

論 壇

企業への適用を通じた MFCA の進化の研究

下垣彰

〈論壇要旨〉

本論文の目的は、MFCA (Material Flow Cost Accounting) が企業への適用を通して、どのように進化したかを研究することである。

MFCA は、マテリアル、エネルギーのロスを見える化する環境管理会計の手法である。その狙いは、マテリアルロスやエネルギーロスの低減である。それは、コスト改善と環境負荷低減の両面で企業にメリットを与える。廃棄物発生量の多いプロセス、エネルギーを大量消費する工場で効果が大きい。

日本での MFCA の研究は 2000 年に始まり、10 年以上が経過した。この間、多くの企業へ適用され、その結果を検証し改善されてきた。その改善は、計算理論、改善手法、企業の活動展開方法の分野で行われた。その結果 MFCA は、より効率的、効果的な手法へと進化できたものと思われる。

〈キーワード〉

MFCA, 環境管理会計, マネジメントアクション

Research of MFCA evolution by application in companies

Akira Shimogaki

Abstract

The purpose of this study is clarification of evolution of MFCA (Material Flow Cost Accounting) through application to companies.

MFCA is a method of environmental management accounting and visualize losses of material and energy. The application of MFCA is reducing losses of material and energy. The Companies using MFCA reduce costs of material and energy, and reduce environmental impacts. The effect of MFCA is large at plant that generate waste product or consumes energy in large quantities.

Research of MFCA in Japan started in 2000, and ten years or more passed. In the meantime, MFCA was applied in many companies, verified the result and has improved. The improvement was made in the field of the accounting theory, the improvement technique, and the activity method of companies. It seems that MFCA has evolved into the more efficient and more effective technique as a result.

Key Words

MFCA, Environmental Management Accounting, Management Action

1. はじめに

MFCA は、2000 年に日本での研究が開始されてから、次のような進化を遂げてきた。

まず計算理論の進化である。MFCA の計算の基本的考え方が、非常にシンプルになった。その結果、当初は原材料や補助材料だけであった直接的な分析対象が、エネルギーにまで拡張できるようになった。これは特に、大量の熱を使う鋳造加工分野、蒸気や水等の用役分野の省エネに効果をあげている。またこの計算理論の進化を受け、MFCA を使った改善手法の進化と、企業の改善活動への展開方法の進化がなされた。

本論文の第1章、第2章では、現在の MFCA の分析方法を簡単に紹介する。現在の効率的、効果的な分析手法を知ることは、MFCA の進化を振り返るに当たり、過去の手法の問題点を理解しやすくするためである。

日本において MFCA は「基礎的な計算理論の開発段階」、「実践的な計算手法の開発段階」、「効果の大きい適用対象の研究段階」、「効果的・効率的な展開方法の研究段階」の4段階で進化を遂げてきた。本論文の第3章ではその進化の経緯を整理する。また MFCA の進化に各段階においては、企業への適用効果や方法についての検証、議論の場が、MFCA 適用効果と共に、手法としての問題点を認識させ、手法の改善のきっかけを作ってきた。ここでは、そうした議論をきっかけとしてなされた改善について、振り返る。

そして最後の第4章では、MFCA にとっての改善アクション、マネジメントアクションを考察する。

1. マテリアルロスとMFCA

MFCA (Material Flow Cost Accounting) は、消費資源のより少ないモノづくりへの改善を目的とした環境管理会計手法である。その基本的な考え方は、「マテリアルのロスを物量とコストで見える化する」である。2011年9月にISO14051として発行された。

MFCA は、化学、機械加工、成形加工、半導体製造等、製造工程の中で廃棄物が発生する、あるいはエネルギーを大量消費する加工型製造業で効果が大きいとされている。

ところで MFCA は「ロスを見る化する」手法と上で述べた。こうした分野の企業の方は、次のように疑問に思うかもしれない。「原材料等のロスは、歩留率や収率、不良率等により見えてはいるはず」だと。

実はマテリアルロスには既知のロスと未知のロスがある。多くの企業は原材料について、歩留率や収率、不良率等で指標化し、ロスを見ている。しかし未知のロスがあることを認識している企業は、ほとんどない。

