

社製及びAccuStandard社製の臭素化ビフェニル標準溶液を、Co-PXBsはCambridge Isotope Laboratories社製の標準品を使用した。

### 1-1-3 測定機器

高分解能質量分析計 (HRMS) :

Micromass Autospec ULTIMA

高分解能ガスクロマトグラフ (HRMS) :

Hewlett Packard 社 HP6890

### 1-1-4 測定条件

#### 1) 使用カラム

PBDD/DFs 及び MoBrPCDD/DFs : DB-5, 0.25  $\mu$ m i. d.  $\times$  30m, 膜厚 0.1  $\mu$ m (Agilent)

PBDEs, PBBs 及び Co-PXBs : SLB-5MS, 0.25  $\mu$ m i. d.  $\times$  30m, 膜厚 0.1  $\mu$ m (SUPELCO)

#### 2) 測定条件

各異性体のモニターイオンを表 2~6 に、その他の測定条件を表 7 に示す。

表 1 分析に用いた魚試料

魚種名	産地		個体数	平均体長 (cm)	平均体重 (g)
タイ①	名古屋	天然	1	42.0	1250
タイ②	名古屋	天然	1	43.0	1300
タイ③	鹿児島	天然	2	32.6	663.7
アナゴ	名古屋	天然	7	34.6	101.6
イワシ	鹿児島	天然	28	16.1	47.5
エビ	鹿児島	天然	58	9.3	9.7
カレイ	瀬戸内	天然	3	27.6	312.6

表 2. PBDD/DFs 測定に用いたモニターイオン

	定量イオン	確認イオン
TeBDD	499.6904	497.6924
PeBDD	577.6009	579.5989
HxBDD	657.5094	655.5114
OcBDD	815.3282	813.3302
TeBDF	483.6955	481.6975
PeBDF	561.6060	563.6039
HxBDF	641.5145	639.5165
HpBDF	719.4248	721.4228
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDD	511.7307	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDD	589.6412	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBDD	669.5496	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OcBDD	827.3685	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDF	495.7357	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDF	573.6462	—

表 3. MoBrPCDD/DFs 測定に用いたモニターイオン

	定量イオン	確認イオン
Mono-Br-TriCDD	365.8436	367.8410
Mono-Br-TeCDD	399.8045	401.8019
Mono-Br-PeCDD	435.7628	433.7655
Mono-Br-HxCDD	469.7237	467.7265
Mono-Br-HpCDD	503.6847	505.6819
Mono-Br-TriCDF	349.8487	351.8460
Mono-Br-TeCDF	383.8096	385.8070
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -Mono-Br-TeCDF	411.8448	—

表 4. PBDEs 測定に用いたモニターイオン

	定量イオン	確認イオン
TnBDE	405.8027	407.8006
TeBDE	485.7111	483.7132
PeBDE	563.6216	565.6196
HxBDE	643.5301	641.5321
HpBDE	721.4406	723.4386
OcBDE	641.5145	639.5160
NoBDE	719.4250	721.4230
DeBDE	799.3335	797.3355
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TnBDE	417.8429	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBDE	497.7514	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -PeBDE	575.6619	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBDE	655.5704	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HpBDE	733.4809	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OcBDE	653.5547	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -NoBDE	731.4652	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -DeBDE	811.3737	—

表 5. PBBs 測定に用いたモニターイオン

	定量イオン	確認イオン
TnBB	389.8077	391.8057
TeBB	469.7162	467.7182
PeBB	547.6266	549.6246
HxBB	627.5351	625.5371
HpBB	705.4456	707.4436
OcBB	785.3541	783.3561
NoBB	863.2645	865.2625
DeBB	943.1730	941.1750
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TeBB	481.7565	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HxBB	639.5754	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -OcBB	797.3944	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -DeBB	955.2133	—

表 6. Co-PXBs 測定に用いたモニターイオン

	定量イオン	確認イオン
Mono-Br-TeCB	369.8299	371.8279
Mono-Br-PeCB	403.7910	405.7890
Di-Cl-TriBB	459.7279	457.7299
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -Mono-Br-TeCB	381.8702	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -Mono-Br-PeCB	415.8312	—
<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -Tri-Br-DiCB	471.7681	—

表 7 臭素系化合物の高分解能ガスクロマトグラフ/質量分析計における測定条件

化合物名	GC 測定条件			MS 条件
	注入方式及び注入量	注入口温度	昇温条件	
PBDD/DFs MoBrPCDD/DFs	スプリットレス, 1 μL	280℃	130℃—(20℃/min)—240℃—(5℃/min)—320℃(7.5min)	イオン源温度: 270℃ 分解能: 10000 以上
PBDEs	スプリットレス, 1 μL	260℃	125℃(1min)—(20℃/min)—200℃—(10℃/min)—330℃(5.2min)	
PBBs, Co-PXBs	スプリットレス, 1 μL	260℃	120℃(1min)—(20℃/min)—200℃(10min)—(10℃/min)—330℃(2min)	

## 1-1-5 分析方法

均一化した試料 50 g を特注ビーカー (直径 9 cm、高さ 7 cm) に精秤し、-20℃ で凍結した後、凍結乾燥機 (VIRTIS 社製 AD2.0 ES-BC) で約 35 時間かけて乾燥させた。乾燥した試料をスパーテルで細かく砕き、洗浄したガラスビーズを混ぜながら、高速溶媒抽出装置の抽出セル (99 mL) に充填した。クリーンアップスパイクの <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-PBDD/DFs (4-8 臭素化体 125-500 pg)、<sup>13</sup>C<sub>12</sub>-PBDEs (1-10 臭素化体 500-2500 pg)、<sup>13</sup>C<sub>12</sub>-1-Br-2, 3, 7, 8-TeCDD (50 pg)、<sup>13</sup>C<sub>12</sub>-PBBs (250-1250 pg) 及び <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-PXBs (250-500 pg) を添加した後、高速溶媒抽出を行った。高速溶媒抽出の条件を表 8 に示す。抽出液は 40℃ 以下で約 100 mL になるまで減圧濃縮した。ここで抽出液の一部を採取し、乾固させた後の残物の重量を脂肪量とした。硫酸 20 mL を加えて 3 回処理を行った後、ヘキサン洗浄水 20 mL で洗浄した。無水硫酸ナトリウムで脱水後、2 mL まで減圧濃縮し、シリカゲルカラムで精製した。溶出液 150

mL を減圧濃縮し、ヘキサン 5 mL に置換した後、フロリジルカラムに負荷し、第 1 画分 (PBDEs、PBBs 及び Co-PXBs 画分) と第 2 画分 (PBDD/DFs、MoBrPCDD/DFs 画分) に分画した。第 1 画分は約 1 mL まで濃縮し、さらに夾雑物を除去するために、DMSO 分配を行い、測定試料とした。第 2 画分は濃縮し、ヘキサン 5 mL に置換した後、活性炭カラムで精製を行い測定試料とした。カラムクロマトグラフィーによる精製法の詳細は表 9 に示す。PBDEs、PBBs 及び Co-PXBs の最終検液はシリンジスパイク <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-2, 2', 3, 4, 4', 5' -HxBDE (#138L) を加えて 25 μL とした。PBDD/DFs、MoBrPCDD/DFs の最終検液はシリンジスパイク <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-2, 3, 4, 7, 8-PeBDF を加えて 15 μL とした。PBDD/DFs、PBDEs、PBBs 及び Co-PXBs をそれぞれ HRGC/HRMS で測定した。GC カラムは、PBDD/DFs、MoBrPCDD/DFs は DB-5 を、その他の化合物 (PBDEs、PBBs、Co-PXBs) については、SLB-5MS を使用した。

分析のフローを図 1 に示す。

表8 高速溶媒抽出の条件

機器	DIONEX 社製 ASE-300
抽出条件	オープン温度 100℃
抽出圧力	1500psi
抽出溶媒	ジクロロメタン/ヘキサン(1:9)
オープン昇温時間	7分
設定温圧保持時間	10分
フラッシュ容積	セル容量の40%
ガスバージ時間	120秒
静置サイクル数	3回
充填用ガラスビーズ	使用前にアセトン/ヘキサン(2:1)、ジクロロメタン/ヘキサン(1:9)で洗浄

