

ベネフィット評価に基づく臭素系難燃剤 HBCD 管理に向けた課題の整理

Identifying problems in constructing management strategies of Hexabromocyclododecane based on benefit analysis

○井上 知也*, 益永 茂樹*

Tomoya INOUE, Shigeki MASUNAGA

Abstract. We reviewed broad literature and reports of Hexabromocyclododecane (HBCD) about risk assessment and regulatory statement around the world. Based on the evaluation of HBCD benefit and alternative methodologies from the socio-economic perspective adding to the potential risk, it highlights that HBCD use include the benefit for avoiding fire risk and enhancing ability to use EPS/XPS, whereas we have to conduct the continuous debates, in particular PBT property. With the findings of the present study, we anticipate the possibility of making projections for (1) risk reduction analysis by introducing voluntary programmes to control and reduce emissions of HBCD into environment, and (2) comprehensive chemical management strategy including benefit analysis and socio-economic analysis.

Key Words: HBCD, Benefit analysis, Fire risk, POPs, Socio-economic

1 はじめに

化学物質は、その歴史的な生い立ちからいって、ベネフィットが理解されにくい構造を持っており、さらには、そのリスクが分かりにくいという決定的な特性も有している (安井至, 2008)。その一例とも言えるのが臭素系難燃剤 (BFRs) である。これまで、BFRs は我々に大きなベネフィット (火災被害の低減) を与えてきたが、リスク側の制約が厳しくなるにつれて予防原則的な対処を受けている。本研究では、BFRs の中でも特に、欧州 REACH の高懸念物質 (SVHC) や残留性有機汚染物質 (POPs) の候補に挙げられているヘキサブロモシクロドデカン (HBCD) を事例にして、大きなベネフィットを持つ化学物質の管理における問題点を整理する。

1.1 HBCD とは

HBCD はその約 8 割が建設用の発泡系断熱材 (EPS/XPS) に、約 2 割が繊維製品に利用されている (経産省 (2009))。近年日本における需要量は約 3,000

t/year で増加傾向にあり (環境省 (2007))、OECD の定義する高生産量化学物質に該当する。

1.2 HBCD の何が問題か

Sellström ら (1998) が底質、魚類中で HBCD の存在を確認したのを皮切りに、あらゆる生体中、環境中に広く分布していることが明らかになってきた。さらに難分解性 (P)、高蓄積性 (B)、毒性 (T) つまり PBT 性状を持つ可能性、長距離移動性 (LRTP) を持つ可能性が懸念され、国レベル、国際レベルで規制に乗り出している。しかし HBCD の PBT 性状がいわゆるグレーゾーンにかかることなどから、研究者間でも物性の議論が未だ終わりを見せない。

1.3 なぜベネフィットを考慮するのか

DDT の世界的な使用禁止が始まってからほぼ 30 年が経過して、2006 年 9 月、WHO はマラリア対策として DDT の室内残留性噴霧を推奨する方針を発表した (WHO (2006))。DDT は環境中に 12 年も残留するため、野生生物に対し有害な影響を及ぼすこと

* 横浜国立大学環境情報学府 (Yokohama National University)

が分かっている。しかし、マラリアの媒介を防ぐ効果が高いこと、費用が低いこと、他に良い方法がないことを根拠として (WHO (2005)) DDT の部分的使用を認めたのである。定量的な評価に基づいた判断ではないが、リスクを最小限にとどめてベネフィットを最大限まで引き出すことを目的とした措置であろう。同様に、難燃剤を用いて TV 火災や一般火災を回避することで得られるベネフィットは、ヒト健康リスクを考慮したとしても大きいとする研究結果がある (井上ら (印刷中), 東海ら (2009))。

このように、リスクが懸念されていてもベネフィットが大きな化学物質に対して、これまでの様にリスク情報だけで議論しては DDT 事例の様にリスクのトレードオフを見落とし、不適切な管理による甚大な損害を発生させる可能性がある。

2 HBCD のリスクに関する議論のレビュー

以下、各機関からの報告書を中心にレビューする。

2.1 National Research Council (NRC)

NRC (2000) は HBCD を含め 16 の難燃剤に対して毒性と曝露のデータをレビューし、消費者と、家具から潜在的な曝露を受けている一般人を対象としてヒト健康リスクを評価した。当時集められ得る限りのデータと堅実な曝露推定に基づき「HBCD のこれ以上のヒト健康リスク評価は不要」と結論付けた。