MFCA を使う一つ目の目的は、未知のロスを発見し、改善するとともに、マテリアルの管理システムを改善し、未知のロスの新たな発生や増加を防ぐことである。

また既知のロスは、管理ロスと容認ロスに分けられる。管理ロスは、不良等のように継続的に測定、指標化され、改善の仕組みがある。

企業への適用を通じた MFCA の進化の研究

一方、容認ロスは、原料や設備の仕様や製造方法等が要因となっているため、組織的に容認（仕方なく承認）されているロスである。しかし、設備や金型導入後にも技術は革新され続けており、また顧客や市場の変化に伴い生産品目の構成や量も変化する。承認された当時の技術の限界は、今の限界ではない。そのため、容認ロスにも改善のメスを入れるかどうか検討する仕組みが必要である。ただし容認ロスの改善は、原料や設備、製造方法の改善であり、設備投資が伴うことが多く、投資効果の評価が必要である。

MFCA を使う二つ目の目的は、設備投資や改善活動に投資するだけの価値のある改善領域や改善課題を発見することである。そのため MFCA では、マテリアルロスを物量だけでなく、金額でも見える化する。

未知のロス	盲点ロス・無管理ロス		
既知のロス	管理ロス	容認ロス	
改善課題	改善可能 (今の技術、前提条件下でも)	Innovation 技術、前提条件の変更が必要	不可能 技術、前提条件の変更ができない

図1 マテリアルロスの分類

図1にマテリアルロスの分類を整理した。現在の MFCA では、マテリアルロスを既知のロスである管理ロスと容認ロス、未知のロスである盲点ロスと無管理ロスに分けて分析する。この区分単位に、改善のアプローチが異なるためである。

また後に述べるが、これは、最新の MFCA 研究の成果のひとつである。

2. 現在の MFCA の分析手法

現在の MFCA のマテリアルロス分析の手順は、次の通りである。

- ① マテリアルバランス分析で、ロスの総量を見える化する
- ② ロスの内訳分析で、未知のロスを明らかにする
- ③ マテリアルロスのロスコストを評価する

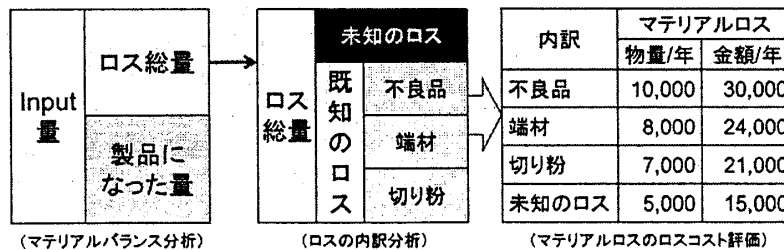


図2 MFCA によるマテリアルロスの分析手順

この分析は材料別に行う。材料別にロスの総量が見えないと未知のロスが把握できないため、ロスの総量算定がポイントになる。そのポイントは次の通りである。

- ・ 材料別に、Input 量と製品になった量を、同じ単位（例えば重量、kg）に換算する

- ・ Input量 (kg) = 期首在庫量 (kg) + 購入量 (kg) - 期末在庫量 (kg)
- ・ 製品になった量 (kg) = 製品生産量 (数量) × 製品の材料含有率 (kg/個)
- ・ ロス総量 = Input量 (kg) - 製品になった量 (kg)

情報システムが整備されている大企業では簡単に思えるが、システムの情報が、統合的にロスを把握できるように整理、体系化されておらず、容易でないことが多い。

3. 日本におけるMFCAの進化の経緯

日本におけるMFCAの進化は、次の4段階に分けて考えることができる。

- ・ 基礎的な計算理論の開発段階 2000年～2003年
- ・ 実践的な計算手法の開発段階 2004年～2010年
- ・ 効果の大きい適用対象の研究・拡張段階 2006年～2011年
- ・ 効果的・効率的なMFCA展開方法の研究段階 2011年～

以下、夫々の段階でのMFCAの研究で開発、改善されたことを述べる。

(1) 基礎的な計算理論の開発段階

MFCAは1990年代にドイツで原型が開発された。1999年に通商産業省（現在の経済産業省）の「環境ビジネス発展促進等調査研究環境会計委員会（委員長：神戸大学國部克彦氏）」が始まり、6つの環境管理会計手法の研究が行われたが、その一つがMFCAをテーマとしたものである。

