

環境配慮の製品設計による競争力強化戦略

山際 康之

循環型社会の構築に向けて、これまでに多くの技術開発が提案されてきた。しかし、明確な戦略を持たない個々の技術開発は、社会で十分に発揮しているとはいえない。また、企業内では、循環型製品の開発において、非効率でムダな開発投資が行われてきたといえる。本内容は、循環型製品のコンセプトモデルやライフサイクルフローのシナリオの開発戦略を経て下位である製品設計へとアプローチする開発プロセスについて述べる。

キーワード：環境，循環型社会，循環型製品，戦略，製品設計，組立性，分解性

1. はじめに

工業製品が大量に生産、消費、廃棄されるなかで、石油をはじめとするエネルギー資源はもとより、製品には欠かせない鉱物資源の枯渇は深刻なものとなっている。鉱物資源の生産量が増加するなか、新たな埋蔵資源が発掘されない場合、近い将来、資源が枯渇すると予測されている現在、循環型社会の構築は急務といえる。

大量生産、消費、廃棄型社会から循環型社会への移行は、社会の構造、価値など、あらゆる転換が求められる。それだけに、社会に係る国、企業、消費者の個々の役割は大きいといえる。

国の役割の一つである、法律、規制の整備は、循環型社会形成推進基本法を上位として、ペットボトルなどを対象とした容器包装リサイクル法や、テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機を対象とした家電リサイクル法などが順次、施行されている[1]。これらの法律、規制は、世界に先駆けたものといえるが、今後、欧州でも広範囲な製品を対象とした法律が施行される予定にある。また、世界の工場となった中国でも法律、規制の動きがあり、こうした方向は世界的に加速すると考えられる。

一方、製品を開発する企業の役割と責任も大きい。これまでの、生産～販売～使用という一方通行のモノづくりから、図1に示す通り、生産～販売～使用～回収～リサイクルという循環型サプライチェーンを考えたモノづくりが求められる。

その一つとして、循環材料の使用やリサイクルに対

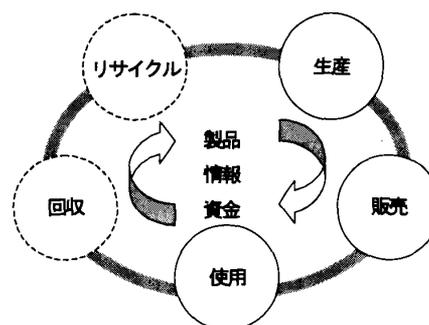


図1 循環型社会の構築

応するなどの循環型製品の開発が挙げられる。これまでに多くの資源を使用した製品にとっては、もっとも基本的なことといえる。また、販売以降の回収～リサイクルというこれまでは考慮されなかった製品のライフサイクル全体を考えた循環ルートの開拓も欠かせない。さらに、企業のコンプライアンスが叫ばれるなか、こうした企業活動の情報をステークホルダに対して公開することは不可欠といえる。

循環型社会の構築は、環境負荷の低減はもとより、製品の循環に伴い情報、資金の循環も促し、新たな領域でのモノづくりやサービス産業を創出する。近年のモノづくり産業の海外流失で失われた雇用を少なからず補完し、経済的な効果も期待できる[2]。

2. 循環しない現状の環境製品

循環型社会を促進する法律、規制の施行に前後して、これまでに企業から、リサイクル対応製品、リサイクル処理プロセス、装置など、さまざまな技術開発が提案されてきた[3]。これらの技術開発レベル、数を見ると、世界有数の循環型社会整備先進国といえる。

