

RoHS 指令対応への取り組み

Efforts Geared toward Compliance with RoHS Directive

増田雅樹 *
Masaki Masuda

橋本 敦 *
Atsushi Hashimoto

谷口利昭 **
Toshiaki Taniguchi

久保 諭 **
Satoshi Kubo

北岡 理 ***
Osamu Kitaoka

* プロダクト本部 システムプロダクト事業部 テクノロジ開発部

** プロダクト本部 イメージプロダクト事業部 第二技術部

*** プロダクト本部 事業推進統括部 情報システム部

2006年7月の欧州 RoHS 指令施行を控え、業界では対応への動きが活発化している。

当社では 2004 年度より第四次環境行動計画を定め、製品の RoHS 指令適合に向けた各種活動を展開し、ProDeS 製品やスキャナ製品への適用を開始した。

Since the European Directive on Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment (RoHS) comes in effect in July of 2006, efforts towards product compliance are being intensified in the industry. We have developed a number of projects to make our products compliant with the RoHS Directive since the establishment of the Fourth Environmental Action Plan in the 2004 fiscal year. Recently we have started to make the products such as ProDeS and scanners compliant with it.

1 まえがき

2006年7月の欧州 RoHS 指令^{注1)}施行を控え、業界では対応への動きが活発化している。RoHS 指令では指定有害物質を含有した製品の上市が禁止されることから、欧州向け輸出製品をもつ企業にとって製品の RoHS 指令適合は必ずクリアしなければならない課題であり、現在業界の最大関心事の一つとなっている。

RoHS 指令の適用対象としては、IT 機器、家電、工具、照明機器、玩具、自販機など広範にわたるが、当社製品においては、ProDeS 製品^{注2)}(KIOSK 端末、ボードコンピュータ、システム オン モジュール、エンベデッドコンピュータ等)やスキャナ製品などの IT 機器製品が対象となる。このため当社では 2004 年度より第四次環境行動計画を定め、この中で RoHS 指令指定

物質を含む当社指定有害物質を 2005 年度末までに全廃する目標を掲げ、さまざまな活動に本格的に取り組んできた。

本稿では、当社における RoHS 指令対応への主な取り組みと、適合製品の開発事例について紹介する。

2 当社の取り組み

2.1 グリーン調達活動と有害物質調査

(1) グリーン調達活動

当社では 2003 年 7 月よりグリーン調達基準を制定し、RoHS 指令規制対象物質を含む指定有害物質の全廃に向けて、200 社を超えるお取引先ご協力のもと、グリーン調達を推進している。当社グリーン調達では、基本的考え方として、環境マネジメントシステム(以下 EMS)構築と有害物質全廃の二つを掲げている(図-1 参照)。EMS の構築については、2006 年度末までに EMS 構築お取引先からの調達比率を 100 %に、有害物質全廃については、2005 年度末までに製品に含有する当社指定有害物質(31 物質群)を全廃することを目標としている。

また、この中で特に RoHS 指令の指定 6 物質に関

注1) 欧州 RoHS 指令

RoHS : Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment の略。

「電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限に関する指令」

2006 年 7 月 1 日以降に上市する電気電子機器に対して、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、PBB(ポリ臭化ビフェニール)、PBDE(ポリ臭化ジフェニルエーテル)を非含有とする指令。

注2) EMS (Electronics Manufacture Services) を幅広く発展させた PFU 独自の開発製造サービス。

しては、表 - 1 に示すように含有の許容濃度を定め規制遵守を要求している。

(2) 有害物質調査

有害物質調査については、全ての購入品に対して JEITA ^{注3)} グリーン調達調査共通化協議会 (JGPSSI) の調査に準拠し、RoHS 指令指定対象 6 物質を含む 29 物質群の含有量調査を行っている。また、JGPSSI 調査物質の一部や、化審法第一種指定化学物質など 11 物質群を含む当社指定有害物質 31 物質群については、お取引先単位で環境対策調査票による環境対策調査を実施し、含有禁止の確認をおこなっている (図 - 2 参照)。

