

## 環境規制に対応した製品含有化学物質に関する試験法

製品に含有される化学物質に関しては、欧州 RoHS 指令を中心として世界各国で規制が強化される潮流にあり、それに伴う試験法の開発は不可欠である。本報では、世界各国の法規制に対応した製品含有化学物質を中心とする試験法に関し、現在存在する公定法を中心に、以下解説する。

竹中 みゆき, 佐藤 友香

### 1 はじめに

2006年7月に施行された欧州連合（EU: European Union）の電気電子機器製品に関する化学物質規制である RoHS 指令（Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment）<sup>1)</sup>はサプライチェーンの調達制度の見直しから鉛フリーはんだなどの実装技術の変更など大きな影響を与え、製品に含有される化学物質管理の観点から「製品環境規制」という新たな言葉も産まれるに至った<sup>2)</sup>。製品環境規制は、欧州だけにとどまらず、世界的にも同様な規制が検討、施行され、現在では、図1に示すように、日本の J-Moss（The Marking for presence of the

specific chemical substances for electrical and electronic equipment）<sup>3)</sup>、中国版 RoHS<sup>4)</sup>、韓国版 RoHS<sup>5)</sup>などのアジアの国々に加え、米国のカリフォルニア州では電子廃棄物リサイクル州法（SB20: Senate Bill 20）<sup>6)</sup>が制定されるなど、ほぼ世界各国の環境規制へと発展している。

一方、化学物質を巡る環境や健康に係る問題は、製品に含有する化学物質だけでなく、製品から放散される化学物質に関してもシックハウス問題と絡んで社会的に認知されるようになってきている。シックハウス等の室内空気汚染に対しては、揮発性有機化合物（VOC: volatile organic compounds）を中心として、世界保健機構（WHO: World Health Organization）や厚生労働省から汚染物質の指針値が示されている<sup>7)~10)</sup>。

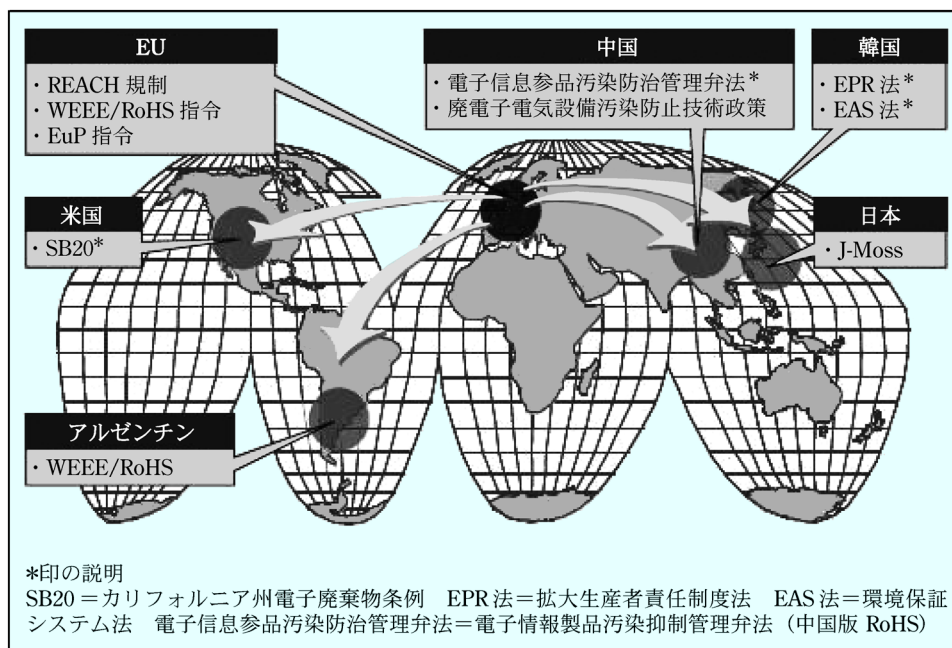


図1 世界各国の製品環境規制<sup>2)</sup>

Testing Method for Certain Chemical Substances Regarding Environmental Product Regulation.

このような背景の下、製品に含有する化学物質を正確に測定し、管理することは、企業の法令遵守や環境経営の観点から重要な位置づけとなっている。また、世界貿易の自由化を目指し1995年に制定された世界貿易機構/貿易の技術的障害協定 (WTO/TBT: World Trade Organization/Technical Barriers to Trade)<sup>11)</sup>では、工業製品や農産品を含めるすべての産業製品について、各国の規格及び規格の適合性評価手続き(規格・基準認証制度)が国際貿易に不必要な障害をもたらすことのないよう、国際規格を基礎とした国内規格策定の原則、規格作成の透明性の確保などが規定されており、化学物質に関する測定法に関しても世界市場での取引の上では標準化が不可欠となっている。その一環として、国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Committee) や国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) などを中心として試験法に関する国際標準化の活動が行われている<sup>12)</sup>。

本稿では、製品含有化学物質を中心とする試験法に関し、現在存在する公定法を中心に、以下解説する。なお、法規制は状況に応じて順次内容が変化する可能性があり、あくまでも2008年10月時点での法規制や標準化動向に関し、記載する点をあらかじめ了承いただきたい。また、法規制の正確な解釈に関しては、原文を参照していただきたい。

## 2 製品に含有する化学物質に関する法規制

前述のように、製品に含有される環境規制はEUの動きが世界的に影響を与えている。図2に、製品環境規制としてこれまでに世界各国で施行されている代表的な法規制と化学物質の関係<sup>2)</sup>を示す。以下関連する代表的な製品環境規制に関し、概説する。