しかし、実際の社会に目を移すと、法律、規制の対象となる製品やレンズ付きフィルム、コピー機など一

やまぎわ やすゆき

東京造形大学

〒192-0992 八王子市宇津貫町1556

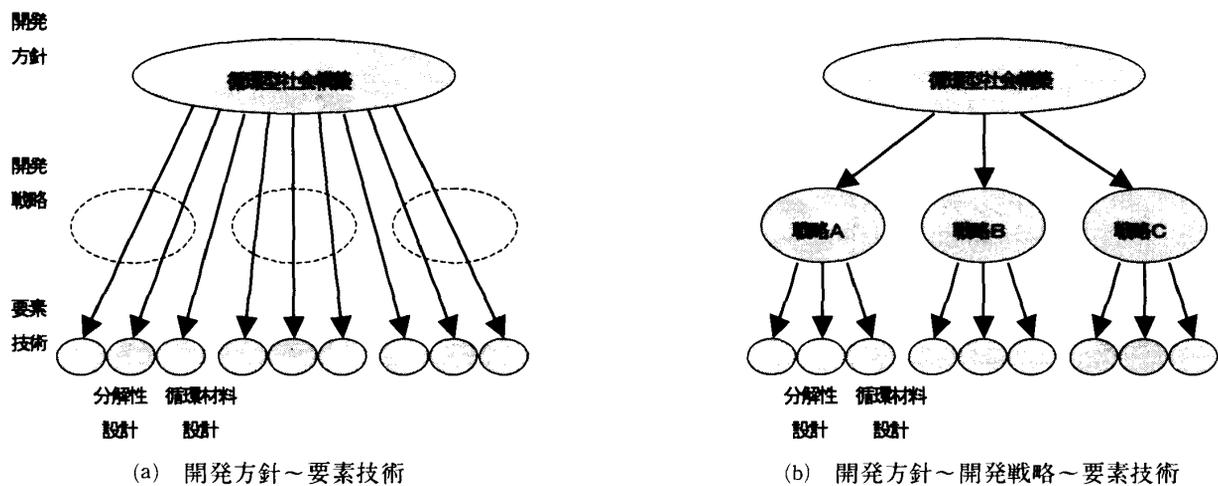


図2 循環型製品の開発アプローチ

部の製品しか循環していないことが分かる[1].

このような結果をもたらした原因の一つとして、これまでの循環型製品の開発アプローチが挙げられる。本来、循環型製品に限らず、製品開発においては、上位に位置する開発方針に基づいて、開発戦略を立案し、下位となる要素技術へとプロセスをすすめていく。しかしながら、これまでの循環型製品の開発においては、図2(a)に示す通り、この本来のプロセスを経ずに、循環型社会の構築という名のもと、個々が得意とする下位の技術開発へと飛びついた。このため、個々の技術開発は高度のレベルにあるにもかかわらず、個々を結びつけるシナリオがないため、有機的に結びついていない状況にある。

例えば、「製品を分解しやすく設計しても実際のリサイクル現場では分解せずに破砕している」、「業界が提唱する設計ガイドライン[4]にそって製品設計したが、リサイクルする材料を明確化していないために、実際には分解しない部品まで分解しやすく設計してしまった」など、数々の矛盾を引き起こしている。結果として、製品が循環しないだけでなく、製品開発の現場では、非効率な技術開発やムダな開発投資が行われている。本来、環境に配慮した製品を開発することにより、他社より優位に展開するはずか、かえって、競争力の低下を招いている。

したがって、図2(b)に示す通り、開発方針と要素技術の中間に位置する開発戦略から、循環するためのシナリオを明確にする必要がある。開発戦略により、循環を促し、本当に必要な技術開発の選択と集中を行い、競争力を高めることが重要といえる。

ここでは開発戦略として、最適な循環型製品を選択するコンセプトモデル戦略と製品のライフサイクル全

体を設定するライフサイクルフロー戦略について述べる。また、それぞれの戦略と組立性、分解性を中心とした製品設計の関係について述べていく。

3. 循環型製品モデルをシナリオ化するコンセプトモデル戦略

リサイクルという言葉の定着から、企業が開発する資源領域の環境製品には、リサイクルに対応した製品が多くみられる。しかし、資源を有効に活用するという観点では、リサイクルは手段の一つであり、その他にも選択肢があることが分かる。

循環型製品の開発において、資源を最少化するための方法は、「投入資源の最少化」、「使用資源の最少化」、「排出非資源の最少化」の三つが挙げられる。

図3に示す通り、投入資源の最少化は、最少資源で製品を製造することを意味し、そのモデルとして、部品数削減や材質変更などにより軽量化する「リデュースモデル」がある。使用資源の最少化は、長寿命化することにより、時間当たりの使用資源を最少化することを意味する。市場品質を向上させて長寿命化する「ロングライフモデル」はもとより、消耗部品の交換や修理をすることにより長寿命化する「メンテナンスモデル」や、機能が向上する部品へ交換して長寿命化する「アップグレードモデル」がある。「排出非資源の最少化」は、製品の廃棄段階において、部品や材料を他の製品に活用することにより、非資源である廃棄物を最少にすることをいう。部品を他の製品へ再使用化する「リユースモデル」や、材料を他の製品に再利用する「リサイクルモデル」がある。ここで、初めてリサイクルという言葉が表現される。

