

**(MFCA)**

---

**Towards New Potentials and Issues of Material Flow Cost Accounting (MFCA)  
as a Sustainability Management Tool,**

**based on the International Standardizations of ISO 14051 and ISO 14052**

Michiyasu NAKAJIMA and Bernd WAGNER

Journal of Life Cycle Assessment, Japan

Vol.12 No.2 April 2016

## 特集「マテリアルフローコスト会計 (MFCA)」

解説(Commentary and Discussion)

サステナビリティマネジメント手法としてのマテリアルフローコスト会計(MFCA)の新たな可能性に向けて：  
ISO14051とISO14052の国際規格化を参考に中 野 道 靖<sup>1,\*</sup>・B. ワグナー<sup>2</sup>Toward New Potentials and Issues of Material Flow Cost Accounting (MFCA) as a Sustainability Management Tool,  
based on the International Standardizations of ISO14051 and ISO14052Mitsuyasu NAKAJIMA<sup>1,\*</sup> and Bernd WAGNER<sup>2</sup>

**Synopsis:** Sustainability management has become an essential issue for society and for business organizations. A number of management tools to resolve sustainability issues have been developed, for example, MFCA (Material Flow Cost Accounting) and LCA (Life Cycle Assessment). Both, MFCA and LCA, have been published as international standards within the ISO 14000 ff Environmental Management framework (ISO14051/2 and ISO14040). Both approaches differ though considerably in scope, methodology, objective, and result. MFCA focuses mainly on material efficiency of production processes within an organization. LCA concentrates primarily on the environmental relevance of products considering the entire life cycle “from cradle to grave”. While MFCA is part of the Environmental Management Standard, in practice it has been predominantly used to improve cost efficiency. LCA on the other hand has been used to show the environmental impacts along the life cycle of a product, regarding mainly the amount of Green House Gases, not regarding economic effects. But sustainability requests the consideration of all three “bottom lines” simultaneously: the economic, the environmental, and the social. Even though MFCA and LCA differ in many respects, they are linked to each other by a common core element: material (mass) flows and their transformation. Products (regarded by LCA) are the result of transformation or production process (regarded by MFCA). In this paper, we show some issues of MFCA as a sustainability management tool, based on the international standardizations of ISO14051 and ISO14052. When we try to integrate MFCA with LCA regarding economic, environmental, and social aspects, we first show some of the methodological differences. The possibilities to integrate MFCA and LCA are explained by the case example of a German Solid Biomass Heat and Power Co-Generation Plant, including the calculation of a corporate Carbon Foot Print. While most MFCA case examples focus on an in-company scope this case study covers a wider boundary, from forest to consumers, embracing the entire life cycle. We discuss possibilities to include economic aspects into LCA as well as putting more emphasis on environmental aspects in MFCA. And we consider the analysis of social aspects within such an integrated approach. This paper shows the possibilities to integrate MFCA and LCA in order to develop a comprehensive and efficient tool of sustainability management, for corporate efficiency and for public information purposes.

**Keywords:** International standardization; life cycle assessment (LCA); material flow cost accounting (MFCA); resource efficiency; sustainable development

## 1. はじめに

環境管理会計であるマテリアルフローコスト会計(MFCA)は、組織が自らの事業経営に関する意思決定をする際に、環境保全の促進と組織利益の向上という両側面

において、より効果的に目標を達成する経営情報を提供する手法として、2000年以降日本を中心に発展してきた。また、近年では、MFCAの基本的枠組が、国際規格(ISO14051)として発行されるに至り、アジア諸国を中心

1 関西大学商学部 / 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35

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

2 Prof. Dr., Scientific Director, Wissenschaftszentrum Umwelt (WZU), Universität Augsburg / Universitätsstraße 1a, 86159 Augsburg, Germany

