

臭素系難燃剤をめぐる欧州規制と国内動向

はじめに

高分子材料(プラスチック等)は加工しやすいという長所から多くの工業製品, 日常製品に広く利用されています。しかし, 燃えやすいという欠点があり, 高分子材料そのものが火災事故の原因となる事例や, 火災事故において燃えた高分子材料から発生する有害ガスや煙などが死亡原因になる事例が報告されています。そのため世界中で高分子材料の難燃規格や規制が設けられました。現在の難燃技術は難燃剤を添加したり, ポリマー分子と反応させたりして難燃性を付与する技術が中心となっています。

臭素系難燃剤は優れた難燃性を有することから電気・電子機器, 自動車の部品や建築材料及び繊維等に広く使用されています。しかし, 最近では臭素系難燃剤に起因する臭素系ダイオキシン類の発生問題が取り沙汰され, ヨーロッパ諸国連合(EU)ではそれらの使用を規制する動きがでてきました。それに対して日本でも国や企業が様々な対応を行っています。

ポリ臭素化ビフェニル(PBB)及びポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDE)

臭素系難燃剤の中でもポリ臭素化ビフェニル(PBB)及びポリ臭素化ジフェニルエーテル(PBDE)は電気・電子部品材料等に広く使用されてきました。

PBB 及び PBDE は図-1 に示した分子構造を有し, それぞれ置換臭素の数(1~10)や位置により理論上 209 種類の異性体が存在する化合物です。

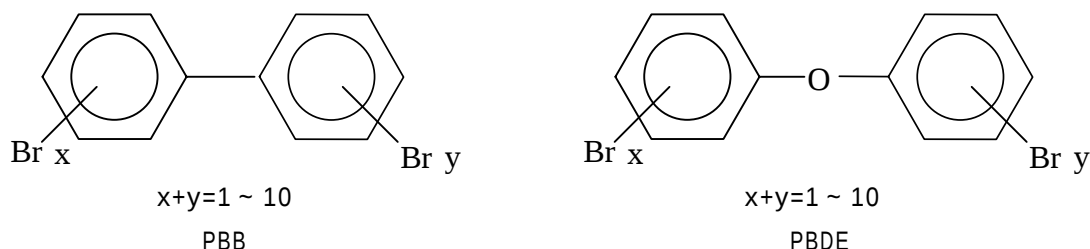


図-1 PBB 及び PBDE の構造

WEEE/RoHS 指令

EUにおいて,2003年2月13日にWEEE指令(waste electrical and electronic equipment, Directive 2002/96/EC:廃棄電気・電子機器指令)及びRoHS指令(the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, Directive 2002/95/EC:電気・電子機器含有特定危険物質使用制限指令)が公布されました。

WEEE 指令は,電気電子機器が廃棄物にならないように予防することを目的としています。この目的を達成するために, 2005年8月13日以降にEU国内で販売される新しい電気電子機器は,リユース,リサイクルができるように設計,生産,分別収集,処理及び再生が要求され,そのためのコストの負担を製造業者へ義務付けています。また,対象品目は大型及び小型家庭用器具,IT及び電気通信機器,テレビ・ラジオなどの民生用機器,照明機器,電動工具,玩具・レジャー及びスポーツ用機器,医療用機器,監視及び制御機器,自動販売機とほとんどの電気電子機器に及んでいます。同じ目的を持つ日本の特定家庭用機

器再商品化法(家電リサイクル法)は対象品目がエアコン，テレビ，冷蔵庫，冷凍庫及び洗濯機の 5 品目です。

RoHS 指令は電気電子機器に含まれる危険物質の使用を制限することにより，廃電気電子機器による環境汚染の防止を目的としています。電気電子機器に特定危険物質が含まれていれば，WEEE 指令のリサイクルプロセスが達成されても，環境や人の健康へのリスクは軽減されません。指定された特定危険物質は鉛，水銀，カドミウム，六価クロム，PBB 及び PBDE の 6 物質で，2006 年 7 月 1 日以降，EU 諸国内で販売される新しい電気電子機器にこれら 6 物質を使用することは禁止されます。2005 年 8 月 19 日付けの官報(Official Journal of the European Union)において，単一材質中の 6 物質の最大許容濃度が表-1 に示したように規定されています。ただし，リスク評価の結果からデカブロモジフェニルエーテル(Deca-BDE)については RoHS 指令の対象から除外されることが 2005 年 10 月 15 日付けの官報で告示されました。

