特集「マテリアルフローコスト会計 (MFCA)」

解説 (Commentary and Discussion)

意思決定支援ツールとしてのマテリアルフローコスト会計

A. モラー^{1,*}・M. プロックス² 著岡 照二³・中 嶋 道靖³ 訳

Material Flow Cost Accounting as a Decision Support Instrument

Andreas MÖLLER^{1,*} and Martina PROX²Japanese translation by Shoji OKA³ and Michiyasu NAKAJIMA³

Synopsis: Challenges of energy efficiency, resource efficiency and in general sustainable development play a more and more important role in corporations and supply chains. In response to these challenges, organizations increasingly reason about implementing life cycle assessment based information instruments. The principal purposes of these instruments are ex post documentation and justification, but there is a growing concern that such an orientation may not be sufficient when the instruments should support internal decision making, in particular with regard to the improvement of internal processes. In the first part of the contribution, we want to develop a specification of a decision support instrument that provides information about the relationship between the improvement of internal processes and interrelated cost reductions and increasing resource efficiency. The second part shows that material flow cost accounting (MFCA) is an appropriate, coherent and stimulating implementation of such a specification. A special feature of MFCA is that it encompasses both the starting position and possible improvements within a single model. The most important keyword in this regard is material loss.

Keywords: Management decision-making; life cycle assessment (LCA); material flow cost accounting (MFCA); resource efficiency; enterprise resource planning (ERP)

1. はじめに

ライフサイクルアセスメント (LCA) は、新しい意思決定支援ツールとしてたびたび特徴づけられている (Frankl and Rubik 2000)。製品やサービスの環境影響に関する情報を提供することによって、それは合理的な意思決定を支援する。しかしながら、LCAは包括的な方法論に基づく意思決定支援システムではない。その評価結果は、主に中間財選択 (マテリアル選択) を支援することに利用される。意思決定者とは最も環境影響が低い製品やサービスを購入したい顧客である。このようなコンセプトは、徐々にサプライチェーン全体を含むような再帰的な構造を形成する。貿易会社がよりグリーンな製品を供給することを決定する時、すなわち、サプライヤーに製品のLCAやカーボン・フットプリント情報を要求する時、再帰的な構造が見受けられる。

たとえ再帰的な構造がサプライチェーン全体を捉える、

とても強力なメカニズムだとしても、内部プロセスを向上させる方法とは何かという問題には答えられない。ツールとは今現在の状況とその改善計画の間にあるすべての違いを確認し明らかにしなければならない。つまり、意思決定者は一目で改善可能性 (improvement potentials) を理解することができるべきである。さらに、そのようなツールによって供給したデータを容易に解釈することは、意思決定者にとって可能なはずである。たとえLCAに20年以上の評価ツールとしての歴史があったとしても、ビジネスでの意思決定において、LCAはまだ新しいツールであり、結果を解釈することに挑戦している段階である。しばしば最初に使われる「場合による (it depends)」というフレーズは、LCA研究の成果を発表する時、明確な結果に慣れた意思決定者にとってはその取扱いが難しい。原価低減や原価能率は、少なくともTaylor (1911) 以来、我々の経済の中に成功的に定着しているのに対して、ライフサイクル

3 関西大学商学部 / 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

1 Institute of Environmental and Sustainability Communication (INFU), Leuphana University of Lüneburg / Scharnhorststraße 1, 21335 Lüneburg, Germany

2 ifu Hamburg GmbH / Max-Brauer-Allee 50, 22765 Hamburg, Germany

3 Faculty of Business and Commerce, Kansai University / 3-3-35 Yamate-cho, Suita-shi, Osaka 564-8680

*連絡先 (Corresponding author), amoeller@uni.leuphana.de

影響評価の結果は意思決定者にとって解釈することに挑戦している状況である。したがって、原価低減自体が環境負荷を同時に低減するという目標と矛盾しないことを保証さえすれば、原価は一つの指標として役に立つ魅力的な対象である。

本稿の目的は、一般的なLCAと一般的なフルコスト会計 (full-cost accounting) とを相互補完的に活用した内部改善可能性の分析を支援するツールを明確にすることにある。次節以降、我々はマテリアルフローコスト会計 (MFCA) がその仕様 (specification) を満たすことを示したい。最後に、我々はLCAのツールボックスへの期待について述べる。

