

Ⅱ マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開： MFCAにおけるエネルギー分析への展開および既存の生産管理 （TPMを題材に）に対するMFCAの意義について

中 嶋 道 靖

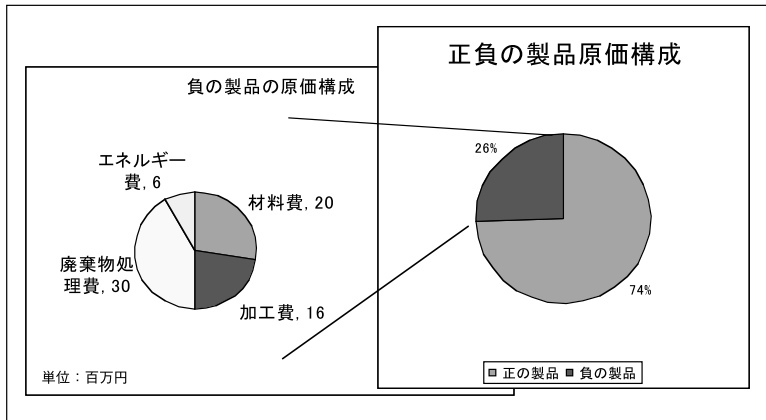
1. マテリアルフローコスト会計の進展

マテリアルフローコスト会計（MFCA）が2000年に日本に導入され、2006年度で約7年が経過する。この間に、日本企業での導入実験が数十社において実施され、製造工程でのマテリアルロス（負の製品）を顕在化させ、資源生産性をより向上させるマネジメント情報を提供するMFCAの有用性が企業実務においても具体的な成果が出始めている¹⁾。MFCAでは、マスバランズ（物質収支）の概念を適用することによって、これまでの標準に隠されたマテリアルの無駄（現実に発生している）を機械ごとなど製造工程別に改めて「見える化」し、そのマテリアルロスを負の製品として良品（正の製品）と同様にコスト評価する。その結果、製造費用は正の製品と、この負の製品の構成として表され、正負の製品コスト比率が次頁の図表Ⅱ－1のように明示される。

図表Ⅱ－1は、これまでの経験をもとに作成した例であるが、まず右半分の「正負の製品原価構成」において負の製品原価が26%を占めている。これまでも一般的な製品歩留りが95%を超える場合でも、図表Ⅱ－1のように負の製品

1) MFCAによる成果を具体的に公表している企業として、田辺製薬、キヤノン、日東電工などが挙げられる。

図表Ⅱ－１ MFCAによって明示されるコスト構造



原価が全製品製造原価の26%を占めることは珍しくなく、また特別にこの負の製品原価の割合が大きいというわけでもない²⁾。そして、MFCAでは、材料費・加工費・廃棄物処理費・エネルギー費別にこの負の製品の発生を把握していることから、図表Ⅱ－1の左半分のように負の製品原価の構成を明示することが出来る。この例では、それぞれの項目のコスト評価額を例示している。MFCA分析では、当該の生産プロセス内の製造工程別に発生する負の製品の物量が把握され、それに基づくコスト評価額はフローコストマトリックスによって体系的に発生場所別に示される。したがって、負の製品に関する場所別・マテリアル別の物量情報とコスト情報によって、負の製品を削減する施策が正確な費用対効果を見積もりながら検討され実行される。

この改善策の検討において、最も優先される着眼点は、負の製品コストではない。コスト情報は経営意志決定上の優先順位や投資の費用対効果を算るため

2) 材料費だけで、正と負の製品原価の構成をみた場合でも、同様に製品歩留りが90%を超えても、負の製品の材料費が製品製造の全材料費の30%に近くなることも珍しいことではない。したがって、図表Ⅱ－1では、廃棄物処理費が大きい場合の事例であるといえる。

のデータであり、直接的なターゲットは負の製品を構成するマテリアル（ロス）である。たとえば、負の製品を構成するマテリアル（マテリアルロス）を物量レベルで削減できれば、その負の製品のコスト評価額である加工費は削減される。また、廃棄物（排出物）が減ることから、廃棄物処理費も削減される。ただし、具体的な支出コストという観点では、同じ条件で廃棄物が減った場合でも、負の製品に配分されていた加工費は良品の加工費として評価されるだけで、支出コストが減るとは限らない。それに対して、廃棄物処理費に関しては支出コスト自体が削減されることとなる。

また、エネルギー費については、現時点でのMFCAでは加工費と同じく対象となる範囲での電力使用量もしくは消費電力料金を推計し、たとえばマテリアルの重量比を基礎として正の製品と負の製品に按分するのが一般的である。この場合の負の製品原価を構成するエネルギー費とは、これだけのエネルギー費を使って製造していると評価できるという意味で、加工費と同じくエネルギーの投入量そのもののマテリアルロス分を示すものではない。

しかし、MFCAを発案したIMU（Institut für Management und Umwelt, Augsburg Germany）のマテリアルに関する定義において、電力などのエネルギーをMFCAではマテリアルのひとつと見なしている³⁾。したがって、一般的なマテリアル同様に、製品（正と負の製品）を構成する物質的要素としてエネルギーを見るということになると考えられる。IMUを訪問した際にも質問ならびに議論を重ねてはいるが、その場合のエネルギーフローの理論化と具体的な分析方法が体系的にまだ確立されていないように考えられる。

特に、電力などのエネルギーは、その場（たとえば、機械）に投入され、良品の一部分を構成するのではなく、完全に消費されてしまう。したがって、エネルギーをマテリアルと分類すると、全投入エネルギーがMFCAでいう負の

3) IMUが2001年2月に発行したディスカッションペーパーにおいてマテリアルにエネルギーを入れると定義している。（中野・國部（2002）、200頁を参照のこと。）

製品となる。また、機械を動かし正の製品を加工した部分のエネルギーは正の製品を構成するとすれば、投入電力量を正と負の製品に按分することとなる。現時点では、正と負のマスバランス情報からマテリアルの重量比などを使って、消費電力量を正と負の製品に按分することが多い。しかしながら、このような方法では、先に説明した加工費と同様に、正の製品比率を上げることで、負の製品に配分される電力量が削減されるだけで、投入量そのものが削減されるわけではない。

