

なるほど著しく悪くなる状態であった。

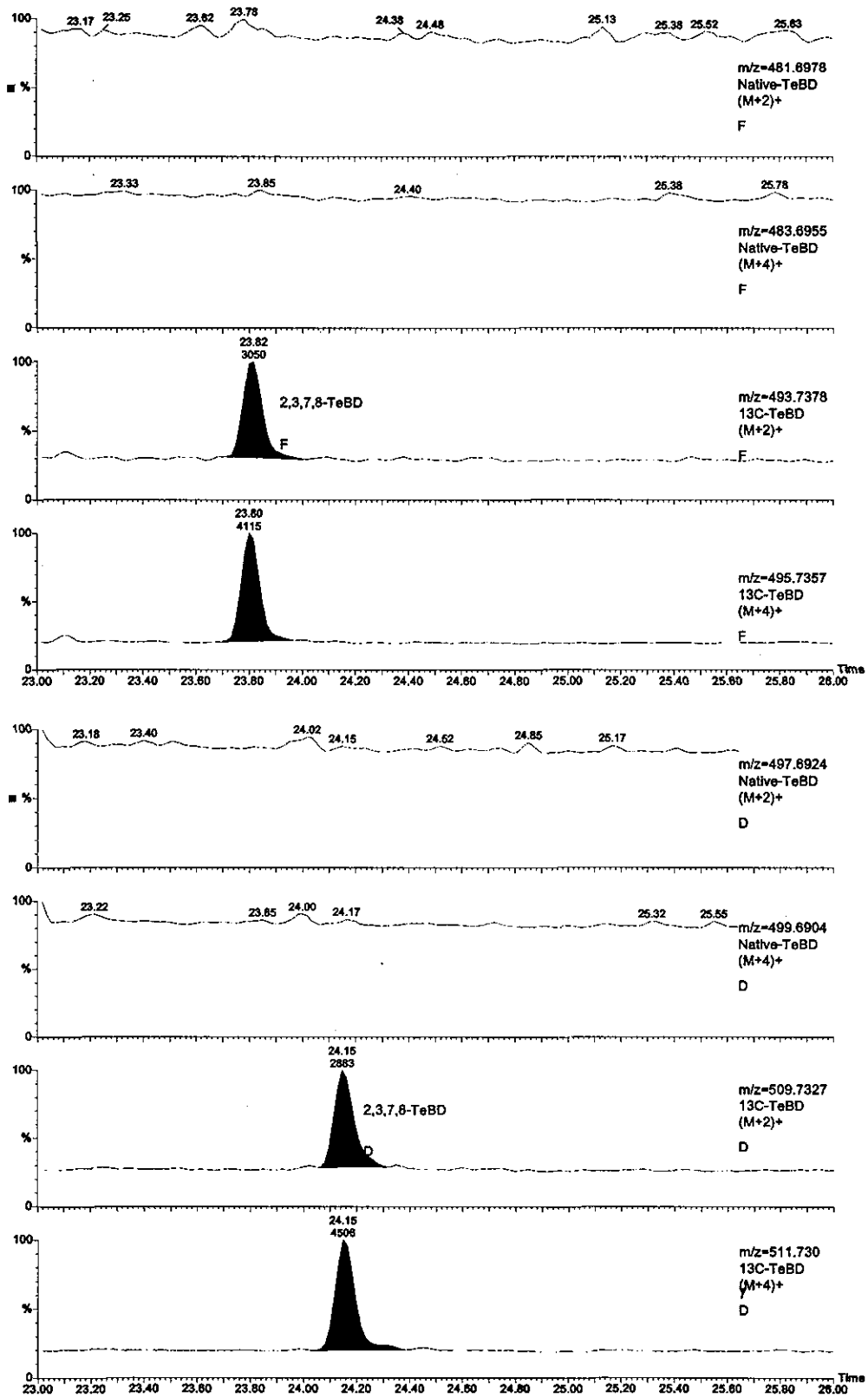
その原因はまだ明らかにできていないが、臭素化ダイオキシン類標準溶液の測定でも感度低下が認められたので、前処理ではなく、測定時に問題があると考えられる。測定条件については昨年度と変わりなく、チューニングに関してはより最適化されているはずである。考えられるものとしては、ガスクロマトグラフの注入口での漏れあるいは化合物の吸着・分解、キャピラリーカラムの劣化による化合物の吸着・分解、イオン源およびフィラメントの劣化によるイオン化効率の低下、質量分析計の検出器そのものの劣化などがある。洗浄・交換可能なものについては対処したが、回復しなかった。

表B-2. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中のPBDDs/Fs分析結果

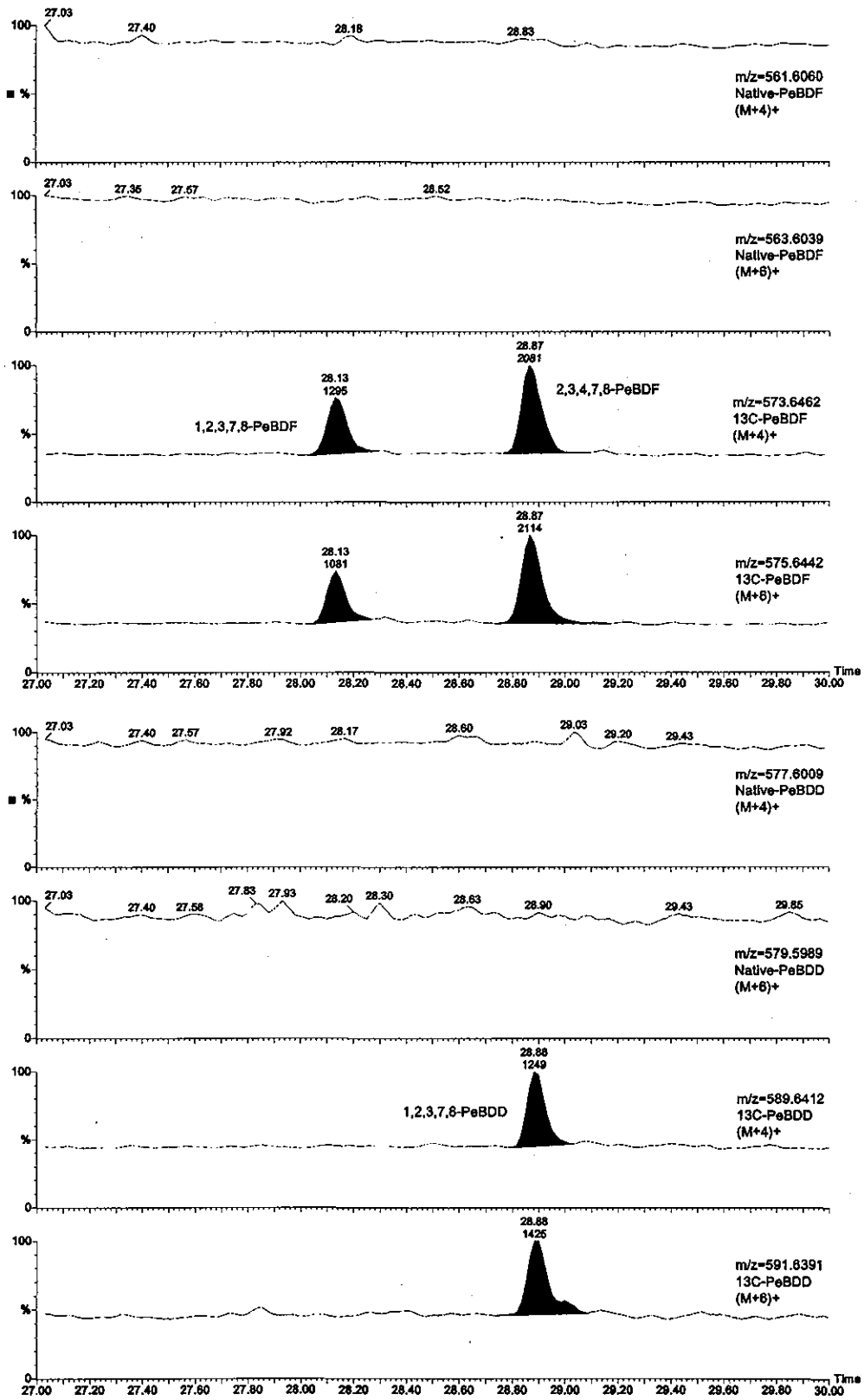
Sample	NB-1	NB-2	NB-3	NB-4	実測定の 検出下限値
平均年齢(歳)	59	51	39	37	
Compound	毒性 係数	実測濃度 (pg/g- lipid)	実測濃度 (pg/g- lipid)	実測濃度 (pg/g- lipid)	実測濃度 (pg/g- lipid)
	TEF				
2378-TeBDD	1	N.D.	N.D.	N.D.	5
12378-PeBDD	1	N.D.	N.D.	N.D.	13
123478- & 123678-HxBDD	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	140
123789-HxBDD	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	200
Total PBDDs	-				
2378-TeBDF	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	4
12378-PeBDF	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	10
23478-PeBDF	0.5	N.D.	N.D.	N.D.	10
123478-HxBDF	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	90
1234678-HpBDF	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	900
Total PBDFs	-				
Total PBDDs+PBDFs	-				

