

## [ノート]

# 新規 POPs 条約追加物質ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD) の兵庫県内の環境中の濃度について

羽賀 雄紀<sup>1</sup>, 鶴川 正寛<sup>2</sup>, 山本 勝也<sup>3</sup>, 藤森 一男<sup>1</sup>, 松村 千里<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 兵庫県環境研究センター 水環境科 (〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-18)

<sup>2</sup> 大阪湾広域臨海環境整備センター (〒530-0005 大阪市北区中之島 2-2-2 大阪中之島ビル 9階)

<sup>3</sup> 北播磨県民局県民交流室環境課 (〒673-1431 加東市社字西柿 1075-2)

## Environmental concentration of Hexabromocyclododecane, a new POPs chemical, in Hyogo Prefecture

Yuki HAGA<sup>1</sup>, Masahiro TSURUKAWA<sup>2</sup>, Katsuya YAMAMOTO<sup>3</sup>,  
Kazuo FUJIMORI<sup>1</sup> and Chisato MATSUMURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Water Environment Division, Hyogo Prefectural Institute of Environmental Sciences,  
3-1-18, Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0037, Japan

<sup>2</sup> Osaka Bay Regional Offshore Environmental Improvement Center,  
Osaka Nakanoshima Building, 9F, 2-2 2-chome, Nakanoshima, Kita-ku, Osaka-shi 530-0005, Japan

<sup>3</sup> Environment Division, Northern Harima District Administration Office of Hyogo Prefectural  
Government, 1075-2 Yashiro, Kato city, Hyogo 673-1431, Japan

ヘキサブロモシクロドデカン (HBCD) は住宅用難燃剤、インテリアファブリックやカーファブリックなどに使用されている臭素系難燃剤のひとつであり、2013年にPOPs条約の附属書A(廃絶)に追加、2014年に化審法の第一種特定化学物質に指定され、難分解性や高蓄積性などが指摘されている化学物質のひとつである。当センターと兵庫県水大気課は2009年より兵庫県内の環境中(水質・底質・大気)のHBCD濃度を調査してきているが、特に人の健康影響を懸念する状況ではないことがわかった。ここでは調査結果とあわせてリスク評価について報告する。

### I はじめに

化学物質は様々な用途において使用され、生活にも密着した存在となっているが、何らかの有害性(毒性、難分解性、高蓄積性など)を示すものも少なくない。臭素系難燃剤であるヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)も優れた物理的・化学的性質をもち、断熱材などの住宅用難燃剤、防災カーテンなどのインテリアファブリック、カーシー

トなどのカーファブリック等の難燃剤として添加されてきた。

近年になってHBCDが健康や環境へ悪影響をもたらすことが知られるようになり、2013年5月に「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)」の対象物質(附属書A:廃絶)に追加、2014年5月には、化審法の第一種特定化学物質に指定され、製造や輸入が禁止となった<sup>1)</sup>。環境基準値や排出基準値等が定められていない状況では

あるが、県民の安全・安心をはかることを目的に、環境中のHBCDの濃度レベルを把握し、環境リスク評価を行なった。

## II 方法

### 1. サンプルング地点と回数

兵庫県内の阪神地域(水質6地点, 大気3地点), 東播磨・北播磨地域(水質6地点, 底質3地点, 大気2地点), 西播磨・淡路地域(水質4地点, 底質4地点, 大気2地点)で環境実態調査を行なった. 水質と大気については, 濃度の季節変動を考慮し, 夏季(8月)と冬季(12月)の計2回調査を実施した. 底質は夏季のみ調査を実施した. サンプルング地点はFig. 1-1~1-3のとおりである.

