

有機顔料を含む消費者製品中の副生 PCB のリスク評価の進め方（案）

2012年3月23日
産業技術総合研究所
安全科学研究部門

1. 顔料の用途

副生 PCB を含有する有機顔料の用途は、表 1 のように、印刷インキ、塗料、着色料、文具等、多岐にわたっている。

表 1 副生 PCB を含有する有機顔料の用途

用途分類	関連する用途
印刷インキ	インキ, 印刷インキ, グラビアインキ, オフセットインキ, インクジェット, スクリーンインキ, レジストインキ, 油性インキ, フレキソ, 製缶インキ
塗料	塗料, 建築塗料, プラスチック塗料, 自動車用塗料, 床塗料, ガラス用塗料, 水性カラー, 粉体塗料, 工業用塗料, 船底塗料, 家庭用塗料, 交通標識
ゴム着色	ゴム
合成樹脂着色	樹脂着色, プラスチック着色, 塩ビ建材着色, PVC, 包装容器, 建築壁紙, 電線ケーブル
繊維（捺染）	繊維用着色剤
紙着色	紙用着色剤, 紙着色
文具	文具, 筆記具, 画材
電子印刷	トナー
その他	カラーベース, 液晶カラーフィルタ, 化粧品

出典：非意図的にポリ塩化ビフェニルを含有する可能性がある有機顔料について 別紙 1 化成協報告により PCB が副生することが判明した有機顔料（現状版），経産省 平成 24 年 2 月 10 日

2. 想定される消費者製品からの暴露経路と暴露シナリオ

室内消費者製品からの化学物質の暴露経路としては、以下が一般的に考えられる。

- 1) 消費者製品から揮発した化学物質を空気とともに吸入する（吸入暴露）
- 2) 製品に接触することにより製品中の化学物質を皮膚から取り込む（経皮暴露）

このほか、新聞や広告紙等の顔料含有製品で食品をくるみ、その食品を食することにより当該製品から食品中に移行した化学物質を摂取することも考えられる（経口暴露）。

現時点では、PCB を含有する有機顔料に関する情報が限定的であるため、用途分類ごとに副生 PCB への慢性的な暴露経路を暫定的に、表 2 のように想定した。そして、想定した用途分類ごとの暴露経路に対して、下記の暴露シナリオを設定した。

なお、有機顔料含有製品が多岐にわたり、多様な目的に使用されていることから、今後、新たに得られる情報に応じて、想定される暴露経路を改定し、暴露シナリオを追加する。

表2 用途ごとに想定する消費者製品からの暴露経路

用途	印刷 インキ	塗料	合成樹脂 着色	繊維 (捺染)	紙着色
吸入	●	●	●		●
経皮	●	●	●	●	●
経口	●		*		●, *

* 特に誤飲による経口摂取の可能性が考えられる

2.1 印刷用インクからの暴露シナリオ

暴露シナリオとして当面、以下を設定し、暴露評価を行う。

1) 吸入暴露

- ・新聞、書籍等の印刷物から揮発する PCB を吸入する

2) 経皮暴露

- ・新聞、書籍等の印刷物と接触し、PCB を皮膚から取込む

3) 経口暴露

- ・新聞、書籍等の印刷物と接触した食品を調理・食することにより PCB を摂取する

2.2 塗料からの暴露シナリオ

暴露シナリオとして当面、以下を設定し、暴露評価を行う。

1) 吸入暴露

- ・家庭内で使用された塗料の塗布面から揮発する PCB を吸入する

2) 経皮暴露

- ・家庭内で使用された塗料の塗布面と接触し、PCB を皮膚から取込む

2.3 着色合成樹脂からの暴露シナリオ

暴露シナリオとして当面、以下を設定し、暴露評価を行う。

1) 吸入暴露

- ・着色された樹脂製品から揮発する PCB を吸入する

2) 経皮暴露

- ・着色された樹脂製品と接触し、PCB を皮膚から取込む

2.4 繊維（捺染）からの暴露シナリオ

暴露シナリオとして当面、以下を設定し、暴露評価を行う。

1) 経皮暴露

- ・衣料のロゴ装飾部分と接触し、PCB を皮膚から取込む

2.5 着色紙からの暴露シナリオ

暴露シナリオとして当面、以下を設定し、暴露評価を行う。

1) 吸入暴露

- ・着色紙から揮発する PCB を吸入する

2) 経皮暴露

- ・着色紙と接触し、PCB を皮膚から取込む

3) 経口暴露

- ・着色紙と接触した食品を調理・食することにより PCB を摂取する

2.6 誤飲による経口暴露シナリオ

- ・幼児がプラスチック製品、玩具、文具を誤飲する¹ことにより PCB を経口摂取する
- ・幼児による誤飲事故におけるリスクは、慢性的な暴露による健康リスク評価の枠組みでは判定できないため、別途検討が必要である