2.2 欧州連合 (EU)

1996 年に開始された HBCD の EU リスク評価 (EURA) は 2007 年に終了し、健康・環境リスク科学委員会 (SCHER) によるコメントを受け (SCHER (2008a), SCHER (2008b)), 2008 年 5 月に最終版が公開された (ECB (2008))。消費者へのリスクは認められないこと、現在の EU で標準化されている労働衛生措置が守られていれば作業員へのリスクも認められないこと、生態に対しては継続調査の必要性があることが指摘された。また、環境中濃度の増加傾向から、HBCD を PBT 物質と判断した。

それに対し、ECHA (2008) は EURA が HBCD の将来の環境中排出を考慮しなかった点がリスクの過小評価を生んでいると指摘している。また、SCHER (2008b) は Law ら (2008) の結果に基づき、PBT 性状を有するという結論には同意していない。

その後、EURA 担当国スウェーデンはリスク削減戦略案を作成、公表し、PBT 性状を有する物質のリスク評価の難しさについて言及すると共に、効率性、実効可能性、経済的影響、モニタリング可能性を考慮した上で政策課題を抽出した (KEMI (2007a))。

2.3 Flame retardants Integrated Risk assessment for Endocrine effects (FIRE)

欧州の各国研究機関が連携して、BFRs の健康リスクと内分泌攪乱影響を検討した。2004 年「HBCD に内分泌影響作用はない」と結論付けていたが、一転、HBCD (Lilienthal ら (2009)) だけではなく、DecaBDE (Van der Ven ら (2008a)), TBBPA (Van der Ven ら (2008b)) にも同様に内分泌攪乱が懸念されるとの研究結果を公表した。HBCD については既存の NOAEL より 200 倍高い毒性エンドポイントを提案した。

2.4 米国

2.4.1 EPA Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) ワーキンググループ

米国 EPA の PBDEs ワーキンググループは PBDEs の管理に向けて進捗報告書を定期的に作成しており、2008 年 12 月に第 3 版を公開した (USEPA (2008a))。本ワーキンググループ目標は大きく 4 つあり、その一つが PBDEs 以外の難燃剤 (TBBPA, HBCD) のリスク情報の追尾であり、今後の進捗が期待される。

2.4.2 EPA Integrated Risk Information System (IRIS)

2008 年 10 月から、IRIS によって HBCD の有害性が評価されている。この最初の結果は 2010 年 7 月に同 HP 上で公開され、さらに、2012 年までに HBCD の再評価を完了する予定である。

2.4.3 EPA 化学物質評価管理計画 (ChAMP)

EPA は、ChAMP の下で HBCD のリスクに基づいた管理に向けての優先順位評価を行い、HBCD の管理優先順位は上位と判断した (USEPA (2008b))。スクリーニング的評価ではあるがリスクベースでの評価を行い、「作業員、消費者、子供への曝露、環境中への放出に対しリスクの懸念は高いが、易分解性を持つとして PBT 性状は有さない」と結論付けた。

2.5 オーストラリア

工業化学品届出・審査機関 (NICNAS) が HBCD を含む難燃剤 17 物質の製造、輸入、使用に関する情報を収集しており、必要に応じて詳細リスク評価や規制の必要性を判断することになっている。今後更なるリスク評価を実施するかどうかは、OECD プログラムの完了を待ってから決定するとしている。NICNAS のヒト健康リスク評価は、火災リスクとのバランスを考慮している点に大きな特徴がある。

2.6 カナダ

現在 TBBPA・TBBPA 誘導体と共に、ヒト健康を対象としたスクリーニング評価が進行中である。評価は今年中に完了・公表されるといわれている。

2.7 まとめ

HBCD は PBT 性状を持っているかどうかを判断す

るにあたってボーダーライン上にある化学物質であり、EPA の評価結果を見ても分かるように、特に分解性に関してはさらなる研究が必要である (Nyholm (2009)). また、Arnot ら (2009) は既存のデータや解析ツールを用いて再評価を行い、これまでのPBT性状の議論に疑問を投げかける研究結果を示している。このように、10年間もの評価でEURAが完成した現在も、物性に関して“さえ”もまだ多くの部分が未知であり、確定的なことが言えないのが現状である。それにも関わらず、各国政府機関や国際組織は規制に急いでいる。次章でそれらを概説する。