したがって、投入量自体（生産単位当たり）をMFCAの観点を基礎として削減するためには、投入量自体のロスを明らかにする必要がある。この点に関しては、IGES関西研究センターにおける日本ペイントでのMFCAプロジェクトにおいて、製造設備の実際の力率を測定し、改善余地電力と改善による年間削減可能金額（電気料金）を算出し、エネルギーロス分析と費用対効果を基礎とした改善施策の検討を実施したことがある⁴⁾。個別の電力消費をタイムリーに取る技術とその測定に伴う手間および費用と、その測定の結果、見出される効果（経済的側面）が相対的に企業にとってまだ魅力的でなかったことから、試行の段階でとどまった。

ただ、このように、エネルギーをマテリアルの一部として捉え、分析することは、CO₂の排出など環境配慮と支出コストの削減の新たな対象として注目され始めており、製造費用に占めるエネルギーコスト比の低さとは関係なく、管理の対象として重要視されはじめている。このように管理の重要度が増すことによって、これまで総括的かつ概算で管理されていたものが、発生量と場所、さらに原因別に把握する必要が生じている。マスバランスを基礎としたMFCAはこのように新たに必要となる物質的（質量的）情報の体系、データベースとして有用性を発揮することとなる。

今回、製造業におけるエネルギーに関するMFCA分析のための基礎研究と

4) より詳しくは、IGES関西研究センター（2003）、73-76頁を参照のこと。

して、特に電力でのMFCA分析の基礎を構築するために、電力業でのMFCA分析の可能性を検討した。先にも触れたように、CO₂の削減からエネルギー消費の削減が重要な企業課題となってきたが、電力は電力として、たとえば、化石燃料から発電された場合に、現時点の技術では電力を貯蔵することは難しく、発電した以上は利用した方が有効である。また、たとえば、電力の消費場所がCO₂を発生させているわけではなく、電力会社の発電所における発電時にCO₂が発生しているのであり、特定のCO₂を発生させて発電された電力をいかに有効に活用するかが、製造業の課題でもある。したがって、社会的な視野から、まず電力業における発電および送配電におけるエネルギーフロー（エネルギー資源から電力へのエネルギー変換を含めて）のMFCA分析を試みた。

また、MFCAによって基本的には資源生産性の改善点が見出されるが、果たしてこれまでの生産管理に関するマネジメントとの異同が、特に実務において、問われることが多い。マテリアルロスと製品の歩留まりとの相違に関しては、製品1個のために100kgの材料（マテリアル）が投入され製品が1個完成されれば、（製品）歩留りは100%であり、製品に含まれる材料が80kgであっても、20kgのマテリアルロスは一一般的な歩留り管理では顕在化されない⁵⁾。ただし、企業へMFCAを導入するための勉強会等において、MFCAによって見出される、たとえば材料歩留りに関する現状分析や改善点は、たとえば、TPM（Total Productive Maintenance）などで、既に測定管理の対象となっており、今更という反応があり、TPMとMFCAにおいて何が違うのかという質問がある。また、その反面、MFCAによって成功している企業では資源生産性という既知の観点において何が起きているのか注目されている。第3節では、この点に関して検討することとする。

5) ここでの「顕在化されない」という意味は、設計歩留管理や標準管理において材料歩留管理が100%でないことは承知されているが、管理不可能な部分として管理目標から外れたり、暗黙に了解されたりして、明確に管理されていない（見えない化）ということである。

2. マテリアルフローコスト会計におけるエネルギー分析

エネルギーに関する分析は、マテリアルフローコスト会計（MFCA）の今後の発展における重要研究課題のひとつである。環境マネジメントにおいても、CO₂の排出削減が重要性を増すとともに、エネルギー消費の分析と削減が最重要課題となると考えられる。本節では、電力業の電力製造プロセスのMFCA分析の基礎研究であり、そのエネルギー消費の削減をエンドオブパイプ的な消費される場所での削減ではなく、製造というインプロセスで削減するための基礎研究と位置づけられる。ただ、実態調査を通して明らかなように、プラント自体が巨大で、データ量とその種類も多岐にわたって存在する。また、MFCA分析に適応させてデータが整理されているわけではない。現時点では、データを理解しMFCAにおけるインプットとアウトプットを確定させるという基礎調査の段階である。

なお、電力会社では、これまでも新規設備の開発および投資など発電効率を向上させるなどの努力がされてきた。今回、マテリアルフローおよびエネルギーフローというプロセス情報によって、電力業における環境管理会計情報が見出せるかを検討している。この研究が進むことによって、本当の意味での環境に優しいエネルギーが見出され、環境に優しい電力というマテリアルを購入・利用するというライフサイクルが実現できるものと期待している。

2-1. マテリアルフローコスト会計におけるエネルギー分析とその背景

先に説明したように、エネルギー、たとえば、電力は機械に投入され、機械が作業したり電源が入っていると消費されるものであり、その投入以降、フローするものではないので、その投入場所（たとえば、機械・設備）での消費電力量を把握するというを行ってきた。実際には、電力の消費量は機械毎に把握されていることは一般的ではなく、建て屋毎やフロア毎など設置されてい

る電力量計の対象範囲で月次でしか把握できず、ましてや、時間毎や機械毎の記録は一般的には全くない。したがって、MFCAの導入事例において、一般的には、月次データなど既存データから推計するという方法をとっている。

ただ、最近ではCO₂などの温暖化ガスの排出削減などが経営課題として優先され始め、また製造プロセスでの省エネにも関心が及び、製造プロセスでの細かな消費電力の測定を実施する会社も出はじめている。また、日本ペイントにおけるMFCA研究プロジェクトで、研究対象としたプロセスでの機械設備の消費電力を時間軸（作業状況とも対応させながら）でサンプル測定を行った。この実験において力率などを分析することで、投入された電力が機械の機能自体に消費される部分が予想以上に少ないことが判明した。たとえば、古い機械は減価償却が完了し、コストゼロの機械で生産しているという意識があるが、電力消費という観点から差異分析すると、新しい設備に入れ替えることがコスト的にも有利である場合が見出せることが判明した。

