

# 製品のライフサイクルを通じた環境配慮

## Greening through Product Life Cycle

● 濱川雅之      ● 胡 勝治      ● 木村浩一      ● 石川鉄二      ● 篠村理子

### あらまし

富士通グループでは、製品のライフサイクル全体を見据えた環境負荷の低減に取り組んでいる。省エネ技術による消費電力の削減、省資源化、リサイクル率の向上、化学物質管理による有害物質の排除など、製品の環境配慮設計を推進するため、1993年度より製品環境アセスメントを実施している。また、環境配慮型製品であるグリーン製品の開発に加え、トップレベルの環境性能を有するスーパーグリーン製品の開発を推進している。2013年度からは、特に製品の「エネルギー効率向上」と「資源効率向上」を重要テーマに位置付け、環境負荷の低減と高いパフォーマンスを両立した製品をお客様に提供することを「富士通グループ環境行動計画」の目標の一つとして掲げて、活動を推進してきた。

本稿では、富士通グループのこれまでの環境配慮設計の歩みを振り返るとともに、第7期(2013～2015年度)から第8期(2016～2018年度)にかけての環境行動計画における製品のエネルギー効率および資源効率の向上の取り組み、および製品の環境配慮設計を支える環境技術について紹介する。

### Abstract

The Fujitsu Group pursues the mitigation of environmental impact from the perspective of product life cycle. We have been conducting environmental impact assessments on our products since FY1993, in an effort to promote environmentally friendly designs for products. This includes the reduction of power consumption, economization of resources, improvement of recyclability, and elimination of hazardous materials through chemical substance management. In addition to environmentally friendly (green) products, Fujitsu also promotes the development of “super-green products” that also achieve the highest level of environmental performance. Since FY2013, the Group has been particularly proactive in improving product energy efficiency and resource efficiency, having them as important themes in offering customers products that realize lower environmental impacts and higher performance in one package. This is set as one of the goals in the Fujitsu Group Environmental Action Plan. This paper presents an overview of the past initiatives of the Fujitsu Group in developing environmentally friendly product designs. Reviewing the Stage VII (FY2013-15) and Stage VIII (FY2016-18) Environmental Action Plans, this paper describes how we work to enhance the energy and resource efficiency of our products. It also gives accounts of some of the environmental technologies indispensable for pursuing environmentally friendly product designs.

## ま え が き

途上国を含む全ての国に対して、温室効果ガス削減の取り組みを義務付けたパリ協定が2016年11月に発効した。今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出量を吸収量と同等にすることを目指し、温室効果ガス削減に向けた更なる取り組みが各国に求められている。また、資源価格の大幅な変動、需給の逼迫<sup>ひっばく</sup>、鉱物資源の品位の低下に見られるように、今後、世界全体で資源に対する制約が強まると予想されている。

国連環境計画（UNEP）が設立した持続可能な資源管理に関する国際資源パネル（IRP）は、世界規模で資源消費が急増していることから、経済活動に当たっての資源利用の削減と、資源利用に伴う環境負荷の低減という、二つの意味におけるデカップリング<sup>注1</sup>が必要であるとしている<sup>(1)</sup>。2015年にドイツで開催されたG7エルマウ・サミットでは、持続可能な資源管理と循環型社会を促進するためのより広範な戦略の一部として、G7各国が資源効率性の向上を目指した野心的な行動をとることが確認された<sup>(2)</sup>。

国際社会においては、地球温暖化への対応に加えて天然資源の保護と効率的な利用が一層重要な課題となってきている。企業の取り組みとしては、製品のエネルギー効率を向上し、お客様先におけるエネルギー使用量の削減に貢献することや、省資源やリサイクル性を徹底的に進めた製品を提供することが社会から求められている。

こうした状況を踏まえ、富士通グループでは「第7期富士通グループ環境行動計画」（2013～2015年度）において、エネルギー効率と資源効率の向上を新たな目標として策定した。また、第8期環境行動計画（2016～2018年度）においても、これらの取り組みを継続して進めていく。

本稿では、富士通グループにおける環境配慮型製品の開発についての概要、製品含有化学物質の管理、およびエネルギー効率や資源効率向上の取

り組みについて述べる。また、環境負荷を低減する技術開発など、ライフサイクル全体を通じた環境配慮設計について詳述する。

## 富士通グループの環境配慮設計

富士通グループでは、新規に開発する製品において、グループ一体となった環境配慮設計を推進し、製品のライフサイクル全体を通じた環境負荷低減と価値向上に努めている。

1993年から、富士通グループ独自の製品環境アセスメントによって、環境関連法規、環境保全性、省資源化、再資源化、省エネルギー、情報開示などに対応した環境配慮型製品の開発を推進している。また1998年には、環境配慮型製品の開発強化を目的として「グリーン製品」評価制度を導入し、2004年にはこれらを統合した「製品環境グリーンアセスメント規定」を制定した。更に、トップレベルの環境性能を有するスーパーグリーン製品の開発も推進している。

