

ユニットリサイクルによる環境負荷低減効果の定量化に関する研究

関西大学大学院工学研究科 学生員 ○大島 裕行
 関西大学 正会員 中野加都子, 尾崎 平, 和田 安彦

1. はじめに

これまでの LCA によって、製品等のリサイクルによる環境負荷低減効果の定量的評価は行われてきた。しかし、これらの研究では環境負荷のうち LCA の一般的な項目である、エネルギー消費量、CO₂ 排出量等からのみ評価され、有害物質がもたらす環境影響については評価されてこなかった。

本研究では複写機を対象とし、エネルギー消費関連以外にリサイクルや廃棄物処理工程で拡散していく微量な有害性をもたらす可能性がある物質までを含めた分析を行った、それを含めた統合的な評価を行うことにより環境負荷を低減するために 1 つの製品の中でリサイクルすべきユニットの優先順位を明らかにするとともに、ユニットリサイクルによる環境負荷低減効果の定量化を行った。

2. 潜在的有害性強度の定義

対象とした有害な微量化学物質は日本の電機業界が特定化学物質として定める 84 物質のうち PRTR 制度の対象となっている 36 物質とした。36 物質それぞれの有害性の強さは、オランダの国立公衆衛生・環境保護研究所(RIVM) が開発した「化学物質の人間と環境に対する毒性とリスクを定量的に評価するツール」である USES (Uniform System for the Evaluation of Substances) を LCA で利用するために改良したモデルを用いた。本モデルは「1, 4-ジクロロベンゼン」を基準とした特性化係数を用意している。¹⁾ 影響領域として「人間毒性」に注目し、HTP (Human Toxicity Potential) を参照した。

3. 評価事例

(1) 複写機の概要

対象とした複写機は、1 台あたりの重量が約 180kg である。複写機の構成材料を図 - 1 に示す。鉄が最も多く、複写機全体の重量の 67% を占めている。鉄が多いのは、複写機のフレームなどに鉄が使われているためである。

(2) ユニット分け

メーカーから得られたデータを用いて、複写機の構成部品とその材料を明らかにした。これに基づいて、部品の大まかなまとまりとしてのユニット分けを行った。表 - 1 にユニット表を示す。ここでユニットとは、リサイクルを行う場合に手で取り出せる程度の部品の塊である。

(3) 評価範囲

評価範囲は図 - 2 に示すように 1 台目の製品を使用した後、リサイクルを経て 2 台目の製品材料がすべてそろったところまでである。環境負荷分析は LCA 手法を用いて行った。本研究ではユニットをすべて廃棄する場合を基準としてそれぞれのユニットをリサイクルした場合の低減率を比較した。

4. 環境負荷算出

(1) エネルギー消費関連の環境負荷

環境負荷を算出した工程は 13 工程であり、エネルギー消費関連の環境負荷としては CO₂ 排出量を選択した。

リサイクルユニットの破碎選別 資源回収 回収材料から再生材を製造 ダスト処理 ダスト処理

キーワード：複写機、潜在的有害性強度、ユニットリサイクル

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL 06-6368-1121 内線 (5685)

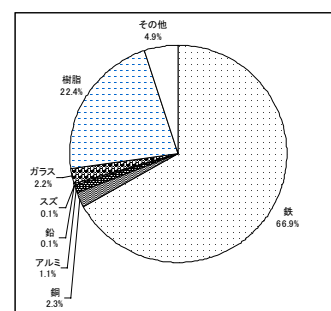


図 - 1 複写機の構成材料

表 - 1 ユニット表

ユニット名
ドラム
コンタクトガラス
プリント基板
ハーネス類
モーター類
外装部のプラスチック
外装部の鉄
外装部のその他
上記以外のすべて

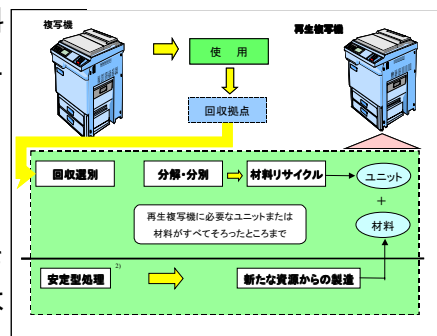


図 - 2 環境負荷評価範囲

された材料を新しい資源から製造 リサイクルユニットの破碎選別後の資源を資源回収工場に輸送 ダストを最終処分場に輸送 安定型処理するユニットを中間処理施設に輸送 中間処理 最終処分 中間処理後の焼却灰 ダストなどの輸送 安定型処理するユニットを構成する材料を新たな資源から製造