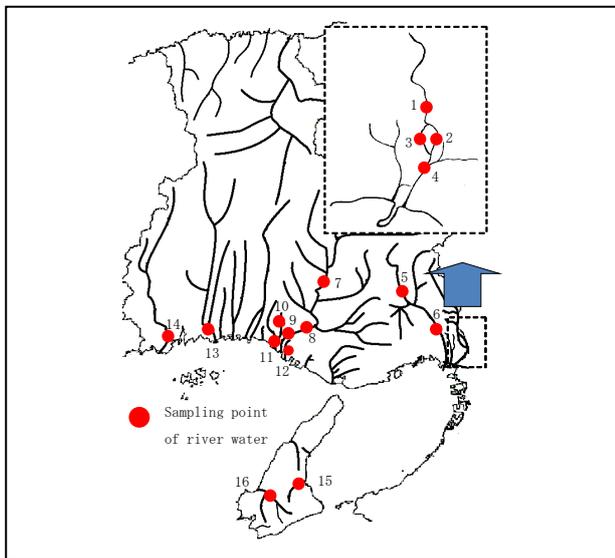


Fig. 1-1 Sampling points of river water

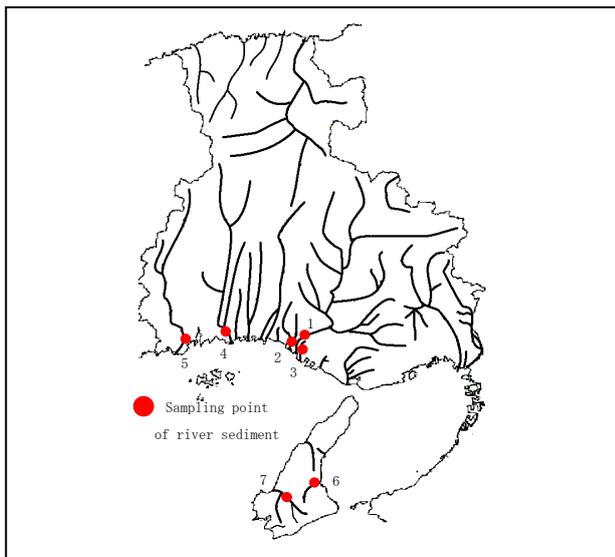


Fig.1-2 Sampling points of river sediment

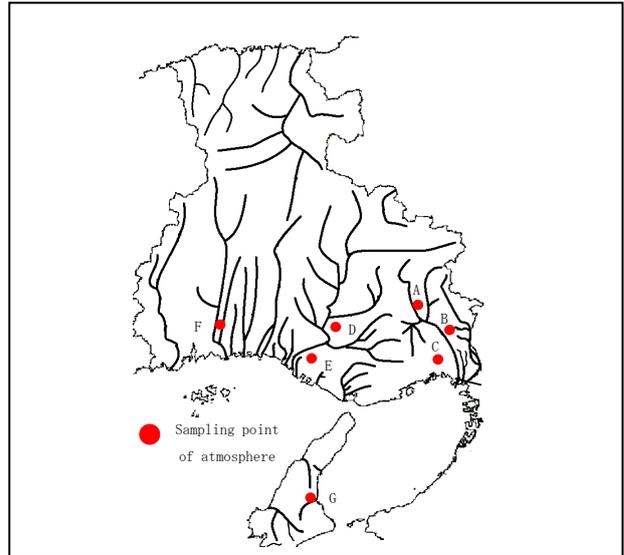


Fig. 1-3 Sampling points of atmosphere

### 2. 試薬と標準液

アセトン(ダイオキシン類分析用), ジクロロメタン(ダイオキシン類分析用), ヘキサン(ダイオキシン類分析用), トルエン(ダイオキシン類分析用), 無水硫酸ナトリウム(残留農薬・PCB試験用), メタノール(LC/MS用)とアセトニトリル(LC/MS用)は関東化学社製を使用した. 塩化ナトリウム(残留農薬・PCB試験用)は和光純薬工業社製を使用した. 石英繊維ろ紙(QR-100)はアドバンテック社製を使用し, 硫酸シリカゲルカラム(54040-U)はスペルコ社製を用いた. 標準液として $\alpha$ -HBCD,  $\beta$ -HBCD,  $\gamma$ -HBCD,  $\delta$ -HBCD,  $\epsilon$ -HBCD(Wellington社製), クリーンアップスパイクとして $\alpha$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ ,  $\beta$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ ,  $\gamma$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ (Wellington社製), シリンジスパイクとして $\gamma$ -HBCD- $d_{18}$ (Wellington社製)を用いた.

