

臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルを考慮した環境への排出量予測

○真名垣聡¹, 横山泰一¹, 本藤祐樹¹, 三宅祐一², 益永茂樹¹(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センター)

【はじめに】

臭素系難燃剤は水環境中の堆積物や、室内環境中のダスト等様々な媒体から広い範囲で検出される。これらの報告は臭素系難燃剤が工業排水や含有製品等を起源として複数の経路から排出される、いいかえると化学物質のライフサイクル(製造～製品使用～廃棄・リサイクル)を通じて排出される可能性があることを示唆している。現在、濃度分布や環境動態の把握といった環境中に排出された後のプロセスに焦点をおいた研究は国内外で多くおこなわれている。その一方で、製造から廃棄までのライフサイクル過程に着目して、環境中に排出されるまでのプロセスを明らかにする研究は著しく欠如している¹⁾。適切なリスク評価や管理のためには生産から廃棄までのライフサイクル全体を通して化学物質の挙動、排出量や発生源を解析することも今後必要である。

そこで本研究は臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)を事例にライフサイクルに亘る HBCD のプロセスを把握し、環境中への排出量推定や発生源の解析を試みた。

【方法】

HBCD のライフサイクル調査:

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や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。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。

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(Fig.1 の実線矢印)及び環境排出量(Fig.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。諸外国からの製品輸入に伴う HBCD の流入は対象外とした。またシナリオとして以下を想定した。繊維メーカーの 90%が 2009 年を境に HBCD の使用を段階的に削減し、2013 年までに使用を中止する。一方で樹脂用への HBCD の使用はこのまま使い続けるとした。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に基づいている²⁾。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³⁾。

Emission load of hexabromocyclododecane in Japan considering its life cycle

Satoshi Managaki¹, Yasukazu Yokoyama¹, Hiroki Hondo¹, Yuichi Miyake², Shigeki Masunaga¹,

1 Yokohama National University Graduate School of Environment and Information Sciences

2 Yokohama National University Center for Risk management and Safety Sciences

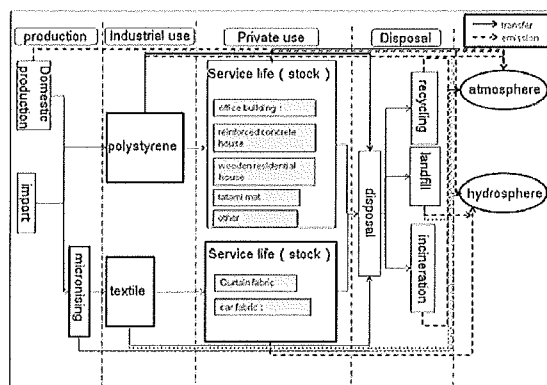


Fig.1 Life cycle of HBCD in Japan

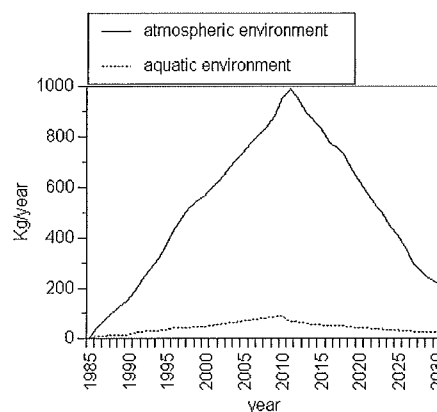


Fig.2 Emissions of total HBCD to atmosphere and aquatic environment

【結果と考察】

HBCD のライフサイクルを示す(Fig.1)。国内需要量の約 80%が発泡ポリスチレン製品に、20%が繊維用として使用されている。発泡ポリスチレン製品は断熱材として家屋の建材や冷蔵倉庫、畳の芯材として、繊維は難燃カーテンや自動車等のシートに使用されている。製品中 HBCD は使用后、廃棄物として埋立や焼却される。

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 2010 年以降段階的に減少するため、最終的に 2030 年には約 2,600 トンと推定された。一方製品中に含有されている HBCD の蓄積量(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 29,000 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 18,000 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 19%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、埋立やリ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、廃棄過程からの寄与について考慮する必要がある。

大気、水域における環境排出量を Fig.2 に示す。HBCD は水域への排出よりも大気への排出量が多いと推定された。また大気への排出量は、2011 年を境に減少傾向を示し 2030 年には最終的に 225kg と推定された。この値は HBCD の国内需要量の約 0.01%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繊維製品からの寄与が相対的に大きく、一方水域への排出は繊維工場での工業使用と製品使用からの寄与が大きい結果となった。そのため両媒体(大気、水域)とも、繊維用 HBCD の使用削減により、HBCD 国内需要量の増加にかかわらず排出量が減少していくことが示唆された。

【結論】

HBCD のライフサイクルにわたるプロセスフローと推定排出量から、HBCD の製造過程だけでなく製品使用における排出の重要性も示唆された。今後、得られた推定値と環境中濃度との傍証をおこなう必要がある。

【参考文献】

- 1) 山口ら,環境科学誌, 291-307 (2006)
- 2) Isao Watanabe et al.: Environment International. (2003), 29, pp.665-682.
- 3) Risk assessment
Hexabromocyclododecane, <http://www.bsef-japan.com/index/files/HBCD%20Final%20RA.pdf>