

自動車部品用 LCA 計算ソフトウェアの開発

Development of LCA Software for Automotive Parts

井 田 誠*
Makoto IDA須 佐 大 輔*
Daisuke SUSA幕 田 実**
Minoru MAKUTA

要 旨

自動車部品のライフサイクルにおいて廃棄・リサイクル段階で処理されるパターンを洗い出し、それぞれのパターンについて環境負荷を計算するアルゴリズムを加えることにより、普及しているLCA計算ソフトウェアを改良した自動車部品用のLCA計算ソフトウェアを開発した。ソフトウェアの検証はバンパリサイクルシステムの環境負荷を計算して行い、積み上げ法と同等の結果が得られることを確認した。また、ゴム部品のLCAに応用して工程廃材を廃棄した場合とリサイクルした場合の環境負荷を比較した。その結果、工程廃材のリサイクルは環境負荷低減に有効であるが再生材の品質向上とリサイクル工程の環境負荷低減が重要になることがわかった。

ABSTRACT

Patterns to be processed in the deposit and recycling stages of the life cycle of automotive parts were identified. To improve over conventional LCA software, new LCA software for automotive parts was developed by adding an algorithm to calculate the environmental load for each of the various patterns found. The software was tested in terms of its ability to calculate the environmental load in a bumper recycling system and results were confirmed to be equivalent to those calculated using a process analysis method. The software was applied to the LCA of rubber parts to compare the environmental load of the disposal of waste rubber in the factory process with that of recycling the rubber. Results showed that recycling waste rubber is effective in reducing the environmental load, but that it is very important to improve the quality of the recycled material and reduce the environmental load of the recycling process itself.

1. まえがき

使用済み自動車についてはリサイクル率向上が求められており⁽¹⁾部品設計の段階からリサイクル性を考慮する必要がある。また自動車のライフサイクルとしては環境負荷物質(二酸化炭素:CO₂, 硫黄酸化物:SO_x, 窒素酸化物:NO_x, など)の排出量低減が求められている⁽²⁾。このためリサイクル率向上を目指すためには同時に環境負荷の最適化についても考慮しなければならない。そのためには複数の材料仕様や製造方法などについてライフサイクルとしての環境負荷の評価であるLCA(Life Cycle Assessment for Environment)を繰り返し行なう必要がある。複数回のLCAを行うにあたっては対象とするデータの調査および管理や計算の工数低減を可能にするソフトウェアが欠かせない。しかし普及しているLCA計算ソフトウェア(以下普及ソフトウェア)の多くは家庭用電化製品が対象であり、ライフサイクルにおける廃棄・リサイクル段階が単純化されているため自動車部品のLCA計算には適さない。そこで普及ソフトウェアを

改良して自動車部品特有の廃棄・リサイクル段階の多様な処理パターンについて、それぞれに環境負荷の計算が可能な自動車部品用のLCA計算ソフトウェア(以下ソフトウェア)の開発を行ったので報告する。

2. ソフトウェアのねらい

2.1. 普及ソフトウェアの現状と問題点

普及ソフトウェアの計算アルゴリズムの基本は、製品のライフサイクルにおける各段階(原料・素材製造→製品製造→使用・メンテナンス→輸送→廃棄・リサイクルなど)で投入される資材やエネルギーの種類と量を入力し、資材やエネルギーの種類ごとの単位量を得るために放出される環境負荷物質量のデータ(以下原単位データ)を用いて各段階ごとに放出された環境負荷物質の量を積算するものである。原単位データについては調査データを独自に入力するタイプとデータベースを実装しているタイプがあるが、簡易に一定精度の結果が得られて設計や工程毎の仕様比較を行う

* 栃木研究所

** 本田技研工業(株)

目的に対しては後者が有利である.