### 3. 分析方法

(1) 水質…既報<sup>2)</sup>を一部変更して行なった. 河川水1Lに塩化ナトリウム30gを添加後, ディスク型固相(エムポアディスクSDB-XD(47mm), 3M社製)で吸着操作を行い, アセトン, ジクロロメタンで順次溶出させた. 次に, 固相抽出ディスクをジクロロメタンで超音波抽出し, 先の溶出液とあわせた. 内部標準物質( $\alpha$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ )を添加したあと, ヘキサン転溶を行なった. さらにメタノールに転溶し, 1mLに定容して, LC/MS/MS-SRM(ESI-)法で $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HBCDの定量を行った.

(2) 底質…既報<sup>3)</sup>を一部変更して行なった. 湿泥約30gをアセトン, トルエンで高速溶媒抽出(ASE200, ダイオネクス社製)を行った. これらの抽

出液をあわせて内部標準物質 ( $\alpha$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ ) を添加したあと、ロータリーエバポレーターを用いて濃縮した。濃縮液はヘキサン転溶し、硫酸処理を行なった。メタノールに転溶し、1mLに定容して、LC/MS/MS-SRM(ESI-)法で $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ -HBCDの定量を行った。

(3) 大気…年度によってサンプリング方法、サンプリング時間や分析方法に違いがあるため、2014年に採用した方法<sup>4)</sup>を記載する。すなわち、サンプリングスパイク内標準液( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -HBCD- $^{13}C_{12}$ ) 200 ng/mLを50.0  $\mu$ L添加(10.0 ng)した石英繊維ろ紙(QMF)をハイボリュームエアサンプラーに装着し、700 L/minの流速で24時間(約1000 m<sup>3</sup>)、大気を吸着捕集した。大気を吸着捕集した石英繊維ろ紙をアセトン250 mLで約2時間ソックスレー抽出を行った。

ロータリーエバポレーターによりソックスレー抽出液を5 mL程度に濃縮し、10 mL 試験管に移した。濃縮に用いたナシ型フラスコはアセトンで洗い込み、先ほどの濃縮液に追加して約10 mLにし、粗抽出液とした。分液ロートに粗抽出液10 mL、精製水50 mL及びヘキサン10 mLを入れ、10分間振とう混和して液液抽出を2回行った。ヘキサン層を併せて、無水硫酸ナトリウムで脱水した後、ターボバップチューブに移して、窒素気流下で約1 mLに濃縮した。

クリーンアップ処理として、あらかじめジクロロメタン/ヘキサン(3:7) 20 mLでコンディショニングしておいた硫酸シリカゲルカラムにヘキサン濃縮液を負荷し、ヘキサン約4 mLでターボバップ

チューブを洗浄し、洗液はカラムに負荷してこれらの溶出液は廃棄した。その後、ジクロロメタン/ヘキサン(3:7) 20 mLで溶出し、溶出液を窒素気流下で乾固させた。アセトニトリル/精製水(8:2)200  $\mu$ Lを添加し、ピペッティングを10回ほどして混和した。これにシリンジスパイクとして1000 ng/mLの $\gamma$ -HBCD- $d_{18}$ を10.0  $\mu$ L(10.0 ng)加えて試験液とした後に、LC/MS/MS-SRM(ESI-)法で $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\epsilon$ -HBCDの定量を行った。

4. 分析条件

2014年に大気中の濃度を分析した際のLC/MS/MSの条件はTable 1のとおりである。

III 結果および考察

1. 環境中濃度について

(1) 水質…結果を Table 2-1 に示す。濃度は<1~37ng/Lの範囲であり、多くの地点で $\gamma$ -HBCDが支配的であった。全国の水質調査結果との比較はTable 2-2 のとおりである。国内の調査結果では、環境省が2003年に20地点で、2011年に47地点で

