

5

パネルディスカッション PART-1：企業からの報告

～日本国内のマテリアルフローコスト会計導入事例について～

マテリアルフローコスト会計 導入研究について

関西大学商学部助教授

中 鳶 道 靖

IGES関西研究センターでは、「企業と環境」プロジェクトにおいて環境経営を行う企業の内部管理に役立つ実践的ツールの研究開発を行っている。社会科学の研究においては、机上の理論を研究するだけでなく、広く実社会で役立つ実践的な研究もまた重要である。そのためには、考案された理論を実際の企業活動の中に取り入れその実現可能性や有用性、またそのために必要な問題点などの抽出や改善案の提案などの、企業実務に関わるフィールドワークが必須である。IGESでは、最新の理論を展開する研究者と企業のなかで実務に携わる担当者との意見交換の場として、「企業経営に役立つ環境会計研究会」を主催している。隔月に開かれる研究会のなかから、新しい理論の実践研究が可能となるのである。今回のプロジェクトに参加した日本ペイントと塩野義製薬はこの会員である。

MFCA理論の研究を行うためには、国内外の文献・資料に基づく調査に加えて、日本企業の実務の中にそれらの理論を取り入れ、その有用性を検証し、また課題を抽出することが重要である。IGES2002年度研究計画において、日本企業の協力のもとマテリアルフローコスト会計の導入実験を実施することとした。

具体的には、まず2001年12月に、以前IGES企業研究会（正式名称「企業経営に役立つ環境会計研究会」）で開催したMFCA理論の講義に興味を持っていた日本ペイント株式会社へ導入実証研究を依頼した。双方の担当者による打ち合わせを重ね、12月末から2002年1月にかけて、工場見学を含むMFCA検討会を開催した。

2002年4月、日本ペイント大阪工場において、工場長・各製造ラインの担当者ならびに本社環境品質部、経理部によるMFCAプロジェクトチームに対して、IGES研究チームがMFCA理論説明会を行った。この説明会ではそれまでの検討の結果、今回の

研究対象に決定された製造ラインに対して、製造工程ごとの工場担当者が具体的な作業手順をもとに質問をするなどMFCA理論を実務に適用するにあたっての詳細な論点を抽出することになった。プロジェクトのスケジューリングやMFCA導入の目的と調査研究成果であるフローチャートならびにデータの利用法について議論された。

続いて、2002年4月に塩野義製薬本社環境管理室を訪問し、マテリアルフローコスト会計の概要と今回の実証研究について本社環境管理室と経理部に対して説明した。説明会ではマテリアルフローコスト会計という新しい環境管理会計と当社の既存のシステムとの相違や導入によるメリット、また研究協力に掛かる時間やコストなど具体的な質疑が交わされた。製薬会社へのMFCAの導入事例は、MFCAを考案したドイツIMUでの製薬会社への導入事例と日本の経済産業省委託調査による(財)産業環境管理協会の導入事例(田辺製薬株式会社)があり、今回の研究ではこれらの先行事例を踏まえながら、さらに新しい課題を解決することを目的とすることとした。

その後、実証研究への協力に対する社内決定を得て、翌5月にはどの工場のどのラインを研究対象とするかと全体のスケジュールを決めるための会議を持った。塩野義製薬からの提案により、製薬、製剤、包装の一貫したラインを持つ金ヶ崎工場のある薬品を対象とすることに決定し、当該ラインに関する詳細な説明を受けた。同時に当該薬品の科学的性質や年間製造スケジュールを考慮し、研究データ収集時期とその範囲を決定した。また製薬会社は厚生労働省の規定により物量フローに関する詳細なデータが作成されていることなどから、研究対象となるデータ収集方法は対象製品1ロットの製造にかかる部分に限定し、化学物質レベルの非常に詳細なデータ収集を行うことになった。

ケーススタディ : 日本ペイント

関西大学商学部助教授	中嶋 道靖
神戸大学大学院経営学研究科教授	國部 克彦
日本ペイント株式会社経理部課長	岡島 純
IGES関西研究センター主任研究員	梨岡英理子
IGES関西研究センター客員研究員	齋尾浩一朗

1. 会社概要

日本ペイント¹⁾は、1881年創業以来、日本で122年にわたり塗料業界のリーディング企業として自動車、建築物、工業用品や船舶など様々な分野向けに塗料製品を開発し、製造販売を行っている。資本金は277億12百万円（2002年3月31日現在）、売上高は1,924億67百万円（2002年3月31日現在、連結）で従業員4,515名（2002年3月31日現在、連結）である。

同社は、1995年よりレスポシブルケア協議会設立メンバーとして積極的に参画し環境問題に取り組んできた。1999年3月に日本の塗料業界で初めてISO14001を全社一括で認証登録した。「環境保全と資源エネルギー低減に貢献するエコカンパニーとして信頼される企業」の実現を目指して、「環境方針」を設定するとともに、2005年度に到達すべき「環境目標」を定めた。環境方針は「色彩・景観の創出と素材・資源の保護という社業を通じ、環境美化・環境保全に対して積極的に貢献することを理念として、自らの使命と責任を自覚し、社員一人一人、社内全組織が連携して環境問題に取り組み、世界人類、地域社会、顧客との相互信頼に基づいた美しい環境づくりに寄与する活動をめざす」を基本方針としている。また、「環境目標」は、環境保全とエネルギー・資源の節約を目的とした事業活動と環境負荷低減の商品開発・技術開発を目的とした製品およびサービスの両面から具体的に設定している。

2. プロジェクトの概要

2.1 プロジェクト実施に向けてのミーティング

2001年12月に関係部署、工場スタッフへのマテリアルフローコスト会計の説明と、導入対象となる工場及び製品(製造工程)の見学のため大阪工場を訪問した。まず、マテリアルフローコスト会計を導入する上、マテリアルフローコスト会計を社内のプロジェクト参加者が理解することが重要であり、具体的に実施するうえでの論点整理を目的に現場スタッフを含めたミーティングが開催された。

このミーティングで出された論点のうち、まず、特にデータの収集に掛かる部分について早急に解決する必要がある。研究対象とされた大阪工場は本社と隣接しており、プロジェクトチームは必要に応じて随時現場を見学し、工場の工程担当者との密接なコミュニケーションを通して、データ収集に関する問題に対して迅速で的確な解決策を見出すことができた。このような作業を通して、現場担当者からの提案も多く得ることができ、双方向のコミュニケーションによる成果導入である。なお、IGES研究チームと当社プロジェクトチームとのこのようなミーティングは、月に2・3度の頻度で開催された。

フローチャートを含むデータ収集シートの作成は経理部が担当した。このシート作成には数ヶ月をかけ、製造ラインの各工程・作業に沿ったイラストや写真を挿入した分かり易くかつ詳細なものが作成された。対象製品の生産計画を考慮した結果、7月にトライアルテストを行い、さ

1) より詳しい会社説明については以下のホームページを参照されたい。
<http://www.nipponpaint.co.jp/>

らにシートを改良し8月から3ヶ月のデータ収集作業を実施した。

なお、導入対象は大阪工場の水性塗料製造ラインとし、マテリアルフローコスト会計のコスト範囲は、「マテリアルコスト」・「システムコスト」・「配送/廃棄物処理コスト」さらには「エネルギーコスト」を含めたフルコストとした。製造ラインを簡単に説明すると、水・顔料・添加剤・樹脂を中心とする十数種の原材料を攪拌する「混合」、粒度を均等にする「分散」、添加剤を加えて攪拌する「溶解」、出来上がった製品の不純物などを取り除く「ろ過」、製品を18L缶に詰める「充填」である。