2011年には、製品の環境配慮設計をグローバルに推進するため、国際規格であるIEC62075「オーディオ、ビデオ、情報及び通信技術機器－環境配慮設計」に基づいた環境配慮設計規定を制定した（図-1）。

以下に、これらの取り組みの概要を述べる。

### ● 環境配慮型製品の評価の仕組み

#### (1) 製品環境アセスメントの実施

製品環境アセスメントは、製品およびその包装のライフサイクル全体（設計・開発段階から使用、廃棄・リサイクルされるまで）における環境負荷と環境汚染の低減を推進するために実施している。アセスメント項目は10の大分類から成り、45の小項目について評価を行い、統合評価において評価点が70点以上となったものを環境配慮型製品として認定している。

#### (2) グリーン製品の開発

グリーン製品は、アセスメント評価点が90点以上であり、かつ省エネルギー、3R（Reduce, Reuse, Recycle）設計・技術、有害化学物質対応などグリーン製品評価基準の全ての項目に適合していることを認定基準としている（図-2）。グリーン製品に認定された製品は、カタログや包装箱に富士通グループの「Green Policy Innovationロゴ

（注1）デカップリング（Decoupling）とは「分離」を意味し、環境分野では経済が成長する一方で環境負荷は逆に減少する（絶対的デカップリング）、あるいは環境負荷は増加するもののその増加率は経済成長の伸び率を下回る（相対的デカップリング）という望ましい状況を指す。

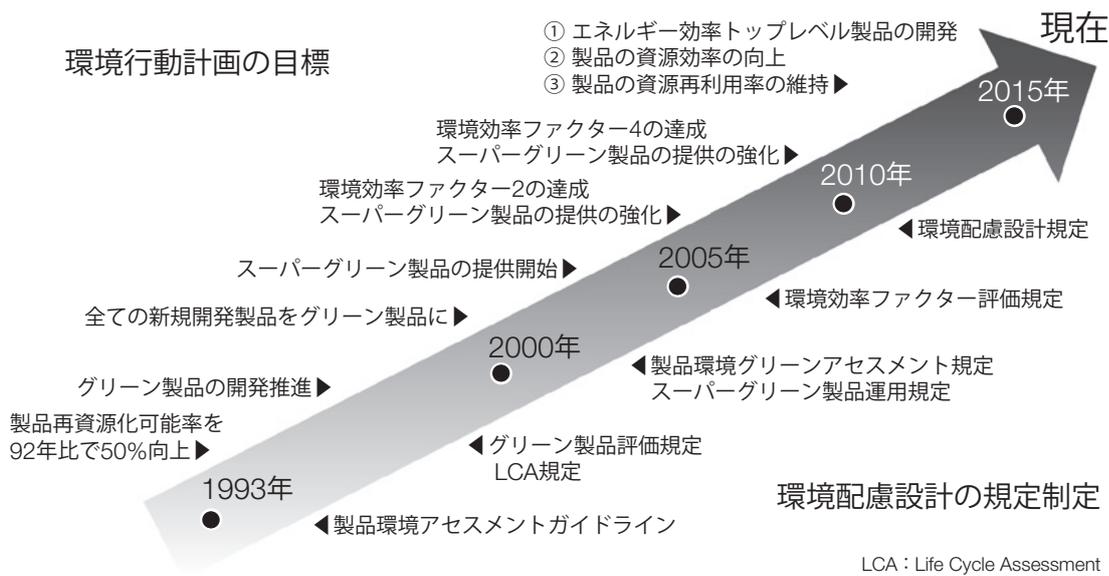


図-1 富士通グループの環境配慮設計の歩み

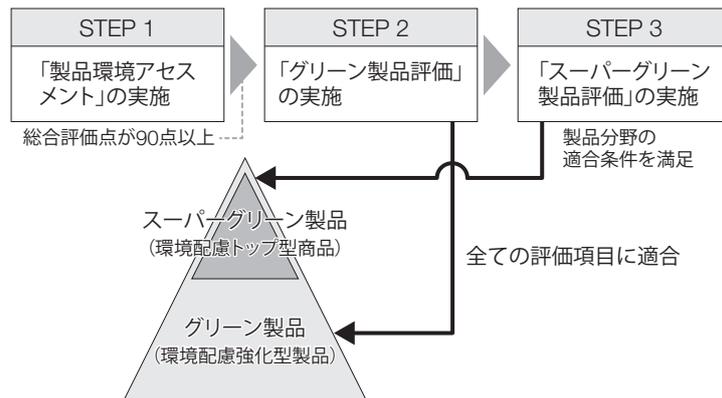


図-2 グリーン製品・スーパーグリーン製品評価の仕組み

マーク」(図-3)を表示している。

(3) スーパーグリーン製品の開発

スーパーグリーン製品は、富士通グループのグリーン製品基準に適合し、かつトップレベルの環境性能を有する製品またはシステムとしている。「スーパーグリーン製品運用規定」を制定し、定義および適合条件を明確にして運用しており、スーパーグリーン製品として登録された製品は、グリーン製品と同様にGreen Policy Innovationロゴマークの表示が認められる。