### 2.1 統合的製品政策 (IPP)<sup>13)</sup>

現在の様々な製品環境規制の源流として、2002年1月に欧州議会で採択されたIPP (Integrated Product Policy) が挙げられる。IPPとは、それ自体は規制ではなく拘束力を持たないが、あらゆる製品の製造過程に環境への配慮を盛り込む包括的な政策を整理した内容で、

物質	RoHS 6物質+α		高懸念物質	
	6物質のみ	その他	化審法対象物質	その他
義務				
成型品への含有禁止	RoHS (EU)	中国版 RoHS	化審法	
量的情報提供	SB20 (米国)		(1種特定物質)	
ラベル	J-Moss			
サプライチェーン責任			REACH (EU)	
登録・通知				
リスクアセスメント				

図2 各国の法規制と化学物質の関係<sup>2)</sup>

その後EUで発行された製品環境規制の基本的な考えとなっている。IPPでは、製品のライフサイクルのすべての段階で環境パフォーマンスを向上させようとするライフサイクル思考 (LCT: Life Cycle Thinking) 概念に基づき、製品のライフサイクル全体を踏まえた環境設計、生産者責任の領域拡大、製品のサプライチェーンに沿った環境情報管理の実現などが提示されている。

### 2.2 廃車 (ELV) 指令<sup>14)</sup> (2000/53/EC)

廃車に関する欧州議会および理事会指令2000/53/ECはELV (End-of-Life Vehicles) 指令と呼ばれ、使用済み自動車による環境負荷低減のために、2000年10月に自動車製品中の化学物質の使用制限と高いリサイクル率を義務付けた法律である。製品含有化学物質に関しては、2003年7月以降に販売される自動車部品に、Pb, Cd, Hg, Cr<sup>6+</sup>の使用が禁止された (一部例外措置あり)。最大許容濃度はPb, Hg, Cr<sup>6+</sup>は0.1 wt%, Cdは0.01 wt%である。

### 2.3 廃電気電子機器 (WEEE) 指令<sup>15)</sup> (2002/96/EC)

廃電気電子機器に関する欧州議会および理事会指令2002/96/ECは、WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) 指令と呼ばれ、EUにおける電気電子機器廃棄物の回収とリサイクルに関し2003年2月に公布された。WEEE指令は、廃家電・廃電子機器を分別収集し、埋め立て処分量の削減や自治体のごみ焼却負荷の低下を図る法律で、消費者により地域の回収場所に廃棄された廃製品を製造者が回収・リサイクルする責任を規定している。

### 2.4 電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限指令 (RoHS)<sup>1)</sup> (2002/95/EC)

2006年7月1日に施行されたRoHS指令は、電子・電気廃棄物による環境負荷を低減するために、特定有害物質の使用を制限した法律である。製品含有化学物質に関しては、Pb, Cd, Hg, Cr<sup>6+</sup>, 特定臭素系難燃剤2種 {ポリ臭化ビフェニル (PBB: polybrominated biphenyl) およびポリ臭化ジフェニルエーテル (PBDE: polybrominated diphenyl ether)} である。最大許容濃度はELV指令と同様、Pb, Hg, Cr<sup>6+</sup>, PBB, PBDEは0.1 wt%, Cdは0.01 wt%である。但し、電子部品中の鉛や蛍光灯の水銀など、一部特定用途のための適用除外措置が取られている。

#### 2.4.1 日本版 RoHS (J-Moss)<sup>3)</sup>

欧州RoHS指令と同時期 (2006年7月1日) に、日本では「電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法 (J-Moss)」が施行された。J-Mossでは、EUのRoHS指令と同様に特定化学物質としてPb, Hg, Cr<sup>6+</sup>,

Cd, PBB, PBDE の 6 種が対象となるが、特定化学物質の含有に関する情報提示の方法を示し、JIS 規格 (JIS C0950) として制定されている。対象となる電気電子機器は、パソコンやエアコンなどの 7 製品であり、Pb などの 6 物質を含有する場合は、R マークを表示することが義務付けられている。欧州 RoHS 指令と J-Moss の異なる点は、J-Moss では R マークを表示することで製品の販売そのものは認められること、また適用範囲が 7 製品に絞られたことにある。

#### 2.4.2 中国版 RoHS<sup>4)</sup>

中国版 RoHS は、「電子情報製品汚染防治管理弁法」と呼ばれ、欧州 RoHS と同様の目的から 2007 年 3 月 1 日に施行された。中国版 RoHS も欧州 RoHS 指令と同様に Pb, Hg, Cr<sup>6+</sup>, Cd, PBB, PBDE の 6 種が対象となるが、国家が指定するそのほかの有害物質も記されている。現時点では、その他の物質については指定されていないが、将来的には規制対象物質を追加する可能性もある。中国版 RoHS は欧州 RoHS と異なり、法律の実施は 2 段階に分かれている。第一段階は表示規制であり、2007 年 3 月 1 日の施行日以降に生産された製品が対象となり、環境保全使用期限の表示、有害物質・元素名の表示・包装材の表示が義務付けられる。第二段階は、特定有害物質の制限であり、「電子情報製品汚染規則重点管理目録」に記載された製品は、特定 6 有害物質の代替もしくは最大許容濃度以下に含有が制限される。また、対象製品に関して認証管理が実施され、中国強制認証 (CCC: China Compulsory Certification) の取得と CCC の表示が義務付けられる。この認証を受けなければ製品の出荷・輸入・販売はできないが、現時点で実施時期は未定である。また、中国版 RoHS では洗濯機、冷蔵庫、エアコン等は対象外とされている。