\* 連絡先 (Corresponding author), nakajima@kansai-u.ac.jp

にMFCAが普及し試行され、さらにはMFCAの発案国でもあるドイツなど国際的にも、改めて活用され始めている。現在は、サプライチェーンでのMFCAの適用に関する新たな国際規格 (ISO14052) が検討中で、MFCA情報によって、一組織を超えてサプライチェーンでの資源生産性を向上させる環境管理会計手法として発展し始めている。

また、MFCAの適用範囲の拡張と合わせて、より環境保全に寄与する経営情報を開発するために、たとえば、MFCAとLCAとの統合モデルなども研究されてきている (國部、伊坪ら 2006; 中寫、伊坪 2015)。本稿では、このようなMFCAの発展において、環境影響評価手法であるLCA (ライフサイクルアセスメント) に代表される環境影響情報とMFCAの統合モデルの可能性と統合モデルを促進する上での課題について、日独両国での知見を共有しながら本稿で解説している。

## 2. 国際規格 (ISO14501 and ISO14052) における MFCA の特徴と環境負荷要因の取扱い

まず、MFCAとは何かという定義であるが、もともと、MFCAは企業の内部マネジメント手法として発案され、マスバランスと製品ならびにマテリアルロスへのコスト評価を基本概念としながら発展してきたことから、MFCA使用者の独自の活用が可能であり、実務的には様々なMFCAが存在する。たとえば、日本でのMFCAに関する経済産業省委託事業とその委託事業に関する報告書などが日本企業でのMFCAのひな形として活用されたと考えられる (経済産業省 2002; 中寫、國部 2002, 2008)。委託事業による企業事例も、2000年以降10年以上にわたって継続的に作成・公表され続け、事例発表会などを通じて日本国内を中心に積極的に普及・促進されてきた。このような日本でのMFCAの発展を基礎に、MFCAの国際規格化が提案・実施されたことから、日本でのMFCAならびに国際規格 (ISO14051) 化されたMFCAが、国内外で一般的なMFCAとして理解される傾向にある。したがって、本節では国際規格化されたMFCAを基礎に、MFCAの環境マネジメント手法としての可能性と今後の課題についてみることにする。

MFCAの導入範囲は、組織内のひとつのプロセスまたはその組織全体 (= プロセス) としている。しかし、MFCAが本源的にひとつの組織を最大の適用範囲しているわけではない。国際規格化の検討過程で、LCAとの違いを明確にし、両者を区別する上で、MFCAはひとつのプロセスまたは組織を手法の範囲としているだけである。したがって、MFCA分析、特にマスバランスによる物量単位でのマテリアルフロー分析をより広範囲なライフサイクルに拡張することは理論上可能である。ただし、MFCA

が実務での適用事例を基に発展してきたことから、広範囲なライフサイクルでの全ての投入マテリアルに関する物量を単位とするマテリアルフローを個別に把握することは現実的にはまだ不可能であり、さらに、そのマテリアルフローをコスト評価することは実務的にはまだまだ解決をしなければならない多くの課題がある。

既存のマネジメント情報を基礎に実務上での適用可能性を検討すると、MFCAは、現時点では企業もしくは企業間の意思決定を支援するマネジメント手法である。MFCAのユーザーである企業が、自社内または自社と他社間において発生するマテリアルロスの削減を企業経営上で実現することに限定している、もしくは限定せざるを得ない限り、企業内のプロセスまたは企業間をMFCAの導入範囲とすることになる。一般的に、自社の (1次) サプライヤーの上流に存在するサプライヤー (2次サプライヤーなど) や自社の顧客の先に存在する顧客 (企業や消費者など) に、自社の直接的な意思決定を及ぼすことはできないからである。このように自社の意思決定の可能な範囲での有用性を目的としたMFCAを発展させたことから、日本企業において比較的多くの成功事例を生み出せたと考えられる。

このように経営における意思決定での有用性の根拠としては、既存のマネジメント手法である原価計算を援用していることもあり、費用対効果による意思決定である。したがって、環境影響の相対的な大きさではなく、経済的な価値であるコストの大きさやコストに見合う利益の大きさでの判断に基づいている。MFCAが直接的には経済的な効果を強調しすぎていると批判される所以であり、より環境影響の低減を促進する手法への展開が期待されている (ISO 2011; 2015)。