3 HBCDの規制動向に関するレビュー

3.1 日本

HBCDは2004年9月、化審法の第一種監視化学物質に指定された。また、当時から難分解性・高蓄積性は認められており、ヒトまたは高次捕食動物への長期毒性の有無が不明な既存化学物質だったため、次の再審査に大きな注目が集まっていた。そして2008年12月、Ema ら (2008) の2世代生殖毒性試験の結果を受け、ヒトに対する毒性は高くないと判断し第一種監視化学物質に据え置く結論を出した。また、水生生物への毒性が高いと判断されたことから第三種監視化学物質にも同時に指定されたが、樹脂や繊維製品の難燃剤として難燃性能や経済性で優位性あることから、実質的な規制は行われていない。

3.2 欧州

3.2.1 オランダ

HBCD製造者、HBCD含有製品製造者に対して排出量規制が設けられている (KEMI (2007a)).

3.2.2 スウェーデン 他数ヶ国

有機塵 (HBCD 含む) の職業中の限界曝露濃度はスウェーデンで5mg/m³、その他多くの国で10mg/m³と定められている (ECB (2008)).

3.2.3 ノルウェー有害化学物質規制 (PoHS) 法

ノルウェー国内の消費者向け製品を対象としたPoHS法は2008年1月1日施行の予定だった。しかし周辺国からの非難を受け、さらに国内企業も反対したため、施行を延期し使用制限を当初の18物質から10物質 (HBCD 含む) に減らしたが施行期日は未定である。また、PoHSの施行にあたってノルウェー汚染管理局は影響評価を行い、「現在発現しているHBCDのリスクに対して予防原則が適用されるべきであり、また、環境中へのHBCD放出量減少は国民の総意であるため早急に禁止措置を取るべきであり、その際に発生する経済的便益は費用よりも大きい」と結論付けている (SFT (2007)).

3.2.4 REACH

高懸念物質にすべきとする KEMI からの提案と、EURAの「HBCDはPBT物質」との判断を加味し、HBCDはREACHに基づく認可対象物質候補となり、現在、ECHAへの報告義務と下流への情報提供の義務が生じている (BSEF (2009)). また、認可対象物質に指定された場合、「社会経済的便益がリスクを上回り」かつ「適当な代替物質・技術がない」ことが示されなければ認可されない。2011年6月1日、REACH規則Annex XIVに入る認可対象の10物質がリストアップされる予定である。産業界はEPS/XPSの適用除外を求めているが、REACHの規定に基づき、他に規制がない断熱材用途を適用除外にすることはできない (ECHA (2009a)). 現在 ECHA は欧州委員会に勧告を行い、HBCDを認可対象物質とするかどうかを審議中である (ECHA (2009b)). 加盟国委員会 (MSC) は既に、社会経済分析 (SEA) を行い (see Fig.1) 認可/不認可の判断を行うべきとのECHAの提案に同意しているため (ECHA (2009a)), 今後数年の間にSEAを行いHBCDの社会経済的優位性を示さなければ不認可になる。SEAの中では以下の項目を考慮することができる (EC (2007)).

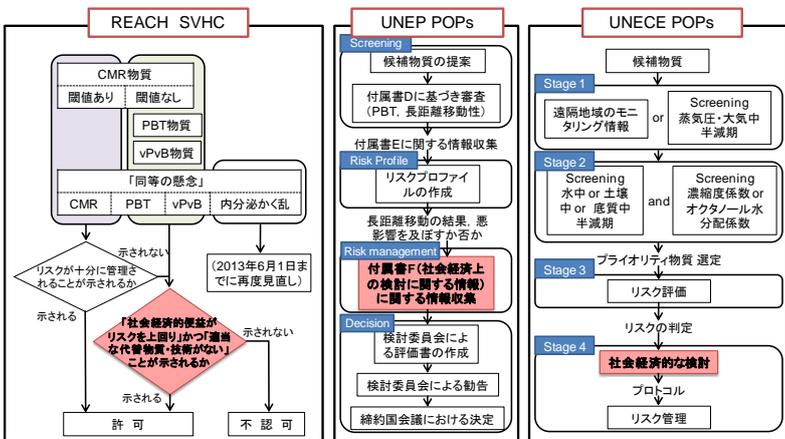


Fig. 1 REACH 認可付与のための必要な条件 (左, MIRI (2008)), POPs の選定プロセス (中, 右)

- 業界や関連事業に及ぼす影響 (e.g. 移行措置, 新技術の導入, 職場の確保と雇用等)
- 消費者に及ぼす影響 (e.g. 製品価格, 製品の品質・性能の変化, 消費者の健康と環境への影響等)
- 代替物質, 代替技術の利用可能性 (e.g. 代替物質を使うことの社会的, 経済的影響等)
- 貿易, 競争や経済発展に及ぼす影響

ところが、PBT性状に関する結論は変わり得る。MSCは、HBCDのPBT性状に関する新たな研究結果をSCHER (2008a, 2008b) から更新

していないため、2008年10月の「PBT性状を持つ」との判断は変わり得るとしている (ECHA (2009a)).

