



国際臭素協議会

www.bsef.org

新世代の臭素系難燃剤：
ポリブタジエン-
スチレンコポリマー

発泡スチロールに使用する新たな臭素化ポリマー難燃剤

発泡スチレン（EPS）及び押出ポリスチレン（XPS）のような発泡スチロールで効果的な難燃剤性能を提供するHBCDの代替物として革新的な臭素化ポリマー難燃剤（FR）が開発されています。

これらの発泡体は建築や建設でよく使用されており、家庭やオフィス、公共建物において火災安全要件を満たしつつ、エネルギー効率と快適性の確保を実現します。

ポリブタジエン - スチレンコポリマー

新しい臭素化ポリマー難燃剤¹は、スチレンとブタジエンのコポリマーをベースに、ポリブタジエン部分は臭素化されて1,2-及び1,4-異性体単位になり、臭素化ポリブタジエンができます。

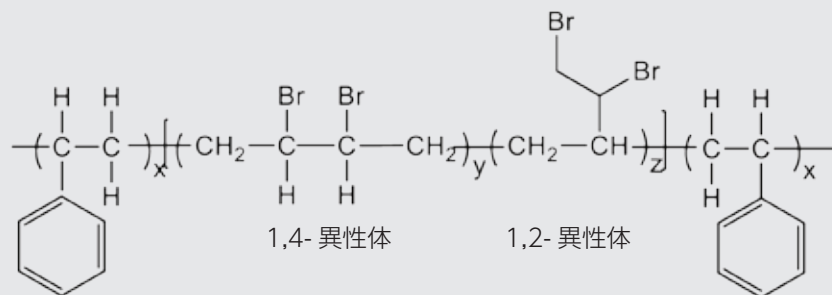
この難燃剤は、HBCDよりも優れた環境プロフィールを示し、高分子量で安定しています。また、公的に認知された

- ✓ 燃えやすさを低減
- ✓ 火事の拡大を遅延
- ✓ 放熱を減らす
- ✓ 難燃剤の質量%を低くする

発泡断熱材
における
臭素系難燃剤の
主なメリット

環境、健康及び安全特性をもつ非ハザードポリマー及び低懸念物質（PLC）として分類されています（図1参照）。

一般的に、ポリマー難燃剤はもともと持続可能な物質です。分子量が高いために、生体組織の細胞膜を貫通しにくくしています。従ってこれらは、生物学的利用可能性はなく、食物連鎖にて生物蓄積する可能性も低いものです。




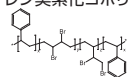
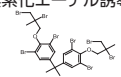
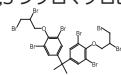
¹ Styrene butadiene brominated copolymer CAS RN:1195978-93-8

HBCD と代替物質のハザードサマリー

下の表は、USEPA 2014 報告書²からの転載です：

この表は各化学物質のハザード情報を表したものです。リスク評価では、ハザードと曝露の両方を考慮します。EOL プロセスや劣化・燃焼副産物のバリエーションについては、報告書で議論されていますが、ハザードプロファイルには直接記載されていません。表の記載情報を解釈する際には、次の事項を考慮しなければなりません。
VL=非常に低いハザード **L**=低ハザード **M**=適度なハザード **H**=高ハザード **VH**=非常に高いハザード
 色文字 (**VL**, **L**, **M**, **H**, 及び **VH**) のエンドポイントは、実験データに基づいた結果であり、黒いイタリック体 (**VL**, **L**, **M**, **H**, 及び **VH**) のエンドポイントは、予測モデル及び/又は専門的判断からの値を使用したものです。

d このハザード記号は、粉塵形成操作の結果として、粒子の5%超が呼吸可能な範囲にある場合、肺過負荷の可能性について通常割り振られる
§ 構造的に類似した化合物についての実験データに類似している
¥ 水生毒性：EPA/DfE 基準は、大部分が水柱曝露に基づくものであり、難溶性物質（例えば、沈降物や微粒子に分裂する可能性のある難燃剤など）には適していない可能性がある。

化学物質 安全な化学物質及び関連する商品名については、セクション4,8	CASRN	ヒトの健康への影響										水生毒性		環境運命		
		急性毒性	発がん性	遺伝毒性	生殖毒性	発達毒性	神経毒性	反復投与量	皮膚の感作性	呼吸器感作性	眼の刺激性	皮膚刺激性	急性毒性	慢性毒性	難分解性	生物濃縮性
ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD) 	25637-99-4; 3194-55-6	L	M	L	M	H	M	M	L		VL	VL	VH	VH	H	VH
ブタジエンスチレン臭素化コポリマー 	1195978-93-8	L	L	L	L	L	L	L^d	L		M	L	L	L	VH	L
TBBPA-ビス臭素化エーテル誘導体 	97416-84-7	L[§]	M[§]	M[§]	M[§]	M[§]	L	M[§]	L[§]		L	L	L	L	H	H
TBBPAビス(2,3-ジプロマプロビル)エーテル 	21850-44-2	L	M	M	M	M	L	M	L		L	L	L	L	VH	H