これらの循環型モデルは、「製品特性」、「企業特

コンセプトモデル		製品特性	企業特性	市場特性	社会特性	主な製品例
生産段階 投入資源	リデュース モデル	小型 軽量化 材料高価	モバイル戦略 投入資源戦略	—	循環関連法律	携帯電話 デジカメ
	ロングライフ モデル	分解不可能 機能的消耗少	品質戦略 長寿命化戦略	販売価格高価 代替なし	—	半導体 実装基板
使用段階 使用資源	メンテナンス モデル	構造標準化	サービス戦略 長寿命化戦略	販売価格高価 代替なし	保守点検法律 業界基準	生産設備 装置
	アップグレード モデル	構造標準化 デバイス成長	サービス戦略 長寿命化戦略	販売価格高価 代替なし	保守点検法律 業界基準	PC ゲーム機
廃棄段階 排出 非資源	リユース モデル	構造標準化 機能的消耗少	コグライアス戦略 排出資源戦略	中古、再生市場 使用期間短い	循環関連法律 業界基準	レンズ付き フィルム
	リサイクル モデル	単一材料	コグライアス戦略 排出資源戦略	中古、再生市場	循環関連法律 業界基準	飲料水缶 ペットボトル

図3 循環型製品コンセプトモデルと主な特性の関係

性)、「市場特性」、「社会特性」の視点から、それぞれ特徴がある。製品特性は、要求される「製品機能」、形となる「製品構造」、技術的な成長性を示す「技術過程」などの要因から成り立つ。また、企業特性は、環境、製品の「企業戦略」であり、市場特性は、流通状況を示す「市場環境」、長期的な価値も含めた「製品価格」、消費者の「使用環境」などの要因から成り立つ。社会特性は、環境に関連する国内外の「法律規制」、関連する業界団体が自主的に推進する「業界基準」などである。

循環型製品の開発においては、各モデルの製品、企業、市場、社会のそれぞれの特性と、開発する製品の特徴を照らし合わせて最適なモデルを選定することが重要である。例えば、情報機器であるデジカメは、小型、軽量化が要求される「製品機能」であり、リデュースモデルの特性に一致する。同様に、生産設備、装置は、「製品価格」が高価であり、故障しても短期間で納入することができないため、代替がない「使用環境」にある。これらの要因はメンテナンスモデルの特性であることから、メンテナンスモデルが選定される。また、レンズ付きフィルムは、「製品構造」が標準化され、使用時間が短く時間に伴う部品への劣化が小さいという「使用環境」は、リユースモデルの特性に一致し選定される。

このように、製品における循環型モデルのシナリオを立案する「コンセプトモデル戦略」は、最適なモデル

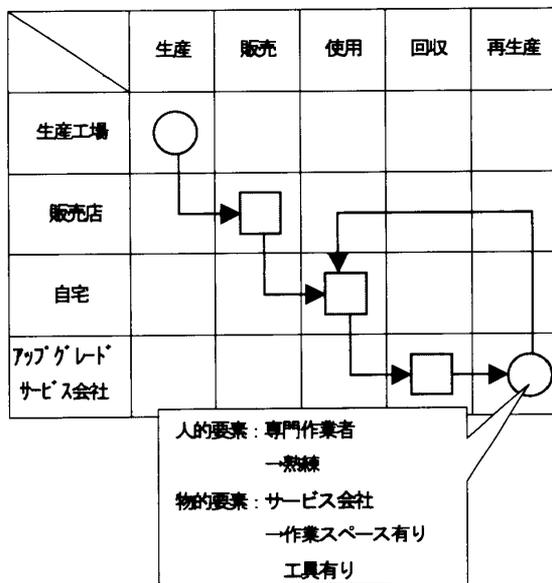
を導くためのプロセスの一つといえる。コンセプトモデル戦略では、さまざまなモデルから開発の選択を広げるとともに、各特性から、もっとも必然性の高いものを選ぶことが重要といえる。

