

技術論文

循環型社会での製品の買い替えサイクル長期化への対応

Measures for Extending the Trade-in Cycle for Products in a Recycling-based Society

山下 恭幸 Yasuyuki Yamashita
● CCS センター 製品保証推進室

More and more regulations are being imposed on corporations' manufacturing operations today in order to deal with environmental issues including global warming, toxic substances and wastes, and the current belief is that we must build a society based on a balance of sustainable development from both environmental and economic standpoints. Due to the size of the environmental impact of manufacturing activities, there is an especially strong demand for companies to take measures to deal with these environmental problems and conservation of resources from the manufacturing operations level. And, as of the year 2000, Japan has adopted "The Basic Law for Establishing the Recycling-based Society" based on a recognition of the need for sustainable development for the global environment, the country, the corporate sector and the individual citizens.

Here we report on measures for extending the trade-in cycle of products that have been formulated with an emphasis on reliability and in the context of promoting a recycling-based society that aims for reduced environmental impact.

1 はじめに

地球温暖化、有害物質、廃棄物などの問題から、産業活動の制約が高まり、環境と経済を両立させた持続可能な社会の構築が必要とされている。特に、産業活動に起因する環境負荷が大きいため、これらの環境・資源制約への産業活動からの対応は、社会要請として非常に求められている。そして2000年には、地球も国も企業も個人も互いに持続可能な発展に貢献するための「循環型社会」の必要性が提起され、循環型社会形成推進基本法が制定された¹⁾。

ここでは、地球環境負荷低減を目指した循環型社会形成を推進する中で、製品の買い替えサイクルの長期化に向けた対応について信頼性の視点から考察したので報告する。

2 循環型社会とは

2.1 循環型社会システムの考え方

循環型社会システムとは、大量生産、大量消費、大量廃棄というこれまでの「一方通行型」のライフサイクル、即ち、資源の投入から生産、消費・使用、廃棄、処理、埋立処分という形から、「循環させた社会にする」という考え方である（図1）。何よりもごみを出さない、出たごみは可能な限り資源と

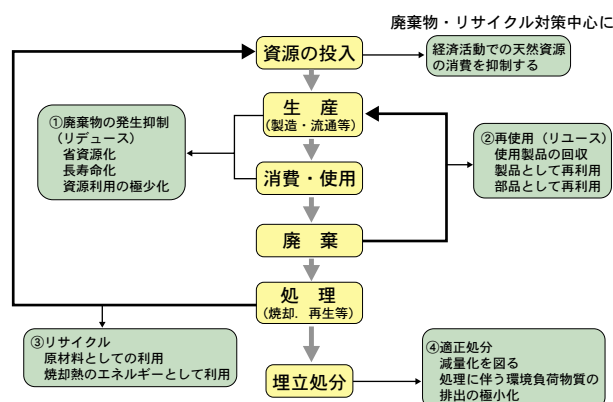


図1 循環型社会システム

して使う、どうしても利用できないごみは正しく処分することで、天然資源の消費を減らし、環境にやさしい社会とすることである²⁾。

2.2 循環型社会の形成を推進するための法律

循環型社会形成を推進するための法律も、循環型社会形成推進基本法を基本的な枠組み法としてライフサイクルのステップ毎に整備されて来ている³⁾

(図2)。

このように、循環型社会の形成を推進する法律が次第に整備され、国や地方自治、企業、家庭、個人まで全員が、循環型社会形成に向けた取り組みが始まっている。

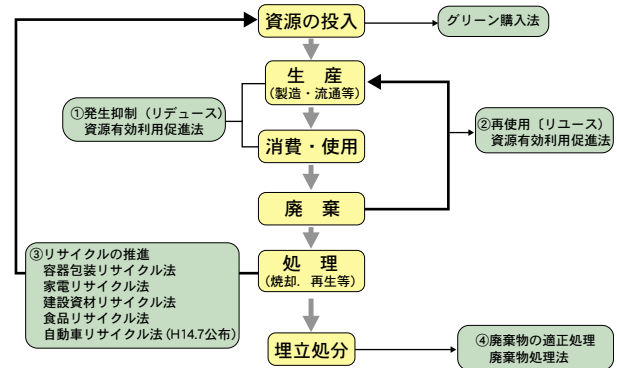


図2 循環型社会形成推進のための法体系

3 循環型社会が目指すイメージ像

循環型社会形成を推進した結果としての到達レベルは環境省の「循環型社会形成推進基本計画」の中で、資源の投入からリサイクルまでの各ステップ毎に検討されている。ここでは企業活動に関連のある「製品に対する消費者意識」と「ものづくりの目指すイメージ」、「買い替えサイクルの長期化」について紹介する。