このように、製造業での電力消費に関する研究を進めるとともに、電力がマテリアルであるという定義にしたがい分析モデルを検討した場合に、原材料のグリーン調達があるように、環境負荷をより少なく発電したという意味での「グリーン電力」という概念もあるのではないかと、また、電力は確かに製造プロセスにおいて投入され消費され、その後フローすることはないが、エネルギー資源から発電・送電・配電され、消費されるまでには工業製品同様に製品としてのエネルギーのフローが存在する。このような問題意識から、電力業を電力という製品を製造するプロセスとして認識し、MFCAによって分析することによって、有用な環境管理会計情報を提供できるのではないかと考える。

2-2. 電力業におけるマテリアルフローコスト会計の可能性

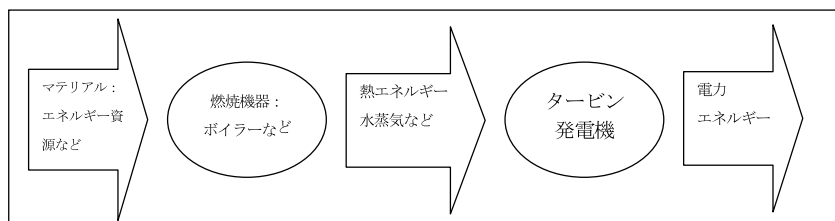
電力企業は私企業ではあるが、公益事業としての色彩が濃く、電力を安全に安定供給することが最も重要な使命となっている。また、2000年から始まった電力自由化以前は自由競争ではなく、地域独占的な企業として事業してきた。

このような背景があることから、いわゆる営利を優先的な目的とした工業製品の製造業のように、コストを顕在化させ削減させるために製造プロセスを把握するという生産管理のような概念はなく、プラント設備とその運用・系統として把握、管理されている。ただし、エネルギーの効率性と経済性を追求するという使命を持っていることから、電力業としての体系的な管理情報は構築されていることは言うまでもない。

今回の分析では、工業製品を製造するプロセスとして捉え、さらにMFCA分析を実施しようとしている。たとえば、各設備の稼働状況に関する情報は厳密かつ詳細に記録されている。しかしながら、工業製品の製造プロセスにおいて、MFCAや生産管理で使用するような情報体系で、いわゆる工程別に製品（電力）の製造情報を集計・把握するというようには当然ながら情報体系は設計されていないように思われる⁶⁾。また、コストに関して、工程別でのコスト情報を算定し、マネジメント情報として活用するというものでもない。これは業種の特性によるもので、運用上必要とする情報の不備ではない。

したがって、まずは、電力の製造プロセスとして、エネルギー資源の投入始点から発電所を電力として出るまで（いわゆる、送電端まで）をいくつかの製

図表Ⅱ－２ 電力業におけるフロー・マテリアルの変容



6) これは情報やデータがないということではなく、たとえば、管理データまたは報告書として、必ずしも体系づけられていないという意味である。MFCAの視点からいえば、多くの業種でマスバランス情報を集計する際に追加作業が発生することからいえば、業種に関係なく同じとも考えられる。

II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

造工程に区分し、たとえば、その製造工程をMFCAの物量センターとして設定し、マテリアルのインプットとアウトプットを把握することが必要である。具体的には、運用管理されているデータ群からMFCAに利用できるデータを抽出することとなる。

図表Ⅱ－２は、電力製造プロセスでのマテリアルの変化を大まかに示したものであるが、各工程において、MFCAではマスバランスを適用する。たとえば、図表Ⅱ－２のように燃焼機器であるボイラーに石炭が投入され、高温高圧の水蒸気を生成させる。したがって、インプットは石炭というこれまで同様なマテリアルであるが、アウトプットは燃焼による熱であり、具体的には水蒸気である。また、この水蒸気が正の製品である。この正の製品である水蒸気には、石炭の一部分もその構成要素として存在しない。したがって、これまでとは違ったマスバランス情報を作る必要がある。

次に示す図表Ⅱ－３は、電力業におけるマスバランスおよびエネルギーバランス（案）である。図表Ⅱ－３は、一案ではあるが、ボイラーでの燃焼に対するインプットとアウトプットをマスバランスとエネルギーバランスの両方で測定し表記した表である。

図表Ⅱ－３ 電力業におけるマスバランスとエネルギーバランス（案）

インプット	マスバランス		アウトプット
石炭	燃焼：二酸化炭素・水		
内訳 炭素(C)・水素(H)	80t	内訳 炭素・水素	79t
不燃成分(水など)	20t	残留排出物：灰及び排気	
		内訳 炭素・水素	1t
		不純物	20t
純水	1,000t	純水：水蒸気	1,000t
インプット	エネルギーバランス		アウトプット
石炭 100t の持つエネルギー量	100%	純水(水蒸気)への転嫁	85%
		ボイラー外壁・煙突からの排熱	15%

マスバランスでは物質的には二酸化炭素とその他の排気（硫黄酸化物：SO_x、窒素酸化物：NO_x、水など）、ならびに灰がアウトプットする⁷⁾。正の製品は熱エネルギーであり、熱エネルギーは水蒸気として水と結合したと考えることとする。

したがって、まずマスバランスに基づいてMFCAによって分析する。石炭に関して、完全燃焼をすれば、石炭の炭素Cおよび水素Hは残らず二酸化炭素や水となって排出されるはずである。この事例では1tの炭素および水素が残留物に残った部分はマテリアルロスであると考えられる。また、灰に含まれるもしくは排気された石炭に含まれた不純物20tも同じくマテリアルロスである。

続いて、エネルギーバランスをみると、当該石炭が持つ熱量を計算し、その熱量を100（%）とする。そして、ボイラー工程のアウトプットである水蒸気の発生量と温度をもとに水蒸気となった熱量を見積もり計算することは可能である。たとえば、ボイラー外壁・煙突からの排熱分を15%と仮に設定すると、この15%がエネルギーロス分となる。

このようにマスバランスとエネルギーバランスの両建てで燃焼機器であるボイラー部分を分析することが必要であろう。また、マテリアルロスを理論値や概算ではなく、1回の発電を1ロットとして仮定し、各ロット別に測定することによって、条件別のマテリアルロスが顕在化するとともに、当該プロセスの構造的ロスも合わせて顕在化することもできると考えられる。

2-3. マテリアルフローコスト会計による火力発電所分析の可能性の検討

今回の電力業へのヒアリング調査において、これまで工業製品で実績があるMFCA分析が電力業で導入可能であるのか、また、分析を実施した場合にどのような有用性が見出せるのかについて、研究することとした。