2. 意思決定支援ツールの仕様 (Specification)

すでに述べたように、MFCAの焦点は内部プロセスとそれらの改善にある。したがって、MFCAは未来志向の支援ツールである。本節では、我々は原価計算とLCAの意思決定支援についての議論をレビューする。

この点に関して、原価計算分野ですでに議論されてきた洞察のいくつかを取り上げる。特に、Riebelは伝統的原価計算の意思決定支援の課題を議論した (Riebel 1990, 1994)。彼は伝統的原価計算がしばしば重要な意思決定の状況を反映しないことに言及した。その反面、彼は、原価計算が一般的に事後の文書化と正当化のために (ex post documentation and justification purposes) 使用されたことに言及している。このように使用されることが、関連データの需要 (demand) に影響を与えた。同様の議論は、LCAのコミュニティ内でも生じた。すなわち、帰属的 (attributional) LCA、結果的 (consequential) LCA (Ekvall and Weidema 2004)、決定的 (decisional) LCA (Frischknecht 2006; Bauer and Poganietz 2007) である。

特に、決定的LCAは、単一の製造プロセス、企業やサプライチェーンのレベルでの意思決定のポジティブな結果とネガティブな結果に焦点を当てる。意思決定支援ツールは意思決定のすべての直接的なポジティブな結果とネガティブな結果を評価 (assess) しなければならない。このような仕様は2つの異なる配分問題を生じさせる。ただし、2つのうちLCAでの伝統的な配分問題は、もはや存在しない (たとえば、結果的LCAにおいて、回避負荷を減算しないシステム拡張が述べられている)。それゆえ、ふたつ目の問題である、ツールの主な目的が単一の意思決定の結果を評価することにあるために生じる配分問題がより重要である。

(伝統的原価計算とLCAで実施するように) 単一の製品種の結果を計算するアイデアに従うことは簡単であるのに対し、単一の意思決定の結果に対する評価はたびたび疑わ

しい結果を提供する。たとえば、製品の決定的LCAは工場の敷地や機械などのインフラ・プロセスを含んでいないだろう。もちろん、機械は製品を製造するのに必要であるが、機械を使って製品を製造する意思決定と、機械を購入する意思決定とは異なる。

この例から、意思決定の数は製品やサービスの数よりも多く、これらの意思決定は独立していないことは明らかである。改善可能性の評価に関しては、将来に関わる意思決定についての仮定に依存する。これらの意思決定をどのようにして体系的にまとめるかが問題であり、評価は体系化に関わるのであり、実際にはひとつの意思決定にすることはない。単一のプロセスは (単一の意思決定に) 最適化することができるが、たびたび、改善メンテナンス、追加的なりサイクルへの利用や分離プロセスなど追加的な調整が必要となることが生じる。

MFCAを方法論的LCAフレームワーク内に統合することに関して、このフレームワークの中でMFCAに基本的な方法論的手順の改変 (enhancements) が必要かどうかという問題が生じる。この改変は次のような対立するデザイン原則に対処しなければならない。すなわち、(イ) ツールは実際に新しい洞察を提供しなければならないが、意思決定者にとって実施が不可能な大幅な目新しさを導入すべきではないこと、(ロ) データを解釈すること、そして、(ハ) 次の手順で着手することである。

- (1) ハイデッガー (M. Heidegger) を参照して、Winograd and Flores (1986) はタームのブレイクダウン (term breakdown) を紹介する。このブレイクダウンとは通常のプロセスとしてビジネスの不連続性を表す。ブレイクダウンは問題を発見し改善プロセスを開始することができるレバレッジ・ポイントである。意思決定志向情報ツールは、これらの現況を見せるようにすべきである。事例はムダであり、製造プロセスでそれを発見することは簡単ではない。
- (2) さらに、その意思決定とその実行が利益を生み出すかという質問に対して、意思決定者が答えることができるべきである。
- (3) 最後に、たとえば原価低減の促進やカイゼンのような一般的に普及している行動規範 (action orientations) と適合しなければならない。したがって、ブレイクダウンへの対応とは「プログラムされた」行動を指すのではなく、発見された問題を評価し、必要に応じて、その問題を解決するための何かしらの規範が提供されることである。

