

## 消費者動向を考慮した環境配慮型製品の開発支援システム

広島県立大学 \*堂本 絵理 DOMOTO Eri,  
01013495 広島県立大学 奥原 浩之 OKUHARA Koji,  
01007744 広島県立大学 上野 信行 UENO Nobuyuki,  
01005194 大阪大学 石井博昭 ISHII Hiroaki

## 1. はじめに

一般に、リサイクル技術や設備の観点から、リサイクルを活用すればするほど環境負荷は減少するもののコストが増加する傾向がある。そこで、環境負荷とコストのバランスを考えた上で、処理処分・リサイクル技術の開発をすすめる必要が生じてくる。

環境保全と資源枯渇の回避のための評価手法の一つにライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment: LCA) がある。LCA は持続可能な発展を実現させるためのリサイクル設計の指針を与えるものであるが、さらなるリサイクル設計の高度化により現実的な評価手法の確立などが望まれている。

そこで本研究では、ライフサイクル全体を通してリサイクルにおけるコストと環境負荷についてのモデル [1] を基礎に、サプライヤーがデータベースに認証を得た後アクセスし、環境負荷に関するデータベースを追加、削除、訂正で更新し、メーカーがそのデータベースと製品・部品データベースを利用して環境負荷とコストを見積もることにより、消費者動向を考慮した環境配慮型製品の開発支援ができるシステムを構築する。

## 2. リサイクル設計の概要

リサイクルループは製品が製造され、使用される間の動脈物流と処分された製品の再利用を行う静脈物流から構成される。

動脈物流には、原料として資源の採取、原料から製品の製造、などの経路がある。静脈物流には、製品を原料に分解、あるいはリサイクルなどの経路がある。ループの外に廃棄されるものとしては、埋立処理、焼却処理などがある。

リサイクルループを考えるときには、ライフサイクルにわたるコストと環境負荷を考慮する必要がある。環境負荷を評価するライフサイクルアセスメントは、大きく調査目的および範囲の設定、インベントリ分析、影響評価、結果の解釈から構成される。

本研究に関連するライフサイクルインベントリ分析は、LCA データシートにより行われる。LCA データシートは、行に環境負荷の項目  $l$  ( $l = 1, 2, \dots, L$ )、列

に製品のライフサイクルの各段階からなる。ライフサイクルインベントリ分析は、まず各段階において単位あたりの環境への影響を定量的にデータを収集し、さらにすべての段階にわたりそれらの合計を算出することにより行われる。一般的なライフサイクル影響評価は、各項目ごとの影響の荷重を考慮しながらすべての項目にわたり合計を算出し評価とする。

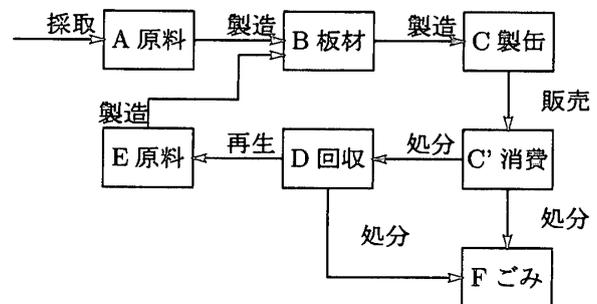


図1 リサイクルループ

まず、図1のアルミ缶のリサイクルループ例において生産者が生産計画にもとづいて製品  $k$  が  $C_k(t)$  となるように供給するものとして、動脈物流の過程をモデル化することを考える。部品  $j$  の生産量  $B_j(t)$  は製品  $k$  に対する部品使用表から

$$B_j(t) = \sum_{k=1}^K T_{kj}^C (C_k(t) - M_k(t-1)) + \eta_b r_j^D (D_j(t-1) - E_j^D(t-1))$$

で設定する。ここで、 $M_k(t-1)$ 、 $D_j(t-1)$  と  $E_j^D(t-1)$  は一期前の在庫、修理に用いられた部品数とパーツリサイクルされた部品数である。製品  $k$  の需要量を  $S_k(t)$  とすると売れ残りは  $M_k(t) = C_k(t) - S_k(t)$  となる。さらに、原材料  $i$  の生産量  $A_i(t)$  は部品  $j$  に対する原材料使用表から

$$A_i(t) = \eta_a \left[ \sum_{j=1}^J (1 - r_{ji}^B) T_{ji}^B B_j(t) + \text{Max} \left\{ \sum_{j=1}^J r_{ji}^B T_{ji}^B B_j(t) - F_i'(t), 0 \right\} \right]$$

で設定するものとする。ここで、 $\eta_a, \eta_b$  は余剰率であり、リサイクルされた原材料の在庫を  $F'_i(t)$  として

$$F'_i(t+1) = \text{Max} \left\{ F'_i(t) - \sum_j r_{ji}^B T_{ji}^B B_j(t), 0 \right\} + F_i(t)$$

