新しい環境調和の時代に向けて

環境調和型実装技術委員会 林 秀臣*, 米田 泰博**

New EcoDesign Approach for Global Sustainable Era

Hidetaka HAYASHI* and Yasuhiro YONEDA**

*東京大学先端科学技術研究センター (〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1)

**株式会社富士通研究所基盤技術研究所 (〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮10-1)

*Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo (4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8904)

**Device & Materials Laboratories, Fujitsu Laboratories Ltd. (10-1 Morinosato-Wakamiya, Atsugi-shi, Kanagawa 243-0197)

電子機器が大量に消費される傾向が世界に拡散する中、電子機器を起源とする環境問題は生産者、消費者、行政が互いに協力して解決すべき問題としてますます深刻化している。実装技術は、電子機器の生産と廃棄に強いかわりがある。この中で特に実装における環境調和技術は、環境規制が業界を牽引したこともあり、長らく、毒性物質の排除に焦点を合わせて議論がされてきた。しかし、環境調和技術をこのような領域に限定してはこれからの世界的な環境問題に対処することはできない。これからの環境調和実装技術を、50年後の世界を見据えつつ「電子機器の生産と活用および廃棄から再利用の全過程（ライフサイクル）を通じて消費される材料とエネルギーを削減する」一節減の技術、「環境と人々の機能を損ねないように材料を利用する」一環境安全技術、「部品・機器の信頼性を確保する」一信頼性技術一を鼎の足として組み込んだ「社会の持続的発展を支える“もの技術”」とし、あらたな活動段階に進むことを提案する。

1. はじめに

環境調和型技術に関する記事は、1998年¹⁾に小特集を、2000年²⁾に全冊特集号を、2002年³⁾に小特集を隔年企画してきた。2002年の小特集から今回の全冊特集号まではわずか3年であるが、この間に世界を舞台にした、WEEE（廃棄電気電子機器）による環境破壊が深刻化することに同期して、電子機器の設計生産から消費廃棄にわたる拡大生産者責任(EPR)⁴⁾あるいは企業の社会的責任(CSR)の概念が極めて一般的に語られるようになった(図1)。わが国の循環型社会の形成に絡む一連の法整備、環境にかかわる一連の欧州指令、米国諸州の環境条例、バーゼル条約に関連した、国際連合の活動、OECDにおける議論などが、これらの現れである。

WEEEにかかわる環境問題に対して、実装技術面での具

体的な対応策としては、リサイクルプラントの稼働、欧州指令の実施段階への移行を先取りした鉛フリー対応実装、プリント配線板製造技術およびハロゲンフリー材料技術実用化など大きな進歩があり、わが国の最終処分場の残存年数に関して廃電気・電子機器（家電、OA）については現在のところ深刻な状況を脱しつつある。

環境にかかわる今後の10年を展望すると、前述のWEEEによる環境破壊に対する歯止めを完全に実施することと、達成目標が年を追うごとに引き上げられる京都議定書のCO₂削減目標達成のために最大の努力を行うことが求められるであろう。WEEEにかかわる環境問題とCO₂削減目標の達成を同時にねらう最良の方策は、資源消費を少なくすることである。わが国が得意とする、機器を小さく作る技術はその目的に適合する。課題は、商品として目の前にある材料消費の背後に大量の資源消費とエネルギー消費が隠れていない技術を確認すること、また、人体に有害な物質が製品のライフサイクルで生活者あるいは産業従事者に害を与えない状態に管理する技術やシステムを確認することである。この2点について適切な答えのある生産システムが、新しい環境調和型実装技術の体系である。本稿は、これら