たとえば、環境負荷の重要な要因のひとつであるエネルギーに関しても、ドイツのIMU (Institute für Management und Umwelt, Augsburg) でMFCAを発案した当初から、マテリアルのひとつであると定義していた (Strobel and Redmann 2001)。このことから、日本でのMFCAプロジェクトでもエネルギー消費も個別に工程内で分析しようとした (中寫、國部 2002, 2008)。しかしながら、一般的なマテリアルに対して、エネルギー消費を工程内の細かな作業ごとや設備ごとに、さらに製品やマテリアルロスの関係ごとに測定することは難しい。また、投入エネルギー量も実務レベルでは月次での把握であり、さらに一般的には複数の作業や設備が混在した消費量データしか分からないことも多い。

日本でのMFCA導入プロジェクトの初期では、エネルギー (業種的には、機械・設備等の電気代) のコスト額がマテリアルロス評価額に比して大きくなく、コスト削減対象としての重要性からのみ判断された結果、エネルギーに

関して細かな測定ならびに十分な分析も実施されてこなかったこともある。後に、MFCAにおけるこのエネルギーの取扱いが、MFCAの国際規格化の過程では改めて重要な課題のひとつとなり、結果として、ISO14051の付録でのエネルギー消費に関する説明に留まっている（ISO 2011）。要点としては、投入されたエネルギーに関して、当該加工なり作業において理論的に必要とされるエネルギー量以上が消費されていることが多く、投入エネルギー量の削減も重要であると指摘しているだけである。

また、環境影響評価でも重視される水に関しても、日本において、水の使用量が当時、業種にもよるが、製造コスト的に大きく意識されることがなく、さらには井水などを使用した場合には、企業の感覚としてはタダ（無料）の水という意識が強く、流量計を個別に設置してまで測定しようということにはなかった。

したがって、MFCAは環境管理会計手法として、ISO14000ファミリーの中で国際規格（ISO14051）化されたが、ユーザーの意識として、MFCAは新たなコスト削減手法であり、そのコスト削減はマテリアルロスの削減によって実現され、結果として、環境負荷削減にも貢献するという手法として確立したと言える。

現在、国際規格化（ISO 2016）が進行中であるMFCAのサプライチェーンへの展開も、自社内でのマテリアルロス削減を実施する上で、サプライヤーや顧客との協働が必要な場合が多くみられることと、さらに、このような企業間に起因するマテリアルロスが企業内部に起因するマテリアルロスに対して相対的に大きいことが事例研究からも多くみられることが背景にある（経済産業省 2011; Schmidt and Nakajima 2013; 中島 2009; 中島、木村 2012, 2014）。

また、日本におけるサプライチェーンにおけるMFCA事例において、サプライチェーンを構成する企業は、MFCAを最初に導入しサプライチェーンでのMFCAを先導する企業と、その企業のサプライヤー（たとえば、1社）と（または）顧客（たとえば、1社）をモデルとして構想・企画されている。理論的に考えられるサプライチェーンやライフサイクルのように、複数のサプライヤーやサプライヤーのサプライヤー、さらには複数の顧客や顧客の顧客は、具体的なMFCAの実用例としては想定されていない。さらに、LCAの事例研究とは異なってMFCAの事例研究においては、揺りかごから墓場までのライフサイクルを範囲とした一貫通貫のMFCA分析はまだ実施されていない段階である。ライフサイクルでのMFCAの実施を想定した場合には、自社の事業に関連する一連の組織におけるマテリアルフローモデルの作成とデータ収集、その調査結果のプロジェクトメンバー間の開示共有を必要とするなど、現時点では現実味が無い。したがって、上記の2社もしくは