日東電工、キャノン、田辺製薬、タキロン の4社でMFCAが実験され、その計算理論の基礎が固まった。この研究結果は、2002年に経済産業省の発行した「環境管理会計手法ワークブック」で報告された。

http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/kaikeiWB/contents1.htm

ここではMFCA計算のアウトプットとして、表1のマテリアルフローコストマトリクスが提案された。

表1 マテリアルフローコストマトリクス (例)

	マテリアル コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	小計
良品	12,382千円	3,581千円	0千円	15,963千円
マテリアルロス	5,791千円	599千円	395千円	6,785千円
小計	18,173千円	4,180千円	395千円	22,748千円

表1について解説する。

- ・ マテリアルコスト：材料費
良品のマテリアルコスト = 製品になった材料の物量 × 単価
マテリアルロスのマテリアルコスト = 製品になかった材料の物量 × 単価
- ・ 廃棄物処理コスト：廃棄物処理にかかった費用
- ・ システムコスト：直接労務費、減価償却費などの加工費

企業への適用を通じたMFCAの進化の研究

システムコストは良品分とマテリアロス分に配賦する。ただし、まだ配賦方法の標準的な考え方がなかった。

振り返ってみると、この段階は、マテリアロスのコスト評価に重心が置かれていたと思われる。一方、MFCA計算に非常に時間を要するなど、実際の適用面で非常に課題が多かった。特に、システムコストの配賦に時間がかかっていたと思われる。

(2) 実践的な計算手法の開発段階

2004年から2010年にかけて、MFCAの開発と普及を目的とした経済産業省等の事業が行われた。これらの事業を通しておよそ300事業所でMFCAが導入され、適用効果の検証が行われた。

その中で、効率的にMFCAの計算を行うツールも同時に開発された。表計算のソフトで作られたMFCA計算ツールは、2006年度の経済産業省から日本能率協会コンサルティングに委託された事業の中で公開され、下記アドレスでダウンロードできる。

計算ツール本体：http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_tool_ver4.xls

計算ツールのマニュアル：<http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/MFCA%20Ver.zip>

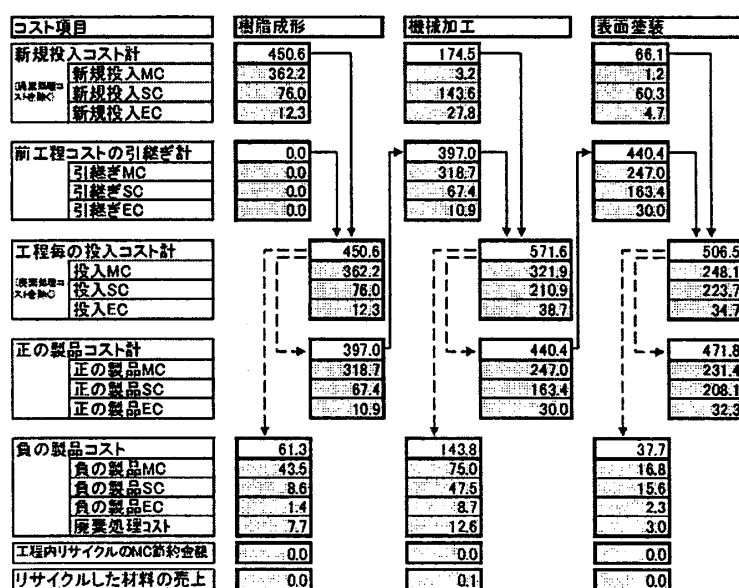


図3 コストフロー図

この計算ツールは、下記の考え方で図2のコストフロー図を作成し、表1のフローコストマトリクスを正確に計算することを目的としていた。

- ・ 工程毎に、製造コストを正の製品（良品）のコストと負の製品（マテリアロス）のコストに分ける。
- ・ システムコスト（SC：減価償却費、労務費等）、エネルギーコスト（EC）は、各工程で投入した原料の正の製品と負の製品の比率で、正の製品コストと負の製品コストに配賦する。
- ・ 正の製品コストは次工程に引き継ぐ

