

サブスタンスフロー分析を用いた臭素系難燃剤の排出量予測

Emission load of brominated flame retardants based on the substance flow analysis

○真名垣聡^{*1)}、横山泰一¹⁾、益永茂樹¹⁾、三宅祐一²⁾、本藤祐樹¹⁾

Satoshi Managaki, Yasukazu Yokoyama, Shigeki Masunaga, Yuichi Miyake, Hiroki Hondo

1) 横浜国立大学環境情報研究院, 2) 横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター

*managaki@ynu.ac.jp

1. はじめに

国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ(SAICM)の採択に伴い、化学物質のライフサイクル(素材製品～使用～廃棄・リサイクル)を通じた、ヒトの健康と環境リスクの削減が求められている。従来の対応は、排出・曝露量の削減という観点から化学物質の使用量を抑えるという考え方が一般的であった。しかしライフサイクル全体で見ると、過去の含有製品から継続的に放出される可能性もあり使用量の削減がすぐに排出量の削減に繋がるとは限らない。適切なリスク評価や管理のためには、ライフサイクル全体に亘って排出量を推定し、定量的な情報に基づいて発生源を解析することが望ましい。

そこで本研究は臭素系難燃剤 HBCD を事例に動的サブスタンスフロー分析をおこない、ライフサイクルに亘る環境中への排出量推定や発生源の把握を試みた。

2. 方法

2.1 HBCD のライフサイクル

HBCDの製造プロセスや使用製品の取扱(用途)情報、製品のリサイクルや廃棄に関する情報、及び環境中への排出経路を関係業界へのヒアリングと既存情報をもとに収集し HBCD のライフサイクルを調査した(図1)。尚、本研究ではライフサイクルのステージを製造、工業使用、消費者製品使用、廃棄に分類した。

2.2 環境排出量の推定

HBCDのライフサイクルに亘るフローをもとに我が国の環境排出量をステージ毎に推定し、サブスタンスフローを作成した。本推定では時間間隔は一年、対象期間は1986年から2030年に設定し、実際の計算は2040年までおこなった。HBCDのサブスタンスフローは各ステージにおける流入量、移動量(図1の実線矢印)及び環境排出量(図1の破線矢印)からなる物質収支に基づいている。尚、自然発生や副産物としてのHBCDの生成は無視できるものと仮定し、製品に含有した後の分解については考慮していない。また諸外国からの製品輸入に伴うHBCDの流入は対象外とした。

製造過程への流入量は国内生産量、工業使用過程への流入量は樹脂、繊維別に配分した国内需要量(2001年までの報告値)に基づいている¹⁾。2001年以降の国内需要量に関しては指数関数に当てはめて推定した。工業使用

以降のステージへの流入量は前ステージからの移動量に相当している。移動量は移動係数によって算出し、その値は定数とした。ただし消費者製品使用のステージから廃棄過程への移動は使用製品の耐用期間に応じたストック(残存率)を考慮している。各ライフステージにおける環境排出量は流入量と排出係数を乗じて算出した。排出係数はEU Risk Assessment Reportに記載されている値を用いた²⁾(表1)。

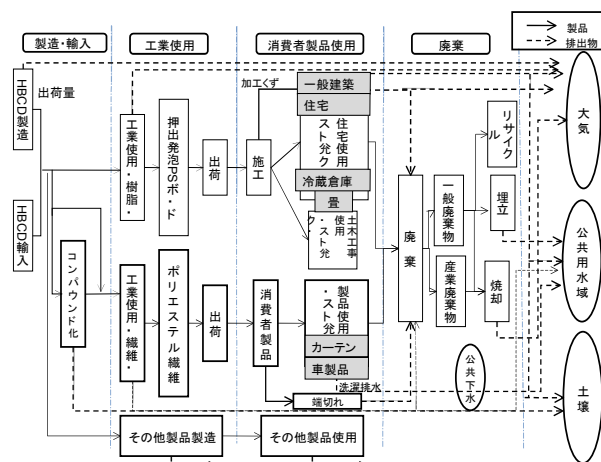


図1 臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルフロー

表1 HBCD の排出係数

ステージ	排出先	排出係数
HBCD 製造	大気	3E-07
	水域	1E-06
	土壌	報告値なし
HBCDコンパウンド	大気	3E-07
	水域	3E-07
樹脂製品工場	大気	5.8E-05
	水域	2.6E-06
	土壌	報告値なし
繊維製品工場	大気	7E-07
	水域	9E-03
樹脂製品使用	大気	2.4E-05
	水域	2.3E-05
繊維製品使用	大気	2.3E-05
	水域	2.3E-05
焼却	大気	報告値なし
	土壌	報告値なし
埋立	土壌	2.4E-05

