新グローバル MCCB/ELCB の環境対応技術

潮崎　克郎（しおざき　かつろう）

1　まえがき

RoHS 指令（特定有害物質使用禁止指令）が 2003 年 2 月 13 日に発効し，EU（欧州連合）官報で公示された。この指令により 2006 年 7 月 1 日までに，6 種類の特定有害物質〔(鉛，水銀，カドミウム，六価クロム，ポリ臭素化ビフェニル（PBB），ポリ臭素化ジフェニルエーテル（PBDE)〕の使用禁止が義務づけられた。

この RoHS 指令は EU 域外にも影響を及ぼし，中国，韓国などでも同様の規制を制定する動きがある。また，日本でも「電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法」が JIS C 0950 として制定された。

新グローバル MCCB/ELCB（配線用遮断器・漏電遮断器）は，これらの内外環境規制に十分配慮して開発したものである。

新商品開発において材料の果たす役割はますます大きくなっている。本稿では新グローバル MCCB/ELCB を開発するにあたって，その開発を支えた材料面からの幾つかの環境対応技術を紹介する。

2　環境対応の規制動向

2.1　EU の主要な環境規制

電気電子機器を直接規制するという点で RoHS 指令は電機メーカーにとって最も注目すべき規制であるが，このほかにも EU では電気電子機器に関する幾つかの規制が施行または施行予定である。**表 1** に主要な環境規制を示すが，すでにパッケージ指令，ELV 指令が施行され，EuP 指令も 2005 年 7 月 22 日に EU 官報に掲載された。

以下に EU の代表的な環境規制を紹介する。

表 1　EUの主要な環境規制

環境規制	～2003年	2004年	2005年	2006年	2007年～
(1) パッケージ指令（包装廃棄物指令）	2001年7月1日以降　①鉛，②水銀，③カドミウム，④六価クロムの合計が100 ppm以下				
	回収率60％，リサイクル率55～80％を達成。～2008年12月31日				
(2) ELV指令（廃自動車指令）	2002年5月22日採決	2003年7月1日以降の販売車は原則として，①鉛，②水銀，③カドミウム，④六価クロムの使用を禁止			
	ただしバッテリーなどは除外，部品により規制開始時期の延期措置がある。				
(3) WEEE指令（廃電気電子機器指令）	回収・リサイクルシステム構築		2005年8月13日ラベル対応，リサイクル費用負担		
	再生率，リサイクル率の達成			2006年12月31日	
	ほぼすべての電気電子機器が対象				
(4) RoHS指令（特定有害物質使用禁止指令）	6種類の物質の含有を禁止 ①鉛，②水銀，③カドミウム，④六価クロム，⑤PBB，⑥PBDE			2006年7月1日以降の販売商品に適用	
	医療機器，監視・制御機器は対象外 ⇨				
(5) REACH規則案（化学物質規則案）	▼7月インターネットコンサルテーション締切り		施行⇨登録期限：2008～2016年		
	化学物質の登録（リスク評価含む），評価，認可を義務づけ				
(6) EuP指令（エコデザイン指令）	▼6月公表	最終採択	2005年7月22日EU官報掲載		
	エネルギー使用機器のエコデザインを要求。環境分野で初めてのニューアプローチ指令				

潮崎　克郎

受配電機器，制御機器の新商品開発を経て，材料および環境対応の要素技術開発に従事。現在，富士電機機器制御株式会社器具事業部技術開発生産センター開発部担当部長。電気学会会員。

(1)　パッケージ指令（包装廃棄物指令）

EU 域内で上市されるすべての包装物に適用される。加盟国は包装材に含まれる鉛，水銀，カドミウム，六価クロムを段階的に削減することを求められており，2001 年 7 月 1 日以降の合計含有量規制は 100 ppm 以下となっている。

(2)　ELV 指令（廃自動車指令）

自動車メーカーに廃自動車の解体とリサイクルコストの負担を義務づけるものであるが，電機メーカーにとって重要なことは，2003 年 7 月 1 日以降に販売される自動車には原則として鉛，水銀，カドミウム，六価クロムの使用が禁止されたことである。これら 4 物質のいき値は鉛，水銀，六価クロムが 1,000 ppm，カドミウムが 100 ppm である。