表9 カラムクロマトグラフィーの調製法

	調製法	溶出溶媒
シリカゲルカラムクロマトグラフィー (Wako S-1)	活性化:130℃で3時間充填量:1g,乾式充填 コンディショニング:10%ジクロロメタン/ヘキサン 100 mL	10%ジクロロメタン/ヘキサン 150 mL
フロリジルカラムクロマトグラフィー(関東化学)	活性化:130℃で3時間後、1%含水に調製 充填量:5g,乾式充填 コンディショニング:ヘキサン 100 mL	第1画分:ヘキサン 150 mL 第2画分: 60%ジクロロメタン/ヘキサン 200 mL
活性炭カラムクロマトグラフィー(ナカライテスク)	トルエンで洗浄し、無水硫酸ナトリウムに分散させたもの(1:1000, w/w)	第1画分:10%ジクロロメタン/ヘキサン 50 mL 第2画分: トルエン 200 mL

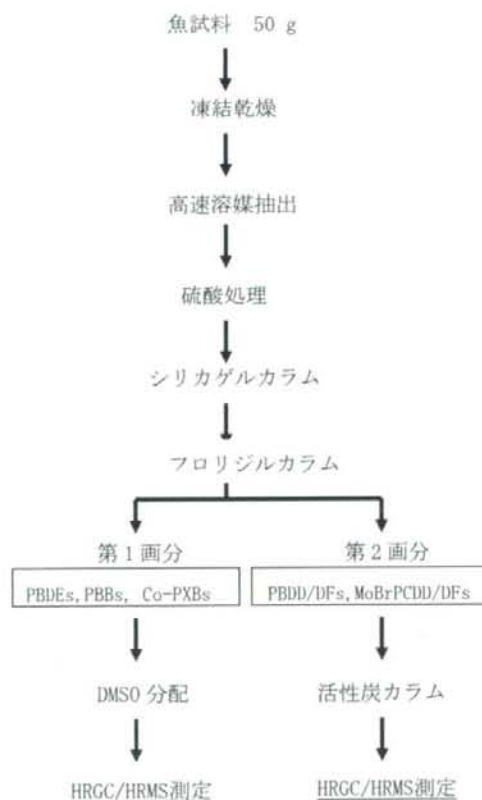


図1 臭素系化合物の分析フロー

## 1-2 マーケットバスケット試料の分析

## 1-2-1 分析試料

国内2地域、関東(埼玉)及び関西(大阪)の機関で調製したマーケットバスケット試料の第1群から13群(第10群から12群についてはn=2)の食品群別試料を分析した。各食品群の食品分類は次の通りである。

- 第1群 米、米加工品
- 第2群 米以外の穀類、種実類、いも類
- 第3群 砂糖類、菓子類
- 第4群 油脂類
- 第5群 豆類、豆加工品
- 第6群 果実、果汁
- 第7群 緑黄色野菜
- 第8群 その他の野菜類、キノコ類、海藻類
- 第9群 酒類、嗜好飲料
- 第10群 魚介類
- 第11群 肉類、卵類
- 第12群 乳、乳製品
- 第13群 調味料

表 10 マーケットバスケット試料の食品群別重量表

(1) 関東地区マーケットバスケット試料

	第1群	第2群	第3群	第4群	第5群	第6群	第7群	第8群
一日摂取量(g)	332.8	175.4	32.1	11.0	59.6	125.4	100.3	209.1
最終分析試料重量(g)	382.8	228.4	32.1	11.0	59.6	125.4	95.5	210.2
	第9群	第10群A	第10群B	第11群A	第11群B	第12群A	第12群B	第13群
一日摂取量(g)	540.8	84.8	84.8	111.3	111.3	137.7	137.7	94.5
最終分析試料重量(g)	540.8	80.7	80.8	102.3	93.7	137.7	137.7	94.5

(2) 関西地区マーケットバスケット試料

	第1群	第2群	第3群	第4群	第5群	第6群	第7群	第8群
一日摂取量(g)	341.4	174.2	35.1	10.6	57.5	120.8	92.8	184.1
最終分析試料重量(g)	581.0	295.7	72.6	10.6	101.0	120.8	82.4	171.8
	第9群	第10群A	第10群B	第11群A	第11群B	第12群A	第12群B	第13群
一日摂取量(g)	616.3	82.2	82.2	121.4	121.4	142.9	142.9	92.9
最終分析試料重量(g)	616.3	78.6	78.3	102.6	111.2	142.9	142.9	92.9

各地域における食品群別の一日摂取量及び最終分析試料重量（試料調製後の重量）を表 10 に示す。

1-2-2 分析方法

各食品群別試料（第1群から13群）50gをそれぞれ特注ピーカーに精秤した後、凍結乾燥し、1-1-2～1-1-5の魚介類個別食品の分析方法と同様の方法で分析及び測定を行った。試料中の臭素系化合物濃度を定量した後、一日摂取量を算出した。

2 ヘキサブロモシクロドデカン(HBCDs)及びテトラブロモビスフェノール A (TBBPA) の分析

2-1 実験材料

2007年-2008年に九州地方（鹿児島）、中部地方（名古屋）、中国・四国地方（瀬戸内海）の鮮魚店から購入した魚介である12件、及び2003年に東北地方で捕獲された魚介である4件の計16件を個別食品とした（表11）。調製方法は、可食部をそれぞれフードプロセッサで均一化し、分析に供するまで-20℃で保存した。マーケットバスケット試料については、表10と同様である。



表 11 HBCDs分析に用いた魚介試料

魚種名	購入(又は捕獲)年	産地等	生育条件	個体数	平均体長(cm)	平均体重(g)
スズキ1	2003	東北(仙台湾)	天然	5	49.5	1534
スズキ2	2003	東北(女川湾)	天然	5	52.2	1896
スズキ3	2003	東北(石巻湾)	天然	5	48.8	1524
スズキ4	2003	東北(金華山沖)	天然	5	37.6	680
タイ①	2008	中部(名古屋)	天然	1	42	1250
タイ②	2008	中部(名古屋)	天然	1	43	1300
アナゴ	2008	中部(名古屋)	天然	7	34.6	102
カレイ	2007	中国・四国(瀬戸内)	天然	3	27.6	313
アナゴ	2007	中国・四国(瀬戸内)	天然	9	42.6	120
タイ	2007	中国・四国(瀬戸内)	天然	1	35.1	216
キス	2007	中国・四国(瀬戸内)	天然	10	21.7	89
アジ	2007	九州(鹿児島)	天然	4	32.3	360
サバ	2007	九州(鹿児島)	天然	3	34.1	573
イワシ	2007	九州(鹿児島)	天然	28	16.1	48
エビ	2007	九州(鹿児島)	天然	58	9.3	10
タイ	2007	九州(鹿児島)	天然	2	32.6	664

## 2-2 標準溶液及び試薬

メタノール、ジクロロメタン、ヘキサンは、関東化学社製ダイオキシン類分析用、または残留農薬試験・PCB 試験用を、また、 $\alpha$ -、 $\beta$ -、及び  $\gamma$ -HBCDs 標準品、及びその  $^{13}\text{C}_{12}$  ラベル体、TBTA 標準溶液及びその  $^{13}\text{C}_{12}$  ラベル体は Cambridge Isotope Laboratories 社製を用いた。シリンジスパイクには関東化学社製の Internal standard Mix 25 (内容物 クリセン- $d_{12}$ 、アセナフテン- $d_{10}$ 、ピレン- $d_{10}$ 、フェナントレン- $d_{12}$ )を用いた。

44%硫酸シリカゲルは和光純薬工業社製ダイオキシン類分析用を用いた。

## 2-3 機器及び測定条件

## GPC 装置

HBCDs 分析での精製過程に、GPC を下記の条件(表 12)で用いた。GPC のポ

ンプは島津製作所の LC-10AD VP を用い、分画装置は東京理化学器械製 EYELA FRACTION CORECTOR DC-1500 を使用した。

表 12 HBCDs 分析に用いた GPC 条件

カラム	昭和電工社製 Shodex CLNpak EV-2000 (300×20 mm i.d.)
プレカラム	昭和電工社製 Shodex CLNpak EV-G AC
移動相	アセトン/シクロヘキサン(3:7, v/v) 流速: 5 mL/min