しかし、企業でMFCA適用をする中で、この計算ツールには次のような問題があることが明確になっていった。

- ・ 多様な製造プロセスに対応するために、ツールの計算ロジックやカスタマイズが複雑になった。
- ・ ツールへの入力効率はできるが、入力するデータ整理にはやはり時間が必要。
- ・ ツールがあるが故に、このツールを使って MFCA の計算をすることが目的になることが増え、実際の生み出した改善との関連性が薄くなった。

このような問題が生じた原因は、システムコストやエネルギーコストを正の製品コスト、負の製品コストに配賦する際に、その正確さを求めすぎたためと考えられる。

そもそも、マテリアルロスのコスト評価にシステムコストを含めたのは、マテリアルロスのコスト評価をより正確にしたいという思いからきている。しかし、システムコストの多くは固定費であり、マテリアルロスを削減してもそれに比例してシステムコストの金額が小さくなるものではない。そのためシステムコストの正の製品コスト、負の製品コストへの配賦の正確さを求めるべきでないという意見もあった。

表2 MFCA バランス集計表 (例)

Input(金額単位:千円)			Output(金額単位:千円)				
38,198千円			正の製品		負の製品		
			32,521千円		5,677千円		
			85%		15%		
マテリアルと材料費	量	金額	量	金額	量	ロス率	金額
金属材料(インゴット)	100,000 kg	25,000	95,000 kg	23,750	5,000 kg	5.0%	1,250
離型剤	2,000%	600	0%	0	2,000%	100%	600
潤滑剤	1,000%	200	0%	0	1,000%	100%	200
溶解エネルギー(ガス)	762 GJ	1,523	98 GJ	196	664 GJ	87.2%	1,328
保持エネルギー(電力)	360 GJ	540	0 GJ	0	360 GJ	100%	540
冷却水	10,000 m ³	60	0 m ³	0	10,000 m ³	100%	60
コスト小計		27,923	86%	23,946	14%		3,978
廃棄物処理		金額					金額
廃棄物処理費用		275					275
エネルギー	使用量	金額		金額			金額
動力用電力(kwh)	100,000 kwh	2,000	86%	1,715	14%		285
システムコスト		金額		金額			金額
コスト小計(直接労務費、減価償却費)		8,000	86%	6,860	14%		1,140

よりシンプルな MFCA の計算手法を求める声が増える中で、2008 年度の経済産業省の事業の中に WG (関西大学中島道靖氏、他) が設けられ、より簡易的な考え方の MFCA 計算のアウトプットが提案された。それが MFCA バランス集計表 (表2 参照) である。

また MFCA バランス集計表は、「MFCA 手法導入ガイド(2009 年度版)」に記載、説明されている。

MFCA 手法導入ガイド：http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide.pdf

この MFCA バランス集計表は、次のような点が、図3のコストフロー図の計算方式と異なっている。

- ・ 材料別に、正の製品、負の製品の物量を明確にするようにした。
- ・ システムコスト、エネルギーコストの正の製品コスト、負の製品コストの配賦を、材料費の正の製品コストと負の製品のコストの比率で按分するようにした
- ・ エネルギーの中でも、エネルギーロスが算定できる場合は、マテリアルとして扱うようになった

った

このことは、それまで原材料、補助材料だけだった MFCA を使ったマテリアルロスの評価対象を、エネルギー等の資源全般に拡張するきっかけになった。またこれ以降、MFCA 計算手法の議論は次第に収斂し、その後の MFCA の進化は、より効果性、効率性の高い改善対象や改善活動を求めたものへと変化した。

(3) 効果の大きい適用対象の研究・拡張段階

2006 年以降、計算手法の改善と並行して、MFCA の効果的な適用分野の研究が進んだ。

MFCA は基本的に廃棄物発生の多い分野、エネルギー消費やエネルギーロスの多い分野に適用すると大きな省資源、省エネ効果につながる。MFCA の適用効果の大きい分野は、次のマテリアルや物質のフローである。