(3)　RoHS 指令（特定有害物質使用禁止指令）

この指令の対象製品には次のカテゴリーがある。

①大型家電 ，②小型家電，③ IT・通信機器，④ AV 関連機器，⑤照明機器，⑥電動工具，⑦玩具，⑧医療機器，⑨監視・制御機器　⑩自動販売機類。

現時点において，⑧医療機器，⑨監視・制御機器は対象外であるが，EU 委員会はこれらの見直しを推進中である。

この指令において，前述の 6 物質が使用禁止とされており，そのいき値は鉛，水銀，六価クロム，PBB，PBDE が 1,000 ppm，カドミウムが 100 ppm である。

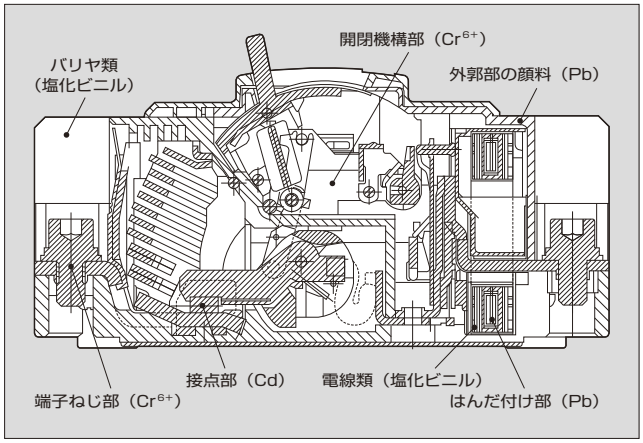
2. 2　国内の主要な環境規制

国内においては「労働安全衛生法施行令」「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」などに加えて，「建築基準法等の一部を改正する法律」により揮発性有機化合物（VOC）の排出規制が強化された。

また，前述の「電気・電子機器の特定の化学物質の含有表示方法」の制定により，パソコンなどの 7 品目について特定化学物質の含有率が基準値以上の場合は表示が義務づけられることになった。

一方，先進的なグローバル企業は環境配慮の動きを強化し，独自のグリーン調達基準を制定している。これらの基準は **2. 1** 節で述べた RoHS 指令をにらんで制定されたものであり，EU 指令がグローバルスタンダードとして機能していることを示している。

