

第2章 製造段階の MFCA の理論と考え方

2 - 1 . MFCA の基本的なコンセプトと考え方

(1) マテリアルフローコスト会計の定義

マテリアルフローコスト会計(Material Flow Cost Accounting、以下 MFCA と記す)は、経営者や経営管理者の意思決定に用いる内部管理目的の管理手法のひとつとして、ドイツの環境経営研究所 (IMU) によってその原型が開発された。

MFCA では、製造プロセス中の原材料や部品など “ マテリアル ” のフローとストックを物量と金額の両面から測定し、コストをマテリアルコスト、システムコスト、配送・廃棄物処理コストに分類し管理する。

製造工程の各段階で使用する資源と、各段階で発生する不良品、廃棄物、排出物を物量ベースで把握し、それを金額換算することで、不良品や廃棄物、排出物などのロスの経済的価値を明らかにする。このロスには、原材料費のほか、加工費や労務費も配分され、より総合的な意思決定に用いられるように工夫されている。

(2) 正の製品コスト、負の製品コスト

MFCA 計算のイメージ図を、図 2-1 に示す。

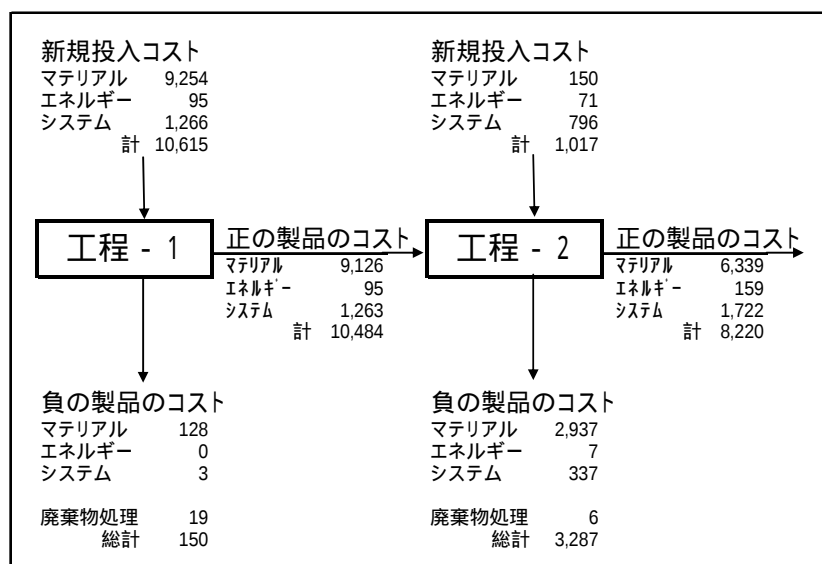


図 2-1 MFCA の計算イメージ

図 2-1 において、正の製品コスト、負の製品コストとある。これは MFCA を日本で初めて企業で適用した日東電工の古川芳邦氏が、最終製品（良品）を構成するマテリアルとして、次工程に引き継がれていくマテリアルのことを “ 正の製品 ”、そうでなく廃棄物、排出物になるマテリアルを “ 負の製品 ” と表現し、その後、普及したものである。

MFCA においては、図 2-1 の工程-2 のように、投入コスト（新規投入コストと、前工程

から引き継がれる正の製品コストの合計)を、再び次工程に引き継がれ、製品につながる“正の製品のコスト”と、廃棄物、排出物とともに捨てられるロスコスト“負の製品のコスト”に分離計算する。すべての工程ごとに、この計算を繰り返す。この計算により、最終製品にならない廃棄物や排出物としての“負の製品”を作るために、どれだけの経済的価値を投じてしまっているかが明確になる。

金属機械加工や樹脂の成型加工などでは、その加工工程の途中で、投入材料の端材や不良品などにより発生する廃棄物に対して、「廃棄物にも前工程で費用をかけている」と言っ
て、端材や不良の低減に取り組んでいる企業が多い。しかし、ほとんどの場合、“歩留率(端材の反対である材料として残る重量比率)”や、“不良率”を指標として、管理、改善を図るにとどまり、前工程で投入したコストを含めて管理していない。MFCAを適用すると、「廃棄物にも前工程で費用をかけている」ということが、コストとして明確に計算できるわけである。

(3) MFCA の基本的な考え方

MFCA の計算の基本的な考え方を、日本における MFCA の原点といえる「環境管理会計手法ワークブック」(平成 14 年 6 月、経済産業省発行)から引用する。

投入された原材料(主原料・補助原料に区別なく、すべてマテリアルと総称する)を物量で把握し、マテリアルが企業内若しくは製造プロセス内をどのように移動するかを追跡する。その測定対象として、最終製品(良品)を構成するマテリアルではなく良品を構成しないロス(無駄)分に注目し、ロスを発生場所別に投入された材料名と物量で記録し、価値評価しようとする手法である。そして、このロス分をマテリアルロスと呼び、マテリアルロスを削減することで、環境負荷を低減しかつコストの削減を同時に達成することが目的である。

MFCA におけるコスト要素は、「マテリアルコスト」・「システムコスト」・「配送/処理コスト」の 3 要素である。製造プロセスをマテリアルフローコスト会計の対象域とする場合、製造原価をこの 3 つに、分類する。

マテリアルコストが最も重要なコストで、製造工程に投入される原材料すべてを指し、原材料ごとにその投入始点から終点までその原材料として物量的に追跡する。そして、その物量に単価を乗じて、投入原材料ごとにマテリアルコストが場所別に算定される。

この中で、原材料ごとの物量の追跡ということをもう少し具体的にいうと、次のようになる。

1 番目の工程で投入されるマテリアルが複数の種類、例えば材料 A と材料 B、材料 C であるならば、その材料 A、B、C それぞれについて、2 番目の工程に移動した物量、廃棄された物量を把握する。工程-2 においては、前工程から引き継がれる材料として、1 番目の工程から移動した物量として、材料 A、B、C ごとに把握するとともに、2 番目の工程で新たに加わる材料 D の物量とともに、投入した物量とする。2 番目の工程からその次の工程に

移動する材料の物量と、廃棄される材料の物量は、材料 A、B、C、D ごとに、1 番目の工程で投入された材料も含めて、材料ごとに把握する。

2 - 2 . 本モデル事業における MFCA の計算手法

この MFCA モデル事業においては、参加企業各社の製品、プロセスに合わせて、MFCA の計算モデルを構築している。MFCA の計算モデルは、昨年度のモデル事業実施の際に準備した、表計算ソフトを使用した MFCA 計算のテンプレートを改良しながら、参加企業各社に合わせてカスタマイズしている。

昨年度のモデル事業で準備した MFCA 計算のテンプレートは、a) b) c) 3 つの考え方で計算ロジックを作っている。

a) 複数の材料が合体して、次工程に移動する場合、仕掛品としてその物量を把握する

本来の MFCA の計算の考え方では、「原材料ごとにその投入始点から終点までその原材料として物量的に追跡する(「環境管理会計手法ワークブック」より引用)」であるが、計算モデル構築を簡便に行なうため、上記の考え方を採用している。

b) コストを工程ごとに、MC、SC、EC に分けて集計する

MC：マテリアルコスト（材料費、主材料、副材料、補助材料ごとに分けて計算する）

SC：システムコスト（直接労務費、設備償却費、外注費、間接費などの経費）

EC：エネルギーコスト（電力費、石油、ガスなどの燃料費）

c) SC、EC の正の製品、負の製品への配賦は、仕掛品の物量値の次工程移動量（正の製品の物量）と廃棄量（負の製品の物量）の重量比率を使うことを原則とする

なお、b) の MC（材料費）を、主材料、副材料、補助材料と分けているが、それは次のように定義している。

- ・主材料：前の工程で何らかの加工が加えられてきた製造途中の半製品、仕掛品。最初の工程には前工程がないが、その加工で最も主となる材料を指す。
- ・副材料：その工程で、製品の構成材料、構造部材に加わる材料や部品。次工程では、主材料を構成する材料の一部として扱われる。
- ・補助材料：使用しても、製品の構造には加わらない材料。切削油や触媒などをいう。その工程で消費されるが、次工程には引き継がれない。

なお、MFCA 計算のテンプレートの考え方についての詳細な説明は、平成 16 年度大企業向け MFCA モデル事業報告書の「第 2 章 2 - 2 . 大企業向け MFCA モデル事業における計算手法上の工夫」を参照していただきたい。

2 - 3 . MFCA におけるマテリアルコストの計算の考え方

多くの企業の MFCA の導入、適用の際の課題のひとつは、投入したマテリアル、原材料の工程ごとの物量移動量の把握と整理である。

MFCA では、物量の移動量を、すべて重量で把握することを基本としている。本節では、MFCA を実施する際の必須の作業である、原材料の工程ごとの物量移動量の把握、整理の考え方と方法について、説明する。