Table 2-1 Concentration of total HBCD in river water

Point NO.	Sampling point	Sampling season	Concentration (ng/L)
1	Gunkou br.	2009:summer	<1
		2009:winter	<1
2	Tokura br.	2009:summer	2
		2009:winter	<1
3	Nakazono br.	2009:summer	7
		2009:winter	<1
4	Kanzaki br. (right bank)	2009:summer	2
		2009:winter	<1
4	Kanzaki br. (center)	2009:summer	4
		2009:winter	<1
4	Kanzaki br. (left bank)	2009:summer	37
		2009:winter	<1
5	Sandaoo br.	2009:summer	2
		2009:winter	<1
6	Koubu br.	2009:summer	<1
		2009:winter	<1
7	Itaba br.	2010:summer	<1
		2010:winter	not analyzed
8	kamishou br.	2010:summer	<1
		2010:winter	not analyzed
9	Kakogawa br.	2010:summer	<1
		2010:winter	not analyzed
10	Tanigawa br.	2010:summer	<1
		2010:winter	<1
11	Tidorioo br.	2010:summer	<1
		2010:winter	<1
12	Komiya br.	2010:summer	<1
		2010:winter	not analyzed
13	Ouji br.	2011:summer	<1
		2011:winter	<1
14	Sakoshi br.	2011:summer	<1
		2011:winter	<1
15	Ushio br.	2011:summer	<1
		2011:winter	<1
16	Wakita br.	2011:summer	<1
		2011:winter	<1

IDL: 0.3ng/L、MDL: 1 ng/L

Table 1 LC/MS/MS conditions

LC conditions	
Instrument :	AQUITY UPLC(Waters)
Column :	L-column2 ODS (2.1mm id×150mm, 2 $\mu$ m)
Column temp. :	40°C
Mobile Phase :	A:2mmol/L Ammonium Acetate B:Acetonitrile
Gradient :	0→10min A:45→40 B:55 →60 linear gradient
	10→50min A:40→36 B:60 →64 linear gradient
	50→51min A:36→1 B:64 →99 linear gradient
	51→56min A:1→1 B:99 →99
	56→56.5min A:1→45 B:99 →55 linear gradient
Flow rate :	0.20mL/min
Injection volume :	10 $\mu$ L
MS conditions	
Instrument :	XEVO TQ(Waters)
Ionization Mode :	ESI-Negative-SRM
Monitor Ion (m/z) :	HBCD 639.2/79.3
	: HBCD- $^{13}C_{12}$ 639.2/79.3 (Cleanup spike)
	: HBCD- $d_{18}$ 658.1/79.3 (Syringe spike)
Capillary voltage :	0.5kV
Cone voltage :	16V
Source temp. :	110°C
Desolvation temp. :	400°C
Cone gas flow :	50L/Hr
Desolvation gas flow :	700L/Hr
Collision Energy :	12eV
LM Resolution 1 :	1.0
HM Resolution 1 :	14.65
LM Resolution 2 :	1.0
HM Resolution 2 :	14.84
Ion Energy1 :	1.5
Ion Energy2 :	1.5

調査を実施しており、それぞれ未検出 (<87 ng/L)<sup>5)</sup>、<2.2~73 ng/L<sup>6)</sup>であった。また、2007~2012年にかけて名古屋市が実施した調査結果によると、河川で<0.4~79ng/Lであった<sup>7)</sup>。

Table 2-2 Comparison with a water survey result of the whole country

Sampling area (The number of sampling spots)	Concentration (ng/L)	Note
Nagoya city (20spots)	<0.76~79	7)
Japan (47spots)	<2.2~73	6)
Hyogo No13~16 (4spots)	<1	This study (2011)
Hyogo No7~12 (6spots)	<1	This study (2010)
Hyogo No1~6 (6spots)	<1~37	This study (2009)
Japan (20spots)	<87	5)