図 1　従来の MCCB/ELCB における環境管理物質の使用例



3　低圧器具における環境対応

3. 1　対応の基本原則

これまでに述べたような内外の状況を踏まえ，新グローバル MCCB/ELCB などの低圧器具商品は，環境対応において下記を基本原則として開発している。

○国内外法規の順守

○製品開発アセスメントに基づいた開発
（減量化，再資源化，環境保全化，安全性，処理容易化，包装の合理化）

○環境管理物質の管理体制の構築

3. 2　対象となる環境管理物質とその適用部位

これまでの MCCB/ELCB には，**図 1** に示すような部位に各種の環境管理物質が適用されている場合があった。

○カドミウム（Cd）：電気接点，各種樹脂材の顔料など

○鉛（Pb）：はんだ接合部，顔料，各種添加剤など

○六価クロム（Cr^{6+}）：亜鉛めっきのクロメート処理など

○塩化ビニル：各種電線，可撓（かとう）性樹脂など

また，快削黄銅棒には微量のカドミウムが不純物として含有されていることもよく知られている。

上記の環境管理物質は工業的には非常に有用な物質であり，代替には新しい適用技術が必要となる。以下に環境対応を支える個別の材料技術の一端を紹介する。

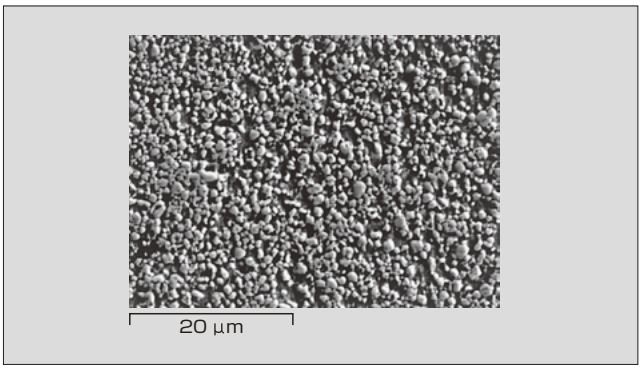
3. 3　カドミウムフリーの電気接点

電気接点は温度，消耗，耐溶着のバランスが重要である。そのバランスのよさのために銀酸化カドミウム（AgCdO）系接点は幅広い電流領域にわたって適用されていた。しかしカドミウムは，慢性中毒の場合は腎臓・肝臓障害や骨軟化を引き起こすとされており，RoHS 指令における禁止物質である。

そのため AgWC 系，AgSn 系，AgC 系など幾つかの銀合金が代替接点材料として開発されているが，ここでは主として AgWC 系接点の消耗対策について述べる。

電流遮断時の接点消耗は MCCB/ELCB 本体の消弧室構造と密接な関係を持つが，AgWC 系接点は AgCdO 系接

図 2　AgWC 系接点の組織写真



点に比べて電流遮断時の消耗がやや多い。**図 2** は AgWC 系接点の顕微鏡写真であるが，粒径の微細化，均一分散化により接点自体の結合力を高めた。一方，MCCB/ELCB 本体の消弧室構造の工夫によりアークが接点上に停滞する期間を短縮した。その結果，**図 3** に示すように消耗量を AgCdO 系接点とほぼ同程度に抑制し，AgCdO 系接点の代替を実現した。

3.4　六価クロムフリーのクロメート処理

金属材料の耐食性向上などを目的として各種表面処理が施されている。亜鉛めっき上には不働態皮膜を形成し自己修復性のある六価クロム含有のクロメート処理が施され，白さびの発生を抑えている。

しかし六価クロムは長期にわたって皮膚に触れると皮膚炎，潰瘍（かいよう）などが起きるとされており，RoHS 指令における禁止物質である。

富士電機は，めっき液メーカーとの技術協力を推進し，同等の防せい力のある六価クロムフリーめっき液を適用した。塩水噴霧試験方法（JIS Z 2371）に基づいて 72 時間の塩水噴霧試験を実施した供試品を**図 4** に示すが，ほぼ同等の耐食性を示す。

一方，器具商品にとってねじのトルク特性は非常に重要であるが，**図 5** に示すように部品レベルではほとんど有意差は見られず，端子部締付け強度，電線引抜き強度，振動試験，衝撃試験など各種の製品評価を行い，問題のないことを確認し切替を実現した。

これらの結果をめっきの管理基準に反映し，社内のめっき工場にも新しい自動化ラインを構築した。

3.5　塩化ビニルフリーの可撓性材料の開発

塩化ビニルは安価で成形性もよいが，不適切に焼却するとダイオキシンが発生するといわれている。また，安定材として鉛化合物が配合されている場合がある。この材料は器具商品において各種の電線類や可撓性を必要とするバリヤ類に使用されていた。

塩化ビニルは禁止物質ではないが，新グローバル MCCB/ELCB においてはその使用を削減するため，材料メーカーと協力し代替材料の開発に着手した。

樹脂材料の開発において可撓性と難燃性はトレードオフの関係であるが，アロイ成分の工夫などを盛り込み二つの特性を両立する材料を開発し，塩化ビニルの代替材として適用した。

表 2 に開発材と従来品（塩化ビニル）の物性を示すが，開発材はハロゲンフリー，鉛フリーで UL94V-1 を実現した。

3.6　自己消火・高強度ポリエステルプレミックスの開発

中型以上の MCCB/ELCB の筐体（きょうたい）には，異常過熱時などにも形状安定性のある熱硬化性材料がよく使用されている。熱硬化性材料においてもグローバル化にあたっては，安全上の要求から自己消火性はきわめて重要な材料特性である。また JIS と IEC 規格の統合において，グローワイヤ性能や耐トラッキング性能が特に重視されるようになった。一方，MCCB/ELCB の筐体には短絡電流遮断時に発生する大きな内部圧力が荷重され，機械的な高強度と自己消火性が要求される。