図1. 生産者責任の拡大

の課題に対する取り組みの重要性に関して、概括の知識を得ていただくことを狙いとする。また、詳細な議論は、本特集号の各論を参照していただきたい。

2. 拡大生産者責任(EPR: Extended Producer's Responsibility)⁴⁾と技術的対応

環境関連で問われる拡大生産者責任は、まず毒性物質による害を及ぼさない責任である。すなわち、図1に示すすべての局面で、害を及ぼさないことを保証しなければならない。欧州規制^{5),6)}では、これを、毒性物質の禁止と、廃棄された製品の回収により達成しようとしている。考え方は、わが国も同じであるが、わが国の場合、回収品目の種類は限定的である。いまひとつの側面は、消費の抑制である。ただし、この部分は、消費者との共同責任の形をとる。わが国の循環型社会推進基本法で目指す3Rの概念がその考えを示している。すなわち、R (Reduce), R (Reuse), R (Recycle)により、資源の消費を抑制することである。重要度は、配列の順である。欧州のEuP指令⁺案⁷⁾およびIPP指令⁺案⁸⁾は、広くエコデザインによるエネルギーの節減を目指すものである。

3. 電子機器実装にかかわる毒性物質

欧州RoHS指令では、2006年7月1日から新たに市場に投入される電気電子機器に、若干の例外規定を盛り込みながらも、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、特定臭素系難燃剤(PBB, PBDE)を含むことを禁止している。この材料に対しては他の国々も追随している。また、使用を制限する物質については、バーゼル条約の枠組みの中に⁹⁾、遙かに多くの物質がリストアップされている。これらの物質については、各国の事情を考慮して個別の法体系が組まれている。上記の細かい規制内容は参考文献^{10),11)}および本特集の各論を参照いただきたい。

4. 拡大生産者責任を情報面でサポートする技術

拡大生産者責任を果たすためには、サプライチェーン全体に対して生産者が製品をトレースする方策が必要である。従来からロット番号・製造番号などを電子機器に刻印あるいは表示することが行われていたが、情報の検出と照合は実質的に困難であった。この問題に対する1つの解答として、ようやく実用化に近づいた技術にRFID (Radio Frequency Identification Tag: 無線タグ)がある。RFIDを装着した機器は、遠方から容易に情報の読み取りが可能であると同時に、使用履歴を蓄積することもできることから、製品を追跡する手段として有望である。ハードウェアとしてのRFIDは、完全に実用域に入っているが¹²⁾、機密保持、改ざん防止などのシステムの要件を詰めることが今後の問題である。また、インターネットを活用した、毒性物質情報を共有するシステム構築¹³⁾も進んでいる。

5. 資源節減と資源の循環利用

資源を多量に消費することに対して、資源枯渇を回避するために循環型社会形成推進基本法(平成12年5月26日制定6月2日公布)の柱には、資源循環という考えがある。すなわち、資源を循環させることで、資源の枯渇に対処しようとする考えである。その柱は、製品および部品段階での再利用(リユース)と原料系への環流(リサイクル、再資源化)である。これらに対する、わが国の状況を抜粋する。

5.1 リユース技術

複写機では部品の70%にリユース部品を用いる事例が発表される¹⁴⁾など、高度にリユースが進んでいる。一方、PCのリサイクル事業が企業グループで運営されているが、リユースされたかどうかは公表されていない。また、個人向け中古市場は存在するが販売実績は不詳である。携帯電話、TV、PC周辺機器などのリユースについても実績は不詳である。以上のことから、部品、機器のリユースはあまり進んでいないことが推定される。

5.2 再資源化

機器を原料系にリサイクルすることは、家電4品目、パソコンなどで行われている。家電4品目に対しては、44事業所が稼働し、雇用は2300人、処理台数は11218千台(平成16年度末)である¹⁵⁾。TVの資源回収率は、法定基準55%に対して、大幅に上回り約81%(平成16年度)の資源が回収されている。パソコンでは、家庭系、事業系共に重量比で、51~77%(平成16年度)¹⁶⁾の資源が回収されている。しかし、重量による回収比率では、構造材料が占める比率が大きい。電子部品の再利用に関するデータはない。