## LC/MS/MS 装置

HBCDs 分析には LC/MS/MS (Waters 社製 2695 / Quatro Micro API) を下記の分析条件(表 13-1)で用いた。

表 13-1 LC/MS/MS の分析条件

カラム	GL Sciences 社製 Intertsil ODS-3(150×2.1 mm i.d., 5 μm)
カラム温度	40℃
注入量	5 μL
移動相	10 mM 酢酸アンモニウム:メタノール:アセトニトリル=20:50:30
移動相流量	0.2 mL/min
測定モード	ESI negative MRM 測定
キャピラリー電圧	2.0 kV
イオン源温度	130 °C
モニターイオン	Native-HBCDs; 641>79 (定量), 639>79 (確認) <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HBCDs; 653>79 (定量), 651>79 (確認)

## GC/MS 装置

TBBPA 分析には GC/MS (VARIAN 社製 下記の条件 (表 13-2) で用いた。  
CP-3800 / QUADRUPOLE MS/MS 1200) を

表 13-2 GC/MS の分析条件

カラム	関東化学社製 ENV-5MS (0.25 mm×30 m, 膜厚 0.25 μm)
カラム温度	120℃(1 min)→20℃/min→300℃(20 min)
キャリアガス	ヘリウム, 1.1 mL/min
注入量	2 μL
注入口温度	280℃
注入方式	スプリットレス
測定モード	SIM 測定
モニターイオン	Native-TBBPA; 529 (定量), 557 (確認) <sup>13</sup> C <sub>12</sub> -TBBPA; 541 (定量), 569 (確認) シリンジスバイク (クリセン-d <sub>12</sub> ); 240

## 2-4 分析操作

### 2-4-1 HBCD s の分析操作

試料約 5 g を秤取して精製水 5 mL を加え、 $^{13}\text{C}_{12}$ -HBCDs 1 ng を内標準 (IS) として添加した。これに抽出溶媒としてメタノール 20 mL を加え 2 分間高速ホモジナイザーにより攪拌抽出した。これをろ過し、ろ液は 300 mL 容分液ロートに移した。残渣は、2 回目はメタノール 20 mL と 10%ジクロロロメタン/ヘキサン混液 (以下 10% DCM/Hex) 20 mL で、3 回目には 10% DCM/Hex 20 mL で再度ホモジナイズ抽出を行った。また、洗液は 10% DCM/Hex 20 mL を用いた。ろ液及び洗液をすべて 300 mL 容分液ロートに合わせてジクロロメタンで洗浄した 5% NaCl 水溶液 120 mL を加え、5 分間振とうした後、静置した。分離した有機層は綿栓した三角ロート上の無水硫酸ナトリウムを通過させ、ナス型フラスコに採った。その後、10% DCM/Hex 40 mL で 2 回同様の液一液抽出及び脱水を行った。集めた有機層はエバポレータで減圧濃縮し、アセトン/シクロヘキサン (3:7) に置換し 10 mL に定容した。その内 2.5 mL を GPC 装置に注入し、粗脂肪溶出直後の 12 分~18 分の HBCDs 溶出画分を集めて濃縮後、44%硫酸シリカゲルミニカラムで精製し、窒素ガス気流下で溶媒除去した。その後、少量のジクロロメタンに溶解させインサートバイアルに移し、窒素ガスで乾固後、メタノール 25  $\mu\text{L}$  に溶解させて LC/MS/MS で測定した (図 2)。

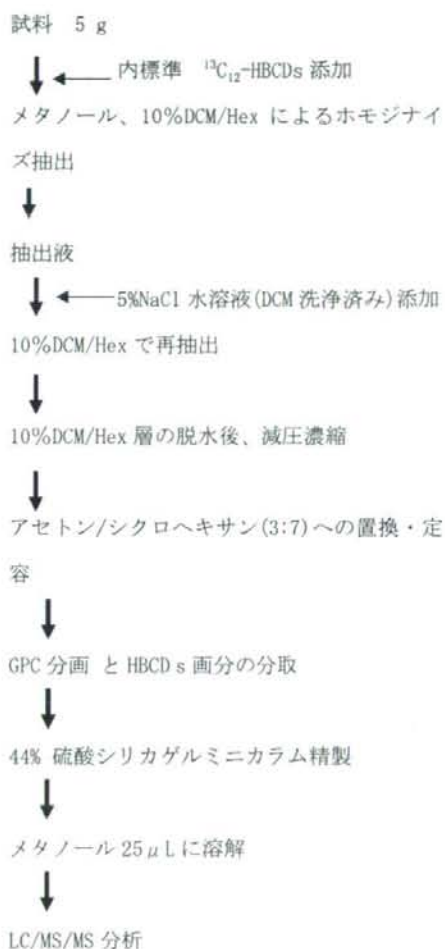


図 2 HBCD s の分析フロー

## 2-4-2 TBBPA の分析操作

試料約 5 g を秤取し、 $^{13}\text{C}_{12}$ -TBBPA 0.5 ng を添加した。これに抽出溶媒としてメタノール 20 mL を加え、高速ホモジナイザーにより 2 分間攪拌抽出した。3000 rpm で 2 分間遠心分離して上清を 100 mL 容の分液ロートに移し、再度メタノール 20 mL を加え同様に操作した。分液ロートにヘキサン 20 mL を加え振とう、静置した。下層のメタノール層を予め DCM 洗浄済み 5%NaCl 水溶液 120 mL を入れた 200 mL 容の分液ロートに移し、ジクロロメタン 20 mL で 2 回、5 分間振とう抽出した。ジクロロメタン抽出液は綿栓した三角ロート上の無水硫酸ナトリウムを通過させて脱水したのち、エバポレータで減圧濃縮し、窒素ガス気流下で乾燥させた。これに、1M KOH/エタノール溶液 1 mL、ジエチル硫酸を 0.2 mL 加えて十分に混和したのち、35°C で 30 分間静置しエチル化した。その後 1M KOH/エタノール溶液 4 mL を加え、70°C で 1 時間還流し粗脂肪をアルカリ分解した。次に精製水 3 mL 加え、100 mL 容分液ロートに移し、ヘキサン 5 mL で 2 回抽出した。ヘキサン抽出液は無水硫酸ナトリウムで脱水し、1 mL まで減圧濃縮した。これを、フロリジル 0.5 g を充填したミニカラムに通過させ、ジエチルエーテル/ヘキサン (2:98) 8 mL で溶出させた。溶出液にクリセン- $d_{12}$  5 ng 加えて濃縮後、バイアルにジクロロメタンに移した後、ノナン 25  $\mu\text{L}$  に置換して GC/MS で分析した (図 3)。

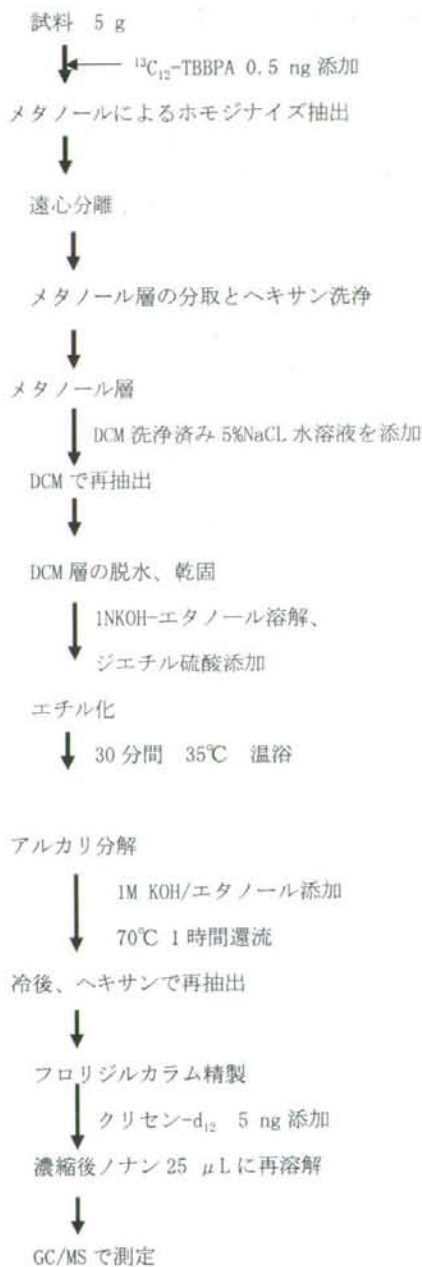


図 3 TBBPA の分析フロー



### C. 結果及び考察

1. 臭素系ダイオキシン類 (PBDD/DFs, MoBrPCDD/DFs)、臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs)、臭素化ビフェニル (PBBs) 及びコプラナー塩素・臭素化ビフェニル (Co-PXBs) の分析

