

# “ファクター T” で広がる環境調和型製品

Environmentally Conscious Products Promoted by Factor T

蜂屋 利巳 竹山 典男 稲葉 道彦

■ HACHIYA Toshimi ■ TAKEYAMA Norio ■ INABA Michihiko

1990年代のリサイクル，2000年代の有害物を排除した“モノづくり”に続き，2010年代は持続可能な社会を実現するために，様々な環境制約を克服しながら製品をどのように供給するかが問題となってくる。これには，提供する商品の価値に見合った環境配慮が要求される。そのためには，一方的な製造業者の製品供給だけでなく，生活者と製造業者が共にライフスタイルを見直し，製品を育て上げる努力が必要となってくる。すなわち，双方が得る利益と環境負荷の低減とを同時訴求していくことが企業に求められている。

東芝グループは，環境と経済の両立に資するため，ファクター T と呼ぶ新たな経営指標の導入を図り，環境自主行動計画である第4次環境ボランティアプランにおいて，2010年度の総合環境効率（対2000年度比）を2倍にすることを目標に掲げて取り組んでいる。

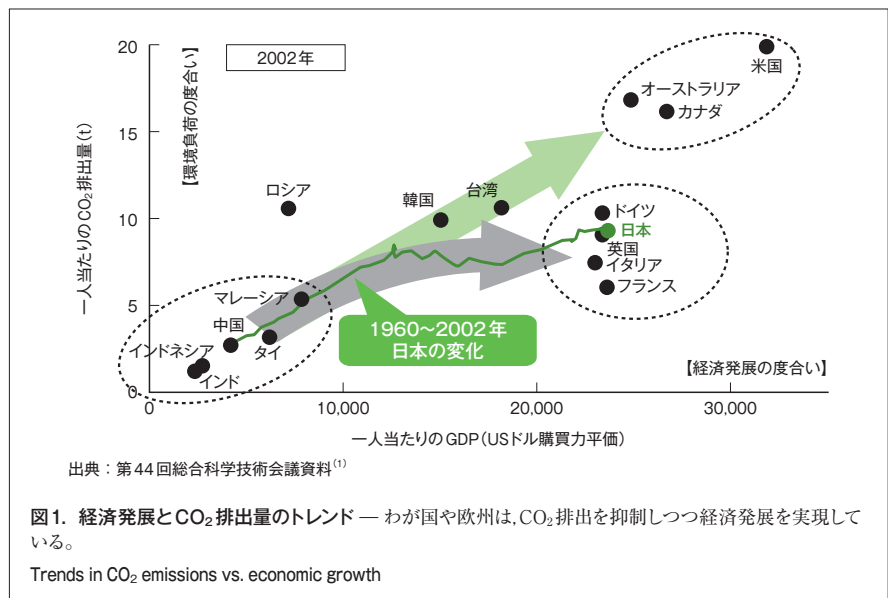
The issue of recycling was encountered in the 1990s, followed by the problem of environment-friendly manufacturing in the 2000s. In the 2010s, it will be necessary to deal with the question of how to supply products while coping with environmental constraints in order to maintain a sustainable society. This situation will lead to a new design policy in which environment-friendliness appropriate to the offered services is required. Not only manufacturers but also consumers will need to shoulder the responsibility for realizing new types of products by reviewing and altering their lifestyles. Both parties will benefit from these innovative changes, and the burden on the environment will be reduced as a result.

Toshiba has introduced an eco-efficiency indicator called Factor T, as one of the management metrics to be used as an index to indicate the simultaneous pursuit of environmental preservation and economic development. Our aim is to double overall eco-efficiency in 2010 compared with 10 years earlier under our fourth voluntary environmental plan.

## 持続可能な社会と製造業

持続可能な社会を実現するために，製造業者はどうあるべきかについて，理想と現実の間で長らく議論が続いている。図1は，経済協力開発機構（OECD）のデータをもとに内閣府が作成した一人当たりの二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量と国内総生産（GDP）を国別に比較したものである<sup>(1)</sup>。

わが国は，過去の2度のオイルショックの影響と資源を多く持たない国柄から，CO<sub>2</sub>排出量をあまり増加させない経済成長を遂げており，欧州諸国も同様な動きをしている。一方，米国やオーストラリアは経済成長に比例するようにCO<sub>2</sub>排出量を増やしており，韓国や台湾もこれに続くトレンドを歩もうとしている。また，BRICs<sup>(注1)</sup>諸国も初期の成長パターンから，米国やオーストラリアのようなトレンドを歩み始めているように見える。