文献によれば⁸⁾、火力発電において、タービンと発電機の制御はほぼ完成さ

7) 水蒸気の前である水も投入されるが、無駄なく水蒸気になると思われるので、ここでの説明を簡単にするために水に関しては無視することとする。

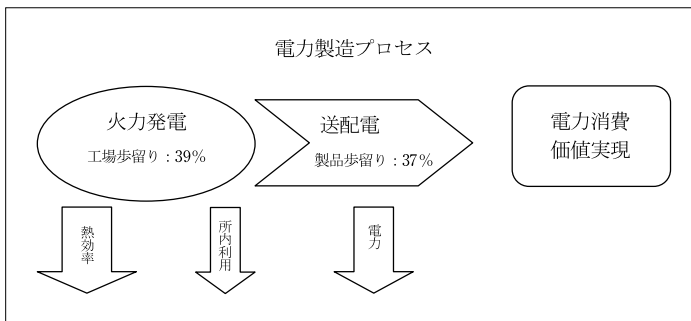
II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

れた技術であり、ボイラーの制御はまだ研究課題が多く、主にボイラーからタービンへの蒸気温度の制御が未解決の課題であると指摘されている。このように、タービンと発電機に関しては、制御が完成されているとすれば、機械自体の性能が効率性を決定するものであり、設備の更新時に常に最新鋭の設備に取り替えることから、技術的に改善が実現可能なマテリアルロスを見出し難いと考えられる。しかしながら、運用の実態を調査し、運用方法によって効率の最大化が常に達成されているかを検討する必要があると考えられる。

また、ボイラーからタービンへの蒸気の温度制御による無駄の発生が予想されるが、この点は制御もしくは発電単位（発電命令別）ごとのデータが存在するかどうかによって、ロスの顕在化が可能かどうかを検討する必要があると判断した。

その結果、まず、火力発電所（石炭）を研究対象として、MFCA分析の可能性を調査した。調査の内容としては、発電プロセス並びにエネルギー資源から送電端までのマテリアルのフローを調査し、プロセスを理解するとともに、プロセス内のインプットとアウトプットをデータの所在や内容に関してヒアリング調査した。

図表Ⅱ－４ 電力製造プロセスにおけるマテリアルロスの概観



8) 松村・平山（2005）1頁参照。

資料に基づいて、検討した結果、まず一般的な火力発電という一連のプロセスを概観すると、前頁の図表Ⅱ-4のようになる。大まかな割合で示しているが、火力発電によって投入された石炭に内在した100%のエネルギー量が39%の歩留りで電力エネルギーに加工（変換）され、また流通において2%がロスとなって37%まで目減りする。

さらに、この歩留り37%の電力という製品が、消費者（工場や家庭など）によっていかに有用にその価値を実現しているかを分析することが必要である。この点に関しては、消費者側とのサプライチェーンによる分析を通じて、今後検討する必要がある。

また、このようなマテリアルロス火力発電プロセスで具体的な物量で把握するためには、各工程でのマスバランス情報を作成する必要がある。既存のデータの所在をみると、発電所における情報システムの監視用グラフィック画面には、運転日誌（運転時間・発生電力量・送電電力量・燃料消費量・燃料発熱量）および総合日誌（廃棄物量・用水・排水量）のデータがあり、さらに、製造工程図として監視用グラフィック情報によってエネルギーフローチャートを示し、運転日誌等では効率関係の分析が実施可能である。この運転日誌によって、効率関係データにおけるベストプラクティスと改善対象の析出が可能であり、さらには監視用グラフィック画面情報との照合によって、ロット別の製造情報を整理することができると思われる。

そして、技術知識とマネジメントの融合という視点によって、技術的研究開発や設備投資への経営資源配分に関する意思決定を支援するとともに、一般論だけでなく、各発電所を一工場とみた場合の実態調査によって経済性だけでなく環境負荷低減をも統合した環境管理会計的な視点からベストプラクティスを析出し、ベンチマーキングを実施することができる。

このように、まだ、MFCA導入の基礎研究であるが、今後、着実に研究が進展するとともに、一般的な製造業で起こっている経済性と環境性を同時に向上させるような環境管理会計情報による成功事例が見出せるものと考えている。

2-4. まとめ

まだ、本研究は電力業におけるMFCAの導入可能性を探るというまさに基礎研究の段階ではある。ただ、一般的なMFCAの導入事例同様に、電力という製品のフローをインプットとアウトプットのマテリアルをキーとして追跡調査すると、新たな発見を見出すことができる。また、環境負荷、たとえば、CO₂の排出とその削減という視点から、プロセスを顕在化させるという視点も合わせて検討しており、これまでの電力業では経営情報として生かされていないか環境管理会計情報が見出せないか検討している。

たとえば、発電施設の開発は重電メーカーとの共同開発である。東芝のファクターTという環境効率指標の事例として、タービン発電機が記載されている⁹⁾。その事例では、2006年6月発売のタービン発電機が2000年のタービン発電機に対してファクター1.88を達成している¹⁰⁾。小型軽量化と高効率化の実現し、たとえば、CO₂の排出量も製造時で約240t削減し、使用時で年間1,700t削減されるようである。今回の調査で、使用時に関して実際には、様々な制約条件から、当初の使用計画とは必ずしも一致しない、もしくは他の発電との組み合わせや設備の新旧による効率を反映した使用優先順位の変化など、設計時に反映されていない使用条件があるように考えられる。製造メーカーでの努力と使用者である電力企業とのさらなる連携によって、さらなる改善の可能性が見出せると考えられるとともに、その改善の基礎となるロスの体系化に、MFCAによる業務プロセス分析が有効であると考えられる。

また、今回の電力業でのMFCA基礎調査において前述の図表II-4で明らかのように、エネルギーのムダという視点でみた場合に、製品歩留りが37%であり、製品歩留り向上が大きな課題であることがわかる。特にボイラーの排熱とタービンの温排水で約60%のロスがあり、このエネルギーロスをいかに削減

9) 東芝（2007）20頁。

10) 東芝（2007）1-2頁を参照のこと。

するかがポイントである。当然ながら、電力会社において削減努力は実施されており、また技術的限界が存在することは事実であるが、たとえば、社会的な優先順位としては、家庭での使用ではなく、発電時のロス削減が最重要課題であると考えられる。さらには、これだけのムダをした結果でしか得られない電力エネルギーを、消費時にいかに有効に活用するかは最も重要な課題であることは言うまでもない。