3. 消費者製品経由のリスク評価

消費者製品中の PCB への暴露に伴うヒト健康リスクは、以下の式で計算されるハザード比 (H) で判定する。

$$H = D / ADI \quad (1)$$

ここで、 D ：消費者製品からの推定一日平均暴露量 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$)、 ADI ：PCB の一日摂取許容量。今回は「食品中に残留する PCB の規制について」(厚生省通知，昭和 47 年環食第 442 号)における暫定一日摂取許容量である $5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ を用いる。

4. 消費者製品からの暴露量推定

4.1 吸入暴露

家電や家具等の室内にある製品から放散する化学物質の室内暴露をモンテカルロ法で推定する iAIR (産業技術総合研究所) を用いて暴露を推定する。

モンテカルロ法：体重 (BW) のような集団内の個々人により異なる変数を確率分布として表現し、その分布に従って、乱数を多数回発生させて計算を繰り返し、計算結果 (暴露量) の統計量を得る手法。モナコ公国にある地区名モンテカルロから命名された

人が滞在する室内 i の空气中 PCB 濃度 (C_i , $\mu\text{g}/\text{m}^3$) は、iAIR に搭載された室内濃度推定モデル (図 1) を用いて、次式で推定する。

$$C_i = \frac{\sum EF + C_o nV}{nV + K_d S + K_1 V} \quad (2)$$

¹ 平成 22 年度家庭用品等に係る健康被害病院モニター報告 (厚生労働省) では、小児の誤飲事故の原因製品としては、最も多いのは「タバコ」で 130 件 (34.5%)。「玩具」は 34 件 (9.0%)、「プラスチック製品」は 25 件 (6.6%)。

表 1 に室内濃度推定モデルの変数の一覧を示す。

表 1 iAIR の室内濃度推定モデルの変数の一覧

変数	説明	変数	説明
EF	製品から気中への PCB 放散速度, $\mu\text{g/h}$	n	部屋の換気回数, 1/h
K_a	PCB の室内への吸着係数, m/h	K_d	PCB の分解速度定数, 1/h
C_o	室外空気中の PCB 濃度, $\mu\text{g/m}^3$	V	部屋の容積, m^3
S	吸着面積, m^2		

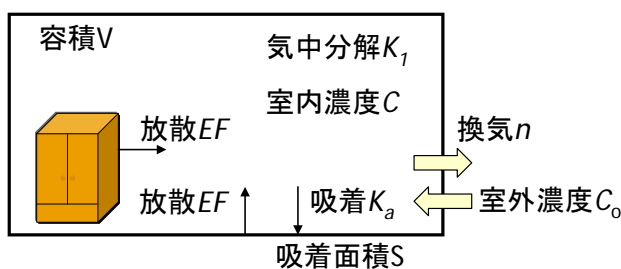


図 1 室内濃度推定モデル

印刷インク、塗料、着色合成樹脂および着色紙からの PCB の個人 j の吸入暴露量 ($D_{inh,j}$, $\mu\text{g/kg/日}$) は、iAIR に搭載された以下の式で推定する。

$$D_{inh,j} = \frac{\sum(C_i \times Q_i \times t_i)}{BW_j} \quad (3)$$

表 2 に室内吸入暴露量推定式の変数の一覧を示す。

表 2 iAIR の吸入暴露量推定式の変数の一覧

変数	説明	変数	説明
C_i	室内 i の空気中 PCB 濃度, $\mu\text{g/m}^3$	Q_i	個人 j の室内 i での呼吸量, m^3/h
t_i	個人 j が室内 i に滞在する時間, h/日	BW_j	個人 j の体重, kg

なお、iAIR は推定に蒸気圧と融点データを用いるが、PCB は混合物であるため、今後、顔料中 PCB について新たに得られる情報に基づいて、評価に用いる代表値を決定する。