ここまでの結果として、意思決定支援ツールは、LCAフレームワークでの重要な構成要素を補完するものとし

て特徴づけることができる。なぜなら、それは同様の基本的なアイデアに従っているからである。すなわち、ツールは、製造プロセスやサプライチェーンや製品システムのフローシートを活用することで、手段・目標関係 (means-end relationships) を分析する (たとえば、長期にわたるストックの展開ではなく)。その結果、既存の計算方法は意思決定支援ツールに適用することができる。しかしながら、内部プロセスとその改善を重視する意思決定支援ツールは種々の補助的な洞察を提供する。

3. マテリアルフローコスト会計 (MFCA)

本節では、MFCA (Strobel and Redmann 2002; METI 2010; ISO 2011) が内部プロセスの改善を評価する意思決定支援ツールのための仕様を、どのように具体的に実行するかを議論することとする。

改善可能性は、2つの異なるシナリオ (Möller and Prox 2008)、すなわち、旧態依然なシナリオ (我々は決定に至らず、「不履行」と、「改善の実施」の決定を行うことを前提とする2番目のシナリオとによって評価される。改善可能性は2つのシナリオの違いを計算した結果である。しかしながら、MFCAは容易に実行できるものではない。MFCAは上で言及した意思決定志向会計アプローチの問題を避けようとしている。

- (1) MFCAは、たとえばRiebel(1994) が提示したような、結果的で総括的な意思決定志向会計アプローチを避けることができる。たとえMFCAの焦点が内部プロセスにあるとしても、ベンチマークとは特定の意思決定の塊としての製品やサービスである。これは製品原価や原価低減という結果を容易に解釈し伝達できる。
- (2) MFCAは、2つの異なったおそらく一貫性のないモデルのハンドリングを防ぐ。ある追加的仕様 (「マテリアロス」) をもつあるモデルだけが、2つのシナリオのインプットデータを出す。結果として、MFCAは、たとえば、全く新しい製造プロセスやサプライチェーン、新しいリサイクルループや追加的プロセスというような、内部改善の全ての可能性を考慮するわけではない。
- (3) 最後に、MFCAは新しい指標 (カーボン・フットプリント、資源希少性指標 (Guinée 2002)、エメルギー (emergy) (Brown and Ulgiati 1997) など) を導入しようとしな。マテリアロスに焦点をあて、そのウィン・ウィン状況とは、より高い資源効率性と同時に原価低減が結果することを前提としている。副作用として、工場での原材料入手から製品出荷までの製品ライフサイクルを作ることを必要としない。

すでに述べたように、標準的な手順とともに、マテリアロスの仕様によって、先に述べたシナリオ両方の全プロセスの仕様を計算することができる。標準的な手順とはマテリアルの削減がプロセスの仕様やそれぞれの生産係数をどのように変化させるかを定義する。異なる解決法は次の点で合理的である。たとえば、(この場合には原材料や中間財を特定するための追加的な仕様を必要とするが、) マテリアルの削減は特定の原材料や中間財のインプットを削減する。それとは異なって、マテリアロスを追加的な原価計算対象として取り扱うこともできる。この場合、その配分方法 (またはより正確な分割法) では、プロセスのインプット (原材料や中間財など) とアウトプット (廃棄物、排出量) をプロセスの機能 (望ましい製品) にどのように配分するかを決定することとなる。

2番目のオプションは、求められる重要な副作用をもたらす。すなわち、マテリアロスが「バーチャルな」原価計算対象になる。マテリアロスに配分された原価は改善可能性を表す。当然のことながら、マテリアロスの原価は原材料が発生したプロセスの原価だけを含むだけでなく、マテリアロスのための原価計算ではマテリアロスの「歩留まり」 (yield) や必要とされる資源消費をも組み込む。