としている。部品  $j$  を製造するために要求されるリサイクルされた原材料  $i$  が在庫不足である場合には、割合

$$r_i = \frac{\text{Min} \left\{ F'_i(t), \sum_j r_{ji}^B T_{ji}^B B_j(t) \right\}}{\sum_j r_{ji}^B T_{ji}^B B_j(t)}$$

で等しく制限されるものとする。

ところが、ライフサイクルにおいて物量は、生産段階のように計画的で生産者がある程度モデル化が可能な部分と消費者に販売後のモデル化が困難な部分がある。たとえば、使用中の製品数  $C'_k(t)$ 、修理に出される製品数  $C'_k{}^D(t)$ 、処分される製品数  $C'_k{}^E(t)$  や不法投棄される製品数  $H_k(t)$  である。そこで、本研究では消費者が生産者から製品を購入したのちの物量の流れを人工生命技術の一つである自己組織化ネットワークを用いて、観測されたデータからモデル化することを考える。ただし、

$$C'_k(t+1) = C'_k(t) + S_k(t) + C'_k{}^D(t) - \{C'_k{}^D(t+1) + C'_k{}^E(t+1) + H_k(t+1)\}$$

である。修理が必要となる部品数は  $D_j(t) = \sum_{k=1}^K r_{jk}^D T_{kj}^C C'_k{}^D(t)$  とする。ここで、 $r_{jk}^D$  は製品  $k$  の部品  $j$  が故障する割合である。

本研究では、処分後に製品から分解される部品数  $E_j(t) = \sum_{k=1}^K T_{jk}^E C'_k{}^E(t)$  のうちサーマルリサイクルされる部品数を  $G_j(t) = r_j^G E_j(t)$ 、パーツリサイクルされる部品数を  $E_j^D(t) = (1 - r_j^D) D_j(t)$ 、マテリアルリサイクルの部品数を  $E_j^F = r_j^F E_j(t)$  とし、リサイクルされた原材料の量を  $F_i(t) = \sum_{j=1}^J T_{ij}^F E_j^F(t)$  とする。ここで、 $r_j^D, r_j^F$  はパーツまたはマテリアルリサイクルされる割合である。

### 3. 発見的自己組織化による同定

将来引き起こされると考えられる環境汚染や資源の枯渇による費用を、現在の経済活動において考慮するためには自治体による関与が必要となる。これはリサイクルを行う生産者に対しては助成金や補助金の支給、消費者に対してはゴミの有料化や不法投棄の罰金かと

いった関与である。これらの関与による影響をモデルに組み込むためには、消費者が生産者から製品を購入したのちの物量の流れを予測あるいは記述する関係式を同定しておく必要がある。そのために、人工生命技術の一つである発見的自己組織化 (Group Method of Data Handling: GMDH) ネットワークを用いて、観測されたデータから関係式をモデル化する。主成分回帰分析を用いた GMDH により高精度の予測が期待できる。

### 4. シミュレーション結果と考察

ここでは本研究のシステムを用いてコストと環境負荷の変化を考える。図2は本研究で構築した環境配慮型製品の開発支援システムを示している。

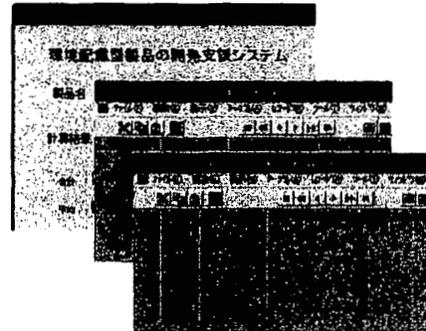


図2 システムの例

このシステムを用いた結果、これらの期間におけるコストと環境負荷は図3のようになることがわかる。

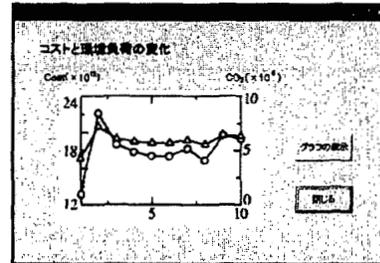


図3 コストと環境負荷の変化

ここで、○はコスト、△はCO<sub>2</sub>の環境負荷を示す。

### 5. おわりに

本研究では、ライフサイクル全体を通してリサイクルにおけるコストと環境負荷についてのモデルを基礎に、消費者動向を考慮した環境配慮型製品の開発支援システムの構築を行った。

### 参考文献

- [1] 奥原浩之, 堂本絵理, 上野信行, “リサイクル設計のための発見的自己組織化によるモデル化を組み込んだ評価・予測システム”, 電子情報通信学会論文誌 (採録決定済).