なお、マテリアルフローコスト会計導入プロジェクトを実施するため次のプロジェクトチームが編成された。

実施体制

- 本社（3名）：環境品質本部・経理部
- 工場（14名）：製造課・エンジニアリングセンター・安全防災課

2.2 データの収集

データの収集に関して、マテリアル（原材料）の物量データは原則、実測され、労務費、その他経費に関するデータは財務データから収集された。

マテリアルコストは、作業管理表（製造指示書）に示されている重量ではなく、各工程で使用される原材料を実測計量し、各マテリアルの価格をかけて算出することとした。

システムコストは、労務費、減価償却費、その他の経費とし、財務データを基に該当する費用額を算定した。この工程では他の製品も製造しており、一定の基準を使って減価償却費、その他経費を按分した。ただし、労務費については各工程での作業時間を個別に記録して算出した。今回は直接製造作業に関する費用のみとし、補助部門の経費は含んでいない。

配送/廃棄物処理コストは、各工程で発生した購入原材料の包装材である袋、缶の処理費用が主なものであり、Kg当りの処理費用単価をかけて算定している。なお、一般的な配送コストは対象外とした。

エネルギーコスト（電力費）は、各物量センターの設備ごとの積算電力量に電力単価をかけて算定している。物量センターごとに測定メーターは設置されていないが、今回電力測定器を使用し、サンプルデータを測定することとした。

2.3 データ付きフローチャートの作成

1) フローチャート（マテリアルコスト）

この製造ラインにおいて他の製品も製造するので各工程終了後設備は洗浄される。

たとえば、図1の物量センター「混合」はタンクに材料と水を入れて混合する工程であるが、混合完了品が分散工程に移された後、そのタンク内は水によって洗浄される。このように洗浄によって生じた排出液（水と材料の混合液）は、次の同じ製品を製造するときまで保管され、同製品が製造されるときに再投入されている。

さらに、製造工程の始点である混合工程から終点の充填工程まで工程間はパイプ（配管）でつながっており、パイプで工程完了品は次工程に運ばれることから、製造工程の途中で漏洩することはない。また、このパイプ内に付着する塗料も押し出し治具（ピグ）によってパイプ内に残さず充填後に押し出されるようになっている。

したがって、この製造工程において、製品である水性塗料の最終廃棄物となるマテリアルロスはずかである。たとえば、主要原材料が粉体であるので、混合工程でわずかに粉塵が発生するが、その粉塵は集塵機によって回収され、回収された粉塵は原料としてリサイクルされ、集塵されなかった部分または集塵機に付着して再投入できなかった部分などほんのわずかな部分だけが廃棄物となっている。

2) フローチャート（システムコスト）

図2に示されているシステムコストは、各物量センターで発生したシステムコストである。このコストに含まれる減価償却費は一定の配賦基準によって当該対象製造に係る額を算定している。

3) フローチャート（配送/廃棄物処理・エネ

ルギーコスト)

図3で示されているように、物量センターの上段がエネルギーコストであり、下は廃棄物処理コストである。

4) フローコストマトリックス

各物量センターへの投入が、図4の物量センターの下の上段に示されている。その下にマテリアロスが表記されている。

- ・マテリアロスコスト率 0.127%
(総原価に占めるマテリアロスコスト率)
- ・最終廃棄物コスト率 0.137%
(マテリアロスに占める最終廃棄物率)

上記の比率を見れば明らかなように、全くマテリアル(当移入原材料)の無駄なく製造されていることがマテリアルフローコスト会計の結果としても明白である。

2.4 導入実験における新たな研究調査の展開 -消費電力ロス分析-

本プロジェクトの目的は、原料の廃棄物をほとんど出していない工程を導入対象としたことにより、まず、本工程が物的・コスト的にも認識されているとおり排出物(ロス)がほとんど出していないのかを検証するとともに、今後の社内展開も視野に入れマテリアルフローコスト会計手法の理解に努めることとした。

さらに、マテリアルフローコスト会計の導入実験を通して、新たな課題に取り組むこととした。環境負荷の低減を模索する上で、特に電力に焦点を当て、設備ごとの電力消費量をサンプル測定することとした。電力測定器の台数も限られていることから、一設備1回を原則とし複数バッチで測定することで当該製造工程に関連する設備全体をカバーし、各設備の1バッチでの電力消費を測定することとした。そのデータをもとに、測定された電力消費量をマテリアルフローコスト会計として具体的に展開する方法を検討することとした。

これまでも電力を機械設備ごとに測定するという考えや試みはなされてきた。しかしながら、その測定された電力データを環境管理会計情報としてマテリアルフローコスト会計においてどのように利用することができるかは未解決の課

題であった。簡単に言えば、測定器を使って消費電力は測定できるが、何とその測定値を比べてそのエネルギーのロスを算定することが適切であるかという問題である。

本プロジェクトにおいて、そのひとつの有力な解決策として、力率を援用することとした。力率とは、次の式にあるように、当該電気設備に投入された電力のうちどの程度有効に電気設備の機能に対して使用されたかを示すものである。

$$\text{力率(\%)} = \frac{\text{実際に電気設備を機能させた電力(W(有効電力))}}{\text{電圧(V)} \times \text{電流(A)} \text{ (皮相電力)}} \times 100$$

この力率を測定器によって機械設備ごとに算出した。その結果、一般に設備における標準的な力率は85%であるとされているにもかかわらず、それを下回る結果が複数見出された。マテリアルフローコスト会計としては、皮相電力×(1-力率)=電力ロスとして、電力ロスの電力量とコストを機械設備・物量センターごとに算出・集計し、今後のロス改善に役立てることが理論的であると考えられる。

1) 消費電力のロス削減における可能性について

設備ごとの電力消費量を測定し、力率を算定することにより判明した消費電力のロスをどのように削減しコスト削減につなげるかという可能性について検討する。

1. 消費電力のロス削減に伴う年間削減可能額の算定

電力料金は大きく分けて「基本料金」と「電力量料金」の2つから構成されている。それぞれの料金の算定方法は以下のとおりである。

$$\text{基本料金} = 1 \text{ kWあたりの基本料金単価} \times \text{契約電力} \times \text{力率修正率}$$

$$\text{電力量料金} = \text{使用電力量} \times 1 \text{ kWhあたりの電力量料金単価} \pm \text{燃料費調整額}$$

基本料金は、電力購入者が固定的に支払わなければならないコストであり、契約電力を基礎として算定される。例えば契約電力が500kW未満の場合、契約電力は毎月の実測した最大需要電力のうち、その月を含む過去1年

製造設備	工程	一日あたり稼働時間(分)	皮相電力(W)投入電力)	有効電力(W)	力率	85%(標準)力率換算皮相電力	改善余地電力(W)	一日あたり改善余地電力量(KWh)	左記金額換算(円)	年間削減可能金額(円)
					/	÷0.85	-	× /60/1,000	×8.5	×20日×12ヶ月
A設備	分散	300	4,000,000	3,100,000	0.78	3,647,059	352,941	1,765	15,000	3,600,000
B設備	分散	300	370,000	222,000	0.60	261,176	108,824	544	4,625	1,110,000
C設備	分散	300	200,000	110,000	0.55	129,412	70,588	353	3,000	720,000
D設備	分散	420	1,000,000	800,000	0.80	941,176	58,824	412	3,500	840,000
E設備	ろ過	240	350,000	122,500	0.35	144,118	205,882	824	7,000	1,680,000
F設備	充填	300	100,000	30,000	0.30	35,294	64,706	324	2,750	660,000
G設備	充填	360	110,000	44,000	0.40	51,765	58,235	349	2,970	712,800
H設備	充填	420	90,000	36,000	0.40	42,353	47,647	334	2,835	680,400
I設備	共通	360	950,000	665,000	0.70	782,353	167,647	1,006	8,550	2,052,000
合計				5,162,240		6,034,706	1,135,294	6,834	50,230	12,055,200

1 kWh当り電力量単価

間の最も大きな値が適用される。ここで、最大需要電力とは30分の平均需要電力のうち、1か月の最大の値をいう。一方、電力量料金については、使用電力量に応じて支払われるもので変動費的な性格を有するものである。