変更されたプロセスが他のプロセスの妨げとならないかという問題が生じる。プロセスチェーンの場合、これには当てはまらない。しかし、フローシートがリサイクルのフロー (streams) を含む場合、変更されたプロセスはそのループの安定した状態に影響を与える。たとえば、もしある会社がスクラップのようなマテリアロスをリサイクルする場合、マテリアロスの削減は混合プロセスにおいてバージン材とリサイクル材の間の関係に影響を与える。もしそれらの相互依存性が無視される場合、その計算手順の結果は正しくない。

結果として、定常状態 (steady states) を再度計算することが必要である。場合によっては、これはとても簡単である (削減されたりサイクルのフロー分だけバージン材のインプットフローが増加する)。他の場合ではより複雑な計算が定常状態を決定するために必要とされる (Westerberg et al. 1979)。一般に、この追加的な計算手順は必要である。一般的なLCAフレームワークはそのような計算手順を提供しない。少なくとも、マテリアルフローネットワークアプローチはそのようなツール・チェーンを提供する (Möller 2000)。そのツール・チェーンとは、期間志向マテリアルフロー分析 (ここでは定常状態を決定する一般的なアプローチを適用することができる (Möller 2015)) とライフサイクルインベントリー分析ひいては原価計算 (cost accounting) とを結びつけている。

2番目の計算ステップは、手段・目標関係を分析し、製品を製造もしくはサービスを提供する必須の手段を決定するために使用される。このような手順の核は、線型方程式のシステムを処理する解法である。この解法はLCA (Heijungs 1994; Heijungs and Suh 2002) と原価計算 (Kuepper 1992) の両方に適用される。LCAの視点では、原価計算は(ライフサイクルの代わりに組織という)異なるシステム境界に基づいた(貨幣価値による)特定の影響評価法である。たとえば、MFCAのための計算手順として、計算ステップは次のように構成される。

- (1) マテリアルロスから始まる双方のシナリオのためのプロセスの仕様の案出、
- (2) 双方のシナリオのための期間志向マテリアルフロー分析
- (3) 双方のシナリオのためのライフサイクルインベントリー計算と原価計算(たとえば、ISO14040 (ISO 2006) で推奨される物理的な因果関係など複数の製品システムでの配分の適用を含む)
- (4) 結果の変更(rescaling of the results)と差異の計算
- (5) 全製品のコスト・マトリックスの編集。コスト・マトリックスは「改善されたシナリオ」(製品原価)、「デフォルトのシナリオ」と「改善されたシナリオ」(マテリアルロス)との差異、「デフォルトのシナリオ」(総原価)という欄からなる。

もう一つの計算手順は、バーチャルな原価対象としてマテリアルロスを取り扱うアイデアから生じる。この手順は、2つのシナリオの導入を避けている。

- (1) マテリアルとエネルギーのフローの期間志向計算
- (2) バーチャルな配分方法を含む配分方法の適用
- (3) コスト・マトリックスの編集: 製品に配分された原価、マテリアルロスに配分された原価、そして、最終的に合計(総原価)の欄からなる。

このようなMFCAの実施に関する自明な拡張は、以下に述べる(イ)シナリオを明記するための追加的な手段や(ロ)追加的な指標である。

(イ) 2つの異なるシナリオを作る手段を提供することはとても簡単である。しかしながら、そのようなアプローチは一貫性のあるモデリングを提供しない。より曖昧なアプローチはモデルの3つの異なる部分に区分できる。すなわち、ひとつ目は、双方のシナリオで変わらないフローシートのすべての部分とすべてのプロセスを含む基本モデルである。ふたつ目の部分は、旧態依然としたシナリオ(この部分は、たとえば非効率なプロセスなどで、他のシナリオの中には含まれない)を形成することを必要とする、すべてのプロセスを含むモデルである。最後に、3つ目の部分は、たとえば、改善されたプロセス、追加的なプロセス、

リサイクルループなどのすべての改善を指す。

(ロ) MFCAは原価低減と環境影響の低減を同等に担うとしている。原価低減とより高い環境影響を同時に結果とする2つのシナリオを作ることが可能である。環境影響を示す追加的な手段が必要である。結果として、システム境界の拡張は、全ての関連する製品やサービスの製品ライフサイクルをカバーすることが要求される。シナリオはライフサイクルインベントリー分析 (Guinée 2002) のための基本的なモデルを形成する製品システムよりも他に何も無いが、そのモデルは原価計算のためのシステム境界の仕様(製造プロセス、サプライチェーンなど)も含んでいることが大きな特徴である。