² EPA, 2014, Flame Retardant Alternatives to Hexabromocyclododecane (HBCD), USEPA Design for the Environment Final Report June 12, 2014, http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd_repor.pdf

「ブタジエンスチレン臭素化コポリマーなどのポリマー難燃剤は、化学業界が社会の懸念に対応して革新し続けつつ、同時にポリマーの機能的な難燃性を確保できるということをあらわしています。人命と財産を保護するための火災安全対策の一環として、重要かつ貴重な役割を果たしています」

USEPA から引用 臭素化難燃剤ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD)
2014年6月12日の環境最終報告書 USEPA の設計

HBCD が世界的に段階的に廃止されつつあるので、断熱フォームメーカーは、より持続可能な代替難燃剤を使用しています。

HBCD の代替品を開発

EU の持続性、生物蓄積性及び有毒性 (PBT) 物質としての分類基準を満たす HBCD の同定に対応して、産業界は技術的に実現可能な代替物を探し始めました。この代替物は、難燃効果に関する要件を満たすだけでなく、環境的に優れ、より持続可能である必要もあります。このような革新的技術の基準は、図1に示されています。集中的に研究開発した結果、新しい臭素化ポリマー難燃剤が商品化されました。

HBCD に代わる発泡スチロール用の新しい難燃剤の基準

HBCD を使用した発泡ポリスチレンについて、いくつかの概念的要素を組み合わせ、規制ガイドラインに準拠した環境及び健康の毒性プロファイルを改善するなど、既存の火災安全及び使用要件を満たすことができました。



環境的、健康及び安全性 (EH&S)

- ✓ 低毒性、非 PBT



難燃性性能

- ✓ 世界的に発泡体の非可燃性要件を満たす (例えば、EU、日本、ナミビア、中国、韓国)



様々なプロセスに適している

- ✓ XPS の熱安定性
- ✓ EPS の重合安定性



効果的なフォームの性能

- ✓ EPS と XPS 双方のフォームの物性を維持する
- ✓ 製品構成に悪影響を及ぼすことはない



経済的に実行可能

- ✓ 許容可能なコスト、市販可能

臭素化ポリブタジエン - スチレン – 本質的により持続可能

2014年、米国環境保護庁（USCPA）は、HBCDの新たなポリマー代替物の環境及びハザードプロファイルを見直して、次のような結論を出しました：

「臭素化ポリブタジエン-スチレンのハザードプロファイルは、この化学物質が HBCD よりも安全であることが予想されることを示しています。その大きなサイズ、低分子量（MW）成分の欠如、及び非反応性官能基のために、このコポリマーのヒトの健康及び生態毒性の危険性は測定されているか、又は低いと予測されます」³

³ EPA, 2014, Flame Retardant Alternatives to Hexabromocyclododecane (HBCD) , USEPA

健康及び環境的観点から、哺乳動物への懸念はなく、PBT でもない

健康

- ✓ 遺伝毒性ではない
- ✓ 急性毒性ではない
- ✓ 亜慢性毒性ではない
- ✓ 発生毒性ではない

哺乳動物
への懸念
はない

環境

- ✓ 設計によって永続する
- ✓ 生物蓄積性ではない
 - 大きな分子、細胞膜を介して輸送される可能性は低い
- ✓ 有毒ではない
 - 生態毒性の懸念レベル以下

PBT ではない -
難分解性、
生物蓄積性及び
有毒性物質



臭素について

元素記号は Br で、周期表のハロゲン基の一つです。臭素は赤褐色の液体です。自然界に元素の形態では存在しませんが、臭化物としても知られる無機化合物の中、及び天然の有機臭素化合物の中に存在します。土壌及び塩類、大気、海水中に存在します。

BSEF について

BSEF - 国際臭素協議会、は主要国際臭素メーカーを代表しています。1997年から、臭素系のソリューションの使用及び利点についての知識を養成するために取り組んでいます。BSEF は、科学とイノベーションを強く信じています。

研究開発への投資を通じて、BSEF メンバーは社会のニーズに合致するしっかりした臭素系テクノロジーを創出しています。

Design for the Environment Final Report June 12, 2014,
<http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd.report.pdf>

BSEF のメンバー

BSEF は、世界中の多くの臭素のメリットを支持しています。臭素系のソリューションは、科学と技術において最も重要な進歩の多くにとって必要不可欠です。

BSEF の構成メンバーは、アルベマール・コーポレーション、及び ICL インダストリアル・プロダクツ社、ランクセス社、東ソー株式会社。



詳細については以下にご連絡ください

The International Bromine Council

BSEF aisbl
Av. E. Van Nieuwenhuyse 4
1160 Brussels - Belgium

T: +32 2 792 7550
www.bsef.org

以下をフォローしてください

 @bromineinfo

 @BSEF



The International
Bromine Council