3.2.5 RoHS

現在の規制物質：6物質 (Annex 4) への追加候補46物質が検討され、最終的にはHBCD、可塑性剤3種類の計4物質に絞り込まれた (Annex 3)。もし今後、ヒトや環境に対して受容出来ないリスクが見つかったりその使用によりリスクが懸念される場合は、REACH規則の制限物質への提案の手続きに従いAnnex 4に加えると定めている。今後、本改訂法案が上程され、閣僚理事会、欧州会議で審議後、2010年告示、2012年施行になるとみられている。

3.3 国際レベル

3.3.1 国連環境計画 (UNEP) POPs 条約

2008年のPOPs評価委員会第4回会合 (POPRC4) で取り扱われるはずだったスクリーニング評価は、2009年10月13～17日にジェノバ (スイス) で開催されるPOPRC5に延期された。つまり現在はまだ評価前の段階である (see Fig. 1)。HBCD担当国のノルウェーはPOPs提案書を提出し (Nordic Council of Ministers (2008))、また、「地球規模の汚染」と「将来支払う大きな代償」を回避するためには国際的な取り組みが重要であるとしている (UNEP (2009))。

3.3.2 国連欧州経済委員会 (UNECE) LRTAP 条約

UNECE加盟国全56ヶ国中51ヶ国が本POPs議定書を批准している。LRTAP条約は越境大気汚染に特化した国際条約であるため、POPs指定の際にLRTPを重視する (see Fig. 1)。ちなみに、日本は同議定書に批准していない。

UNECEではUNEPに先駆けてHBCDの評価が行われ「PBT性状とLRTPを有することからPOPs性状がある」と結論付けたが、「LRTP性状を持っているという事実が、HBCDが重大なヒト健康影響や環境影響を持つことには繋がらない」と付け加えている (UNECE (2009))。また、「各国政府や各国際機関はHBCDのリスク情報やマネジメント方法を模索中であり、また、HBCDのコスト・ベネフィットの情報、代替物質のヒト健康影響、環境影響の情報が不足している」と明記している。さらに、「POPRCに提出されたノルウェーのPOPs提案書 (Nordic Council of Ministers (2008)) 中には、行うべき規制について言及されておらず、様々提案されている規制の社会的・経済的影響を評価するためにはより詳細な評価が必要」と結論付けた (UNECE (2009))。

3.3.3 OSPAR 条約

OSPAR条約は「あらゆる要優先化学物質の海洋環

境中への排出の禁止」を目標とし締結された。しかし、欧州他国の批判を受け2002年、一部のBFRs (HBCD含む) についてはEURAの点検結果を待つと発表した。その結果如何により、2020年全廃を目標にするかを定める (OSPAR (2004))。次のフルレビューは2008年中に更新させるといわれていた。

3.4 産業界の取り組み

欧州の難燃剤業界とEPS/XPS業界はSUCUREという自主的排出量削減プログラムを通して、環境排出量を削減する活動を2006年から行っている。繊維業界も同様に、2006年より欧州及び日本や米国での樹脂製品用途のHBCD環境排出量を削減するためVECAPを実施している。さらに排出量削減の効果を検証するために、産業界主導で10年間の環境モニタリングを開始している (Admonら (2007))。

3.5 まとめ

以上のレビューの結果から、現在のところ、HBCDに対する規制は世界的に見てもほとんどないが、この数年で規制動向は大きく変わることを予感させる。

また、規制・管理を行うにあたって今後多くの場面で重視される項目は「規制による社会的・経済的影響」と「代替物質の評価・選定」であることが明らかになった。少なくとも、世界的に影響を持つREACH、UNEP POPs、UNECE POPsのHBCD評価フローの最後の評価項目は「社会的・経済的影響の検討」である。