図 3　短絡電流遮断時の接点消耗改良の工夫

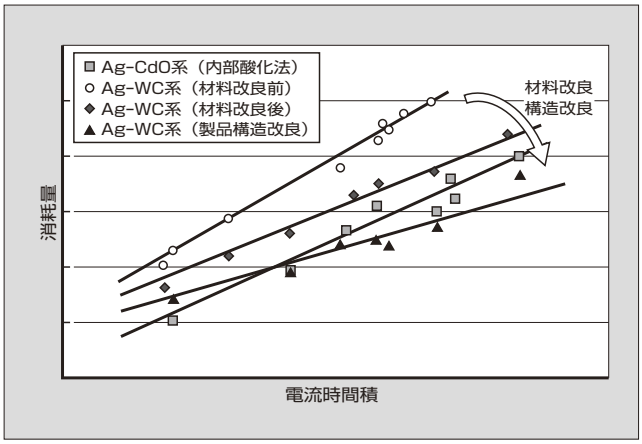


図 4　耐食性の比較（塩水噴霧 72 時間後）

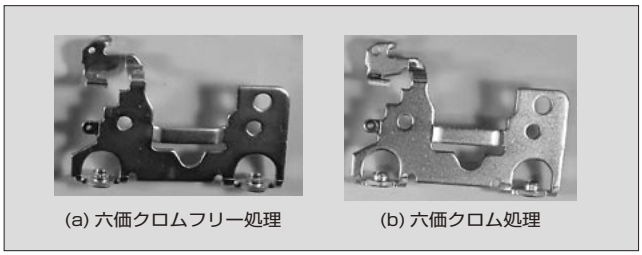

(a) 六価クロムフリー処理　(b) 六価クロム処理

図 5　トルク特性の比較

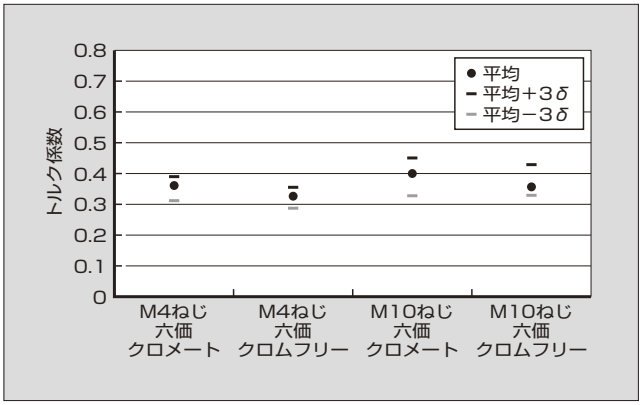


表 2　新開発の可撓性材料と塩化ビニルの物性比較

項　目	新規開発材料	従来材料（塩化ビニル）
難　燃　性	V-1	HB
難　燃　剤	非ハロゲン系	－
柔　軟　性	合格	合格
成　形　性	良好	良好
VOC　対　応	問題なし	問題なし
耐トラッキング	175 V以上	175 V以上

新グローバル MCCB/ELCB においては，充填（じゅうてん）材の種類，粒径の工夫，材料混練粘度の適正化などにより UL94V-1（1.2 mm），耐トラッキング性 600 V 以上，グローワイヤ 960 ℃と優れた熱的特性と，従来比 1.35 倍のシャルピー衝撃強さを持つポリエステルプレミックスを開発した。**表 3** にその物性を示すが，この材料を筐体に適用し，短絡電流遮断試験など各種製品評価を行い，問題のないことを確認した。

表 3　新開発のポリエステルプレミックス材の物性

項　目		新規開発材料	従来材料
UL94　燃焼グレード		V-1	HB
相対温度指数（RTI）	電気的	105℃	105℃
	機械的	130℃	130℃
ホットワイヤ着火性		120秒以上	60秒以上
高電流アーク着火性		120回以上	120秒以上
比較トラッキング指数		600V以上	600V以上
グローワイヤ燃焼性		960℃	960℃
曲げ強さ（p.u.）		1.15	1.0
シャルピー衝撃強さ（p.u.）		1.35	1.0