しかし，このままのペースで進むかぎり，CO<sub>2</sub>排出は増加し続け，“地球温暖化”の加速要因となることは自明である。

国際的な専門家たちで作られている気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate

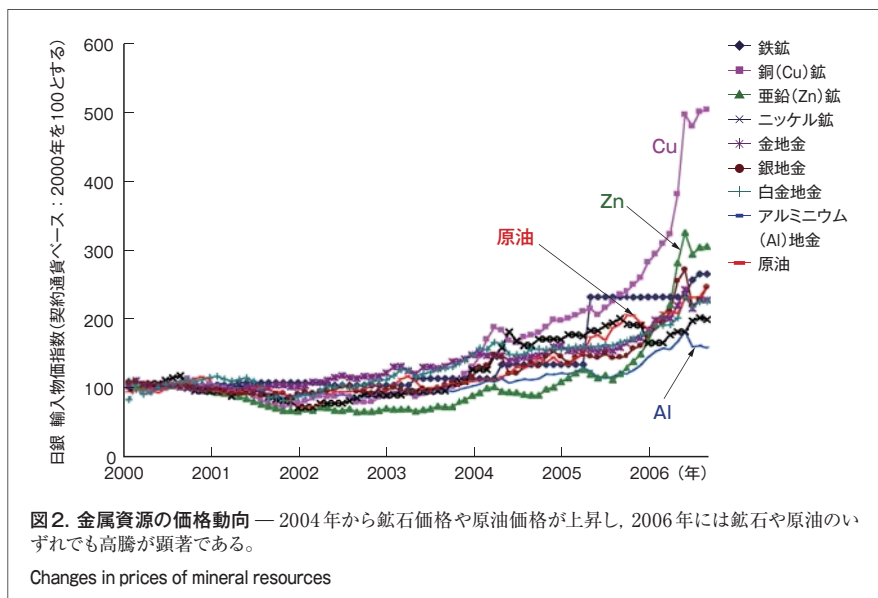
(注1) ブラジル，ロシア，インド，及び中国の4か国の総称。

Change)の報告によると、1900年から2000年の間に地球の気温は0.6℃上昇したとされ、まだ上昇が続いている<sup>(2)</sup>。近年の温度上昇は、シミュレーションによると、自然起源の温度上昇ではなく、人為起源の温度上昇モデルにうまくフィットすることから、地球温暖化の主要因が人間の活動に伴うCO<sub>2</sub>の排出であることに疑いないとされている。同報告では、今後も化石エネルギー重視の高度成長型社会を続ければ、2100年には平均気温が4℃上昇する破滅的な未来が待ち受けていると予測している。これを防止するために、各国が図1に示すCO<sub>2</sub>排出量を右下方向にいち早く舵(かじ)を切っていくことが国際社会に何よりも求められる。その動きのなかで製造業者としては、自主的にCO<sub>2</sub>排出量を減らす作業を行わなければ、企業価値を大きく損ねることになる。

最近では、BRICsの経済成長を先取りしているのか、金属資源や原油価格が高騰している。このことは、投機的な資金の流入による影響と説明されることが多いが、資源枯渇を予測したものととらえられる。この場合、地球上から資源がなくなるのではなく、鉱石の採掘は経済的に採算が合わなくなることを指している。いわゆる“経済的な枯渇”である。

最近の金属資源の価格動向を図2に示す。BRICsの経済成長が加速されてきた2004年から鉱石価格や原油価格が上昇し、2006年には鉱石や原油のいずれでも高騰が顕著である。過去のデータによると、その国の一人当たりのGDPがUS 1万ドル程度になるまでは資源輸入は継続し、それ以上になると緩やかな定常状態か、むしろ輸入量が微減する傾向にある。BRICsの今後の経済成長を考えると、しばらくは資源の需給関係は供給有利の方向で動くため、価格上昇のトレンドは変わらないと考えられる。

持続可能な発展のために、日本を含む世界30か国以上の環境先進企業が参加する世界経済人会議(WBCSD:



World Business Council for Sustainable Development)でも、声明を発表している<sup>(3)</sup>。そこでは、人間の要求を満たしながら、物やサービスの環境負荷を持続可能な範囲に抑えることが提唱されている。事業の営利を追求するのは、確固たる環境の基盤がなければできないことを示しているもので、環境と経済の両面の効率を追求した環境効率性も取り上げている。

