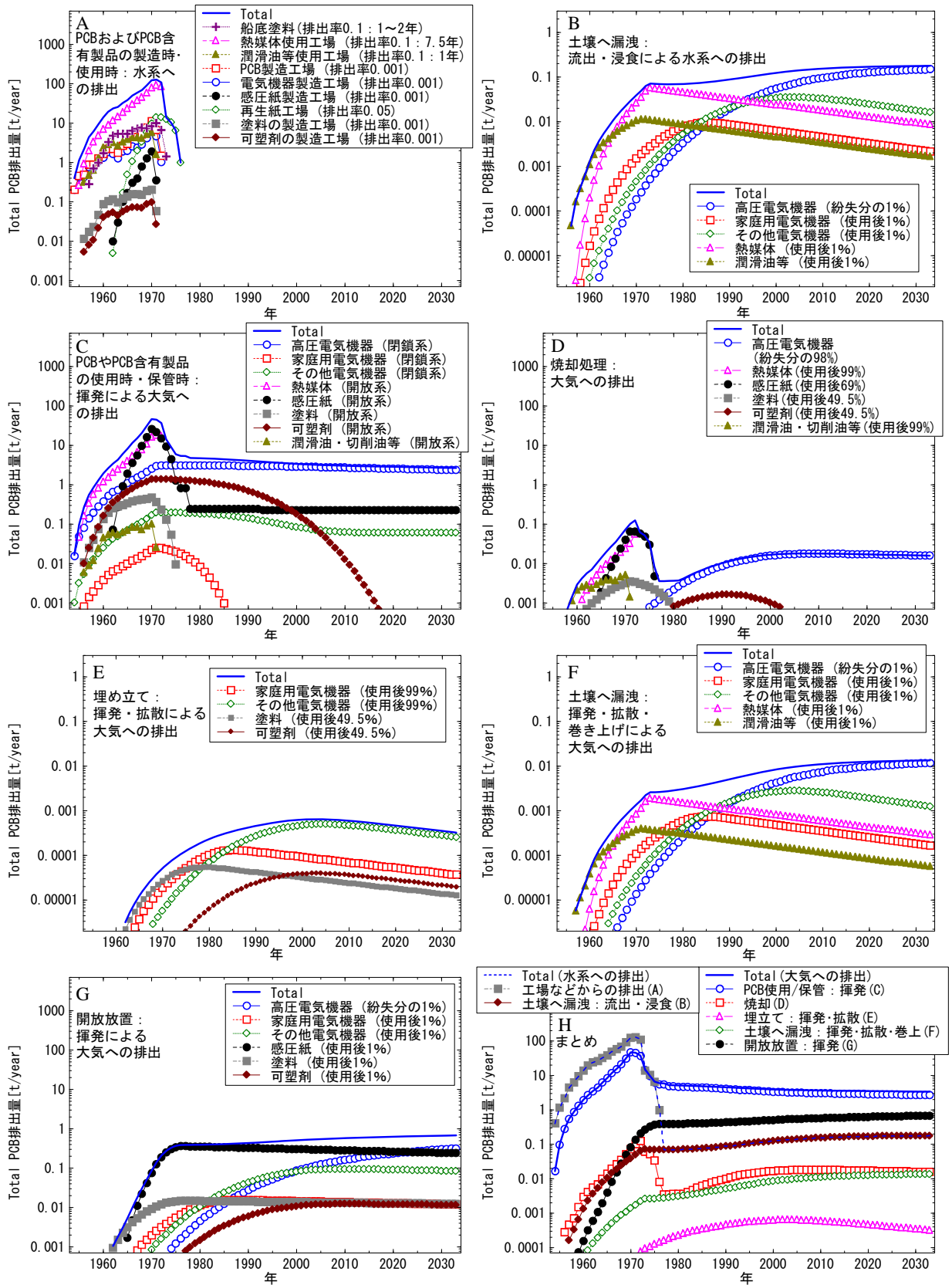


図 C.6 Total PCB 排出量の推定

注：中排出ケースの結果を示す。

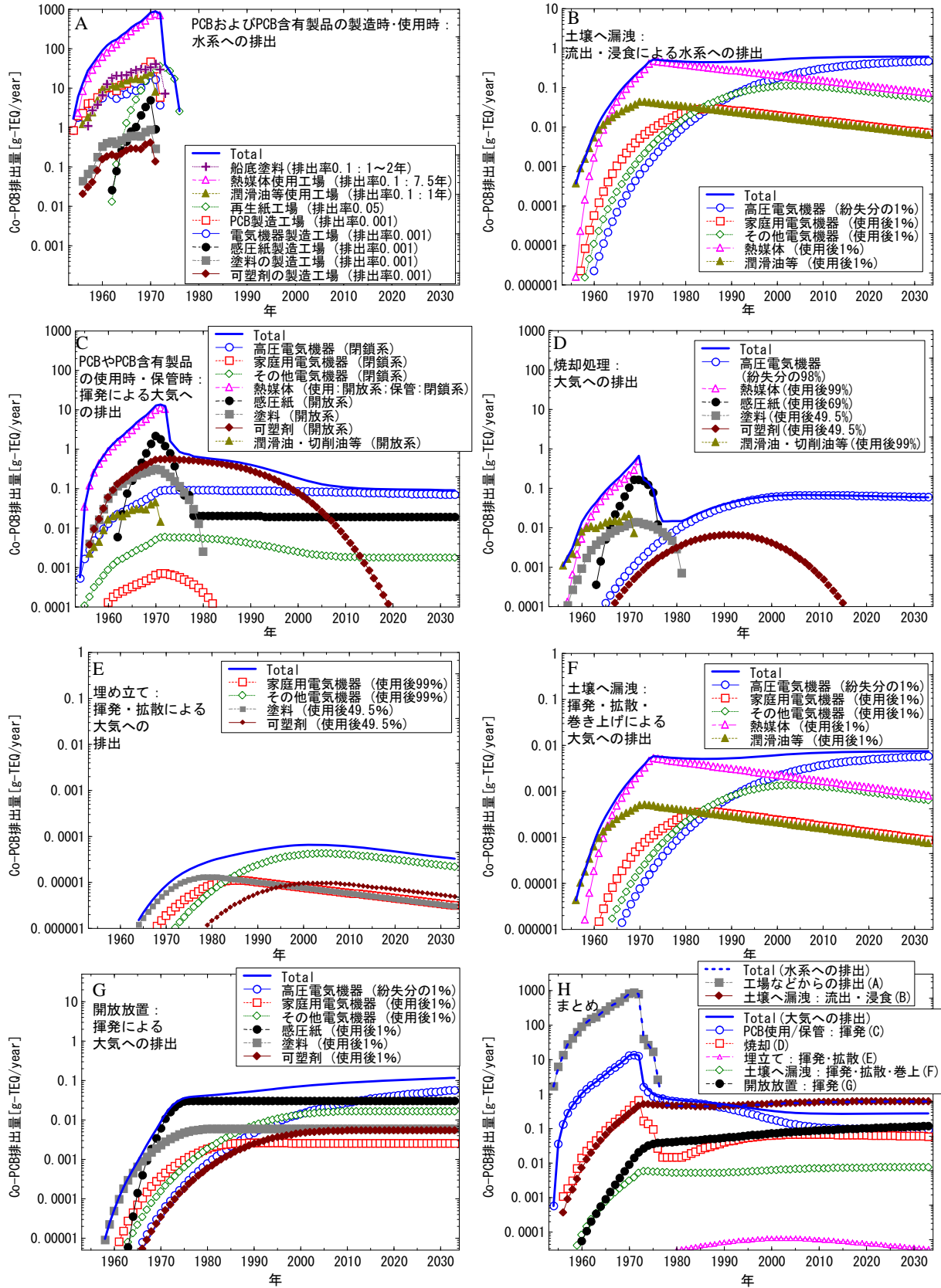


図 C.7 Co-PCB 排出量 (WHO-2005-TEQ) の推定

注：中排出ケースの結果を示す。

表 C.4 Total PCB および Co-PCB の 1954~2005 年の累計環境排出量の推定

		低排出ケース	中排出ケース	高排出ケース
Total PCB [t]	水系への累計排出量	86	840	5,000
	大気への累計排出量	42	410	3,600
	合計	130 (国内 PCB 総使用量の 0.24%)	1,200 (国内 PCB 総使用量の 2.2%)	8,600 (国内 PCB 総使用量の 16%)
Co-PCB (実量) [t]	水系への累計排出量	3.3	32	190
	大気への累計排出量	0.079	0.77	6.7
	合計	3.3	33	200
Co-PCB (WHO-2005-TEQ) [kg-TEQ]	水系への累計排出量	0.58	5.7	29
	大気への累計排出量	0.011	0.10	0.89
	合計	0.59	5.8	30