毒性係数；対応する塩素化ダイオキシン類同族体のWHO-TEF(1999)を暫定的に適応した。

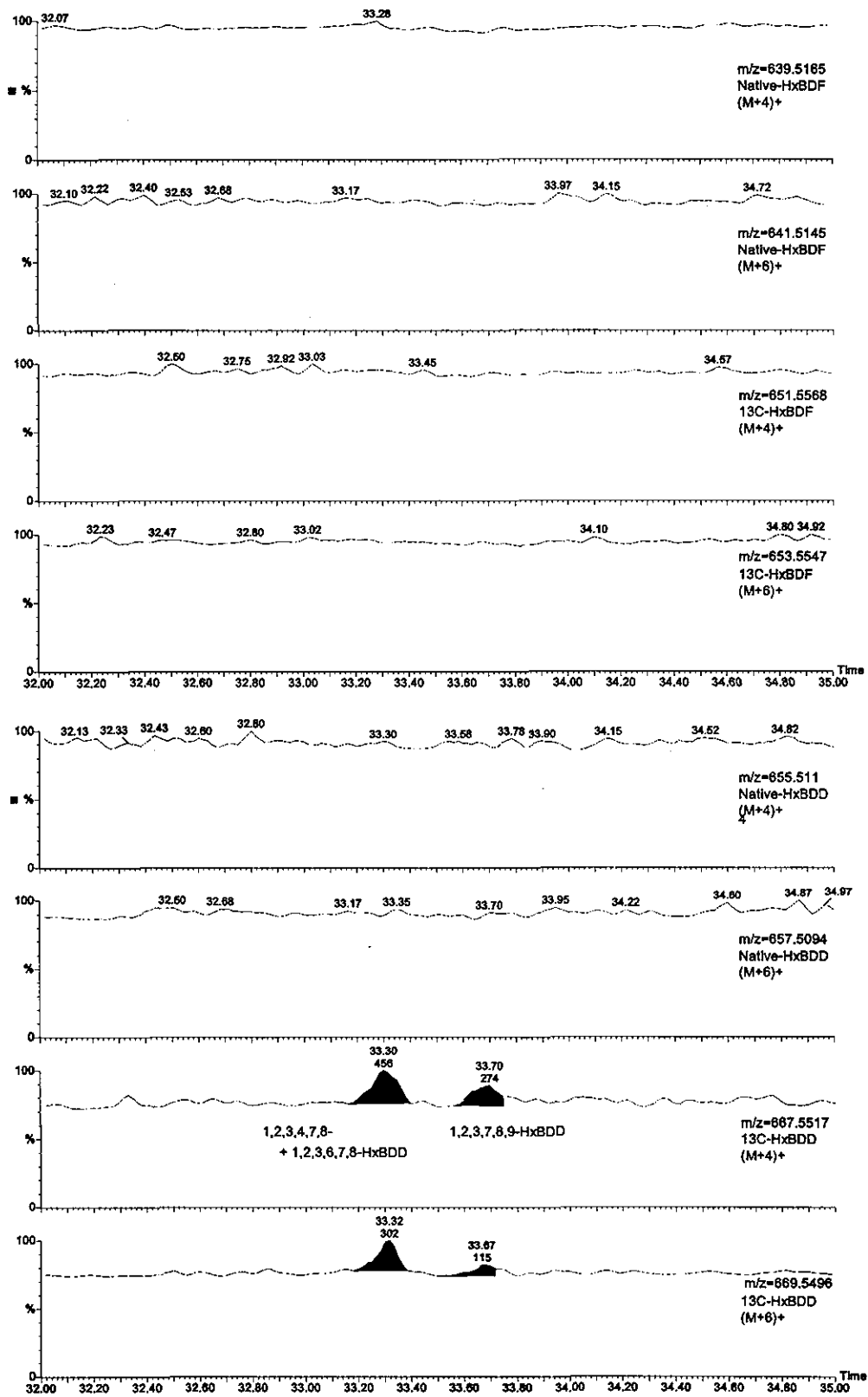
N.D.；実測定の検出下限値(測定試料中のピーク高さがS/N=3に相当するピークの面積値を換算した値)未満を示す。



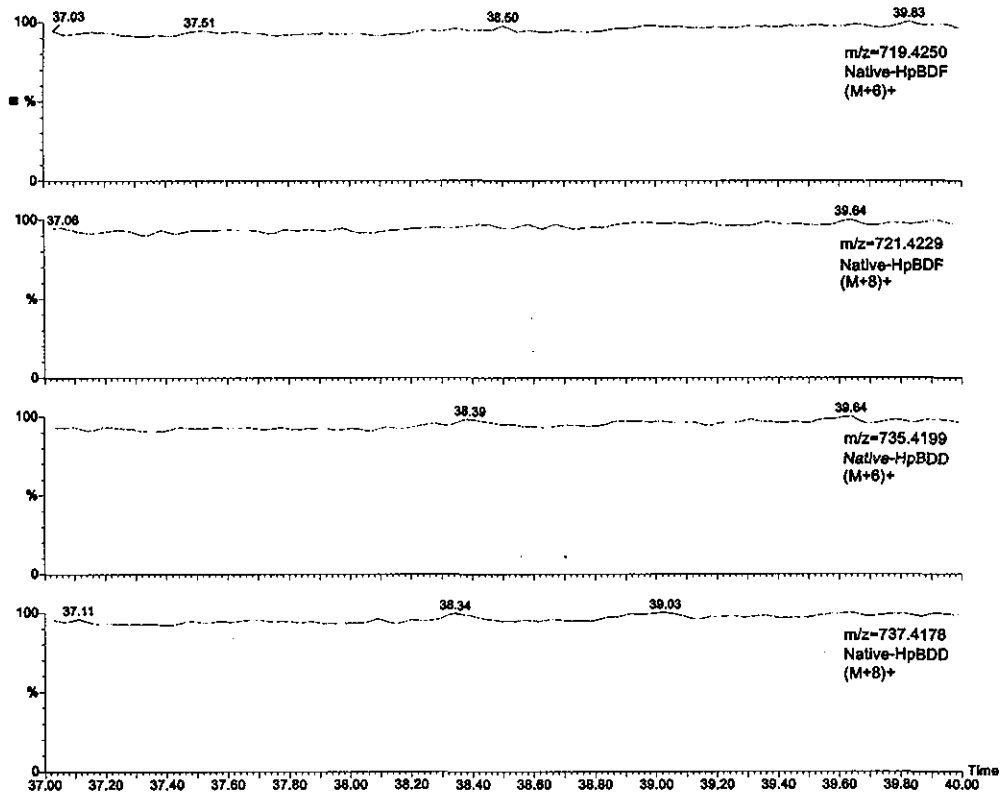
図B-1. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中のTeBDDs
およびTeBDFsのマスクロマトグラム