### 環境効率指標の導入

前章で示した問題は、利便を受けている生活者とそれを供給している製造業者の両者が同時に解決すべきものであり、製造業者の中では、経営者と設計や製造を担当する従業員が相互に解決すべき問題でもある。これらの協同作業なくして環境と経済の両立を実現する手だてはない。

生活者と製造業者の両者が理解しやすく、実行のマイルストーン<sup>(注2)</sup>を定量評価するための、経済的效果と環境への

影響を示す指標が以前より求められていた。その一つが、環境省がガイドラインを作成した環境会計である。これは、1年間に投じた環境保全関係の費用とそれによる環境負荷削減効果を示したもので、日本国内でも900社以上が環境報告書を出し、その60%が環境会計を採用している。環境会計以外にも、類似の会計処理として環境改善効率やCSR会計<sup>(注3)</sup>などを採用した企業では、その結果を報告書に載せている。しかしこれらの会計は、環境負荷について、製品のライフサイクル全体を通して定量的に評価する目的で導入されているわけではない。

環境負荷の代表的な指標としてLCA(Life Cycle Assessment)が挙げられる。LCAは、製品のライフサイクルにおいて使用されるエネルギーや金属などの資源、排出される大気汚染物質、水質汚濁物質、廃棄物などを、原材料調達から廃棄までを通して定量的に分析し、環境負荷の度合いを評価するものである。LCAは客観的に環境負荷を測る

(注2) マイルストーン

原義は距離標識の一つで、プロジェクト管理においては商品企画と認定時、顧客の商品選択時、製品の供給時など、遅延の許されない節目を言い、その進捗よくを管理してプロジェクトを進めていく。

(注3) CSR会計

株主や顧客、社員、地域社会など、企業を取り巻く利害関係者に対して、企業が生み出した価値をどのように分配したか、経営責任並びに社会責任を数値化する手法。

指標で、従来は積上げによる複雑な計算が多かった。一方で、産業連関表を用いた分析など使い勝手の良いツールもあるが、一般の生活者にはわかりにくい点もあるため、主に製造業者の内部で使用されていた<sup>(4)</sup>。また、環境負荷の優劣を生活者にわかりやすくするため、エコマークで訴求している商品が多く見受けられる。このほかにも、いろいろな種類の環境マークがコミュニケーションの指標として出されているが、基本的にはいずれも環境負荷だけを評価するもので、前章で述べた持続可能な発展のためには不十分であった。

持続可能な社会を目指すために、豊かさと環境負荷の両者をそれぞれ分子と分母に組み込んだ“ファクター”という考え方が1990年代に出てきた<sup>(5)</sup>。もともと、ドイツのブッパタール研究所のシュミット-ブレイクが提唱したもので、先進国ではファクター10が必要と主張されている。彼らは、持続可能な社会を作る理念として、資源利用量や先進国の消費量などを基に、未来社会で実現しなければならない数値を目標値に落とし込み、大きな方向性を示したのである。提唱されたのが90年代であったため、当時の日本の製造業者は、リサイクル法案とその仕組みに対する社内準備に追われており、その理念を業界の統一的な行動にまでブレークダウンする余裕がなかった<sup>(6)</sup>。しかし、法案やリサイクル施設が完備した後は、急速に受け入れられ始めた。それには、エコプロダクツ（環境調和型製品）の流れと、先に示したWBCSDをリーダーとする環境経営の流れが後押ししていると同時に、京都議定書の批准による影響が大きいと考えられる。

次章以降では、環境効率の考え方が電機業界にどのように導入されてきたか、生活者へのアプローチとしてどのように検討されてきたか、について例を挙げながら述べる。

## ファクターTの導入

環境効率は一つの理念であり、未来社会を考える道具である。また、一部の研究者や経営者の方針だけでなく、生活者とともに実用面で考える指標となることは既に述べた。問題は、指標として信頼できうる数値をどのように決めるかであると言えよう。

環境効率は、次式に示すように、分子に製品価値、分母に環境影響という次元の異なる数値を利用し、その比を無次元化した新たな指標である。

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品価値}}{\text{環境影響}}$$

分子の構成と分母の構成について、生活者と製造業者が納得のいく形で数値決めをしないかぎり、対話の指標としては成り立たない。

分子側の製品価値は製造業者が決めるものではなく、生活者の要求から求めていくことが正しい。図3に示すように、東芝が提案した手法では、品質機能展開法（QFD: Quality Function Deployment）を用いて、顧客となる生活者の声（VOC: Voice Of Customer）か