2.2 RoHS 指令適合部材の採用

RoHS 指令適合部材の新規採用について、当社では

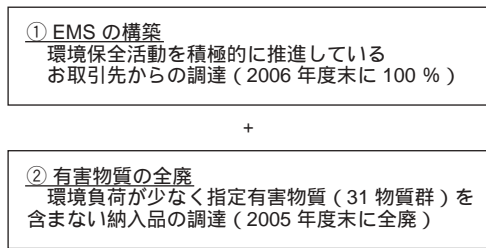


図 1 PFU グリーン調達の考え方 (Fig.1-PFU's way of thinking Green Procurement)

表 - 1 有害物質含有の定義

	対象物質 (群)	最大許容濃度 (不純物、未反応生成物に適用)
材料 部品 ユニット など	鉛および鉛化合物	1 000 ppm (塩化ビニルケーブルのみ 300 ppm)
	水銀および 水銀化合物	1 000 ppm
	カドミウムおよび カドミウム化合物	75 ppm
	六価クロム化合物	1 000 ppm
	ポリ臭化ビフェニール類 (PBB 類)	1 000 ppm
	ポリ臭化ジフェニルエーテル類 (PBDE 類)	1 000 ppm
包装材	鉛、水銀、カドミウム、六価クロム	合計 100 ppm

注3) Japan Electronics and Information Technology Industries Association の略。社団法人電子情報技術産業協会。

含有量調査の前段階にて含有有無の予備調査を実施し、先行的に採用判断を行う方法を取っている。前述した JGPSSI 調査による有害物質含有量調査では、部材ベンダでの調査期間が平均 3 か月以上と非常に長くなるため、この結果を待って部品採用を判断しようとする採用に時間がかかり、製品の RoHS 指令適合スケジュール上大きなネックとなる。このため予備調査による有害物質含有有無と全廃時期の確認、お取引先との非含有合意取り交しまでを短期間に実施し、JGPSSI 調査による有害物質含有量調査は採用後に行うフローとし、部材採用を効率的に行っている (図 - 3 参照)。尚、予備調査で RoHS 指令非適合となった部材のうち将来代替化の計画があるものについては特別管理扱いとし採用している。

このフローの運用により既設計装置の電気部品において、RoHS 指令適合部材の採用をほぼ完了した。現在はユニット購入品や、新規設計装置での新規採用部品

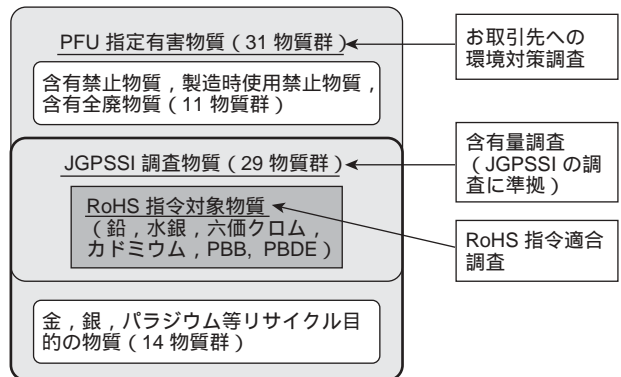


図 2 PFU 指定有害物質 / JGPSSI 調査物質 (Fig.2-PFU-specified hazardous substances/JGPSSI's studied substances)

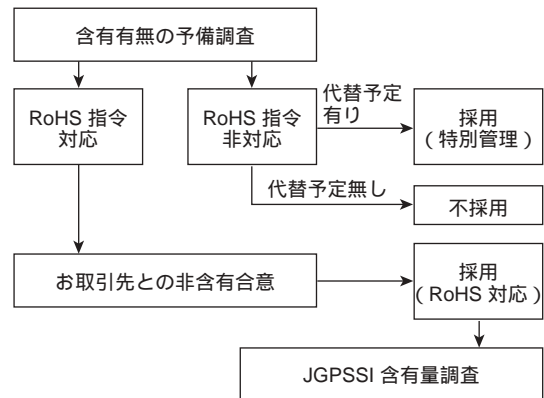


図 3 RoHS 指令適合部材の採用フロー (Fig.3-Flow of acceptance of RoHS Directive-compliant components)

