

難燃剤の代替リスク評価手法に関する検討と考察

A study on alternative risk assessment scheme of flame retardants

環境リスクマネジメント専攻 生命環境マネジメントコース 責任指導教員：益永茂樹
09HF009 小谷健輔 (Kensuke KOTANI)

ABSTRACT

A new alternative risk assessment method for the fair evaluation of risk tradeoff structure has been proposed in this study. We focused on a flame retardant, HBCD and its substitutes as case studies. The method considered risk of exposure of flame retardants from indoor air and indoor dust derived mainly from products in the indoor environment. At first, we calculated amount of exposure of the alternative flame retardants assuming that they have the same combustibility as HBCD. Hazard of flame retardants were described by Benchmark - Dose estimated from dose - response relationship. Finally, we compared the results of deterministic risk assessment and probabilistic risk assessment. The finding suggested that each approach led to the different conclusions.

1. はじめに

ある物質を使用することにより、ヒトの健康や生態系へ影響が懸念された場合、その物質の使用が禁止され、使用していた化学物質以外に代替可能な物質があれば、別の物質に代替される。この代替によって、これまで使用していた物質のリスクが削減され、新たに使用する物質のリスクが生じる。これを代替物質と被代替物質のリスクトレードオフと呼ぶ。リスクが懸念された物質が代替されるならば、代替後のリスクは減少しているはずである。では、どのように評価すれば代替後のリスクが下がっていることを証明することができるのだろうか。本研究では難燃剤を例にとり、代替前後のリスクを定量評価し、比較する方法を検討した。

2. 方法

ある物質本研究の対象物質である臭素系難燃剤ヘキサブロモシクロデカン (HBCD) は主に建築用断熱剤 (8割) とカーテン等の繊維製品 (2割弱) に使用されている。また、既存の研究により、HBCDの主な環境排出源は繊維製品の使用時であり、主な曝露経路はダストである可能性が示唆されている。そこで本研究では、繊維製品による室内汚染に注目し、HBCDが他の臭素系・リン系難燃剤に代替される場合の曝露とリスクの増減は定量的に評価した。比較対象にした難燃剤は臭素系難燃剤のテトラブロモビスフェノールA (TBBPA)、デカブロモシフェニルエーテル (DecaBDE)、リン系難燃剤のリン酸トリクレジル (TCP)、リン酸トリブチル (TBP)、リン酸トリス (2-クロロエチル) (TCEP) の5つである。

曝露評価

難燃剤の難燃性能と物性を基にHBCDの繊維製品からの放散量から代替難燃剤使用カーテンの放散量を予測し、数理モデルを用いてそれぞれの室内汚染 (室内空気と室内ダスト汚染) と曝露レベルを推定し、比較可能にした。

有害性評価

安全側に偏りのあるNOAELを使用することを避けるため、元文献の用量反応関係から、critical effectを及ぼす用量をベンチマーク用量 (BMD) として、新たな有害性評価値とした。有害性評価に用いた影響は表1の2種類とした。

表 1. 有害性評価に用いた影響

影響の種類	難燃剤
内分泌攪乱	HBCD (1), TBBPA, DecaBDE
肝臓重量の増加	HBCD (2), TCP, TBP, TCEP

決定論的リスク評価

曝露評価によって推定した曝露量と有害性評価によって推定したBMDの安全幅をMOEとしてそれぞれの難燃剤のリスクを比較評価した。

確率論的リスク評価

曝露量推定モデルに使用したパラメータのばらつきを考慮して曝露分布を作成し、有害性評価ではブートストラップ法により用量反応関係の不確実性を考慮したBMDの分布を作成した。さらに、外挿してヒトの参照用量 (RfD : Reference Dose) 分布へと外挿した。曝露量がRfDを超える確率をリスクとして表現した。

3. 結果及び考察

曝露評価の結果から繊維製品中難燃剤の室内汚染による主な曝露経路はHBCDと代替臭素系難燃剤はダストであったが、代替リン系難燃剤は蒸気圧が低いガス状態で存在しやすく主な曝露経路が空気由来になる可能性が示唆された。

それぞれのリスク評価手法の結果を比較するために、図1にHBCDの内分泌攪乱影響をエンドポイントとしてリスク評価を行った結果の値を100として、他の結果の相対値と比較した。その結果、MOEの結果ではHBCD (1) の内分泌攪乱影響をエンドポイントとしたときのリスクが最も大きい結果となったが、確率論的評価の結果ではリン系難燃剤の方がHBCD (1) のリスクよりも相対的に大きくなった。つまり、代替物質と被代替物質のリスクの比較評価は個々の物質が持つパラメータの不確実性を反映すると、決定論的なMOEの評価とは異なる結論を導き出す可能性が示唆された。

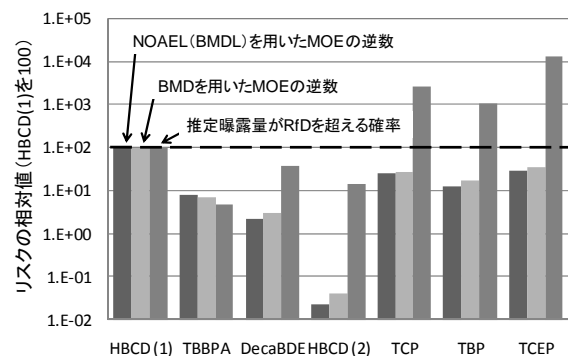


図1. リスクの相対値 (HBCD(1) を 100)