3. 既存の生産管理に対するマテリアルフローコスト会計の意義

マテリアルフローコスト会計（MFCA）は、これまでのコストもしくは標準に隠れていた無駄をマスバランス（物質収支）によって測定・把握し、物量レベルで明示化する。そして、その明示化された無駄（物量）を負の製品としてコスト評価し、経営の意志決定に有用な情報として加工する。この加工されたMFCA情報に基づき、無駄を削減する改善施策が検討され、実行される。

ところで、企業（特に、現場）でこのような説明をすると、この無駄を見つけて出し、無駄を削減するということは、これまでも、また現在も実行されており、「乾いたぞうきんを絞る」ほどやり尽くしているという表現すらある。たとえば、よく耳にするのは、「TPM（Total Productive Maintenance）を実施しているが、MFCAとの異同性やTPMとの連携の可能性はどうか」という質問である。この質問の背景には、既存の生産管理と比べてMFCAの新しさはどこにあるのかというMFCAに対して批判的もしくは懐疑的な評価がある。本節においては、このTPMとの関係性について論じることとする。

たとえば、図表Ⅱ－5は、TQMとTPMを比較し、TPMの特色を説明した資料に、今回、その比較区分に合わせてMFCAの特色を追加した表である。

まず、「目的」であるが、TQMとTPMは同じと解されているが、MFCAも同様であり、ただ局所的もしくは個別企業という範囲ではなく、多部門や他企業間という範囲の拡張性が加わると考えられる。

II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

また、管理対象も、TQMが（製品）品質、TPMが設備であるのに対して、MFCAはマテリアル（物質資源）という別側面である。

「目的達成の手段」という点では、TPMは、「クリーンな職場づくり、「災害ゼロ、不良ゼロ、故障ゼロ」の設備」¹¹⁾の実現であると説明されるが、MFCAは価値実現におけるマテリアルの最小化である。

TPMが「人づくり」において、設備技術と保全技能に重点を置いた設備に強い人作りであるのに対して、MFCAは製品フローまたはビジネスフロー全体を体系的に捉え、資源生産性の究極化を目的とする人材育成であるといえる。

したがって、「小集団活動」が中心となるTQMやTPMと違って、MFCAは工場全体・企業全体、さらには川上・川下をも含んだビジネスフロー（産業フロー）へと常に発展する傾向がある。

最後にTQMが100万個当たりの不良率をいかに最小化するかに対して、TPMではロスやムダのゼロ化が「目標」とであると説明されている。この点に

図表 II - 5 既存の生産管理手法とMFCAとの特色比較¹²⁾

区分	TQM	TPM	MFCA
目的	企業の体質改善 (業績向上・明るい職場づくり)		+ 環境に優しい「ものづくり」産業の実現
管理対象	品質 (アウトプット側、結果)	設備 (インプット側、原因)	マテリアル（物質） (プロセス、原因と結果)
目的達成の手段	管理の体系化 (システム化・標準化) ソフト志向	現場現物のあるべき姿の 実現 ハード志向	マスバランス（物質収支） の見える化 情報志向
人づくり	管理技術中心 (QC 手法)	固有技術中心 (設備技術、保全機能)	ものづくり中心 (思考、既成概念の払拭)
小集団活動	自主的なサークル活動	職制活動と小集団活動の 一体化	製品製造の始点から終点 の統合化
目標	PPM オーダーの品質	ロス・ムダの徹底排除 ゼロ指向	資源生産性の極大化 究極的なゼロ指向

11) 中嶋・白勢（1992）11頁。

12) 中嶋・白勢（1992）11頁、表1・6にMFCAの欄を追加している。

においては、MFCAがマテリアルのムダを究極化（ゼロ）ということから同じであるように考えられる。

次節以降、TPMとMFCAの理論的共通性と相違点に関して考察することとする。

3-1. TPMとMFCAの理論的共通性

TPMは、次に説明する基本的な定義は別としても、各企業ならびに各工場において独自に解釈され、個別的に定義され、実施されているのが現実である。TPMにそれぞれに形がある理由として、業種や製品種などに起因するとともに、各企業や工場が課題とする項目や目標に応じて現時点でのTPM活動も規定されている。したがって、実際のTPMは様々な形で実施されていると考えられるが、その基本とする定義や目的は理論的に定式化され、説明されている。まずは、その理論的なTPMをみることにより、MFCAとの共通性についてみることにする。

日本経営工学学会（2002、290-291頁）によれば、TPMとは「設備管理の近代化と設備管理技術の開発を促進すること」を目的とし、全社のTPMを次の5項目で定義している。

- ① 生産システム効率化の極限追求を目指す企業体質の構築
- ② 生産システムのライフサイクルを対象とした災害ゼロ・不良ゼロ・故障ゼロなどのロスの未然防止
- ③ 開発・生産・営業・管理などの全部門の参加
- ④ トップから第一線の従業員に至るまでの全員参加
- ⑤ 重複小集団活動により、ロスゼロを達成する生産保全活動

上記の定義のもとに、次の5つが基本理念として挙げられている。

- ① 儲ける企業体質作り： 保全予防・予防保全・改良保全の活用
- ② 予防哲学： 参画経営・人間尊重

- ③ 全委員参加： ロスを発生させないように設備自体を作り込み、現場を重視した目で見える管理の重視
- ④ 現場現物主義： ロスゼロを作り込む
- ⑤ 自動化と無人化

それに対して、MFCAの導入の際に日本型MFCA¹³⁾の特徴と効果として次が5つの点が挙げられ、MFCAが説明される。

- ① マスバランス（物質収支表）の工場内プロセスへの援用
- ② 一製品群一製造ラインでのマテリアルロス分析
- ③ マテリアルフローの可視化
- ④ マテリアルフローのコスト評価（製造コスト）
- ⑤ 現場改善、さらには製造方法の改善・生産革新への展開