図B-2. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中の PeBDDs および PeBDFs のマスクロマトグラム



図B-3. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中のHxBDDsおよびHxBDFsのマスキロマトグラム



図B-4. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中の HpBDDs
および HpBDFs のマスクロマトグラム

注) HpBDD および HpBDF の ^{13}C 標識化合物が市販されていないため、クリーンアップ内標準物質は添加していない。それ故そのイオンもモニターせず、その分を Native 体の検出に充てた。

ii) 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中の臭素化ジフェニルエーテル、塩素化ダイオキシン類およびコプラナーPCB

「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液 NB-1~4 の臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs) の濃度を表B-3に、塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/Fs) およびコプラナーPCB (Co-PCBs) の濃度を表B-4にそれぞれ示す。また平均年齢に対するPBDEs (図B-5), PCDDs (図B-6), PCDFs (図B-7), non-ortho Co-PCBs (図B-8), mono-ortho Co-PCBs (図B-9), および各化合物の総量 (図B-10) をプロットしたグラフを示す。

PBDEs は、各化合物が 50~1200 pg/g-lipid、Total PBDEs で 1400~3000 pg/g-lipid 存在しており、2,2',4,4',5,5'-HxBDE 以外全て、年齢とともに増加していた。

PCDDs/Fs は、Total PCDDs が 160~380 pg/g-lipid、Total PCDFs が 16~38 pg/g-lipid 存在しており、NB-2~4 がほぼ同程度の濃度であったのに対し、NB-1 はそれらの約 2 倍であった。また各グループとも Total PCDDs は Total PCDFs のほぼ 10 倍の濃度であった。

Co-PCBs は、non-ortho 体が Total 54~380 pg/g-lipid、mono-ortho 体が Total 11000~36000 pg/g-lipid 存在しており、PCDDs/Fs と同様、NB-2~4 がほぼ同程度の濃度であったのに対し、NB-1 はそれらの約 3 倍と、NB-1 のみが突出しているかたちとなった。

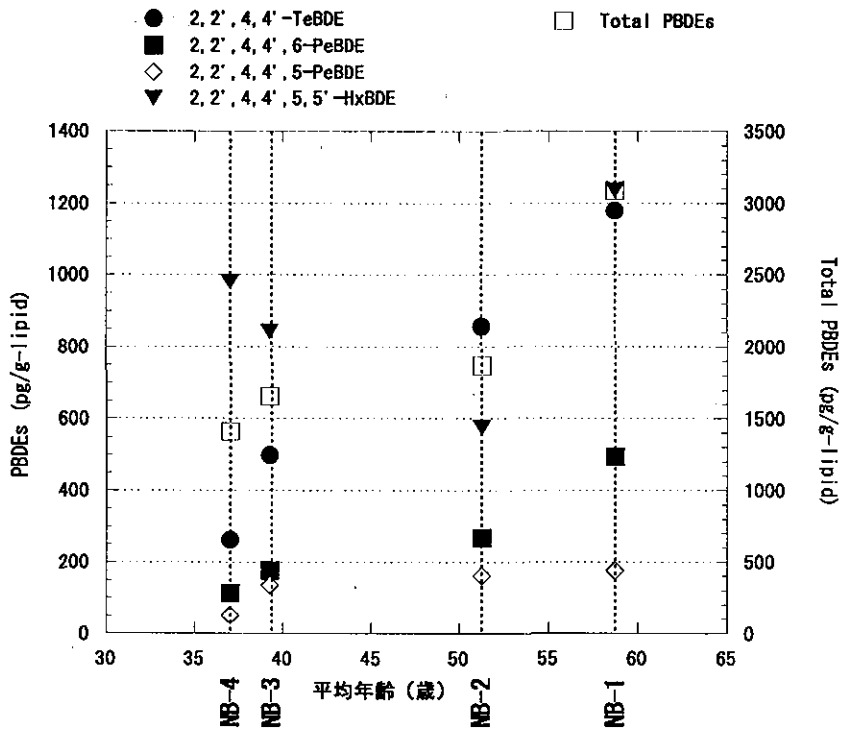
表B-3. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中の PBDEs 濃度

Sample		NB-1	NB-2	NB-3	NB-4
平均年齢(歳)		59	51	39	37
Compound	IUPAC No.	(pg/g-lipid)	(pg/g-lipid)	(pg/g-lipid)	(pg/g-lipid)
2,2',4,4'-TeBDE	#47	1178.6	858.5	500	262.5
2,2',4,4',6-PeBDE	#100	493.5	268.4	176.8	113.2
2,2',4,4',5-PeBDE	#99	176.9	163.2	136.4	51.4
2,2',4,4',5,5'-HxBDE	#153	1236.5	577.7	843.7	982
Total PBDEs	-	3086	1868	1657	1409

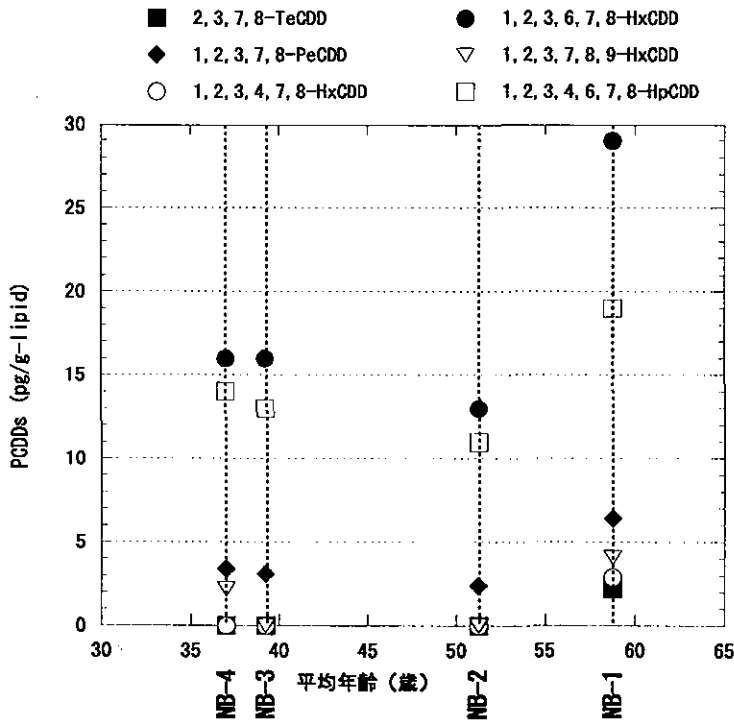
表B-4. 「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」のプール血液中の塩素化ダイオキシン類