#### 2.4.3 韓国版 RoHS<sup>5)</sup>

韓国版 RoHS は、「電気電子製品および自動車の資源循環に関する法律」であり、2008 年 1 月 1 日に施行された。韓国版 RoHS の対象は、電気・電子製品だけではなく、自動車も含まれ、またリサイクルによる資源の効率的利用や有害物質の使用制限、包装材の回収義務なども含まれた幅広い内容となっている。

#### 2.4.4 カリフォルニア州 RoHS<sup>6)</sup>

アメリカでは、連邦レベルでの法律は制定されていないが、州レベルで進められている。カリフォルニア州では 2003 年電子廃棄物リサイクル州法 (SB 20) が制定され、重金属類の規制がカリフォルニア州法として 2007 年 1 月 1 日から施行されている。適用範囲は、「4 インチ以上のスクリーンを含んだビデオディスプレイ機器」と定義される電子機器のみ (ノート型パソコン、CRT ディスプレイ、テレビ受像機など) に適用され、欧州 RoHS と同じ重金属類が基準値以上含有する場合は、販売が禁止されている。

このように、同じ 6 化学物質 (Pb, Hg, Cr<sup>6+</sup>, Cd, PBB, PBDE) を規制する法律ではあるが、各国の法律により適用範囲や施行方法が異なることに注意が必要である。

### 2.5 廃電池指令 (2006/66/EC)<sup>16)</sup>

廃電池指令とは、電池および蓄電池の上市、および特定有害物質を含有する電池および蓄電池の上市に関する規則と使用済み電池および蓄電池の回収、処理、リサイクルおよび処理に関する規制から成り立つ。旧電池指令 (91/157/EEC) を改定した新電池指令 (2006/66/EC) が 2006 年 9 月に発効された。なお、電気電子機器に使用される電池および蓄電池には RoHS 指令は適用されず、電池指令が適用される。新電池指令では、上市の禁止として、a) 機器に内蔵されているか否かに関係なく、水銀含有率が 0.0005 w% 以上のすべての電池または蓄電池 (ただし、水銀含有率が 2 重量%未満のボタン電池は除外)、b) 機器に内蔵されているものも含めて、カドミウム含有率が 0.002 w% 以上の携帯型電池または蓄電池 (ただし、非常警報や医療機器などは除外) が挙げられている。また、すべての電池、蓄電池および電池パックにシンボルマークの添付が義務付けられている。

### 2.6 化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則 (REACH) (2006/1907/EC)<sup>17)</sup>

REACH 規則とは Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals の太字部分を略したもので、2007 年 6 月 1 日に発効した EU の化学物質の総合的な登録、評価、認可、制限の制度である。REACH 規則は、EU で従来施行されてきた 40 種類以上の化学物質関連規則を統合するものであり、以下の四つのプロセスが導入されている。

#### 2.6.1 登録 (Registration)

欧州域内での生産または輸入量が年間 1 トン以上の化学物質について、製造者または輸入者は必要な情報を欧州化学品庁 (ECHA: European Chemical Agency) のデータベースに登録する。登録する内容は、物質の特定、物質の製造と用途、分類・表示、安全使用指針などである。また年間の製造・輸入量が 10 トン以上の化学物質については、化学物質安全性評価報告 (CSR: Chemical Safety Report) に基づく有害性評価、リスク評価が追加的に必要となる。本登録は生産・輸入量や危険性に応じて 3 段階で進められ、2018 年 5 月 31 日までに完了する。登録は IUCLIDS5 というフォーマットを使用し、電子的に行う。

#### 2.6.2 評価 (Evaluation)

評価は、登録時に提出された文書に対し、ECHA による「書類の評価」および「物質の評価」から構成される。「書類の評価」では、提出された技術文書に対して

試験計画の審査と適合性が要件を満たしているか否かが判定される。「物質の評価」に関しては、人の健康および環境に対するリスクが懸念される物質に対して、EU加盟各国が評価を行い、必要な場合は、さらなる情報が要求される場合もある。

### 2・6・3 認可 (Authorization)

安全性に関して高い懸念が示される物質は高懸念物質 (SVHC: Substances of Very High Concern) と呼ばれ、認可が必要となる。高懸念物質とは、発がん性、変異原性、生殖毒性を有する物質 (CMR: Carcinogenic Mutagenic Reproductive Toxin)、残留性、生物蓄積性、有害性を有する物質 PBT (Persistent, Bioaccumulative, Toxic) や極めて残留性・蓄積性の高い物質 (vPvB: very Persistent and very Bioaccumulative) などを有するとされ、SVHCに指定された物質を上市または使用する場合は、その特定された用途に対して ECHA に対して認可を申請する。現在 SVHC 候補として以下の 15 物質が ECHA から提案されている<sup>18)</sup>。SVHC が成形品中に 0.1 wt% を超えて含有される場合には、成形品の供給者は川下企業に対して、また、消費者から要求がある場合は 45 日以内に情報を提供する義務が規定されている。