MFCAとは、マスバランス（物質収支表）と原価計算（経済性の測定）とが統合した、資源生産性と経済性が融合したツールである。また、MFCAは企業の健康診断ツール（CTスキャン：コンピュータ断層撮影）の働きをし、企業自身が（正確には）知らなかった各製造工程での実際の姿を「驚き（無駄の多さ・大きさなど）」を持って知ることとなる。その結果、MFCAは、現場の改善・経営革新を誘発するマネジメント情報ツールとして機能し、企業の活力剤・活性剤として働く。しかし、MFCAを導入したことで無駄がなくなるわけではないことから治療薬としての働きはない。

設備管理をベースとしたTPMとマテリアルフローをベースとしたMFCAと

13) MFCAを発想したドイツのIMUでは企業のSAPやOracleのようなERP（Enterprise Resource Planning: 企業統合業務パッケージ）を前提とした全社的なMFCAの導入を基本としている。それに対して、2000年の日本で初めての導入プロジェクトがひとつの製造工程や製品製造を導入の対象としていたことから、比較的小規模な製造工程を対象としたMFCAが発展した。このような背景から、ドイツでのMFCA（ドイツ型）と区分するために「日本型MFCA」と名付けた。日本型MFCAは、日本企業が得意とする現場での改善活動と融合しながら発展している。

もに、企業という比較的大きな範囲を管理範囲としており、当然ながら全社的な活動として定義づけられている。また、両者ともにロスゼロを目標としている。管理・測定の対象が設備とマテリアル（フローとストック）の違いはあるが、目標とすることはロスゼロである。

TPMのロスを見ると、設備の7大ロスとして、①故障、②段取り・調整、③刃具、④立ち上がり、⑤チョコ停、⑥速度低下、⑦不良・手直しが挙げられている。この7大ロスをいかに減らすかがTPMでの目的となる。ただ、原単位の効率化も同様に課題として説明し¹⁴⁾、MFCAと同様に素材重量と製品重量との差（物量ロス）を歩留りロスとして定義している。また、エネルギーロスや副資材を含む型・治工具ロスなどあらゆるロスを含むように説明されている。

次節で、TPMとMFCAとの相違について述べるが、原材料やエネルギーなどマテリアルがロスの対象に含まれているとように理論的な定義では、両者に差はなく、MFCAは名称だけが違うものかのように誤解されるかもしれない。

しかしながら、TPMでは設備ロスの構造分析と削減が最重要課題であり、先ほど述べた原単位でのロスは、マテリアルフロー分析ではなく、製品を単位とした投入材料重量の改善率のチェックであり、副資材を含む型・治工具ロスに関しては、投入金額上での改善率を測定すると説明している¹⁵⁾。

以上の点からもあらゆるムダを削減するという、総括的な意味での範囲設定で、マテリアルロスがTPMで測定・管理されているように、表面上、理解されるかもしれないが、両者の中心点もしくは焦点は全く違うと考えられる。

3-2. TPMとMFCAとの相違点：実務の観察を通して

TPMとMFCAの相違点は、まずは管理の対象の範囲ではなく、なにをターゲットに進めているかという点にある。明らかにTPMは設備であり、MFCA

14) 中嶋・白勢 (1992) 38-39頁。

15) 中嶋・白勢 (1992) 47頁。

II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

はマテリアル（フローとストック）であるという点で相違がある。

この違いによって、テキストで定義されたTPMでの物量ロスとMFCAのマテリアルロスとは本質的な相違が生じている。MFCAによって、マテリアルの正と負のフローが明らかとなり、結果として、TPMでいう物量ロスと同じく投入重量と製品重量との差は算定可能である。しかしながら、MFCAでは素材だけでなく補材含めた全ての投入材（物質）別にマテリアルのインプットとアウトプットをみる手法であり、標準値や設計値との差異をみるものではない。TPMには、マテリアルのストックはない。

また、廃棄物（排出物）を負の製品として、その加工（発生）工程を明示化し、工場等から排出されることを、ある意味、製品の完成（出荷）として捉え、経営情報として体系化している。したがって、製品は、正と負の2種製造されるシステムとして常に認識される。これは明らかに従来の製造工程観と本質的に異なる製造工程観を提示するものである。このように新たな製造工程観に基づく生産管理情報システムがMFCAであり、これまでの生産管理情報に情報を加えれば、同じだと理解することも可能であるが、それはデータが点として存在することを意味する以上のものではない。

実際にMFCAを導入する際に、MFCAに必要な情報は、現場含めてすでに90-95%は存在していることがほとんどである。しかしながら、それをもって、MFCAが既存の生産管理システムに既に存在するかというとそれは別である。これまでも、MFCAでは貴重な情報が記録されるだけで放置されていたり、記録したことだけを確認し消却されていたりという事実もある。要するに、MFCAで体系づけられる情報は存在するが、それを体系化する理論や枠組み（MFCA）が欠落していたことが原因である。

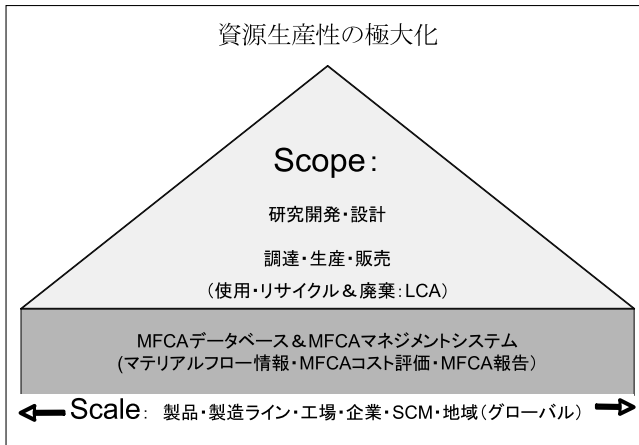
では、なぜ必要ないデータが取られていたのであろうか。この点は、プラント設計時や品質保証上、当該のデータが必要であり、その確認のために存在するだけである。したがって、生産管理（製品のフロー）において中心的に使われていない。当該部署や担当者にとって必要な情報以外の記録に関しては、

「経営情報」としての意味はなく、全く情報共有されていない。一般的に、製品歩留管理が一般的な生産管理情報であり、標準と実際の差異が製品もしくは完了品レベルで管理されている。さらには、完了品の個数と納期との関係が最重要視され、中間在庫をバッファとして実際値（実績値）が自動的に作成され、常に高い製品歩留りを表面上達成しているケースもある。