#### 1-1 魚介類個別試料の分析

国内3地域 (名古屋、瀬戸内、鹿児島) で購入した魚介類の分析結果の総括を表14に示す。臭素系ダイオキシン類の分析では7検体中1検体から4臭素化体が低濃度で検出された。PBDEsは全ての魚介類試料から検出され、 $\Sigma$  PBDEsは0.016-0.818 ng/g wwであった。PBBsは、7試料中5試料から検出された。Co-PXBsはいずれの魚介類からも検出されなかった。

表15から表17に臭素系ダイオキシン類、PBDEs、PBBs及びCo-PXBの詳細な異性体別濃度及び検出下限値を示す。

臭素系ダイオキシン類は昨年度の調査と同様にアナゴから2,3,7,8-TeBDFが検

出されたのみで、検出頻度は低かった。検出された濃度についても、0.09 pg/g ww (0.009 pgTEQ/g ww) と極めて低い濃度であり、摂取しても問題がない程度であると考えられた。

PBDEsは、特に脂肪含量が比較的高いアナゴやタイ②、イワシで多くの異性体が検出され、 $\Sigma$  PBDEs濃度が高い傾向であった。図4に魚介類中PBDEsの各異性体の比率を示す。主要な異性体は3臭素化体の#28,4臭素化体の#47,5臭素化体の#100,6臭素化体の#154,10臭素化体の#209であった。タイ③及びエビでは他の試料と比べて10臭素化体の割合が高かった。

PBBsはエビ、カレイ以外の魚介類5検体から検出された。検出された異性体は4臭素化体の#52と#49,5臭素化体の#101,6臭素化体の#155と#153であった。また、 $\Sigma$  PBBs濃度は脂肪含量が比較的高いアナゴやタイ②、イワシで高い傾向であった。図5に魚介類中PBBsの異性体比を示す。検出頻度が最も高かったのは6臭素化体

表14 魚介類試料 (7試料) の分析結果 総括表

	タイ①	タイ②	タイ③	アナゴ	イワシ	エビ	カレイ
脂肪含量 (%)	0.48	2.77	0.19	11.8	1.73	0.12	1.10
臭素系ダイオキシン類 (pgTEQ/g ww)*	ND	ND	ND	0.009	ND	ND	ND
$\Sigma$ PBDEs ng/g ww	0.100	0.247	0.016	0.818	0.167	0.033	0.044
$\Sigma$ PBB pg/g ww	0.230	0.813	0.105	2.24	0.827	ND	ND
$\Sigma$ Co-PXB pg/g ww	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

\*暫定的に塩素化ダイオキシン類のTEFを用いて算出した

表 15 魚介類 (7 試料) 中の臭素系ダイオキシン類の異性体別分析結果 (pg/g ww)

	検出下限値	タイ①	タイ②	タイ③	アナゴ	イワシ	エビ	カレイ
2,3,7,8-TeBDD	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8-PeBDD	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,7,8/1,2,3,6,7,8-HxBDD	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,3,7,8,9-HxBDD	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
OcBDD	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,3,7,8-TeBDF	0.01	ND	ND	ND	0.09	ND	ND	ND
1,2,3,7,8-PeBDF	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,3,4,7,8-PeBDF	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,7,8-HxBDF	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total PBDD/DFs		ND	ND	ND	0.09	ND	ND	ND
3-Br-2,7,8-CDF	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Br-3,7,8-CDD	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-Br-2,3,7,8-CDF	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-Br-2,3,7,8-CDD	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Br-3,6,7,8,9-CDD	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-Br-2,3,6,7,8,9-CDD	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1-Br-2,3,4,6,7,8,9-CDD	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total MoBrPCDD/DFs		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PBDD/DFs+MoBrPCDD/DFs		ND	ND	ND	0.09	ND	ND	ND
Total TEQ* pgTEQ/g ww		0	0	0	0.009	0	0	0

\*数値的に非毒性化ダイオキシン類のTEFを用いて算出した値

表 16 魚介類中のPBDEs濃度 (pg/g ww)

	検出下限値	タイ①	タイ②	タイ③	アナゴ	イワシ	エビ	カレイ
2,2',4'-TriBDE (#17)	0.1	0.371	0.785	ND	0.820	1.12	ND	0.358
2,4,4'-TriBDE (#28)	0.1	9.51	25.2	0.282	54.4	11.6	0.185	5.43
2,2',4,5'-TeBDE (#49)	0.1	0.708	3.56	0.304	53.5	25.6	ND	4.17
2,3',4',6'-TeBDE (#71)	0.1	ND	ND	ND	0.109	ND	ND	ND
2,2',4,4'-TeBDE (#47)	0.1	41.3	107	1.46	162	47.9	0.734	13.6
2,3',4,4'-TeBDE (#66)	0.1	4.24	4.06	0.175	10.1	5.20	ND	2.02
3,3',4,4'-TeBDE (#77)	0.1	0.363	0.795	ND	1.18	0.473	ND	0.219
2,2',4,4',6'-PeBDE (#100)	0.1	10.3	25.3	0.970	33.2	13.3	ND	1.64
2,3',4,4',6'-PeBDE (#119)	0.1	0.761	2.55	ND	14.7	3.96	ND	0.614
2,2',4,4',5'-PeBDE (#99)	0.1	0.380	1.96	0.127	38.6	5.23	0.315	1.73
2,2',3,4,4'-PeBDE (#85)	0.1	1.74	3.64	0.131	12.0	0.930	ND	0.244
2,2',4,4',5,6'-HxBDE (#154)	0.1	15.6	28.7	1.54	159	16.4	0.596	2.78
2,2',4,4',5,5'-HxBDE (#153)	0.1	0.262	1.32	ND	56.8	4.63	0.612	1.26
2,2',3,4,4',5'-HxBDE (#138)	0.1	ND	ND	ND	0.418	ND	ND	ND
2,3,3',4,4',5-HxBDE (#156)	0.1	0.546	0.679	ND	6.49	0.771	ND	0.232
2,2',3,4,4',6,6'-HpBDE (#184)	0.1	0.120	0.751	ND	6.13	0.277	ND	ND
2,2',3,4,4',5',6-HpBDE (#183)	0.1	0.158	0.347	ND	7.69	0.461	0.120	0.284
2,3,3',4,4',5',6-HpBDE (#191)	0.1	ND	ND	ND	0.509	ND	ND	ND
2,2',3,3',4,4',6,6'-OcBDE (#197)	0.2	ND	0.554	ND	4.67	0.355	ND	0.114
2,2',3,3',4,4',5,6'-OcBDE (#196)	0.2	ND	0.106	ND	0.412	0.104	0.134	ND
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-NoBDE (#207)	0.5	0.546	1.19	0.472	3.35	0.934	1.42	0.467
2,2',3,3',4,4',5,5',6-NoBDE (#206)	0.5	0.607	0.950	0.282	2.85	1.27	1.28	0.329
DeBDE (#209)	1	12.8	37.7	10.1	189	26.6	27.8	8.97
Total PBDEs		100	247	15.8	818	167	33.2	44.5

表 17 魚介類中の PBBs 及び PXBs 濃度 (pg/g ww)