(2) 底質…王子橋で 480ng/kg-dry, 脇田橋で 260ng/kg-dry, 潮橋で 81ng/kg-dry など地点間で差が見られた。全国の底質調査結果との比較は Table 3-2 のとおりである。環境省が全国的な調査を行っており、2003年に15地点中1地点から 85,000~140,000ng/kg-dry<sup>5)</sup>を、2011年に62地点中27検体から 13~60,000ng/kg-dry<sup>6)</sup>を、2012年に63地点中39検体から 380~75,000ng/kg-dry

Table 3-1 Concentration of total HBCD in river sediment

Point NO.	Sampling point	Sampling season	Concentration (ng/kg-dry)
1	Kakogawa br.	2010:summer	<2
2	Tidorioo br.	2010:summer	<2
3	Komiya br.	2010:summer	50
4	Ouji br.	2011:summer	480
5	Sakoshi br.	2011:summer	<2
6	Ushio br.	2011:summer	81
7	Wakita br.	2011:summer	260

IDL : 0.6ng/kg-dry、MDL : 2ng/kg-dry

Table 3-2 Comparison with a sediment survey result of the whole country

Sampling area (The number of sampling spots)	Concentration (ng/kg-dry)	Note
Nagoya city (20spots)	<1900~58000	7)
Japan (63spots)	<350~75000	9)
Japan (62spots)	<1200~60000	6)
Hyogo No4~7 (4spots)	<2~480	This study (2011)
Hyogo No1~3 (3spots)	<2~50	This study (2010)
Japan (15spots)	<23000~140000	5)
Kita-kyushu city	<23000	8)

を検出したと報告<sup>9)</sup>している。また、名古屋市が実施した名古屋市内の河川および名古屋港での調査では、<1900~58,000ng/kg-dry を検出したと報告<sup>7)</sup>している。

(3) 大気…2011年の冬季調査で地点F(たつの市)で比較的高濃度のHBCD(110pg/m<sup>3</sup>)が検出されたため (Table 4-1), 地点Fの継続調査と周辺の環境調査を行なった。詳細な結果は2. たつの市周辺におけるHBCD環境調査で示す (Fig. 3, Table 5)。

なお、国内では環境省が2012年に全国36地点を調査しており、<0.8~440 pg/m<sup>3</sup>であった<sup>9)</sup> (Table 4-2)。

Table 4-1 Concentration of total HBCD in atmosphere

Point NO.	Sampling city	Sampling season	Concentration (pg/m <sup>3</sup> )
A	Sanda city	2009:summer	1.1
		2009:winter	2.6
B	Itami city	2009:summer	1.9
		2009:winter	<0.1
C	Amagasaki city	2009:summer	2.4
		2009:winter	<0.1
D	Katou city	2010:summer	1
		2010:winter	2.5
E	Kakogawa city	2010:summer	5.4
		2010:winter	1.6
F	Tatsuno city	2011:summer	9.3
		2011:winter	110
G	Sumoto city	2012:summer	3.3
		2012:winter	7.4

IDL : 0.03pg/m<sup>3</sup>、MDL : 0.1pg/m<sup>3</sup>

Table 4-2 Comparison with a atmosphere survey result of the whole country

Sampling area (The number of sampling spots)	Concentration (pg/m <sup>3</sup> )	Note
Japan (36spots)	<0.8~440	9)
Hyogo (F, G)	3.3~110	This study (2011)
Hyogo (D, E)	1~5.4	This study (2010)
Hyogo (A, B, C)	<0.1~2.6	This study (2009)

## 2. たつの市周辺におけるHBCD環境調査

(1) 底質…地点F(たつの市)で比較的高濃度のHBCDが検出されたため、周辺の環境汚染状況を調べる目的で、地点F近傍と揖保川上流、下流及び林田川上流域において底質調査を行った。