5.3 リサイクルによる再資源化を行う場合の2つの大きな課題

電子機器のLCA評価はCO₂をベースに行われている。パソコンのLCA評価を行うと、組み立て以降の製造過程のCO₂排出量で評価した環境負荷は、使用過程に比べて1/2以下である。この評価には部品が含まれていない。これから出てくる結論は、電力消費の少ない技術が開発されたら寿命を全うしていなくとも部品が再利用される限り、新しい機器に置き換えることで環境負荷を少なくできるということである。しかし、再利用するには、部品のモデルチェンジが行われていないことが前提となる。部品の製造と調達から排出されるCO₂は、使用時の排出量と同等あるいはむしろ多い¹⁷⁾。部品を共通化して、新しい機器を設計できなければ、古い部品を捨てることになり、ここからも大きな環境負荷が発生する。部品の長寿命化と機器設計の革新を両立させることが困難な理由がここにある。

モデルチェンジが行われた結果、古い部品は新しい機器に使えないとなると、廃棄される。廃棄される物量が増大しても、リサイクルにより材料系に戻すことができれば問

図2. 世界の人口推計（地域別）

題は軽減される。しかし、材料系へのリサイクルは、部品のリユースに比べて、圧倒的に付加価値が少ない。リサイクルを事業として成立させるためには、廃棄された機器から同種の部材を分離する方式、分離された同種部材を安定して集めるシステムを構築して既存の材料生産システムに適合させるなどの課題がある。この課題は一部の材料で解決されようとしている。家電白物については、耐用年数・寿命が明らかな部品の場合、商品への再利用が可能ではあるが、多くの場合特許法など法規制のためメーカーを超えての利用はできない。行政を含めた取り組みが必要である。

5.4 電子機器の小型化の動向

資源消費を抑えるために有力な方法は、機器を小さくすることである。電子情報産業技術協会(JEITA)の実装ロードマップ¹⁸⁾によると、DVCは今後10年間で重量および体積が1/2になる。HDDは、2003年から2013年で体積が1/5、DSCでは、1/2.5になるなど、多くの電子機器で寸法および重量の縮減が進む。このように製造技術を革新する技術は、高密度実装技術によりもたらされているが、このような技術の進歩によりもたらされる材料の節減効果は、リサイクルによる節減効果を遙かに超えている。

6. 世界の人口動向

環境調和技術を考える上で、見逃せない制約条件として、人口問題がある。国際連合推計¹⁹⁾によると今後世界の人口は2050年に向かって急激に増加する(図2)。この人口増はすべて発展途上国による。このことは、電子機器に対する大きな需要の発生を予見させる。これからの資源消費に対しては、いわゆるファクター10、すなわち、工業技術を進化させて資源生産性10倍以上にする²⁰⁾必要がある。

7. まとめ

拡大生産者責任の概念に従った環境調和型技術を研究し

開発することは、WEEE起因の環境破壊を防止するために非常に意義深いことである。しかし、資源面から考えると、リサイクルによる資源節減には限界があり、今後急速に拡大する人口の増加に答えを出すことは困難である。

このような大きな資源と環境問題に対する解答は、環境調和技術をトレードオフの技術ではなく、ブレークスルーする技術へ変革することで見出すことになる。そのため、環境調和型実装技術の課題も、材料と技術の枠組みを広く「電子機器のライフサイクルを通じて材料とエネルギーの削減および安全性を確保する技術」とした「もの技術」の研究に位置づける。時間軸では、50年後の世界と社会と経済の仕組みを見据える。これにより、社会の持続的発展に対しての大きな指針が与えられる。環境調和型実装技術委員会の中に新たに発足させた「エコデザインと実装研究会」は、このような認識に立って多くの研究技術者および研究を融合し日本から世界へ発信する場にしていく所存である。

(2005.6.13-受理)