	検出下限値	タイ①	タイ②	タイ③	アナゴ	イワシ	エビ	カレイ	
PBB	2,2',5'-TriBB (#18)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	2,4,6'-TriBB (#30)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	2,3',5'-TriBB (#26)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	2,4',5'-TriBB (#31)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	2,2',5,6'-TeBB (#53)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	2,2',5,5'-TeBB (#52)	0.1	ND	0.202	ND	1.01	0.185	ND	ND
	2,2',4,5'-TeBB (#49)	0.1	ND	ND	ND	0.159	0.164	ND	ND
	3,3',5,5'-TeBB (#80)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	3,3',4,4'-TeBB (#77)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,2',4,5',6'-PeBB (#103)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,2',4,5,5'-PeBB (#101)	0.1	ND	ND	ND	ND	0.208	ND	ND
	2,2',4,4',6,6'-HxBB (#155)	0.1	0.230	0.611	0.105	0.720	0.270	ND	ND
	2,2',4,4',5,5'-HxBB (#153)	0.1	ND	ND	ND	0.345	ND	ND	ND
	3,3',4,4',5,5'-HxBB (#169)	0.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,2',3,4,4',5,5'-HpBB (#180)	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,2',3,3',4,4',5,5'-OcBB (#194)	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	2,2',3,3',4,4',5,5',6'-NoBB (#206)	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DeBB (#209)	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Total PBBs		0.230	0.813	0.105	2.24	0.827	ND	ND	
PX B	4'-Br-2,3',4,5'-TeCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4'-Br-2,3,3',4'-TeCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4'-Br-3,3',4,5'-TeCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4'-Br-2,3,3',4,5'-PeCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	4'-Br-3,3',4,5,5'-PeCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	3',4',5'-Br-3,4'-DiCB	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
	Total PXBs		ND	ND	ND	ND	ND	ND	

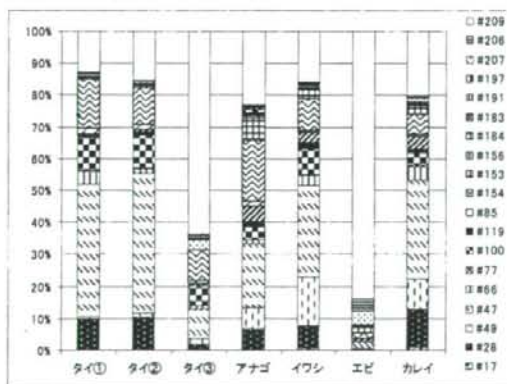


図 4 魚介類中 PBDEs の異性体比

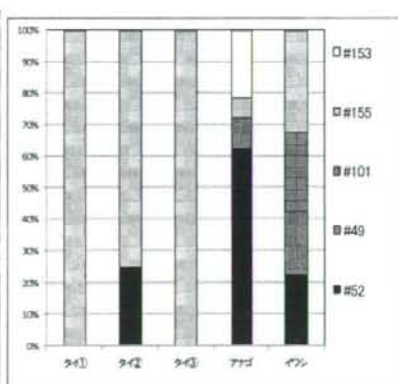


図 5 魚介類中 PBBs の異性体比



(#155)で、続いて4臭素化体(#52)であった。これらは昨年度の魚介類の調査においても検出頻度が高かった異性体であり、高臭素化体を主成分とする難燃剤の分解物ではないかと考えられた。

興味深いことに、今回の魚介類の調査においても、昨年度と同様に比較的脂肪含量が高い魚介類からPBDEs及びPBBs濃度が高い濃度で検出される傾向が見られた。臭素化ダイオキシン類は1検体からのみ検出されたが、Co-PXBsは検出されなかった。今後、さらに個別試料について調査を行い、脂肪含量との相関や、異性体比等の解析を行っていきたい。

#### 1-2 マーケットバスケット試料の分析

本年度は関東(埼玉)と関西(大阪)の2地域について、マーケットバスケット方式による摂取量調査を行った。2地域の機関で調製された第1群から第13群までの試料中の臭素系ダイオキシン類、PBDEs、PBBs及びCo-PXBsを分析し、各食品群中の濃度を定量した後、当該地域における各食品群の一日あたりの食事量からこれらの臭素系化合物一日摂取量を算出した。

表18に今回分析した2地域における臭素系ダイオキシン類及びその関連化合物(PBDEs、PBBs、Co-PXBs)の一日摂取量総括表を示す。臭素系ダイオキシン類については、暫定的に塩素化ダイオキシン類の毒性等価係数(TEF, 1998)を用いて算出した値を示す。

臭素系ダイオキシン類の一日摂取量は、不検出の異性体濃度を0(ND=0)とした場

合、関東地区が0.00145 pgTEQ/kg/日、関西地区が0 pgTEQ/kg/日、平均0.00073 pgTEQ/kg/日であった。不検出の異性体を検出下限値の1/2(ND=1/2LOD)として一日摂取量を算出した場合は関東地区が1.46 pgTEQ/kg/日、関西地区が1.72 pgTEQ/kg/日、平均1.59 pgTEQ/kg/日であった。平成19年度の塩素化ダイオキシン類摂取量調査(分担研究者 米谷民雄)<sup>4)</sup>によると、塩素化ダイオキシン類の関東地区における平均摂取量は1.38 pgTEQ/kg/日、関西地区は0.98 pgTEQ/kg/日であり、これらの摂取量に臭素系ダイオキシン類の摂取量を足し合わせた場合も、我が国の耐容一日摂取量(TDI)の4 pgTEQ/kg/日を下回ると推察された。

PBDEsの一日摂取量はND=0とした場合、関東地区が3.21 ng/kg/日、関西地区が2.74 ng/kg/日、平均2.98 ng/kg/日であった。ND=1/2LODとした場合は、関東地区が3.25 ng/kg/日、関西地区が2.80 ng/kg/日、平均3.03 ng/kg/日であった。平成18年度の摂取量調査<sup>5)</sup>では、5地域の平均値が2.09 ng/kg/日(ND=1/2LODの場合は2.14 ng/kg/日)であったことから、2年前のデータと比較すると、今回の調査結果は1.5倍ほど高い値であった。Darnnerudらの報告<sup>6)</sup>ではPBDEのLOAEL(最小毒性発現量)は1 mg/kg/日と考えるのが妥当であるとされている。また、アメリカのATSDRによって導出された経口暴露に関するPBDEのMRL(最小リスクレベル)は、NOAEL(無毒性量)と不確実係数から0.03 mg/kg/日(急性経口MRL)及び0.007

mg/kg/日（亜慢性経口 MRL）とされている<sup>7)</sup>。現在の食品からの PBDE 摂取量は MRL の 0.007 mg/kg/日と比較しても  $2 \times 10^3$  分の 1 以下と極めて低いレベルであることから、人体には影響がないレベルの汚染であると考えられる。

PBBs の一日摂取量は ND=0 とした場合、関東地区が 0.00755 ng/kg/日、関西地区が 0.00337 ng/kg/日、平均 0.00546 ng/kg/日であった。ND=1/2LOD とした場合は、関東地区が 0.0593 ng/kg/日、関西地区が 0.0647 ng/kg/日、平均 0.0620 ng/kg/日であった。PBBs について、アメリカの ATSDR によって導出された経口暴露に関する MRL は、0.01 mg/kg/日（急性経口 MRL）とされている<sup>7)</sup>。また、環境保健クライテリア<sup>8)</sup>によると、長期的な毒性を考慮した場合の安全な摂取量として 0.15  $\mu$ g/kg/日が提案されている。これらのレベルと比較すると、PBBs の現在の一日摂取量は極めて低いと考えられた。

一方、Co-PXBs は 2 地域ともいずれの異性体も検出されなかったため、一日摂取量は ND=0 とした場合は 0 であった。ND=1/2LOD とした場合は、関東地区が 0.00629 ng/kg/日、関西地区が 0.00742 ng/kg/日、平均 0.00686 ng/kg/日となった。さらに ND=1/2LOD とした場合の Co-PXBs 摂取量について、暫定的に Co-PCBs に定められた TEF を用いて TEQ 濃度を算出した場合、平均 0.24 pgTEQ/kg/日となった。この値は耐容一日摂取量 (TDI) の 4 pg/kg/日の 10 分の 1 以下であり、塩素化ダイオキシン類、臭素系ダイオキシン類の摂取量と合わせても、耐容一日摂取量 (TDI) の 4 pg/kg/