4. LCAフレームワークの要求される拡張性

この節ではMFCAを組織のコンピュータ化されたマネジメント情報システムの中にどのように組み入れるかということについて検討する。それゆえ、我々は2つの異なるアプローチ、すなわちツールボックスと統合システムを対照させる (Möller et al. 2006)。両方のアプローチは長所と短所を持っている。ここでは、最適なアプローチに関する決定はルーティン化の程度に依存していることがわかるだろう。

現在のところ、MFCAと伝統的原価計算の間にある最も重要な相違点は、ツールが明確なモデリングの手順が必要かどうかである。すなわち、過去志向の伝統的原価計算におけるモデリングプロセスはかなり暗黙的であり、たとえば、社内にSAPソフトウェアシステムを導入する時のように、過去に一度会計システムを設定する際に主に行われているのに対し、すべての必要なプロセスの仕様に関するフローシートは、ひとつのモデリングプロセスの結果である。参照モデル、カスタマイズ、間接的なデータ入力とは自明なモデリングプロセスに取って代わる。たとえば、ERPシステムにおいて、外部会計によって提供されたビジネスプロセスモデルとデータは、たとえば原価計算の構成要素に「反映(feed)」される。このようなアプローチは、組織内のすべての関連プロセスを網羅する包括的な「統合システム」(Plattner and Kagermann 1991)を必要とする。それにもかかわらず、このようなアプローチでは、特にコストコントロールにおいて、過去志向の原価計算だけを認めている。

このようなアプローチの長所は、(1) データハンドリングの自動化と高い効率性、(2) ビジネスプロセスマネジメントとコントロールでの高い適合性にある。

他方、LCAがたとえ過去志向だとしても、LCAは(主にライフサイクルインベントリーを得るために)まだ明確なモデリングの手順を必要としている。しかしながら、こ

これは未来志向の評価へ切り替えることは容易である。コンピュータ化された環境マネジメントシステムの研究分野での最も重要な目標の一つは、ERPシステムにLCAを統合する、もしくは、LCAをERPシステムに連結することであり、したがって、LCAsの計算もしくは少なくとも製品カーボン・フットプリントを自動的に行うことができるようになる。現時点では、プロトタイプが存在するだけである。

今日では、LCAは、製品やサービスやプロセスやインフラの環境影響を推定可能にする首尾一貫した手法やソフトウェアツールやデータベースそれぞれがますます独立したツールボックスであると言えよう。たびたび、これは経済と社会の因果関係を含んでいる。項目の統合 (term integration) とは、手法やツールを統合することにより、ソフトウェアコンポーネントを使うために、特により簡単でより容易になる。

このアプローチの主な長所は、ツールボックスの高い柔軟性である。多くの組織では、コーポレート・サステナビリティ分野での合理化プロセスがまだ初期段階であり、情報ツールは合理的な意思決定だけでなく組織的な学習プロセスも支援する。さらに、適切な手法やツールの開発は、(カーボン・フットプリントや組織のLCAやウォーター・フットプリントなどの新しいツールの開発を比較する) 流れの中に今もある。

したがって、MFCAツール成功のためには、ひとつの統合システムの一部によってそのツールを置き換えることが重要である。

5. おわりに

原価計算の視点から、MFCAは、ひとつの原価計算のアプローチである。MFCAの具体的な特徴は、現在の状況と可能な改善の両方についてのデータを提供することである。その結果、MFCAはLCA分野の手法や伝統的な原価計算の限界、すなわち、文書化と正当化を克服しようとしている。外部ステイクホルダーの視点においては、製品や相互に関連する原価や環境影響に注意を払うことが重要である。その結果として、ますます最終顧客はカーボン・フットプリントもしくは製品やサービスのフルLCAさえも求めている。これは再帰的手続きを促す。すなわち、企業の調達部門は、環境影響が最も低い中間製品を購入することによって、製品やサービスの環境影響を減らすことができる。しかしながら、そのようなメカニズムは内部プロセスを改善したり、改善可能性を評価する手法を提供しない。ここでは、MFCAが活躍し始める。製品ライフサイクル (さらには、マテリアルとエネルギーのフローでのサプライチェーンモデル) のアイデアと改善可能性への環境影響と原価を配分することによって、内部プロセスの改善