表-1 RoHS 指令特定危険物質及び最大許容濃度

対象物質	最大許容濃度(%)
鉛	0.1
水銀	0.1
カドミウム	0.01
六価クロム	0.1
PBB	0.1
PBDE	0.1

国内の動向

グリーン調達

WEEE 指令や RoHS 指令は EU 諸国内の規制であり日本国内には適用されませんが，EU に製品を輸出している企業は適切な対応をしなければなりません。電気電子機器は多くの部品や材料から構成されているため，製品メーカーを頂点とした数多くの企業から部品や材料が調達される連鎖(サプライチェーン)が形成されています。よって，製品メーカーでは製品の生産に使用する部品及び材料には，環境に配慮された有害物質のないもの(グリーンな部品)を優先的に調達する(グリーン調達)ことを行っています。そのため部品又は原料メーカーはユーザーから有害物質の含有に関するデータの提示を要求されています。しかし，グリーン調達基準は企業によって様々であるため，複数の企業に商品を納めている部品又は原料メーカーは，その対応に苦慮するケースが生じました。この状況を受け，電気・電子メーカーの有志企業により，部品及び原材料に含有する化学物質調査の共通化について議論を行うグリーン調達調査共通化協議会(Japan Green Procurement Survey Standardization Initiative: JGPSSI)が発足しました。JGPSSI は調査対象物質に 29 物質群(リスト-A)を選定し，そのなかの RoHS 指令等の国内外の法規制対象物質 15 物質群をレベル A(表-2 参照)とし，残りの 14 物質群をレベル B(表-3 参照)と指定しました。レベル B の 14 物質群は JGPSSI，米国電子工業会及び欧州電気・電子工業協会が選定した物質群で，PBB, PBDE 以外の臭素系難燃剤などが含まれています。

表-2 JGPSSI の指定した調査対象物質群(レベル A)

No.	化学物質群	関連する主な法規制等
1	カドミウム及びその化合物	デンマーク カドミウム含有製品の販売，輸入，製造の禁止に関する 1992 年 12 月 23 日第 1199 法定命令， 76/769/EEC(+91/338/EEC) ,91/157/EEC・93/86/EEC， 2000/53/EC(EU/ELV)，2002/95/EC(EU/RoHS)， 94/62/EC，米国包装材重金属規制
2	六価クロム化合物	2000/53/EC(EU/ELV)，2002/95/EC(EU/RoHS)， 94/62/EC，米国包装材重金属規制
3	鉛及びその化合物	76/769/EEC(+86/677/EEC) ,91/157/EEC・93/86/EEC， 2000/53/EC(EU/ELV)，2002/95/EC(EU/RoHS)， 94/62/EC，米国包装材重金属規制
4	水銀及びその化合物	76/769/EEC，91/157/EEC(+98/101/EC)， 2000/53/EC(EU/ELV)，2002/95/EC(EU/RoHS)， 94/62/EC，米国包装材重金属規制
5	ビス(トリブチルスズ)=オキシド (TBT0)	化審法 第 1 種特定化学物質
6	トリブチルスズ類 (TBT 類) トリフェニルスズ類 (TPT 類)	化審法 第 2 種特定化学物質
7	ポリ臭素化ビフェニル類(PBB 類)	2002/95/EC(EU/RoHS)，(ドイツダイオキシン法令)
8	ポリ臭素化ジフェニルエーテル類 (PBDE 類)	2002/95/EC(EU/RoHS)，(ドイツダイオキシン法令) penta-BDE，octa-BDE：76/769/EEC(+2003/11/EC)
9	ポリ塩化ビフェニル類(PCB 類)	化審法 第 1 種特定化学物質，76/769/EEC
10	ポリ塩化ナフタレン (塩素数が 3 以上)	化審法 第 1 種特定化学物質
11	短鎖型塩化パラフィン	76/769/EEC(+2002/45/EC)， (ドイツダイオキシン法令)
12	アスベスト類	76/769/EEC(+91/659/EEC)
13	アゾ染料・顔料	76/769/EEC(+2002/61/EC・+2003/3/EC)， ドイツ日用品規制
14	オゾン層破壊物質	オゾン層保護法，モントリオール議定書， 米国：1990 年大気浄化法第 611 条， 76/769/EEC(+94/60/EEC,+97/64/EEC)
15	放射性物質	原子炉等規制法

表-3 JGPSSI の指定した調査対象物質群(レベル B)

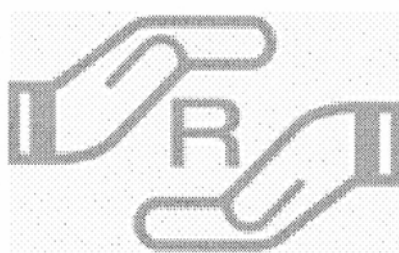
No.	化学物質群	No.	化学物質群
16	アンチモン及びその化合物	23	臭素系難燃剤(PBB 類，PBDE 類を除く)
17	ヒ素及びその化合物	24	ポリ塩化ビニル(PVC)
18	ベリリウム及びその化合物	25	フタル酸エステル類
19	ビスマス及びその化合物	26	銅及びその化合物
20	ニッケル及びその化合物	27	金及びその化合物
21	セレン及びその化合物	28	パラジウム及びその化合物
22	マグネシウム	29	銀及びその化合物