を中心に RoHS 指令適合部材の採用をすすめている。

2.3 環境情報の管理と活用

当社ではお取引先から収集した膨大な有害物質含有量情報や RoHS 指令代替部材情報（ユニット購入品、機構品、電気部品等の全ての製品構成部材）などの環境情報を管理するため、各部材の部品採用部門と連携して情報集約の仕組みとデータベースを整備した。また、これらの情報を活用するため、既存の PDM（Product data management）システムと連携した「グリーン製品開発支援機能」を開発した（図 - 4 参照）。本機能では各データベースと連携し、個々の製品構成部材について RoHS 指令適合可否や有害物質含有量などの環境対応状況をつり構造で一目で確認できるようにした。また代替部材情報を用いて RoHS 指令非適合部材の適合品への読替え処理も実現している。これらによって設計者は製品の RoHS 指令適合状況を容易に把握し、スピーディに部材構成を検討・決定することが可能となり、RoHS 指令適合製品の開発を効率的にすすめることができる。

更に、電気部品について、従来から運用している電気部品情報データベース（以下、部品 DB）と連携する形で、電気部品環境情報データベース（以下、環境 DB）を新たに構築し、より詳細な情報を参照可能にした。当社では従来より製品搭載する電気部品情報を部品 DB で一元管理し、部品の共通化・標準化による設計の効率

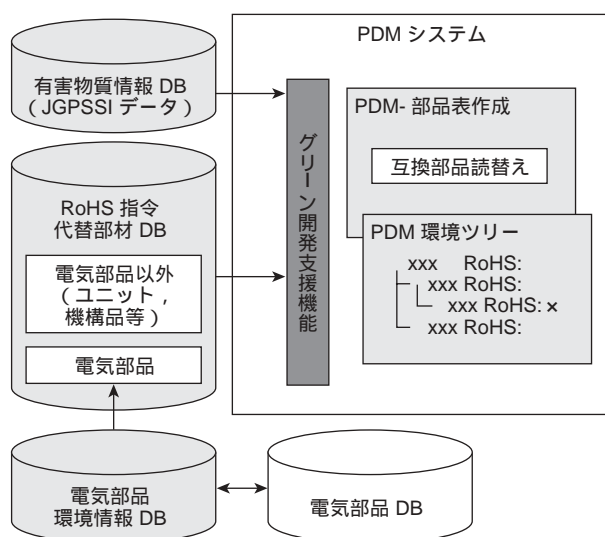


図 4 各種環境情報データベースとグリーン製品開発支援機能
(Fig.4-Different environmental information databases and features for supporting development of Green products)

化、品質の安定化、コストダウンなどをすすめてきたが、この環境 DB では、約 11 000 点の電気部品情報について、RoHS 指令非適合部品の代替部品情報、製造温度条件、部品パッケージのメッキ材料、RoHS 指令指定有害物質の含有有無などの環境情報を部品単位で集約・管理した（図 - 5 参照^{注4}）。これにより鉛フリー製造適用検討や材料による製造性や品質への影響有無確認など、より詳細な設計検討が可能となり、開発初期段階での設計品質向上に役立っている。

2.4 プリント基板設計環境の強化

既存製品の RoHS 指令適合に伴い、RoHS 指令適合部材への変更によるプリント基板の改版設計が必要となる。この過程で、CAD 作業上、部品のデータ変更やチェック作業が大量に発生することから、これら作業の効率化と作業品質確保をはかる目的で、プリント基板設計システムの強化を行った（図 - 6 参照）。

プリント基板の改版設計においては、設計システム上で部品の RoHS 指令適合可否を確認し、非適合部品について置換え作業を行う必要がある。この確認と置換え作業を容易に行うため、CAD 部品ライブラリのデータ約 8 000 点について、前出の環境 DB の情報を元に、RoHS 指令適合可否を表すプロパティ情報を付与した。また置き換えた結果について、DB 情報を元に自

The screenshot shows a web browser displaying a page titled '部品情報' (Part Information) for 'OLYMPUS'. The page lists various specifications for a component, including package type (SOT-23), lead finish (Sn-Pb), and RoHS status (RoHS: x). A graph shows temperature profiles for '本加熱条件1' (240°C/30s), '本加熱条件2' (183°C/150s), and 'プレヒート条件' (100°C~150°C/80s~120s). Below the graph is a table for '環境規制物質' (Environmental Regulation Substances) and a table for '部品一覧' (Part List).