### 2・6・4 制限 (Restriction)

人の健康や環境にとって、受け入れられないリスクのある物質の製造、上市および使用は、EU 全域で制限条件を付けたり、必要があれば禁止する。

REACH 規則の特徴としては、有害性、リスク評価の責任の行政から産業界への移行、サプライチェーンの上

表 1 REACH 規則における SVHC 候補リスト<sup>18)</sup>

物質名	CAS 番号
アントラセン	120-12-7
4,4-ジアミノジフェニルメタン	101-77-9
フタル酸ジブチル	84-74-2
二塩化コバルト	7646-79-9
五酸化二ひ素	1303-28-2
三酸化二ひ素	1327-53-3
重クロム酸二ナトリウム	7789-12-0
5-tert-ブチル-2,4,6-トリニトロ-m-キシレン (ムスクキシレン)	81-15-2
フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) (DEHP)	117-81-7
ヘキサブロモシクロデカン (HBCDD)	25637-99-4
クロロアルカン(C10-13) (短鎖型塩化パラフィン)	85535-84-8
ビストリブチルスズオキシド	56-35-9
ひ酸水素鉛	7784-40-9
フタル酸ベンジルブチル	85-68-7
ひ酸トリエチル	15606-95-8

流から下流への情報伝達の義務付け、市民への情報提供という視点の採用などが挙げられる。川上企業から川下企業への化学物質の情報提供は、安全性データシート (SDS: Safety Data Sheet) によって行われる<sup>19)</sup>。

## 3 製品含有化学物質に関する試験法

以上述べてきた製品環境規制に関し、その製品中での化学物質の含有量を評価する試験法の役割は重要である。本章では、RoHS 6 物質を中心とした製品含有化学物質の試験法に関し、概説する。

### 3・1 RoHS 指令対応 6 物質の試験法

Pb, Bd, Hg, Cr<sup>6+</sup>, PBB, PBDE に関する RoHS 6 物質の測定法に関しては、2005 年に設立された IEC/TC111/WG3 において、試験法の規格作成 (IEC62321) が進み<sup>20)</sup>、蛍光 X 線分析法 (XRF: X-ray Fluorescence Analysis) によるスクリーニングと精密化学分析法の 2 段階での試験案が検討されている。2008 年 10 月に各国投票で賛成可決され、国際規格 (IS: International Standard) として承認された。IS の発行は 2009 年春ごろに予定されている。図 3 に IEC で規格化されている試験方法の全体像を示す<sup>20)</sup>。試料は高分子材料、金属材料、電子部品に分類し、まずは XRF により、有害物質の含有有無の判断 (スクリーニング) 後、精密化学分析にて詳細調査を実施するという方法論である。IEC62321 では、従来の分析技術の標準化と異なり、原料・材料から部品・製品などの電気電子製品にかかわる多品種多量の試料を対象とするため、簡便で効率的なスクリーニングの概念を導入したことに特徴がある。

蛍光 X 線分析後の精密化学分析法に関しては表 2 にまとめる。

しかし、IEC62321 では現在、六価クロムや臭素系難燃剤は測定法の信頼性に問題があることから、参考文書扱い (Informative Annex) であり、今後更に検討を進める予定である。

また、電気製品中から対象となる分析試料を得るいわゆる試料解体法 (サンプリング) も IEC/TC111/WG3 の中で検討され、サンプリングに関するガイドラインは 2008 年 10 月に公開技術文書 (PAS: Public Available Specification)<sup>21)</sup> として、承認された。ガイドラインでは、電気電子製品中の材料や部品の中から、特に規制物質の含有可能性が高い試料を選別し、効率的にサンプリングすることなどが紹介されている。以下、携帯電話のサンプリングの一例を表 3 に示す。

### 3・2 蛍光灯の Hg に関する試験法

RoHS 指令では蛍光灯の Hg に関してはランプ 1 本あたり 5 mg を超えない範囲での小型蛍光灯に含まれる Hg などは適用除外<sup>1)</sup> であり、RoHS 指令は適用されな