4. 製品の循環をシナリオ化するライフサイクルフロー戦略

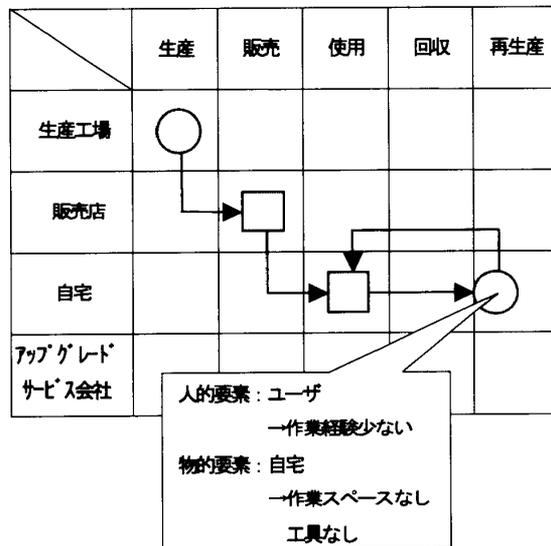
製品のライフサイクルには、生産、販売、使用、回収、再生産の各段階がある。ライフサイクルのうち、生産から販売に至るまでの過程は、すでに社会システムにおける循環ルートがあるが、販売以降については、まだ完全に循環ルートが確立しているとはいえない。したがって、販売以降を中心とした製品のライフサイクルについて、製品の流れをあらかじめ設定する必要がある。

図4は、PCのアップグレードモデルのライフサイクルフロー例を示す。ライフサイクルフローは、製品のライフサイクルの軸と、製品が通過する、生産工場、販売店、自宅、アップグレードサービス会社による場所の軸によって表すことができる。

ライフサイクルフローは、アップグレードモデル、リサイクルモデルなどの循環型製品のコンセプトモデルによって異なる。また、同一のモデルにおいても、場所や介在する人などの条件によりフローは異なる。例えば、図4(a)フローでは、生産工場、販売店を経て、ユーザの自宅へと製品であるPCがすすむ。そして、



(a) 専門の作業員による分解、組立の例



(b) ユーザによる分解、組立の例

図4 PCのアップグレードにおけるライフサイクルフロー

PCの性能をアップするための部品の交換作業は、アップグレードを専門としたサービス会社に回収され専門の作業員によって行われる。一方、(b)フローでは、ユーザの自宅でユーザ自身が部品の交換作業を行う。このように、同一のアップグレードモデルにおいても製品の流れに差異がある。

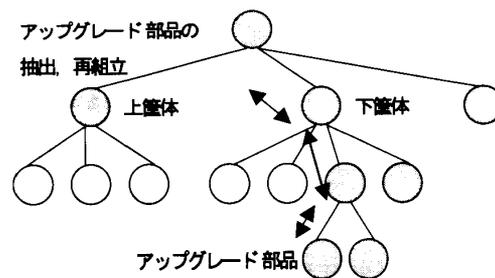
あらかじめ製品の循環のシナリオを立案する「ライフサイクルフロー戦略」は、想定される多くのライフサイクルフローを設定しながら最適なものを導くためのプロセスといえる。また、ライフサイクルの各場面を明確にすることは、製品設計の条件を明らかにすることでもあり重要といえる。

5. 戦略に対応した製品設計への展開

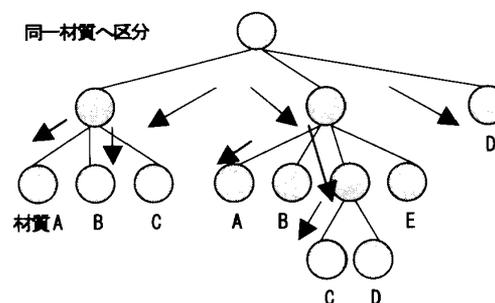
循環型製品のコンセプトモデルは、軽量化を目的とした部品数削減、メンテナンス、アップグレード、リユース部品交換の容易化、リサイクルのための同一材料への区分の容易化などの必要性から、いずれも組立性、分解性設計が求められる。