3.7　共重合タイプポリカーボネート材の適用

最近の MCCB/ELCB にはトップカバー（化粧カバー）が装着され，従来の黒色だけでなくグレー色が多用されるようになってきた。トップカバー用の材料には外観や寸法安定性がきわめて重要な特性である。また，短絡電流遮断時に発生する内部圧力の一部が荷重され，耐衝撃性の要求も強い。

新グローバル MCCB/ELCB においては，寸法安定性と耐薬品性に優れた共重合タイプのポリカーボネートを適用した。

また**図 6**，**図 7** に示すように部品の落錘衝撃試験を行い，遮断容量との関係を把握し，開発のスピードアップと部品の日常管理に活用している。

図 6　部品衝撃強度試験の状況

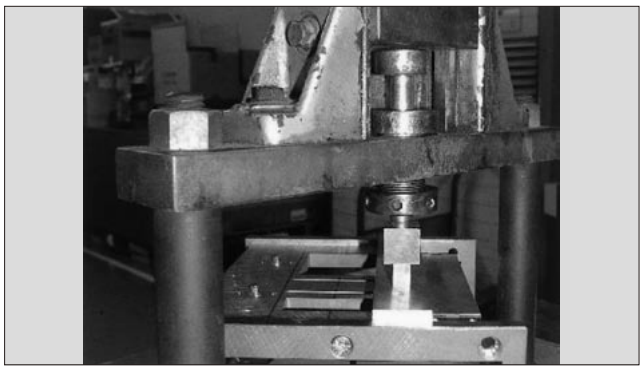


図 7　MCCB/ELCB 遮断容量と部品衝撃強度の関係

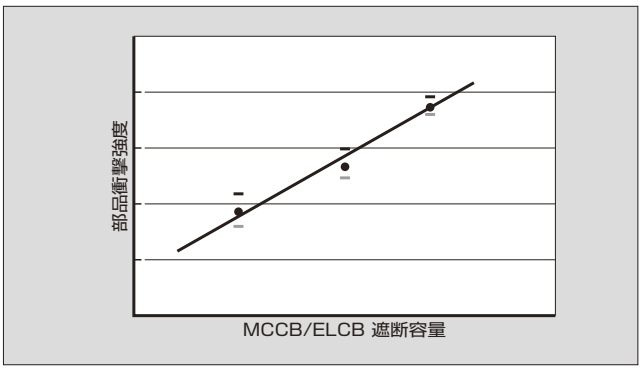


図 8　環境管理物質の管理フローチャート

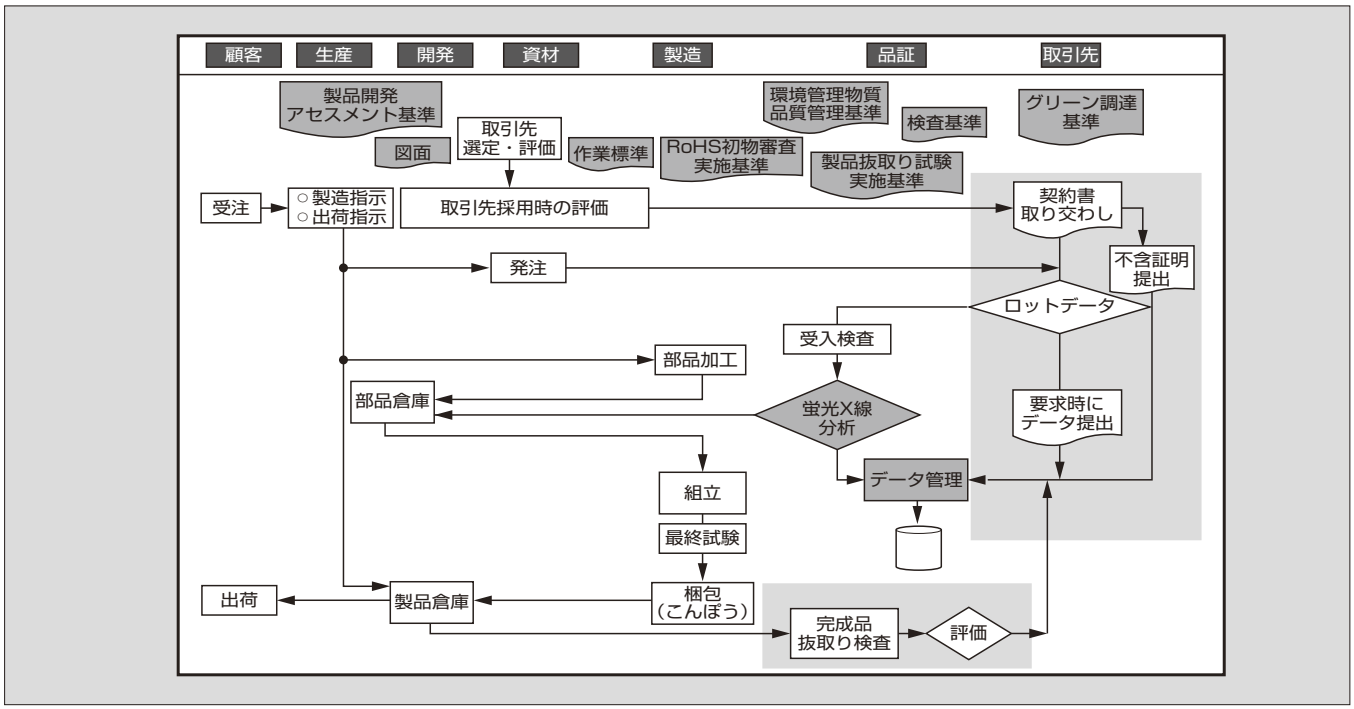
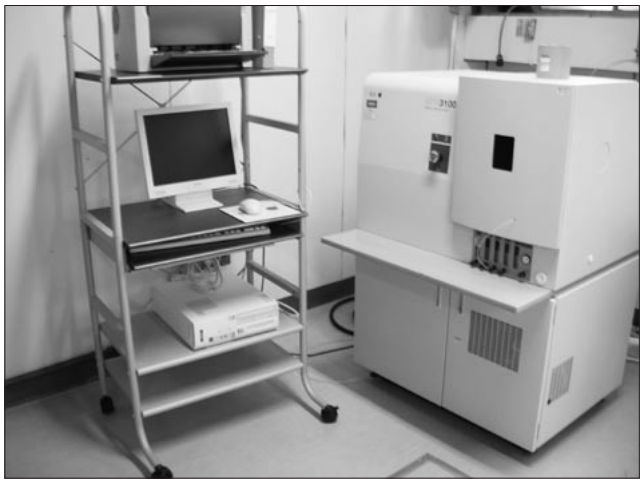


図 9　環境管理物質の分析装置の例（ICP-AES）



4　環境管理物質の管理体制

これまでの章で開発段階での環境対応技術について述べてきた。この章では開発段階での技術を維持管理していくための体制について記す。