部品番号	RoHS NG	RoHS代替部品 有り

図 5 電気部品環境情報データベース表示例
(Fig.5-Example of environmental information databases display on electric parts)

注 4) Microsoft Corporation のガイドラインに従って画面写真を使用している。

動チェックを行う機能を開発し効率向上と品質の確保をはかった。これらによってプリント基板設計者は改版設計の過程において、部品の対応可否確認や置換え作業、チェック作業を容易にミスなく行うことができるようになり、作業時間についても大幅に削減することが出来た。

2.5 有害物質検証体制の構築

調達部材への有害物質含有については、前述のグリーン調達活動や有害物質含有調査などにより含有防止に取り組んでいるが、現実には部材ベンダの調査データで有害物質が非含有の部材であっても、製造過程での材料管理ミスや誤納入、申告漏れなど様々な要因で有害物質の混入した部材が納入される事例が出てきた。このため当社ではこうしたリスクの回避を目的に、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（図 - 7 参照）を導入し検証体制を構築した。

本分析装置は RoHS 指令規制物質の元素（カドミウム、鉛、水銀、クロム、臭素）について、被検査物を溶解するなどの特殊な前処理が不要で、しかも非破壊で検査できることから、迅速な含有物質の分析が可能である。当社では本装置を用い、メーカーや品種など過去の実績から有害物質混入リスクが高いと予測される部材を装置毎に決定し、部品・ユニット・原材料の新規採用評価や受

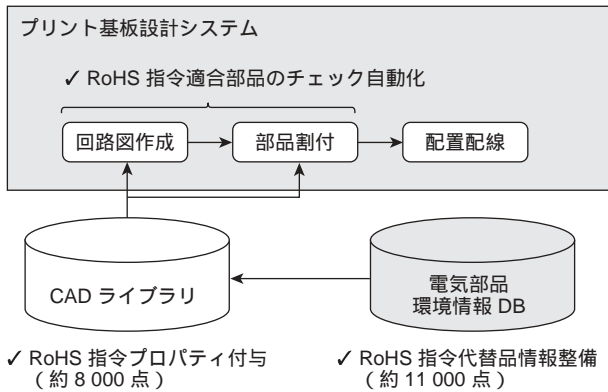


図 6 プリント基板設計環境の強化

(Fig.6-Enhancement of printed board design environment)



図 7 エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置

(Fig.7-Energy-dispersed fluorescence X-ray analysis unit)

入検査、製造工程内の混入・漏洩・汚染防止の定期確認などで活用をはかっている。

2.6 鉛フリー製造への取り組み

これまで、購入部材の RoHS 指令適合について、グリーン調達や有害物質調査、環境情報の設計活用、有害物質検証など、各種取り組みについて述べてきたが、RoHS 指令適合をすすめる上で、もう一つ重要となるのが製造はんだの鉛フリー化である。当社ではプリント基板ユニットを自社製造しており、いち早く製造はんだの鉛フリー化に取り組んできた。

(1) 取り組み経緯

2000 年より鉛フリーはんだ材料の選定をすすめ、現状業界標準の鉛フリーはんだとなっている錫 (Sn) - 銀 (Ag) - 銅 (Cu) はんだを採用した。Sn-Ag-Cu はんだの導入にあたっては、当初表 - 2 に示す課題があったが、これらの課題については、はんだ付け条件の見直し、はんだ接合信頼性評価、製造設備導入、製造基準の見直しなどを実施することで解決を図り、2001 年度末より、順次、製品への鉛フリーはんだの適用を進めている¹⁾ (図 - 8 参照)。

(2) 部品耐熱性の問題

一般的にはんだ付け時の部品実装温度は、融点より少なくとも 10 ~ 20 程度高くする必要があり、実用化されているほとんどの鉛フリーはんだは、従来の

表 - 2 Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだにおける課題

課 題
はんだ付け温度の見直し
濡れ性低下
はんだ付け性・作業性が劣る
フローはんだプロセスにおけるリフトオフ/引け巣
接続信頼性
実装プロセスの管理



fiシリーズスキャナ専用 スキャナ共用機器「fi-5000N」

小型 A6 フラットベッド イメージスキャナ「fi-60F」

図 8 鉛フリーはんだ適用製品例

(Fig.8-Examples of compliant products using lead-free solder)