3.1 製品に対する消費者意識と消費者行動について

家具や道具を自ら手入れしながら長年にわたって使い、磨き上げていくことを尊び、手作りの良さ、手仕事の面白さが評価される。このような「もったいない」という気持ちや「良いものを大事に使う」という考えが醸成され、住宅、家具、家電製品、自動車などに対する買い替えサイクルが長期化するとともに、長期間の使用が可能のようにデザインされた長寿命（ロングライフ）製品の割合が高まる。また、新しい商品の購入・所有にこだわらないリースやレンタル、長い期間使用していくための修理（リペア）や維持管理（メンテナンス）などに対するニーズが高まる。また、一定の期間で買い替えが必要となる家庭用品や、ある一定の期間にしか使用しない子供用品などについては、所有しなくとも機能が利用できればよいという考えから、リサイクルショップやフリーマーケットなどを積極的に利用し、賢く合理的に消費するようになる。さらに、買物の際には買物袋や風呂敷などを持参し、不必要な容器や包装はもらわないようにしたり、再生品や詰め替え製品など環境への負荷の小さい環境配慮型製品・サービス（グリーン製品・サービス）の購入（グリーン購入）を心がけるようになる⁴⁾。

3.2 ものづくりについて

企業は、頻繁なモデルチェンジを行い、大量に販売するという考え方から、使用後の製品の処分にも責任を有するという意識が持たれるようになり、修理、維持管理や機能のアップグレード（更新）な

ど、製品を長期間使用する際に必要となるサービスの提供が増大する。また、製品が不要となった場合の引取りなども行われ始めた。こうしたことを通じて顧客の信頼を得ることが長期的には消費者にも事業者にも望ましい経済活動であるという考え方へと変わる。そして、「もの」の提供者は、消費者の環境保全に対する意向を進んで取り入れていくようになっていくと同時に、新たな技術やシステムを活用したグリーン製品・サービスの提供やビジネスの提案を行うようになる⁴⁾。

3.3 買い替えサイクルの長期化に対する顧客の要求

買い替えサイクルが長期化するということは、製品を長期間使用するということであり、①製品の長寿命化、②リース・レンタル、③製品・部品の修理、④維持管理に対する要求が高まるようになる。

4 耐久消費財における買い替えサイクルの現状分析

主要耐久消費財における平均使用年数や買い替え理由から、現状の買い替えサイクルを調査した。

表1 平均使用年数の推移

	1998.3	1999.3	2000.3	2001.3	2002.3
電気冷蔵庫	10.9	10.6	11	12.4	10.8
ルームエアコン	9.8	8.8	11	11.7	10.8
電気洗たく機	9.4	9	8.5	9.7	9.0
カラーテレビ	8.8	9.9	9.6	9.2	9.7
電気掃除機	7.9	7.9	8	8.5	8.3
VTR	8	7.6	6.8	8.3	7.1
ビデオカメラ	6.2	7.9	8	7.3	8.0
乗用車新車	6.3	7.2	6.2	7.0	7.3
ワープロ	5.6	4.8	5.9	6.5	-
乗用車中古車	5.1	6	6.1	5.9	5.5
パソコン	—	—	—	—	4.1
携帯電話	—	—	—	—	2.0

経済社会総合研究所景気統計部 消費動向調査データより作成

4.1 家電製品について

(1) 家電製品の平均使用年数

2002年3月の主要耐久消費財の平均使用年数（表1）を見てみると、電気冷蔵庫やルームエアコン、洗濯機、テレビ、電気掃除機、ビデオカメラ、VTRなどは7.1年から10.8年であった。しかし、パソコンは4.1年、携帯電話は2.0年と他製品に比べ使用年数はまだ短い。5年間の推移で見ても、電気冷蔵庫、ルームエアコンはほぼ横ばいである。

(2) 家電製品の買い替え理由

家電製品の買い替え理由（表2）の高い項目は、「故障」であることが分かる。しかし、パソコン・携帯電話では「故障」による買い替えもあるが、まだ、「上位品目への移行」による買い替え率が高いのが特徴である。

