

### 第3章 製造段階の MFCA モデル事業の調査研究結果(企業別)

本年度の製造段階の MFCA 適用のモデル事業には、6 社が参加した。6 社の事例の特徴と MFCA 適用のポイントを、表 3-0 に整理した。その後で、参加企業ごとに、MFCA の適用事例を紹介する。

表 3-0 製造段階の MFCA モデル事業の概要

No.	事例の企業	製品、製造の特徴	MFCA 適用のポイント
1	サンデン株式会社	素材の切断から鍛造、切削という金属の機械加工の一連のプロセス。	金属部品の機械加工における材料効率の向上に主目的を絞った MFCA 適用事例。
2	株式会社 トッパン建装プロダクツ	多品種少量生産の建築材料の製造。印刷、樹脂加工など、切り替え時のロスが大きい。	多品種少量生産の効率化と資源効率向上の両立を目指した改善に向けての MFCA 適用事例。
3	ハウス食品株式会社	少品種大量生産の食品における加工製造プロセス。	切り替え工程、リサイクル工程など、MFCA の物量センターの定義方法の工夫が多い MFCA 適用事例。
4	富士製粉株式会社	小麦粉のプレミックス製品での適用。多品種少量生産の食品における、材料の混合加工製造プロセス。	ひとつの製造ラインで製造する全品種一括での MFCA 計算、および生産量の大きい品種、小さい品種での MFCA 計算結果の比較など、シミュレーション的な MFCA 適用事例。
5	新日本理化株式会社	連続運転設備における素材製造での適用。少品種大量生産型の化学工業プロセス。	化学反応を伴う製造プロセスでの MFCA 適用事例。設備投資採算性を評価する中での MFCA の活用方法の検討事例。
6	ダイソー株式会社	バッチ型の設備による、多品種少量生産型の化学工業プロセス。	化学反応を伴う製造プロセスでの MFCA 適用事例。適用時点は、製品の開発段階であり、原価企画的な MFCA の適用事例。

### 3 - 1 . サンデン株式会社

#### ( 鍛造切削など金属機械加工における MFCA )

##### (1) 会社概要、工場概要

サンデン株式会社は、カーエアコン、カーエアコン用コンプレッサー、冷凍・冷蔵ショーケース、自動販売機、暖房機器などの開発・製造・販売を行っている。資本金 11,038 百万円、従業員数 2,854 名（単体）、8,593 名（連結）である。

今回、MFCA のモデル事業を実施した赤城事業所（サンデンフォレスト）は、21 世紀型工場を目指して、群馬地区の工場再編と生産革新を図るため、伊勢崎市の寿事業所の自動販売機・店舗システム工場、境事業所の住環境システム工場・電子機器工場を移転し、パーツセンター、物流センターとも統合して建設された事業所である。赤城事業所は、“サンデンフォレスト”と命名した広大な緑豊かな自然の中で「“創造”し、“挑戦”し、“貢献”する新拠点」をコンセプトに 2001 年 4 月に稼働を開始した。



現在、冷凍・冷蔵ショーケース、自動販売機、暖房機器の加工・組立工場、およびコンプレッサーの部品加工工場が操業を行っている。今回の MFCA 適用は、コンプレッサーの部品加工工場で実施している。

##### (2) MFCA 導入製品及び工程

MFCA 適用の対象は、エアコンに用いられるスクロール型コンプレッサー部品の機械加工工程である。このスクロール型コンプレッサーの主要部品には、渦巻き型の溝が施されている。