富士電機グループは，2005 年 10 月に「富士電機グループグリーン調達ガイドライン」の第 2 版を制定した。これは欧州の RoHS 禁止物質や国内法の製造禁止物質，難分解性物質を禁止物質と定め，また JIG（Joint Industry Guideline）にのっとって改正されたものである。取引先にはこのグリーン調達ガイドラインに従って，禁止物質の不含証明，管理物質の含有量データなどを求める。

また，社内においては受入れから出荷までの検査体制を充実し，蛍光 X 線分析装置をスクリーニング装置として活用している。蛍光 X 線分析装置でグレーゾーンと扱われたものは，誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-AES）などの高感度な分析装置により判断している。

さらにこれらをデータベースとして管理し，異常処置や是正処置にも活用している。**図 8** に環境管理物質の管理フローチャートを，**図 9** に社内の分析装置の一例を示す。

上記のように，富士電機では禁止物質を含有した商品が販売ルートに乗らないよう万全の体制をとっている。

5　あとがき

新グローバル MCCB/ELCB の環境対応を支える材料技術とその管理体制の一端を紹介した。この新商品がグローバル市場のさらなる発展に貢献できることを確信するが，今後とも関係各位のご指導・ご協力を仰いで環境適用技術のレベルアップに努めていく所存である。

参考文献

(1)　井出稔．富士電機 Gr の環境への取り組み．日本機械輸出組合．environment Update. vol.7, no.3, 2005 年度．

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。