表2 主要耐久消費財の買い替え状況

	平均使用年数(年)	買替え理由(%)				参考・普及率(14年3月末現在)
		故障	上位品目への移行	住居の変更	その他	
電気冷蔵庫	10.8	73.2	3.2	8.2	15.5	98.4
ルームエアコン	10.8	60.6	15.9	23.6	-	87.2
カラーテレビ	9.7	79.2	6.6	3.0	11.2	99.3
電気洗たく機	9.0	86.0	1.3	9.1	3.6	99.3
電気掃除機	8.3	79.9	12.5	5.3	2.3	98.2
ビデオカメラ	8.0	73.5	18.3	-	8.2	37.2
乗用車新車	7.3	27.7	22.5	-	49.8	50.9
VTR	7.1	87.5	10.0	-	2.5	79.6
乗用車中古車	5.5	46.4	25.5	2.2	25.9	45.7
パソコン	4.1	26.7	55.8	-	17.5	57.2
携帯電話	2.0	29.6	45.6	-	24.8	78.6

(注) 買替え理由欄のうち「住居の変更」は平成6年6月実施調査から追加。「住居の変更」とは住居の新築、購入、増改築をいう。
2002年4月23日公表 経済社会総合研究所景気統計部

4.2 四輪車について

(1) 車種別平均使用年数

車種別平均使用年数推移（図3）を見ると乗用車は2001年に10年を超えている。また、どの車種においても1998年以降の使用年数が延びている。すでに、乗用車の平均使用年数は家電製品の冷蔵庫やエアコンと同じレベルになっており、今後さらに四輪車の使用年数は延びる傾向にあると思われる。

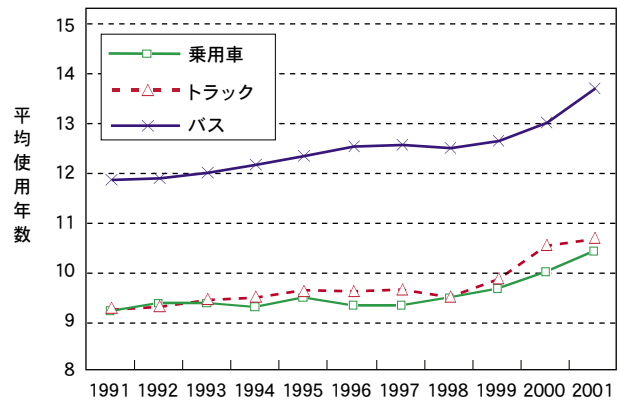


図3 車種別平均使用年数推移自動車検査登録協会

(2) 四輪車の買い替え理由

前述の表2から、新車では「故障」や「上位品目への移行」もあるが「その他」が49.5%と多い。中古車になると「故障」が買い替え理由の46.4%になっている。

四輪車の国内販売台数（図4）は2001年で新車が591万台、中古車が820万台と中古車の販売台数は新車より229万台多い。

四輪車における買い替え理由は新車と中古車で異なっているが、需要の多い中古車では「使用年数」と「故障」に相関があると思われる。

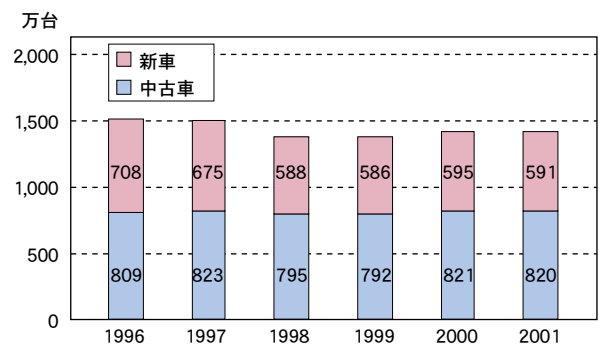


図4 新車・中古車別四輪車販売台数の推移
(社) 日本自動車工業会資料

4.3 買い替えサイクル長期化の課題

一般的な耐久消費財の使用年数は8年から10年で、その買い替え理由は「故障」の比率が高いことが分かった。これをバスタブ曲線の初期故障・偶発故障・摩耗故障で見ると、この故障は摩耗故障の時期で、そこが買い替えの時期になっているのではないかと考えられる。ただし、事実検証は必要である（図5）。

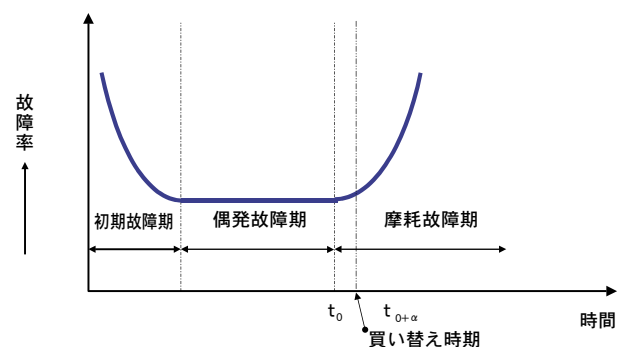


図5 使用期間とバスタブ曲線

5 買い替えサイクルの長期化に向けた対応

循環型社会形成に向けて、製品を長期間使用し、買い替えサイクルを長期化するためには、
① 製品自体の耐久性を上げる、② 保全性を高める、③ 設計信頼性を確保することが必要である。