その製造工程の概要を、図 3-1-1 に示す。

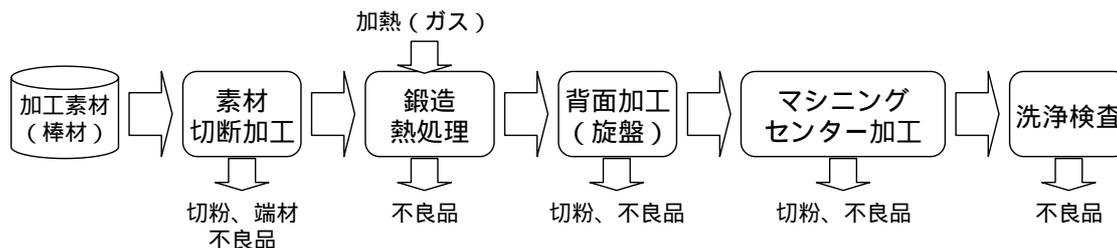


図 3-1-1 製造工程の概要

この部品は、図 3-1-1 の工程図にあるように、購入材料の棒材から、切断加工、鍛造・熱処理、背面加工、マシニングセンター加工、洗浄・検査の 5 つの工程で製造されている。

この部品は、コンプレッサーの仕様により、部品大きさ（直径、溝高さなど）が変わる。現在は、数種類の仕様のコンプレッサーに用いる部品の生産を行っている。

素材切断工程では、およそ 3 メートルの長さの棒材から、円盤状の鍛造素材を切断する。部品の種類により異なるが、1 本の棒材から 100 個前後の鍛造素材が切り出される。切断加工の際には、鋸刃の板厚分の切粉が廃棄物になる。また、棒材の前端と後端には、棒材の加工時に施されたチャック穴があり、鍛造素材にできないため、端材として廃棄される。鍛造時に欠肉による不良を生じさせないため、切り出した鍛造素材の重量は、全品管理しており、重量不足品は不良品として廃棄される。

鍛造では、円盤状の鍛造素材を、最終部品の形状に近い形に塑性変形させる。鍛造加工時の成形不良品は廃棄される。

背面加工、マシニングセンター加工の工程では、背面の取り付け穴などの旋盤加工と、スクロールの溝部のフライス加工などの切削加工を行なう。この際の切粉も廃棄される。

最後の洗浄検査の工程で、部品の加工精度を測定し、不良品を取り除く。加工精度の測定時には、部品についている切粉をきれいに除去しておく必要があるため、測定前に部品の洗浄を行なっている。洗浄廃液は、適正に処理を行なっている。測定で不良品と認定された部品も、廃棄される。

なお、各工程で発生する切粉、端材、不良品による廃棄物は、リサイクルのために分別され、全量、有価で売却している。

また、鍛造と熱処理は、設備や材料を高温にして加工を行なう。設備の立上時、チョコ停などの稼働のロス時間もエネルギーを消費する。省エネルギーのためには、稼働率向上も課題のひとつになっている。

### (3) MFCA 導入の狙い、意図

最初にも述べたように、サンデン赤城事業所 (Sanden Forest) は、自然環境保全との共存をコンセプトに設けられた拠点である。またサンデン株式会社は、環境ビジョンとして、『製品ライフサイクルであらゆるムダを徹底的に排除し、「環境先進製品」を拡大します。』としている。

このような中で、従来から、LCA を積極的に取り入れ、環境に配慮した製品の開発や設計、製造に取り組んできた。サンデンの製品は、電気機器やその部品であるため、使用段階での電力やエネルギーの消費が大きい。そのため、LCA を行なうと、使用段階での環境への影響が非常に大きくなる。その結果は、先に述べたような開発や設計に、製品の環境配慮課題として取り入れてきたが、製造段階での取り組みを促すことに結びつきにかった。

そのため、製造部門としての環境への取り組み、すなわち製造段階の資源やエネルギーの無駄の排除をより促進させる取り組み方を、模索していた。

今回のコンプレッサー部品のような機械加工部品は、(2)でも述べたように、製造段階に切粉、端材、不良品が廃棄物として生じている。これは資源やエネルギーの無駄であり、コストの無駄である。MFCA は、こうした材料の無駄を、総合的なコストのロスと置き換え、その削減を検討するための支援ツールである。こうした製造段階の資源とコストのロスを徹底的に排除する取り組みを促進させることを狙い、MFCA の導入に踏み切った。