4 HBCDの代替可能性の議論に関するレビュー

OSPAR (2004) を始め多くの報告書では詳細な検討なしに、全てのBFRsは何らかの方法で代替できるとしている。また、Moroseら (2006) はEPS/XPS+HBCDの代替は他のBFRsに変更するか、ポリウレタン、ポリイソシアネート、フェノールフォームなどの他の断熱材としている。しかし、断熱材はそれぞれの特徴を生かした部位での使用でなければメリットがなくなる。そのため、通常異なる部位に使用する断熱材によるEPS/XPS代替は不可能であるか、可能であっても特定状況下でないと無理 (UBA (2001)) との見方の方が多い。また、現在入手可能なあらゆるデータを加味しても、EPS/XPSに使用できる難燃剤は存在しないとの報告が多い (IOM (2008))。ちなみに非ハロゲン難燃剤は、機能発現のために多量添加しなければならないため、ポリマーの機械的性能を著しく下げてしまい、代替物質としては望めない (IOM (2008))。さらに、多くの断熱材料、難燃剤は未だ、ヒト健康影響や環境影響を調べられていない (KEMI (2007b)) のが現状であり、代替可能な物質があったとしても、技術的な要求を満たすために

HBCD だけでなく他の主要材料も変えなければならない場合もある (ECHA (2009c)). 一方, そもそも EPS/XPS に HBCD を用いる必要があるのかどうかについての議論 (ECHA (2009c)) や HBCD の用途とそれぞれのリスクの大きさの違いを考慮して, 複数の法制度によって措置が取られるべき (KEMI (2007a)) との議論もある. それらを考慮した上でも, KEMI (2007a) は PBT 性状を持っている限り, 究極の目的は HBCD の使用禁止であるべきと結論付けている.

実際に HBCD が EU で禁止された場合の影響は非常に大きい. HBCD を使用している EU 域内の EPS/XPS 製造業者 78 社のほとんどが中小企業であるため, 使用不可の経営へのダメージは大きく (IOM (2008)), これまでの断熱材使用分布が変わるため輸送コストが嵩み, また, 他断熱材を EU 域外から輸入することはコスト的に無理 (KEMI (2007b)) 等, 様々なトレードオフを考慮しなければならない.

KEMI (2007a) は, 76/769/EEC に基づいて HBCD の製造, 使用を強く制限すべきとしながらも, 断熱材用途の HBCD には代替物質が存在しないことから, 本用途に限って適用除外を行うべきかどうか, また, 行ったとしても除外期間を設けるかどうかを考慮しなければならないと結論付けている. さらに, HBCD 使用規制条件下でも火災安全性は保てるのか, HBCD 使用規制によって他物質への移行費用や開発費用が現実的かどうかを事前にシミュレーションする必要性を指摘している.

以上示してきた様に, 代替物が存在しないにも関わらず EU 内でも大きな意見の相違がみられるのはなぜか. それは HBCD の禁止によって EU 各国が受ける経済的被害の大きさが異なるからである. EU 各国の HBCD の用途割合が国によって異なるのは当然だが, さらに, 断熱材に求められる難燃性が異なっているのである. Table 1 のように, EPS/XPS に HBCD を用いていないスウェーデンやデンマークでは難燃剤の封入が義務付けられていない代わりに, 施工方

Table 1 難燃化された断熱材を用いる際の要求項目の違い (ECB (2008), KEMI (2007b))

国	要求項目
オーストリア, ドイツ, スイス, ポーランド	火災抑制のために全ての建材に高い難燃性が求められている.
ベルギー, フランス, ルクセンブルグ, スペイン, オランダ	サイズや用途によって要求される難燃性が異なる.
イギリス	法的規則なく現在立法の動きあり.
デンマーク, フィンランド, ノルウェー, スウェーデン	実質的に難燃剤は使われないが, そもそも不燃断熱材が多く用いられている.
東欧	当局や消防が火災安全に非常に厳しいため, ほぼ 100% の製品が難燃化されている.

法を変える等の対処により難燃機能を向上させている (KEMI (2007b), Brandforsk (2002)) が, 同様の方法が他国でも使用可能かは検討されていない.