普及ソフトウェアを自動車部品の LCA 計算に用いる場合の問題は、廃棄・リサイクル段階の処理パターンが限られているため自動車部品の多様な処理パターンについての評価ができないことである。普及ソフトウェアの廃棄・リサイクル段階では、製品は廃棄された後シュレツダ破さいされ、その内一定割合の特定素材のみがリサイクルされて製品適用される。そして残りが埋め立て・焼却処分されることになる。一方自動車部品の場合は、素材構成や機能としての独立性の違いなどから廃棄・リサイクル段階では、固有の再生工程を持つ複合材料などがリサイクルされる場合や、部品として回収し手を加えて再利用する場合など多様な処理パターンについての評価が必要である。

2.2. ソフトウェアの目標

ソフトウェアの開発目標を以下に設定した。

- (1)自動車部品特有の廃棄・リサイクル段階の処理パターンを含めた評価ができること。
- (2)特定金属材料以外の全ての材料についてもリサイクルの評価ができること。

3. 達成手法

3.1. 基本ソフトウェアの選定

改良の基本となる普及ソフトウェアは産業連関分析から導出した原単位データベースを実装しているものを選んだ。簡易に部品ライフサイクルの各段階での環境負荷物質量のデータリストが作成できることから、相対比較による仕様の絞り込みを主体とする自動車部品のLCAに適しているためである。

産業連関分析は産業連関表⁽³⁾を用いて、日本国内においてある製品を生産するために特定産業に需要が生じた場合にその産業に別の製品や素材を供給するなど、その産業以外の産業に順次影響を与えて行く形での「生産波及」の係数を求めるものである。基本ソフトの原単位データは、この「生産波及」の係数から各種材料(素材、エネルギーなど)や部品ごとに単位量当りの金額需要を求め、次に各種工業統計等^{(4)~(7)}のデータと合わせてその金額需要に対する化石燃料等の供給金額を推計し、更にその供給金額に相当する化石燃料等の製造や消費によって排出される環境負荷物質の量を推計して求めたものである。

3.2. 廃棄・リサイクル段階の処理パターンの洗い出し

自動車部品の廃棄・リサイクル段階における処理パターンと条件を以下に洗い出した。

- (1) シュレッダ破さいされた後、特定素材のみを回収して低グレードの素材としてリサイクルする(鉄→H形鋼など)。残りを処分場まで輸送して一定割合で焼却と埋

め立てに分別処理する.

- (2) 分解・解体された一部を下記パターンでリサイクルして残りを上記(1)のパターンで処理する。
- a. 固有の再生工程を必要とする複合材料などを再生処理する(再生材製造：バンパ材再生など)。
 - b. 簡単な処理を加えただけで部品として再利用する(リユース：アルミホイールなど)。
 - c. 小部品の交換などの保守再生を行い部品として再利用する(リビルト：エアコンコンプレッサなど)。
 - d. 交換部品を含めて有用部品を保守再生し機能補償して販売する(リマン：ドライブシャフトなど)。
 - e. 回収後保管する(ストック)。
- (3) 上記 a. の再生材料・素材を元の部品の原料にする。
- (4) 上記 a. の再生材料・素材を他の部品の原料にする。
- (5) シュレツダ処理後のリサイクルとして鉄、銅、アルミニウム以外にマグネシウム、樹脂、ガラス、ゴム、なども回収再生する。

3.3. 計算フローアルゴリズムと条件の見直し

洗い出された自動車部品の処理パターンや条件を踏まえて計算フローのアルゴリズムの改良と計算条件の設定を行った。Fig.1 にソフトウェアの基本的アルゴリズムを示し、以下に改良点を説明する。図中右側が自動車部品の廃