したがって、実務上コスト削減のターゲットは、この契約電力と使用電力量である。今回、本プロジェクトにおいて設備ごとの電力消費量を測定した結果、一般に力率85%が標準とされるにもかかわらず、それを下回る結果が複数見つけ出されたが、この力率を改善すれば、契約電力と使用電力量を削減することが可能となる。具体的な投資を検討するために、力率改善の余地がある設備毎に、改善のために必要な投資額とそれによって得られるコスト削減見込額を算定して、投資効率を算定する必要がある。そして、投資効率の良いものから順次力率を改善することによりコスト削減を効率的に実現する必要がある。

以下の表は設備ごとに測定した電力消費量から実際の力率を計算し、そこから改善余地電力量をもとめて年間削減可能金額を算出している。

まず、皮相電力()と有効電力()を実際に測定することにより設備ごとの力率()を算定する。次に、一般的に標準力率と言われている85%まで力率を改善した場合

の皮相電力()を算定し、実際皮相電力()との差額を算定している。これが改善余地電力()である。この改善余地電力を一日あたり改善余地電力量()に換算し、これに1 kWhあたりの電力量料金単価(8.5円/kWh: 関西電力(株)平成14年10月1日以降適用単価)を乗じることにより、1日あたりの電力量料金削減可能額()が推定される。更に1ヶ月の稼働日数を20日とした場合の年間のコスト削減可能額()を推定することができる。本プロジェクトの結果では、1年間でA設備の3,600,000円の削減を筆頭に合計で12,055,200円の電力量料金の削減が可能と推定された。

次に基本料金についてであるが、理論的には力率改善を行うことにより毎月の最大需要電力は下がっていくと考えられることから、1年後には契約電力は下がると考えられる。例えば契約電力が毎月100 kW削減できた場合には、1 kWあたりの基本料金単価(1,780円/kWh: 関西電力(株)平成14年10月1日以降適用単価)を乗じることにより、1年間で2,136,000円の基本料金の削減が可能と推定される。

したがって、どの設備の力率を改善するのが一番望ましいかを検討するためには、電力使用量の削減に伴う電力量料金の削減と、契

約電力削減に伴う基本料金の削減の両方を加味して最も削減できる設備から力率を改善することが重要である。

2) 投資回収期間の算定

力率改善を行うためには、コンデンサをつけたり、モーターを高効率モーターに替えたりなど様々な方法があるが、それぞれ改善の効果も違えばそれに対する投資額も異なる。企業としては、力率改善余地のある設備についてそれぞれの投資効率を明らかにし、投資効率の大きい案件から順次進めていくことが重要である。ここでは、単純回収期間で投資効率を判断することとする。

右表は、設備毎の力率改善のために必要な投資額をもとに電力量料金に関する投資回収期間を算定したものである。この中で、一番投資効率が良いのはF設備の1.5年で、最も投資効率が悪いのはA設備の5.0年である。更に、これに契約電力の削減に伴う基本料金の削減も考慮すると更に投資回収期間は短くなる。また、地球温暖化防止のためのCO₂の削減が急務になっている中、一つの有力なスキームとして排出権取引や炭素税などが挙げられているが、このようなスキームが実際に実施されると、電力使用量の削減を実施しないとコスト増につながる可能性がある。このような将来のコスト増分の削減を加味すると、更に投資回収期間は短くなり、投資するに値しないと考えられていた案件が投資対象となる可能性もあろう。企業は、投資可能な金額と投資回収期間及び将来の動向も加味しながら意思決定をすることが重要になる。

このような力率改善という観点から、消費電力のロス削減における可能性について検討した。力率改善のための方策により投資額もそれによってもたらされる削減量も異なると考えられるが、設備毎に実際の力率を測定し、改善によって達成可能な力率との差額から具体的な削減額を推定することは、企業の意思決定に有用な情報を与えられられる。

2.5 今後の課題

個別の論点として、たとえば、マテリアルコ

製造設備	工程	年間削減可能金額(円)	投資額(円)	回収期間(年)
A設備	分散	3,600,000	18,000,000	5.0
B設備	分散	1,110,000	2,000,000	1.8
C設備	分散	720,000	1,500,000	2.1
D設備	分散	840,000	2,500,000	3.0
E設備	ろ過	1,680,000	5,000,000	3.0
F設備	充填	660,000	1,000,000	1.5
G設備	充填	712,800	1,300,000	1.8
H設備	充填	680,400	2,000,000	2.9
I設備	共通	2,052,000	4,000,000	1.9
合 計		12,055,200		

ストに関して、実測するマテリアルの範囲について議論がなされた。すなわち投入した材料のロスとして把握するものについて、材料の入っていた容器に残っているものまでをマテリアルロスとして測定することや、粉塵となって工場一括で回収されている材料を工程別にどこまで把握するのかがである。前者については微量であるため複数の投入回数をあわせて測定するなどの工夫を行って実測することとし、後者については月平均の粉塵の回収量を生産量で割るなど、実測の困難なものについては情報の重要性を鑑み推定値を利用するなどで対応することが検討された。また材料として投入される水と洗浄用として使用される水を分けて把握するなど、コスト把握の観点から同じ物質でも目的や由来が異なるものは別々に把握することも検討された。

次にエネルギーやシステムコストについて、時間概念に関する議論がなされた。すなわち「時間」は当該設備が「実際に稼動/対象製品の製造に貢献している時間」のみを把握するのか「電源の入っている状態を含む時間(待機時間)」をも把握するのかがである。これは対象となる設備と状況により把握方法を変えて対応することとした。運搬にかかるコストや労務費についても同様の議論が為された。

ただ、エネルギーのうち電力については、設備ごとの消費電力を測定することが情報として有意であると結論し、これを行うことをとした。この結果、電力の実測と力率との比較が可能となり設備投資の意思決定に有用な情報を提供で

きることが分かった。

今回の研究対象となった製品の製造ラインでは、もともとロスが少ない事がわかっていたがMFCAの導入によりそれが数値的に検証されることになった。また設備ごとの消費電力の把握など、より詳細な実測データを採取することにより理論値と比較分析することが可能となり

新たな改善点を発見することができた。これらノウハウは別の製造ラインにも適用することができ、その適用拡大はやがて工場全体の製造/工程改善提案に結びつくものと考えられる。