(1) 物量移動量の把握、整理が適用の際の課題になる理由

企業によって状況は異なるが、課題になる理由として、以下のようなことがあげられる。

- ・ 材料の投入量を重量で管理せず、別の単位（数量、長さ、面積など）で管理している
- ・ 廃棄物を、工程別に測定をしていない
- ・ 補助材料までは、工程ごとの投入量、出来高、廃棄物の測定をしていない
- ・ 化学工業などにおいては、化学反応により投入した材料がまったく別の材料に生まれ変わるため、投入材料ごとの正の製品物量、負の製品物量を、すぐに算出できない

主材料や副材料に関して、廃棄物の物量を測定していない場合でも、理論的に計算した廃棄物の物量が、測定するものと大きな差がない場合は、計算値で代用可能である。大企業の場合、主材料や副材料の加工歩留ロスや、不良ロスは、測定値、もしくは計算値として、何らかの形でデータがあることが多い。ただし、主材料や副材料のロスの物量が、工程ごとに測定もされておらず、計算により求めることもできない場合は、何らかの方法で測定、もしくは理論計算を行う必要がある。

補助材料の場合、その単価が高い物は、その投入量を管理していることが多い。補助材料の場合は、投入量＝廃棄物量と見なすことができ、その場合は MFCA の計算にスムーズに取り込める。その単価が低い物の場合に、MFCA 計算上の問題になることが多い。この場合は状況により異なる。

補助材料に関するロスが大きいと見なされる場合（例えば、設備のメンテナンス不足により、切削油が必要以上に使用されている場合）は、ある期間を限定して測定して、工程ごとの投入量や廃棄物量のデータを押さえる必要がある。

一方、補助材料に関するロスが小さいと見なされる場合は、システムコストの管理間接費の中に含めて、MFCA の計算を行うことも考えられる。例えば、機械のメンテナンスや操作に使用する軍手やウェスも、厳密に言えば MFCA の計算上の中では、補助材料のひとつとして、材料として組み込む必要がある。しかし、軍手やウェスは、単価的には非常に安価であり、MFCA の計算上の影響が非常に小さいことが普通であり、また、それ単独での環境への影響も非常に小さいことが多い。

ただし、廃棄処理に厳密さが求められる有害な化学物質や放射性物質を扱う場合などは、補助材料として厳密に測定して、MFCA に組み込むことが必要である。化学物質や放射性

物質に汚染された軍手やウェスは、その廃棄物処理にかかる環境への影響も、また処理費用も、大きいものになるためである。

工程ごとの管理単位が異なる場合、あるいは、工程ごとに別の材料に代わっていく場合は、ものづくりの特性によって整理方法が異なるので、事例を交えて整理する。

(2)MFCA における通常の物量移動量の把握と整理の考え方

ここでは、主な材料の投入量や仕掛品、製品の出来高、ロス量などを重量で管理している場合に MFCA を適用する際の、工程ごとの物量移動量の把握と整理の考え方を述べる。

MFCA では、材料と材料費の工程ごとの投入量、および次の工程に移動する材料“正の製品”の物量とその材料費“正の製品マテリアルコスト”(以降、正の製品 MC と呼ぶ)および、廃棄物になる材料“負の製品”の物量とその材料費“負の製品マテリアルコスト”(以降、負の製品 MC と呼ぶ)を、計算、整理することが、最も重要である。

その整理をすべての工程を通して行う基本的なイメージを、表 2-1 に示す。

表 2-1 MFCA におけるマテリアルとコストの移動量の整理表

MC整理表		品種			期間							
工程	工程名	In/Out	分類	MC区分	名称	投入物量 (kg)	正の製品 物量(kg)	負の製品 物量(kg)	単価 (円/kg)	投入MC (千円)	正の製品 MC(千円)	負の製品 MC(千円)
工程1	混合A	Input	投入資源	主材料1	配合材料A-1	123,400.0	119,722.7	3,677.3	10.0	1,234.0	1,197.2	36.8
		Input	投入資源	主材料2	配合材料A-2	12,340.0	11,851.3	488.7	50.0	617.0	592.6	24.4
		Input	投入資源	副材料1	配合材料A-3	1,234.0	1,173.0	61.0	100.0	123.4	117.3	6.1
		Input	投入資源	副材料2	配合材料A-4	123.4	116.1	7.3	500.0	61.7	58.0	3.7
		Input	投入資源	副材料3	配合材料A-5	12.3	11.5	0.9	1,000.0	12.3	11.5	0.9
		Input	投入資源	補助材料1	洗浄剤	20.0	0.0	20.0	50.0	1.0	0.0	1.0
		Output	正の製品	生成物1	仕掛品A		132,874.6		14.9		1,976.6	
		Output	負の製品	生成物2	残留物、不良品			4,255.1				72.8
工程2	混合B	Input	投入資源	主材料1	仕掛品A	132,874.6	127,559.7	5,315.0	14.9	1,976.6	1,897.6	79.1
		Input	投入資源	副材料1	配合材料B-1	12,093.2	11,491.0	602.2	100.0	1,209.3	1,149.1	60.2
		Input	投入資源	副材料2	配合材料B-2	1,209.3	1,137.3	72.1	500.0	604.7	568.6	36.0
		Input	投入資源	副材料3	配合材料B-3	120.9	112.5	8.4	1,000.0	120.9	112.5	8.4
		Input	投入資源	補助材料1	洗浄剤	20.0	0.0	20.0	120.0	2.4	0.0	2.4
		Output	正の製品	生成物1	仕掛品B		140,300.5		26.6		3,727.8	
		Output	負の製品	生成物2	残留物、不良品			6,017.6				186.1
		Output	負の製品	生成物2	残留物、不良品			6,017.6				186.1
工程3	充填	Input	投入資源	主材料1	仕掛品B	140,300.5	140,200.0	100.5	26.6	3,727.8	3,725.2	2.7
		Input	投入資源	副材料1	容器	12,618.0	12,618.0	0.0	16.7	210.3	210.3	0.0
		Input	投入資源	副材料2	キャップ	193.5	193.5	0.0	72.5	14.0	14.0	0.0
		Input	投入資源	補助材料1	洗浄剤	20.0	0.0	20.0	120.0	2.4	0.0	2.4
		Output	正の製品	生成物1	製品		153,011.5		25.8		3,949.5	
		Output	負の製品	生成物2	残留物、不良品			120.5				5.1

それぞれの工程で、Input (投入資源) を、MC 区分の種類 (主材料、副材料、補助材料) ごとに整理する様式になっている。また、その工程での Output (生成物) は、次の工程に移動する正の製品と、廃棄される負の製品ごとに、整理する様式になっている。

表 2-1 の様式では、Input される材料の種類ごとに、次のものを算出し、整理する。

- 投入材料の物量(kg)
- 次の工程に移動する材料の物量 “正の製品物量” (kg)
- 廃棄される材料の物量 “負の製品物量” (kg)
- 材料の単価 (円/kg、もしくは千円/kg)
- 投入 MC (円、もしくは千円): 投入物量 × 材料の単価
- 正の製品 MC (円、もしくは千円): 正の製品物量 × 材料の単価

- 負の製品 MC (円、もしくは千円): 負の製品物量 × 材料の単価

表 2-1 の Output (生成物) の正の製品は、それぞれの工程で生産されるものである。工程 1、工程 2 など途中の工程では仕掛品であり、最終工程の工程 3 では製品である。

それぞれの工程の生成物である“仕掛品”は、次の工程では主材料のひとつになる。従って、生成物(次工程では投入資源:仕掛品)の材料単価を、計算しておく、次の工程の計算で便利である。生成物の材料費単価は次の計算で行う。

- 生成物の材料単価 (円/kg、もしくは千円/kg) = Σ 正の製品 MC $\div$ Σ 正の製品物量
- Σ 正の製品 MC: その工程における投入材料の正の製品 MC の合計
- Σ 正の製品物量: その工程における投入材料の正の製品物量の合計

投入した材料が、次の工程以降では、一体のものとして扱える場合は、こうした仕掛品として扱う形をとることで、MFCA 計算をシンプルにすることができる。また、仕掛品の単価を求めておくと、ある工程で生成される物の物量が、その次の工程の仕掛品の投入物量と異なる場合(この場合は、仕掛品在庫が増減する)でも、表 2-1 の計算を容易に行うことができる。

表 2-1 のそれぞれの投入資源のデータを、別の様式で、一旦整理しておく、考えやすいことがある。特に製品の構成材料の種類が多く、生産量の変動が大きい場合は、その方法を採用するほうが多い。

表 2-2 は、バッチ生産方式の材料の混合加工において、表 2-1 の主材料、副材料のマテリアル物量とコストの関係を整理するイメージを表したものである。

(注記: バッチ生産は次のように定義されている。『装置産業における生産形態・少量生産において適用され、機械工業におけるロット生産に対応し、1 バッチごとに準備作業、主体作業とも 1 回(バッチ処理に応じて)発生する。』昭和 59 年、日刊工業新聞社より発行された『経営工学用語辞典』より引用)