日を下回ると考えられた。

表 19 から表 21 に臭素系ダイオキシン類、PBDEs、PBBs 及び Co-PXBs の詳細な食品群別及び異性体別の摂取量を示す。

臭素系ダイオキシン類では、関東地区の第 4 群（油脂類）の試料から 7 臭素化ジベンゾフランが検出されたのみであった。摂取量にすると 0.073 pgTEQ/日と極めて微量であるため、健康影響が生じる可能性は低いと考えられる。

PBDEs の摂取量では、10 群（魚介類）からの寄与率が最も高かった。高く、続いて 9 群（酒類、嗜好飲料）であった。異性体別に見ると、#209（10 臭素化体）、続いて #47（4 臭素化体）が高かった。

PBBs の結果では、異性体が検出された食品群は第 4 群、第 10 群、第 11 群（肉・卵類）であり、摂取量における寄与率は第 10 群からが 80%以上と極めて高く、検出された異性体数も最も多かった。異性体別の特徴として、第 11 群の試料から #153（6 臭素化体）が、第 4 群の試料から #209 が検出されたことが興味深いことであり、今後さらに調査していきたいと考えている。

## 2. ヘキサプロモシクロドデカン (HBCDs) 及びテトラプロモビスフェノール A (TBBPA) の分析

### 2-1 HBCDs 分析法の検討

HBCDs の様々な食品全般に適応できる標準的な分析法の開発のために、抽出と精製について検討した。

#### 2-1-1 抽出法の検討

抽出には、メタノール、10% DCM/Hex 混液の有機溶媒に浸漬させてホモジナイ



表 18 2 地域における臭素系ダイオキシン類及びその関連化合物質の一日摂取量総括表

(1) 関東地区

異性体	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	8群	9群	10群	11群	12群	13群	合計	体重50kgと 仮定した場合
一日食事量(g)	332.8	175.4	32.1	11.0	59.6	125.4	100.3	209.1	540.8	84.8	111.3	137.7	94.5	2015	
臭素系ダイオキシン類 pgTEQ/day ND=1/2L00	0	0	0	0.073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.073	0.00145 pgTEQ/kg/日
Total PBDEs ng/day ND=1/2L00	5.35	3.11	0.399	19.0	1.50	5.76	0.872	20.7	31.5	43.4	19.4	3.24	6.30	161	1.46 pgTEQ/kg/日
Total PBBs ng/day ND=0	5.75	3.39	0.431	19.0	1.54	5.88	0.997	20.8	32.0	43.5	19.5	3.33	6.39	162	3.21 ng/kg/日
Total Co-PCBs ng/day ND=1/2L00	0.479	0.286	0.040	0.023	0.075	0.157	0.119	0.263	0.676	0.404	0.155	0.172	0.118	2.97	0.00755 ng/kg/日
Total Co-FBSs ng/day ND=1/2L00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0593 ng/kg/日
	0.057	0.034	0.005	0.002	0.009	0.019	0.014	0.022	0.081	0.012	0.015	0.021	0.014	0.315	0.00629 ng/kg/日

(2) 関西地区

異性体	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	8群	9群	10群	11群	12群	13群	合計	体重50kgと 仮定した場合
一日食事量(g)	341.4	174.2	35.1	10.6	57.5	120.8	92.8	184.1	616.3	82.2	121.4	142.9	92.9	2072	
臭素系ダイオキシン類 pgTEQ/day ND=1/2L00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 pgTEQ/kg/日
Total PBDEs ng/day ND=1/2L00	11.9	6.786	2.14	11.8	4.27	4.14	2.31	1.87	3.01	64.5	8.91	11.9	9.35	137	1.72 pgTEQ/kg/日
Total PBBs ng/day ND=1/2L00	12.7	1.24	2.20	11.8	4.33	4.32	2.35	2.10	3.99	64.5	8.95	12.0	9.44	140	2.74 ng/kg/日
Total PBDEs ng/day ND=0	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.141	0.020	0.000	0.000	0.169	0.00337 ng/kg/日
Total Co-PCBs ng/day ND=1/2L00	0.725	0.370	0.091	0.018	0.126	0.151	0.103	0.215	0.770	0.220	0.148	0.179	0.116	3.23	0.0647 ng/kg/日
Total Co-FBSs ng/day ND=1/2L00	0.087	0.044	0.011	0.002	0.015	0.018	0.012	0.026	0.092	0.012	0.016	0.021	0.014	0.371	0.00742 ng/kg/日

表 19 臭素系ダイオキシン類の食品群別（第1群から第13群）一日摂取量（pg/日）

(1) 関東地区

異性体	1群		2群		3群		4群		5群		6群		7群		8群		9群		10群		11群		12群		13群		合計*		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
2,3,7,8-TeBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,7,8-PeBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,4,7,8,1,2,3,6,7,8-HaBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,4,7,8-HaBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
OBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,3,7,8-TeHDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,7,8-PeBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,3,4,7,8-PeBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,4,7,8-HaBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PBDD/DFs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4,8-2,3,7,8-TrCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8-3,7,8-TrCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,7,8-TeCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,7,8-TeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8-3,6,7,8,9-PeCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,6,7,8,9-HxCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,4,6,7,8,9-HpCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total MoBPCDD/DFs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PBDD/DFs + MoBPCDD/DFs pg/日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total TEQND=0) pgTEQ/日	0	0	0	0	0.073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.073
Total TEQND=1/2LOD) pgTEQ/日	13.3	7.9	1.1	0.4	2.1	4.4	3.3	7.3	18.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	73.0

— | NDの異性体 合計\*は10, 11, 12群において平均値を用いて計算した。

(2) 関西地区

異性体	1群		2群		3群		4群		5群		6群		7群		8群		9群		10群		11群		12群		13群		合計*			
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B				
2,3,7,8-TeBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1,2,3,7,8-PeBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8,1,2,3,6,7,8-HaBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8-HaBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OBDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,3,7,8-TeBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,7,8-PeBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,3,4,7,8-PeBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,7,8-HaBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8-HpBDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total PBDD/DFs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4,8-2,3,7,8-TrCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8-3,7,8-TrCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,7,8-TeCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,7,8-TeCDF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8-3,6,7,8,9-PeCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,6,7,8,9-HxCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8-2,3,4,6,7,8,9-HpCDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total MoBPCDD/DFs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PBDD/DFs + MoBPCDD/DFs pg/日	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total TEQND=0) pgTEQ/日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total TEQND=1/2LOD) pgTEQ/日	20.2	10.3	2.5	0.4	3.5	4.2	2.9	6.0	21.4	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	86.1

— | NDの異性体 合計\*は10, 11, 12群において平均値を用いて計算した。

表 20 PBDEs の食品群別 (第 1 群から第 13 群) の 1 日摂取量 (pg/日)