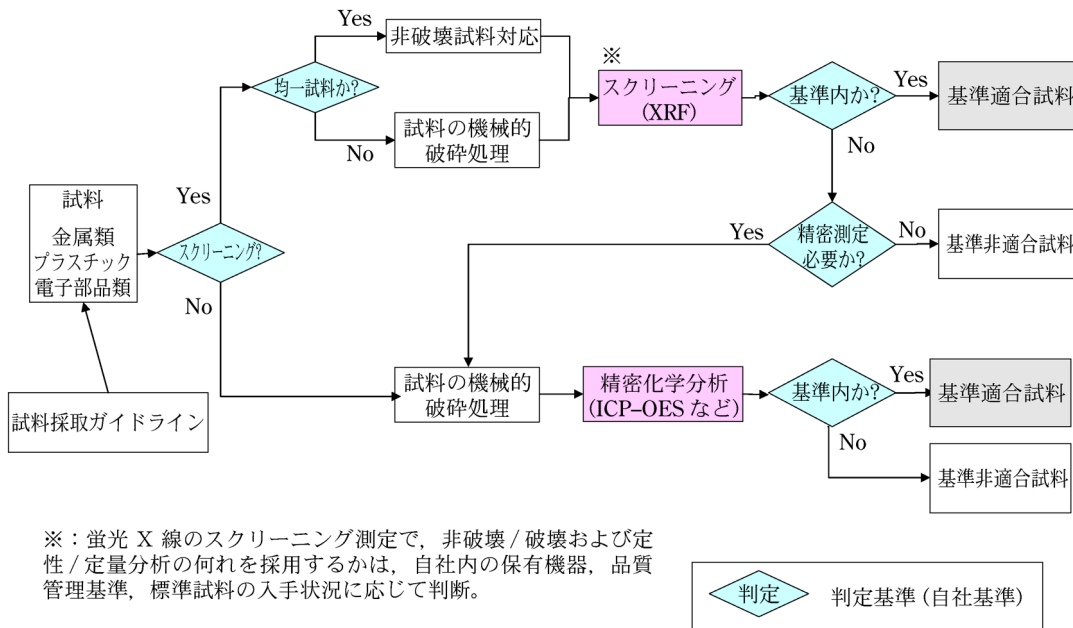


図 3 RoHS 試験法に関する測定プロセスのフロー (IEC62321 Ed.1)<sup>20)</sup>

表 2 RoHS 6 物質に関する精密化学分析方法<sup>20)</sup>

プロセス	規制物質	測定対象試料の種類		
		ポリマー (合成樹脂等)	金 属	電子部品 (PWB/構成部品)
機械的試料調製		1) 直接測定 2) 粉碎	1) 直接測定 2) 粉碎	粉碎
化学的試料調製		1) マイクロ波分解 2) 酸分解 3) 乾式灰化 4) 溶媒抽出	1) マイクロ波分解 2) 酸分解	1) マイクロ波分解 2) 酸分解 3) 溶媒抽出
測定法	(PBB/PBDE)	GC-MS	適用外	GC-MS
	(Cr6+)	アルカリ分解/比色法	スポットテスト法 熱水抽出/比色法	アルカリ分解/比色法
	Hg	CV-AAS, AFS, ICP-OES, ICP-MS		
	Pb/Cd	ICP-OES, ICP-MS, AAS		

表 3 サンプルングガイドラインの一例<sup>21)</sup>

番号	部品/アセンブリー	構成材料	製品含有の可能性 <sup>注1)</sup>	規制物質に関連する元素 <sup>注2)</sup>	分析の必要性
1	TFT ディスプレイ	ポリマー/ガラス・金属	中	Pb	より詳細な解体/分解後
2	キーボード	ポリマー	高	Cd, Hg	より詳細な解体が必要
3	ボトムハウジング	ポリマー	高	Cd, Br	Yes
4	フレームほか	ポリマー	高	Cd, Br	Yes
5	プリント基板	多品種 (ファイバーガラス, 銅など)	高	Pb, Br, Hg	より詳細な解体/分解後

注 1) 製品含有の可能性は、規制物質の検出される可能性を示す。

注 2) Br は、規制された臭素系難燃剤の使用の可能性を示す。

い。しかし、日本国内ではリサイクルの観点から、ランプ中の正確な Hg 量を評価する試験方法が制定されてい

る。現在、日本電球工業会では、JEL303 {JIS C 7803 (2006)} : 蛍光ランプ封入水銀量の測定方法<sup>22)</sup> および

JEL305：バックライト用蛍光ランプ封入水銀量の測定方法<sup>23)</sup>が制定されている。JEL303ではランプ内のHgのサンプリング方法や湿式化学分析によるHgの測定法が、またJEL305では主として液晶用バックライトとして使用する管径8mm以下の蛍光ランプに関し、ランプの両端近傍を切断し、発生したHg蒸気を加熱気化原子吸光装置に導入し、253.7nmの紫外吸光度の積分値から測定を行う方法が記載されている。

### 3.3 電池に関する試験法

アルカリマンガン電池中の鉛や水銀、カドミウムに関する測定法が1998年に欧州のEuropean Portable Battery Association (EPBA)、日本のバッテリー工業会 (Battery Association of Japan)、アメリカの電子工業会 NEMA (National Electrical Manufacturers Association) のジョイントガイドラインとして制定されている<sup>24)</sup>。電池セルサイズの大きさに対応した試料前処理法や原子吸光法、ICP発光分析法に関する測定法が記されている。測定対象となる元素はHg, Cd, Pbである。

### 3.4 REACH 規則に関する試験法

REACH 規則の基本概念は、サプライチェーン全体を通じた化学物質情報の円滑な伝達システムの構築であり、試験法に関してはあまり言及されていない。付属書に禁止物質であるアゾ化合物の分析方法が記載されているが<sup>25)~27)</sup>、これらは皮革や織物などの染色として用いられるアゾ色素から誘導されるある種の芳香族アミンの分析方法である。今後の課題として高懸念物質 (SVHC) の取り扱いが挙げられるが、現在数百種を超えると予想されるSVHCの候補物質すべてを測定することは困難であり、REACH 規則に関する試験法に関しては不透明な部分が多い。

## 4 製品から放散される化学物質に関する試験法

### 4.1 VOC に関するガイドライン

近年、建物の高断熱化や高气密化により、居住環境から発生する化学物質等が室内に滞留することにより発症するシックハウス症候群やシックスクールなどの健康影響が社会問題化している。1980年代から家具や建材などから放散されるVOCやアルデヒド類が問題となり、これらの化学物質による室内空気汚染に対しては、WHOや厚生労働省などから指針値が示されている<sup>7)~10)</sup>。VOCは国際的に統一された分類がないが、現在WHOが規定している分類方法が最も一般的に用いられており、化合物の沸点範囲により、超揮発性有機化合物 (VVOC: very volatile organic compounds) (沸点範囲: <0~50~100°C)、揮発性有機化合物 (VOC) (沸点範囲: 50~100~240~260°C)、準揮発性有機化合物