表 2-2 MFCA における工程ごとのマテリアルコストの整理

工程番号	工程-1	比率	注記 この表は、バッチ生産方式をとっているひとつの工程で表したものである。 左の生産バッチ数量:100は、1つのロットで、100回のバッチを繰り返して行ったことを意味している。									
生産バッチ数量	100	100%										
良品バッチ数量	98	98%										
不良品バッチ数量	2	2%										
投入材料	バッチ単位材料In/Out				ロット単位材料In/Out				マテリアルコスト			
	1バッチ投入物量(kg)	正の製品物量(kg)	負の製品物量(kg)	加工材料歩留率	1ロット投入物量(kg)	正の製品物量(kg)	負の製品物量(kg)	材料単価(円/kg)	投入コスト(千円)	正の製品コスト(千円)	負の製品コスト(千円)	
配合A-1 主材料	1,234.0	1,221.7	12.3	99.0%	123,400.0	119,722.7	3,677.3	10.0	1,234.0	1,197.2	36.8	
配合A-2 主材料	123.4	120.9	2.5	98.0%	12,340.0	11,851.3	488.7	50.0	617.0	592.6	24.4	
配合A-3 副材料	12.3	12.0	0.4	97.0%	1,234.0	1,173.0	61.0	100.0	123.4	117.3	6.1	
配合A-4 副材料	1.2	1.2	0.0	96.0%	123.4	116.1	7.3	500.0	61.7	58.0	3.7	
配合A-5 副材料	0.1	0.1	0.0	95.0%	12.3	11.5	0.9	1,000.0	12.3	11.5	0.9	
配合A 合計	1,371.1	1,355.9	15.2	98.9%	137,109.7	132,874.6	4,235.1		2,048.4	1,976.6	71.8	
1ロット出来高(kg)	132,874.6											

表 2-2 は、ひとつのロットで、100 回のバッチ生産を行っている例である。最も重要なデータは、それぞれの材料ごとの次の物量データである。

- 1 バッチあたりの投入物量(kg)
- 1 バッチあたりの正の製品物量(kg)
- 1 バッチあたりの負の製品物量(kg)

投入物量は、製造条件として規定されているはずである。投入物量に対する正の製品物量、負の製品物量の関係も、(標準原価計算などにおいて)なんらかの基準を設けていることが多い。

しかし MFCA では、これらの数値は、測定値などの実績に基づいて算出するのが原則である。MFCA では、規定値や基準値と実態との差のロスを明確にする役割が重要であるためである。

従って、投入物量、正の製品物量、負の製品物量は、実績値を元にした平均値として計算する必要がある。また、規定値や基準値と、実態との差のバラツキが大きい場合は、改善の課題のひとつになるため、別途、明記しておく必要がある。

ただし、実際の適用の場面では、工程ごとのそれぞれの物量値を測定することが極めて困難な場合もある。そのような場合は、理論値や実験値、あるいは別の物量値などから計算せざるを得ない。

個々の配合材料は、混合容器へ投入する時と、取り出す時にロスがでる。投入時のロスとは、個々の材料の容器や袋の残留物である。取り出す時のロスとは、混合容器の中や配管などの残留物などである。これらが 1 バッチごとに発生する負の製品である。

1 ロット(表 2-2 の場合は、100 バッチ分)の投入物量、正の製品物量、負の製品物量は、不良品によるロスも含めて計算する必要がある。バッチ生産においては、バッチごとに検査を行い良品、不良品の判定がなされることが多い。その場合、1 ロットあたりの材料の物量計算は、次の計算式により整理できる。

- 1 ロットの投入物量(kg) = 1 バッチ投入物量(kg) × 生産バッチ数量
 - 1 ロットの負の製品物量(kg) = 1 バッチの負の製品物量(kg) × 生産バッチ数量 + 1 バッチの正の製品物量(kg) × 不良品バッチ数量
 - 1 ロットの正の製品物量(kg) = 1 バッチの正の製品物量(kg) × 良品バッチ数量
- 上記の計算結果は、次の関係になるはずである。
- 1 ロットの投入物量(kg) = 1 ロットの負の製品物量(kg) + 1 ロットの正の製品物量(kg)

それぞれの材料ごとに、この実績物量(kg)に材料単価をかけると、投入 MC、正の製品 MC、負の製品 MC が求められる。

表 2-1 の工程 3 の充填工程では、工程 2 でできた仕掛品 B を、容器に充填しキャップで閉じる工程である。この工程の出来高、および使用する容器とキャップは、個数で管理している。表 2-1 に整理する前に、最終製品 1 個に充填する仕掛品 B の物量と、製品 1 個当りで使用する容器やキャップなどの個数、単位重量を別途整理したうえで、表 2-1 に転記すると効率的である。

また各工程で、ロット終了後に容器や配管などに残った原材料や仕掛品を洗浄するといふことが多いが、そのときに使用する洗浄剤(補助材料)の物量とコストも、表 2-1 の計算に組み込む必要がある。別途整理したものを、表 2-1 に転記すると効率的である。

(3) 金属の機械加工の MFCA における物量移動量の把握、整理の考え方

金属の機械加工は、加工産業の中でも最も一般的な加工のひとつである。ここでは、金属の機械加工において MFCA を適用する際の、工程ごとの物量移動量の把握と整理の考え方を述べる。

機械加工においては、材料の投入量や出来高を数量で管理していることがほとんどである。また、それぞれの工程での加工による材料のロス、品種（大きさや加工形状）により大きく異なるため、機械加工における MFCA は、品種ごとに行なうことが効果的であることが多い。

表 2-3 は、上記の特性を踏まえて、機械加工における材料移動量の計算、整理 format のイメージである。機械加工の中の素材切断と鍛造を、例にしている。

表 2-3 金属の機械加工における材料移動量の計算整理表

	A	B	C	D	E	F
1	機械加工における材料移動量整理表					
2	工程			数値	(数式、備考)	
3	分ける工程 (素材切断)	棒材外形(φ)(cm)	購入品の棒材外径	5.0	購入品の棒材外径(公差中間)	素材の特性 材料1個当りの材料効率計算
4		素材重量密度(g/cm3)		8.0		
5		棒材長さ(cm)		300.0	購入品の棒材長さ(公差中間)	
6		棒材重量(g)		47,100.0	$=3.14 \times (D3/2) \times (D3/2) \times D5 \times D4$	
7		切断個数(個)	棒材1本から取れる数量	130	端材部を除き、棒材1本から取れる切断部材の数量(設計値)	
8		切断長さ(cm)	部品1個当り	2.00	切断部材の長さ(設計値)	
9		切断重量(g)	部品1個当り	314.0	$=3.14 \times (D3/2) \times (D3/2) \times D8 \times D4$	
10		製品使用重量(g)	棒材1本から取れる切断部材の重量	40,820.0	$=D9 \times D7$	
11		端材、切粉の重量(g)	棒材1本から発生する端材と切粉の重量	6,280.0	$=D6 - D10$	
12		(参考値) 棒材両端の端材部の長さ		12.0	両端の端材長さ	
13		(参考値) 棒材両端の端材部の重量(g)		1,884.0	$=3.14 \times (D3/2) \times (D3/2) \times D12 \times D4$	
14		(参考値) 棒材1本から発生する切粉の重量(g)		4,396.0	$=D11 - D13$	
15		投入棒材数量(本)	投入した材料数量	1,000	投入した棒材の本数	あるロット、期間全体の材料効率計算
16		計算上の出来高数量	計算上の切断部材数量	130,000	$=D15 \times D7$	
17		実際の出来高数量(個)	次工程に送られた部材数量	129,500		
18		不良数量(個)	不良品の数量	500		
19		(参考値) 不良率		0.38%	$=D18 / D16$	
20		(参考値) 良品率(%)		99.6%	$=D17 / D16$	
21		MFCA計算値	材料投入量(kg)	47,100.0	$=D6 \times D15 / 1000$	
22		MFCA計算値	正の製品重量(kg)	40,663.0	$=D9 \times D17 / 1000$	
23		MFCA計算値	負の製品重量(kg)	6,437.0	$=D21 - D22$	
24	変形工程 (鍛造)	鍛造前重量(g)	部品1個当りの切断重量	314.0	$=D9$	材料1個当りの材料効率計算
25		鍛造後重量(g)	成型、バリ除去、ボン抜きした後の鍛造重量	250.0		
26		重量変化(g)		64.0	$=D24 - D25$	
27		(参考値) 除去するバリの部分の重量		4.0		
28		(参考値) ボン抜き部分の重量(g)		60.0		
29		材料歩留計算	材料歩留率(%)	79.6%	$=D25 / D24$	
30		工程投入数量(個)		125,000	投入した切断部材の数量	あるロット、期間全体の材料効率計算
31		出来高数量(個)		122,000	生産できた良品数量	
32		(参考値) 使用不可能な数量		3,000	$=D30 - D31$	
33		(参考値) 試験品数(個)		100	(不良品を使用するときがある)	
34		(参考値) 不良数(個)		2,200		
35		(参考値) 不良率(%)		1.8%	$=D34 / D30$	
36		(参考値) 切り替え時の調整数量(個)		700		
37		(参考値) 切り替えロス率(%)		0.6%	$=D36 / D30$	
38		(参考値) 良品率(%)		97.6%	$=D31 / D30$	
39		MFCA計算値	材料投入量(kg)	39,250.0	$=D30 \times D24 / 1000$	
40		MFCA計算値	正の製品重量(kg)	30,500.0	$=D31 \times D25 / 1000$	
41		MFCA計算値	負の製品重量(kg)	8,750.0	$=D39 - D40$	