4.2 経皮暴露

EUSES, ConsExpo, 消費者製品の推定ヒト暴露量推算ソフト (NITE) 等で採用されている推定式を参考にして推定する。

印刷用インク、塗料、着色合成樹脂、繊維 (捺染)、着色紙および文具中の PCB の経皮暴露量 (D_{der} , $\mu\text{g/kg/日}$) は、以下の式で推定する。

$$D_{der} = \frac{W_{der} \times AREA_{der} \times Fc_{migr} \times T_{contact} \times n}{BW} \quad (4)$$

表 3 に推定式 (4) の変数の一覧を示す。

表 3 経皮暴露量推定式の変数の一覧

変数	説明	変数	説明
W_{der}	製品単位面積当りの PCB 量, $\mu\text{g}/\text{m}^2$	$AREA_{der}$	製品と皮膚の接触面積, m^2
F_{cmigr}	皮膚への移行率, 1/日	$T_{contact}$	事象当りの接触時間, 日
n	事象発生数, 1/日	BW	体重, kg

4.3 経口暴露

EUSES, ConsExpo, 消費者製品の推定ヒト暴露量推算ソフト (NITE) 等で採用されている推定式を参考にして推定する。

非意図的な製品との接触より食品中移行した PCB の経口暴露量 (D_{oral} , $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$) は、以下の式で推定する。表 4 に推定式 (5) の変数の一覧を示す。

$$D_{oral} = \frac{C_{food} \times W_{food} \times n}{BW} \quad (5)$$

表 4 経口暴露量推定式の変数の一覧

変数	説明	変数	説明
C_{food}	食品中 PCB 濃度, $\mu\text{g}/\text{kg}$	W_{food}	摂取する食品料, kg
n	事象発生数, 1/日	BW	体重, kg

C_{food} は、以下の式で計算する。表 5 に推定式 (6) の変数の一覧を示す。

$$C_{food} = \frac{AREA_{art} \times TH_{art} \times C_{art} \times F_{cmigr} \times T_{contact}}{W_{food}} \quad (6)$$

表 5 食品中 PCB 濃度推定式の変数の一覧

変数	説明	変数	説明
$AREA_{art}$	製品と食品の接触面積, m^2	TH_{art}	製品の厚さ, m
C_{art}	製品中 PCB 濃度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	F_{cmigr}	食品への移行率, 1/日
$T_{contact}$	事象当りの接触時間, 日		

製品の誤飲による PCB の経口暴露量 (D_{oral} , $\mu\text{g}/\text{kg}$) は、以下の式で推定する。

$$D_{oral} = \frac{W_{art} \times C_{art}}{BW} \quad (7)$$

表 6 に誤飲による経口暴露量の推定式 (7) の変数の一覧を示す。

表 6 誤飲による経口暴露量推定式の変数の一覧

変数	説明	変数	説明
W_{art}	飲み込んだ製品量, kg	C_{art}	製品中 PCB 濃度, $\mu\text{g}/\text{kg}$

5. リスク評価のイメージ

PCB 含有インキで印刷された新聞紙等からの吸入暴露と経皮暴露に伴うヒト健康リスクは、以下のように評価される。

なお、以下の結果は、顔料中の PCB 濃度を 50 ppm とし、製品中の顔料割合も現時点での情報に基づく試算の結果であり、今後、結果は変わり得る。

5.1 吸入暴露量の推定

5.1.1 推定条件

1) 対象製品 (iAIR データベース)

- ・新聞紙, チラシ, 雑誌, 書籍のインク中顔料割合 : 20%, 顔料中 PCB 濃度 : 50 ppm, 製品残存率 : 100%
- ・顔料割合は「上手に使いこなす印刷インキ」(片山賢二著, 日本印刷新聞社)に記載された平板インキ 15~25%, グラビアインキ 5~15%を参考に設定。顔料中 PCB 濃度と製品残存率は仮定

2) 物性, 吸着係数および分解速度定数

- ・蒸気圧 : 1.15×10^{-2} Pa (US EPA の EPI Suite, CAS#1336-36-3)
- ・融点 : 122.32°C (US EPA の EPI Suite, CAS#1336-36-3), 過冷却状態の蒸気圧を推定に使用
- ・吸着係数 (K_a) : 0 m/h, iAIR に搭載された式 ($\ln K_{eq} = -0.569 \ln VP + 3.568$) で蒸気圧から推定された吸脱着平衡定数 (K_{eq}) が基準値 (1500) 未満であるため
- ・分解速度定数 (K_f) : 0 /h を設定 (OH ラジカルとの反応はないと仮定)