Sn-Pb 共晶はんだと比較し融点が高いため、はんだ付け温度をより高い条件へと見直す必要がある。

当社が採用した Sn-Ag-Cu はんだは、融点が 218 であることから、はんだ付け温度は概ね 230 ~ 240 の温度となる。一方、部品のはんだ耐熱保証温度は 220 ~ 235 のものが多く、はんだ付け温度が部品耐熱温度を超過したり、はんだ付け温度設定マージンが取れない等の問題が発生した。

部品のはんだ耐熱性向上については、JEITA の鉛フリーはんだ実用化ロードマップ(2002年12月)での提言や IPC^{注5)} / JEDEC^{注6)} J-STD-020B, C (Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices) の鉛フリー対応部品耐熱条件規格化により、各部品ベンダも対応を進めてきているが、未対応部品も多く、鉛フリーはんだ適用製品拡大の障害となった。

(3) 低融点鉛フリーはんだの導入

Sn-Ag-Cu はんだでの部品耐熱性問題を解決するため、当社は、Sn-Ag-Cu はんだより低融点の鉛フリーはんだの導入に取り組んできた。

低融点鉛フリーはんだとしては一般に錫(Sn)-亜鉛(Zn)系鉛フリーはんだが知られている。Sn-Zn 系の鉛フリーはんだは、Sn-Pb 共晶はんだに最も近い融点を実現でき、比較的良好な機械的特性をもっているが、Zn の酸化反応が著しいことから、はんだ濡れ性が劣り、また基板 Cu メッキと Zn の合金層成長のため高温での接合強度が劣化することが指摘されている。このため一般に実用化されている製品では、フラックス改良や基板に Ni/Au メッキを施す等の対応が行われている。

当社は、Sn-Zn 系鉛フリーはんだとして、錫(Sn)-亜鉛(Zn)-アルミニウム(Al)^{注7)} はんだを採用した。このはんだは融点が 199 と Sn-Ag-Cu はんだより融点が約 20 低く、微量のアルミニウム添加により、良好なはんだ濡れ性と Cu メッキ基板での部品実装を可能としており、上記のような従来の Sn-Zn 系鉛フリーはんだの欠点を解消しているのが大きな特長である。

この特長を検証し量産適用を図るため、図 - 9 に示

す実製品のプリント板を用いて、製造性、接合信頼性評価を実施した。

評価結果としては、製造性、接合信頼性ともそれぞれ表 - 3、表 - 4 に示すように良好な結果を得た。

これらの評価結果より Sn-Zn-Al はんだは十分に製品適用できる性能を有していると判断しており、今後、順次量産準備を進め、製品適用を進めていく予定である。

3 適合製品事例

以上に述べてきた各種取り組みによって、当社では RoHS 指令適合製品の開発を順次すすめてきた。

次頁にその開発事例を紹介する。

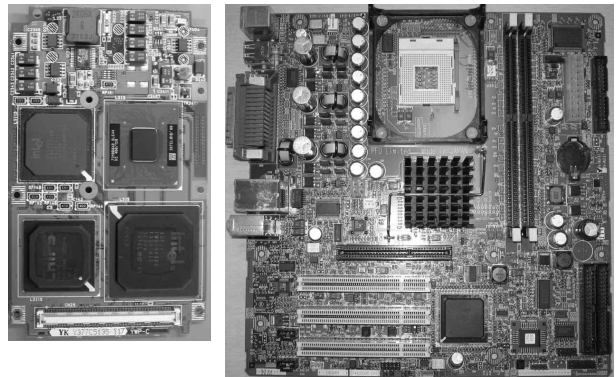


図 9 Sn-Zn-Al はんだ評価プリント板
(Fig.9-Printed board for evaluating Sn-Zn-Al soldering)

表 - 3 Sn-Zn-Al はんだ製造性評価結果

項目	結果
はんだ付け温度	耐熱保証温度が 220 の部品においてもはんだ接合保証温度を満足しており合格
はんだ濡れ性	良好なはんだ光沢、濡れ性を確認し合格 (図・10 参照)

表 - 4 Sn-Zn-Al はんだ接合信頼性評価結果

試験項目	温度サイクル試験
試験条件	- 30 ~ + 80 2 000 サイクル
確認方法	テストプログラムによる通電動作確認 はんだ付け外観確認
結果	合格 図 - 11 に示すように半田クラック等はなく、製品寿命を十分満足するはんだ接合信頼性を確認