金属の機械加工の場合は、投入した材料の変化を見る必要がある。従って、まず、投入

した材料 1 個ごとの、その工程における加工前後の材料の状態を、重量で把握する必要がある。

- 加工前の材料 1 個あたりの重量(kg)
- 加工後の部品 1 個あたりの重量(kg)
- 加工により、投入された材料が分割される場合の分割数量(個)
- 加工前の材料 1 個あたりの負の製品の重量(kg)(加工時に発生する切粉の重量と、端材の重量の合計)

なお表 2-3 の 29 行目に“材料歩留率”があるが、これも実績に基づく値である。標準原価計算などで材料歩留率を規定している場合があるが、その数値を MFCA の計算を行なうべきではない。投入材料の寸法のバラツキ、加工寸法のバラツキが大きい場合は、標準で持っている材料歩留率よりも悪い状態になっていることがあるためである。バラツキが大きい場合は、改善の課題のひとつになるため、別途、明記しておく必要がある。

その次に、加工された部品は、不良などにより除去されるものがあるため、MFCA 計算の対象ロット、期間における不良品数、もしくは良品数を踏まえて、対象ロットあるいは対象期間あたりの計算を行う。

- 投入材料の物量 (kg) = 投入材料 1 個の重量 (kg / 個) × 投入材料の数量 (個)
 - 負の製品物量 (kg) = 材料 1 個あたりの負の製品の重量(kg) × 投入した材料の数量(個) + 加工後の部品 1 個の重量(kg) × 不良品の数量 (個)
 - 正の製品の物量 (kg) = 加工後の良品 1 個の重量 (kg / 個) × 加工後の良品数量 (個)
- 上記の計算結果は、次の関係になるはずである。
- 投入材料の物量 (kg) = 正の製品の物量 (kg) + 負の製品の物量 (kg)

負の製品の発生にはいくつかの要因があり、要因ごとの影響度を把握しながら MFCA の計算を行なうと、改善の検討や日常の管理と連携しやすい。工程設計や製造現場の日常管理項目を取り入れて、物量移動量の把握、整理をしたほうがいい。

素材切断は、素材を複数の材料に分割する加工である。表 2-3 の素材切断のように、素材を切断する際には、素材を機械にチャックする部分が端材として残る。素材切断は鋸で切断することが多いが、その場合は、鋸の刃厚分の切粉が発生する。これらの端材や切粉(負の製品)は、設備の能力によってバラツキを生じることがある。設備の能力によるバラツキが大きい場合は、表 2-3 で表している切断個数(棒材 1 本から取れる数量、表 2-3 の例では 130 個)もばらつくことが多くなる。その場合は、切粉や端材などの実際のバラツキを測定しておく必要がある。

鍛造加工は、材料を変形させる加工である。変形させる加工には、事例とした鍛造などの塑性変形の加工のほかに、旋盤やフライスなどの切削加工が一般的である。鍛造や切削などの加工では、投入材料 1 個当りの投入前後の重量変化に、投入数量を乗じることで、切粉による負の製品の物量を計算できる。

素材切断、鍛造加工、どちらの場合も、不良品や試験品、切り替え調製品のように、加

工後に使用できなくなる物（負の製品）が発生することがある。その場合、負の製品物量は、不良などの数量の実績値を測定し、それに加工後の重量を乗じて計算できる。

また、金属の機械加工の場合のマテリアルコストの計算に関しては、材料が変化せず、副材料も入らないことが多い。その場合は、それぞれの工程の材料の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、材料の単価をかけることにより、容易に求めることができる。

(4) 化学反応の MFCA における物量移動量の把握、整理の考え方

化学工業の MFCA は、今までその事例の報告がなかった分野のひとつである。本年度のモデル事業において、2つの企業で MFCA の適用を実施することができたが、化学工業においても、MFCA の有効性が実証できた。

化学工業においても、材料の移動量の把握と整理が、MFCA の導入、適用上の課題であると思われる。化学工業における材料移動の特徴と課題を以下のように整理した。

- 化学反応前後で、投入した材料が変化する。その際の理論的な物量変化は、化学反応式により定義できる。
- 化学反応により、目的物質以外の物質が生成されることが多い。
- 目的物質以外の物質は、副生成物として利用されることもあるし、不純物として精製、除去され、廃棄物となることもある。
- 副生成物を、正の製品あるいは負の製品、どちらで扱うかが明確でなかった。
- 複数の工程の化学反応がある場合、化学反応により新たに生成された物質が、次工程での投入材料になるが、その材料の単価をどのように定義するかが明確でなかった。

ここでは、上で述べた特徴と課題の中で、化学工業の MFCA における物量移動量の定義や、マテリアルコストの定義の方法について説明する。

表 2-4 化学反応工程における反応前後の材料移動量の整理

反応工程：物量の Input/Output 計算

プロセス (反応)	Input 投入材料	Input 分類	Input 物量	主要材料の生成物への移動物量					Output 生成物	正の製 品物量	負の製 品物量	合計物 量
				化学 物質A	化学 物質B	化学 物質C	化学 物質D					
反応	化学物質 A	新規投入	50.0	3.00	0.00	45.00	2.00	→	化学物質 A	3.00	0.00	3.00
	化学物質 B	新規投入	10.0	0.00	1.00	3.00	6.00	→	化学物質 B	1.00	0.00	1.00
								→	化学物質 C	48.00	0.00	48.00
								→	化学物質 D	8.00	0.00	8.00
	溶媒	新規投入	5.0	-	-	-	-	→	溶媒	5.00	0.00	5.00
	触媒	新規投入	5.0	-	-	-	-	→	触媒	0.00	5.00	5.00
	容器洗浄 剤	新規投入	100.0	-	-	-	-	→	容器洗浄 剤	0.00	100.00	100.00
	合計		170.0						合計	65.00	105.00	170.00

表 2-4 は、化学工業における化学反応の工程における、反応前後の材料の移動量の整理イメージを示している。表 2-4 の例は、化学物質 A と化学物質 B を反応させ、化学物質 C（目的物質）と化学物質 D（副生成物）を製造するという例で作った。

表 2-4 を説明するために、表 2-4 の一部、化学反応による主材料の移動量を整理した部分だけを抜き出したものが、表 2-5、表 2-6 である。

表 2-5 化学反応前後の材料移動量計算 現実

Input 投入材料	Input 分類	Input 物量	主要材料の生成物への移動物量			
			化学 物質A	化学 物質B	化学 物質C	化学 物質D
化学物質 A	新規投入	50.0	3.00	0.00	45.00	2.00
化学物質 B	新規投入	10.0	0.00	1.00	3.00	6.00

表 2-5 は、反応により、投入した物質が、どの物質にどれだけ移動したかを示している。

化学物質 A：50(kg)のうち、3(kg)は変化せず、化学物質 A のまま残る物量値である。

化学物質 A：50(kg)のうち、45(kg)は、化学物質 B の一部と結合し、化学物質 C になる物量値である。

化学物質 A：50(kg)のうち、2(kg)は、化学物質 B の一部と結合し、化学物質 D になる物量値である。

化学物質 B：10(kg)のうち、1(kg)は変化せず、化学物質 B のまま残る物量値である。

化学物質 B：10(kg)のうち、3(kg)は、化学物質 A の一部と結合し、化学物質 C になる物量値である。

化学物質 B：10(kg)のうち、6(kg)は、化学物質 A の一部と結合し、化学物質 D になる物量値である。

および は、材料を過剰投与している状態を示し、化学反応の中のロスと言える。

および の数値がゼロの状態は、理想の反応と言えるかもしれない。

化学物質 C と D を作る場合、理想どおりの反応が行なわれるとすれば、化学物質 A の投入量を 50(kg)から 47(kg)に、化学物質 B の投入量を 10(kg)から 9(kg)に減らしても、同等の化学物質 C と D を生成させることができる。