#### (4)MFCA 計算の基本的な考え方

(2)で述べたように、機械加工が中心の製造においては、各工程の加工歩留率の向上、不良率の低減が、切粉、端材、不良品による廃棄物の削減に直結する。これは廃棄物削減、資源投入量削減と、コストダウンの同時実現を達成するための基本的な課題である。

この部品はコンプレッサーの仕様に依じて大きさが変化し、その加工時の切粉、端材、不良品による廃棄物の発生量も、それに依じて変化する。従って、部品の品種により、負の製品コストの比率もかなり変化することが予測された。品種としては比較的少なく、個別品種ごとの材料歩留の向上や、不良率の低減が改善の主たる方向性であるため、品種別に MFCA の計算を行なうことにした。

鍛造は、設備的には鍛造と熱処理に分かれているが、連続一体の設備として運用されており、ひとつの工程として物流センターを定義した。また背面切削とマシニングセンター加工間で、ワークの付け替えを行なっており、投入量、出来高、不良率なども、背面切削、マシニングセンター加工の単位で管理しているため、この工程単位を物量センターの単位とした。洗浄検査は、本来はマシニングセンター加工に直結した検査ではあるが、設備が別の品種間共用となっており、流れ的にも不連続なので、物流センターとして独立させた。

#### (5)データ収集期間、方法

現状データの収集は、材料の投入量や製品や仕掛品の出来高、および各種経費などの実績データがしっかり集計されているある数ヶ月間を対象に、MFCA の計算を行なった。

直接労務費は、ラインごとに配置されている要員の人数から、工程別の費用を算出し、品種間の共用ラインに関しては、さらにそれを、品種別の出来高で、対象品種の経費を算出する方法を取った。

設備償却費は工程別の費用が計算されていた。また燃料費は、使用するのが鍛造工程だ

けだった。これらも、多品種共用のラインの場合は、品種別の投入数量で、対象品種の経費を算出する方法を取った。

電力費は鍛造課（素材切断から熱処理まで）と、加工課（背面加工から洗浄検査まで）の課毎に集計されていたため、それをさらに 5 つの工程別に主要設備の台数に比例配分し算出した。

## (6) MFCA 計算、分析結果

### マテリアル Input/Output 物量

この事例における加工の全工程は、すべて自社工場で行っており、工場内の管理データを細かく収集・整理できた。金属の機械加工プロセスの材料効率を明確にするためのデータ整理方法として format 化した。

この事例では、工程別のマテリアルの Input 量、Output 量の整理を、表 3-1-1、表 3-1-2、表 3-1-3 のように行なった。なお数値は、すべて仮の値である。なお切削は、背面切削とマシニングセンター加工に分けて物量センターを定義したが、format は全く同じである。

表 3-1-1 材料の物量整理表 素材切断工程

工程	項目	内容	数値
素材切断	棒材外形( ) (cm)	購入品の棒材外径(公差中間)	10.0
	素材重量密度(q/cm <sup>3</sup> )	(比重)	7.9000
	棒材長さ(cm)	購入品の棒材長さ(公差中間)	300.0
	棒材重量(q)	(計算値)	186,045.0
	切断個数(個)	棒材1本から取れる数量	150
	切断長さ(cm)	部品1個当り	1.85
	切断重量(g)	部品1個当り	1,147.3
	製品使用重量(q)	棒材1本あたりから取れる切断部材の重量(計算値)	172,091.6
	端材、切粉の重量(q)	棒材1本から発生する端材と切粉の重量(計算値)	13,953.4
		(参考値) 棒材両端の端材部の長さ(cm)	8.0
		(参考値) 棒材両端の端材部の重量(q)	4,961.2
		(参考値) 棒材1本から発生する切粉の重量(q)	8,992.2
	投入棒材数量(本)	対象期間内に、切断した棒材の本数	1,000
	計算上の出来高数量	対象期間内に、取れるはずの切断部材数量	150,000
	実際の出来高数量(個)	次工程(鍛造)に送られた切断部材数量	149,250
	不良数量(個)	対象期間内に発生した切断不良品の数量	750
	MFCA計算引用数値	材料投入量(kg) kgに変換	186,045.0
MFCA計算引用数値	正の製品重量(kg) kgに変換	171,231.2	
MFCA計算引用数値	負の製品重量(kg)	14,813.8	