3社による企業間におけるMFCA分析が最小のセルとなり、この最小単位である各セル（2～3社からなる複数企業単位）がそれぞれに連携することで、たとえば、ライフサイクルの範囲に拡張することを目指している。

このようなMFCAにおける制約や課題がある一方で、日本だけでなく、東アジア・東南アジアなど産業集積が進む国々で、MFCAが企業に広く普及し始めていることも事実である。このような普及に合わせて、たとえば、これまでのMFCAをより環境配慮志向のマネジメント手法として発展させるために、MFCAとLCAの統合可能性を検討し、経済と環境とが「同等に」両立するマネジメント手法へと発展させることは企業において重要である。そして、この発展型のMFCA手法によってマネジメントすることで、サステナビリティ経営が実現できると考えられる。

### 3. より広範な範囲および環境影響・社会的影響をも取り込んだ MFCA 分析：ドイツでの事例から

先にも述べたように、日本におけるMFCAの導入当初から、日本でのMFCAは製造工程のようなプロセスをその導入範囲として設定され、環境管理会計手法として発展した。それに対して、ドイツ・IMUでのMFCAはSAPやORACLEなどERPシステムにMFCAの概念を挿入し、企業の情報システム全体に組み込んだようなMFCAが企画され試行された（Wagner and Enzler 2005）。そのような適用の拡張性があるにもかかわらず、日本でのMFCAを基礎とした現在の一般的なMFCAでは、必ずしも、企業全体を範囲とした膨大なデータを測定・収集し、MFCA分析に合わせて処理することを必要要件としていない。したがって、MFCAとLCAの統合モデルを考えた場合に、ともに製品製造に関する物質的・物理的なインプット・アウトプットのフローを評価するにもかかわらず、MFCAとLCAのデータ収集の範囲の相違から両者の統合が困難となっている。

たとえば、MFCAの分析範囲が、ひとつの製造工程であるにもかかわらず、LCAは原材料の取得から最終処分に至るまでの製品システム全体を範囲としたライフサイクルであることである（日本規格協会 2014）。MFCAの適用範囲が比較的狭いが個別性の高い実測値など実際値をもとに、意思決定に有用な情報を作成する。それに対して、LCAでは相対的に広範囲なライフサイクルのデータに基づいて環境影響評価するので、全てのデータがMFCAと同様に実測値など実際値に基づくならば、意思決定上の有用性は同次元にあると言えるが、実際にはライフサイクルデータの一部（大部分）は一般的な推測値になる。このようなデータ範囲の違いをまずは克服する方法はないのだろうか。

このような課題に対する解として、MFCAの範囲を拡張することが考えられる。次に、共著者のワグナー教授が深く参画したドイツのバイオマスでのMFCAプロジェクトをもとに、より広範な範囲なMFCAの可能性ならびにLCAとの統合可能性について論じることとする。

### 3.1 バイオマスにおける MFCA プロジェクト

次に示す図1は、ワグナー教授が指導したドイツのバイオマスにおけるMFCAプロジェクトのマテリアルフローモデルであり、MFCA分析とカーボンフットプリント分析を組み合わせた分析結果の総括を示すものである(Nertinger and Wagner 2011)。図1にあるように、マテリアルフローモデルは、左から物量センターとして、「森林育成」・「伐採と輸送」・「木材粉碎への輸送」・「木材粉碎」・「発電所への輸送」・「燃焼」・「輸送と保管」が設定されている。簡単に言えば、森林から木材が切り出され、その木材(一部)によってバイオマス発電が実施され、熱・電力・灰が最終的にアウトプットされる。また、このマテリアルフロー間においても、MFCA分析や環境影響・社会的影響の調査が各物量センターで実施されている。特に、物量センター「伐採と輸送」では、マテリアルロスや環境影響・社会的影響も含めて、栄養塩除去・固め土壌・騒音・生物多様性の喪失・富栄養化が挙げられている。また、物量センター「木材粉碎」では、廃棄物・騒音・事故・臭気・土壌による封止・過重な仕事が挙げられている。