表 2-6 は、表 2-5 の数値を、その理想状態の数値に置き換えたものである。

表 2-6 化学反応前後の材料移動量計算 理想

Input 投入材料	Input 分類	Input 物量	主要材料の生成物への移動物量			
			化学 物質A	化学 物質B	化学 物質C	化学 物質D
化学物質 A	新規投入	47.0	0.00	0.00	45.00	2.00
化学物質 B	新規投入	9.0	0.00	0.00	3.00	6.00

表 2-4 において、化学反応において過剰に投与した材料（化学物質 A、化学物質 B）や、反応において精製された不純物は、その後の（ろ過や蒸留、遠心分離などの）精製工程で

除去される。

表 2-7 は、その精製工程における、精製前後の材料の移動量の整理イメージを示している。

表 2-7 MFCA における精製工程における精製前後の材料移動量

精製工程：物量のInput/Output計算

プロセス (反応)	Input 投入材料	Input 分類	Input 物量	主要材料の生成物への移動物量				Output 生成物	正の製 品物量	負の製 品物量	合計物 量
				化学 物質A	化学 物質B	化学 物質C	化学 物質D				
精製	化学物質 A	仕掛品	3.0	3.00				化学物質 A	0.0	3.0	3.00
	化学物質 B	仕掛品	1.0		1.00			化学物質 B	0.0	1.0	1.00
	化学物質 C	仕掛品	48.0			48.00		化学物質 C	48.0	0.0	48.00
	化学物質 D	仕掛品	8.0				8.00	化学物質 D	8.0	0.0	8.00
	溶媒	仕掛品	5.0	-	-	-	-	溶媒	0.0	5.0	5.00
	容器洗浄 剤	新規投入	100.0	-	-	-	-	容器洗浄 剤	0.00	100.00	100.00
	合計		165.0					合計	56.00	109.00	165.00

表 2-7 は、表 2-4 の Output 生成物の正の製品となるものが、投入材料である。

化学物質 A：3(kg)、化学物質 B：1(kg)、化学物質 C：48(kg)、化学物質 D：5(kg)、および、溶媒：5(kg)が、精製工程の投入材料とその物量である。この精製工程は、化学反応そのものは行なわずに、溶媒中から目的とする物質を抽出、もしくは不要な物質を除去する工程である。

表 2-7 では、化学物質 C：48(kg)と化学物質 D：8(kg)が正の製品として抽出され、その他の化学物質 A：3(kg)、化学物質 B：1(kg)、および、溶媒：5(kg)が除去され、負の製品となったことが示されている。

表 2-4、表 2-7 のように、反応工程、精製工程の前後の投入物質の移動量が整理されれば、それぞれの材料の物量値に、単価をかけると、MFCA で使用するマテリアルの投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストを求めることができる。

表 2-8 MFCA における反応工程における反応前後のマテリアルコスト移動量

反応工程：物量のInput/Output計算

プロセス (反応)	Input 投入材料	Input 分類	材料単価 (円/kg)	Input 物量	投入MC (千円)	主要材料の生成物への移動物量				Output 生成物	正の製 品物量	負の製 品物量	合計物 量	正の製 品MC	負の製 品MC	廃棄物処 理単価 (円/kg)	廃棄物処 分費用 (千円)
						化学 物質A	化学 物質B	化学 物質C	化学 物質D								
反応	化学物質 A	新規投入	1,000	50.0	50.00	3.00	0.00	45.00	2.00	化学物質 A	3.00	0.00	3.00	3.00	0.00		
	化学物質 B	新規投入	10,000	10.0	100.00	0.00	1.00	3.00	6.00	化学物質 B	1.00	0.00	1.00	10.00	0.00		
										化学物質 C	48.00	0.00	48.00	75.00	0.00		
										化学物質 D	8.00	0.00	8.00	62.00	0.00		
	溶媒	新規投入	100	5.0	0.50	-	-	-	-	溶媒	5.00	0.00	5.00	0.50	0.00		
	触媒	新規投入	1,000	5.0	5.00	-	-	-	-	触媒	0.00	5.00	5.00	0.00	5.00	120.00	0.60
	容器洗浄 剤	新規投入	100	100.0	10.00	-	-	-	-	容器洗浄 剤	0.00	100.00	100.00	0.00	10.00	30.00	3.00
	合計			170.0	165.5					合計	65.00	105.00	170.00	150.50	15.00		3.60

表 2-8 は、表 2-4 の反応工程における、反応前後の材料物量の移動データに、コストデータ（材料単価、投入 MC、正の製品 MC、負の製品 MC）を追加したものである。

表 2-4 から表 2-8 のイメージで、各工程における反応前後の投入材料の物量、およびマテリアルコストの移動量を算定、整理できれば、化学工業における MFCA の導入、適用も、それほど難しくないとと思われる。

なお、副生成物に関しては、回収した後に、別の製造原料として利用されることが多い。その場合は、廃棄されることはないので、正の製品として扱うことになる。ただし、副製品の中で回収されず、廃棄されるものは、当然ながら負の製品になる。

2 - 4 . MFCA におけるシステムコスト、エネルギーコストの計算の考え方

MFCA に関してよく聞かれる質問のひとつは、システムコストやエネルギーコストに関することである。

MFCA の特徴のひとつは、廃棄物になった材料に対して、その材料費としてのロスだけでなく、その材料の加工に投じた経費を加えて、負の製品コストとしてのロスを明確にするという点である。加工に投じた経費も、廃棄物の発生した工程の経費と、その前工程の経費、および後処理（廃棄物処理）の経費も見るということも、特徴のひとつである。したがって、MFCA では、経費としてのシステムコストやエネルギーコストは、非常に重要な意味を持っている。

ここでは、MFCA におけるシステムコスト、エネルギーコストの計算の考え方について説明する。

(1)MFCA におけるシステムコスト、エネルギーコストの計算の手順

MFCA では、システムコストと呼ばれる直接、間接の経費、電力、ガス、石油などのエネルギーコストを、次の手順で計算する。

1) 物量センター（工程）別の経費の計算

これらの経費は、企業のコストセンター単位に配賦、管理されている。MFCA 計算における物量センター（MFCA 計算上の工程の単位）は、コストセンターの単位よりも小さいことが多く、配賦されている経費を、物量センターごとに分ける必要がある。

2) 製品別の経費の計算

ひとつのライン、工程で複数の製品を加工されており、製品別に MFCA の計算を行う場合は、さらに製品別に経費を分ける必要がある。

3) 正の製品コスト、負の製品コストの計算

それぞれの工程で、材料のロス、廃棄物（負の製品）が発生する場合は、その工程で投入された経費と、前工程から引き継いだ経費を、正の製品コストと負の製品

コストに分ける必要がある。

(2) MFCA におけるシステムコストの計算の考え方

MFCA において、システムコストと呼ばれるものには、製造原価の中の次のような経費のことである。

直接労務費、外注加工費

設備償却費、設備維持費、金型費

間接経費、間接労務費、間接材料費

これらの経費は、企業の中でコストセンターごとに直課もしくは配賦されている。コストセンターの単位は、企業、工場によって異なる。

システムコストの計算は、基本的には、MFCA の物量センターの単位でシステムコストを計算した後、製品別の MFCA を行なう場合に製品別に按分して算定する。

図 2-2 に、2 つのコストセンター A と B を通る物の流れを示す。

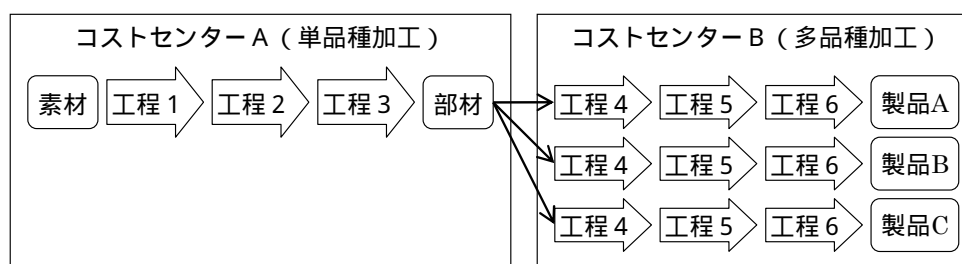


図 2-2 コストセンター

図 2-2 のコストセンター A は、単一の加工を 3 工程で行なっている。その工程通りに MFCA の物流センターを設定するのであれば、システムコストを 3 つの工程に分けて算定する必要がある。

図 2-2 のコストセンター B は、多品種の製品を 3 工程で製造している。その工程通りに MFCA の物流センターを設定し、かつ MFCA の計算を製品ごとに行なう場合は、製品別、工程別にシステムコストの計算を行なう必要がある。

の直接労務費、外注加工費は、コストセンターごとに直課されていることが多い。さらに、作業日報や配置要員数などから工程別に計算できることが多い。外注加工費も、外注で加工している工程や製品が明確であるため、製品別、工程別の計算は容易である。