またMFCA情報を（外部）環境会計へリンクすることも、今後の重要な検討課題であるといえよう。

フローチャート(マテリアルコスト)
日本ペイント

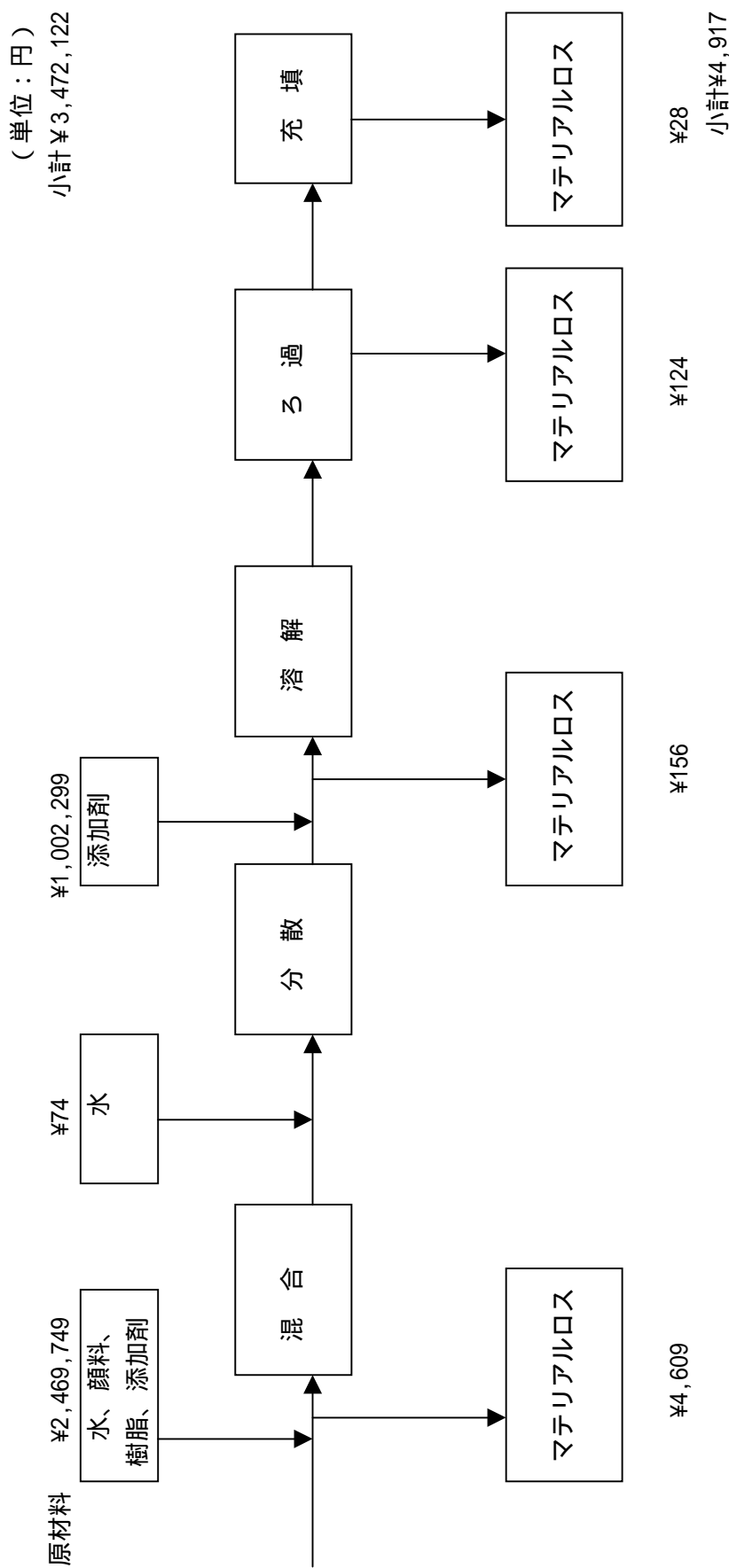


図2 - 1 日本ペイント マテリアルフローコスト・フローチャート

フローチャート（システムコスト）
日本ペイント

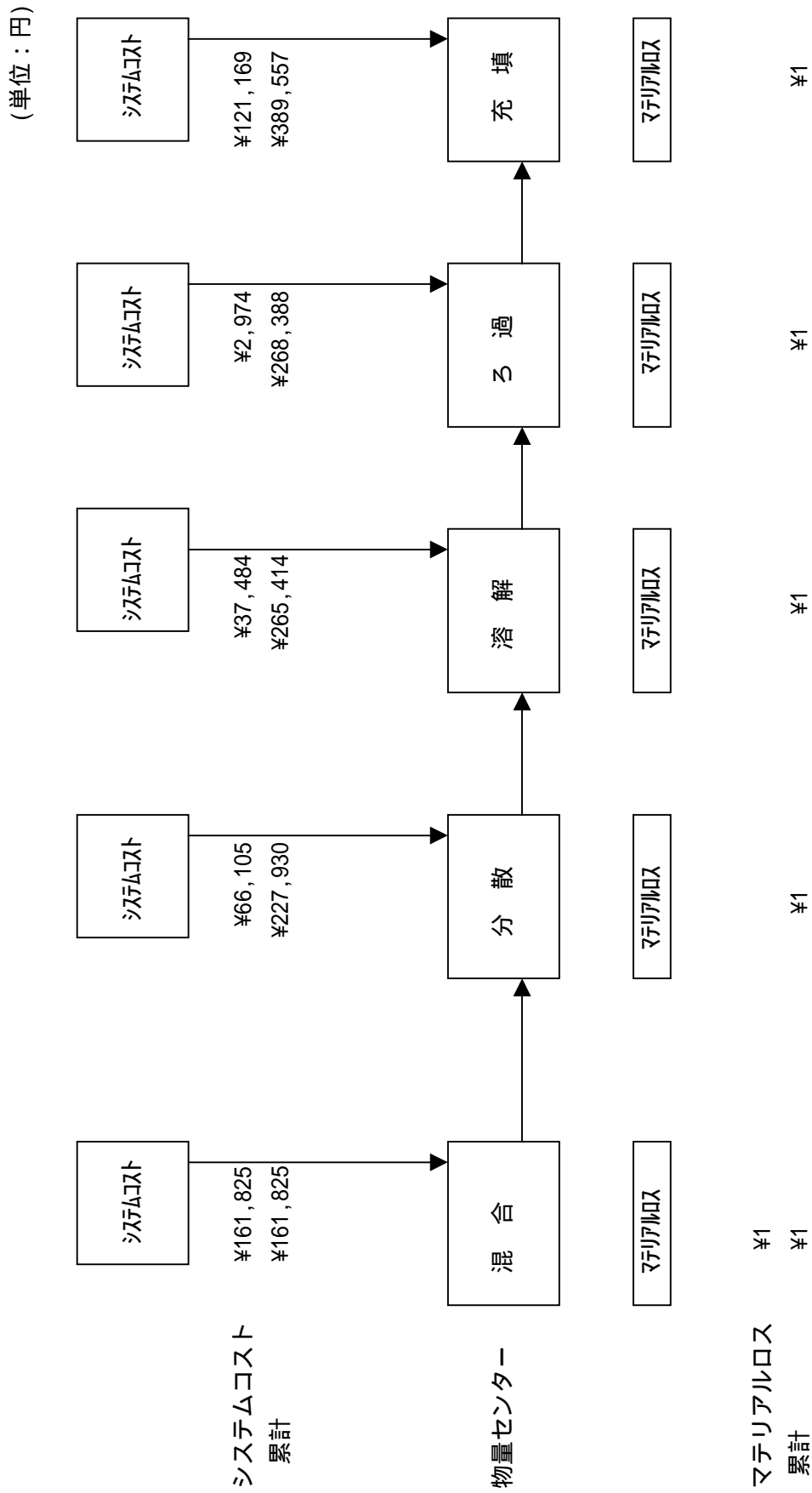


図 2 - 2 日本ペイント システムコスト・フローチャート

フロ-チャート (配送/廃棄物処理・エネルギーコスト)
日本ペイント

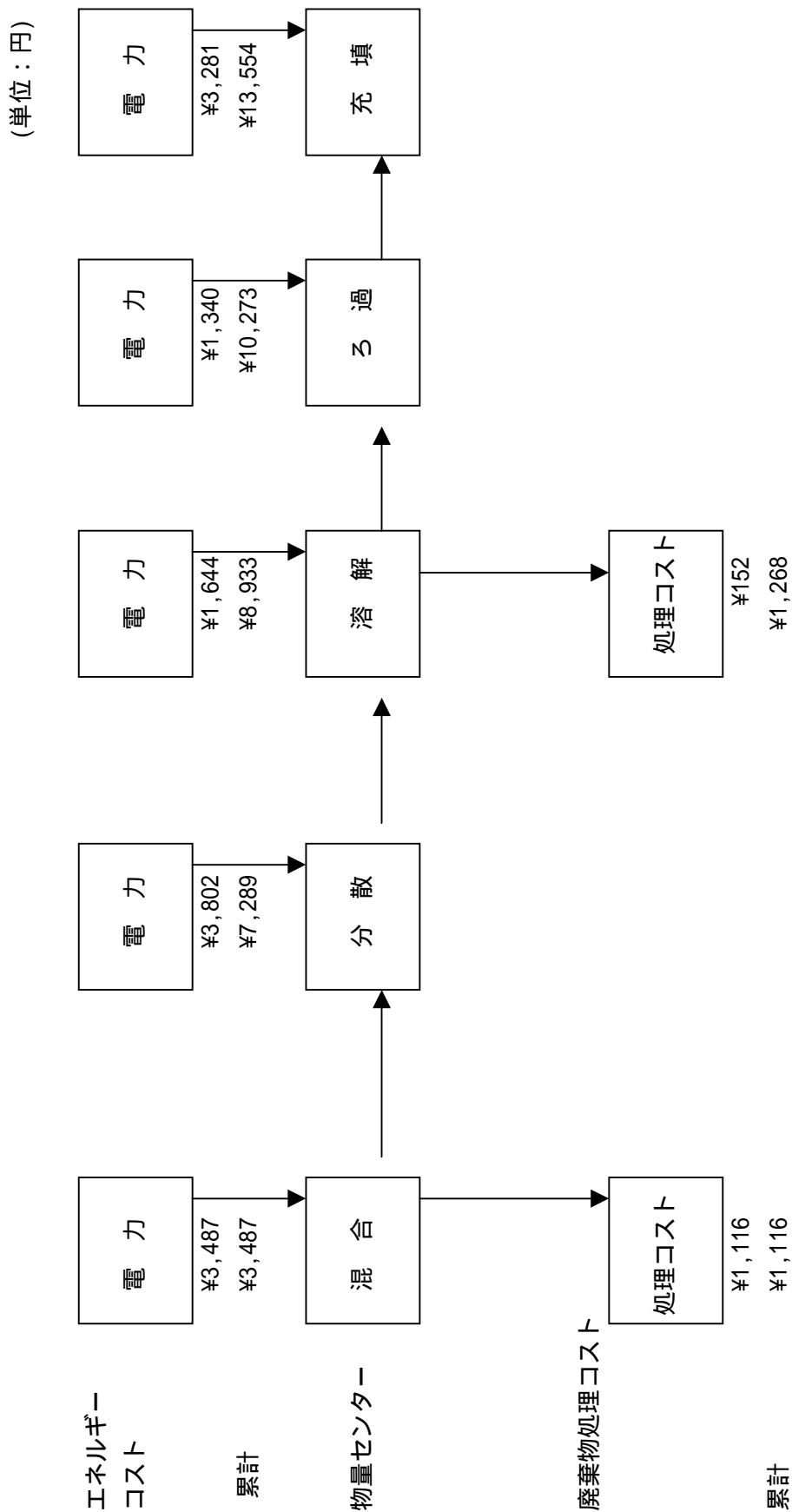
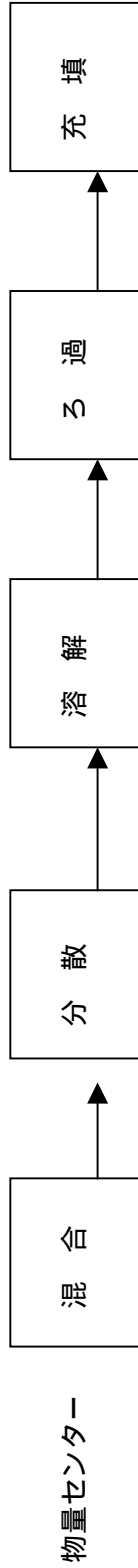


図2-3 日本ペイント 配送/廃棄物処理・エネルギーコスト・フローチャート

フローコストマトリックス

日本ペイント

(単位：円)



投入	混合	分散	溶解	ろ過	充填	合計
マテリアルコスト	¥2,469,749	¥ 74	¥1,002,299	¥ 0	¥ 0	¥3,472,122
システムコスト	161,825	66,105	37,484	2,974	121,169	389,557
エネルギーコスト	3,487	3,802	1,644	1,340	3,281	13,554
小計	¥2,635,061	¥ 69,981	¥1,041,427	¥ 4,314	¥124,450	¥ 3,875,233
マテリアルロス						
マテリアルコスト	¥4,609	0	156	124	28	4,917
システムコスト	1	0	0	0	0	1
廃棄物処理コスト	1,116	0	152	0	0	1,268
小計	¥5,726	0	308	124	28	6,186

	マテリアルコスト	システムコスト	エネルギーコスト	廃棄物処理コスト	合計
製品	3,467,205	389,556	13,554	0	3,870,315
マテリアルロス	4,917	1	0	0	4,918
包装	0	0	0	1,268	1,268
合計	3,472,122	389,557	13,554	1,268	3,876,501

マテリアルロスコスト率

0.127% (総原価に占めるマテリアルロスコスト率)

0.137% (マテリアルコストに占める最終廃棄物率)

図2-4 日本ペイント フローコストマトリックス

ケーススタディ : 塩野義製薬

関西大学商学部助教授	中嶋 道靖
神戸大学大学院経営学研究科教授	國部 克彦
塩野義製薬株式会社環境管理室長	國領 芳嗣
IGES関西研究センター主任研究員	梨岡英理子
IGES関西研究センター客員研究員	後藤 文昭

1. 会社概要