参考文献

- 磯野直秀(1975). 化学物質と人間 PCB の過去・現在・未来. 中央公論社. 東京.
- 磯野直秀(1976b). その後の PCB 問題(2)—対策と展望—. 現代化学 1976 年 7 月:51-55.
- 厚生省(1972). PCB 関係資料. 官公庁公害専門資料.
- (財)産業廃棄物処理事業振興財団(1999). 産業物処理法新処理基準に基づく PCB 処理技術ガイドブック. ぎょうせい.
- 高砂市(1991). 液状廃 PCB 処理のあゆみ.
- 竹内正雄, 今川隆, 宮崎章, 荻須吉洋(1994). 微量 PCB を含有する燃料の燃焼時の安全性の検討. 日本エネルギー学会誌 73:185-192.
- 田崎智宏, 小口正弘, 亀屋隆志, 浦野紘平(2001). 使用済み耐久消費財の発生台数の予測方法. 廃棄物学会論文誌 12: 49-58.
- 田崎智宏, 小口正弘, 亀屋隆志, 浦野紘平(2002). 使用済み耐久消費財の発生台数の予測. 第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集. 1-3.
- 舟川将史, 高田誠, 新居田真美, 細見正明(2002). PCB 含有安定器からの PCB 揮発と室内汚染. 環境化学 12:615-620.
- 野馬幸生, 石川柴, 能勢和聡, 峯戸松勝秀, 滝上英孝, 酒井伸一, 泉澤秀一, 鏑木儀郎(2004). 保管 PCB 廃棄物の PCBs およびダイオキシン類. 環境化学 14:501-518.
- Annema JA, Beurskens JEM, Bodar CWM, editors. (1995). Evaluation of PCB fluxes in the environment. RIVM report no. 601014011. National Institute of Public Health and Environmental Protection. Bilthoven, The Netherlands. (cited in Breivik *et al.* 2002)
- Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM, Jones KC (2002). Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners — a mass balance approach: 2. The Science of the Total Environment 290: 199-224.
- Duvall DS, Rubey WA (1977). Laboratory evaluation of high-temperature destruction of polychlorinated biphenyls and related compounds. EPA-600/2-77-228. (cited in 高砂市 1991)
- European Chemicals Bureau (1997). EUSES (the European Union System for the Evaluation of Substances).

<http://ecb.jrc.it/>

- Farmer WJ, Yang MS, Letey J, Spencer WF (1980). Hexachlorobenzene: its vapor pressure and vapor phase diffusion in soil. *Soil Science Society of America journal* 44: 676–680.
- Harju MT, Haglund P, Naikwadi K P (1998). Gas-chromatographic properties of the 209 PCB congeners on non-polar, chiral and liquid-crystal columns. *Organohalogen Compounds* 35:111-114.
- Persson J, Axelman J, Zebühr Y, Ishaq R, Bandh C, Broman D (1997a). PCB från fogmassa til luft og vatten (In Swedish). Report for the Swedish EPA on the work and results of studies on release of PCBs from sealants. Inst Applied Environmental Research, Stockholm University, Sweden. (cited in Breivik *et al.* 2002)
- Persson J, Pettersen H, Axelman J, Zebühr Y, Naif C, Ishaq R, Bandh C, Broman D, Hammar T (1997b). Modeling leakage of PCB from a highly contaminated landfill. 18th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). San Fransisco, California, USA, 16–20 November, 1997. (cited in Breivik *et al.* 2002)
- Sakai S, Harakawa K, Takatsuki H, Kawakami I (2001). Dioxin-like PCBs released from waste incineration and their deposition flux. *Environmental Science & Technology* 35: 3601-3607.
- Takasuga T, Kumar KS, Noma Y, Sakai S (2005). Chemical characterization of polychlorinated biphenyls, -dibenzo-*p*-dioxins, and -dibenzofurans in technical Kanechlor PCB formulations in Japan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 49(3):385-395.
- US EPA (1987). Locating and estimating air emissions from sources of polychlorinated biphenyls (PCB). US Environmental Protection Agency. EPA-450/4-84-007n.