

化学物質のライフサイクルに亘るリスク評価の試み

A basis for environmental chemical risk assessment from a life-cycle perspective

横浜国立大学 大学院環境情報研究院 ○益永 茂樹、本藤 祐樹、横山 泰一、真名垣 聡

1. はじめに

化学物質のライフサイクルを通じたリスク評価の必要性は、2006年2月に開催された国際化学物質管理会議 (ICCM) の国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ (SAICM) に明記され、OECD 等でその評価手法の構築が始まっている。現在、我が国でも多様な化学物質に適用可能な評価手法の開発が進められているが¹⁾、国毎に整備されている情報が異なること、また評価対象とされる物質数・用途が限定されていることから、限定されたライフステージや用途を限定したリスク評価に留まっていることが多い。そのため全ライフサイクルを通じたリスク評価手法の早期の確立が期待されている。

本研究グループは、「総合科学技術会議 科学技術連携施策群」の「事業者の化学物質リスク自主管理の情報基盤 (代表者: 三宅淳巳、FY2007~2009)」において、事業者等のリスク評価を支援するため、フィジカルリスクと環境リスクの双方に着目したライフサイクルリスクの評価に必要な危険性、有害性、曝露シナリオ等の情報と、その活用のためのツールを収集・整理して提供する情報プラットフォームを構築してきた²⁾。また、事例物質 (臭素系難燃剤 HBCD:1,2,5,6,9,10-ヘキサブプロモシクロデカン等) を取り上げてライフサイクル (製造・流通・使用・消費・廃棄) を通じた放出量・曝露量の推定を行い、マテリアルフローに基づいたライフサイクルリスク評価を試みている。本稿では HBCD についてこれまで得られた結果を紹介し、ライフサイクルを通じたリスク評価手法の課題や必要性について考察する。

2. 実験方法

本研究では、マテリアルフロー解析 (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、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)。得られたデータは関連業界へヒアリングをおこない、データの信頼性を確認した。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、マテリアルフローを作成した。HBCD のマテリアル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、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。

HBCD のマテリアルフロー解析から得られた推定排出量と情報プラットフォームに搭載されている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、及び労働環境下でのヒトへの曝露量をそれぞれ推定した。

3. 実験結果

HBCD のライフサイクルをもとに、製品中の使用量 (ストック量) や環境排出量を定量的に推計した。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、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 2 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 900kg と推定された。この値は HBCD の国内需要量の約 0.03%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ため、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減少傾向を示した。

HBCD のマテリアルフロー解析をおこない、得られた推定排出量と情報プラットフォームに搭載されている一般環境濃度や曝露量推定のためのリスクアセスメントツールを用いて、一般環境経由、及び労働環境下でのヒトへの曝露量をそれぞれ推定した。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・曝露情報をもとにリスク評価をおこなった。その結果、マテリアルフロー解析から得た排出量と情報プラットフォームに搭載したリスクアセスメントツールや情報を活用することで一般環境経由でのヒト曝露量の推定は不足なくおこない、評価することができた。一方、労働環境におけるヒト曝露量の推定では、排出源情報として整備した産業工程の構成要素を参照することで、ツールに必要なパラメータ入力が可能となった。現在、産業工程の構成要素は情報が不足している部分である。今後、推定値と実測値の検証や、我が国における網羅的な曝露シナリオの更なる充実がライフサイクルリスク評価の課題である。

4. 結論と今後の課題

事例物質のライフサイクルリスク評価をとおして、マテリアルフロー解析による排出量推計、排出量から情報プラットフォームのツールを用いたヒト摂取量を求めるモデル推計手法などを検討した。特にマテリアルフロー解析の結果、製品中に含まれる化学物質がその耐久年数に応じて長期間残存する可能性があることが明らかになった。このことは化学物質によるリスクの低減方策の効果を検討する場合は、化学物質の製造段階といったある特定のプロセスだけに着目するのではなく、廃棄処理も含めてライフサイクル全体を見通す必要があることを示唆している。

HBCDに代表されるように製品中に含まれる化学物質の中には現在、規制候補となっている物質も存在する。そのため、規制候補物質の代替案（代替物質／プロセス）の検討・導入が想定される。今後、化学物質のライフサイクルに亘るリスク評価手法は対象物質だけでなくその代替案も含めた検討が重要になってくると考えられる。また、化学物質の有するリスクだけでなく、温室効果ガス削減や埋立処分削減などの社会的要請・政策課題とのトレードオフにも留意して製品のライフサイクル全体にわたる化学物質の管理方策について検討することが期待される。

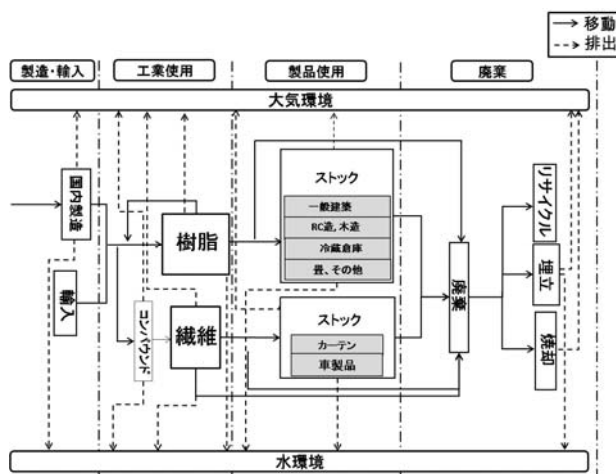


図1 HBCDのライフサイクル

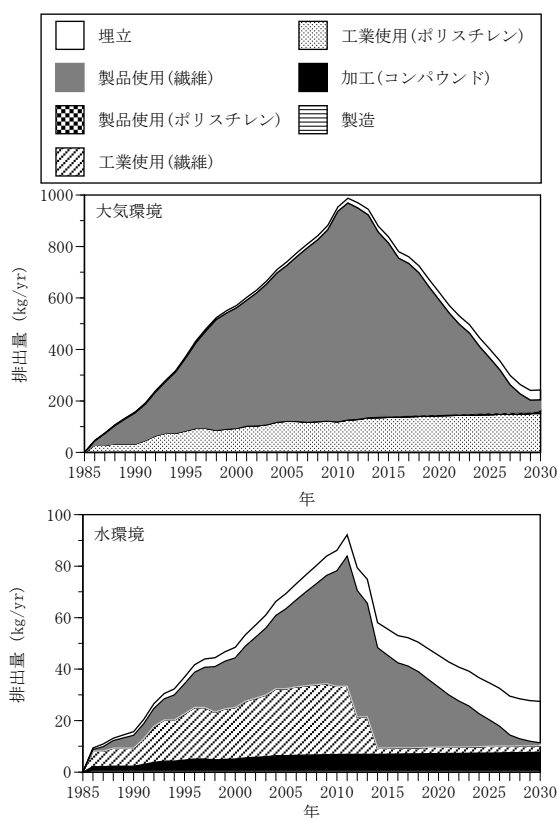


図2 HBCDの環境排出量の推移

参考文献

- 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プロジェクトチーム(2008), 化学物質のライフサイクルにわたるリスク評価のための新たな研究と情報整備, 環境情報科学, 38, pp. 64-67.

キーワード マテリアルフロー解析、ライフサイクル、HBCD