● 3R設計の推進

富士通グループでは、2010年より設計者を対象に富士通グループのリサイクルセンターの見学会を行っている。使用済み製品の解体体験を通じて



図-3 グリーン製品におけるGreen Policy Innovationロゴマークの例

解体が困難となる要因を把握するなど、実際の現場でリサイクル担当者と意見交換を行うことで、設計へのフィードバックを図ることを目的としている。更に、解体が困難であった事例を体系化し、事例集としてまとめている。

## ● 製品含有化学物質の管理

富士通グループでは、人や環境への有害性があり、法律によって使用が禁止もしくは規制されている物質を「富士通グループ指定含有禁止物質」と定め、日本国内の規制だけでなく、グローバルな製品含有規制にも対応している。

また物質の有害性が科学的に証明されていなくても、有害性が懸念される物質については「富士通グループ指定含有管理物質」または「富士通グループ指定含有報告物質」と定め、予防原則の考えに基づき、対象物質の危険性が判明した段階で使用禁止に移行できるように含有量を管理している。

これらの指定化学物質を含め、お取引先から購入している部品・部材に含有する化学物質情報は、調査依頼から収集までシステムで一元管理している。更にこのシステムを活用して、収集した情報を製品ごとに積み上げて計算し、製品レベルでの指定化学物質の含有量を把握・管理している。

これらの取り組みにより、お客様の健康を損なわず、また廃棄時における環境汚染リスクを低減するなど、安心・安全にご使用いただける製品の提供を目指している。

また、富士通が提供する製品含有化学物質管理ソリューションであるFUJITSU Manufacturing Industry Solution PLEMIA M3 ECODUCEおよびPLEMIA EcoLinkには、このような社内ノウハウが活かされている。

### 環境行動計画の活動

富士通グループでは、1993年から環境行動計画を策定している。製品においても目標を策定し、達成に向けた施策と取り組みを行ってきた。第1～6期の環境行動計画では、製品リサイクル推進のための製品再資源化可能率の向上や、環境対応促進のための全製品のグリーン製品化を目指した。更に、より環境性能の高いスーパーグリーン製品の開発や環境効率ファクターによる環境負荷の見える化を目標に掲げて、富士通グループの各事業部門において、自らの製品の環境負荷を低減する開発を促進し、環境配慮設計の定着と徹底に取り組んだ。

第7期環境行動計画では、第6期から進めてきたお客様・社会への貢献を更に拡大するため、社会

課題との関連を明確化し目標を策定した。更に、これまでは富士通グループの独自基準に基づいた活動であったため、環境配慮のレベルが分かりにくかったという課題を踏まえ、可能な限り外部の基準を取り入れるなど、透明性の高い目標設定を目指した。

また、まえがきでも述べたとおり、企業の取り組みとしてエネルギーや資源利用の効率向上が社会から求められている。このことから、富士通グループではこれまでの活動を基盤として、製品における「エネルギー効率」および「資源効率」の向上を重要テーマと位置付けて取り組むこととした。

## ● 第7期環境行動計画における目標と実績

(1) エネルギー効率に優れたトップレベル製品の開発

ICTの普及および製品の高性能化・高集積化によるエネルギー需要の増加が見込まれる中、世界的にICT製品のエネルギー規制が拡大している。これに伴って、エネルギーラベルの適合基準やグリーン調達要件におけるエネルギー効率の重要度が高まっている。

このような世界の動きに対し、富士通グループでは温室効果ガスの排出量低減への貢献を加速するため、2015年度末までに「新製品の50%以上をエネルギー効率の観点でトップレベルにする」という目標を掲げ、エネルギー効率向上を目指す製品開発を推進した。

エネルギー効率向上を測る基準は、各製品群の特性を踏まえ、できる限り業界などで使用されている基準を採用した(表-1)。市場または従来製品との比較においては、エネルギー効率がトップレベルと認められる目標基準を製品分野ごとに定めた。また、達成目標の設定に当たっては、事業部門ごとに、2013年度から2015年度の間に開発が見込まれる製品シリーズ数に対する、エネルギー効率がトップレベルの製品シリーズ数の達成度を目標とした。

各事業部門において、省エネ性能の高い新型マイクロプロセッサや高効率電源、省電力ディスプレイの採用、省電力制御の最適化、パワーマネジメント機能の強化、LSIの集約や部品点数の削減、省電力デバイスの採用など、積極的に省エネ技術