塩野義製薬¹⁾は、1878(明治11)年の創業以来、医療用医薬品をはじめとする医薬品を提供し続けている製薬会社である。1957年に「常に人々の健康を守るために必要な最もよい薬を提供する」という基本方針を制定している。2002年3月末日における資本金は212億79百万円、売上高2064億03百万円、従業員数5,237名の企業規模である。人々の健康に係わる生命関連企業には科学に対する真摯な取り組みと高い倫理性に基づいた企業行動が求められており、最大限の努力を重ねて活動している。

環境保全全面については、1971年に公害防止を目的に「排出物処理方針」、1994年に「シオノギ環境基本方針」を制定し、1995年に「第一次シオノギ環境行動目標」、2000年に「第二次シオノギ環境行動目標」を全社共通の行動目標として策定し、医薬品等に係る事業活動を通じて、地球環境の保全、汚染の予防と人々の安全に配慮し、環境負荷の少ない企業活動に努めている。

「シオノギ環境基本方針」に明記されているように社会との共生を図るため、2000年から環境報告書を発行し環境情報を積極的に開示してきた。また、限られた経営資源の中から効果的・効率的な環境対策を行うためには、その実効性を評価・確認するためのツールが必要と考え、環境報告書発行当初から環境会計に取り組みデータを公表してきた。

マテリアルフローコスト会計を企業内部管理を目的とする環境会計の一部として捉え、今回の導

入実験を、環境負荷低減とコスト低減の検討手法として医薬品主薬の合成から製剤、包装までを一括生産している製造工場において、次の体制で実施した。

実施体制

本社	環境管理室	2名
	経理財務部	1名
工場	工場長席	3名
	原薬担当	3名
	製剤・包装担当	2名
	エネルギー担当	1名
	物流・倉庫担当	1名

2. プロジェクト

2.1. プロジェクト実行に関して

2002年7月からマテリアルフローコスト会計導入実験に向けての準備・検討をはじめ、導入対象となる金ヶ崎工場へ7月下旬に赴き、導入実験に向けての説明会と製造工程の具体的調査を行った。

1) 工場見学の前の論点整理

実際の製造現場においてモノの流れを見る現地調査はマテリアルフローコスト会計の導入には必要不可欠であるといえる。しかしながら、研究対象となる金ヶ崎工場は本社(大阪市)やIGES関西研究センター(神戸市)から地理的にかなり離れた岩手県に所在することから、研究チームが何度も工場を訪問し現場でチェックすることは困難である。研究

1) より詳しい会社説明については以下のホームページを参照されたい。
<http://www.shionogi.co.jp/>

チームによる工場での現地調査は一度とし、工場訪問前に可能な限りの情報を本社環境管理室で討論するとともに、本社環境管理室とミーティングを重ね既存のフロー図を用いて薬品製造工程を事前学習し調査研究のポイントとなる部分を抜き出す作業を行った。