表4 室内空気汚染に係るガイドライン—室内濃度に関する指針値<sup>10)</sup>

化学物質名	室内濃度指針値 <sup>1)</sup>
ホルムアルデヒド	100 µg/m <sup>3</sup> (0.08 ppm)
アセトアルデヒド	48 µg/m <sup>3</sup> (0.03 ppm)
トルエン	260 µg/m <sup>3</sup> (0.07 ppm)
キシレン	870 µg/m <sup>3</sup> (0.20 ppm)
パラジクロロベンゼン	240 µg/m <sup>3</sup> (0.04 ppm)
エチルベンゼン	3800 µg/m <sup>3</sup> (0.88 ppm)
スチレン	220 µg/m <sup>3</sup> (0.05 ppm)
クロルピリホス	1 µg/m <sup>3</sup> (0.07 ppb) 但し小児の場合は0.1 µg/m <sup>3</sup> (0.007 ppb)
フタル酸ジ- <i>n</i> -ブチル	220 µg/m <sup>3</sup> (0.02 ppm)
テトラデカン	330 µg/m <sup>3</sup> (0.04 ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120 µg/m <sup>3</sup> (7.6 ppb)
ダイアジノン	0.29 µg/m <sup>3</sup> (0.02 ppb)
フェノブカルブ	33 µg/m <sup>3</sup> (3.8 ppb)
総揮発性有機化合物 (TVOC) <sup>2)</sup>	400 µg/m <sup>3</sup> (暫定目標値)

- 1) 両単位の換算は25°Cの場合による。但し、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの蒸気圧については $1.3 \times 10^{-5}$  Pa (25°C) ~  $8.6 \times 10^{-4}$  Pa (20°C) など多数の文献値があり、これらの換算濃度はそれぞれ0.12~8.5 ppb相当である。
- 2) Tenax TA<sup>TM</sup> 吸着体が同等の吸着体を使用して空気を捕集し、加熱脱着により非極性カラムを用いてGC測定し、クロマトグラム上で*n*-ヘキサンから*n*-ヘキサデカンの範囲内で検出されたピーク面積をトルエン換算した値。

(SVOC: semi volatile organic compounds) (沸点範囲: 240~260~380~400°C)、粒子状物質 (POM: particulate organic matter) (沸点範囲: <380°C) に分類されている<sup>9)</sup>。また表4に厚生労働省が設定している13種の化学物質に関する室内濃度の指針値を示す<sup>10)</sup>。指針値の対象物質には、トルエン、キシレンなどのVOC、アルデヒド類の他、フタル酸エステル類などのSVOCが含まれている。

### 4.2 VOC に関する試験法

室内空気中のアルデヒド類やVOC測定法に関する規格は、ISO 16000-3<sup>28)</sup>、ISO 16017-1<sup>29)</sup>、ISO 16000-6<sup>30)</sup>、日本ではJIS A 1962<sup>31)</sup>、JIS A 1965<sup>32)</sup>などが制定されている。また、建材からの放散量に関しても、試料の取り扱い方法 (ISO 16000-11<sup>33)</sup>、JIS A 1902-1~4<sup>34)~37)</sup> から、測定方法 (ISO 16000-9<sup>38)</sup>、JIS A 1901<sup>29)</sup> など) まで制定され、評価方法が明確となっているが、これらの方法をそのまま電気製品へは適用できない。そのため、電気製品からの放散VOC測定方法については、2001年に欧州電子計算機工業会 (ECMA: European Computer Manufacturer Association Interna-

tional) が ECMA-328 (Standard ECMA-328: Determination of Chemical Emission Rates from Electronic Equipment) を規格化し、2007年に第3版を発行<sup>40)</sup>、これを基本として、同年に ISO/IEC 28630 「Determination of chemical emission rates from electronic equipment」が制定された<sup>41)</sup>。

ECMA-328ではチャンバー法を採用しており、試料に応じた大きさのチャンバーを使用するが、複写機など大型製品の場合、1 m<sup>3</sup>を超える大型チャンバーとその中の温度・湿度を厳密にコントロールする機能及びチャンバー内に超高清浄空気を供給する機能などを有する特別な試験設備が必要である。このチャンバー内に被測定機を設置し、バックグラウンド測定後、被測定機を設置し稼動した状態で、チャンバー内へ清浄空気を流通させながら、チャンバー出口にて試料からの放散ガスを採取する。アルデヒド類の分析法は ISO 16000-3 により、2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) 含浸カートリッジ内でカルボニル化合物へ誘導体化されたアルデヒド類をアセトニトリルを用いて脱離させ、高速液体クロマトグラフィーで分析する。また VOC の分析は ISO 16017-1 などにより、Tenax TA<sup>TM</sup> 管などの吸着管に VOC を捕集した後、加熱脱離装置に取り付け、加熱によって VOC を脱離させ、GC-MS で分析する。複写機、印刷機等の消耗品を使用する製品と、パソコン、テレビ等の消耗品を使用しない製品では、稼動条件や VOC 等の放散挙動等の性質が異なるため、測定条件、放散量算出方法などは区別して定めている。

複写機、印刷機等の事務機器に関する測定方法では、ドイツの環境ラベル制度であるブルーエンジェルマーク (BAM: Blue Angel Mark) の規格の一つである RAL-UZ122 が制定されている<sup>42)</sup>。測定方法は基本的に ECMA-328, IEC/ISO28360 と同様であり、詳細な条件の違いはオプションとして取り込まれている。事務機器については、国内企業のほとんどは欧州へ輸出しており、製品からの放散 VOC に関して BAM 規格準拠が必須となっている。日本でも、BAM 規格にほぼ準拠した方法が 2005 年に JIS 化された<sup>43)</sup>。

一方、部品レベルの測定方法では、チャンバー法のほか、バック法で行われている例もある。バック法は、フッ素系樹脂などのプラスチック製バック内に試料を高純度ガスとともに密閉し、所定時間放置した後、バック内に充満した放散ガスを捕集する方法であり、チャンバー法と比較すると簡便な方法であるが、実環境における放散量とは異なるため、簡便に試料間の比較をする方法として用いられることが多い。(社)日本自動車工業会 (JAMA: Japan Automobiles Manufacturers Association) の自動車内装材の評価方法の規格などに採用されている<sup>44)</sup>。