- ① 原材料フロー：金属、木材、フィルム等の原材料に、切断、研削等の加工を行うプロセス。原材料のロスを前提とした加工のため、原材料の廃棄物が多い。
- ② 廃棄物・廃液処理フロー：廃棄物処理にも材料、エネルギーを使用する。特に化学プロセスの反応に使用される溶媒、或いは洗浄に使用される溶剤は、その廃液処理に使う材料、エネルギーが多く、これらはすべて資源ロスである。
- ③ 熱フロー：鑄造やガラス成形等のように原料を高温で熱溶解するプロセス。溶解に消費する熱のエネルギーロスが非常に多い。
- ④ 用役フロー：蒸気、圧縮空気、純水等の用役はエネルギー価値の高いマテリアルである。用役の製造～消費のフローを通してみるとエネルギーロスが大きい。

このうち③の熱フロー、④の用役フローは 2010 年以降に、研究と実践が始まった領域である。そのうち、③の熱フローへの初めての適用の結果について説明しておく。

2010 年の経済産業省の事業において、鑄造工場やダイカスト工場に MFCA を適用した。その際、省資源の改善課題を見出すためには、原料の金属を溶解するための熱エネルギーの課題は無視できなかった。

その前に、MFCA バランス集計表ができていたため、材料別の正の製品、負の製品の物量を算定することの重要性が分かっていた。そのため熱収支の計算を行い、熱エネルギーを材料の一つとして MFCA バランス集計表に組み込むだけで、MFCA バランス集計表の計算は終わった。計算してみると、金属の溶解に投入した熱エネルギーのうち 90%前後が熱損失となっており、その熱損失分のエネルギーコストは他の原材料ロスの材料費と比べてもかなり大きなものだった。

鑄造工場やダイカスト工場の関係者と一緒にその結果を見て、議論した結果、各企業の関係者から、次のような意見が出された。

- ・ 金属溶解なのでエネルギーを大量に消費していると認識はしていたが、熱損失がこれだけ多いとは知らなかった。
- ・ これまでも溶解原単位（電力量÷金属溶解量）は見ていたが、熱損失量は見ていなかった。溶解原単位だけでは、改善の発想に結びつきにくい。

(4) 効果的・効率的な MFCA 展開方法の研究段階

2011年以降のMFCAの進化は、民間企業の自主的な研究と、日本MFCAフォーラムの研究会の中で進められている。特に、日本MFCAフォーラムの研究会では、WG3、WG4、WG6の3つの研究会が、MFCAの手法の研究を継続してきた。その目的は、より効率的で効果的な資源生産性向上活動の考え方を整理・体系化することである。

それは(3)の「MFCAの適用が効果的な分野の研究」を通じて、効果的な分野が明確になると同時に、MFCAの改善課題が、改めて次のように再認識されたためでもある。

- ・ 見えていないロスが見えるようにすることに、最も大きな価値がある
- ・ 資源ロスの見える化手法として、改善行動、改善活動に結びつく形で、体系化するべきである

WG3、WG4、WG6の概要を表3に整理した。なお、1章、2章で紹介した現在のMFCAの考え方と分析手法は、WG3等の研究会の議論を通して、整理されたものである。

表3 日本MFCAフォーラムのWGテーマと研究事項の概要

WG3	<p>テーマ：新しい生産革新ツールとしてのMFCA (WGリーダー：安城泰雄)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ モノづくり現場のIE/QC/TPM等の改善活動と、マテリアル分野の改善活動の位置づけを整理し、マテリアルロスの効率的な分析と改善の考え方を提案
WG4	<p>テーマ：用役のエネルギーロスの見える化 (WGリーダー：下垣彰)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 用役のエネルギーロスの定義と算定方法を提案し、用役のエネルギーロス改善の考え方を整理
WG6	<p>テーマ：経営のMFCAとシステム化 (WGリーダー：下垣彰)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 資源生産性向上の取り組みにおける経営層、経営スタッフの役割を提案し、資源生産性の継続改善をするための経営指標とMFCA情報の関連性を整理 ・ マテリアルロス総量を見える化するための情報システムの基本ロジックを構築

4. MFCAの改善とマネジメントアクション

表4 ロス区分と改善、マネジメントアクション

ロス区分	改善の考え方	マネジメントアクション
管理ロス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重点対象を決め、不良等の問題の要因を分析し、改善を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 品質管理の仕組みに則って改善活動を展開 ・ 仕組みの見直し、活動の強化
容認ロス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備、金型の改善 ・ 材料、作業方法の標準の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設備投資効果の大きいロス、改善余地の大きいロスを対象に改善プロジェクトを設ける
盲点ロス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発見した盲点ロスの要因を分析し、改善を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 盲点ロス、無管理ロスを発見する活動を展開 ・ 盲点ロスの発生を見える化する仕組みを構築
無管理ロス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 資源使用方法の標準化 ・ ロスの定義を規定化 ・ 個別の改善を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現場で改善可能なロスを抽出し、現場の改善活動を推進