資源有効利用促進法

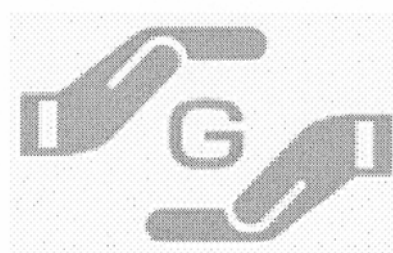
経済産業省は資源の有効な利用の促進に関する法律(資源有効利用促進法)を 2006 年 3 月に改正し, 2006 年 7 月 1 日より施行します。諸外国の法律は RoHS 指令の特定危険物質(鉛, 水銀, カドミウム, 六価クロム, PBB, PBDE)を含有禁止としているのに対し, 資源有効利用促進法は含有物質情報の開示を義務付けているのが特徴です。対象品目は指定再利用促進品目のうち以下の 7 品目で, 含有されていれば表示が義務付けられます。

- ・ パーソナルコンピュータ
- ・ ユニット型エアコンディショナ
- ・ テレビ受像機
- ・ 電気冷蔵庫
- ・ 電気洗濯機
- ・ 電子レンジ
- ・ 衣類乾燥機

具体的な表示・管理方法については JIS C 0950 : 2005「電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法(The marking for presence of the specific chemical substances for electrical and electronic equipment)」(通称 J-Moss)で指定されています。J-Moss では製品中の均質物質中に特定化学物質が最大許容量を超えて含まれていた場合, 本体及び包装に「含有マーク」を表示するとともにカタログ, 取扱説明書及びウェブサイトへの表示を規定しています。また, 特定化学物質の含有率が基準値以下である場合は任意で「グリーンマーク」(社団法人電子技術産業協会登録商標)の表示(有償)ができることになっています。



含有マーク(オレンジ色)



グリーンマーク(緑色)

図-2 J-Moss の含有マーク及びグリーンマーク

また, 同 JIS 附属書 C では, PBB 及び PBDE の測定方法の例として表-4 が示されています。

表-4 PBB 及び PBDE の測定方法

簡易分析方法	詳細分析方法
・ エネルギー分散形蛍光 X 線分析(全臭素) ・ 波長分散形蛍光 X 線分析(全臭素)	・ フーリエ変換赤外分光光度分析 ・ ガスクロマトグラフィー質量分析 ・ 高速液体クロマトグラフィー紫外吸光光度分析 ・ 高速液体クロマトグラフィー質量分析 ・ 飛行時間形二次イオン質量分析

PBB 及び PBDE のガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS) による測定

PBB 及び PBDE の詳細分析方法の一例として、ガスクロマトグラフィー質量分析 (GC/MS 法) を紹介いたします。

GC/MS は GC 部で測定対象物質とそれ以外とを分離し、MS 部のイオン源で測定対象物質をイオン化して、その質量電荷比 (m/z) で分離・検出することにより選択性を向上させています。全臭素を測定する簡易分析法と比較したとき、GC/MS 法の利点は PBB、PBDE 以外の臭素系難燃剤が含有する試料でも PBB 及び PBDE の定量が可能であることと、低濃度の測定が可能であることなどが挙げられます。

GC/MS 法による高分子材料の測定方法の例を図-3 に、クロマトグラムを図-4 に示します。



図-3 GC/MS 法による高分子材料の測定方法の例

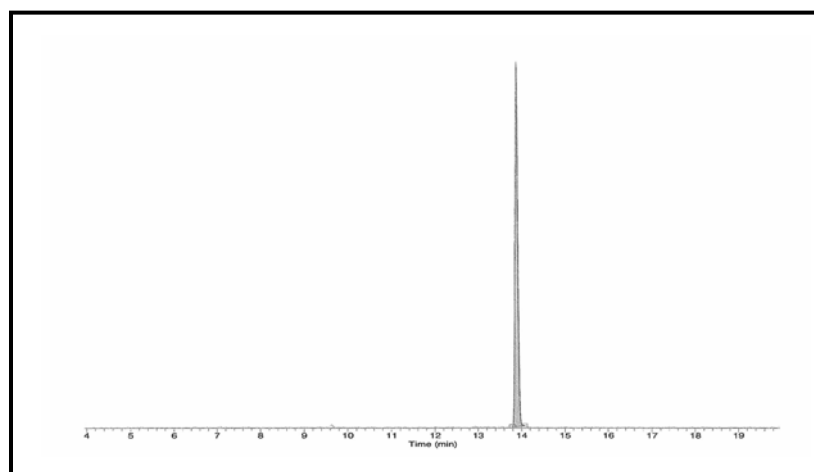


図-4 GC/MS で測定したプラスチック中の Deca-BDE のクロマトグラム

参考資料

- 1) 西沢 仁監修：高分子の難燃化技術，株式会社 シーエムシー出版(1996)
- 2) 日本電子㈱応用研究センター編著：図解 よくわかる WEEE&RoHS 指令，日刊工業新聞社(2004)
- 3) WEEE&RoHS 研究会編著：図解 よくわかる WEEE&RoHS 指令とグリーン調達，日刊工業新聞社(2005)
- 4) グリーン調達調査共通化協議会編著：グリーン調達の実務，社団法人 産業環境管理協会(2003)
- 5) JGPSSI ホームページ：http://210.254.215.73/jeita_eps/green/greenTOP.html
- 6) 経済産業省ホームページ：<http://www.meti.go.jp/>