注 5) IPC-Association Connecting Electronics Industries
アメリカ電子回路協会。

注 6) Joint Electron Device Engineering Council の略
電子部品の標準化を推進するアメリカの業界団体。

注 7) Sn-Zn-Al はんだは、富士通株式会社殿が開発したもの。
日本特許取得済：第 3357045 号 米国特許取得済：US
6,361,626 台湾特許取得済 164,132 他 5 개국特許申請中

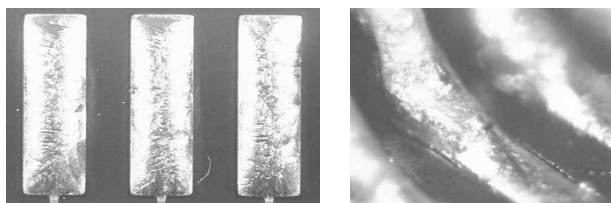


図 10 Sn-Zn-Al はんだ付け外観
(Fig.10-External view of Sn-Zn-Al soldering)

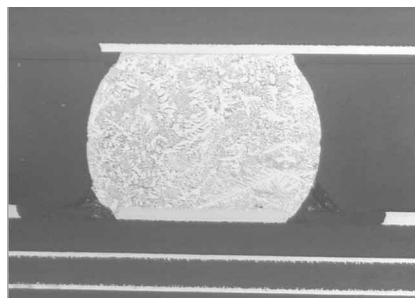


図 11 信頼性試験後の BGA はんだパンブ断面
(Fig.11-Cross-section of BGA solder bumps after reliability test)

3.1 A4 両面カラスキャナ「fi-5110C」

図 - 12 に示す FUJITSU イメージスキャナ「fi-5110C」は A4 サイズ両面同時読み取りタイプの ADF^{注8)} スキャナで、2004 年 11 月に販売開始した製品である。

本製品の RoHS 指令適合取り組みは 2004 年 8 月より本格的に開始した。取り組みをすすめるにあたり、製品を構成する全部材を表 - 5 に示すように機構部品、ユニット部品、プリント基板ユニットに分類し、分類毎に部材選定、有害物質調査、製造はんだ鉛フリー化などの対応を行った。以下に詳細を述べる。

(1) 機構部品

全部品に使用する原材料の RoHS 指令指定有害物質の含有量調査を実施し、並行して蛍光 X 線分析装置による解析調査を実施した。指定有害物質の含有が確認された部品は、原材料の変更、部品の変更をした後、再度、調査・分析による指定有害物質の非含有確認を行い、製品適用した。

(2) ユニット部品 / プリント基板ユニット

前記 (2.3 節) の各データベースとグリーン開発支援機能を活用し、RoHS 指令非適合部品の抽出、RoHS 指令代替品の選定、製造温度条件の明確化を行った。

製造はんだの鉛フリー化においては、本製品では



図 12 RoHS 指令適合製品 - 1
A4 両面カラスキャナ「fi-5110C」
(Fig.12-RoHS Directive-compliant products -1
A4 double-sided color scanner, fi-5110C)

表 - 5 構成部材と対応内容

構成部材	品種数	対応内容
機構部品 (板金, パネ材, 成形品, ネジ, レンズ, ミラー, ベルト, ラベル等)	139	原材料調査・選定, 有害物質調査, 蛍光 X 線分析
ユニット部品 (AC アダプター, インバータ, ランプ, モーター, ケーブル, センサーなど)	23	
プリント基板ユニット (半導体, 受動部品, コネクター, プリント基板等)	142	RoHS 代替部材選定・切替え, 有害物質調査, 製造はんだ鉛フリー

Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだを採用した。Sn-Ag-Cu 鉛フリーはんだの採用にあたり、前記 (2.6 節) の通り、製造温度条件 (耐熱保証温度, 接合保証温度), 接合信頼性の課題がある。これらに対して、まず、プリント基板のレイアウトの見直しを実施した。特に、搭載部品の熱容量を考慮した部品配置、DIP フローはんだ付けの作業性改善を意識し、何点かのレイアウト変更を実施した。その後、下記に示す確認・評価を実施した。