(1) 関東地区

異性体	1 群		2 群		3 群		4 群		5 群		6 群		7 群		8 群		9 群		10 群		11 群		12 群		13 群		合計*
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
2,2',4-TriBDE (#17)	—	—	0.038	0.004	0.015	0.009	0.015	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.296	0.171	—	—	—	—	—	—	0.237
2,4,4'-TriBDE (#28)	—	—	0.037	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.00	2.33	0.024	0.024	0.024	0.022	0.018	—	2.36
2,2',4,5-TetraBDE (#49)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.29	5.37	0.024	0.019	—	—	—	—	5.93
2,2',4,6-TetraBDE (#71)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',4,4'-TetraBDE (#47)	0.066	0.431	0.029	0.121	0.079	0.016	0.101	0.214	0.098	18.5	15.2	0.610	1.146	0.238	0.317	0.081	0.196	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,3,4,4'-TetraBDE (#66)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.101	0.069	—	—	—	—	—	—	1.17
2,3,4,5-TetraBDE (#77)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.101	0.069	—	—	—	—	—	—	0.088
2,2',4,4',6-PentaBDE (#100)	—	—	0.086	0.007	0.012	0.015	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.35	3.47	0.152	0.283	0.029	0.046	0.018	—	4.82
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#10)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.829	1.23	0.608	1.96	—	—	—	—	0.920
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#99)	—	—	0.337	0.024	0.004	0.005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.44	2.76	0.018	0.077	0.141	0.206	0.173	—	0.680
2,2',3,4,4',6-PentaBDE (#85)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#154)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.61	4.50	0.134	0.411	0.019	0.213	0.025	—	4.53
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#153)	—	—	0.046	0.004	0.013	0.007	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.969	1.27	0.208	0.553	0.024	0.019	0.046	—	1.57
2,2',3,4,4',5,6-PentaBDE (#183)	—	—	0.044	0.006	0.015	0.010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.969	1.27	0.208	0.553	0.024	0.019	0.046	—	1.57
2,3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#150)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.014	0.010	—	—	—	—	—	—	0.010
2,2',3,4,4',6,6-HexaBDE (#184)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.028	0.044	—	—	—	—	—	—	0.081
2,2',3,4,4',5,6-HexaBDE (#183)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.048	0.061	0.102	0.143	0.033	0.061	0.010	—	0.537
2,2',3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#191)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.048	0.061	0.102	0.143	0.033	0.061	0.010	—	0.003
2,2',3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#197)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.029	0.044	—	—	—	—	—	—	0.412
2,2',3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#196)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.065	0.164	0.039	0.143	—	—	—	—	0.362
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-HeptaBDE (#207)	0.311	—	0.026	0.162	0.085	0.269	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.35	2.22	0.149	0.164	0.266	0.297	0.100	0.107	4.96
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-HeptaBDE (#206)	0.100	—	—	—	0.358	0.065	0.286	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.38	2.13	0.116	0.153	0.215	0.109	0.146	0.071	5.47
DeBDE (#209)	4.77	2.04	0.291	18.2	1.15	5.14	0.665	17.4	26.6	1.39	3.37	2.15	27.5	1.30	2.92	5.86	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total PBDE (ND=0)	5.35	3.11	0.299	19.0	1.49	5.76	0.872	20.7	31.5	46.0	40.8	4.67	34.2	2.02	4.46	6.30	16.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total PBDE (ND=1/2LOD)	5.75	3.39	0.331	19.0	1.54	5.88	0.997	20.8	32.0	46.1	40.8	4.71	34.2	2.12	4.51	6.39	16.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

— : ND が異性体 合計\*は 10, 11, 12 群には平均値を用いて計算した。

(2) 関西地区

異性体	1 群		2 群		3 群		4 群		5 群		6 群		7 群		8 群		9 群		10 群		11 群		12 群		13 群		合計*
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
2,2',4-TriBDE (#17)	—	—	0.012	0.003	0.054	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.322	0.295	0.017	0.014	—	—	—	—	0.324
2,4,4'-TriBDE (#28)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.76	3.55	0.070	0.079	0.016	0.018	—	—	3.88
2,2',4,5-TetraBDE (#49)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.88	7.58	0.059	0.113	—	—	—	—	8.35
2,2',4,6-TetraBDE (#71)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',4,4'-TetraBDE (#47)	0.100	0.058	0.084	0.266	0.140	0.015	0.061	0.065	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.6	20.7	0.967	3.755	0.771	0.201	0.066	26.0	1.93
2,3,4,4'-TetraBDE (#66)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.14	2.67	—	—	—	—	—	—	—
2,3,4,5-TetraBDE (#77)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',4,4',6-PentaBDE (#100)	—	—	0.020	0.044	0.033	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.88	5.10	—	—	0.875	0.101	0.026	0.018	5.72
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#10)	—	—	0.076	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.866	0.877	0.617	3.96	—	—	—	—	0.881
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#99)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.79	7.32	0.647	0.151	—	—	—	—	11.8
2,2',3,4,4',6-PentaBDE (#85)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#154)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.56	5.17	0.081	0.281	0.148	0.333	0.173	—	0.145
2,2',4,4',5,6-PentaBDE (#153)	—	—	0.035	0.026	0.082	0.028	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.42	2.10	0.288	0.829	0.086	0.115	0.040	—	3.22
2,2',3,4,4',5,6-PentaBDE (#183)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.099	0.133	0.053	—	—	—	—	—	0.061
2,3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#150)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,2',3,4,4',6,6-HexaBDE (#184)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.154	0.136	0.011	0.013	—	—	—	—	0.156
2,2',3,4,4',5,6-HexaBDE (#183)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.174	0.202	0.177	0.197	0.043	0.341	0.070	—	0.791
2,2',3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#191)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.073	0.092	0.222	0.261	0.060	0.133	—	—	0.484
2,2',3,3',4,4',5,6-HexaBDE (#197)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.029	0.184	0.150	0.056	—	—	—	—	0.394
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-HeptaBDE (#207)	0.127	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.044	0.228	0.275	0.016	0.442	0.301	0.157	2.95	—
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-HeptaBDE (#206)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.138	0.265	0.057	0.293	0.344	—	—	—	2.59
DeBDE (#209)	11.5	0.703	1.53	10.3	3.32	4.10	1.70	1.54	3.01	7.39	4.47	1.34	1.30	7.96	11.4	8.71	81.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total PBDE (ND=0)	11.9	0.796	2.14	11.8	4.27	4.14	2.31	1.87	3.01	67.2	61.8	4.89	12.9	10.7	13.0	9.35	147	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total PBDE (ND=1/2LOD)	12.7	1.24	2.20	11.8	4.33	4.32	2.35	2.10	3.99	67.2	61.8	4.92	13.0	10.8	13.2	9.44	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

— : ND が異性体 合計\*は 10, 11, 12 群には平均値を用いて計算した。

表 21 PBBs 及び PXBs の食品群別 (第 1 群から第 13 群) の一日摂取量 (pg/日)

真性体	1 群		2 群		3 群		4 群		5 群		6 群		7 群		8 群		9 群		10 群		11 群		12 群		13 群		合計*		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
2,2',5'-TriBB (#18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4,6-TriBB (#20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,3',5'-TriBB (#25)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4',5'-TriBB (#1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',5,6'-TeBB (#53)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',5,5'-TeBB (#52)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,5'-TeBB (#49)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',5,5'-TeBB (#60)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',4,4'-TeBB (#77)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,5',6'-PeBB (#103)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,5,5'-PeBB (#101)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,4',6,6'-HexBB (#155)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,4',5,5'-HexBB (#153)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',4,4',4',4'-HeBB (#169)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,4,4',4',5,5'-HeBB (#155)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,3',4,4',5,5'-OctBB (#194)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,3',4,4',5,5',6'-NobBB (#206)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DeBB (#209)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PBBs (ND=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PBBs (ND=1/2LOD)	0.479	0.286	0.040	0.023	0.075	0.157	0.119	0.261	0.676	0.527	0.281	0.176	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	
4'-Be-2,3',4,5'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Be-2,3',4'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Be-3,3',4,5'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Be-2,3',4,5'-PeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Be-3,3',4,5,5'-PeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4,5'-Be-1,4-DcB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total PXBs (ND=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PXBs (ND=1/2LOD)	0.057	0.034	0.005	0.002	0.009	0.010	0.014	0.052	0.081	0.012	0.012	0.015	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	