このような現状を顕在化させる仕組みは、TPMには無く、MFCAによってマテリアルのフローとストックを物量で明示化し、コスト評価することによってマテリアルロスを経営情報として明示化される。

また、TPMでは、仕損品や不良品などを製造の大きなロス（7大ロスのひとつ）とみる。そこには重量100のマテリアル投入に対して、重量100の製品ができるという前提があり、また設計値が階層的な経営管理の責任体系としては明確であるが、ビジネスモデル自体の是非を問うものではないという前提がある。もう少し簡潔に言えば、製品や製造方法の革新を生み出す情報ではないということである。TPMが企業の内向きの情報であるに対して、MFCAは内側

図表Ⅱ－6 MFCAにおける Scale & Scopeの拡充



II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

を起点としたボーダレスな拡張型ビジネス情報（社会経済情報）であるといえる。

別の側面として、MFCAの全社的コミュニケーション機能について触れることとする。MFCAによって集計されるデータは、製品のフローに基づいて体系的に集めたり測定したりする。したがって、横断的な情報が必要である。これまで、日本的な生産方法の基礎として、横断的組織や密接なコミュニケーションがあるとされていたが、現状においては責任の体系に基づき、隔絶的であり、特に職制別に責任は明確であるが、製品製造という一貫したフローでの共有は希薄であると感じられる。TPMにおいても実施と責任という点では小集団活動を基礎としているが、MFCAでみるような最初の原材料から完成品までの一貫通貫的な視野はない。したがって、前後の工程で必要とされるものは管理不能となり、それを前提として、局所的な最大化・効率化が目指されることとなっている。

それに対して、MFCAは図表Ⅱ－6でも示すように、企業内においても範囲（Scope）は研究開発から使用・廃棄までも包括することが可能で、また自発的に拡張する傾向を強く持っている。MFCA分析の規模（Scale）も製品や個別企業という制約はなく、さらにMFCAは私的な利益を含む金額単位ではなく、物量を測定単位とすることから、サプライチェーンや地域（エリア）などに展開可能である。このように、拡張することによって、地球規模での資源生産性の向上が具体的かつ効果的に企業活動を通して実現することが可能であると考えられる。

また、MFCAで使用される物量とコストは企業経営に共通の言語である。このことは、お互いの視野を広範囲にすることとなり、隠すことよりもオープンにすることで問題を共有化し、自動的に解決する方向に誘導している。

最後に、TPMは現場管理の側面が強いが、MFCAはデータベースであり、たとえば、トップの経営層に対して、現状を的確に把握するデータ（見える化）を提供することができる。TPMでは、生産活動での職制活動や小集団活動を一体化するとはいえ、結果として現場それぞれの改善活動である。それに対し

て、MFCAで示されるコストマトリックスは、製造全体がどのような状態で実施されているのかが、他者の評価によって加工されたものではなく、物量という客観的なデータに基づいた生産状況を把握・理解し、評価することができる。経営者自らが現場に行くことで現場が活性化し、経営者自らも現状を把握することは可能であるが、定常的に把握・理解し、評価することは困難である。また、コスト情報には時間がかかることから、現状を示すMFCA情報は比較的早く受け取ることができ、また正と負の製品情報として明瞭である。今後の情報技術やシステムとの連携が必要ではあるが、IT技術の進歩からみれば、実現が難しいレベルではないであろう。

3-3. まとめ

TPMとMFCAの相違点に焦点をあて説明した。どちらかの優劣を論じたのではなく、TPMとMFCAが相互補完的にシステムとして活用することが現実的に有用である。たとえば、MFCAの導入に積極的なキヤノンでは、職場拠点型環境保証活動とMFCAを連携させ、従来のTPM等では体系的に管理できない横串でのマネジメントツールとしてMFCAを活用した。その結果として、ある事業所での廃棄物削減を前年比40%達成することに成功している¹⁶⁾。当該の廃棄物処理費は、年間数百万円の削減を実現したようである。キヤノンでは、職場拠点型環境保証活動のツールとしてMFCAを導入し、「紙・ゴミ・電気」の削減ではなく、製造に直結する現場において、資源生産性を画期的に向上させたということである。これは、従来の生産管理手法では見出されなかった製造のムダを発見したことを意味する。

また、別件ではあるが、これまでの製品歩留りのような標準に基づいて決定された改善目標（優先順位）に間違いがあることに気付き、改善順位が変わることがある。これまで下位であった改善項目が上位に上がることを意味してい

16) 安城 (2006) 49頁。

るが、これは隠れたコストが見出されたことによって、順位が改まったことを意味している。

このようにMFCAによって、既存の生産管理では見出されなかったロスが新たに発見されたり、既に発見されているロスに隠れたロスが存在することを見出したりする。それでも、なお「定義の上では、TPMにおいて、MFCAでいうところのマテリアルロスは全て含まれている」と主張することは、ある企業経営者の言葉を借りれば、自らを「全知全能」とであると宣言することに等しいと考えられる。

4. おわりに

マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開として、特にエネルギーに関して電力業でのMFCAの導入可能性、および既存の生産管理手法であるTPMとの関係性というふたつの点について論じた。

電力業でのMFCAの可能性については、まずはエネルギーの製造過程を理解することに始まり、エネルギーという製品歩留りおよびロスを再確認した。電力業においては、常識的に理解・認知されていることではあるが、今後、産業連関において、マテリアルフローおよびエネルギーフローを明示化し、ロスの物量（CO₂も含めて）およびコスト情報によって、個別企業ならびに社会経済的な改善に向けた経営意志決定情報の確立が重要であると考えられる。このような意味において、本研究はその出発点に位置するものと考えられる。

また、TPMとMFCAとの関係性については、理論説明上はその範囲として、両者ともに全く重なるかのように理解されるが、その内容と質は異なるものである。MFCAでのマテリアルフローによるマテリアルロスの顕在化とTPMで説明する原単位での歩留管理における物量ロスとは、管理目的における重要度とデータから明らかになる実像レベルが全く異なるものであることは明らかである。

