

臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルを考慮 したリスク及びベネフィットの比較解析

横浜国立大学大学院環境情報研究院 真名垣 聡

【はじめに】

現在、国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ (SAICM) 等の達成に向け、化学物質の有する多様なリスクをライフサイクル全体で把握し、評価する体制・手法が整えられつつある。一方で経済性・安全性など、物質本来の利点 (ベネフィット) も考慮して多角的に評価すべきとの考えもあるが、リスクとベネフィットを同時に扱う手法には議論・検討の余地が以前、残されている。本研究は高懸念物質として注目されている臭素系難燃剤 HBCD が有するリスクとベネフィット両面に着目し、両者を環境リスクやコストの観点から相互評価できる手法の構築を目指している。具体的に、HBCD のリスク削減を実施する場合として、1)温室効果ガス排出削減など他の社会的目標・政策課題とのトレードオフについて分析し、異なる評価軸を考慮した最適な化学物質リスクの削減対策・管理政策の検討と、HBCD の規制により使用禁止になった場合として 2)「難燃剤 HBCD の代替化合物」と「難燃剤を含む製品 (断熱材) の代替製品」の 2 つのオプションから、HBCD の代替で生じるコストを推定する 2 つの研究をおこなった。

【分析方法】

1)温室効果ガス排出削減など他の社会的目標・政策課題とのトレードオフ
前提条件とシナリオ

戸建住宅における 8.8 万トンの断熱材の 30 年間にわたる使用を機能単位とした。以下に設定したシナリオの概要を示す。

本研究では家屋解体から発生した使用済み断熱材が最終処分場へ埋立されるとしたケースをレファレンス・シナリオ (埋立処分)、廃棄断熱材のうち、現状技術で実現可能量とされる 5%(シナリオ 1-1)と、最大実現可能量とされる 30%(シナリオ 1-2)をリサイクルし、残りを埋立処分するシナリオを想定した。また、廃棄断熱材の 30%がリサイクルされるが、残りの断熱材が焼却処分される場合をシナリオ 2 とした。シナリオ 3 は、廃棄された断熱材全てが焼却処理されるシナリオを設定した。

ライフサイクル・インベントリ分析

各シナリオについて、ライフサイクルにわたる HBCD 排出量を EU Risk Assessment Report に記載されている排出係数から排出量を推定した。CO₂ 排出量は、産業管理協会(JEMAI)の LCA オンラインデータベース等から推計した。

2) 「難燃剤 HBCD の代替化合物」と「難燃剤を含む製品の代替製品」のコスト

「HBCDの代替化合物」

はじめに国内外の様々な文献や関連工業会のヒアリングから代替化合物の候補を抽出し、そのうち単価(円/kg)の情報を収集できる化合物を本研究の対象とした。次に上記代替物質の単価情報を基にHBCDの代替が実施された際の純増原材料費を算出した。尚、本研究では時間の経過にともなう代替物質のコスト変動は考慮していない。

「難燃剤を含む製品の代替」

HBCDを含有する押出発砲ポリスチレン(XPS)の住宅用断熱材としての使用を対象とし、XPSが高性能グラスウール (GW)や発泡ポリウレタンフォーム (PUR)に代替された際のコスト(△コスト)を経年的(2010年~2030年)に推定した。本研究で代替の△コストについて、はじめに各製品の単位面積・厚さあたりのコスト(XPS; 54.3円/ m²・mm、GW; 16.9円/ m²・mm)を仮定し、一戸あたりの△コストを推定した。尚、床や壁への面積や部位厚さを住宅の種類、施工法、資材の各部位、施工される住宅地域ごとに考慮している。続いて住宅販売予測数等から代替の△コストを推計した。

【結果及び考察】

1-1) ライフサイクル HBCD 排出量

図1に各シナリオにおけるライフサイクルHBCD排出量をプロセス別に示す。HBCDの排出量はライフサイクルで見ると断熱材の製造過程からの寄与が最も多く、ついで埋立からの排出が多い。シナリオ1-1,1-2は、埋立処分量が減るために、レファレンス・シナリオに比べて廃棄プロセスからのHBCD排出量が減少した。シナリオ3では焼却処理することで、廃棄プロセスからのHBCD排出量が、レファレンス・シナリオと比べて1%程度と大幅に少なくなる。そのためシナリオ2が、5種のシナリオの中で最も排出量が少なく、レファレンス・シナリオの排出量の約56%となった。