表-1 エネルギー効率トップレベル製品の主な基準

製品群	主な基準 <sup>★1</sup>
パソコン、イメージ機器など	エネルギースタープログラム基準 (最新バージョン) 適合
サーバ、ストレージシステムなど	省エネ法トップランナー基準 (2011年度) 達成率トップレベル
LSI、特定分野向け製品など	業界トップレベルのエネルギー効率
スマートフォン	業界トップレベルの電池持ち
ネットワーク機器、 <sup>★2</sup> 電子部品など	従来製品・従来性能と比較し消費電力を削減

★1：基準値は、同一製品群の中でも構成により異なる。

★2：ICT分野におけるエコロジーガイドラインで評価する製品は、星の数（多段階評価）でトップレベル。

の適用を進めた。その結果、富士通グループ全体でエネルギー効率トップレベル達成目標50%を上回る52.8%を達成した。

### (2) 製品の資源効率向上

富士通グループでは製品の3R設計を推進し、資源の効率的な利用を図っている。これまでも小型軽量化、再生プラスチックの使用、部品点数の削減など、様々な技術を製品に適用し、省資源化を実現してきた。しかし、これら個々の取り組みを総合的かつ定量的に評価し、更に様々な製品に共通して適用できるような指標が存在していなかった。このため富士通グループ全体として、これまで共通の数値目標を持って省資源に取り組むことが困難であった。

そこで、新たに「資源効率」の指標を独自に定義し、資源効率向上を定量評価する仕組みを構築した。資源効率の定義と算出式を図-4に示す。この指標は、自社設計により新規開発する製品（カスタム製品などを除く）について、旧製品と比較した資源効率向上度を評価するものである。この指標を用いて、グループ全体が達成すべき数値目標を定めるとともに、製品開発を行う全ての事業部門単位において目標を設定した。

第7期環境行動計画では、2011年度比で「2015年度末までに新製品の資源効率を35%以上向上する」との目標を掲げた。この目標の達成を目指して、製品の部品点数削減、部品の小型化・軽量化、高密度実装による小型化などの取り組みを推進した結果、目標の35%を上回る44.8%の資源効率向上を達成した。

### (3) 製品のリサイクル

富士通グループでは、製品の廃棄やリサイクルの段階まで生産者が責任を負う「拡大生産者責任」

と自社の製品に対して責任を負う「個別生産者責任」の考え方にに基づき、業界団体や各国政府と連携しながら廃棄物処理や法規制に沿ったリサイクル活動を推進している。これにより、全ての利害関係者の要件・要請を満たした資源循環型の社会づくりに貢献できると考えている。

日本では「資源有効利用促進法」に基づき、産業廃棄物広域認定制度の認定業者である富士通が、国内各地にある富士通グループのリサイクルセンターで産業廃棄物の適正処理を受託している。日本全国をカバーするリサイクルシステムを構築し、徹底したトレーサビリティとセキュリティを確保しながら高い資源再利用率を目指す、安心・安全なサービスの提供を通じてICT製品のリサイクルを推進している。

第7期環境行動計画では、富士通りサイクルセンターにおける事業系ICT製品の資源再利用率90%以上を2015年末まで継続するという目標を掲げ、リサイクルの推進に取り組んだ。その結果、国内の法人のお客様から回収した5,000トンを超えるICT製品について、資源再利用率90%以上を維持できた。

### ● 第8期環境行動計画における目標

第8期環境行動計画においても、エネルギー効率向上と資源効率向上の二つの取り組みを引き続き推進していく。エネルギー効率では、トップレベル製品の定義を「外部指標などで上位に相当するような基準を満たす製品」とし、新たな基準で「新製品の50%以上をエネルギー効率トップレベルにする」との目標達成に向け、開発を推進していく。また資源効率についても、新たに2014年を基準年に設定し、「製品の省資源化・資源循環性向上を推進し、新製品の資源効率を15%以上向上する」と

資源効率：製品を構成する個々の素材（資源）の「使用・廃棄による環境負荷」を分母、「製品価値」を分子として算出するもの

$$\text{資源効率} = \frac{\text{製品価値}}{\left( \frac{\text{資源の使用による環境負荷}}{\Sigma (\text{資源負荷係数} \times \text{資源使用量})} + \frac{\text{資源の廃棄による環境負荷}}{\Sigma (\text{資源負荷係数} \times \text{資源廃棄量})} \right)}$$

各項目の定義

製品価値	資源の使用や廃棄による環境負荷そのものの削減の評価に重点を置くため、製品価値は資源の使用に関係のあるものに限定し製品ごとに設定。 (対象外の例：CPUの性能向上など)
資源負荷係数	枯渇性、希少性、採掘時や廃棄時の環境影響などを考慮した、資源ごと固有の環境負荷重み係数。全ての資源の負荷係数を1として活動を開始する。
資源使用量	製品の各資源の質量（再生プラスチック使用量を除く）。
資源廃棄量	製品使用後に再資源化されず廃棄される各資源の質量（設計値）。資源廃棄量は0として活動を開始する。