ら真の顧客要求を求め、製造業者の技術者がこれを理解し、設計に役立てられる要求品質とのマトリクス表を作成する。その後、両者の関係の強弱を付けて、重要な品質特性を導き出す手法で、開発設計の方法論として定着しているものである。図3は掃除機を例に取ったもので、わかりやすくするため、モデルとして数値化を施している。

一方、分母の環境影響は、LCAを拡張した方法を利用する。図4に示したように、既に産業連関表をベースに設計されたLCAからインベントリを分析し、産業技術総合研究所が開発した日本版被害算定型影響評価手法（LIME: Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）<sup>(7)</sup>を用いてインパクトを分析して、評価要素を統合化することを試みている。

この方法を用いて算出した値を基に、経営指標として環境効率の改善率を意味するファクターを求める<sup>(8)</sup>。これは次式で示すように、過去における基準製品の環境効率を分母に取り、分子に新しい評価製品の値を取って比率で表すものである。

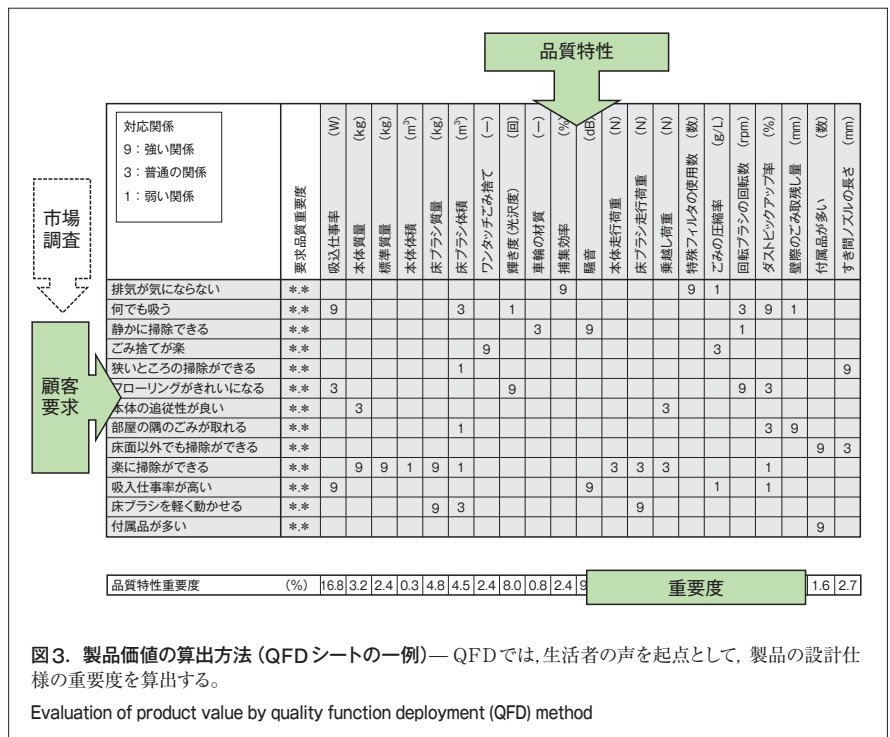
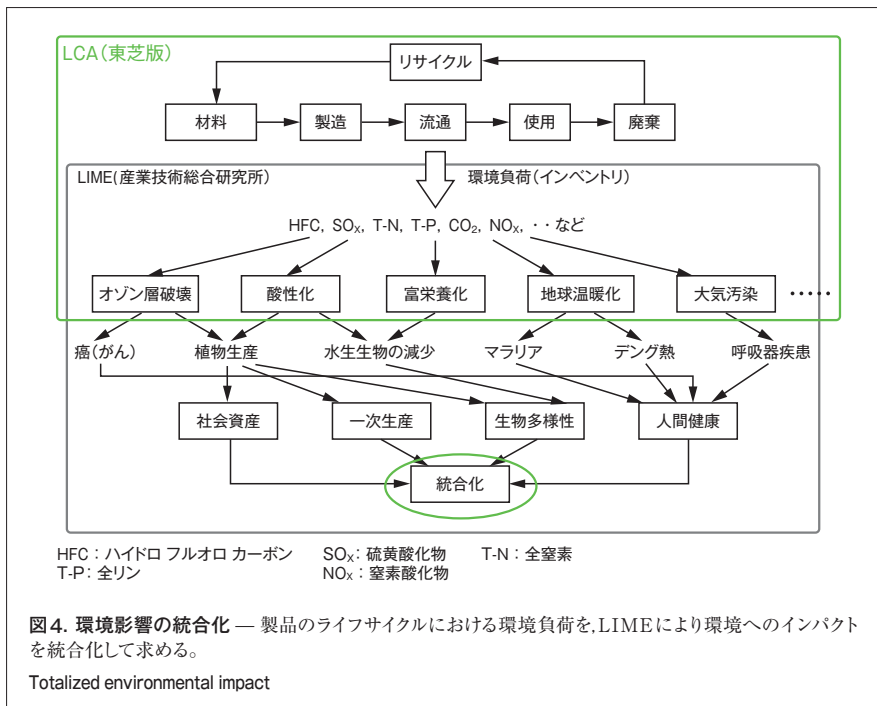