Sample			NB-1		NB-2		NB-3		NB-4	
平均年齢(歳)			59		51		39		37	
Compound	IUPAC Number	毒性 係数 TEF	TEQ		TEQ		TEQ		TEQ	
			(pg /g-lipid)	(pg-TEQ /g-lipid)	(pg /g-lipid)	(pg-TEQ /g-lipid)	(pg /g-lipid)	(pg-TEQ /g-lipid)	(pg /g-lipid)	(pg-TEQ /g-lipid)
2,3,7,8-TeCDD	-	1	2.2	2.2	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDD	-	1	6.4	6.4	2.4	2.4	3.1	3.1	3.4	3.4
1,2,3,4,7,8-HxCDD	-	0.1	2.9	0.29	0	0	0	0	0	0
1,2,3,6,7,8-HxCDD	-	0.1	29	2.9	13	1.3	16	1.6	16	1.6
1,2,3,7,8,9-HxCDD	-	0.1	4.1	0.41	0	0	0	0	2.2	0.22
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	-	0.01	19	0.19	11	0.11	13	0.13	14	0.14
OCDD	-	0.0001	310	0.031	130	0.013	160	0.016	170	0.017
Total PCDDs			380	12	160	3.8	190	4.9	200	5.4
2,3,7,8-TeCDF	-	0.1	1.8	0.18	0	0	0	0	0	0
1,2,3,7,8-PeCDF	-	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0
2,3,4,7,8-PeCDF	-	0.5	16	8	7.3	3.65	8.4	4.2	7.5	3.75
1,2,3,4,7,8-HxCDF	-	0.1	4.4	0.44	2.3	0.23	2.5	0.25	2.9	0.29
1,2,3,6,7,8-HxCDF	-	0.1	7.9	0.79	4.3	0.43	3.9	0.39	4.5	0.45
1,2,3,7,8,9-HxCDF	-	0.1	3.9	0.39	0	0	0	0	2.2	0.22
2,3,4,6,7,8-HxCDF	-	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	-	0.01	4.7	0.047	2.1	0.021	7.7	0.077	3.4	0.034
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	-	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
OCDF	-	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0
Total PCDFs			38	9.7	16	4.3	23	4.9	21	4.8
Total (PCDDs+PCDFs)			420	22	180	8.2	220	9.9	220	10
3,3',4,4'-TeCB	#77	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0
3,4,4',5'-TeCB	#81	0.0001	0	0	0	0	0	0	0	0
3,3',4,4',5'-PeCB	#126	0.1	110	11	31	3.1	25	2.5	41	4.1
3,3',4,4',5,5'-HxCB	#169	0.01	73	0.73	24	0.24	30	0.3	31	0.31
Total non-ortho Co-PCBs			180	12	55	3.4	54	2.8	72	4.4
2,3,3',4,4'-PeCB	#105	0.0001	4100	0.41	1300	0.13	970	0.097	1300	0.13
2,3,4,4',5'-PeCB	#114	0.0005	980	0.49	300	0.15	340	0.17	370	0.185
2,3',4,4',5'-PeCB	#118	0.0001	19000	1.9	5600	0.56	4700	0.47	6100	0.61
2',3,4,4',5'-PeCB	#123	0.0001	310	0.031	92	0.0092	63	0.0063	100	0.01
2,3,3',4,4',5 HxCB	#156	0.0005	6500	3.25	2200	1.1	3200	1.6	2300	1.15
2,3,3',4,4',5'-HxCB	#157	0.0005	1600	0.8	530	0.265	730	0.365	600	0.3
2,3',4,4',5,5'-HxCB	#167	0.00001	2600	0.026	730	0.0073	780	0.0078	770	0.0077
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	#189	0.0001	870	0.087	260	0.026	370	0.037	270	0.027
Total mono-ortho Co-PCBs			36000	7	11000	2.3	11000	2.7	12000	2.4
Total Co-PCBs			36000	19	11000	5.6	11000	5.5	12000	6.9
Total (PCDDs+PCDFs+Co-PCBs)			36000	41	11000	14	11000	15	12000	17

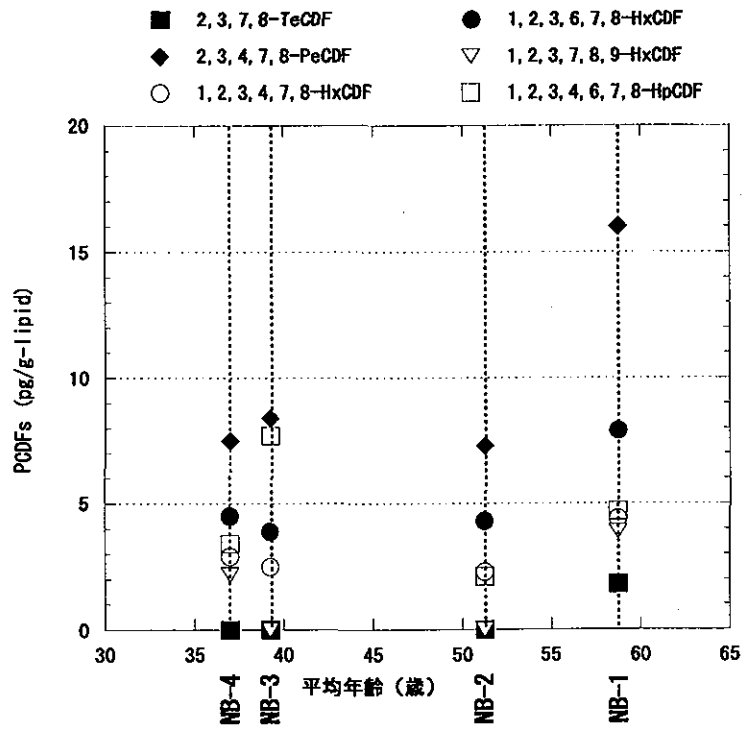
表中の0は定量下限値未満を示し、Total およびTEQは0として計算。定量下限値：TeCDDs, TeCDFs ; 1, PeCDDs, PeCDFs ; 1, HxCDDs, HxCDFs ; 2, HpCDDs, HpCDFs ; 2, OCDD, OCDF ; 4, Co-PCBs ; 10 (pg/g-lipid)



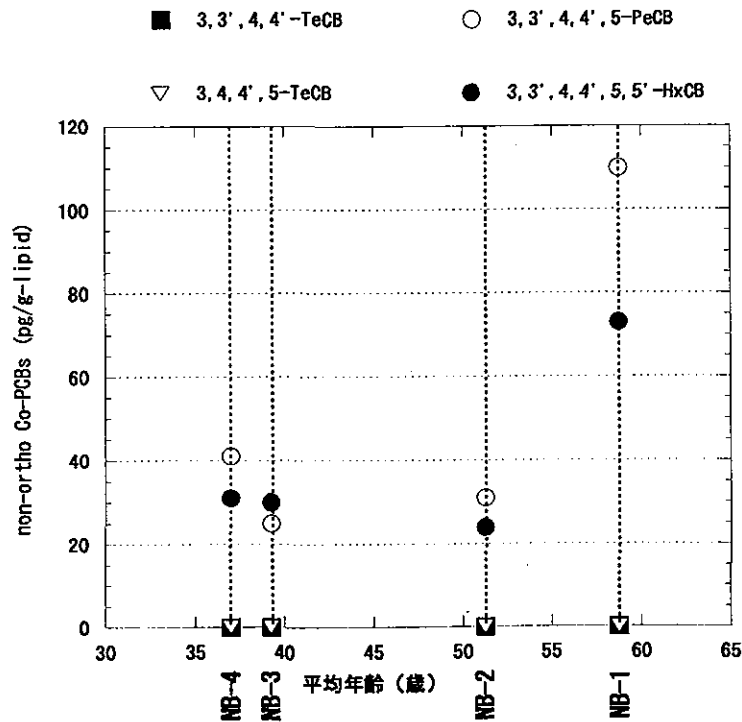
図B-5. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 PBDEs 濃度