## 5 おわりに

以上、製品に含有される化学物質の試験法を中心として解説したが、化学物質に関する環境規制は今後も各国で強化されることが予測され、その検証のために試験法の果たす役割は大きいといえる。今回報告した化学物質以外にも、EU においては、有機フッ素化合物の一種である PFOS (perfluorooctane sulfonates) の使用制限に関する指令<sup>45)</sup>が施行され、また PFOS やその他の一部の有機化合物が残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 {Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)} での対象物質に検討されている<sup>46)</sup>。これらの法規制は化学物質の公定法の有無にかかわらず、成立する場合が多く、今後も法規制に対応した化学物質の測定法の開発への期待は大きい。

なお、一連の試験法に関しては、試験所認定制度により、その試験所で得られたデータは、one-stop-testing と呼ばれる一つの試験データを世界で共有できるシステムが存在する。試験所認定制度とは、ISO/IEC 17025<sup>46)</sup>で要求される事項を満たし、その試験所において測定・試験されたデータの信頼性を確保するために、権威ある認定機関が、その試験所について一定基準を満たし特定の分野の試験を行う能力のあることを認定する制度である。製品に関する試験データを添付する場合、取引の合理化・効率化のためには、試験所から出される試験報告書がより信頼できるものであることが今後重要になると考えられる。

## 文 献

- 1) Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.
- 2) 市川芳明：“詳解 REACH 対応実務の手引き”，p.9 (2008)，(中央法規出版)。
- 3) JISC0950，電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法，(2008)。
- 4) 電気電子 4 団体：中国版 RoHS (電子情報製品汚染制御管理弁法) 翻訳資料集 1 (2007)。
- 5) 社団法人日本化学物質安全・情報センター：特別資料 No. 238 韓国電気・電子製品および自動車の資源循環に関する法律，(2008)。
- 6) 米国カリフォルニア州法に関連する web サイト：<http://www.ciwm.ca.gov/Electronics/Act2003/>
- 7) WHO (World Health Organization) の Air Quality Guidelines に関する web サイト：<http://aix.meng.auth.gr/AIR-EIA/METHODS/AQGuide/AQGuide.htm>
- 8) WHO Regional Office for Europe: “Air Quality Guidelines for Europe: Second Edition”，(2001)，(WHO Press)。
- 9) WHO Regional Office for Europe: “Air Quality Guideline : Global Update 2005”，(2006)，(WHO Press)。
- 10) 厚生労働省：シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会 中間報告書—第 8 回～第 9 回のまとめについて。
- 11) WTO/TBT 協定に関する web サイト：<http://www.jisc.>

- go.jp/cooperation/wto-fbt-guide.html
- 12) 森 紘一：電機・電子5団体環境フォーラム2008, p.133 (2008).
  - 13) 織 朱實監修：“化学物質管理の国際動向”，p.93 (2008)，(化学工業日報社).
  - 14) Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of-life vehicles.
  - 15) Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment.
  - 16) Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC.
  - 17) Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC.
  - 18) 欧州化学品庁 (ECHA) のSVHCに関するwebサイト：[http://echa.europa.eu/doc/press/pr\\_08\\_38\\_candidate\\_list\\_20081028.pdf](http://echa.europa.eu/doc/press/pr_08_38_candidate_list_20081028.pdf)
  - 19) 御園生 誠監修：“欧州化学物質規制ハンドブック”，p.60 (2008)，(エヌ・ティー・エス).
  - 20) IEC62321 Ed.1 (FDIS) Electrotechnical products—Determination of levels of six regulated substances (lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls, polybrominated diphenyl ethers), (2008).
  - 21) IEC/PAS 62596 Ed.1 (Electrotechnical products—Guide-line for the sampling procedure for the determination of restricted substances), (2008).
  - 22) JEL303 (JIS C 7803 (2006))：蛍光ランプ封入水銀量の測定方法.
  - 23) JEL305：バックライト用蛍光ランプ封入水銀量の測定方法 (2006).
  - 24) Battery Industry (EPBA, BAJ and NEMA)：Standard analytical method for the determination of mercury, Cadmium and lead in Alkaline Manganese Cells using AAS, ICP-OES and "Cold Vapor", 1998.
  - 25) CEN ISO/TS17234: Leather —Chemical tests— Determination of certain azo colorants in dyed leathers, (2003).
  - 26) EN 14362-1: Textiles —Methods for the determination of certain aromatic amines derived from azo colorants— Part1: Detection of the use of certain azo colorants accessible without extraction, (2003).
  - 27) EN 14362-2: Textiles —Methods for the determination of certain aromatic amines derived from azo colorants— Part2: Detection of the use of certain azo colorants accessible by extraction the fibres, (2003).
  - 28) ISO 16000-3, Indoor air —Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds— Active sampling method, (2001).
  - 29) ISO 16017-1, Indoor, ambient and workplace air —Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography—, (2000).
  - 30) ISO 16000-6, Indoor air —Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA<sup>®</sup> sorbent, Thermal desorption and gas chromatography using MS/FID, (2004).
  - 31) JIS A 1962, 室内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量—ポンプサンプリング, (2005).
  - 32) JIS A 1965, 室内及び放散試験チャンパー内空気中揮発性有機化合物の Tenax TAR 吸着剤を用いたポンプサンプリング, 加熱脱離及びMS/FIDを用いたガスクロマトグラフィーによる定量, (2007).
  - 33) ISO 16000-11, Indoor air —Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing— Sampling, storage of samples and preparation of test specimens, (2006).
  - 34) JIS A 1902-1, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取, 試験片作製及び試験条件—第1部：ボード類, 壁紙及び床材, (2006).
  - 35) JIS A 1902-2, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取, 試験片作製及び試験条件—第2部：接着剤, (2006).
  - 36) JIS A 1902-3, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取, 試験片作製及び試験条件—第3部：塗料及び建築用仕上塗材, (2006).
  - 37) JIS A 1902-4, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定におけるサンプル採取, 試験片作製及び試験条件—第4部：断熱材, (2006).
  - 38) ISO 16000-9, Indoor air —Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing— Emission test chamber method, (2006).
  - 39) JIS A 1901, 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小形チャンパー法, (2003).
  - 40) Standard ECMA-328 3<sup>rd</sup> Edition, Determination of Chemical Emission Rates from Electronic Equipment, (2007).
  - 41) ISO/IEC 28360, Information technology —Office equipment— Determination of chemical emission rates from electronic equipment, (2007).
  - 42) RAL-UZ 122, (2006).
  - 43) JIS X 6936, 事務機器—オゾン, 揮発性有機化合物及び粉