図1での体系的に示されている内容は、カーボンフットプリント情報ということで、CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)・N<sub>2</sub>O(亜酸化窒素)・CH<sub>4</sub>(メタン)の各物量センターでの排出状況である。これらの情報に基づき、バイオマスの経済・環境・社会に関するサステナビリティを評価することが目的となっている。カーボンフットプリント情報ということでは、CO<sub>2</sub>・N<sub>2</sub>O・CH<sub>4</sub>をCO<sub>2</sub>換算して全体を評価した場合には、図1に示すように、35~40g-CO<sub>2</sub>eq./kWhとなり、他の発電との比較情報が提供でき、バイオマスの優位性を説明することができる。また、CO<sub>2</sub>排出という観点では、物量センター「伐採と輸送」から「発電所への輸送」までのプロセスで全体の97%を占めており、N<sub>2</sub>O・CH<sub>4</sub>の排出という観点では、物量センター「燃焼」が全体の98%を排出している。また、CO<sub>2</sub>換算量された排出量全体の72%を物量センター「燃焼」が排出している。このように、バイオマスの他の発電との比較情報と温暖化ガス排出の現状の見える化を提供する。さらには、MFCAに基づく貨幣価値情報も提供することが可能であり、改善に伴う費用対効果の判断に活用されているとのことである。

このような分析においてLCAに基づく情報は、CO<sub>2</sub>換算係数の提供という形で活用されており、情報の活用という点では積極的な連携関係にあると言えよう。