図3. 製品価値の算出方法（QFDシートの一例）— QFDでは、生活者の声を起点として、製品の設計仕様の重要度を算出する。

Evaluation of product value by quality function deployment (QFD) method



価値ファクターを座標の2軸に採り、製品のファクターがどのように進展しているかを示す。

またこれは、でき上がった製品を単に分析するツールではなく、製品企画や設計の段階から戦略的に使えるようにしている。技術の詳細については、この特集の論文“環境調和型製品の開発及び生産を支える評価手法とツール”(p.8-11)で紹介する。

ファクターの考え方を業界内で進めるため、その第一ステップとして家庭での消費電力量の大きいエアコン、冷蔵庫、ランプ(蛍光灯、電球)、及び照明器具(ランプを含む)の4製品に対して、統一した一定の条件下で指標を算出する“標準化ガイドライン”も作成している。今後は、パソコンや携帯電話などに広がりを図り、標準的なガイドラインとして成長していくことを期待している。

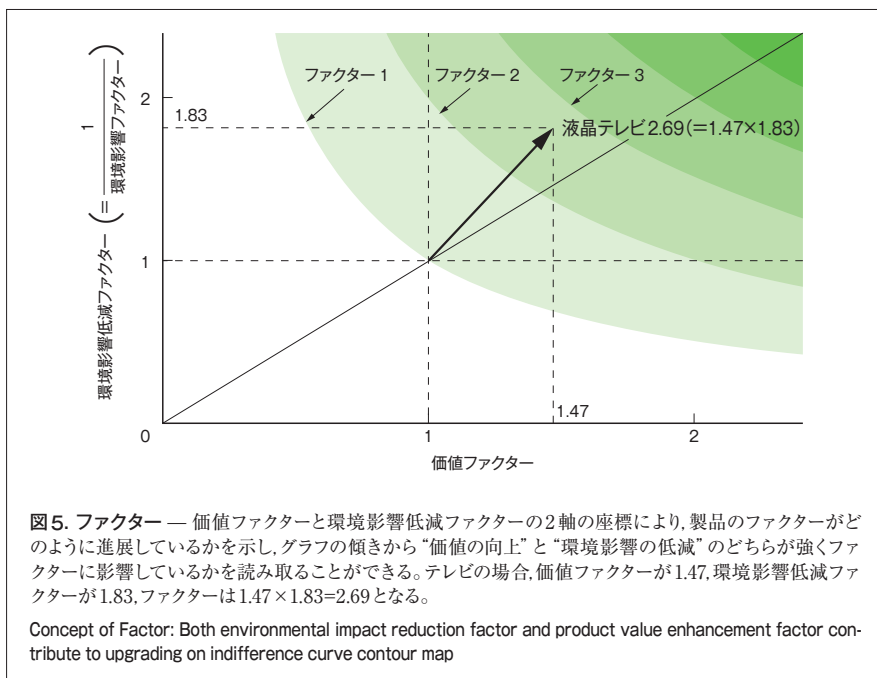
### 環境調和型製品への展開

当社が提供する価値は、“驚きと感動”、“快適”、及び“安心と安全”に大きく分類される。それぞれの製品領域で代表的なものについて、この特集の論文(p.12-47)で技術的に述べる。

製造業者として、この指標に目標値を設けて、それに向かって環境効率を向上させていく必要がある。図6は東芝グループの環境効率の目標を示したもので、これまでに計画値を上回る実績を上げている。現在までのところ、ファクターを算出した製品は70製品(約7割)を越え、グループ内に浸透してきている(囲み記事参照)。