図-4 資源効率の定義と算出式

いう目標を掲げ、これまでの取り組みを継続するとともに、軽量かつ高剛性の新規材料開発や再生材の使用拡大にも取り組んでいく。更に製品のライフサイクルでは、引き続き事業系ICT製品の資源再利用率90%以上を目標として取り組みを進める。

**製品の資源利用による環境影響度の評価に向けた取り組み**

持続可能な社会を実現するためには、地球温暖化の抑制と資源利用の観点からの環境負荷低減が世界的な重要課題である。これまで、富士通グループにおいても地球温暖化抑制の施策として、CO<sub>2</sub>排出量削減を目指して製品のLCA<sup>(注2)</sup>を実施し、CO<sub>2</sub>排出量の見える化を行ってきた<sup>(3)</sup>。しかし、資源利用の観点からの評価手法は確立されておらず、環境影響度の評価はほとんど行われていない。

資源利用による環境影響度の評価には、製品に使用されている材料の量だけでなく、それらが材料となるまでに関わった物質の量を評価する必要がある。また、材料選択などの設計段階において評価を活用するためには、簡易に評価できること

が望ましい。そこで簡易的な代替指標として、採掘から金属資源を獲得するまでに掘り起こされた剥土や脈石の総量を基に、金属の種類ごとに重み付けした指標である関与物質総量（TMR：Total Material Requirement）<sup>(4)</sup>を用いた。

TMRは、材料や製品を製造する際に背後に抱えている物質の移動量を示す指標であり、その物質の移動に伴う潜在的な環境影響を評価するための指標としても期待されている<sup>(5)</sup>。TMRは、主にエネルギー資源や材料の評価に用いられているが、多種の金属資源を用いているICT製品を系統的に評価した事例は少ない。

そこで、TMRをICT製品に適用し、資源利用の観点からの定量化が可能か否かを検証するとともに、製品の環境戦略におけるTMRを用いた評価の結果について以下に述べる。

● 製品のTMR算定

TMRはある物質を1 kg得るのに何kgの地球資源（その多くは鉱山の掘削量）を使ったかを表す量であり、金属資源ごとに異なる値を持つ<sup>(4)</sup>。例えば、金（Au）は110万kg/kg、銅（Cu）は360 kg/kgの係数があり、AuはCuに比べて、同量の資源を得るために関わる物質の総量が約3,000倍大きいと言える。また、ある製品中に金属資源としてAu

(注2) Life Cycle Assessmentの略。製品に必要な原料採掘の段階から、製造、輸送、廃棄に至る全ての段階（ライフサイクル）において、投入される資源や排出される物質を計量し、その環境への影響を定量的に評価する手法。

が10 mg, Cuが10 g含有されていた場合、製品のTMRは以下のように算出できる。

$$\begin{aligned} \text{製品のTMR} &= (10 \text{ mg} \times 110 \text{ 万kg/kg}) + (10 \text{ g} \times 360 \text{ kg/kg}) \\ &= 11 \text{ kg} + 3.6 \text{ kg} \\ &= 14.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

### ● ICT製品におけるTMRの評価

ICT機器にTMRを適用し、資源利用面での影響の大きさを可視化できるか否かを検証するため、ノートPC 1機種と発売時期が異なるスマートフォン4機種を用いて検証した。各製品のICP質量分析(ICP-MS: Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry)を行い、金属16元素(Au, Cu, Rh, Pd, Ge, Ga, Gd, Dy, Ta, Ag, La, Nd, Y, Sn, V, Ni)<sup>(注3)</sup>の含有量を同定し、各製品のTMRを算出した(図-5)。

ノートPCおよび4機種のスマートフォンともに、AuとCuでTMRの75%以上を占めている。また、スマートフォンでは近年の製品ほどTMRが小さくなっており、その要因はAu含有量の低下によるものであることが分かる。部品別にAu含有量を見ると、92%がIC部品に含まれている一方で、ICの部品点数については減少傾向が見られなかった。このため、Au含有量が年々減少している要因は、IC

部品内部におけるAu使用量の減少によるものと考えられる。

スマートフォンにおいて発売時期が新しい製品ほどAu含有量が低下している要因に関して、実装技術のトレンドとAu含有量との関係を調査した。その結果、従来のAu主体のボンディングワイヤ素材がほかの金属(Cu, Pd, Ag)に移行したこと、ICチップ裏面で直接基板に接続するフリップチップパッケージがバンプの微細化に伴い、AuメッキをしないCuピラーに移行したことの二つの要因によって、Auの含有量が低下していると推定できる。