ドイツにおいて、このような広範囲なMFCA分析ならびに環境影響・社会的影響の分析を実施できるのには、次のような背景があるようである。まずは、エネルギー産業

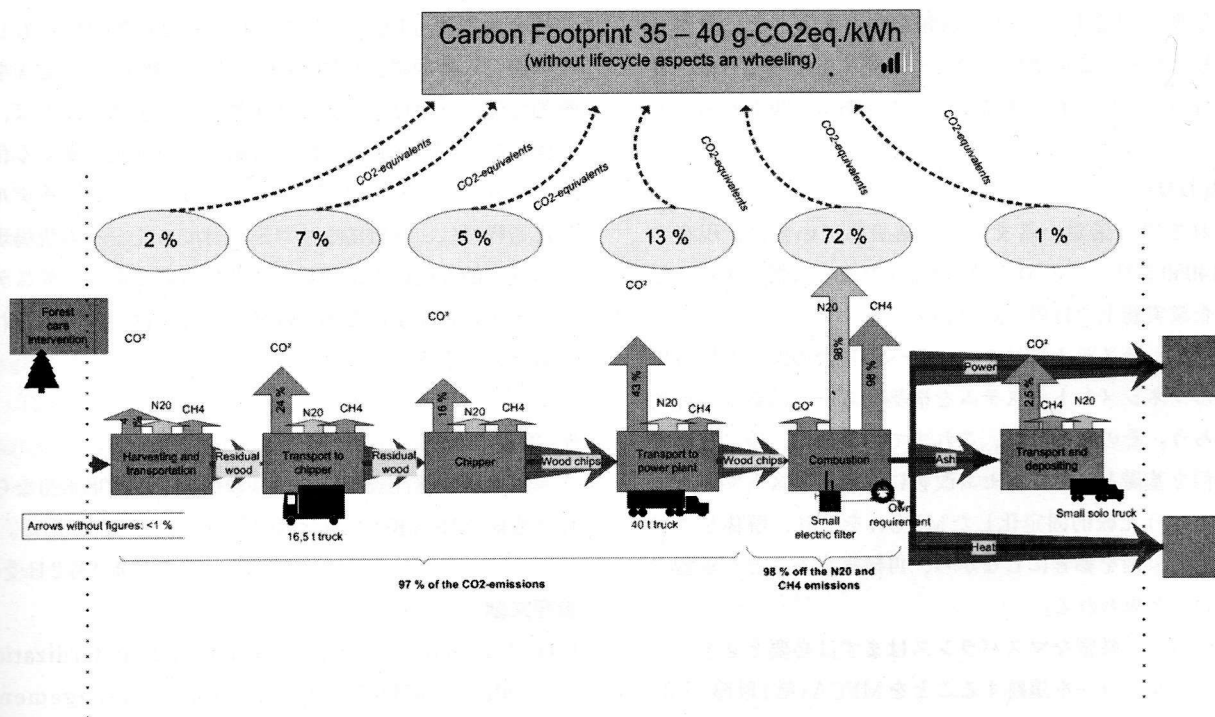


図1 ドイツにおけるバイオマスでのMFCA事例

出所: Nertinger and Wagner (2011)。著作権者(Springer-Verlag)の許諾を得て、英訳して転載

のひとつであるバイオマスであるからである。ドイツのエネルギー政策の中で、再生可能エネルギーによるエネルギー供給に関しては補助金申請ができるようである。補助金の規程において、必要要件を満たしているかという客観的かつ科学的根拠が必要である。また、本バイオマス事業において、銀行などの金融機関や投資家の支援も必要であり、金融機関や投資家への説明情報として、補助金申請と同じく、本プロジェクトでの図1に示したような情報が必要である。具体的には、たとえば、MFCAによる資源生産性情報に基づく環境とコストなどの経済情報、また温暖化ガス排出に関する環境影響情報、さらには地域社会や人的な影響などの社会的影響に関する情報を揃える必要がある。

ドイツにおいても、一般的には、このような広範囲なMFCA分析には、複数の組織責任者の同意が必要で、かつ容易ではないとのことであった。このようなプロジェクトは面倒であることから、プロジェクトにおいて、参加者(組織)にとってウィン・ウィンの関係が可能であること、将来性が高いことを示すことが必要である。また、一般的には実施には契約が必要で、製品やサービスの価格や品質に関するコミュニケーションと取り決めも必要である。本プロジェクトでは資本的には独立しているが、関係する組織との取引関係が長期的ではあった。この点は、コミュニケーションの取りやすさに影響しているように思われる。

政策的なインセンティブ(補助金など)がこのような広範囲なプロジェクトを可能とし、その必要要件が環境・経済・社会というサステナビリティを向上させる内容であることがMFCAを有効に活用する機会を与え、さらには、環境影響を測る上で、LCA情報を利用することに繋がったと思われる。この事例をひとつの見本とするならば、日本の政策においても参考にすべき点はあると思われる。

#### 4. おわりに

これまでの議論を踏まえて、結論的にいえば、現在のISO14050シリーズのMFCAとLCAを簡単に統合することは、企業実務上では難しいと言えよう。

ただし、サステナビリティ経営への社会の関心と期待に応えるマネジメントシステムを構築することは必要不可欠であろう。そのためには、これまでの議論で、特に日本での事例を基礎としたプロセス改善に資するコストマネジメントという比較的固定化したMFCAを一旦、解体し、ドイツでの事例を参考にしながら、再構築することが重要ではないかと思われる。

要するに、厳密なマスバランスはまずは必要とせずに、マテリアルフローを追跡することをMFCA(第1段階)とし、広範囲な様々なマテリアルフローをまずは見える化することが重要であろう。次いで、マテリアルロスやその環境影

響・社会的影響を特定し測定する必要がある。なお、その測定された事実を客観的かつ科学的に根拠づける必要があり、その場合にマスバランスを活用することが有用である。この段階において、物質的な排出に関しては、客観的かつ科学的根拠によって見える化できる。

そして、これらの情報をもとに、経済的な機会はコスト評価手法を活用して評価し、同時に、環境影響に関しては、たとえば、LCAの支援を得ることで評価することが有効であると考えられる。ただし、LCAの環境影響がCO<sub>2</sub>などの温暖化ガス排出に依拠するのに対して、昨今の環境影響の多面性に十分に伝えることが可能かはさらに検討が必要であると思われる。