素材切断工程の材料効率と MFCA の関連を、表 3-1-1 を使って説明すると、素材の棒材(直径 10cm、長さ 3 m) を、1.85cm の厚みで等分に切断し、150 個の部材が作られる。投入した棒材の重量は、計算上の体積に密度を乗じることで 1 本あたり 186.045kg と計算できる。作られた部材も同様に 1 個当り 1.1473kg と計算できる。棒材 1 本あたりで 150 個の部材が作られるため、棒材 1 本 186.045kg のうち、172.0916kg がこの工程で製品になるはずの物量である。棒材 1 本あたり 13.9534kg が廃棄物となる。このうち 4.9612kg が端材部分であり、8.9922kg が切粉部分である。

MFCA 計算を行なう期間内に、1000 本の棒材が投入されたとすると、切断部材は 150,000 個生産されるはずだが、不良品 750 個あると、実際の出来高は 149,250 個になる。

MFCA 計算では、設定した期間内の投入した材料の物量値（投入棒材の本数×重量）186,045.0kg と、正の製品になる材料の物量値（切断部材重量×出来高数量）171,231.2kg、負の製品の材料の物量値（投入物量 - 正の製品の物量値）14,813.8kg だけを用いる。投入 MC（マテリアルコスト）、正の製品 MC、負の製品 MC は、それぞれの物量値に、材料の単価（円/kg）を乗じることで容易に計算できる。

このように、工程ごとに MFCA 計算に用いる数値（物量値とコスト）を、工程ごとの材料歩留率、不良率、投入数量と出来高数量などの管理数値と関連付けて整理しておくことにより、加工材料歩留向上の取り組み（鋸歯の厚みを薄くする、端材部の活用など）、不良低減活動の取り組みの効果予測や成果を、MFCA の計算による総合的なコスト削減効果で評価することが可能になる。

表 3-1-2 で例を示す鍛造工程、表 3-1-3 で例を示す切削工程も、上記の材料切断工程と同じ考え方で、MFCA で用いる材料投入量、正の製品物量、負の製品物量、投入 MC、正の製品 MC、負の製品 MC を計算する format を設計した。

表 3-1-2 材料の物量整理表 鍛造工程

工程	項目	内容	数値
鍛造	鍛造前重量(q)	部品1個当りの切断重量	1,147.3
	鍛造後重量(q)	成型、バリ除去、ボン抜きした後の鍛造後の重量	1,000.0
	重量変化(q)	計算値 (鍛造前重量 - 鍛造後重量)	147.3
		(参考値) 除去するバリの部分の重量(q)	100.0
		(参考値) ボン抜き部分の重量(q)	47.3
	工程投入数量(個)		149,250
	出来高数量(個)		148,000
		(参考値) 使用不可能な数量 (試験、不良、切り替え調整など)	1,250
		(参考値) 試験品数(個) (使用できなくなる試験に使用する数量)	250
		(参考値) 不良数(個) (寸法精度不良、欠肉、硬度不足など)	1,000
	MFCA計算引用数値	材料投入量(kg) kgに変換	171,231.2
	MFCA計算引用数値	正の製品重量(kg) kgに変換	148,000.0
	MFCA計算引用数値	負の製品重量(kg)	23,231.2