の設備償却費、設備維持費、金型費は、コストセンターごとに直課されているものが多いが、配賦されているものもある。製造設備の償却費や設備維持費用、金型費などは、製造工程と密接につながっているため、工程別の計算は容易にできる。土地や建物、あるいは工程間の共通設備は、場合によって異なるが、個々の工程の占有スペース比率、あるいは、要員の配置比率などで按分することが多い。

の間接経費、間接労務費、間接材料費は、通常は、コストセンターごとに配賦されている。これも、場合によって異なるが、個々の工程の占有スペース比率、あるいは、要員

の配置比率などで按分することが多い。ただ、間接材料費の中には、工程での実際の作業に使用するものが入っていることがある。2 - 3 .(1) の最後に述べたような、軍手やウェスなどは、通常は、間接材料費として処理しても構わないと思われる。ただし、化学物質や放射性物質に汚染されているなど、特別な後処理が必要な場合は、補助材料として抜き出し、補助材料としてマテリアルコストに含めるほうがいい。

コストセンターBのように、同じ工程で複数の製品を製造し、製品別に MFCA の計算を行なう場合、製品別のシステムコストは Activity Based Costing (活動基準原価計算) の考え方を応用し、次のように配賦するのが基本である。

- 直接労務費：製品別の投入工数
- 設備償却費：製品別の設備稼働時間

しかし、そうした工数や時間に関するデータが測定されていない場合は、生産量で按分して求めることが多い。製品ごとの加工時間に大きな差がない場合は、生産量による按分でも、問題ないことが多い。

(3)MFCA におけるエネルギーコストの計算の考え方

MFCA において、エネルギーコストと呼ばれるものには、製造原価の中の次のような経費のことである。

電力費

ガス費

重油費

上記以外のエネルギーコスト（石炭、コークス、蒸気、圧縮空気）

電力費でも、空調や照明などに用いる、通常の電力費だけであれば、システムコストの中の建物などの共通の設備償却費と同じ考え方で、工程ごとに配賦しても、それほど問題はない。ただし空調でも、半導体製造などのクリーンルームの空調など特殊な場合は、通常の製造設備と同じように、製造工程との関連を明確にして配賦すべきである。

工場の製造設備は、設備によっては、かなり大きなエネルギーを使用する。使用するエネルギーは電力、ガス、重油、石炭、コークスなどの直接的なエネルギー、あるいは、それを使って作られた蒸気や圧縮空気などの間接的なエネルギーである。

MFCA は、工程別の加工費を重視するため、これらのエネルギーの投入量を、工程別に正確に把握することは、計算の精度に非常に大きな影響を与える。熱処理や熱回収など、エネルギーを大量に使用する設備や工程がある場合は、特に、その影響が大きい。

ただし、実際には、工程や設備単位のエネルギー使用量を測定、把握できているケースは少ない。

ガスや重油、石炭、コークスなどは、使用工程が、特定の工程に絞られることが多い。電力使用量などは、電力計などを用いれば、測定は比較的容易である。しかし、蒸気や圧縮空気などは、共通の設備で作ったものを、配管でそれぞれの工程に供給しており、正確

な利用実態を把握するためには、配管に流量計を取り付けるなど、設備を改造する必要がある。

MFCA の導入、計算時に、工程別に正確なエネルギー使用量を把握するのが難しい場合は、何らかの配賦基準を設けて、エネルギー使用量を工程別に按分する必要がある。

電力に関しては、その配賦の仕方としてよく用いられる方法は、設備ごとの定格電力量を調査し、物量センター単位の設備の定格電力の合計値を使って按分するという方法である。この方法は、設備の稼動状態が似通っている場合に使える方法であり、精度も悪い。設備の稼動状態の違いが大きい場合は、その稼動状況を加味して、按分の条件を設定すべきである。

エネルギー使用量の大きい製造ラインで MFCA を適用する場合、その導入当初は、やむを得ず、こうした精度の低い配賦方法でスタートするにしても、順次、より精度の高い計算方法や、実際のエネルギー利用量の測定などを試みるべきである。

(4)MFCA におけるシステムコスト、エネルギーコストの整理方法

表 2-9 は、MFCA のモデル事業の中で使用している、システムコスト、エネルギーコストの整理の format である。

表 2-9 システムコスト、エネルギーコスト整理表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	工程番号				工程1	工程2	工程3	工程4	工程5
2	工程名				素材加工	1次加工	2次加工	仕上げ加工	検査、梱包
3	対象ラインの総生産量				5,500	24,000	24,000	36,000	36,000
4	対象製品の出来高量				1,100	6,400	6,400	15,000	15,000
5	間接費などの配賦率計算				20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
6	投入した加工費、経費、間接費合計(千円)				1,554	11,868	2,908	3,932	1,945
7									
8	当工程の	直接労務	工程総人員	(人)	2	6	6	4	2
9	直接労務	費データ	工程投入工数	(人・分)	19,200	57,600	57,600	38,400	19,200
10	費		配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
11			費率	(千円/人・分)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
12		直接労務	投入直接労務費	(千円)	153.6	614.4	614.4	640.0	320.0
13	当工程の	設備償却	期間総額	(千円)	1,500	20,000	2,000	1,000	500
14	間接費		配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
15			配賦金額	(千円)	300	5,333	533	417	208
16		間接労務	期間総額	(千円)	2,000	5,000	2,000	1,000	500
17		費	配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
18			配賦金額	(千円)	400	1,333	533	417	208
19		間接材料	期間総額	(千円)	1,000	5,000	2,000	3,000	1,000
20		費	配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
21			配賦金額	(千円)	200	1,333	533	1,250	417
22	当工程の	電力費	期間電力使用量	(kwh)	200,000	600,000	200,000	200,000	150,000
23	エネルギー		期間電力費総額	(千円)	2,400	7,200	2,400	2,400	1,800
24	コスト		配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
25	ト		配賦金額	(千円)	480	1,920	640	1,000	750
26	当工程の	外注加工	外注加工費総額	(千円)	100	5,000	200	500	100
27	その他の	費、設備	配賦率	(%)	20.0%	26.7%	26.7%	41.7%	41.7%
28	直接経費	維持費	配賦金額	(千円)	20	1,333	53	208	42
29					備考				

表 2-9 は、複数の製品を生産している製造ラインを想定して作った format である。その中に書かれてある工程名、数値は仮想のものである。

- 製品別の配賦率計算(表 2-9 3～5 行目): 各工程に配賦された経費は、その工程の総生産量と、MFCA の対象製品の生産量の比率で配賦率を設定し、配賦する方式をとつ

ている。

- 直接労務費の計算（表 2-9 8～12 行目）：直接労務費は、各工程の要員数に、MFCA 対象期間の稼働時間と賃率、上で述べた配賦率を乗じて計算している。ただし、製品ごとの工数が把握され、直接労務費が工程別、製品別に、別途計算できる場合は、表 2-9 12 行目に直接、入力すればよい。
- 直接労務費以外の経費の計算（表 2-9 13～28 行目）：間接費（設備償却費、間接労務費、間接材料費など）、エネルギーコスト、労務費以外の直接経費は、先に述べた（１）（２）の考え方で、工程別のコストが計算されていれば、それぞれの値に、上で述べた配賦率（表 2-9 5 行目）をかけることで計算できる。

(5) システムコスト、エネルギーコストを正負の製品コストに配分する考え方

本モデル事業においては、システムコスト、エネルギーコストは、次の方針で正の製品コスト、負の製品コストへの配分を行っている。

- 廃棄物の発生する工程では、システムコスト、エネルギーコストを、投入された主材料の物量比率に比例して、正の製品コスト、負の製品コストに配分する。
- 主材料は、基本的には前工程からの仕掛品とする。前工程のない最初の工程は、加工時の主な構成材料となる材料とする。