3) 体重 (BW)

- ・2005 年国民健康・栄養調査 (厚生労働省) の年齢別平均値を使用し, 一部線形補間

4) 呼吸量 (Q_i)

- ・暴露係数ハンドブック (産総研) の値を年齢で補正

5) 生活行動 (t_i , h/日)

- ・iAIR データベース (社会生活基本調査 (総務省)・国勢調査 (総務省) データに基づく) を使用

6) 室外濃度 (C_o)

- ・ 1.0×10^{-12} $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7) 排出係数 (EF_f)

- ・ 2.89×10^{-10} /h (= 2.53×10^{-6} /yr)
- ・decaBDE の排出係数 (リスクトレードオフ評価書「難燃剤」(産総研), 公開準備中) を, 蒸気圧に比例すると仮定して補正

8) その他の計算条件

- ・モンテカルロ試行回数 : 1 万回

- ・評価地域：全国
- ・評価対象年：2005年

5.1.2 推定結果

新聞紙・書籍から室内に揮発した PCB（ガス態＋粒子吸着態）の吸入暴露量は、平均で $2.6 \times 10^{-9} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ 、97.5 パーセントイルで $1.4 \times 10^{-8} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ と推定された。

5.1.3 ハザード比の推定

ハザード比は、97.5 パーセントイルの吸入暴露量でも 2.8×10^{-9} ($=1.4 \times 10^{-8} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日} / 5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$) と小さく、新聞紙・書籍等からの吸入暴露による PCB のリスクの懸念はないと判断される。

5.2 経皮暴露量の推定

5.2.1 推定条件

1) 対象製品

- ・新聞紙

2) 単位面積当りの PCB 量 (W_{der})

- ・新聞紙のインキ使用割合：0.0173

インキ使用割合 (t/t) = 新聞用インキの年間出荷量 / 新聞用紙の年間出荷量

新聞用インキの年間出荷量：化学工業統計（経済産業省）

新聞用紙の年間出荷量：紙・印刷・プラスチック・ゴム製品統計（経済産業省）

- ・新聞用紙の重量：43 g/m²

日本新聞協会の調査では 85% が超軽量紙 (43 g/m²) (新聞用紙の国内生産実績 (軽量化の推移)； <http://www.pressnet.or.jp/data/paper/>)

- ・片面単位面積当りの新聞インキ使用量：0.372 g/m²

片面新聞インキ使用量 (g/m²) = 新聞紙のインキ使用割合 × 新聞用紙の重量 / 2

- ・新聞紙片面単位面積当たりの顔料量：0.0744 g/m² (= 0.372 g/m² × 20%)

新聞インキ中顔料割合：20%

- ・顔料中 PCB 濃度：50 ppm (仮定)

- ・新聞紙片面単位面積当たりの PCB 量：3.7 μg/m² (= 0.0744 g/m² × 50 × 10⁻⁶ g/g)

3) 製品と皮膚の接触面積 ($AREA_{der}$)

- ・手のひらの面積：0.042 m² (出典：EUSES 2.1)

4) 皮膚への移行率 (FC_{migr})

- ・PCB のデータはないため、 $FC_{migr} = 1$ (最悪状況を仮定)

参考：TCDD (ラット、土壌から) の経皮吸収率：1.3%/日 (出典：Hrudey, Chen, Rousseaux, Bioavailability in Environmental Risk Assessment. Lewis Publishers, 1996)

5) 事象当りの接触時間 ($T_{contact}$)

- ・ 平均 0.0243 日 (=35 分), 標準偏差 0.0508 日 (=73 分) の対数正規分布を設定 (出典: NHK 放送文化研究所編国民生活時間調査 2005, 国民全体)

6) 事象発生数 (n): 1 回/日

7) 体重 (BW): 50 kg

5.2.2 推定結果

事象当りの接触時間 ($T_{contact}$, 日) に対数正規分布を設定してモンテカルロ法 (試行回数: 1 万回) で求めた経皮暴露量の平均は, $7.6 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ で, 97.5 パーセンタイルは, $4.2 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ であった。

5.2.3 ハザード比の推定

ハザード比は, 97.5 パーセンタイルでも 8.4×10^{-5} ($=4.2 \times 10^{-4} \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日} / 5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$) と小さいこと, さらには, 皮膚への移行率として最悪の状況を仮定していることから, 新聞紙・書籍との接触による経皮暴露のリスクの懸念はないと判断される。