1) 製造温度条件

本製品内の全プリント基板の鉛フリー試作基板を製造した。この時、全基板の、リフローはんだ、フローはんだ、手付けはんだの製造温度プロファイルを確認し、全実装部品の耐熱保証温度、接合保証温度を満足することを確認した。

注 8) 自動給紙機構 (Automatic Document Feeder) の略。

2) 接合信頼性

接合信頼性の確認・試験フローを図 - 13 に示す。

② の外観確認では、はんだの光沢、はんだ濡れ性、DIP フローはんだ上がりの確認を行った。③ の温度サイクル試験では、製品寿命の加速度試験を実施した。その後、④ の外観確認では、はんだクラックなどの確認を実施した。⑤ での環境動作確認を実施し、結果、製品寿命に対し、十分な接合信頼性を確保していることを確認した。

以上の取り組みにより本製品の RoHS 対応化を実現し、2005 年 5 月より製造を開始する。

3.2 システム オン モジュール PD2200 シリーズ

図 - 14 に示すシステム オン モジュールは、最新の高密度実装技術を駆使し、Pentium^{注9)} プロセッサ対応マザーボード機能を小型パッケージに凝縮した製品である。この中で PD2200 シリーズは低電圧版 Pentium 933 MHz または超低電圧版 Celeron^{注9)} 650 MHz/400 MHz を搭載した製品で、2003 年 10 月に販売を開始している。

本製品においても、表 - 6 に示す全構成部材について RoHS 指令適合部材の選定・切替え、有害物質含有量調査、部品の耐熱性やリフロー温度条件の最適化を含めた製造はんだの鉛フリー化などを行い、RoHS 指令適合を実現した。

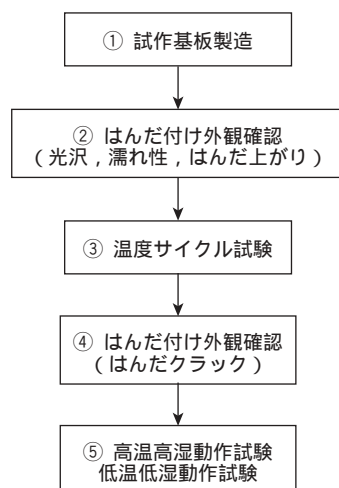


図 13 接合信頼性確認・試験フロー
(Fig.13-Flow of verification and joint reliability test)

注9) Pentium, Celeron は、Intel Corporation の登録商標である。

本製品は RoHS 指令適合製品として 2005 年度後半に販売を開始する予定である。

4 むすび

RoHS 指令適合製品の開発には、部材調達から設計、製造にいたる開発の全流において、さまざまな対応が必要となる。当社ではこれまで述べてきた取り組みによって、RoHS 指令適合製品のスピーディな開発が可能となった。今後もこれまでの取り組みを継続し、RoHS 指令適合製品を順次開発、出荷していく予定である。また、環境関連規制は世界各国で一層強化されており企業の環境取り組みに対する重要性は増す一方である。当社では今後も、環境配慮製品開発のトップランナーを目指し、積極的に環境取り組みを推進していく。

参考文献

1) 山原ほか：小型 A6 フラットベッドイメージスキャナ「fi-60F」, PFU Tech. Rev., 16, 1, pp. 20-28 (2005)。

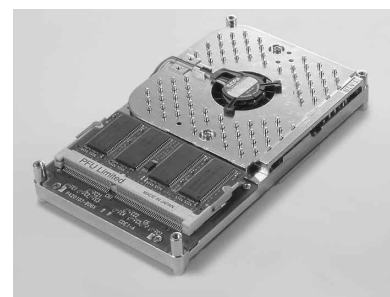


図 14 RoHS 指令適合製品-2
システム オン モジュール PD2200 シリーズ
(Fig.14-RoHS Directive-compliant products -2
System on Module, PD 2200 Series)

表 - 6 構成部材と対応内容

構成部材	品種数	対応内容
プリント基板ユニット (半導体, 受動部品, コネクタ, プリント基板等)	158	RoHS 指令代替部材選定・切替え, 有害物質調査, 製造はんだ鉛フリー
機構部品 (フレーム, 放熱シート, ネジ, 銘版等)	13	
ユニット部品 (SO-DIMM)	1	