1-2) HBCD と CO₂ の排出量のトレードオフ

HBCD排出量の推計と同一の前提条件下でライフサイクルCO₂排出量を計算した結果を、図2に示す。CO₂は、シナリオ3(全量焼却)とシナリオ2のライフサイクル排出量が、埋立を想定した他の3種のシナリオのそれと比べて明らかに多い結果となった。ライフサイクルを通じてみると、廃棄断熱材をリサイクルする場合、HBCD排出量と同様に、断熱材などの製造プロセスからのCO₂排出量が少なくなっており、その分もマイナ

す計上されている結果となった。これらの結果から、CO₂排出量は、焼却プロセスを取り入れた場合が最も高くなった。つまり、化学物質によるリスク増減のみに着目した対策は、他の社会的要請や政策実行を阻害する可能性がある。ここでは温暖化防止を取り上げたが、埋立場所の確保なども重要な政策課題である。それ故に化学物質だけでなく複数の評価軸を加えて多面的に判断することが、化学物質のリスク管理にとって重要であることを本研究の推計結果は示唆している

2-1) 難燃剤 HBCD の代替をした際に生じるコスト(△コスト)

代替物質として Tetrabromocyclooctane (1,500 円/kg) を選択し、難燃剤 HBCD を TBCO に代替した際に生じるコストを計算した。年間一律に 2,600 トンの潜在的需要があるとの仮定を用いて計算した結果、△コスト = 15.6 億円/年分が余分に必要となると計算された。

2-2) 難燃剤を含む製品を代替した際に生じるコスト

HBCD を含む XPS を GW、PUR に代替した場合のコストの経年変化を推計した (図 3)。XPS から GW に代替した際はその△コストは -660 億円/年 (2010 年) と推計された。また経年変化でみると削減される額は年ごとに大きくなっていった。これらの結果は、XPS から GW への代替にともなってそのコストは大きく削減されることを示唆している。

【まとめと今後の課題】

本研究は、HBCD を含有する製品を事例に、HBCD の有する環境リスクだけでなく、他の環境負荷項目 (地球温暖化) や社会経済インパクト (コスト増減) も加えることでリスクトレードオフに着目した評価を試みた。今回の評価では HBCD の排出量削減 (リスク削減) を目的とした解析では、焼却プロセスが最も有効であったが、対照的に CO₂ 排出量の増加が懸念されることが明らかになった。一方で、将来的に HBCD を他の製品に代替した場合は、環境リスクに加え代替によりコストも減少することが推計され、代替製品に環境リスクがない場合、効果的な管理手法の一つとなることが期待される。

現在、化学物質の管理という観点からライフサイクルを通じた環境リスク削減が進められているが、地球温暖化やコスト面等の異種間 (他のリスクやベネフィット) のトレードオフも考慮した評価は多くない。今回の推計においても、廃棄段階における HBCD の排出量推計が不十分であり、またライフサイクルを通じたコスト推計の精度を高めていく必要がある。今後、温室効果ガス削減やコスト削減などの社会的要請・政策課題とのトレードオフに留意して、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。