その関係の事例を図 2-3 で示す。なお、この図はシステムコストに絞って表している。

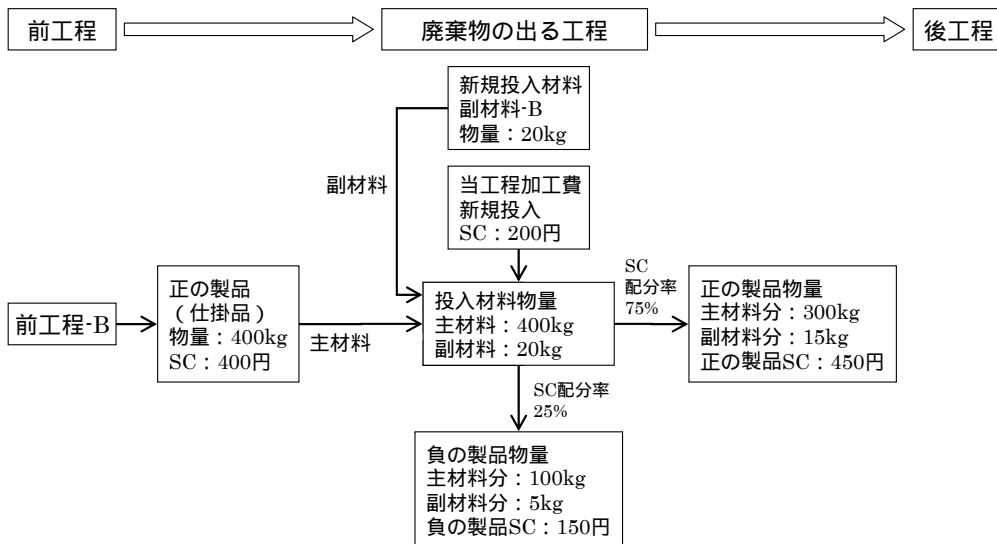


図 2-3 システムコストの正負配分イメージ

この工程では、前工程からの仕掛品(400kg)の材料が、主材料として投入される。

そのほかに、この工程で新たに投入される副材料（20kg）がある。

主材料は、この工程で 75% (300kg) が正の製品に、25% (100kg) が負の製品になる。

前工程から引き継がれたシステムコスト（400 円）と、この工程で新たに投入され

たシステムコスト（200 円）の、合計 600 円が、この工程で投入されるシステムコストである。

システムコストは、主材料の比率と同じに、75%（450 円）が正の製品コストに、25%（150 円）が負の製品コストになる。

この事例では、副材料も同じ比率で正の製品と負の製品になっているが、副材料の歩留率が主材料の歩留率と異なっても、システムコスト、エネルギーコストの配分には影響を与えない。

副材料の物量を、システムコストやエネルギーコストの正負の配分比率に関係させないでおく理由は、前工程から引き継いだシステムコスト、エネルギーコストも含めて、正負の配分をするため、前工程から引き継いだ材料（主材料：仕掛品）の物量に比例して、正のコスト、負のコストを配分するのが、理にかなっていると思われるからである。

また、塗装の塗料なども副材料のひとつであるが、それは、加工後にほとんど蒸発してしまう。そうしたもので、システムコスト、エネルギーコストの正負の配分を行うことに抵抗があったこともある。

ただし、システムコスト、エネルギーコストの正負の配分の方法は、この方法が正解というものは、まだ明確でなく、上記に関しても、副材料を含めるべきとの意見もあると思われる。

この件に関しては、今後の事例の中での検証や、議論が必要と思われる。

2 - 5 . MFCA 計算モデルの定義や、物量センター定義の考え方

昨年度、平成 16 年度の大企業向け MFCA モデル事業報告書、“ 3 - 2 . 物量センターの定義方法 ” では、物量センターの定義に際して、「実際の工程通りに物量センターを細かく区切ると、MFCA 分析の精度は高まる。しかし、それに比例して MFCA 計算モデルの構築、データ定義、入力など MFCA 計算の実務が煩雑になる。」と述べた。

このため、本年度、平成 17 年度の大企業向け MFCA モデル事業においては、MFCA の計算結果に影響の出ない範囲で、シンプルな物量センターの定義を心がけた。

ここでは、本年度、平成 17 年度の大企業向け MFCA モデル事業を通して得られた“ MFCA における物量センター定義 ” について、工夫した事項に関する考え方を述べる。

(1) 切り替え工程の物量センター独立

ひとつのライン、設備で、複数の製品、品種を生産している場合、生産製品や品種を変えることを“ 切り替え ”と呼んでいる。切り替えに関しては、多くの企業において、稼働ロス、すなわち時間のロスとして、切り替え時間の短縮に取り組んでいる。

実態として、切り替え作業のほうに作業要員を多く必要とすることが多い。時間もかなりかかり、設備償却費も、それだけ高いものになる。しかも、切り替えの際にも、資源の

ロスが生じていることがある。

従来の MFCA の適用事例では、切り替え作業に要する要員、投入材料などの直接費も間接費も、その工程の投入コストに含めて計算していた。しかし、今回のモデル事業においては、切り替え工程で多くの資源が投入され、それが廃棄物となっている事例が幾つかあった。

それらの事例では、MFCA の物流センターとして、本来の工程の物流センターから、切り替え作業を切り離し、独立した物流センターにした。

この結果、切り替えを独立させない従来の方式と比較すると、負の製品コストの比率がかなり高くなり、切り替えの効率化を進める効果を持つと思われる。

(2) 平行加工工程の物量センターの統合

今回のモデル事業の中で、物量センターを定義する際に、平行した工程を統合して計算する物流センターと、その MFCA 計算モデルを定義した事例があった。

その事例を模式図にしたのが、図 2-4 である。

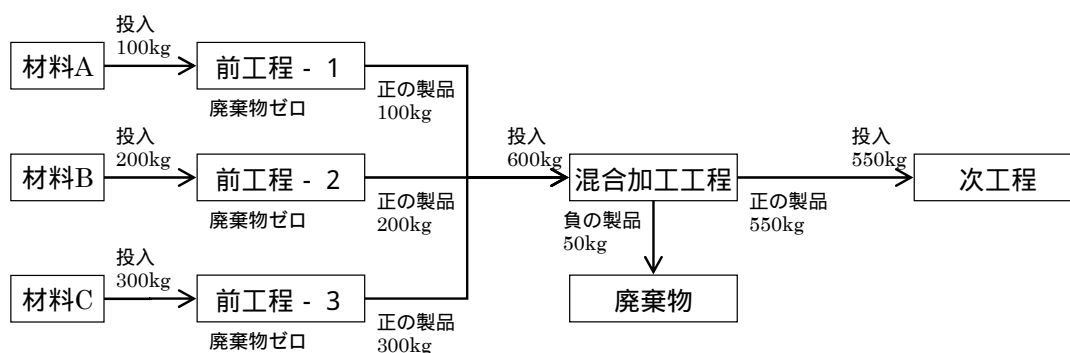


図 2-4 実際の工程通りの MFCA の物量センター

図 2-4 の事例は、つぎのような特徴があると仮定する。

- 混合加工を行う工程の前に、3 種類の原料を前処理する工程(前工程 - 1、前工程 - 2、前工程 - 3) がある。
- それぞれの前工程は廃棄物がゼロで、投入した材料すべてが、次の混合加工工程に送られる。
- それぞれ負の製品が発生せず、それぞれの工程ごとの負の製品コストはゼロである。
- 前工程 - 1、前工程 - 2、前工程 - 3 で投入した MC、EC、SC すべて、正の製品コストとして、次の混合加工工程に送られる。
- 混合加工工程では、投入材料のロスがあり、負の製品が発生する。従って、負の製品コストが生まれる。

この事例で MFCA の計算モデルを構築する場合、図 2-5 のように、前工程 - 1、前工程 - 2、前工程 - 3 を統合した“前工程”という物流センターを定義し、それで MFCA の計算モデルを構築してもよい。

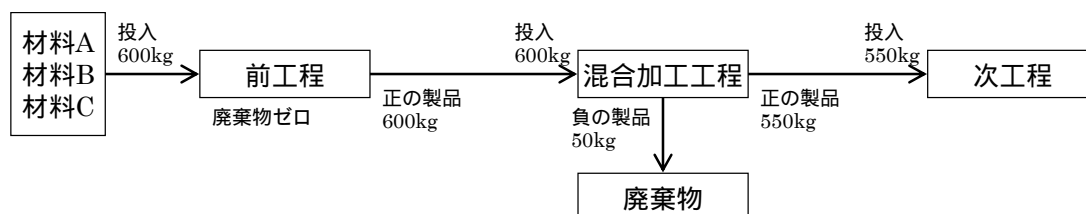


図 2-5 平行工程を統合した MFCA の物量センター

この場合、問題になる可能性があるのは、次の混合加工工程における材料のロスの構成要素である。混合加工工程の材料のロスが、最初の投入材料、材料 A、材料 B、材料 C の構成比率と同じであれば、負の製品コストは、図 2-4 のように、実際の工程どおりに MFCA 計算モデルを構築する場合と異なることはない。ただし、混合加工工程の材料のロスが、最初の投入材料のうち、特定の材料だけの場合、負の製品コストは、図 2-4 と図 2-5 では異なる。

例えば、材料 A に揮発性の成分が含まれており、混合加工工程において、その材料 A の揮発性の成分の物量分だけロスになるケースを想定する。その場合、負の製品 MC は、材料 A の揮発性の成分の MC だけである。負の製品 SC や負の製品 EC は、前工程 - 1 から引き継いだシステムコストの分だけ、負の製品 SC になる。

このように考えると、平行した工程を統合できるのは、平行した工程で廃棄物が発生しないこと。さらに、その後工程での廃棄物が、平行した工程からその次の工程に移動した際の物量比率のまま推移することである。