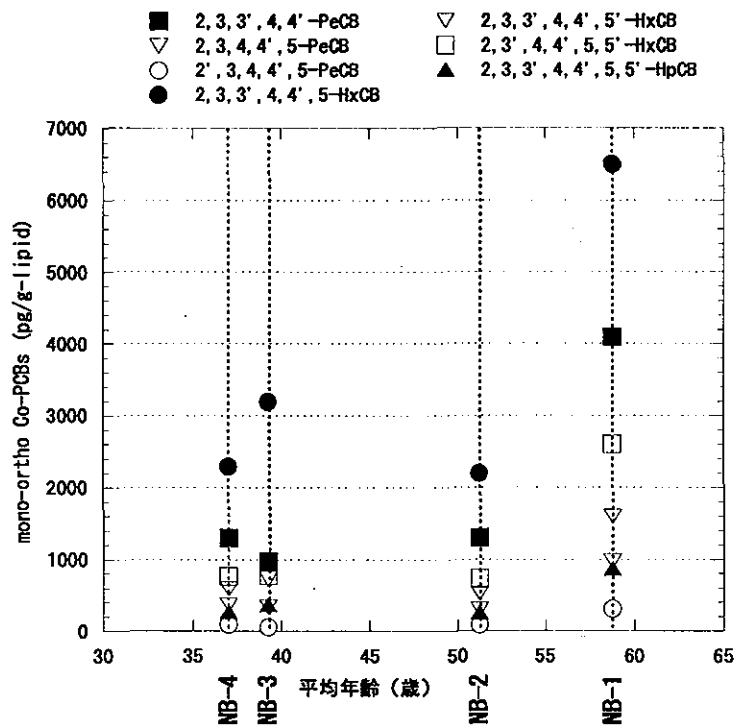
図B-6. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 PCDDs 濃度



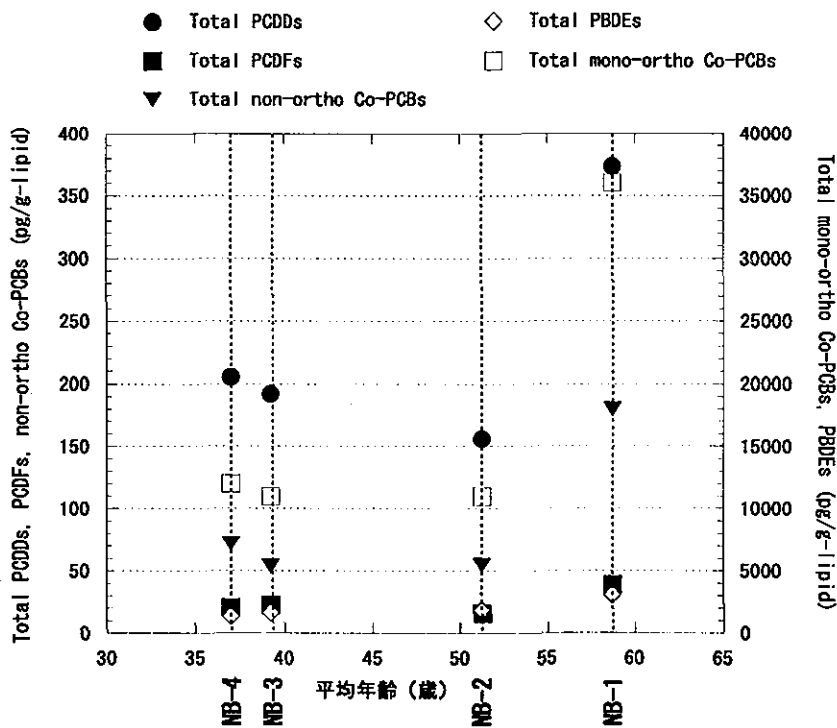
図B-7. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 PCDFs 濃度



図B-8. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 non-ortho Co-PCBs 濃度



図B-9. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 mono-ortho Co-PCBs 濃度

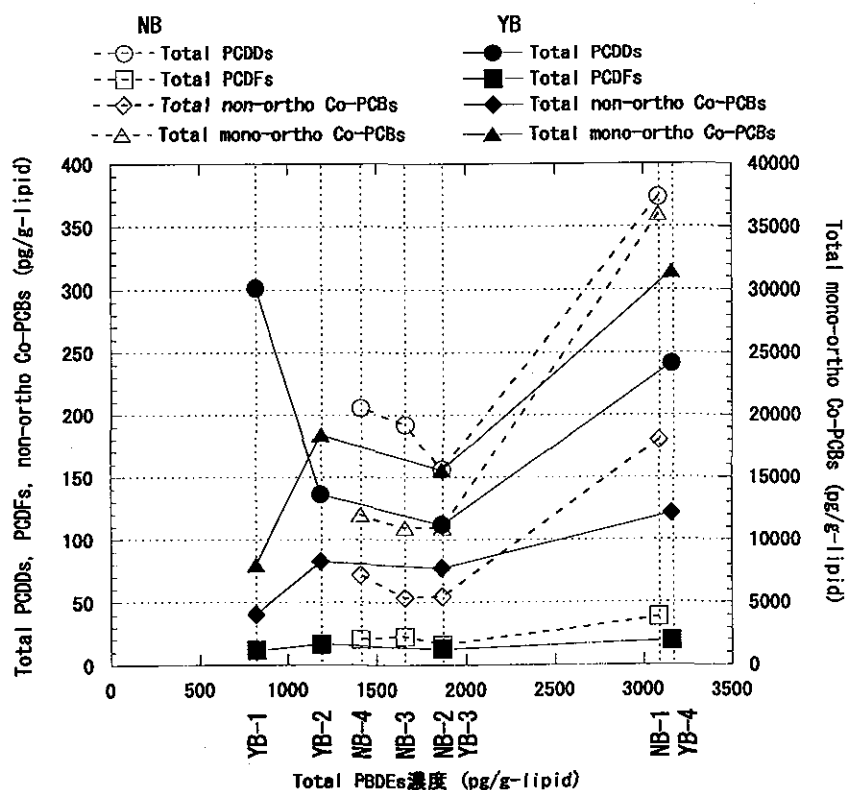


図B-10. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液中 PCDDs/PCDFs, Co-PCBs, PBDEs 濃度

iii) 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者と清掃工場従事労働者との比較

臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者のプール血液 NB-1~4 における臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/Fs) と臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs)、塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/Fs) およびコプラナーPCB (Co-PCBs) の各濃度を比較する予定であったが、臭素化ダイオキシン類がいずれも検出下限値未満であったため、それが出来ない。そこで、臭素化ジフェニルエーテルと塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/Fs) およびコプラナーPCB (Co-PCBs) の間で各濃度を比較した。