ファクターは製品だけでなく、製造プロセスにも適用できるばかりか、工場などの事業場や事業そのものの評価も行えるため、今後は、製造業者が環境を配慮した事業をしているかどうかの指標として、生活者の判断材料となるであろう。

このようにファクターは、企業の環境経営の指標として活用できるばかりでなく、今後は顧客の購入選択の手段とし



$$\text{ファクター} = \frac{\text{改善後の環境効率}}{\text{基準年の環境効率}}$$

当社では、このファクターに当社の頭文字のTを表記して“ファクターT”と呼び、環境効率の改善活動を展開している。

一方、ファクターは次式によって求めることもできる。

$$\text{ファクター} = \frac{\text{価値ファクター}}{\text{環境影響ファクター}}$$

ここで、環境影響ファクターは基準年に対する環境影響の低減を意味し、以下、その逆数を環境影響低減ファクターと呼ぶ。価値ファクターは基準年に対する価値の向上を意味している。図5に示すように、環境影響低減ファクターと

## 東芝製品別のファクター例

東芝製品のファクターは、これまで約70製品群で算出している。顧客へ提供する製品の価値を“驚きと感動”、“快適”、“安心と安全”の三つに分類して、価値ファクターと環境影響低減ファクターを2軸の座標にとって表現すると、次のようになる。

まず、“驚きと感動”を提供する製品群では、縦軸すなわち環境影響低減ファクターに比べて、横軸の価値ファクターの値が大きい。すなわち、製品価値の向上により大きな進歩が見られる製品が多いことがわかる。例えば携帯電話は、ファクター値が3.37(価値ファクター:5.72, 環境影響低減ファクター:0.59)であり、近年、カメラ機能やテレビ機能、画面サイズの拡大など、本来の電話としての機能以外の付加価値を多く盛り込んでいる(図Aの⑥)。

次に、“快適”を提供する製品群では、冷蔵庫や洗濯乾燥機などにおいて、環境影響を大きく改善している製品が見られる。例えば冷蔵庫では、ノンフロン冷媒及び断熱材の採用により、オゾン層を破壊しないばかりか地球温暖化の防止にも大きく貢献している。一方で、設置面積を変えずに高容積化を図るなど、使う人のことを考えた価値向上を果たしている(図Bの①)。

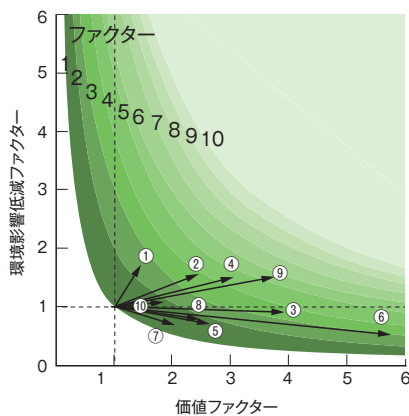
更に、“安心と安全”を提供する製品では、製品の用途や業態に応じて、様々な価値と環境影響の関係が分布している。消せるトナー e-blue™では、製品の価値として印刷する基本機能を持ちながら、何度も印字を消去することにより紙の消費量を大幅に削減している。また、X線CT(Computed Tomography)装置では、検出器の改善に

よって被ばく量を約1/4に低減することで患者の負担を軽減させると同時に、省エネや小型化を実現するなど、製品価値向上と環境影響低減を同時に達成している(図Cの①、⑫)。

このように、ファクターは製品の価値と環境影響の改善度合いを同時に表現できるため、製造業者が製品の改善ポイントを明確にするだけでなく、生活者にとって商品選択の手段となるきっかけとなることが期待される。

\*ファクターの算出手法及び算出製品事例については、以下のホームページでダウンロードできる。

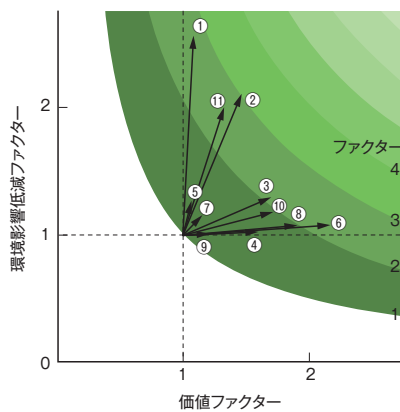
[http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/factor\\_j.htm](http://www.toshiba.co.jp/env/jp/products/factor_j.htm)