5.1 耐久性を向上するために（長寿命化）

循環型社会の形成が進めば、製品には、さらに長期間使用可能な耐久性が要求される。信頼性で重要なことは耐久性である。長持ちしなければ、どんなに使いやすく、機能が優れていても基本的な目的は達成できない。ただ、いたずらに長くというのではなく、その要求使用時間は十分に機能を発揮しうることが必要である⁵⁾。一般的なバスタブ曲線で考えてみる。長寿命化ということは、摩耗故障になるまでの時間を延ばすということになる。故障が起き出す時間 t_0 を時間 t_1 に延ばすということである（図6）。

次に、ストレス-ストレングスモデル（図7）にあてはめて長寿命化を考える。

時間 t を延ばすために設計・製造では、①ストレングスのばらつきを小さくする、②ストレングス平均値 R_0 を大きくする、③劣化の速度（ Θ ）を緩やかにすることが長寿命化の課題である。

しかし、長寿命というものに尺度がないので、定義が必要である。例えば、現状の平均使用年数をベンチマークに目標使用年数を設定するというようなことが必要である⁶⁾。

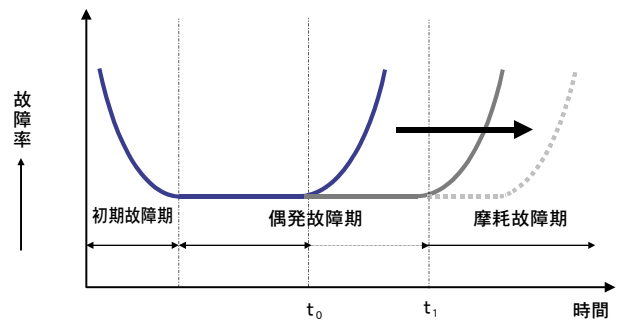


図6 長寿命化とバスタブ曲線モデル

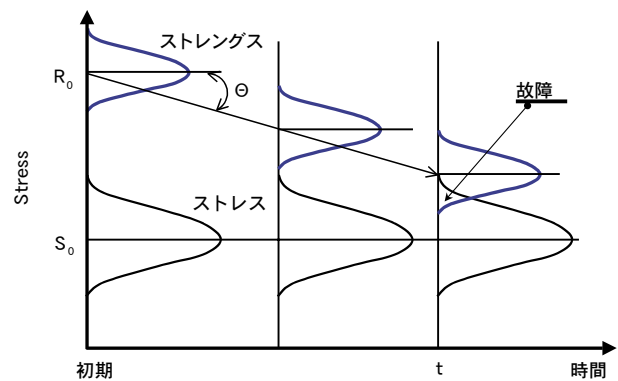


図7 ストレス-ストレングスモデル

5.2 製品を保全し長期間使用する（製品・部品の修理、維持管理）

頻繁にモデルチェンジを行い、大量に販売するという考え方から、使用後の製品の処分にも責任を持つというようになると、修理、維持管理や機能のアップグレード（更新）など、製品を長期間使用する際に必要となるサービスの提供が重要になる。従って、長期間使用するためには保全活動も必要になる⁷⁾。

(1) 修理（リペア）

修理や部品交換という保全を通し、ストレングス（強度）を回復させる（図8）。これにより長期間使用を可能にする。しかし、注意しなければいけないことは、その製品の持つ MTBF（平均故障間隔）を把握し、故障する前に修理するという修理間隔を設定しなければいけない。顧客に迷惑を掛ける前に手を打てるようにするということである。