竹中みゆき (Miyuki TAKENAKA)

(株)東芝研究開発センター (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1)。青山学院大学理工学研究科博士前期課程修了。理学博士。《現在の研究テーマ》電気電子製品に関する環境分析。《主な著書》“欧州化学物質規制ハンドブック”(分担執筆)(エヌ・ティー・エス)。《趣味》水族館巡り。



佐藤友香 (Yuka SATO)

(株)東芝研究開発センター (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1)。慶応義塾大学理工学部応用化学科卒。《現在の研究テーマ》製品含有化学物質の評価方法の開発。《趣味》旅, 中東〜アジア各国料理を作ること。





- じんの放散量測定方法, (2005).
- 44) JASO-M902-07, 自動車部品—内装材—揮発性有機化合物 (VOC) 放散測定方法, (2007).
- 45) Directive 2006/122/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 amending for the 30<sup>th</sup> time Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the member States relating to restriction on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (per-

- fluorooctane sulfonates).
- 46) 経済産業省の POPs 条約に関する web サイト: [http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/int/pops.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/int/pops.html).
- 46) ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, (2005).

web サイトはすべて 2008 年 11 月 30 日現在筆者確認済み。

## 新刊紹介

### 学生・研究者のための 使える! PowerPoint スライドデザイン

— 伝わるプレゼン 1つの原理と3つの技術 —

宮野公樹 著

科学技術分野の多様化が進む現代において、要点をおさえたプレゼンの方法を習得することは、科学者・技術者のみならずビジネスマンにとっても必須の条件になっている。本書は、今やプレゼンのツールとして必携の PowerPoint を用いたスライド作成に特化して、論理性・客観性に磨きをかけメッセージ伝達力の向上を目指した実践的手法について、発表内容を効果的に聴衆に伝える仕組みとその原理原則を中心に解りやすくまとめたものである。実際に大学院生や研究者が作成したスライドを著者が順を追ってコメント・修正し、「before after 形式」で明解かつ効率的なスライド作成技術を解説しているところが特徴的であり、具体例を豊富に用いて改良ポイントごとに整理するなど、非常に理解しやすいといった印象を受ける。その他、プレゼン全般に関する Q & A では、スライド作成のヒントや発表のコツなどに関する疑問に答えるなど、正しいプレゼンの心構えや具体的なツールとしての活用方法を伝授し、さらには研究力・仕事力・人間力の向上を意図している。初めてプレゼンを試みる人はもちろんのこと、プレゼンのスキルを今以上に向上させたい学生・研究者にとって必読の一冊である。

(ISBN 978-4-7598-1175-9・B5判・140 ページ・1,800 円+税・2009 年刊・化学同人)

### 酵素・タンパク質をはかる・とらえる・利用する

— バイオ研究のフロンティア 2 —

岡畑恵雄・三原久和 編

本書は、東京工業大学グローバル COE 「生命時空間ネットワーク進化型教育研究拠点」プログラムに参画している教員らによる第一線研究を、学部上級・大学院学生に向けやさしく解説した教科書である。「酵素・タンパク質をはかる」の I 編では、水晶共振子マイクロバランス (QCM) 法による酵素反応パラメータの定量的計測や、電気化学 QCM によるタンパク質分子内及び分子間の電子移動測定など最新の測定技術の解説や、抗体の固定を配向制御する技術、合成糖鎖リガンドとレクチンとの親和性測定法、人工ペプチドを用いたアルツハイマー病発症関与のアミロイド  $\beta$  タンパク質の解析方法などの解析研究について紹介されている。「酵素・タンパク質をとらえる」の II 編では、原子間力顕微鏡によるタンパク質検出法の基礎と応用、光学顕微鏡による細胞分裂過程での細胞骨格繊維の挙動解析、バイオインフォマティクスによる酵素の機能部位予測についても丁寧に紹介されている。「酵素・タンパク質を利用する」の III 編では、極限環境微生物が産生する酵素の紹介と、それをタンパク質工学的に改変・操作する方法、さらに固定化酵素を利用したバイオリクターの産業利用と、酵素利用の基礎から応用までが述べられている。またトランスジェニックマウスなどの遺伝子操作動物の医学・生命科学応用についても解説されている。タンパク質の検出原理から最新応用まで解説されている本書は、生命理工分野のみならず広い分野の研究者にも大変興味深い好著である。

(ISBN 978-4-7692-0489-3・A5判・175 ページ・2,700 円+税・2009 年刊・工学図書)