このミーティングにおいて、物量センターでのマスバランスを作成するに当たり、実測値と実測を元に作成され管理対象となっている標準値と、科学的限界である理想値に関して説明を受け、どの数値を使ってマテリアルロスを出算することが適当であるか検討された。一般に化学会社では、机上の理論として理想値が、そして実験スケールのデータから標準値の把握が可能であり、今回のプロジェクトでは理想値まで分析対象とすることとした。また、電力などのエネルギーや減価償却費や労務費などシステムコストのデータについて、今回の研究対象とする範囲の定義について議論した。

これらの議論と同時に、本社環境管理室では既存のデータをもとにMFCA理論に基づくプロトタイプとしてのフローチャートが工場見学前に作成された。特に今回は化学反応により物質が変化する場合に、化学変化によって生成した物質がどの投入材料からの生成物か、その生成物の化学変化前の由来がわかるように記載が工夫されている。

2) 現場でのミーティング(対象工場の見学)

事前ミーティングで検討したデータを持って、研究チームは7月下旬に金ヶ崎工場を訪問した。工場では先のフローチャートに沿って製造工程を見学し、随時担当者から説明が行われた。先に見出された論点を工場担当者と議論するだけでなく、新たな検討課題も出されるなど情報の収集と整理が進んだ。実際に現場を見ることにより紙面のフローチャートが立体イメージとして把握でき論点がさらに明確となった。工場ではさらにユーティリティ関連や倉庫(保管・運搬)回収・リサイクルが行われている処理施設などの見学に伴い新たな論点が検討された。マテリアルロスの範囲については、品質管理のためのサン

プリングや異常によるロス分も実測値データに含めることとした。

これらを受けてフローチャートはさらに改訂され、実測値と按分や配賦による推定値との差が明確に識別できるように峻別された。さらに、ユーティリティ、システムコストに関するフロー図も作成された。

3) 論点整理のためのミーティング

工場見学後3ヶ月をかけたさらに改訂されたフローチャートと新規に収集されたデータ等をもとに検討するため、月に一度の頻度でミーティングが開催された。11月よりミーティングは月2回程度となりコストデータを含むデータ付きフローチャート等の完成と更なる課題の抽出を行い、1月初旬にデータ付きフローチャートが完成した。完成データから公表用データを作成するための会合が数回行われ、1月31日の国際シンポジウムにおいて発表された。

ミーティングにおいて最も大きな課題となったのは、化学反応の結果、生成される物質のコスト評価方法についてである。MFCAでは原則として重量比に応じてコスト評価するが、この方法が当該化学反応において妥当であるかについて検討された。結論として、購入材料の化学物質の構成と塩野義製薬の製造プロセス内の化学反応を考えると、単純に重量比ではなく各物質のコストを購入材料の製造方法を考慮に入れて評価することが、経営意思決定情報として有用であるということとなった。この評価を行うためには購入原料の構成物質のコストに関してサプライヤーから情報が必要であるため、MFCA理論のサプライチェーンへの拡張可能性が今後の検討課題として提示されることになった。

導入実験に関して具体的に説明すると、対象製品はある1医薬品で、対象範囲は製薬・製剤・包装という一連の製造工程を対象とし、工場への材料の搬入から工場からの製品の搬出、および排水処理施設までを調査の対象とした。なお、マテリアルフローのデータは、複数バッチのデータをもとに1バッチ当りのマテリアルフローを見ることとした。

製造工程は、医薬品の主薬それ自体を合成する製薬工程と、いわゆる錠剤や顆粒などに成型する製剤工程、そして、その成型された製品を包装する包装工程の3つからなっている。製薬工程には反応・抽出・分離・乾燥など、製剤工程には造粒・成型など、包装工程には充填・包装・箱詰めなどの物量センターを設置した。

製造プロセス内のマスバランス情報に関しては、製薬企業が厚生労働省の「医薬品の製造管理及び品質管理規則（GMP）」による「製造管理基準書」などを作成しなければならないことから、既に多くの物量データが必要に応じて集計・記録されている。さらに塩野義製薬ではより詳細な製造工程の標準書が作成されており、その標準書において各製造工程のマスバランスがインプットとアウトプットの物質名と物量で把握されている。また、これまでも製造工程の変更に伴って、マスバランスの改訂などがされている。ただし、マテリアルコスト会計を導入するにあたっては、新たにアウトプットをインプットの各々の物質による由来として捉える必要があった。

なお、今回は既存のデータを基礎としてデータ収集を拡充し、マテリアルフローコスト会計によって現状のマスバランスを再検討することとした。また、標準書では物量データだけであったが、マテリアルフローコスト会計においてアウトプットの由来の把握とコスト計算することによって新たな改善点を見出そうとしている。

2.2. データ収集

データは、製造、運搬、保管、廃棄物処理および排水処理について、マテリアルのフローとコスト、使用エネルギー量とコスト、および人件費を把握し、製造設備については、設備の減価償却費、修繕維持費、および消耗品費に関するデータを収集した。

マテリアルコストについては、前述の標準書にある物質収支から工程ごとの投入原材料のマテリアルフローを作成し、データの無い項目については実測、または理論値から算出し、その

後、コストを算定した。製造途上の反応に伴う生成物や分解物のコストは、マテリアルフローコスト会計の原則から由来物質の価格から重量比で算出したが、この算出方法について今回検討を加えた。また、原料の包装資材の廃棄重量などデータが無いものは、新たにデータ採取した。

生産に関連するエネルギー、ユーティリティは、電気、水、蒸気などの使用量のデータを整理すると共に、原材料、中間品および製品の移動・保管に関してもトラック、フォークリフト、エレベーター、冷蔵庫などで消費するエネルギーを測定した。人件費は、製薬、製剤、包装、廃棄物処理、排水処理および運搬作業単位で各々のデータを採取した。また、その他、設備の減価償却費と修繕維持費、消耗品費、および廃棄物処理委託費の実績データを把握した。

製薬の1ロットと製剤・包装の1ロットの製造量が異なるため、データ集計は、製薬の1ロットの製造量に、製剤、包装、ユーティリティなどの物量およびコストを調整してマテリアルフローコスト会計の基礎データとすることとした。

2.3. データ付きフローチャートの作成

マテリアルフローコスト会計では、企業へのインプット時の投入マテリアルで企業内プロセスのフローとストックを追跡することが基本であり、この点がマテリアルフローコスト会計の特徴でもある。しかしながら、データ収集過程において製造工程が化学変化を伴う場合、最初の投入マテリアルで常に良品とマテリアルロスとを認識することが適切であるかが問題となり、そのようなマテリアルフローコスト会計手法の未解決の問題点に取組むことも目的とした。

例えば、製造工程から二酸化炭素（CO₂）が排出される場合に、マテリアルフローコスト会計では理論上、その二酸化炭素のもとと成る炭素（C）や酸素（O₂）を含む投入マテリアルとして認識することとなる。化学反応のような投入マテリアルと全く物質的に変化した良品とマテリアルロスのマテリアルコストの計算をどうすべきかを検討し、その解決策を見出すことができた。

また、マテリアルフローコスト会計の新たな情報提供の可能性として、CO₂の発生情報が考えられる。CO₂の排出を場所別に把握し、その発生量を測定し、コスト評価することによって、全体かつ場所別にCO₂の削減に取り組むための有用な環境経営情報を与えることが可能となる。

図1 マテリアルコストフローチャート

フローチャートでは、製薬工程の物量センターを合成、後処理、精製としたので、回収作業が各工程に個別に対応しているように見えるが、設備的には製薬全体の回収設備により回収作業を実施している。

図2 システムコストフローチャート

システムコストとして、設備の減価償却費と修繕維持費、消耗品費および人件費を対象として把握し、マテリアルコストにより、按分した。

図3 ユーティティおよび廃棄物関連フローチャート

ユーティティ関連として、電気、蒸気、水をはじめ構内運搬車の燃料などを含めた。





図4 フローコストマトリックス

2.4. 導入に関する評価

1) 化学反応におけるマテリアルコストの計算方法

従来の算出方法では、100万円で購入した原料Xが良品90kgとマテリアルロス10kgに分かれた場合、100万円を重量比で分けて良品90万円とマテリアルロス10万円と評価した。