5 HBCD のベネフィットの議論に関するレビュー

HBCD を使用し防火規格をクリアすることで, 厳格な火災安全性規則を有する EPS/XPS や繊維製品が多くで国で使用できるようになる. このように, HBCD のベネフィットは, 「HBCD 使用製品が曝される直火を火災に進展させ難くすることで, 国内, 国際基準や規制, 保険会社からの要求を満たすこと」である (KEMI (2007a)). 日本の EPS/XPS は断熱材として建築・土木分野で使用されており, これらの用途には, JIS 規格により難燃性が規定され, 貯蔵・取扱い時の消防法の指定可燃物の適用除外の要件を満たすために難燃剤が添加されている.

また, EPS/XPS 発泡断熱材は各国政府による世界, 地域及び自国でのエネルギー効率の向上という目標達成のために重要な貢献を担っており, 建築物のエネルギー使用に関する EU 指令 (2002/91/EC) の履行には必要不可欠な素材である (BSEF (2009)).

最近の知見によれば, EPS/XPS は他の断熱材 (ポリエチレンフォーム, ウレタンフォーム, フェノールフォーム) と比べ, 熱伝導率と吸水性が共に低くコスト性も良いことから, 多様化した基準や国内規則に対応できている. そのため, 欧州の EPS/XPS は現在もシェアを伸ばしている (KEMI (2007a)).

火災安全の程度は以下の 6 項目で決まる. (1) 個人としての対応, (2) 組織としての対応, (3) 火災に直面した人の判断力, (4) 製品の火災安全度, (5) 建物の火災安全度, (6) 消防団の対応能力である (KEMI (2006)). このため, 単に (4) について議論を深めるだけではなく, 全体を考えての最適判断をしなければならない.

6 全体のまとめ

本レビューにより, HBCD のリスク・ベネフィットに関する情報, 規制動向に関する情報, 代替物質に関する情報を以下のように総括することが出来た. □ **2章リスク情報** より, i) リスク評価を終えている機関は多くはない. ii) HBCD が PBT 物質かどうかは今後の研究結果により変わり得る.

□ **3章規制動向情報** より, i) 世界的に見ても HBCD は未規制である. ii) 非常に強力な REACH, UNEP POPs, UNECE POPs3 規制のスキームではすべて, 選定にあたって社会経済分析を課している.

□ **4章代替可能性情報** より, i) EPS/XPS 用途で HBCD の代替物質は見つかっていない. ii) 代替に伴

うリスクトレードオフを考慮しなければならない(代替の困難さを表現する文脈)。

□ **5章 ベネフィット情報** より, i) 今後一般家庭のエネルギー効率の向上に際して, EPS/XPS の使用は必要不可欠である. ii) EPS/XPS は機械的性能の面でも他の断熱材より優れているところがある, iii) 日本で HBCD を付加する主な目的は「EPS/XPS を建材用途で使用可能にする」ことである。

以上各章のまとめより, リスクの議論 (PBT 性状) が進んでいない HBCD を評価・管理するには, その PBT 性状に関する議論を行いながらも同時に, 以下3点を考慮する必要性を指摘できる; (1) 直接的: 火災を抑制するベネフィット, (2) 間接的: EPS/XPS を利用可能にするベネフィット, (3) 使用後の廃棄物処分の方法を含むリスク削減手法を評価・検討すること である. さらに, (2) に関しては, そもそも HBCD を EPS/XPS に付加し難燃規格を満たすことが火災リスク低減にどれだけ寄与しているかについても明らかにしなければならないと考えている。

7 本研究の今後の方向性

(1) リスク削減評価

現在進行中の製造者による環境中への自主的な排出量削減手法を元に, 将来的に削減されるであろう HBCD の環境リスクを推定する. 現在世界が懸念している HBCD のリスクに関する議論は, この排出量削減効果を全く考慮することなく進められていると考えられるためである. 同時に, 未だ確立できていない HBCD 含有 EPS・XPS の廃棄方法を検討する。

(2) HBCD のコスト・ベネフィット評価

HBCD の付加により XPS が建材として使用可能となる. これを HBCD のベネフィットと考え, 断熱材としての XPS の優位性をライフサイクルで評価する。

また, これまで POPs 物質の指定に際して, どのような社会経済分析がどれくらいの期間を投じて行われてきたのかを調査し, これら POPs 性状を持った化学物質の効率的な管理を考えたい。