1章の図1で、マテリアルロス和管理ロスと容認ロスの既知のロス、盲点ロスと無管理ロスの未知のロスに区分した。この区分の概念は、3章で紹介したWG3の議論を通して固まったものである。このマテリアルロスの区分は、夫々のロスの特性に関連した改善内容、マネジメントアクションが関係しており、表4にその関係を整理した。

組織において、ロスの特性に応じたマネジメントが必要である。間違ったマネジメントを行うと、組織は間違った方向に走ってしまう。間違ったマネジメントアクションの事例をひとつ紹介する。

ある金属加工会社では、ロスの総量が投入マテリアルの4割というMFCA計算結果になった。その企業では、金型により発生するスクラップのロスが大きく、これは容認ロスである。多品種の生産をしており、金型の数も膨大である。現在の生産条件等で改善の可能な製品、金型は、それほど多くない。改善余地を評価し、効果的な製品、金型を絞った改善活動の展開が必要である。

ところがそのロス率だけを聞いたトップ層は、原材料のロス率40%ということに敏感に反応してしまい、ロス的大幅な削減を現場に指示してしまった。困った現場はそれ以降、このロスの比率を見えなくするようになり、改善のチャンスを逃してしまった。

この当時、マテリアルロス、容認ロスや盲点ロスなどの区分原理はなかったが、このことによって、効果的な改善を効率的に展開する上では、現場と上層部でロス区分とマネジメントの考え方を共通認識すべきであることが分かった。

容認ロスは、設備投資も必要であるが、改善効果は大きい。そのためマネジメントアクションとして必要なことは、製品ごとに容認ロス量やロスコストを見える化し、設備投資効果の大きな製品を見出し、投資効率の高い改善を行うことである。一方、盲点ロスや無管理ロスは、現場の工夫で改善できることが多く、またそのためにも現場で盲点ロスや無管理ロスを発見する活動を現場で展開すべきである。

このような事例は非常に多い。MFCAはマテリアルロスの分析手法として生まれたが、企業で適用し、効果的な改善に結びつけるためには、マネジメントアクションと関連した手法の使いかたが重要であることが分かった。

MAはManagement Accountingの略であるが、Management Actionの略でもある。マネジメントアクションと連携して、更なる管理会計の進化を願うものである。

参考資料

- 『環境管理会計手法ワークブック』経済産業省 2002年6月
http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/kaikeiWB/contents1.htm
- 平成16年度～平成22年度 経済産業省委託「MFCA事業」報告書
http://www.jmac.co.jp/mfca/document/02_16.php
- MFCAキット<MFCA手法導入ガイド(2009年度版)>、MFCAホームページ
http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide.pdf
- 産業環境管理協会機関誌『環境管理』【連載：実践マテリアルフローコスト会計】

- ・ 2011年3月号『日本MFCAフォーラムの活動』下垣彰
 - ・ 2012年1月号『武田鑄造株式会社における熱損失の評価へのMFCA適用事例』大木悦郎, 仲井俊文
 - ・ 2012年3月号『ME:もったいないエンジニアリング, 生産革新ツールとしてのMFCA』安城泰雄
 - ・ 2012年5月号『省エネのMFCA一用役のエネルギーロスを見える化』下垣彰
 - ・ 2013年6月号『経営のMFCAとシステム化～継続的な資源生産性改善～』下垣彰
5. 『プラントエンジニア』2010年6月号『～MFCAによる資源生産性向上と, TPM活動～』下垣彰
 6. 『図説MFCA』出版: JIPMソリューション, 著者: 安城泰雄・下垣彰, 2011年11月
 7. 日本MFCAフォーラム会報第2号(2012年3月発行)「MFCA10年の進化」安城泰雄
 8. マテリアルフローコスト会計 中畠道靖・國部克彦/2008年(第2版)/日本経済新聞社

(以上)