しかしながら、一般的に化学産業では、原料のサプライヤーから材料を購入する場合には、その組成を考慮して材料購入価格を決定（交

渉）している。すなわち図にあるように「」は保護基（主要原料「」が単独では勝手に反応する等不安定なため、結合させておく物質）として「」に付けられているだけで、しかも価格も1,000円/kgである。このような場合に重量比とすることは不適切であり、マテリアルロスとなる「」は1万円/10kgとすることが妥当である。

したがって、今回のプロジェクトにおいても排出物は全て投入マテリアルとして認識したが、コスト評価に関しては、重量比という原則ではなく、上記の考えをもとにしてその組成とその組成に対する購入価格（推定値）で評価した。

このような場合、サプライヤーの製造情報まで必要となることから、特にサプライチェーンにマテリアルフローコスト会計を拡張する必要性と可能性があるといえる。

2) マテリアルフローコスト会計情報

(単位：千円)

	マテリアルコスト	システムコスト	用役関連コスト	廃棄物処理コスト	合計
製品	8,866	2,196	115	-	11,177
マテリアルロス	3,150	145	11	28	3,335
うちリサイクル	1,417	-	-	-	1,417
うち廃棄	1,734	-	-	-	1,734
合計	12,017	2,341	126	28	14,511

マテリアルロス率

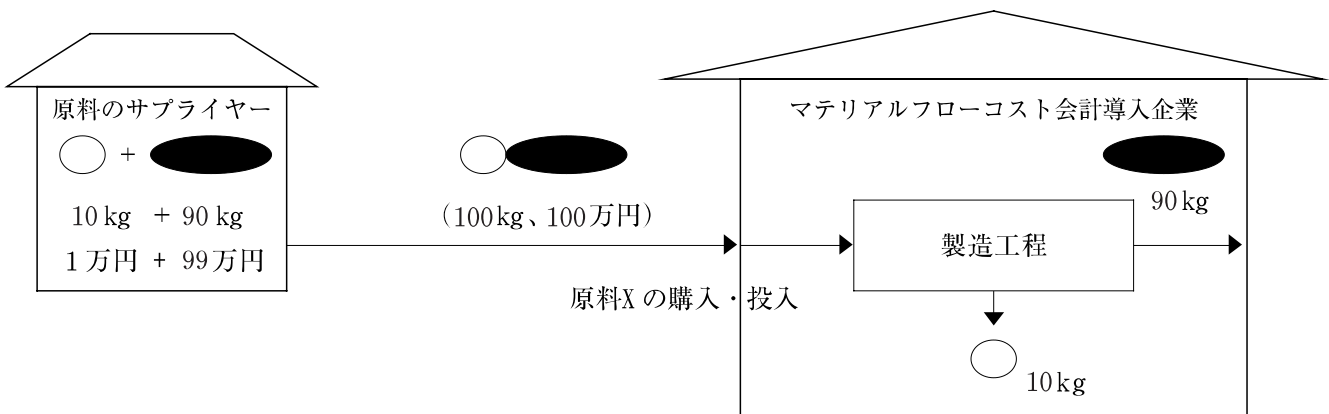
26.2% (マテリアルコストに占めるマテリアルロス率)

最終廃棄マテリアルロス率

14.4% (マテリアルコストに占める最終廃棄物率)

総原価マテリアルロス率

23.0% (総原価に占めるマテリアルロスコスト率)



これまで製薬・製剤・包装工程それぞれの完了品である製品の標準収量と実際収量を物量ベースで把握し、管理してきた。しかしながら、このマテリアルフローコスト会計によって金額ベースでの歩留りが明確となり、さらにはその内訳が各工程内に分解されていることから、コスト情報に基づいた工程改善の可能性が新たに見出された。

3) 製造プロセス内のCO₂の測定とその意義

京都議定書の発効と企業のCO₂排出削減

2002年6月に日本は京都議定書を批准した。近々京都議定書の発効が予想されるが、日本国として2008年から2012年において1990年比6%の地球温暖化ガス排出量削減の義務を負うこととなる。国内制度に関しては地球温暖化対策推進大綱によりステップ・バイ・ステップのアプローチが採用されている。同大綱において2004年までの第1ステップにおける対策・施策の評価見直しを経て、2005年から始まる第2ステップ以降において具体的な追加的施策が講じられることとされている。

京都議定書発効以降、特に大綱の第2ステップ以降ではCO₂をはじめとする地球温暖化ガスの排出量削減が企業経営上の重要課題となるであろう。企業が具体的対策を検討するためには企業活動の区分ごとのCO₂排出量を把握するインベントリーの作成が必要である。事業者による排出量の算定と報告に関する標準を定めようとするGHG PROTOCOLによると事業者による排出源の識別の区分において、直接的排出として、「電力、熱、蒸気の生産」、「物理的・化学的な生産過程」、「原材料、製品、廃棄物、従業員の輸送」、「一時的排出」の区分がなされている。

企業が経済的な競争による制約がある一方で地球温暖化対策を推進するためには、排出権取引も含めた各種対策の限界削減費用を把握することが必要であり、地球温暖化ガスの排出量削減対策を経済効率的に行う必要があり、各種対策の経済的評価を総合的に勘案することなしに意思決定を行う

ことはできない。

マテリアルフローチャート作成による発生CO₂の把握と評価

企業活動に起因するCO₂排出量に関しては、一般的にはエネルギー使用起源の排出割合が多くを占めているものと考えられる。ただし、鉄鋼業、セメント製造業等一部の業界の製造プロセスにおいてはその製造工程における反応過程からのCO₂排出量が多く、その排出量の算定と削減対策が課題となっている。その他の業界においても、物理的・化学的なプロセスからCO₂を排出する製造プロセスは多数ある。

これら製造プロセス内からのCO₂排出の問題に対処するために、製造プロセスに対してマテリアルフローコスト会計の適用可能性を検討することは十分意義のあることと思われる。さらに化学反応を含む製造プロセスにマテリアルフローコスト会計を適用する場合には原材料をさらに分子レベルまで詳細に分解して検討することが重要であると考えられ、本研究においても発生する良品及びマテリアルロスを構成分子のレベルまで原材料の認識番号を付して情報を追跡した。

また、マテリアルフローコスト会計を適用し金額情報を付することにより、排出するCO₂の評価を行うことができた。

2.5 今後の課題

本研究においては、マテリアルフローチャートを作成し製造プロセス内の化学反応プロセスにおいて発生するCO₂の発生箇所、発生量を各々のCO₂の起源となる炭素(C)を含む物質ごとに識別して物量センター単位で把握することを行った。

また、その由来となる物質の購入価額をもとに発生するCO₂の金額的評価を行った。なお、マテリアルフローコスト会計の原則的な算定方法においては、良品とマテリアルロスとに対する投入マテリアルの原価の配賦はその重量比によって行う。その原則を本研究に直接的に適用すると、化学反応においては物質を構成する各

元素の分子量の比によって配賦することになる。本研究の検討過程において化学反応のようにプロセスの前後で物質的にまったく変化してしまう場合に分子量比による配賦が適切であるか否かの検討を行った。投入マテリアルに高価な原材料を使用している場合には、たとえば生成物がH₂OやCO₂であっても分子量比で配賦するとそれらの生成物が非常に高価に評価され、H₂OやCO₂のような物質の通常の製造コストや購入価格から大きく乖離すること、また、同一生成物の評価額がその由来となる物質の購入価額によってのみ著しく乖離すること、などからその評価結果の経営情報としての有用性の観点から検討を加える必要があると考えたからである。その結果、分子量の比ではなくその投入マテリアルの製造方法及びコスト等を勘案した他の適切な配賦方法を適用することが妥当であると判断した。