特にその背景にあるものとして、やはりコストに占める割合が人件費と設備費が大きいことから、経営管理上、設備が重要視され、TPMが開発・展開されていると考えられる。この点に関して異論はない。しかしながら、たとえば、素材に関する物量ロスがTPMの範囲として入れられているとしても、その物量ロスを体系的に分析するツールまたはシステムとして展開はしていない。TPMでは、設計値（または標準）と実際との比較による差異分析や改善が主で、補材を含む全マテリアルを金額（総額）だけで分析するものであり、物量とその発生とは対象としていない。重要な点は、経営における重要度の問題であり、それぞれの重要課題に応じて、マネジメントツールが展開しているのであり、MFCAは資源生産性というこれまで必ずしも重要視されてこなかった企業課題に焦点を当てたマネジメントツールであるといえる。したがって、両者もしくは既存の管理手法とMFCAは相互補完的な関係にあるといえる。

ただし、TPMとMFCAは相互補完関係ではあるが、本質的な相違として、MFCAはデータの細かさや要求される精度、さらには拡張性において、これまでのマネジメントツールよりも優れている。表現を変えれば、企業にとって負荷が大ききようにも解釈される。このようなデータ収集の負荷がMFCAによって導き出される有用な情報によって説明されることがまだ残された課題であらう。

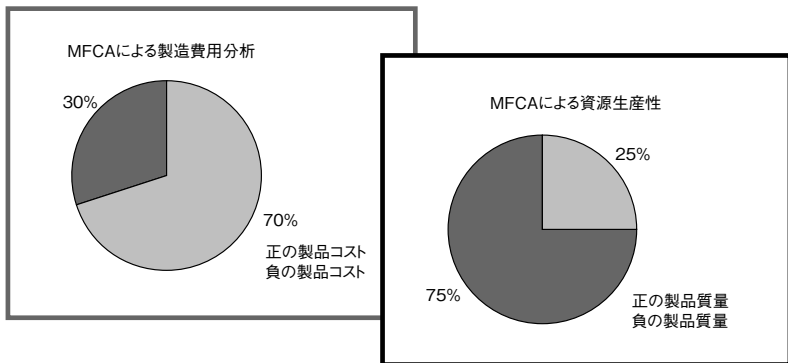
ところで、資源生産性の重要度に関して、コストの割合やコスト改善機会の可能性だけでなく、環境の世紀における重要性はますます増加し、資源生産性は単なる指標ではなく、品質同様に市場参加資格として理解されることになると考えられる。

MFCAは、これまでの管理データの背後に隠れていた、または等閑視されていたマテリアルロスを顕在化させ、新たな資源生産性の向上を誘引する有用なマネジメントシステムとして機能し始めている。これまでも企業において、原材料や廃棄物処理費の削減などに成功した事例が紹介されている。その際

に、公表される、もしくは注目される情報は、コスト削減額など金額情報である。確かに、MFCAの有用性は、マテリアルロスコストをコスト評価することによって、企業に経済的なロスの大きさを認識させ、その改善に企業活動を誘導することである。しかしながら、MFCAによって明らかになる姿は、図表Ⅱ－6の右半分にあるように、まずは物量レベルでの負の製品重量と投入資源に占める割合である。図表Ⅱ－6では負の製品が75%の重量比を持っている事例を示している。これまでのMFCAプロジェクトでは、先の資源生産性情報に基づいて左半分にあるコストマトリックス情報に転換（コスト評価）し、そのコストの大きさ（ムダはないという考えは、ムダが存在しないのではなく、ムダはゼロ円という考えであるのに対する大きさ）を示し、これまでの企業活動の見直しを計るというものである。この右半分の姿を改めてみれば、資源を4倍使わないと製品を作ることが出来ないという現実環境経営という視点では非

図表Ⅱ－7 MFCAによる正負製品の製造費用割合と質量割合

新たな競争要因の出現：利益と資源生産性の統合



常に問題のある姿である。経済的な価値の格差によって、このようなパラドックスが生じるのであるが、地球（資源）からみれば最も重要な課題を示していると言える。今後、製品製造において、この姿を明示化することによって、最も資源生産性が高い商品こそが最も高品質であり、価値ある製品として評価されるべきであると考えられる。このような意味でも、今後の企業マネジメントにおいて、MFCAは現在では戦略的な、次世代では基本的な、マネジメントツールとして活用されるであろう。

主要参考文献

1. 安城泰雄（2006）「職場拠点型環境保証活動のツールとしてのマテリアルフローコスト会計」『環境管理』第42巻第2号、46-50頁。
2. 河野裕司（2006）「田辺製薬におけるマテリアルフローコスト会計の全社展開」『環境管理』第42巻第3号、58-64頁。
3. 下垣彰（2005）「経済産業省のモデル事業からみたモノづくりの管理・改善における活用方法」『環境管理』第41巻第12号、63-70頁。
4. 鈴木徳太郎監修、日本プラントメンテナンス協会編（1992）『生産革新のための新TPM展開プログラム — 装置工業編』（社）日本プラントメンテナンス。
5. （株）東芝（2007）『製品の新しい指標 [ファクターT] の現在（いま）2007年版』（株）東芝 環境推進部。
6. 中嶋清一・白勢国夫監修、日本プラントメンテナンス協会編（1992）『生産革新のための新TPM展開プログラム — 加工組立編』（社）日本プラントメンテナンス。
7. 中嶋道靖・國部克彦（2002）『マテリアルフローコスト会計』日本経済新聞社。
8. 中條武志・山田秀編著、（社）日本品質管理学会標準委員会編（2006）『マネジメントシステムの審査・評価に携わる人のためのTQMの基本』日科技連。
9. 日経ものづくり（2006）「ものづくりリサーチ 設計・開発部門と生産技術・製造部門の関係」『日経ものづくり』12月号、98-101頁。
10. 日本経営工学学会（2002）『生産管理用語辞典』（財）日本規格協会。
11. 沼田雅史（2006）「積水化学工業のマテリアルフローコスト会計導入の取り組み」『環境管理』第42巻第7号、66-70頁。
12. 古川芳邦（2006）「マテリアルフローコスト会計の集計から設備投資決定までのフロー」『環境管理』第42巻第4号、73-76頁。
13. 松村司郎・平山開一郎（2005）『エネルギー産業における制御』（産業制御シリーズ⑩）、コロナ社。

II マテリアルフローコスト会計（MFCA）の新展開

14. IGES関西研究センター（2003）「企業経営と環境保全に貢献する環境会計最前線 ～日本型環境会計とマテリアルフローコスト会計の可能性～」（環境会計国際シンポジウム2003 プロシーディング）