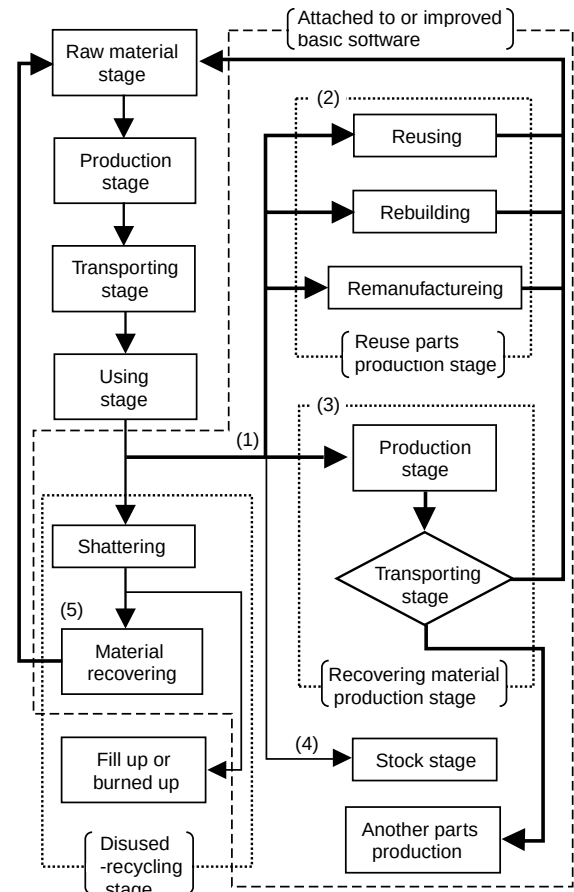


Fig.1 Main algorithm of the developed software

棄・リサイクル段階を評価するために追加した部分である。
→印は計算手順の流れを示し、ラインの分岐している箇所は次の段階に移る物量割合の設定を行うことを意味する。
また、図中の数字は下記各項目に附記した番号に対応している。

- (1) 市場から回収されてシュレツダ再生以外のリサイクルにまわるパターンを設けて、その割合を回収率として設定するルーチンを設けた。
- (2) 部品として再利用され、元の部品に戻るルーチンを設けた。
- (3) 複合材料など固有の再生工程を経て作られた再生材料が元の部品や他部品の原料素材としてリサイクルされるルーチンを設けた。
- (4) 回収されて保管されるパターンを設けた。
- (5) シュレツダ破さいを経て素材原料に再生される材料種類を鉄、銅、アルミニウムに加えてマグネシウム、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、ガラス、ゴム、紙、塩化ビニールとした。

4. ソフトウェアの特長と動作環境

4.1. 特長

- (1) 自動車部品の各種リサイクルパターンを含めた環境負荷(CO₂, NO_x, SO_x)を評価できる。
- (2) 複合材料など全ての材料のリサイクル効果を評価できる。(シュレツダ再生を除く)
- (3) 再生素材原料を元の部品以外の部品に戻した場合のリサイクル効果を評価できる。

4.2. ソフトウェアの動作環境

- ・ハードウェア関係＝ CPU: Pentium(75MHz)以上／HDD:50MB 以上／メモリ: 16MB 以上
- ・ソフトウェア関係＝ Microsoft Windows95／EXCEL97／ACCESS97

5. ソフトウェアの検証

自動車部品の LCA としてはバンパリサイクルシステムに関して、データ精度が優れるとされる積み上げ法で行った報告がある⁽⁸⁾。この報告では回収再生されたバンパ素材をバンパの原料として 30%リサイクルした場合(以下パーツ TO パーツ)とスプラッシュシールドの原料として 100%リサイクルした場合(以下カスケード＝より低いグレードの材料やより低い機能の部品へリサイクルする意味)の環境負荷を比較している。そこでソフトウェアを用いて同様のシステムの LCA 計算を行い CO₂ 排出量を比較した。Fig.2 にパーツ TO パーツの場合、Fig.3 にカスケードの場合のそれぞれ計算に用いた工程と投入資材の量を示す。

