

【目的】

ヘキサブロモシクロドデカン（HBCD）などの臭素系難燃剤は「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」の規制対象に指定された。これは、これら化合物が環境に長期に残留し、また食物連鎖を介して生物に蓄積して毒性を発揮することが懸念されたためである。他方、これら化合物は環境中で脱臭素反応等により変化し、生物蓄積性や毒性が増すことも懸念されており、対象物質その物だけでなく分解生成物や不純物をも含む関連化合物の環境での存在と影響にも留意すべきである。そこで本研究では、一方で、HBCD とその分解産物の河川環境における存在実態を明らかにする。他方で、*in vitro* バイオアッセイにより分解生成物の影響を親化合物と比較すると共に、それらの物性に基づき生物蓄積性を予測する。これらの結果を総合し、HBCD とその分解生成物について河川環境における水生生物に対する包括的なリスク評価を試みる。

【内容】

プラスチックや繊維などの可燃性素材に難燃性を付与するために添加される臭素系難燃剤は世界各国で広く使用されてきた。しかし、環境中での残留性、生物蓄積性、毒性などが指摘され、国際条約により規制対象や規制候補物質となってきた。このような背景から、臭素系難燃剤は環境媒体や野生生物に対するモニタリングが進み、環境での存在が明らかになってきている。HBCD もこのような化学物質の一つであり、環境中で様々な反応（光化学反応、微生物分解、生物体内での代謝）を受けて分解産物を生じる可能性が報告されている。特に脱臭素反応により生物蓄積性が高まることと、水酸化反応により内分泌かく乱性が増すことが予想されるので、これらの分解生成物について知見を得ることが急務であるが、HBCD の環境中分解と生成物の情報は極めて限られている。そこで本研究では、河川水と堆積物を対象として HBCD とその分解生成物の分析法を検討した。そして確立した分析法により汚染源の異なる3つの河川において、HBCD の立体異性分別定量結果によって分解が堆積物で起こっていることを明らかにした。さらに、分解生成物として五臭素化体のペンタブロモシクロドデセン（PBCD）を検出した。他方、核内受容体結合レポーター遺伝子を用いた *in vitro* アッセイを用いて、HBCD とそれから生成する可能性のある分解産物（PBCD、テトラブロモシクロドデセン（TBCDe）、ジブロモシクロドデカジエン（DBCDi））について、アゴニスト活性（作動性）とアンタゴニスト活性（拮抗性）を測定した。最後に、取得できた情報や物性情報に基づき、HBCD とその可能性のある分解生成物について、水系食物連鎖を通じた水鳥への曝露レベルと、内分泌かく乱影響を予測し、リスク比較を行なった。結果として、検討した影響については分解生成物のリスクは HBCD を上回る可能性は低いとの結論を得た。

【結果】

本研究では以下の結果を得た。

1. HBCD と分解生成物について、LC-MS/MS による一斉分析方法を確立し、汚染源が異なる3つの河川で河川水と堆積物を対象として HBCD とその分解生成物を測定し、繊維工場が多く分布する河川で高い濃度の HBCD と分解生成物 PBCD を検出した。
2. HBCD のエナンチオマー分別分析から堆積物中での HBCD の生物分解を確認した。
3. 核内受容体結合レポーター遺伝子アッセイにより、HBCD とその分解産物と目される PBCD、TBCDe、DBCDi の3物質について内分泌かく乱性を測定し、分解生成物の方が HBCD より高い内分泌かく乱性を持つ可能性を見いだした。
4. HBCD と分解生成物の環境中濃度、アッセイ試験による内分泌かく乱性、および生物濃縮係数を用いて HBCD と分解生成物の水鳥に対するリスクを比較した結果、3つの分解生成物は HBCD のリスクを超える可能性は低いと予測された（図）。
5. 今回の結果からは、HBCD 汚染河川でその分解生成物による生態リスクが HBCD を超える可能性は低いことが示唆され、HBCD 汚染に留意した河川管理の継続が支持された。しかし、分解生成物の環境中濃度は今後増加する可能性があり、内分泌かく乱性以外の影響についても検討が必要と考えられた。
6. 本研究では、河川環境保全を目的として、対象化学物質に加えてその分解生成物も含めた包括的なリスク評価事例を提示した。

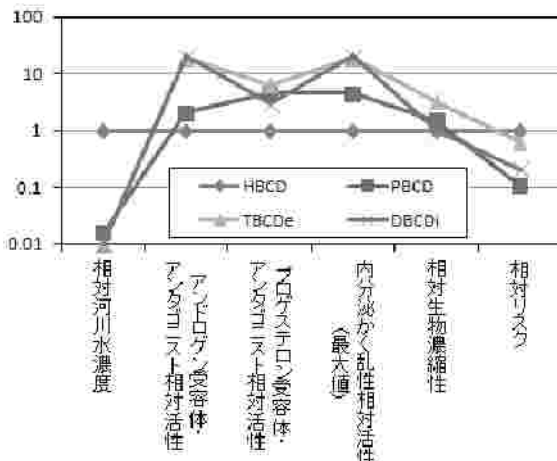


図 HBCD とその分解産物の水鳥に対する相対リスク