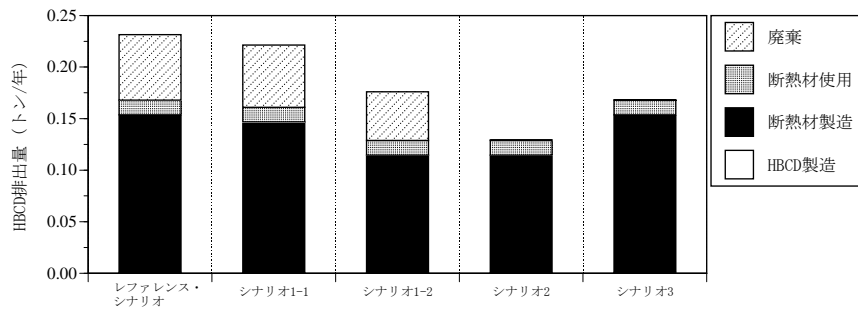


図1 ライフサイクル HBCD 排出量

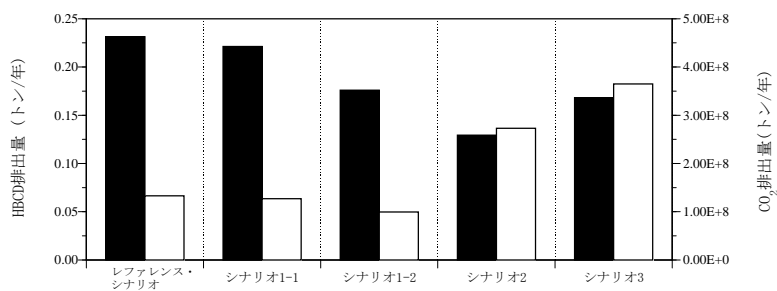


図2 HBCD と CO₂ のライフサイクルにわたる排出量の比較

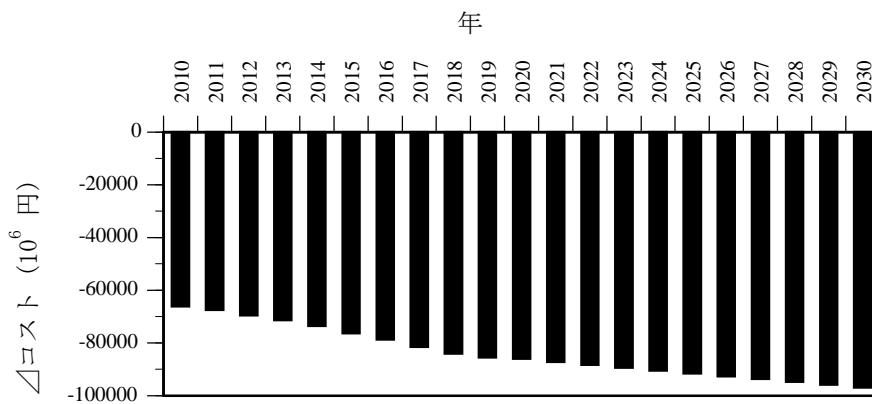


図3 XPS から GW に代替した際のコスト (Δコスト) の経年変化

第15回化学物質評価研究機構研究発表会 講演要旨
「臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルを考慮した
リスク及びベネフィットの比較解析」
正誤表

横浜国立大学大学院環境情報研究院 真名垣 聡

【分析方法】

2) 「難燃剤 HBCD の代替化合物」と「難燃剤を含む製品の代替製品」のコスト
「難燃剤を含む製品の代替」

<誤> 「難燃剤を含む製品の代替」では、HBCD を含有する断熱材押出発砲ポリスチレン(XPS)に対して代替断熱材として引き合いに出されることの多い高性能グラスウール (GW)、発泡ポリウレタンフォーム (PUR)に代替した際のコストを算出した。

<正> 「難燃剤を含む製品の代替」 HBCD を含有する押出発砲ポリスチレン(XPS)の住宅用断熱材としての使用を対象とし、XPS が高性能グラスウール (GW)や発泡ポリウレタンフォーム (PUR)に代替された際のコスト(Δ コスト)を経年的(2010年～2030年)に推定した。代替時の Δ コストについて、はじめに各製品の単位面積・厚さあたりのコスト(XPS; 54.3 円/ $m^2 \cdot mm$ 、GW; 16.9 円/ $m^2 \cdot mm$) を全期間通じて一定と仮定し、一戸あたりの Δ コストを推定した。尚、床や壁への面積や部位厚さを住宅の種類、施工法、資材の各部位、施工される住宅地域ごとに考慮している。続いて住宅販売予測数等から代替の Δ コストを推計した。

【結果及び考察】

2-2)難燃剤を含む製品を代替した際に生じるコスト

<誤> HBCD を含む XPS を GW、PUR に代替した場合、両製品についてコスト増加が全期間(2010～2030年)を通じて予想された。またそのコスト増加は対象としたすべての年代を通じて GW が PUR より少ない結果となり、2030年には推定 24.9 億円/年となった。

<正> HBCD を含む XPS を GW、PUR に代替した場合のコストの経年変化を推計した(図3)。XPS から GW に代替した際はその Δ コストは-660 億円/年(2010年)と推計された。また経年変化でみると削減される額は年ごとに大きくなっていった。これらの結果は、XPS から GW への代替にともなってコスト削減されることを示唆している。

訂正理由

【結果及び考察】 2-2)難燃剤を含む製品を代替した際に生じるコストの項で XPS を GW に代替した場合のコスト(Δ コスト)について計算し、以下の記述をした。

「コスト増加が全期間(2010～2030年)を通じて予想され、2030年には推定 24.9 億円/年となった。」

しかし、正しくは、

「 Δ コストは-660 億円/年 (2010年)と推計された。また経年変化でみると削減される額は年ごとに大きくなっていった。」

であった。そのため、本正誤表において訂正をおこなった。

また、併せて誤りの原因となった計算過程について、

【分析方法】2)「難燃剤 HBCD の代替化合物」と「難燃剤を含む製品の代替製品」のコスト 「難燃剤を含む製品の代替」の項で文章を捕捉することで、訂正をおこなった。

第 15 回化学物質評価研究機構研究発表会 講演要旨「臭素系難燃剤 HBCD のライフサイクルを考慮したリスク及びベネフィットの比較解析」に上記の誤りがありました。謹んでお詫び申し上げます。また、ご指摘いただいた方々にこの場を借りて深くお礼申し上げます。

真名垣 聡