

消費者製品中にストックされた臭素系難燃剤 HBCD の排出及び曝露分析

Analysis of emission and exposure of Brominated Flame Retardants stocked in consumer products

○真名垣聡¹⁾、小林剛¹⁾、三宅祐一²⁾、本藤祐樹¹⁾、三宅淳巳¹⁾、益永茂樹¹⁾

1) 横浜国立大学、2) 静岡県立大学

○Satoshi MANAGAKI *, Takeshi KOBAYASHI *, Hiroki HONDO*, Yuichi MIYAKI**, Atsumi MIYAKE*, Shigeki MASUNAGA*

* Yokohama National University, ** University of Shizuoka

Abstract: A methodology has been developed for exposure assessment that will take whole life-cycle of a chemical into consideration. As a case study, environmental emission of hexabromocyclododecane (HBCD), a brominated flame retardant, was estimated based on substance flow analysis (SFA). Among the estimated HBCD emissions from its production to waste processes, that from stocked products (e.g., curtain and insulation board) to indoor environment was found as a significant contributor. Using a multimedia fate model and the estimated amounts of HBCD emission, exposure of HBCD to adults through its lifecycle was estimated. Then it was converted to a body burden. The result was compared with those observed for the Japanese human milks, which showed good agreement for the period of 1986 - 2005. The use of SFA, combined with environmental fate models enables us to consider every possible exposure pathways and to improve the reliability of exposure assessment.

キーワード：HBCD, consumer products, substance flow analysis, life cycle

1. 緒言

2004年に発効した、残留性有機汚染物質(POPs)の汚染防止を目的とするストックホルム条約の下では、当初指定された12物質(群)に加えて新たに9物質(群)が追加された(2009年5月)。また現在、追加候補物質もいくつか存在している。これまで規定された物質は禁止農薬類等が多かったが、それ等とは異なり追加(候補)物質には消費者製品に使用されてきた(いる)有用な物質が含まれている。製品中に含まれる物質は、製品寿命に応じて長期間残存する可能性があり、規制後も長期的な曝露源となり得る。このような背景のもと現在、製品中に含まれる化学物質のリスク評価・管理の重要性が高まっておりそれらに関連する研究も進められている^{1),2)}。

本研究は、有害性が懸念される化学物質を用いている「製品」のライフサイクルに着目した化学物質の管理政策の立案に寄与することを目指している。本稿では、その第一歩として製品中の臭素

系難燃剤 HBCD(ヘキサブプロモシクロドデカン)の蓄積量(ストック)をサブスタンスフロー解析によって推定し、生産から廃棄までのライフサイクル・インベントリ分析から消費者製品における曝露の寄与を明らかにする。

2. 方法

サブスタンスフロー分析

本研究では、サブスタンスフロー解析(ライフサイクル・インベントリ分析)に基づくライフサイクルリスク評価をおこなった。はじめにHBCDの製造プロセスや使用製品の取扱(用途)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)。次にHBCDの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。HBCDのサブスタンスフローは各ステージにおける流入量、移動量及び環境排出量からなる物質収支に基づい

ている。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、時間間隔は一年、対象期間は 1986 年から 2030 年に設定した。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。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。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。さらに、HBCD のサブスタンスフロー解析から得られた推定排出量と一般環境濃度や曝露量推定のためのツールや情報を用いて、一般環境経由でのヒトへの曝露量を推定した。

3. 結果

製品中の HBCD 使用量 (ストック量) を示す (図 2)。HBCD の製品使用量 (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 25,000 トンがストックされると推定された。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) の約 26% 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、ストック量は約 10% と計算され、経年的に増加傾向を示した。今後、下流側 (廃棄過程) の寄与が大き

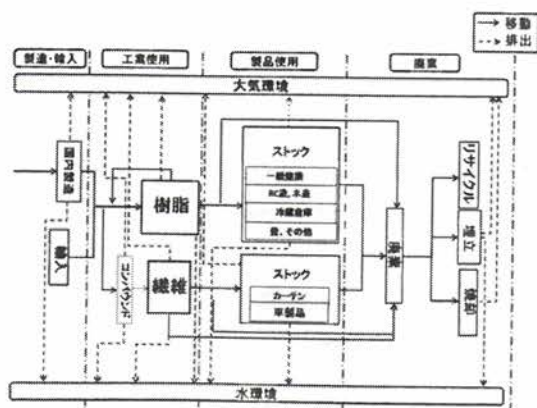


図 1 臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルフロー

くなることが想定される。

大気、水域における環境排出量は、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く、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。

環境濃度のモデル推定値に関しては、実測値との検証をおこなった。さらに複数のシナリオを設定し、評価対象物質のハザード・物性情報・曝露情報をもとに曝露解析・リスク評価をおこなった。その結果、推定摂取量は 2.48 ng/kg-bw/day となり、食事 (魚類、畜産)、製品由来で比較すると 26% が製品に由来すると推定された。

5. 文献

- 1) 産業技術総合研究所安全科学研究部門, リスク・トレードオフ解析手法の開発, 入手先 <http://www.aist-riss.jp/projects/RTA/aboutus.html>
- 2) 横浜国立大学化学物質リスク管理情報基盤研究チーム(2008), 環境情報科学, 38, pp. 64-67.

謝辞

本研究の一部は、環境研究総合推進費(C-1003)の支援により実施された。

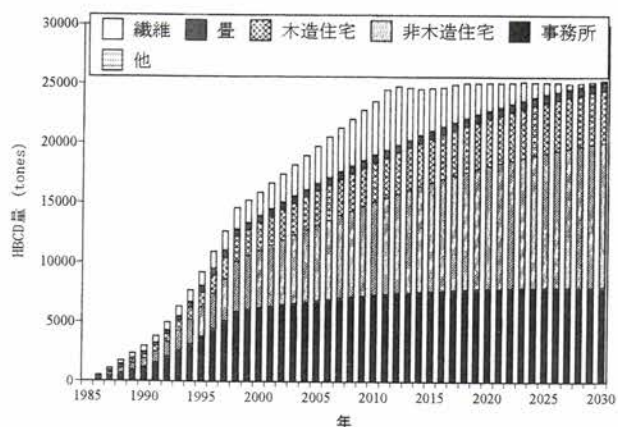


図 2 製品中の HBCD 蓄積量