「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」(NB) および昨年度分析した清掃工場従事労働者 (YB) のプール血液中の Total PCDDs, Total PCDFs, Total non-ortho Co-PCBs, Total mono-ortho Co-PCBs の各濃度を Total PBDEs に対してプロットしたグラフを図B-11に示す。どちらの労働者群においても Total PBDEs が 3000 pg/g-lipid 以上と他のグループに比べて高濃度であったグループ (NB-1 および YB-4) は、PCDDs, non-ortho Co-PCBs および mono-ortho Co-PCBs の濃度も高い値であった。PBDEs とこれら PCDDs および Co-PCBs の曝露経路が同じであったかどうかは、これらのデータだけで判断するのは困難である。しかし職場の違いによる顕著な差は見られなかったことから、これらの化合物の曝露が職業性のものではないように思われる。



図B-11. 臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者 (NB) と清掃工場従事労働者 (YB) のプール血液中 PCDDs/PCDFs, Co-PCBs 濃度

C. まとめ

本年度は、ほぼ確立した試料処理方法を用いて、昨年度に引き続き、日本バイオアッセイセンターで行われた毒性評価動物実験に用いた臭素化ダイオキシン (2,3,7,8-TeBDD) を経口投与したラットの肝臓および脂肪組織中の 2,3,7,8-TeBDD 濃度を測定した。昨年度、臭素化ダイオキシンの減少速度 (半減期) を求めたが、その精度をあげるために検体数を増やした。その結果、測定値が非常に良くまとまったところもあれば、むしろバラついてしまったところもある。その中で最も近似曲線の相関係数が良かった 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重の 2,3,7,8-TeBDD を投与したラットの肝臓からは、その半減期が 22 日という結果が得られた。これはラットにおける塩素化ダイオキシン類の (体外への消失) 半減期 21 日と、非常に近い値であった。一方、脂肪組織は肝臓に比べて測定値のバラツキが大きかった。比較的相関係数の良い 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重を投与したラットの脂肪組織からはその半減期が 17 日という結果が得られた。しかし、まだバラツキが大きく、確定的な半減期とは言い難い。これは 1 匹当たりの臓器重量そのものに大きな個体差があったためなどが考えられる。より詳細な議論のためには、TeBDD を排出する能力など、投与直後からの排泄物や他の臓器中の濃度に至るまで全体的な調査が必要であろう。

また、ヒト血液中の臭素化ダイオキシン類については、そのバックグラウンドレベルを求めるため、「臭素系難燃剤を使用していない職場の労働者」である当研究所職員 14 人の血液を年齢順に 4 人ずつの 4 グループに分けたプール血液を作成し、各 45mL を用いて臭素化ダイオキシン類を測定した。これを対照群とし、昨年度、臭素化ダイオキシン類の検出に成功した清掃工場従事労働者のプール血液と、臭素化ダイオキシン類 (PBDDs/Fs) と臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs)、塩素化ダイオキシン類 (PCDDs/Fs) およびコプラナー PCB (Co-PCBs) の各濃度を比較した。しかし、昨年度に比べて測定器 (HRGC-HRMS) の感度が非常に悪く、検出下限値も非常に高い値 (四臭素化物で 5 倍、五臭素化物で 10 倍、六臭素化物で 20 倍、七臭素化物で 100 倍) であったため、臭素化ダイオキシン類は何れも検出限界未満であった。そこで、PBDEs と PCDDs/Fs および Co-PCBs の間で各濃度を比較した結果、職場の違いによる顕著な差は見られなかったことから、これらの化合物の曝露が職業性のものではないことが示唆された。

研究成果発表

[学会発表]

- 1) 萩原 正義・鷹屋 光俊・神山 宣彦「血中ダイオキシン類分析における試料血液量の少量化」第77回 産業衛生学会（平成16年4月）
- 2) 萩原 正義・鷹屋 光俊・神山 宣彦「作業環境管理のための血液試料中ダイオキシン類濃度測定—前処理の自動化と試料量の少量化—」第13回 環境化学討論会（平成16年7月）
- 3) 萩原 正義・鷹屋 光俊・神山 宣彦「作業環境管理のための血中ダイオキシン類分析」第44回 日本労働衛生工学会（平成16年11月）
- 4) 萩原 正義・鷹屋 光俊・小川 康恭・神山 宣彦「清掃工場作業者の血中臭素化および塩素化ダイオキシン類」第7回 環境ホルモン学会（平成16年12月）

第三編 清掃工場労働者における臭素化ジフェニルエーテルの曝露状況

研究者

独立行政法人産業医学総合研究所

作業条件適応研究部 小川康恭、大場謙一¹、吉田吏江²、松本由紀³

有害性評価研究部 毛利一平、北村文彦、斉藤宏之

企画調整部 平田衛

1: 前重点研究支援協力員 現北里大学医療衛生学部衛生技術科環境衛生学研究室

2: 前重点研究支援協力員 現国立がんセンターがん予防・検診研究センター予防研究部

3: 前重点研究支援協力員 現北里大学医療衛生学部医療系大学院

1. 概要

現在難燃剤は建材、家具、電化製品等数百に及ぶ製品類に幅広く使われている。この難燃剤は大きく3種類に分類できる。それらは無機剤、ハロゲン化剤、有機リン剤であり全世界での生産量は体積比でそれぞれ50%、25%、20%である(OECD,1994)。ハロゲン化剤には臭素化剤と塩素化剤があるが、生産量は重量比で約3対1の割合となっている(OECD,1994)。ハロゲン化剤の中では一般的に芳香族臭素化剤が最も熱に安定である。臭素化難燃剤は四臭素化ビスフェノールA(TBBPA)と臭素化ジフェニルエーテル(PBDE)が主として使用されている。使用量はTBBPAが31,000トン、PBDEが4,700トンと推定されている(1999年)。

ペンタとオクタのPBDEは甲状腺ホルモン分泌を抑制する作用がある一方、PBDEは高熱が発生する状況においては臭素化ダイオキシン類生成における基質として重要である。臭素化ダイオキシン類へ曝露する可能性の高い集団として難燃剤を高温で使う職場、もしくは難燃剤を含む製品が高温となる職場で働く労働者と考えられる。

昨年度までは一般ごみ焼却工場労働者を対象として調査したが、本年度は新たに産業廃棄物焼却処理工場及び家電リサイクル工場労働者のPBDE曝露状況を調べることにした。

対象は産業廃棄物焼却処理工場働く男性労働者23人、平均年齢43.6歳(24~58歳)、家電リサイクル工場働く男性労働者11人、平均年齢42.0歳(21~67歳)であった。調査に先立ち調査説明会を行い、全員から調査協力同意書に署名を得た。

調査当日の朝、空腹状態で70-90ml採血し、その後職歴・作業歴の聴取を行った。職歴・作業歴調査より飛灰曝露作業従事期間を算定した。採取した血液は塩素化ダイオキシン類及びPBDE測定に用いた。塩素化ダイオキシン類はWHO-TEQが示されている塩素化ジベンゾジオキシン(PCDD)7種類、塩素化ジベンゾフラン(PCDF)10種類、コプラナーPCB12種類の29種類を測定し、PBDEは25種類を測定した。

PCDD、PCDFはともに産業廃棄物焼却処理工場の労働者が他の2群と比較して有意に高かった。異性体個別で見ると123678HxCDD、123789HxCDD、23478HxCDF、