しかし、各モデルにより組立、分解における対象部品は異なる。また、メンテナンス、アップグレード、リユースモデルは、部品交換の容易化から、分解と組立が同時に行われるため、組立性と分解性設計が同時に求められる。

図5は、PCの組立性、分解性設計範囲例を示す。(a)のアップグレードモデルでは、アップグレード部品を交換することから、アップグレード部品の抽出、再組立するまでの経路部品が対象になる。よって、アッ



(a) アップグレードモデルの例



(b) リサイクルモデルの例

図5 PCの組立性、分解性設計範囲

プグレード部品と経路部品を対象に、組立性、分解性設計が求められる。一方、(b)のリサイクルモデルでは、リサイクルのために同一材料になるため区分が行われることから、すべての部品を対象に分解性設計が求められる。

このように、コンセプトモデル戦略から対象部品や組立性、分解性の設計範囲による要求事項は異なり、戦略に対応した製品設計を行う必要がある。

図6は、各戦略の組み合わせと製品設計の要求事項

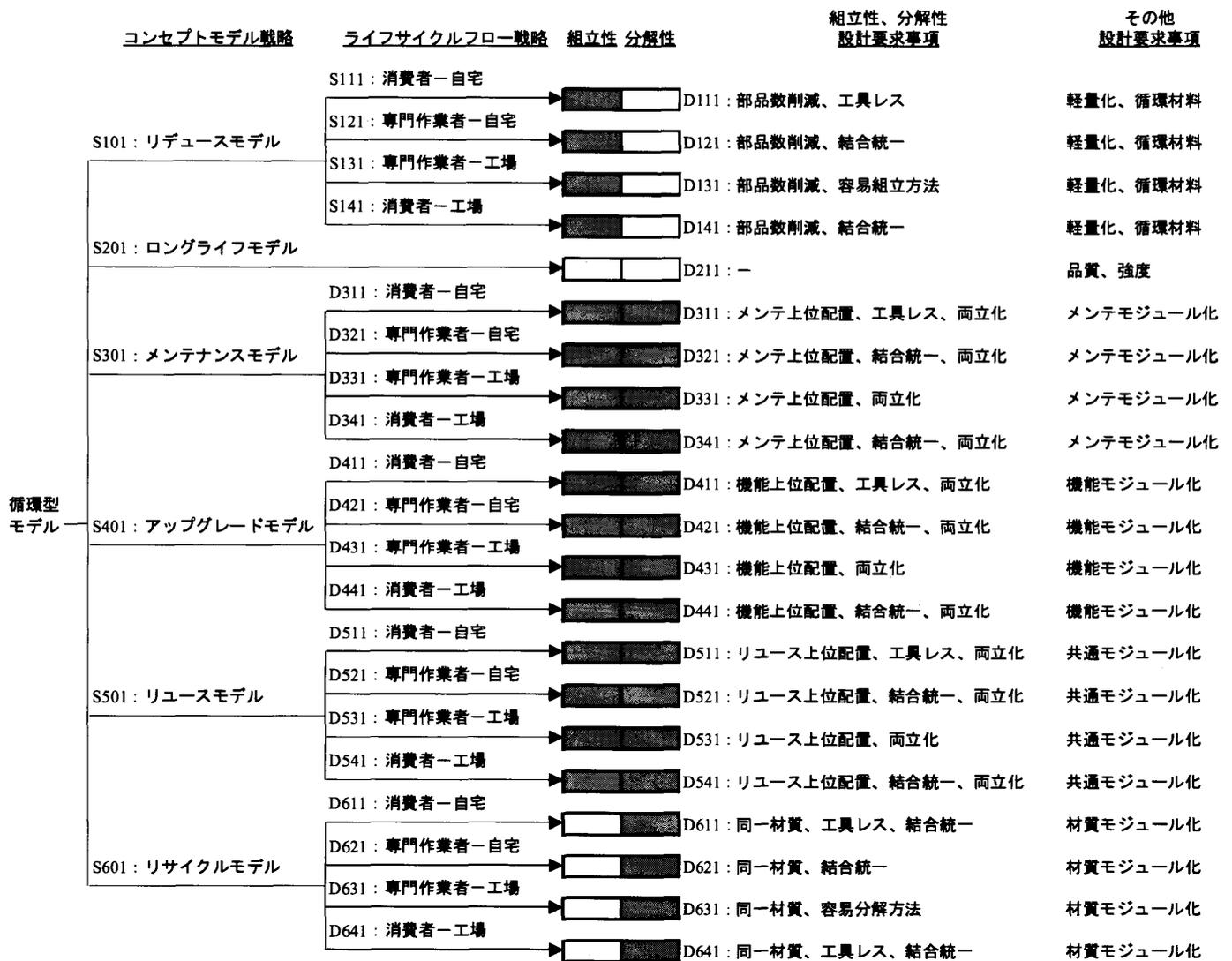


図6 開発戦略と製品設計の要求事項の関係

の関係を示す。ライフサイクルフロー戦略でも同様のことがいえ、ライフサイクルフローによって組立性、分解性設計の要求事項が異なる。

図4(a)フローの場合、PCの部品の交換作業による分解、組立は、熟練した専門の作業員が行う。また、アップグレードサービス会社で行うため、作業スペースや工具も確保されている。これに対して、(b)フローの場合、作業経験の少ないユーザ自身が行い、ユーザの自宅のため作業スペース、工具も限定される。したがって、組立性、分解性設計においては、作業員の人的要素と、作業スペース、工具の物的要素に対応した設計が求められる。例えば、図4(b)フローの作業経験の少ないユーザが自宅で行う部品の交換作業では、図6の設計要求事項D411(D: Design)が示す通り、ドライバなどの工具を用いずに分解、組立が可能な結合方法や、他部品の分解を必要としないアップグレード部品の上部階層への配置が要求される。専門の作業

員が工場で行う場合より、高いレベルの組立性、分解性設計が求められる。

循環型製品のコンセプトモデルの選定、ライフサイクルフローの設定による戦略と組立性、分解性設計は密接な関係を持つことから、循環型製品の開発においては、上位に位置する戦略プロセスから下位の製品設計プロセスへと展開することが重要といえる。

6. おわりに