また、ノートPCとスマートフォンの間でTMRを比較したところ、ノートPCはAuの含有量がスマートフォンとほぼ同等である一方で、Cuの割合が大きいことが分かった。これは、ノートPCでは配線基板やヒートパイプに使用されているCuが多いことが影響しているためであることを確認した。

### ● まとめ

TMRをICT製品に適用した結果、TMRの大きい金属資源の種類と部品、ユニットなどを特定でき、更に経年変化を捉えられることが分かった。今後は、本指標をベースに製品の資源利用による環境影響度の評価や低減に向けた戦略策定への活用を検討していく。

## 環境貢献材料の開発

環境負荷を低減する技術として、これまでにトウモロコシなどを原料とするポリ乳酸系のバイオプラスチックの開発<sup>(6)</sup>や、マグネシウム合金のリ

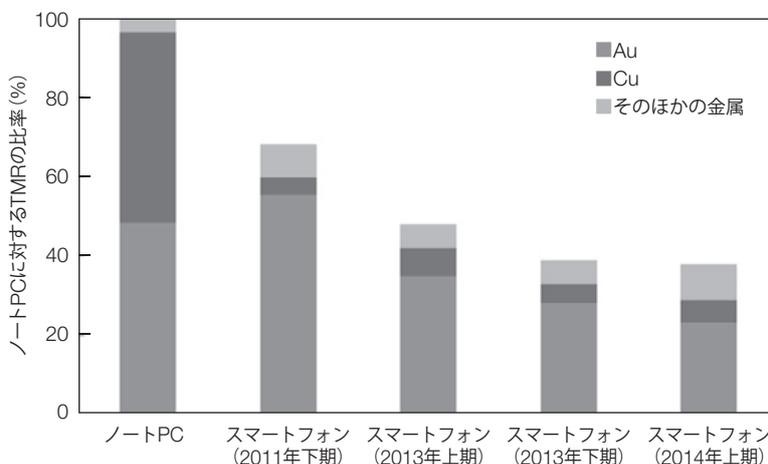


図-5 ICT製品のTMRの比較

サイクル技術の開発<sup>(7)</sup>により、ノートPCなどのICT製品への環境負荷低減に取り組んできた。更に、光化学スモッグを引き起こす原因物質の一つとされるVOC（Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物）量の削減を可能とする水性塗料技術の開発<sup>(8)</sup>に取り組み、2013年に業界で初めてUNIXサーバに適用した。

ここでは、最近の研究開発事例として、環境配慮技術からVOC量の削減だけでなくCO<sub>2</sub>の排出量の削減も可能とする水性植物性塗料技術と、富士通グループのリサイクルセンターで回収したノートPCを原材料としたクローズドリサイクル材料の開発について紹介する。

### ● 水性植物性塗料の開発

従来の溶剤系塗料と比較して、水性塗料では溶剤量が少量になるため、VOC量が80%削減される。更にこれまで培ってきたバイオプラスチック技術と水性塗料の技術を融合することにより、VOCの低減に加えてCO<sub>2</sub>排出量を削減する水性植物性塗料を開発した（図-6）。

#### (1) 課題

水性植物性塗料をサーバやパソコンなどICT製品の塗装に適用するためには、ICT製品の筐体塗装に求められる塗膜性能である、硬度、密着性、耐薬品性、耐候性、意匠性などを満たす必要がある。また、バイオプラスチックであるポリ乳酸を塗料に使用する際には、以下の課題がある。

- ・ポリ乳酸エマルジョンを用いて塗膜化すると、塗布基材との密着性が低いため、もろい塗膜となる。

- ・ポリ乳酸は加水分解しやすいため、水の付着により塗膜が白く変化してしまう。
- ・水性塗料を塗膜にするには、水分を蒸発・乾燥させて、水に溶解せずに浮遊している樹脂粒子間を融着する必要がある。そのためには温度を100度以上にすることが必要だが、ICT製品で使われているプラスチック筐体はその温度に耐えられず変形してしまう。

#### (2) 開発技術

開発した水性植物性塗料は、ポリ乳酸エマルジョンを用い、樹脂の硬化反応と樹脂粒子の融着との両方の効果を利用して塗膜化した。

- ・ポリ乳酸エマルジョンの加水分解を受けやすくするヒドロキシ基を、イソシアネートとウレタン結合させることによって加水分解を抑制し、水が付着しても塗膜が白く変化しない耐水性のある強固な膜を形成した。
- ・塗膜形成には、水分を揮発させ樹脂粒子を融着させる必要があるが、揮発が進むと粘度が高まり、ヒドロキシ基のウレタン結合が進みにくくなる。そのため、少量の溶剤を助剤として添加した。これによって水分の揮発速度を制御し、ウレタン結合による樹脂硬化と樹脂粒子の融着を最適化できた。また助剤とする溶剤の種類を最適化することにより、プラスチック筐体の変形しない低温での乾燥を実現した。