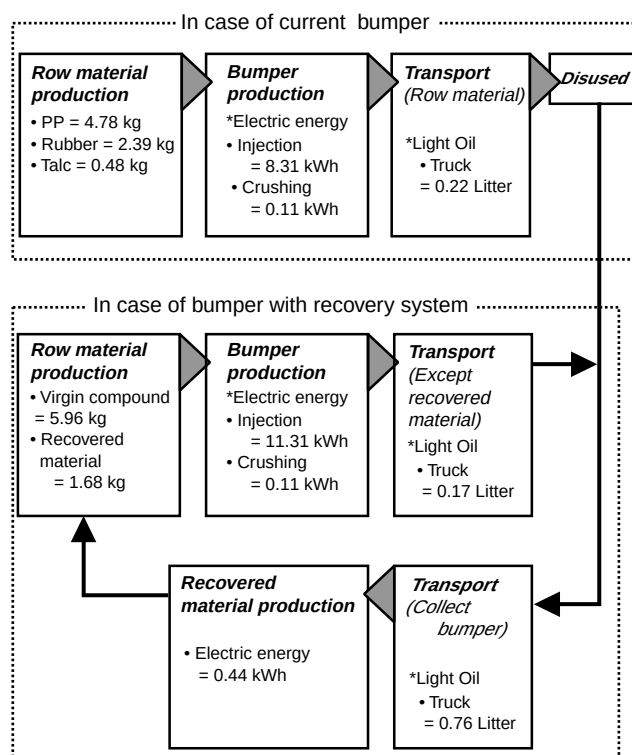


Fig.2 Process and material data of bumper on life cycle used calculation

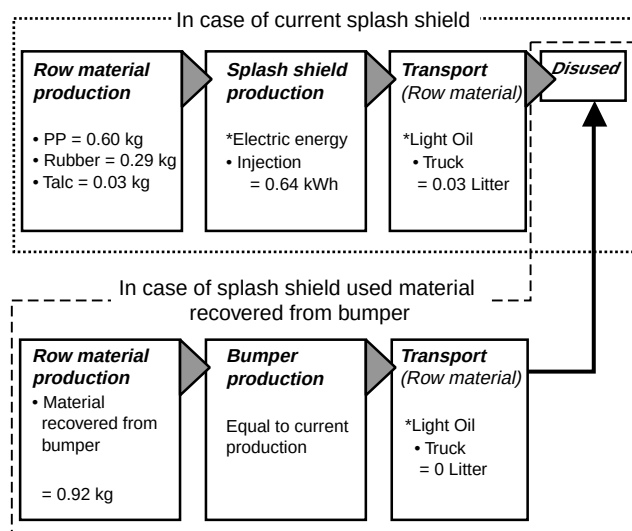


Fig.3 Process and material data for life cycle of splash shield used calculation

ソフトウェアによる計算結果は積み上げ法と同等となった。Table 1 に両者の CO₂ 排出量の比較を示す。また Fig.4 にはパーツ TO パーツとカスケードの場合のソフトウェアによる計算結果の詳細を示す。

パーツ TO パーツの場合では原料分の負荷軽減が認められるが、製造段階の負荷が大きいことから全体としての効果は少ない。これは再生材の原料に対する物性低下のため再生材の原料への適用率が低く、また 2 種の材料をサンドイッチ成形しているため成形工程に要するエネルギーも大

きくなっているためである。一方カスケードの場合はバンパ回収および再生材製造の分としてそれぞれ輸送段階と製造段階の負荷が増えるが、原料分がゼロとなることにより全体ではリサイクル効果が大いことが認められる。これはスプラッシュシールドの原料はバンパ原料より物性が低いためバンパ再生材をスプラッシュシールドの原料と見なして良いためである。このことから積み上げ法と同様に、バンパリサイクルシステムではカスケードの方が環境負荷に有効であるという結論が導かれる。

Table 1 Environmental load(CO₂) of life cycle bumper and splash shield compared by LCA methods

		By software	By process analysis method
Bumper	Current production	19.13 kg	19.21 kg
	Used recovered material from bumper 30 %	17.58 kg	18.74 kg
Splash shield	Current production	1.95 kg	2.09 kg
	Used recovered material from bumper 100 %	0.59 kg	0.67 kg