文 献

- 1) “特集・環境調和型実装”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 1, No. 4, pp. 257-274, 1998
- 2) “全冊特集・環境調和技術とエコデザイン”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 3, No. 5, pp. 375-455, 2000
- 3) “特集・環境と資源を守る実装技術”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 5, No. 3, pp. 201-226, 2002
- 4) ENV/EPOC/WPNEP (2003) 10/PART1/FINAL Organisation for Economic Co-operation and Development 22 October 2003
- 5) Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment(WEEE)
- 6) Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment
- 7) 2003/0172 (COD) On establishing a framework for the setting of Eco-design requirements for Energy-using Products and amending Council Directive 92/42/EEC
- 8) COM (2003) 302 final Communication from the Commission to the Council and the European Parliament/Integrated Product Policy/Building on Environmental Life-Cycle Thinking
- 9) Interim guidelines on hazard characteristic H13 of Annex III to the Basel Convention, 入手先<<http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/techdocs.html>>
- 10) プロポジション 65 (カリフォルニア州法) の最新バージョン (2005年5月27日版)，州環境部，入手先<http://www.oehha.ca.gov/prop65/prop65_list/Newlist.html>
- 11) 環境省ホームページ，入手先<http://www.env.go.jp/hourei/index_sougou.html>
- 12) 岸上順一，監修：“RFID教科書”，アスキー出版，2005
- 13) 三木 健：“海外環境規制等の動向と日本の対応～製品環境情報流通の課題～”，第9回RNJフォーラム講演，

- 2000.11.25
- 14) “新規部品の使用率を30%に抑制することで製造時のCO₂排出量を約75%削減”，富士ゼロックス社プレスリリース 2003.10.2
 - 15) 経済産業省，環境省プレスリリース：“家電メーカー各社による家電リサイクル実績の公表について（平成16年度）”，2005.5.27
 - 16) “使用済みパソコンの回収実績（平成16年度）”，パソコン3R推進センター，2004
 - 17) 天川雅文，他：“経理データを利用した事業活動の環境負荷評価”，エコデザイン2000 ジャパンシンポジウム予稿集，2000
 - 18) “2005年度版 日本実装技術ロードマップ”，電子情報技術産業協会，2005.6
 - 19) World Population to 2300 ST/ESA/SER.A/236 United Nations New York, 2004
 - 20) Friedrich Schmidt-Bleek (with W. Bierter): “Das MIPS Konzept—Faktor 10”, Droemer Knauer, Muenchen, 1998

†用語解説

拡大生産者責任：EPR (Extended Producer's Responsibility)

「生産物に対する生産者の（物理的・金銭的）責任が当該製品の廃棄後にも拡大する」とした環境政策の手法（OECDの定義）。すなわち，生産者は製品を作る過程ばかりでなく，製品が製造業者から離れた後，使用され廃棄され，資源として回収されるまでの全サプライチェーンに対

して製造業者が責任をもつという考え。各国の法制度はおおむねこの考えを基本に制度を整えてきている。

EuP 指令：Directive for the Production, Distribution, Use and End of Life Management of Energy Using Products

欧州指令の1つ。欧州では，エネルギーを使用する製品の生産，流通，使用および，廃棄の管理に関する指令を定め，実施に向けた議論を活発化させている。この指令は，電気電子機器のみならずエネルギーを消費する機器，例えば，ガス機器などにも及ぶ。わが国では，家電製品に対し，トップランナー方式と呼ばれるガイドラインを設定してきているが，EuP 指令のBAT（Best Available Technology：利用可能な最も進んだ技術）という考えにわが国の考え方が反映されている。

IPP 指令：The Integrated Product Policy

包括的製品政策。欧州の製品設計および生産工程に，環境配慮を体系的に統合することを企業に義務づける指令。これらの動きは，実装技術の領域では，前述のBATの考えに基づいた技術目標値として具体的な基準が示されることになる。この基準値を高い目標に設定できる企業が，結果的に強い製品競争力を手にする時代が近づいているとも言える。2001年に原案（グリーンペーパー），2003年に指令最終案。

環境ラベル：製品のランク付けをラベルで表示したもの。中でも環境ラベルタイプIIIは第3者機関（産業環境管理協会）がLCA評価に基づき製品のランク付けを行うもので，客観性のあるラベルである。本年（平成17年）実施。