2012年10月12日採取の底質中のHBCD濃度は、はしきき橋 110 ng/kg-dry, 龍野橋 310 ng/kg-dry, 王子橋 140 ng/kg-dry, 永久橋 200 ng/kg-dryとなっており、地点F直近の龍野橋

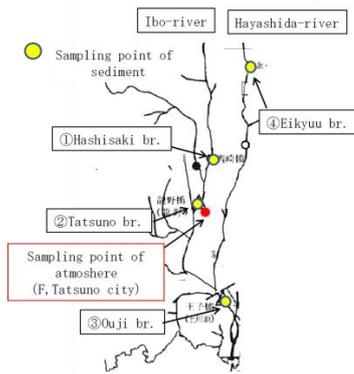


Fig.2 Sampling points of river sediment around Tatsuno city (2012)

は、他の地点より比較的濃度が高いことがわかった。なお、異性体分布のパターンをみると、龍野橋と王子橋は  $\alpha > \gamma > \beta$  のパターンであり、はしき橋と永久橋は  $\gamma > \alpha > \beta$  のパターンであった。

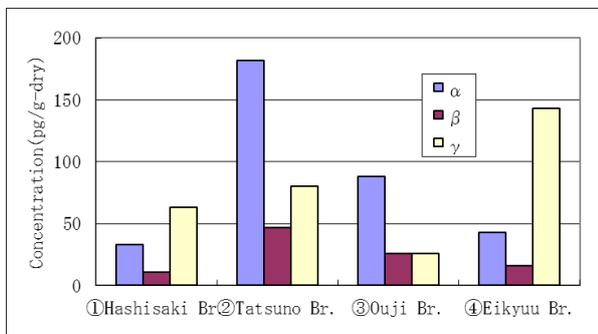


Fig.3 Isomer distribution of HBCD of river sediment (2012)

(2) 大気…地点F (たつの市) の2013年8月の結果は86 pg/m<sup>3</sup>であったが、2014年9月の結果は4.1 pg/m<sup>3</sup> ( $\beta$ -HBCDは検出下限値未満)、2014年12月の結果はND ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -HBCDのいずれも検出下限値未満)であった(Table 5)。また、2013年までの異性体組成は、 $\alpha > \gamma > \beta$  の順であった。HBCDは2013年にPOPs条約の附属書A(廃絶)に追加され、2014年からHBCDの製造、輸入、使用が原則禁止になっており、その影響を受けて大気中の濃度が下がったものと考えられる。

Table 5 Concentration of HBCD in Tatsuno city (Point F)

Sampling time	Sampling period	Concentration (pg/m <sup>3</sup> )			Total HBCD (pg/m <sup>3</sup> )
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
2011	8/3~8/10	6.0	1.0	2.3	9.3
	12/13~12/20	61	18	35	110
2012	6/15~6/22	69	10	8.1	87
	11/29~12/6	70	16	29	120
2013	8/23~8/25	63	9.1	14	86
2014	9/16~9/17	3.3	ND	0.82	4.1
	12/17~12/18	ND	ND	ND	ND

### 3. リスク評価について

環境基準値は定まっていないが、健康や生態系に与える影響の面からNOAEL等のデータを参考に試算し、HBCDのリスク評価を行った。

#### (1) 環境中の許容濃度の試算について

NOAEL (10mg/kg/day)<sup>10)</sup>をヒトに適用するため、不確実係数(UFs)を最大値である1,000としてTDIを算出すると10000ng/kg/dayとなる。

#### ①TDI (耐用一日摂取量 [ng/kg/day]) の算出式

$$TDI \text{ (耐容一日摂取量)} = \frac{NOAEL \text{ (無毒性量)}}{UFs \text{ (不確実係数)}}$$

一日あたり、成人(50kg)の飲料水の摂取量を2L、呼気量20m<sup>3</sup>と仮定しTDIに達する環境中の濃度を試算した。なお、暴露の試算にあたっては、影響が最大となるように、飲料水中の濃度は本調査の河川水最大濃度を、大気中の濃度は本調査の最大濃度を用いた。