循環型社会の構築に向けて、これまでに多くの技術開発が提案されてきた。しかし、明確な戦略をもたない個々の技術開発は、社会で十分に発揮しているとはいえない。また、企業内では、循環型製品の開発において、非効率でムダな開発投資が行われてきたといえる。

循環型製品の開発戦略によって、製品設計は大きく左右する。循環型社会の構築という上位の方針から始

まり、循環型製品のコンセプトモデルやライフサイクルフローのシナリオの開発戦略を経て下位である製品設計へとアプローチする開発プロセスをすすめることにより効果的な開発を行い、かつ、現実の社会システムとの融合を可能とする。

環境を配慮した製品は、環境負荷を低減するだけでなく、新たなモノづくりを創出することが可能となり、競争力を高めたモノづくりを実現することができる。

本研究に当たり、ソニー(株)より、ご協力いただきましたことを深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 平成 15 年版循環型社会白書, 環境省, (2003), pp. 51-67; pp. 88-98.
- [2] 山際康之: 家電製品のインバース・マニュファクチャリングがもたらす雇用効果, (財)製造科学技術センター平成 13 年度インバース・マニュファクチャリングフォーラム調査研究報告書, (2002), pp. 61-74.
- [3] Proc. Eco Design 2003: 3rd International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, (2003).
- [4] 家電製品製品アセスメントマニュアル概要版, 財団法人家電製品協会, (2003).
- [5] 山際康之: リサイクルを助ける製品設計入門, 講談社, (1999).
- [6] 山際康之, 岩田修一, 桐山孝司, 組立性, 分解性の相互比較と両立化のための設計原理, 日本設計工学会設計工学, Vol. 36, No. 3, (2001), pp. 120-125.
- [7] 山際康之: サステナブルデザイン, 丸善, (2004).
- [8] 山際康之, 天坂格郎: 製品開発プロセスに対応する組立性, 分解性支援システム, 日本生産管理学会論文誌生産管理, Vol. 11, No. 1, (2004), pp. 1-8.
- [9] 山際康之: 情報機器における環境調和性設計戦略, 日本機械学会誌, Vol. 108, No. 1034, (2005), pp. 29-30.