123478HxCDF、123678HxCDF、234678HxCDF、1234678HepCDF が該当した。コプラナーPCB に関しては 33'44'TeCB、233'44'PeCB が家電リサイクル工場労働者群で高く、PBDE に関しては 244'TrBDE、33'4'TrBDE が一般で高く、23'44'TeBDE、33'44'TeBDE、23'44'5PeBDE では産業廃棄物焼却処理工場労働者群が低く家電リサイクル工場労働者群が最も高く、22'44'55'HxBDE では一般ごみ焼却工場労働者群が低かった。

2. 目的

現在難燃剤は建材、家具、電化製品等数百に及ぶ製品類に幅広く使われている。この難燃剤は大きく 3 種類に分類できる。それらは無機剤、ハロゲン化剤、有機リン剤であり全世界での生産量は体積比でそれぞれ 50%、25%、20%である (OECD,1994)。ハロゲン化剤には臭素化剤と塩素化剤があるが、生産量は重量比で約 3 対 1 の割合となっている (OECD,1994)。ハロゲン化剤の中では一般的に芳香族臭素化剤が最も熱に安定である。臭素化難燃剤は四臭素化ビスフェノール A (TBBPA) と臭素化ジフェニルエーテル (PBDE) が主として使用されている。使用量は TBBPA が 31,000 トン、PBDE が 4,700 トンと推定されている (1999 年)。

ペンタとオクタの PBDE は甲状腺ホルモン分泌を抑制する作用がある一方、PBDE は高熱が発生する状況においては臭素化ダイオキシン類生成における基質として重要である。臭素化ダイオキシン類へ曝露する可能性の高い集団として難燃剤を高温で使う職場、もしくは難燃剤を含む製品が高温となる職場で働く労働者と考えられる。

昨年度までは一般ごみ焼却工場労働者を対象として調査したが、本年度は新たに産業廃棄物焼却処理工場及び家電リサイクル工場労働者の PBDE 曝露状況を調べることにした。

3. 対象

対象は産業廃棄物焼却処理工場働く男性労働者 23 人、平均年齢 43.6 歳 (24~58 歳)、家電リサイクル工場働く男性労働者 11 人、平均年齢 42.0 歳 (21~67 歳) であった。調査に先立ち調査説明会を行い、全員から調査協力同意書に署名を得た。

3-1 調査対象となった工場の概要

1) 産業廃棄物処理工場

当工場の操業の歴史は表の通りである。

1978年	操業開始
1987年	1号炉完成
1990年	医療系廃棄物焼却炉完成
1991年	2号炉完成 (ロータリーキルン)
1998年	3号炉完成 (溶融型ロータリーキルン)
	1号炉閉炉
	前処理自動化設備完成
2002年	2号炉ダイオキシン類対策工事完了

1991年から稼働している2号炉はロータリーキルン、廃液炉、二次燃焼炉、ドラム缶炉、ガス冷却塔、乾式電気集塵器、急冷塔、洗浄塔からなり、処理能力は240 ton/24hrsである。1998年から稼働している3号炉は熔融型ロータリーキルン、廃液・二次燃焼炉、急冷塔、バグフィルターからなり、処理能力は260 ton/24hrsである。2002年に2号炉のダイオキシン類対策工事として湿式電気集塵器、予熱器、活性炭吸着塔の増設が完了する。1998年に完成した前処理自動化設備は廃プラスチック破砕機、廃液吸引設備、中和設備、油水分離設備からなっている。現在取り扱っている主要な産業廃棄物は汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類である。

従業員は管理職を含めて68名からなる。現場担当はそのうち39名で、炉のオペレーター、受入・前処理、設備担当に分かれている。オペレーターは4直3交替を組んでいる。

2) 家電製品リサイクル工場

当工場は2001年に操業を開始している。工場へ入荷したテレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン等の製品は先ず手分解工程により断熱材フロン、プラスチック、筐体、鉄類、ウレタン、偏向ヨーク、プリント基板組品、銅線・銅パイプ、ブラウン管等へ分別・選別され、引き続き堅型衝撃破砕機により破砕された後鉄類は磁力選別機により選別される。ほとんどの処理物質は再利用のため他工場へ運搬される。当工場では焼却処理は行われていない。

従業員は32名でその内管理職を含む事務部門は6名である。全員日勤勤務である。

3-2 調査対象の特性

性別、年齢構成を表3-1-Aに示す。

表3-2-A 年齢分布

年齢階級	産業廃棄物処理工場		家電製品リサイクル工場	
	男	女	男	女
20-29	6	0	4	0
30-39	3	0	2	0
40-49	4	0	1	0
50-59	10	0	2	0
60-	0	0	2	0
	23	0	11	0

4. 方法

調査当日の朝、空腹状態で70 - 90 ml採血し、その後職歴・作業歴の聴取を行った。職歴・作業歴調査より飛灰曝露作業従事期間を算定した。採取した血液は塩素化ダイオキシン

ン類及びPBDE測定に用いた。塩素化ダイオキシン類はWHO-TEQが示されている塩素化ジベンゾジオキシン(PCDD)7種類、塩素化ジベンゾフラン(PCDF)10種類、コプラナーPCB12種類の29種類を測定し、PBDEは健康影響上問題となりうるペンタとオクタPBDEを25種類測定した。

4-1 ダイオキシン類

測定したダイオキシン類は以下の29種類である。

1) 塩素化ジベンゾジオキシン(PCDD)7種類

- 2378四塩素化ジベンゾジオキシン(2378TeCDD)
- 12378五塩素化ジベンゾジオキシン(12378PeCDD)
- 123478六塩素化ジベンゾジオキシン(123478HxCDD)
- 123678六塩素化ジベンゾジオキシン(123678HxCDD)
- 123789六塩素化ジベンゾジオキシン(123789HxCDD)
- 1234678七塩素化ジベンゾジオキシン(1234678HpCDD)
- 八塩素化ジベンゾジオキシン(OCDD)

2) 塩素化ジベンゾフラン(PCDF)10種類

- 2378四塩素化ジベンゾフラン(2378TeCDF)
- 12378五塩素化ジベンゾフラン(12378PeCDF)
- 23478五塩素化ジベンゾフラン(23478PeCDF)
- 123478六塩素化ジベンゾフラン(123478HxCDF)
- 123678六塩素化ジベンゾフラン(123678HxCDF)
- 234678六塩素化ジベンゾフラン(234678HxCDF)
- 123789六塩素化ジベンゾフラン(123789HxCDF)
- 1234678七塩素化ジベンゾフラン(1234678HpCDF)
- 1234789七塩素化ジベンゾフラン(1234789HpCDF)
- 八塩素化ジベンゾフラン(OCDF)

3) コプラナー型塩素化ビフェニール(Coplanar PCB)12種類

ノンオルト(non-ortho)

- 33'44'四塩素化ビフェニール(33'44'TeCB) #77
- 344'5四塩素化ビフェニール(344'5TeCB) #81
- 33'44'5五塩素化ビフェニール(33'44'5PeCB) #126
- 33'44'55'六塩素化ビフェニール(33'44'55'HxCB) #169

モノオルト(mono-ortho)