謝辞

本研究を進めるにあたって, 今井高志様 (BSEF-Japan) にご協力をいただきました. この場をお借りして, 深く感謝を申し上げます。

参考文献

井上知也ら (印刷中) 臭素系難燃剤 DecaBDE をめぐるリスクトレードオフ論争に関する考察, 日本リスク研究会誌.
環境省 (2007) 平成 18 年度臭素系ダイオキシン類排出実態等調査結果報告書.
危険物保安技術協会 (2005) 発泡樹脂の火災事例と危険性, Safety & Tomorrow, No. 102, 7 月号, 102.
経産省 (2009) 第一種監視化学物質について. 化学物質審議会安全

対策部会安全対策小委員会 (第 8 回) 配布資料 5.
東海明宏ら (2009) シリーズ環境リスクマネジメント 2 環境リスク評価論, 大阪大学出版会.
安井至 (2008) 欧州化学物質規制ハンドブック, 119-122, NTS.
Admon, S. *et al.* (2007) Environmental monitoring of Hexabromocyclododecane in Europe project description.
Arnot, J. *et al.* (2009) An evaluation of hexabromocyclododecane (HBCD) for Persistent Organic Pollutant (POP) properties and the potential for adverse effects in the environment.
Brandforsk (2002) Bromerade flamskyddsmedel i byggindustrin, Brandforsk-projekt 706-021.
BSEF (2009) Fact Sheet: Hexabromocyclododecane, June 2009.
EC (2007) Annex XVI: Socio-economic analysis, Official journal of the European Union, 29.5.2007, L 136/128.
ECB (2008) Risk assessment: Hexabromocyclododecane final draft.
ECHA (2008) Annex XV dossier: Proposal for identification of a substance as a CMR cat 1 or 2, PBT, vPvB or a substance of an equivalent level of concern -Proposal for identification of Hexabromocyclododecane as a SVHC-.
ECHA (2009a) Opinion of the member state committee on the draft recommendation of the priority substances and Annex XIV entries.
ECHA (2009b) ECHA recommends strict control for very high concern.
ECHA (2009c) Background document for hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers identified (HBCD).
Ema, M. *et al.* (2008) *Reprod. Toxicol.*, 25(3), 335-351.
IOM (2008) Data on manufacture, import, export, uses and releases of HBCDD as well as information on potential alternatives to its use.
Jenny Rattfelt Nyholm (2009) Persistency, bioaccumulation and toxicity assessment of selected brominated flame retardants.
KEMI (2007a) Strategy for limiting risks Hexabromocyclododecane (HBCDD).
KEMI (2007b) A European industry perspective of the use of HBCDD in insulation material; Vega systems AB on behalf of the Swedish chemicals agency.
Lilienthal, H. *et al.* (2009) *Toxicology Letters*, 185(1), 63-72.
MIRI (2008) 平成 20 年度 REACH 規則高懸念候補物質レポート要約作成業務 報告書, 平成 20 年度 環境省 請負業務報告書.
Morose, G. (2006) An overview of alternatives to Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and Hexabromocyclododecane (HBCD).
Nordic Council of Ministers (2008) Hexabromocyclododecane as a possible global POP. TemaNord 2008:520.
NRC (2000) Toxicological Risks of Selected Flame Retardant Chemicals.
OSPAR (2004) Certain brominated flame retardants -Polybrominated diphenylethers, Polybrominated biphenyls, Hexabromocyclododecane.
Raw, R.J., *et al.* (2008) *Environ. Sci. Technol.*, 42(24), 9104-9109.
SCHER (2008a) Risk assessment report on Hexabromocyclododecane (HBCDD) Human health part.
SCHER (2008b) Risk assessment report on Hexabromocyclododecane (HBCDD) Environmental part.
Sellström, U. *et al.* (1998) *Environ. Toxicol. Chem.*, 17, 1065-1072.
SFT (2007) Impact assessment of a proposal for prohibition on certain hazardous substances in consumer products.
UNECE (2009) Working group on strategies of review, ECE/EB.AIR/WG.5/2009/7, 17 June 2009.
UNEP (2009) Additional information submitted on hexabromocyclododecane, UNEP/POPS/POPRC.5/INF/17.
USEPA (2008a) Third status report updating information on its PBDEs activities.
USEPA (2008b) Initial risk-based prioritization of high production volume chemicals, Risk-based prioritization document.
Van der Ven, L. *et al.* (2008a) *Toxicology Letters*, 179(1), 6-14.
Van der Ven, L. *et al.* (2008b) *Toxicology*, 245(1-2), 76-89.
WHO (2005) Frequently asked questions on DDT use for disease vector control.
WHO (2006) WHO gives indoor use of DDT a clean bill of health for controlling malaria.