(2) 潜在的有害性強度

リサイクルが行われる場合は各ユニットに含まれる有害物質は閉鎖的に循環利用されることとした．しかしリサイクル時の歩留まりを考慮し，非回収材料からは有害物質が拡散する可能性があることとして扱った．また，リサイクルを行わないユニットからも中間処理工程で有害物質が環境中に拡散することとした．ここで，環境中に拡散する有害物質が環境に与える影響は，必ずしも直接的に環境に有害な影響を及ぼすものではない．このため，拡散する有害物質が環境にもたらす可能性のある影響を潜在的有害性強度とした．潜在的有害性強度の算出式を示す．

$$\sum_{i=1}^9 f(i) [C_{ti} \times A_{ci} \times (1 - \alpha)] + \sum_{i=1}^9 (1 - f(i)) [C_{ti} \times A_{ci} \times \beta] \quad C_{ti} : \text{USES - LCA による各有害物質の潜在的有害性強度,}$$

$$A_{ci} : \text{各有害物質の含有量, } i : \text{ユニットナンバー}$$

α : リサイクルするユニットの歩留り率， β : 中間処理過程での拡散物質発生率（ユニット材料の 0.5%），

5. 評価結果

すべてのユニットを廃棄する場合を 100 とし，各ユニットをリサイクルした場合の環境負荷低減率を CO₂ 排出量低減率と潜在的有害性強度低減率の 2 指標で示した．またそれらの平均値を総合環境負荷指標値として図 - 3 に示した．この結果から外装部プラをリサイクルすることが CO₂ 排出量を低減するために最も重要であり，次に外装鉄をリサイクルすることが重要である．外装部プラのリサイクルが CO₂ 排出量を低減させる大きな効果を持つのは，構成材料中でプラスチック類が 22%を占め，

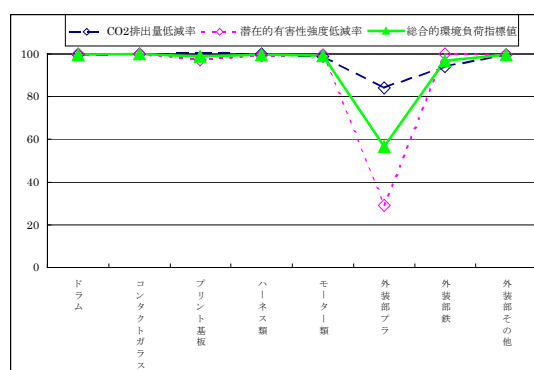


図 - 3 環境負荷低減効果

その 8 割近くが外装用に使われている．リサイクルすればプラスチック焼却による CO₂ 排出量を削減できる効果が大いからである．また，外装鉄の場合は，構成材料中で鉄が 68%と最も大きな割合を占めるが，その約 6 割が外装鉄に使用されている．そのため，リサイクルすれば新たに鉄を製造しなくてもすむからである．潜在的有害性強度については外装部プラのリサイクルが潜在的有害性強度に及ぼす影響が非常に大きいことがわかる．要因としては複写機構成材料としてプラスチック類の占める割合が鉄の次に多く 22%を占めること，及びプラスチック類に含まれるハロゲン系難燃材の潜在的有害性強度の高いことがあげられる．総合環境負荷指標からも外装部プラのリサイクルが最も環境負荷を少なくできる対策であることが分かる．

6. 結論

本研究により，従来のようにリサイクルプロセスにおけるエネルギー消費関係の環境負荷の最小化だけでなく，リサイクルプロセスで管理者不明となって拡散していく有害微量化学物質も視野に入れてリサイクルによる環境負荷低減効果を定量的に分析し，回収すべき部品の優先度を明らかにすることが必要である．本研究では対象製品とした複写機の例では，外装プラスチックをはずしやすく設計し，解体後にはできるだけ高い歩留まりでプラスチックを回収する技術を開発すること．これにより潜在的有害性を含む環境を少なくできることを明確にした．また，潜在的有害性強度を低減するにはプラスチックに含まれる有害性強度の高い物質をより強度の低い物質で代替していくことも選択肢である．本評価手法は材料中に有害性のある微量化学物質を含むパソコン，家電製品等にも応用が可能である．このような評価を用いて潜在的有害性強度の最小化を目標とした製品設計，リサイクルシステムの構築，回収歩留まり率向上に向けた技術開発，EPR(拡大製造者責任)の遂行を目指した使用後製品の管理体制を構築することが求められる．

【参考文献】1) Huijbregts, M. et al., Priority assessment of toxic substances in life cycle assessment. Part I: Calculation of toxicity potentials for 181 substances with the nested multi-media fate, exposure and effects model USES-LCA, Chemosphere 41, pp.541-573 (2000)