このように開発した水性植物性塗料は、前述したICT製品に適用可能な塗装性能を実現した。一般に、従来の溶剤塗料のベース樹脂である石油系のアクリルなどに比べ、ポリ乳酸はバイオプラスチック

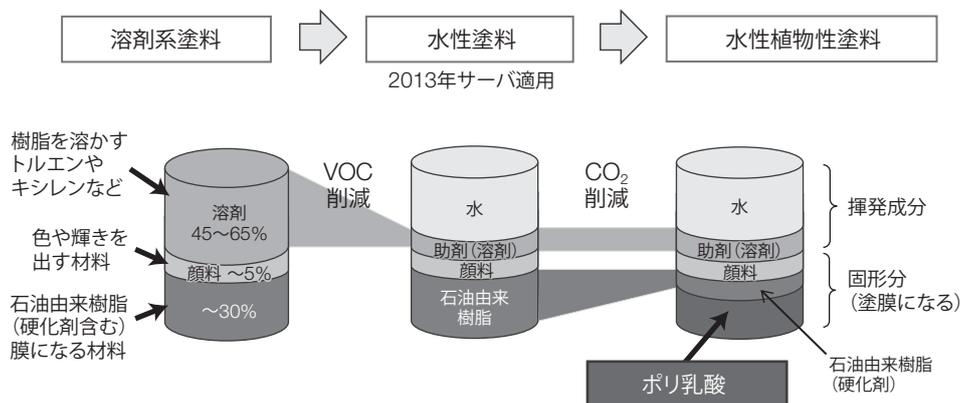
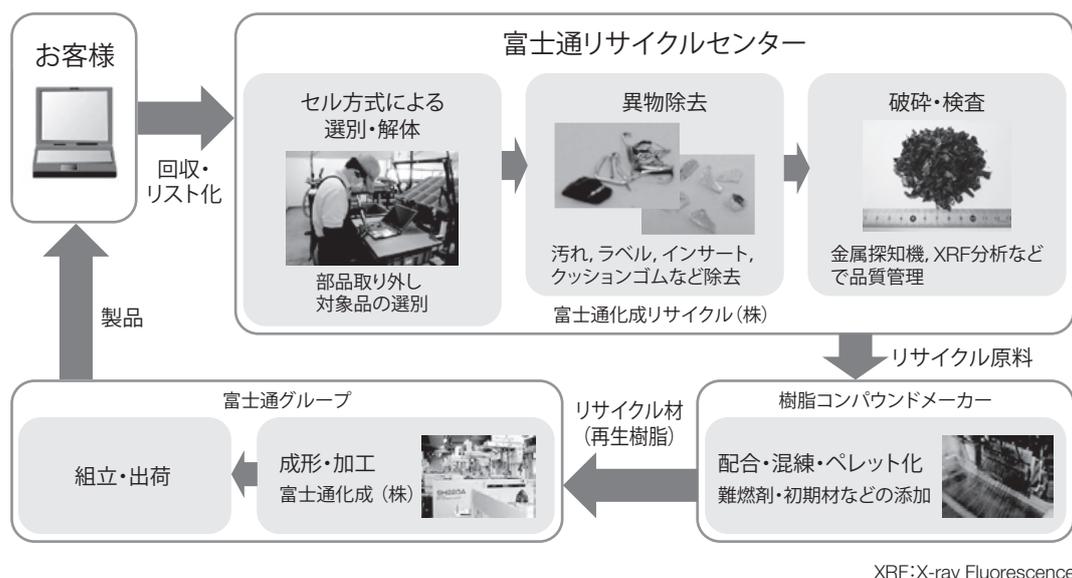


図-6 環境負荷を低減する塗料の開発



XRF: X-ray Fluorescence

図-7 富士通のクローズドリサイクルシステム

クであるためCO<sub>2</sub>排出量が低い。これを塗料に適用した水性植物性塗料を開発することでCO<sub>2</sub>排出量を60%削減でき、環境負荷の低減に貢献している。

### ● クローズドリサイクル材料

富士通グループのリサイクルセンターに回収された使用済み自社製品のプラスチック材料を、再生プラスチックとして再び富士通製品に利用する「クローズドリサイクルシステム」の仕組みを構築した(図-7)。

#### (1) 課題

クローズドリサイクルシステムを構築するに当たり、回収品をリサイクル材として継続的に新しい製品に適用するには、単一素材がまとまって得られる製品を選択的に回収するとともに、RoHS、REACHなど規制物質への対応が課題である。また、リサイクル材の含有化学物質の管理や材料としての物性を確保するには、リサイクル工程において、不必要な部材を除去したり、ほかの材料の混入を防いだりする工程の構築も重要である。更に、適用するノートPCやタブレットなどのICT製品に求められる剛性や難燃性などの材料物性をリサイクル材で実現する必要もある。