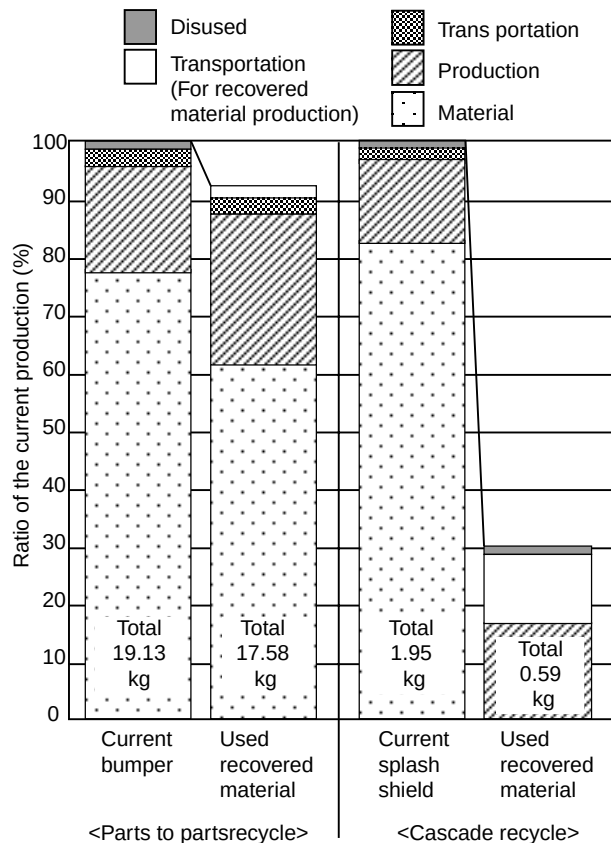


Fig.4 Environmental load (CO₂) of bumper recycle system calculated by software

6. ソフトウェアの応用例

ソフトウェアを用いてゴム部品のLCAを行い、工程廃材をリサイクルした場合と廃棄した場合の CO₂ 排出量をシミュレートした。ゴム部品としてはウォーターホースを選定し、再生材製造に要するエネルギーはせん断加工による再生を想定して廃材 1kg 当たり 1kWh とした。製品重量は車一台分相当として 1kg とした。計算に用いた工程と投入資材の量を Fig.5 に示す。

計算結果は通常製品の CO₂ 排出量 2.02kg に対して原料の 30%を再生材とした場合が 1.68kg, 同じく 60%を再生材とした場合が1.33kgとなり環境負荷低減効果が認められた。Fig.6にそれぞれの内訳を示す。再生材を原料に用いる事により再生材製造段階の CO₂ 排出量は増加する。しかし原料製造段階では CO₂ 排出量の減少分がより大きいため全体では再生材の製品原料への適用率に比例して低減する。このことからゴム廃材のリサイクルに関しては、再生材の製品原料への適用率増加につながる再生材品質の向上と再生材の製造段階の環境付加低減が重要であることが導かれる。以上によりソフトウェアがリサイクルのLCA評価に有効であることが認められる。