- 233'44'五塩素化ビフェニール(233'44'PeCB) #105

2 3 4 4' 5 五塩素化ビフェニール (2344'5PeCB)	#114
2 3' 4 4' 5 五塩素化ビフェニール (23'44'5PeCB)	#118
2' 3 4 4' 5 五塩素化ビフェニール (2'344'5PeCB)	#123
2 3 3' 4 4' 5 六塩素化ビフェニール (233'44'5HxCB)	#156
2 3 3' 4 4' 5' 六塩素化ビフェニール (233'44'5'HxCB)	#157
2 3' 4 4' 5 5' 六塩素化ビフェニール (23'44'55'HxCB)	#167
2 3 3' 4 4' 5 5' 七塩素化ビフェニール (233'44'55'HpCB)	#189

4-2 臭素化ビフェニールエーテル

測定した臭素化ビフェニールエーテル (PBDE) は以下の 25 種類である。2 4 4' 三臭素化ビフェニールエーテル (244'TrBDE) と 2' 3 4 三臭素化ビフェニールエーテル (2'34TrBDE) はピークを分離できなかつたのでまとめて定量した。

2 4 6 三臭素化ビフェニールエーテル (246TrBDE)	#30
2 4' 6 三臭素化ビフェニールエーテル (24'6TrBDE)	#32
2 3' 4 三臭素化ビフェニールエーテル (23'4TrBDE)	#25
2 2' 4 三臭素化ビフェニールエーテル (22'4TrBDE)	#17
2 4 4' 三臭素化ビフェニールエーテル (244'TrBDE)	#28
2' 3 4 三臭素化ビフェニールエーテル (2'34TrBDE)	#33
3 3' 4 三臭素化ビフェニールエーテル (33'4TrBDE)	#35
3 4 4' 三臭素化ビフェニールエーテル (344'TrBDE)	#37
2 4 4' 6 四臭素化ビフェニールエーテル (244'6TeBDE)	#75
2 3' 4' 6 四臭素化ビフェニールエーテル (23'4'6TeBDE)	#71
2 2' 4 5' 四臭素化ビフェニールエーテル (22'45'TeBDE)	#49
2 2' 4 4' 四臭素化ビフェニールエーテル (22'44'TeBDE)	#47
2 3' 4 4' 四臭素化ビフェニールエーテル (23'44'TeBDE)	#66
3 3' 4 4' 四臭素化ビフェニールエーテル (33'44'TeBDE)	#77
2 2' 4 4' 6 五臭素化ビフェニールエーテル (22'44'6PeBDE)	#100
2 3' 4 4' 6 五臭素化ビフェニールエーテル (23'44'6PeBDE)	#119
2 2' 4 4' 5 五臭素化ビフェニールエーテル (22'44'5PeBDE)	#99
2 3 4 5 6 五臭素化ビフェニールエーテル (23456PeBDE)	#116
2 3' 4 4' 5 五臭素化ビフェニールエーテル (23'44'5PeBDE)	#118
2 2' 3 4 4' 五臭素化ビフェニールエーテル (22'344' PeBDE)	#85
3 3' 4 4' 5 五臭素化ビフェニールエーテル (33'44'5PeBDE)	#126
2 2' 4 4' 6 6' 六臭素化ビフェニールエーテル (22'44'66'HxBDE)	#155
2 2' 4 4' 5 6' 六臭素化ビフェニールエーテル (22'44'56'HxBDE)	#154

2 2' 4 4' 5 5' 六臭素化ビフェニールエーテル (22'44'55'HxBDE)	#153
2 2' 3 4 4' 5' 六臭素化ビフェニールエーテル (22'344' 5'HxBDE)	#138
2 3 4 4' 5 6 六臭素化ビフェニールエーテル (2344'56HxBDE)	#166

4-3 血液検査

検査した項目は白血球数 (WBC)、赤血球数 (RBC)、血色素量 (Hb)、ヘマトクリット (Ht)、血小板数 (Plt) である。

4-4 生化学検査

検査した項目は直接ビリルビン (D-BIL)、間接ビリルビン (I-BIL)、総タンパク量 (TP)、GOT、GPT、G-GTP、血糖値 (BS)、尿酸値 (UA)、クレアチニン量 (Cre)、尿素窒素量 (UN)、中性脂肪量 (TG)、リン脂質量、総コレステロール量 (T-CHO)、高比重コレステロール量 (HDL)、低比重コレステロール量 (LDL) である。

4-3 内分泌検査

黄体化ホルモン (LH)、卵胞刺激ホルモン (FSH)、トリヨードサイロニン (T3)、サイロキシン (T4)、エストラジオール (E2)、テストステロンである。

5. 結果

PCDD、PCDF はともに産業廃棄物焼却処理工場の労働者が有意に高かった。異性体個別で見ると 12378PeCDD、123678HxCDD、123789HxCDD、23478PeCDF、123478HxCDF、123678HxCDF、234678HxCDF、1234678HepCDF が該当した。コプラナーPCB に関しては 33'44'TeCB が家電リサイクル工場労働者群で高く、PBDE に関しては 22'4+2'34TrBDE、344'TrBDE、23'44' TeBDE、33'44'TeBDE、23'44'5PeBDE が家電リサイクル工場労働者群で有意に高かった。

健康影響指標に関しては2集団間で有意な差は認められなかった。

5-1 集計結果

5-1-1 血液・生化学・内分泌検査測定結果

産業廃棄物焼却処理工場の結果を表 5-1-1-A に示す。また、家電製品リサイクル工場の結果を表 5-1-1-B に示す。

5-1-2 血液中ダイオキシン類、臭素化ジフェニールエーテルの測定結果

産業廃棄物焼却処理工場の結果を表 5-1-2-A に示す。また、家電製品リサイクル工場の結果を表 5-1-2-B に示す。

5-2 関連性の解析

5-2-1 血液・生化学・内分泌検査測定結果の二集団間比較

血液・生化学・内分泌検査測定結果の二集団間比較を表 5-2-1-A に示す。

5-2-2 血液中ダイオキシン類、臭素化ジフェニルエーテル測定結果の二集団間比較

血液中ダイオキシン類、臭素化ジフェニルエーテル測定結果の二集団間比較を表 5-2-1-B に示す。

6. 考察

本年度調査できたのは産業廃棄物焼却処理工場の労働者 23 人、家電リサイクル工場の労働者 11 名であった。昨年度までに行った一般ごみ焼却工場の労働者 72 人を加えると合計 106 人の調査ができた。本年度の結果より PCDD、PCDF は産業廃棄物焼却処理工場の労働者の曝露が高く、コプラナーPCB 及び難燃剤である PBDE に関しては家電リサイクル工場の労働者で高いことが分かった。これら結果により産業廃棄物焼却処理工場及び家電リサイクル工場におけるダイオキシン類及び臭素化難燃剤曝露の特徴の一端を捉えることができた。他方、健康影響調査では影響を捉えることはできなかった。何れにせよ曝露濃度が低いためと考えられる。

7. まとめ

産業廃棄物焼却処理工場及び家電リサイクル工場の労働者計 34 名に対して塩素化ダイオキシン類及び臭素化ビフェニルエーテルの曝露レベル及び健康影響調査を行った。その結果、PCDD、PCDF は産業廃棄物焼却処理工場の労働者の曝露が高く、コプラナーPCB 及び難燃剤である PBDE に関しては家電リサイクル工場の労働者で高いことが分かった。これら結果により産業廃棄物焼却処理工場及び家電リサイクル工場におけるダイオキシン類及び臭素化難燃剤曝露の特徴の一端を捉えることができた。他方、健康影響調査では影響を捉えることはできなかった。何れにせよ曝露濃度が低いためと考えられる。