また、現状の改善における意思決定に際にして、コスト情報は、意思決定者である企業にとっては、ある程度、情報の信頼性を得るに至っており、またコスト情報の活用経験も蓄積されている。それに対して、環境影響を評価する上で、「ある程度正確ではあるが厳密性を欠く部分がある」という状況から「実務上の意思決定において信頼の置ける正確性」とであるという段階へと向上したLCAの経験と蓄積を期待したい。なお、原価計算史の研究を踏まえて、私見であるが、「実務上の意思決定において信頼の置ける正確性」とは、必ずしも科学的な正確性の根拠だけでなく、適当な正確性の追求と、その正確性の目的適合性の説明、何よりもその正確性への社会的な理解を得ることであると思われる。その実験的な見える化を実施するだけでも、今課題となっているサステナビリティ経営では、適用可能であると考えられる。

社会的影響もLCAの応用として考慮可能なものかもしれないが、一般的に、MFCAが経済的な側面を、LCAを環境的な側面を評価し、意思決定情報を提供するならば、先の図1でもあったように社会的側面での評価も見える化の中では取り入れる必要がある。マテリアルフローモデルの作成過程では、物質的なフローだけでなく、その現場現場での社会的な問題も垣間見ることが可能である。サステナビリティに寄与するための課題と可能性は既に見出されていると言えよう。

#### 5. 謝辞

本稿は科学研究費補助金(基盤研究C:25380629ならびに基盤研究B(分担):26282082)の成果の一部である。

(平成28年4月2日受付)

#### 参考文献

- ISO [International Organization for Standardization] (2011): ISO14051 Environmental management - Material flow cost accounting - General framework  
ISO [International Organization for Standardization]

(2016): ISO14052 Environmental management - Material flow cost accounting - Guidance for practical implementation in a supply chain (Draft International Standard)

- 経済産業省 (2002): 環境管理会計手法ワークブック, 268
- 経済産業省 (産業技術環境局 リサイクル推進課) (2011): 平成22年度 経済産業省委託事業 サプライチェーン省資源化連携促進事業 事例集, 133
- 國部克彦, 伊坪徳宏, 中寫道靖 (2006): 国民経済雑誌, 194 (3), 1-11
- 國部克彦, 伊坪徳宏, 中寫道靖, 山田哲男 (2015): 低炭素型サプライチェーン経営: MFCAとLCAの統合, 中央経済社, 東京, 264
- 中寫道靖 (2009): 環境管理, 45 (4), 60-65
- 中寫道靖, 伊坪徳宏 (2015): MFCAとLCAの統合モデルの開発, 國部ら (2015), 135-148
- 中寫道靖, 木村麻子 (2012): 原価計算研究, 36 (2), 15-24
- 中寫道靖, 木村麻子 (2014): 原価計算研究, 38 (1), 59-69
- Nakajima M., Kimura A., Wagner B. (2015): Journal of Cleaner Production, 108, 1302-1309
- 中寫道靖, 國部克彦 (2002): マテリアルフローコスト会計 - 環境管理会計の革新的手法, 日本経済新聞社, 東京, 254
- 中寫道靖, 國部克彦 (2008): マテリアルフローコスト会計 - 環境管理会計の革新的手法 (第二版), 日本経済新聞出版社, 東京, 287
- Nertinger S., Wagner B. (2011): UmweltWirtschaftsForum, 19(1-2), 37-47
- 日本規格協会 (2014): JISハンドブック58-2 環境マネジメント, 東京, 820
- Schmidt M., Nakajima M. (2013): Resources, 2 (3), 358-369
- Strobel M., Redmann C. (2001): Flow Cost Accounting, Institute für Management und Umwelt, Augsburg, 36
- Wagner B. (2015): Journal of Cleaner Production, 108, 1255-1261
- Wagner B., Enzler S. (2005): Material Flow Management: Improving Cost Efficiency and Environmental Performance, Physica-Verlag, Heidelberg New York, xi+206