①液晶テレビ	2.69(1.47, 1.83)
②HDD&DVDレコーダ	3.50(2.33, 1.50)
③ノートPC	3.51(3.81, 0.92)
④ノートPC	4.13(2.87, 1.44)
⑤オーディオプレーヤ	1.95(2.47, 0.79)
⑥携帯電話	3.37(5.72, 0.59)
⑦HDDムービーカメラ	1.57(1.99, 0.79)
⑧プロジェクタ	2.06(2.34, 0.88)
⑨HDD	5.43(3.62, 1.50)
⑩液晶モジュール	1.80(1.75, 1.03)

HDD: 磁気ディスク装置

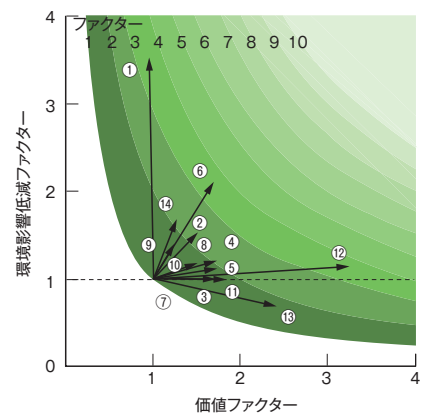
図A “驚きと感動”を提供する製品群



①冷蔵庫	2.73(1.09, 2.50)
②洗濯乾燥機	2.93(1.42, 2.06)
③エアコン	2.13(1.65, 1.29)
④食器洗い乾燥機	1.56(1.54, 1.01)
⑤圧力IH保温釜	1.22(1.02, 1.20)
⑥IHクッキングヒータ	2.27(2.12, 1.07)
⑦ヒートポンプ給湯機	1.14(1.09, 1.05)
⑧クリーナー	1.57(1.87, 0.84)
⑨温水洗浄便座	1.15(1.15, 1.00)
⑩電球形蛍光灯	1.98(1.68, 1.18)
⑪蛍光灯	2.54(1.31, 1.94)