#### ②水質

$$TDI \times \text{体重} \div \text{飲料水摂取量} = \text{許容濃度}$$

$$10000\text{ng/kg/day} \times 50\text{kg} \div 2\text{L/day} = 250,000\text{ng/L} > 37\text{ng/L} : \text{本調査最大値 (2009年 猪名川水系)}$$

#### ③大気

$$TDI \times \text{体重} \div \text{空気吸入量} = \text{許容濃度}$$

$$10000\text{ng/kg/day} \times 50\text{kg} \div 20\text{m}^3/\text{day} = 25,000\text{ng/m}^3 > 120\text{pg/m}^3 : \text{本調査最大値 (2012年 たつの市)}$$

TDIによる環境中(大気、水質)許容濃度の試算値と、本調査結果の最大値との比較においては、許容濃度を大きく下回っていた。

#### (2) 健康影響評価について

飲料水、呼吸、食物などから受けるヒトへの推定暴露量EHEを算定し、HQ(ハザード比)からヒトへの健康影響を評価することとした。

HQ(ハザード比)が1より小さい場合は、ヒトへの健康影響は出ないと評価でき、1より大きい場合は、ヒトへの健康影響が出る可能性があるとして評価できる。

$$HQ \text{ (ハザード比)} = \frac{EHE \text{ (ヒトへの推定暴露量)}}{TDI \text{ (耐用一日摂取量)}}$$

#### ①EHE (ヒトへの推定暴露量 [ng/kg/day]) の算出

成人(50kg)の一日あたりの飲料水、大気、食物(魚介類とそれ以外)の各摂取量を仮定し、文献と本調査の結果を基に、暴露量の合計を試算した。

#### ②水を飲むことによる暴露量(2009年 猪名川水

系)

飲料水中の濃度×飲料摂取量 (2L/day) ÷ 体重 = 暴露量

$$37\text{ng/L} \times 2\text{L/day} \div 50\text{kg} = 1.5\text{ng/kg/day}$$

③呼吸による暴露量 (2012年 たつの市)

大気中の濃度×空気流入量 (20m<sup>3</sup>/day) ÷ 体重 = 暴露量

$$120\text{pg/m}^3 \times 20\text{m}^3/\text{day} \div 50\text{kg} =$$

$$48\text{pg/kg/day} (0.048\text{ng/kg/day})$$

④食物 (魚介類) による暴露量

魚介類中の濃度×魚介類摂取量 (120g/day) ÷ 体重 = 暴露量

$$1.46\text{ng/g} \times 120\text{g/day} \div 50\text{kg} = 3.5\text{ng/kg/day}$$

なお、魚介類中の濃度は、アメリカの魚介類中のHBCD濃度<sup>11)</sup>を用いたが、検出下限値未満の場合は検出下限値を算出用データとして用いた。

⑤食物 (魚介類以外) による暴露量

食物中のHBCD濃度と食物摂取量については Table 6のとおりである。

食物中の濃度×食物摂取量 ÷ 体重 = 暴露量

$$198\text{ng/day} \div 50\text{kg} = 4.0\text{ng/kg/day}$$

Table 6 食物中の HBCD 濃度と食物摂取量

	Concentration in the food (ng/g)	The food intake (g/day)	Total (ng/day)
Flesh and meat	0.86	83.6	72
Milk kinds	0.261	122.7	32
Egg kinds	0.011	34.8	0.38
Oils and fats	0.81	10.1	8.18
Grains	0.18	433.9	78.1
Fruit kinds	0.022	105.7	2.3
Vegetables	0.018	266.5	4.8
Total			198

なお、魚介類以外の食物中の濃度は、アメリカの食物中HBCD濃度<sup>11)</sup>を用いたが、検出下限値未満の場合は検出下限値を算出用データとして用いた。食物摂取量は厚生労働省<sup>12)</sup>の食品群別摂取量の値を用いた。

$$\left[ \begin{array}{l} \text{EHE (ヒトの推定暴露量)} \\ \text{②} + \text{③} + \text{④} + \text{⑤} = 9.0 \text{ ng/kg/day} \\ \text{HQ (ハザード比)} = \frac{9.0}{10000} = 0.0009 < 1 \end{array} \right]$$