(3) 工程内リサイクルが行われる場合の MFCA の計算方法

生産工程の途中で、加工された材料が規格を満足せず、かつ、前工程に戻して再加工しても、品質的な問題が見られない場合、その規格外の材料を前工程に戻す“工程内リサイクル”ということがよく行われる。

ガラス製品の製造が分かりやすい例である。成型加工されたガラス製品に、“欠け”や“濁り”などの見栄えに関する問題がある場合、そこまで加工された材料は、最初の材料投入段階に戻され、他の原材料と一緒に、生産材料として再利用される。したがって、工程内リサイクルされたものは、材料という資源のロスにはなっていない。

そのため、本来の MFCA の考え方では、廃棄物は発生せず、負の製品コストは発生しないことになる。

しかしリサイクルされた材料は、途中の工程を 2 回以上、通過する。上で述べたガラス製品製造の場合は、ガラス原料を溶融し成型するためのエネルギーという資源は、ロスとなっている。またシステムコスト、エネルギーコストも余計にかかっている。

本モデル事業における工程内リサイクルの MFCA 計算の考え方

本モデル事業においては、工程内でリサイクルする場合は、図 2-6 のように、**工程を重複して通過した部分のエネルギーコストとシステムコストを、負の製品コストに組み入れる計算の考え方**をとっている。なお、図中の単位のない数値は円である。

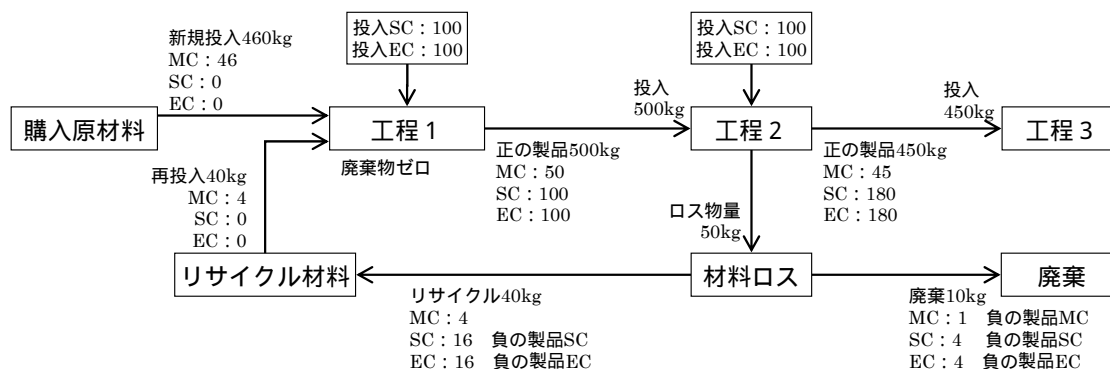


図 2-6 工程内リサイクルがある場合の MFCA の計算

図 2-6 は、次のような考え方で計算を行っている。

- リサイクルを行う材料 40kg の MC : 4 は、負の製品 MC とはしない
- 工程 1、工程 2 に投入した SC、EC のうち、リサイクルを行う材料の物量分の SC : 16、EC : 16 は、負の製品 SC、負の製品 EC とする
- 負の製品とした SC、EC は、リサイクル材料として投入する際には引き継がれない
- 従って、再投入した材料 40kg は、MC : 4 だけを正の製品コストとして持っていることになる

これは、図 2-7 で示す、一度、廃棄物を有価物として売却し、そのリサイクル品を売却価格と等価で購入して使用する際の MFCA 計算と、同じ結果になる。

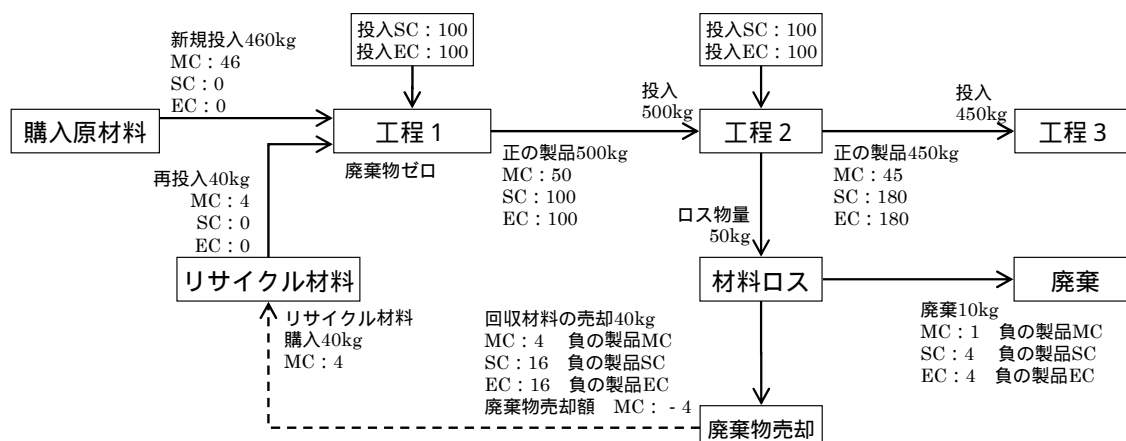


図 2-7 工程外リサイクルを行い、リサイクル品を材料利用する場合の MFCA 計算

図 2-7 で、材料のロスのうち、回収した 40kg はリサイクル材料として売却する際に、MC : 4、SC : 16、EC : 16 の負の製品コストを発生させると同時に、売却益が生まれる。売却価格が、リサイクル材料として購入する価格と同じとすると、負の製品 MC は売却価

格で相殺され、計算上は図 2-6 と同じになる。

工程内リサイクルに関する MFCA 計算の別の考え方

工程内のリサイクルの MFCA の計算の考え方に関しては、本モデル事業の中で採っている考え方のほかに、次のような考え方もある。

- リサイクルした材料は、副製品（本来の目的物とことなる、副次的な生成物質）と同じく、MC、SC、EC を引き継いだものとする。
- それを再投入する際は、MC だけでなく、SC、EC も含めて前工程コストとして投入する計算方法を採用。
- この計算方法を採用すれば、リサイクルして材料費は無駄にしていなくても、リサイクルを重ねている分、システムコスト、エネルギーコストが積みあがる。（高いものになっていることに気がつく）
- アウトプットはリサイクルしている分だけ、少なくなっているので、アウトプットされる製品の単位量あたりのマテリアルの投入量は増えている。

工程内リサイクルに関する MFCA 計算の考え方の違い

で記した MFCA 計算の考え方と、で記した MFCA 計算の考え方と、MFCA の計算結果にどのような違いが生まれるかを、以下に整理する。

- 投入コストの総計： と に違いはないと思われる
- 正の製品コスト：正の製品 MC に差異はないが、正の製品 SC、正の製品 EC に関しては、の考え方の方が大きくなると思われる。の考え方では、リサイクルされた分量だけ、正の製品 SC、正の製品 EC が大きくなる。リサイクルして材料が再利用される場合も、前工程のコストを引き継ぐという意味では、の考え方が、MFCA の本来の考え方に沿っていると思われる。ただし計算結果の表し方として、正の製品 SC、正の製品 EC の工程内リサイクルによる増加金額を明確にする必要があると思われる。
- 負の製品コスト：負の製品 MC に差異はないが、負の製品 SC、負の製品 EC に関しては、の考え方の方が大きくなると思われる。の考え方では、工程内リサイクルによる SC、EC の増加金額を、負の製品 SC、負の製品 EC とするためである。工程内リサイクルにより増加したコストを負の製品コストと認定することで、ロスを明確にすることが容易であると思われる。

本モデル事業においては、下記の 2 点を狙い の考え方を採用し、それぞれのモデル事業において MFCA 計算モデルの構築を行っている。

- MFCA の計算を可能な限りシンプルなものにする
- ロスを負の製品コストとして集約して見せる

注記

2 章「製造段階の MFCA の理論と考え方」は、平成 16 年度の研究成果をベースにして、本年度のモデル事業において進化させたものである。従って 2 章には、昨年度の報告書『平成 16 年度 大企業向け MFCA 導入共同研究モデル事業 調査報告書』を引用した部分が数箇所ある。

2 章、2 - 1 節は、昨年度の報告書の「2 - 1 . マテリアルフローコスト会計とは」の部分をそのまま引用した。(なお、読みやすくするために、文章の一部を修正した。)

2 章、2 - 2 節は、昨年度の報告書の「2 - 1 . マテリアルフローコスト会計とは」の概要を整理し、記述した。

また、MFCA についての文献をはじめて読む人のために、本報告書の付章(2) - 2 に、本年度、開設した MFCA のホームページの一部を紹介している。これは、簡単に MFCA を理解するためのものがあるので、MFCA に関する予備知識がない場合は、本報告書の付章(2) - 2 を最初に読むことを推奨する。