IH: 電磁誘導加熱

図B “快適”を提供する製品群

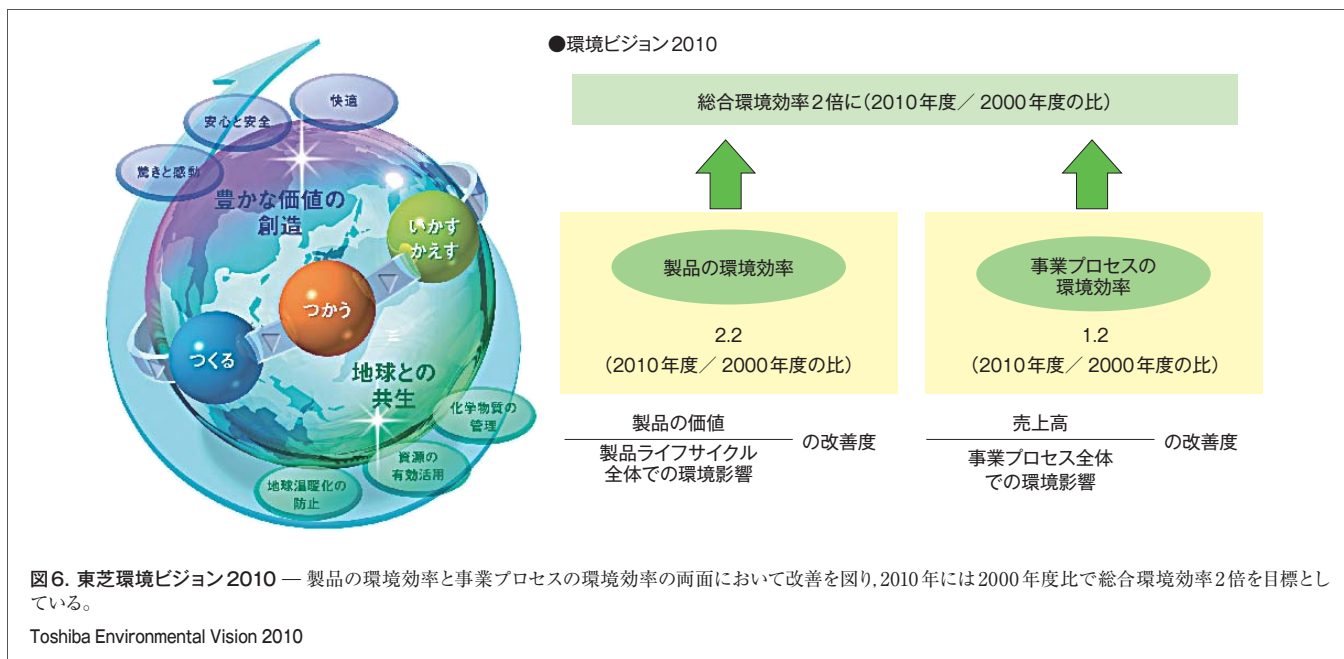


①消せるトナー	3.46(0.98, 3.53)
②デジタル複合機	2.19(1.47, 1.49)
③スキャナ	1.68(1.65, 1.02)
④レジスタ	2.28(1.82, 1.25)
⑤セラミックメタルハライドランプ	2.07(1.75, 1.18)
⑥オープンショーケース	3.66(1.72, 2.13)
⑦エレベーター	1.20(1.20, 1.00)
⑧主電動機	2.13(1.70, 1.25)
⑨変圧器	1.74(1.24, 1.40)
⑩タービン発電機	1.88(1.54, 1.22)
⑪スイッチギヤ	1.91(1.80, 1.06)
⑫X線CT装置	3.69(3.25, 1.13)
⑬検体検査装置	1.77(2.39, 0.74)
⑭IA サーバ	2.19(1.31, 1.67)

IA: Intel<sup>®</sup>(注4) Architecture

図C “安心と安全”を提供する製品群

(注4) Intelは、米国及びその他の国における米国Intel Corporation又は子会社の登録商標又は商標。



て活用され、これが製造業者と生活者とのコミュニケーションのための指標になってほしいと考えている。

### 今後の動向

今後は環境問題が制限を加えるか、資源問題が制限を加えるかは不明な点もあるが、いずれにしる環境調和型製品やサービスを提供しないかぎり、生活者と製造業者の協業は成り立たなくなっていく。先に示したIPCCの報告によると、自然エネルギーやバイオマスなどを併用し、省エネ及び省資源に努めれば、2010年以降も温度上昇が2℃程度に抑えられるというシミュレーション結果となっている。この予測を実現するためにも製造業者は、生活者との協業を進める必要があり、今後もファクターを通して製造業者が環境効率を訴求していく動きは活発になっていくと考える。

東芝グループは、経営理念の最上位概念において「人と、地球の、明日のために。」というスローガンを1984年から一貫して使っている。今後は、ファクター

Tを用いて環境に調和した製品を、生活者との対話を大事にしながら提供していくことが使命と考えている。

### 文 献

- (1) 総合科学技術会議。“環境保護と経済発展の両立を図るうえでの科学技術の役割について～地球温暖化対策技術”。第44回総合科学技術会議資料。東京、2005-03、内閣府。p.3.
- (2) 気象庁。“Japan Meteorological Agency”。<[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc\\_tar/spm/spm.htm](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc_tar/spm/spm.htm)>。(参照2007-04-03)。
- (3) 環境省。平成14年版 環境白書。<<http://www.env.go.jp/policy/hakusho/hakusho.php3?kid=215>>。(参照2007-04-03)。
- (4) 竹山典男、ほか。“LCA簡易算出法によるOA製品への適用”。第2回エコバランス国際会議講演論文集。つくば、1996-11、(社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会ほか。p.198-201。
- (5) フリードリヒ シュミット・ブレイク。ファクター 10。東京、シュプリンガー・フェアラーク東京、1997、373p。
- (6) 稲葉道彦、ほか。家電リサイクルに見る環境調和型製品の製造技術への提言。高温学会誌。26, 2, 2000, p.60-65。
- (7) 産業技術総合研究所。“AIST”。<<http://unit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/project/lime/index.html>>。(参照2007-04-03)。
- (8) Kobayashi, Y., et al. Practical Method for Quantifying Eco-efficiency Using Eco-design Support Tools. Journal of Industrial Ecology. 9, 4, 2005, p.131-144。



蜂屋 利巳  
HACHIYA Toshimi

環境推進部長。環境保全の推進と普及、生産システムの開発、及び原価低減手法の開発と普及などに従事。

Corporate Environment Management Div.



竹山 典男  
TAKEYAMA Norio

環境推進部 製品環境推進担当参事。LCA手法の開発、及び製品環境配慮設計の推進に従事。日本LCA学会会員。

Corporate Environment Management Div.



稲葉 道彦  
INABA Michihiko, D. Eng.

研究開発センター 技監、工博。エコテクノロジーの企画・推進、及び研究開発の品質向上推進に従事。日本金属学会、廃棄物学会会員。

Corporate Research & Development Center