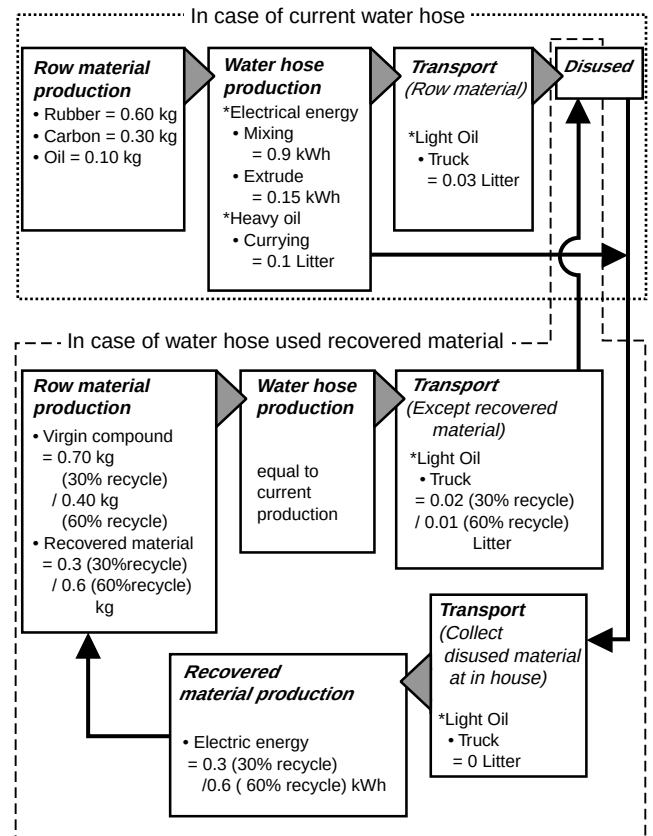


Fig.5 Process data of water hose on life cycle used calculation

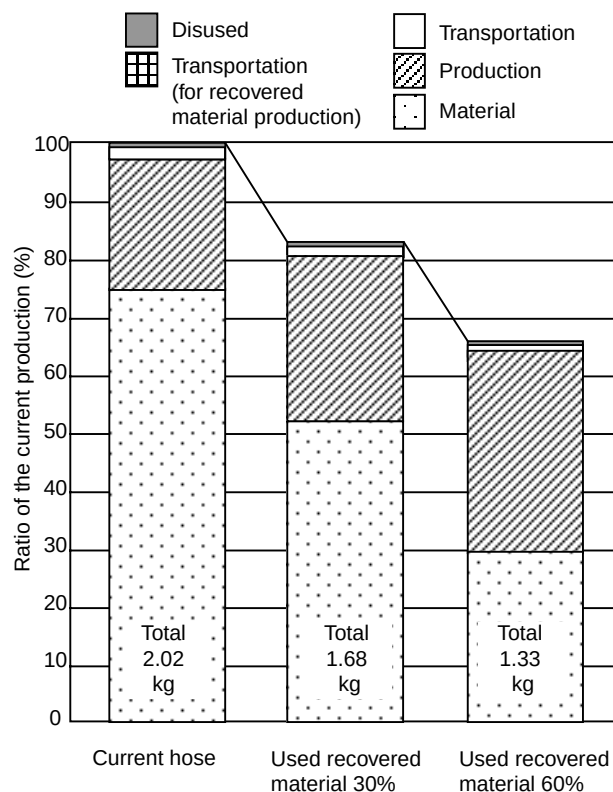


Fig.6 Environmental load (CO₂) of water hose on life cycle

- (2)「経団連環境自主行動計画／自動車」：日本経済団体連合会，1997 年 6 月
- (3)「平成 7 年産業連関表」：総務庁統計局，1999 年
- (4)「平成 7 年工業統計表(品目編)」：通商産業大臣官房調査統計部，1997 年
- (5)「平成 7 年エネルギー生産・需給統計年報」：通商産業大臣官房調査統計部，1997 年
- (6)「平成 7 年ガス事業統計年報」：資源エネルギー庁ガス事業課，1997 年
- (7)「平成 7 年石油等消費動態統計」：通商産業大臣官房調査統計部，1997 年
- (8)幕田実，森口祐一，安田八十五，末野重穂：自動車用パンパライサイクルシステムのライフサイクルアセスメントによる有効性の評価，第 10 回廃棄物学会論文集，1999 年 10 月，p.150-152

7. まとめ

普及 LCA 計算ソフトウェアに自動車部品特有の廃棄・リサイクル段階の処理パターンを評価するアルゴリズムを加えて改良することにより以下の結果を得た。

- (1)固有の再生工程を有する複合材料部品のリサイクルを含めた環境負荷の評価が可能で，積み上げ法と同等の評価精度が得られるソフトウェアを開発できた。
- (2)ゴム部品に応用し工程廃材リサイクルの効果を評価した結果，リサイクル効果と課題を確認できた。

今後はより大きなモジュールや車全体の LCA への応用を検討する。

8. 謝辞

最後に，本開発にあたって多大な協力をいただいた東芝エンジニアリング株式会社の鈴木春生様と滝口仁様に深く感謝いたします。

参考文献

- (1)「使用済み自動車リサイクル・イニシアティブ」：通商産業省，1997 年 5 月

■著 者■



井田 誠



須佐大輔



幕田 実