可能性を評価する手段とを結びつけることである。MFCAにおいて、改善可能性は特定のマテリアルフローすなわちマテリアルロスによって表され定量化される。

改善可能性は貨幣価値で定量化される。これは最近では企業で一般化されている行動規範と一致している。しかしながら、MFCAは出発点にあると考えられる。LCAのツールボックスの他のアプローチとの組み合わせで、カーボン・フットプリントを評価することに活用することができ、フルLCAも可能である。言い換えれば、MFCAはサステナビリティマネジメント情報システムを実行しようとする挑戦での最初の有益なステップかもしれない。

(平成28年4月7日受付)

参考文献

- Bauer C., Poganietz W.-R. (2007): Technikfolgenabschätzung—Theorie und Praxis, 16 (3), 17-23
- Brown M.T., Ulgiati S. (1997): Ecological Engineering, 9, 51-69
- Ekvall T., Weidema B. (2004): International Journal for Life Cycle Assessment, 9 (3), 161-171
- Frankl P., Rubik F. (2000): Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption Patterns, Applications and Implications, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, x+280
- Frischknecht R. (2006): Modelling of Product Systems in Life Cycle Inventory Analysis: Synopsis of Attributional and Consequential LCI Models—Properties and Differences, working paper no. 5, BMBF project on the “Scientific Cooperation to Foster the German Network on Life Cycle Inventory Data”.
- Guinée J.B. (final editor) (2002): Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, Springer-Verlag, Dordrecht, Boston, London, xi+692
- Heijungs R. (1994): Ecological Economics, 10, 69-81.
- Heijungs R., Suh S. (2002): The Computational Structure of Life Cycle Assessment. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, xi+241
- ISO (2006): ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, Geneva, Switzerland.
- ISO (2011): ISO 14051:2011: Environmental management - Material flow cost accounting - General framework, Geneva, Switzerland.

- Küpper H.-U. (1992): "Theoretische Grundlagen der Kostenrechnung", Handbuch Kostenrechnung, Männel W., Gabler, Wiesbaden, 54-66
- METI [Ministry of Economy, Trade and Industry, Government of Japan] (2010): Material Flow Cost Accounting MFCA Case Examples, Tokyo, 93
- Möller A. (2000): Grundlagen stoffstrombasierter Betrieblicher Umweltinformationssysteme, Projekt-Verlag, Bochum, xix+319
- Möller A. (2015): "Computational Modeling of Material Flow Networks", ICT Innovations for Sustainability, Hilty L.M., Aebischer B., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 301-311
- Möller A., Prox M. (2008): From Material Flow Cost Accounting to MFA and LCA, Proceedings of the Eighth International Conference on EcoBalance, Tokyo.
- Möller A., Prox M., Viere T. (2006): "Computer Support for Environmental Management Accounting", Sustainability Accounting and Reporting, Schaltegger S., Bennett M., Burritt R., Springer-Verlag, Dordrecht, Boston, London, 605-624
- Plattner H., Kagermann H. (1991): "Einbettung eines Systems der Plankostenrechnung in ein EDV-Gesamtkonzept", Grenzplankostenrechnung: Stand und aktuelle Probleme, 2. Auflage, Scheer, A.-W., Gabler, Wiesbaden, 137-178
- Riebel P. (1990): Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung, 6th edition, Gabler, Wiesbaden, 752
- Riebel P. (1994): European Accounting Review, 3 (3), 515-543
- Strobel, M., Redmann, C. (2002): "Flow Cost Accounting: An Accounting Approach Based on the Actual Flows of Materials", Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments, Bennett M., Bouma J.J., Wolters T., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 67-82
- Taylor F.W. (1911): The Principles of Scientific Management, Harper & Brothers Publications, New York, NY, London, UK, 80
- Westerberg A.W., Hutchinson H.P., Motard R.L., Winter P. (1979): Process Flowsheeting, Cambridge University Press, London, New York, Melbourne, ix+251
- Winograd T., Flores F. (1986): Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design, Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, xiv+207