3. 結果と考察

HBCD の国内需要量と製品の使用量 (ストック量) 及び廃棄過程における埋立量を示す (図2)。HBCD の国内需要量は2010年に約2,800 トンで最大となったが、繊維に配分されるHBCDの需要量が2011年を境に減少するため、最終的に2030年には約2,600 トンとなった。これは繊維業界が2011年までにHBCDの使用を取りやめることを表明しておりそのシナリオを反映させた結果である。一方製品の使用量 (ストック量) は、樹脂として使用される製品の耐用年数が長いため、経時的に増加傾向を示し、2030年には約48,000 トンがストックされると推定された。また廃棄過程で埋め立てられた HBCD 量は2030年に34,000 トン程度となった。この量は対象期間内(1986年~2030年)における累計国内需要量(95,000 トン)の36%に相当する。比較として、2000年では累計国内需要量に対して、埋め立てられた量は約10%と計算され、経年的に増加傾向を示した。本研究では廃棄過程における焼却、埋立やりサイクル処理方法は一定の割合を仮定しており、将来における変化を考慮しているわけではない。しかし変化がない場合、下流側(廃棄過程)の寄与が今後大きくなることが想定される。

大気、水域における環境排出量を図3に示す。HBCD は水域への排出よりも大気への排出量が多かった。また大気への排出量は年々増加傾向にあり、2030年には最終的に1,000kgと推定された。この値はHBCDの国内需要量の約0.04%に相当する。環境媒体(大気、水域)毎に発生源を見ると大気への排出は樹脂、繊維製品からの寄与が相対的に大きい。経年的に見ると下流側(消費者使用製品のステージ以降)からの排出が重要であると示唆された。一方水域への排出は製造過程、繊維工場での使用過程からの寄与が大きかった。そのため繊維におけるHBCDの使用を削減した後はHBCD国内需要量の増加にかかわらず排出量が横ばい傾向を示した。

4. まとめ

本研究からライフサイクル全体で化学物質の排出・曝露量を削減していくためには、製品の耐用期間における排出や廃棄後の排出も考慮して適切な処理方法を選択する必要があると考えられる。

5. 謝辞

本研究プロジェクトは、平成19~21年度の文部科学省科学技術振興調整費による「科学技術連携施策群の効果的・効率的な推進」により実施している。

6. 参考文献

- 1) Isao Watanabe et al.: Environment International. (2003), 29, pp.665-682.

2) Risk assessment Hexabromocyclododecane, (オンライン) 入手

先<http://www.bsef-japan.com/index/files/HBCD%20Final%20RA.pdf>

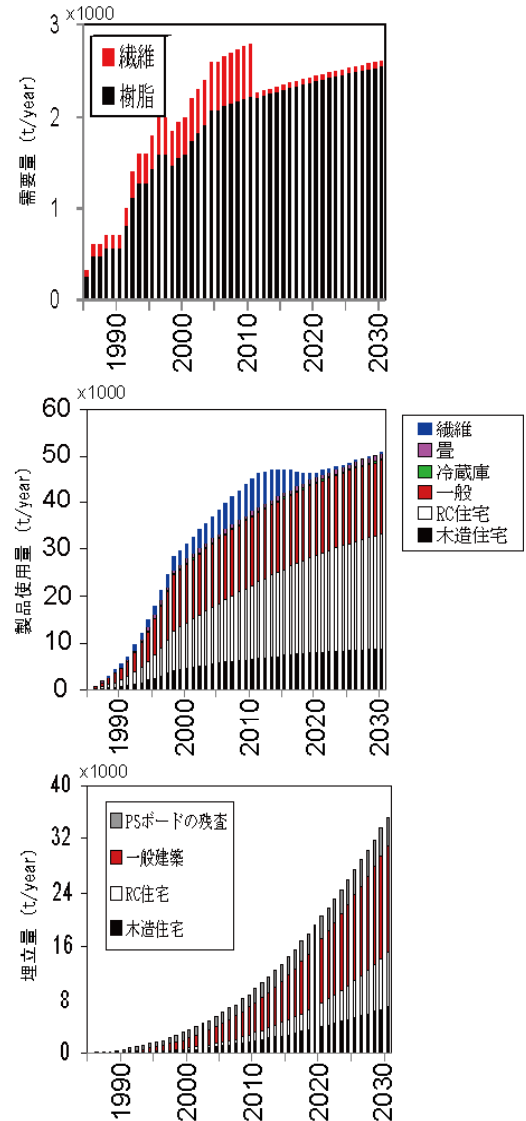


図2 HBCDの需要量(上)、製品使用量(中)、埋立量(下)の推移

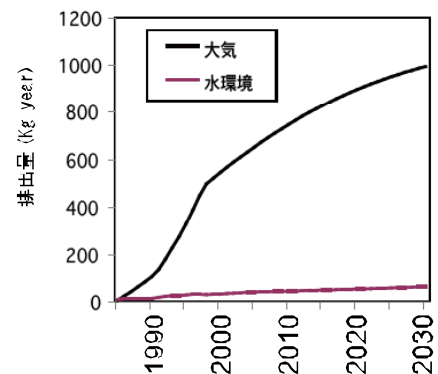


図3 HBCDの環境排出量の推移