本調査と他の文献からHQ比を算出した結果、0.0009と1を大きく下回っており、健康に影響を及ぼすおそれは低いと考えられる。

#### IV 結論

HBCDは環境中において難分解性、高い蓄積性等があることから、阪神地域(水質6地点, 大気3地点),

東播磨・北播磨地域(水質6地点, 底質3地点, 大気2地点), 西播磨・淡路地域(水質4地点, 底質4地点, 大気2地点)で環境実態調査を行なった。今回の調査結果から、環境省等がこれまでに実施した調査で得られた測定値の範囲内であり、またリスク評価の結果では特に人の健康影響を懸念する状況でないことがわかった。

#### 文献

- 1) 経済産業省製造産業局化学物質管理課化学物質安全室：第一種特定化学物質の追加指定等について (お知らせ) (2014), [http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/kasinhou/files/about/classspecified/history/140319.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/files/about/classspecified/history/140319.pdf) (参照2015.9.7)
- 2) 環境省: 化学物質と環境 平成14年度化学物質分析法開発調査報告書, p225-239 (2003)
- 3) 環境省: 化学物質と環境 平成22年度化学物質分析法開発調査報告書, p532-557 (2011)
- 4) 環境省: 化学物質と環境 平成25年度化学物質分析法開発調査報告書, p964-988 (2014)
- 5) 環境省: 平成16年度版 化学物質と環境, p97-98 (2005)
- 6) 環境省: 平成24年度版 化学物質と環境, p327-328 (2013)
- 7) 長谷川瞳, 渡辺正敏, 鈴木茂: 環境中のヘキサブロモシクロドデカンの分析法および調査, 環境化学, **24**, 1-9 (2014)
- 8) 棚田 京子, 門上 希和夫: 環境試料中の1, 2, 5, 6, 9, 10-ヘキサブロモシクロドデカンの分析, 環境化学, **15**, 561-568 (2005)
- 9) 環境省: 平成25年度版 化学物質と環境, p400-403 (2014)
- 10) 厚生労働省医薬食品局審査管理課化学物質安全対策室: 製品含有化学物質のリスク評価 ヘキサブロモシクロドデカン (2013), [http://www.nite.go.jp/chem/risk/products\\_risk-hbcd.pdf](http://www.nite.go.jp/chem/risk/products_risk-hbcd.pdf) (参照2015.9.10)
- 11) Schechter A., Haffner D., Colacino J., Patel K., Papke O., Opel M., Birnbaum L.: Polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in composite US food samples. Environmental Health Perspectives, **118**, 357-362 (2010)
- 12) 厚生労働省 国民健康・栄養調査 (平成23年度)

## 謝 辞

本調査は兵庫県水大気課の委託業務の一環として行なったものである。また、分析機器の条件についてご指導いただきました（一財）日本環境衛生センターの佐々木秀輝氏，神戸市環境保健研究所の八木正博氏，名古屋市環境科学調査センターの長谷川瞳氏と大阪市立環境科学研究所の市原真紀子氏，大気中HBCDの前処理方法についてご指導いただきました株式会社島津テクノリサーチの高菅卓三氏と関係者の皆様に深く感謝致します。

## Abstract

Hexabromocyclododecane (HBCD) is one of the brominated flame retardants used for flame retarder for housing, interior fabric and car fabric. HBCD was added to Annex A (extinction) of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants in 2013, and was designated as Class I Specified Chemical Substance in 2014 because of its characteristics of low degradability and high accumulation. The environmental concentration of HBCD (water, sediment, atmosphere) in Hyogo prefecture has been investigated since 2009. We found that it isn't the situation that we worry about health influence in particular. We'll report on the survey result and the risk evaluation.