\*合計は 10, 11, 12 群においては平均値を用いて計算した。

- : ND の真性体

## (2) 関西地区

異性体	1群		2群		3群		4群		5群		6群		7群		8群		9群		10群		11群		12群		13群		合計*		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
2,2',5'-TnBB(018)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4,6-TnBB(010)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,3',5'-TnBB(026)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4',5,6'-TnBB(031)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',5,6'-TeBB(053)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',5',5'-TeBB(052)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4',5'-TeBB(049)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',5',5'-TeBB(080)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',4,4'-TeBB(077)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4',5',6'-PeBB(013)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,5,5'-PeBB(011)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,4',6,6'-HcBB(0155)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',4,4',5,5'-HcBB(0153)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3,3',4,4',4,4'-HcBB(0159)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,4,4',4,5,5'-HcBB(0155)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,3',4,4',5,5'-OcBB(0194)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,2',3,3',4,4',5,5',6'-SoBB(0206)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DeBB(0209)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PBBs (ND=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PBBs (ND>1/100)	0.726	0.370	0.091	0.018	0.126	0.151	0.126	0.151	0.126	0.151	0.103	0.215	0.103	0.215	0.170	0.211	0.229	0.144	0.151	0.179	0.179	0.116	0.116	0.179	0.116	0.179	0.116	0.179	
4'-Br-2,3',4,5'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Br-2,3,3',4'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Br-3,3',4,5'-TeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Br-2,3,3',4,5'-PeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4'-Br-3,3',4,5,5'-PeCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4',5'-Br-3,4,4'-DCB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total PXBs (ND=0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PXBs (ND>1/100)	0.087	0.044	0.011	0.002	0.015	0.018	0.012	0.026	0.092	0.092	0.012	0.026	0.012	0.026	0.012	0.012	0.012	0.015	0.017	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	

合計\*は10, 11, 12群においては平均値を用いて計算した。

— ; NDの異性体



ズし、ろ過した抽出液を 5%食塩水が入った分液ロートに移して、10%DCM/Hex 混液で再抽出する方法を用いた。結果、ラベル化 HBCDs を用いた回収実験において、約 100%回収されることを確認した。

### 2-1-2 精製法・脂肪除去法の検討

抽出によって、HBCDs と同様に有機溶媒に移行するものには、脂肪、ワックス、高級脂肪酸などがある。これらは LC/MS/MS の測定を妨害することから、脂肪除去の精製が必要不可欠となる。除去法には脂肪分子を破壊して除去する方法と、破壊せずに除去する方法があり、それぞれについて検討した。

脂肪分子の破壊による除去には硫酸を用いる。この方法は、操作が簡易であることからポリ塩化ビフェニル(PCB)や塩素系ダイオキシン類分析の前処理に広く用いられている。そこで、HBCDs 分析法への適用性を検討した。試料に  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の 3 種の  $^{13}\text{C}_{12}$ -HBCDs 異性体各 1 ng を添加し、抽出操作により得られた抽出物を 10% DCM/Hex 抽出液 約 30 mL に溶解し、濃硫酸 5mL を添加して緩やかに混和して一夜放置した。その後 3000 rpm で遠心分離し、下層の硫酸を駒込ピペットで除いた。硫酸処理をさらに 3 回繰り返

表 22 硫酸処理回数と HBCDs 回収率

硫酸処理回数	$^{13}\text{C}_{12}$ -HBCDs 回収率 (%)		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
1 回	102	95	85
4 回	94	78	20

した後、有機層に精製水を加えて混和・洗浄し、遠心分離後に有機層を無水硫酸ナトリウムで脱水した。減圧濃縮後、GPC 装置に注入し、HBCDs 画分を集めてメタノール 50  $\mu\text{L}$  に転溶し、LC/MS/MS 測定した。

この時の  $^{13}\text{C}_{12}$ -HBCDs の回収率を表 22、図 6 に示す。計 4 回の硫酸処理を行った時の回収率は 94%、78%、20%となり、 $\gamma$ -体の回収率が著しく低下していた。一方、1 回しか硫酸処理していない試薬ブランクでの HBCDs 回収率は、各 102%、95%、85%であった。 $\gamma$ -体が分解されやすいと考えられたため、ラベル化した  $\gamma$ -体、非ラベル化の  $\gamma$ -体をそれぞれ添加した 10% DCM/Hex 30mL に、硫酸処理を 1 回行い LC/MS/MS 測定を行った。 $\gamma$ -体はラベル体及び非ラベル体ともに他の異性体への変換は認められなかったが、ピーク面積が硫酸末処理よりも 15~24%低下していた。

この結果から、硫酸による脂肪除去では、 $\gamma$ -体は硫酸によって分解され、その分解率は硫酸処理一回当たり 15~24%と推定されること、分解による他の異性体への変換はないことがわかった。

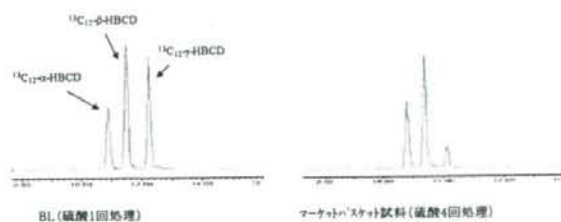


図 6 硫酸処理回数と LC/MS/MS クロマトグラム

脂肪分子を分子のまま取り除く方法には、GPC や吸着クロマトグラフィーが使用されるが、最近では GPC を用いることが多い。今回は、柿本ら<sup>9)</sup>が行った魚油中の HBCDs 分析と同様に、GPC 条件で脂肪除去後、44%硫酸シリカゲルミニカラムによる精製を行った。また、ここでは硫酸シリカゲルカラムの溶出液に使う DCM/Hex 混液について 10%と 20%の DCM 濃度を検討し、その HBCDs 回収率を比較した。その結果、10% DCM/Hex 混液の回収率が 92、90、84%で、20%の混液では、102、92、91%であった。

以上の検討結果から、HBCDs 分析における脂肪除去法には、GPC 装置を使った除去と、その追加精製法として、溶出液を 20%DCM/Hex とした 44%硫酸シリカゲルミニカラムを組み合わせることが適切であると判断した。

### 2-1-3 HBCDs の検量線及び分析精度

非ラベルの HBCDs と <sup>13</sup>C ラベルした HBCDs の比がそれぞれ 0、0.1、0.25、1、2.5 となるように混合した標準溶液を作成し、LC/MS/MS で測定した。α、β、γ の 3 つの異性体ごとに内標準法にて検量線を作成した結果(図 7)、3 つの異性体とも R<sup>2</sup>>0.999 で直線性を示した。

また、実験方法の 2-4-1 にしたがって、第 10 群及び第 12 群のマーケットバスケット食事試料を分析して得られた α、β、γ の 3 種の <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-HBCD 異性体の回収率及び RSD (併行精度) を絶対検量線法にて求めた(表 23, 24)。第 10 群の回収率が各 103.5、112.0、84.9%、RSD が各 9.5、2.2、7.2%、第 12 群の回収率が各 101.5、103.5、89.4%、RSD が各 9.9、10.5、8.8%と良好であった。

表 23 第 10 群 (魚介類) 食品試料の HBCDs 濃度と添加 <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-HBCD 異性体の回収率\*

No.	HBCD ng/g,wb				<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HBCD回収率(%)		
	α	β	γ	ΣHBCDs	α	β	γ
1	0.41	0.00	0.87	1.28	99.0	115.6	84.0
2	0.40	0.00	0.78	1.18	93.9	110.9	76.8
3	0.37	0.00	0.79	1.16	104.2	111.5	88.5
4	0.33	0.00	0.80	1.13	116.8	109.9	90.4
平均値	0.38	-	0.81	1.19	103.5	112.0	84.9
標準偏差	0.04	-	0.04	0.06	9.8	2.5	6.1
RSD(%)	9.5	-	5.0	4.7	9.5	2.2	7.2

\*回収率は絶対検量線にて求めた

表 24 第 12 群 (乳類) 食品試料の HBCDs 濃度と添加 <sup>13</sup>C<sub>12</sub>-HBCD 異性体の回収率\*

No.	HBCD ng/g,wb				<sup>13</sup> C <sub>12</sub> -HBCD回収率(%)		
	α	β	γ	ΣHBCDs	α	β	γ
1	0.00	0.00	0.00	0.00	115.8	117.0	100.4
2	0.00	0.00	0.00	0.00	101.0	107.6	89.4
3	0.00	0.00	0.00	0.00	96.5	93.8	82.5
4	0.00	0.00	0.00	0.00	92.8	95.6	85.5
平均値	0.00	0.00	0.00	0.00	101.5	103.5	89.4
標準偏差	-	-	-	-	10.1	10.9	7.8
RSD(%)	-	-	-	-	9.9	10.5	8.8

\*回収率は絶対検量線にて求めた