マテリアルフローコスト会計の適用により、化学反応を含む製造プロセスからのアウトプットであるCO₂に関しても、その発生個所、物量、評価額を把握することができ、環境経営の意思決定に利用できる情報が得られた。

本研究においては化学反応を含む製造プロセスにおける原材料由来のCO₂の排出を検討した。その結果、マテリアルフローコスト会計を用いることにより、排出個所、排出起源と合わせて排出量及びその会計的評価について経営に対する有用な環境経営情報を提供することができ、CO₂排出量削減対策に関する経営上の意思決定に役立つことができる可能性を示唆することができた。

今後は、CO₂排出の区分をエネルギー使用、輸送等に拡大して物量情報、会計情報として把握することにより、さらに詳細かつ有用な環境

経営情報を提供することができるものと考えられる。なお、大気、水域へ放出される化学物質は現在PRTR法等により各企業とも把握に努めている。ただし、その場合も物量情報としては把握しているが、金額情報を把握していない。今後はその他の物質にも対象を拡大し、経済効率的な排出削減策等への活用が見込まれる。

また、化学反応プロセスにマテリアルフローコスト会計を適用する場合には、その評価において適正な金額評価をするためにそのプロセスの上下流、ひいてはサプライチェーンに範囲を拡大した検討が重要であるとの示唆も得られた。特に上流側の正確な情報を入手することにより上流側に有用な情報のフィードバックが可能である。経済効率性と環境効率性の同時追求にとって、サプライチェーンを基盤としたマテリアルフローコスト会計の適用が今後の展開として重要な意義を持つことが示された。

今後は完成したMFCAフローチャートを元に、実測値と理論値の分析、財務会計のデータとの比較や分析等が行われ、改善のための検討など企業の環境経営に有用な情報としてMFCAが利用されることが期待される。

今回の研究から得られた成果でありMFCA新たな課題として、近年急速に重要性が増している二酸化炭素などの温暖化ガスに関するデータ把握がある。これは化学反応を起す物質を扱う企業の場合、各工程のどの場所からどの程度のガスが発生しているかを把握することにより、温暖化ガスの削減や排出権取引に関する意思決定に役立つ情報を、MFCAシステムから提供することが可能となる。このデータは今後のMFCA研究の重要な課題であるとともに、温暖化ガス削減に向けての国家的プロジェクトに貢献する研究課題であるといえよう。

図1 マテリアルコスト・フローチャート(単位:千円)

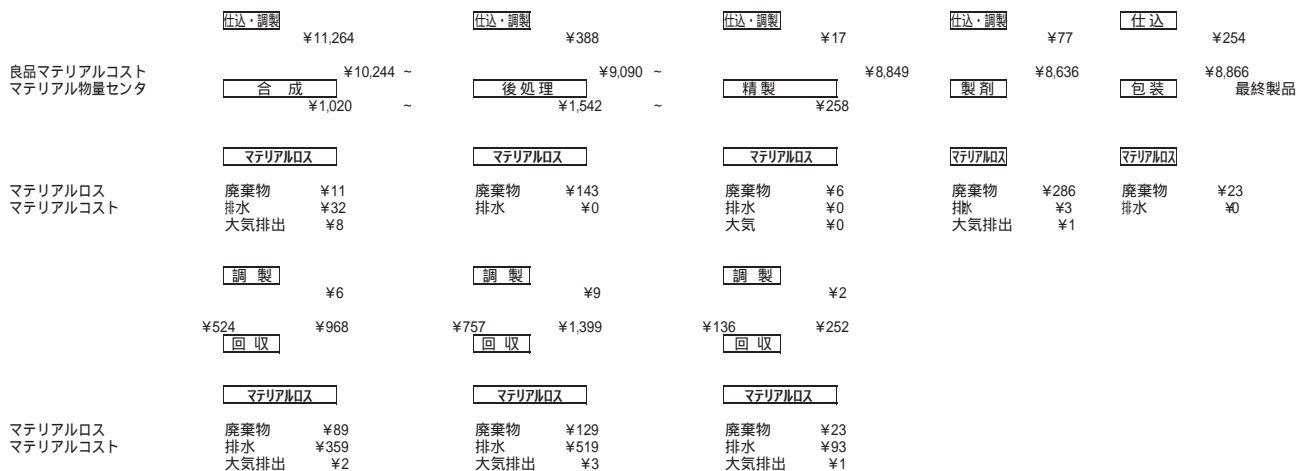


図2 システムコスト・フローチャート(単位:千円)

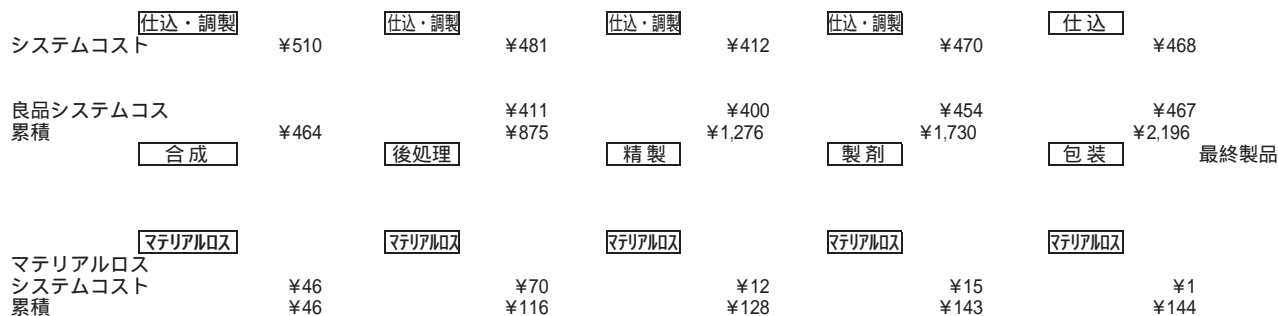


図3 用役および廃棄物関連フローチャート(単位:千円)



図4 フローコストマトリックス(単位:千円)

	合成	後処理	精製	製剤	包装	最終製品
投入						
材料コスト	¥11,271	¥397	¥19	¥77	¥254	
システムコスト	¥510	¥481	¥412	¥470	¥468	
用役関連コスト	¥43	¥40	¥34	¥4	¥4	
小計	¥11,823	¥918	¥466	¥550	¥726	
	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	
材料ロス	¥0	¥0	¥0	¥0	¥0	
材料コスト	¥1,026	¥1,552	¥260	¥290	¥23	
(リサイクル)	¥524	¥757	¥136	¥0	¥0	
(廃棄)	¥503	¥795	¥124	¥290	¥23	
システムコスト	¥46	¥70	¥12	¥15	¥1	
用役関連コスト	¥4	¥6	¥1	¥0	¥0	
廃棄物処理コスト	¥9	¥16	¥2	¥0	¥1	
小計	¥1,085	¥1,643	¥275	¥305	¥25	

図4-2 フローコストマトリックス(単位:千円)

	材料コスト	システムコスト	用役関連	廃棄物処理コスト	合計
製品	8,866	2,196	115	-	11,177
材料ロス	3,150	145	11	28	3,335
うちリサイクル	1,417	-	-	-	1,417
うち廃棄	1,734	-	-	-	1,734
合計	12,017	2,341	126	28	14,511

材料ロス率 26.2% (材料コストに占める材料ロス率)

最終廃棄材料ロス率 14.4% (材料コストに占める最終廃棄物率)

総原価材料ロス率 23.0% (総原価に占める材料ロスコスト率)

	システムコスト	用役関連	廃棄物処理
合成	510	43	9
後処理	481	40	16
精製	412	34	2
製剤	470	4	0
包装	468	4	1

	投入	良品	廃棄排出	リサイクル
合成	11,271	10,244	503	524
後処理	397	9,090	795	757
精製	19	8,849	124	136
製剤	77	8,636	290	0
包装	254	8,866	23	0