(2) 維持管理（メンテナンス）

基本的には修理・保全系のストレス-ストレングスモデル（図8）と同じであるが、

①維持管理でストレングスが回復するか

②維持管理が可能な場所か

③誰がメンテナンスするか

（ユーザーかメーカーか販売店か…）

が課題である。この課題を対策することで長期間使用が可能になる。

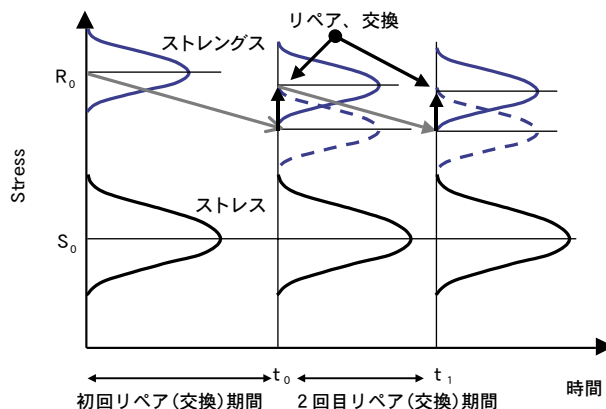


図8 修理・保全系のストレス-ストレングスモデル

5.3 設計信頼性を確保する（長期間使用でも安全に）

長期間使用しても安全性の確保は基本である。安全に配慮されたフェールセーフ、フールプルーフなどは必ず折り込まなければならない⁸⁾。

6 製品のライフサイクルと費用（コスト）の関係

これまで故障と時間の関係を見て来たが、コストと時間についても考えてみる。

6.1 コストのバスタブ曲線

ユーザーは先ず初期投資をして商品を手にし、維持費を掛けながら使用する。そして、故障が頻繁に起こり、修理費の増加により買い替える。これは、ユーザーから見た使用期間とコストのバスタブ曲線といえる（図9）。

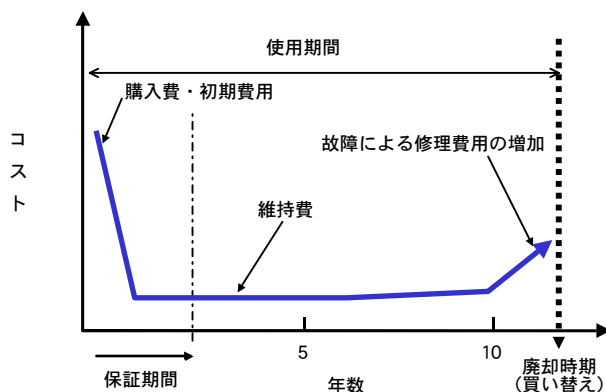


図9 コストのバスタブ曲線

6.2 保全とコスト

修理・部品交換といった保全性を考慮した場合のユーザーのコストは図10のようになる。ユーザーも販売するメーカーもお互いがメリットのある関係になるような仕組みと運用を図ることで、買い替えサイクルの長期化が可能になると考えられる。

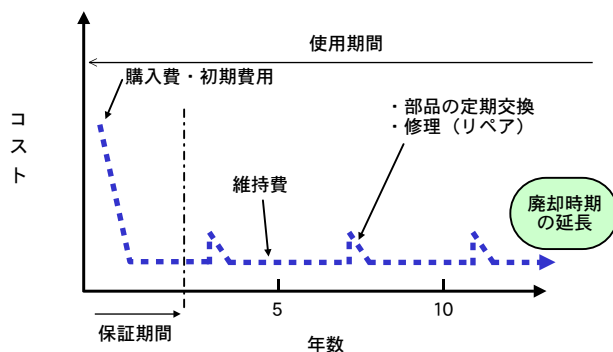


図10 定期交換を考慮したコスト

7 おわりに

耐久消費財である家電製品と自動車の使用期間や買い替え理由のデータを基に、買い替えサイクルの長期化に対する課題を信頼性という視点で設定し、その対応の考え方と方向性について述べてきた。

今回の報告は基本的な考え方と方向性にとどまっているが、地球環境負荷低減を目指した循環型社会形成が推進される中で、製品の買い替えサイクルの長期化に向けた“長寿命化へのものづくり”に対し、寿命予測や故障解析技術などの手法を使い、得られたデータをベンチマークしていくといった継続した地道な改善活動が重要だと考える。

■参考文献

- 1) 環境省 循環型社会推進室「循環型社会形成推進基本計画」 P1-2 (2003.3)
- 2) 環境庁水質保全局企画課「循環型社会への挑戦」 P3 (2000.6)
- 3) 経済産業省「循環型社会の形成の推進のための法体系」
(http://www.meti.go.jp/policy/closed_loop/index.html)
- 4) 環境省 循環型社会推進室「循環型社会形成推進基本計画」 P5-6 (2003.3)
- 5) 真壁肇編「信頼性工学入門」(日本規格協会) P43-50,166-167 (2002.5)
- 6) 塩見弘著「信頼性・保全性の考え方と進め方」(技術評論社) P87,88 (1985.4)
- 7) 斉藤善三郎著「おはなし信頼性」(日本規格協会) P180-232 (1983.11)
- 8) 山下恭幸「循環型社会における製品の長期間使用と信頼性の一考察」, Vol.25/No.3/ 通巻 127 号, 日本信頼性学会, P230-237 (2003.5)

■著者



山下 恭幸