#### (2) 開発技術

クローズドリサイクルを実現するために、以下のような特徴を持つシステムを構築した。

- ・これまでに出荷されたノートPCの機種と発売年、

筐体に使われているプラスチックの組成・物性とその材料メーカー、および筐体成形メーカーなどをひも付けし、リスト化した。

- ・リサイクル工程を徹底管理し、高品質のリサイクル材提供を可能にした。ノートPCの選別・解体に際しては、セル方式<sup>(注4)</sup>を導入することによって常に単一の製品を同一セルで分解できるため、異種製品の混入を防止できる。また、分解する機種を変更する際にも選別や解体が容易になる。
- ・適用するノートPCやタブレットが求める材料物性(材料性能)を低コストで実現するため、回収した元のプラスチックよりも高機能かつ高価格なリサイクル材にアップグレードした。

本クローズドリサイクルシステムを用いて高品質なリサイクル材を製造することで、新規材料の使用量を削減し、かつ新たなエネルギー使用量も低減できるため、環境負荷を抑えることができる。新規材料からリサイクル材料への置き換えにより、材料製造におけるCO<sub>2</sub>排出量の約14%削減(回収材配合比20%、タブレット適用時として算出)が可能となる。

(注4) 製造における生産方式の一つ。一人または少人数の作業員で、製品の組み立て工程を完成(または検査)まで行う。ライン生産方式などの従来の生産方式と比較して、作業員一人が受け持つ範囲が広いのが特徴。

む す び

本稿では、富士通グループにおける環境配慮型製品の開発の概要、環境行動計画のこれまでの取り組み、現在のエネルギー効率や資源効率向上、およびリサイクルの取り組みについて述べた。また、資源利用による環境負荷の可視化に向けた新たな取り組み、更に、環境負荷を低減する技術開発として、水性植物性塗料の開発とクローズドリサイクルの構築について紹介した。

富士通グループでは、今後も環境技術を積極的に製品に適用し、エネルギー効率向上への貢献、省資源化・資源循環性向上を推進し、製品を通じて社会環境課題への解決に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 環境省：循環型社会形成推進基本計画。平成25年5月。  
<http://www.env.go.jp/recycle/circul/keikaku.html>
- (2) 外務省：2015 G7エルマウ・サミット首脳宣言（仮訳）。平成27年6月8日。  
[http://www.mofa.go.jp/mofaj/ecm/ec/page4\\_001244.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/ecm/ec/page4_001244.html)
- (3) 遠藤秀一ほか：エコリーフ環境ラベルへの取り組み。FUJITSU, Vol.54, No.6, p.480-485 (2003).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol54-6/paper08.pdf>
- (4) 独立行政法人物質材料研究機構：NIMS-EMC 材料環境情報データNo.18 概説 資源端重量。2009年3月。  
<http://www.nims.go.jp/genso/0ej00700000039eq-att/0ej00700000039ld.pdf>
- (5) 独立行政法人物質材料研究機構：NIMS-EMC 材料環境情報データNo.10 関与物質総量（TMR）の算定—資源および工業材料のTMR—。2006年3月。  
<http://www.nims.go.jp/genso/0ej00700000039eq-att/0ej00700000039hz.pdf>
- (6) 木村浩一ほか：植物性プラスチックの研究開発と製品適用。FUJITSU, Vol.59, No.2, p.121-133 (2008).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol59-2/paper04.pdf>
- (7) 木村浩一ほか：マグネシウム合金筐体のリサイクル技術。FUJITSU, Vol.54, No.6, p.458-464 (2003).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol54-6/>

paper05.pdf

- (8) 竹内文代ほか：製品を支える先端環境技術。FUJITSU, Vol.65, No.2, p.54-59 (2014).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol65-2/paper09.pdf>

著者紹介



濱川雅之（はまかわ まさゆき）

環境本部  
グリーンビジネスイノベーション統括部  
環境配慮設計の推進、製品リサイクル事業管理、環境ビジネス推進を統括。



胡 勝治（えびす かつじ）

R&D戦略本部  
環境科学技術プロジェクト  
資源効率の評価技術に関連する研究開発に従事。



木村浩一（きむら こういち）

ものづくり技術研究所  
プロダクトエンジニアリングプロジェクト  
環境貢献材料の研究開発に従事。



石川鉄二（いしかわ てつじ）

環境本部  
グリーンビジネスイノベーション統括部  
環境配慮設計の推進、環境法規制対応、環境技術に関する企画・立案に従事。



篠村理子（しのむら よしこ）

環境本部  
グリーンビジネスイノベーション統括部  
環境配慮設計の推進に従事。