表 3-1-3 材料の物量整理表 背面切削工程

工程	項目	内容	数値
背面切削	切削前重量(q)	部品1個当りの切削前重量	1,000.0
	切削後重量(q)	部品1個当りの切削後重量	870.0
	切削時の重量削減量(q)		130.0
	工程投入数量(個)		148,000
	生産数量(個)		147,000
		(参考値) 使用不可能な数量	1,000
		(参考値) 試験品数(個) (破壊試験などの数量)	100
		(参考値) 不良数(個) (外径不良、加工不良など)	900
	MFCA計算引用数値	材料投入量(kg) kgに変換	148,000.0
	MFCA計算引用数値	生産重量(kg) kgに変換	127,890.0
	MFCA計算引用数値	負の製品重量(kg)	20,110.0

また、機械加工においては、切削油やウェスなどの補助材料を用いている。この工場においては切削加工の切削油などは非常によく管理されており、油漏れなどは発生しておらず、コスト的にも非常に小さい。今回の MFCA の適用は、主材料の材料効率向上に狙いを絞ったため、MFCA の計算においては、MC（材料費）としてではなく、SC（補助材料費）

として計上した。

### データ付きフローチャート

MFCA の計算結果を 1 枚のシートでまとめたものを、「図 3-1-2 データ付きフローチャート」に示す。この数値は、表 3-1-1 から表 3-1-3 の架空の数値を元にした、製品 1 個を作るためのコスト計算結果である。なお、数値の単位は円である。

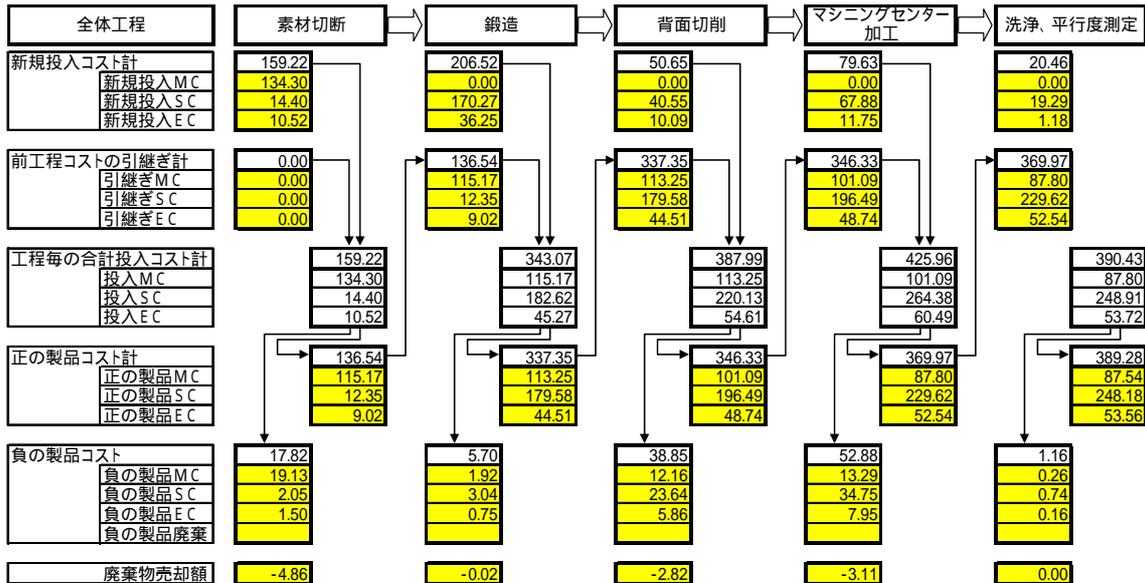


図 3-1-2 データ付きフローチャート

このデータを見て、特に、素材切断、背面切削、マシニングセンター加工において、負の製品 MC が大きくなっていることが確認できた。特に、従来からも加工の歩留向上に取り組んできたが、背面切削、マシニングセンター加工に気を取られ、素材切断工程での歩留向上はそれほど気にしていなかった。今回の MFCA 適用により、全工程を一貫した材料歩留の状況を俯瞰して捉えることができ、改めて、素材切断工程も含めた材料歩留向上と取り組み方を考え直すきっかけとなった。

また、こうした機械加工においては、初工程で材料を投入した後は、各工程では主材料の仕掛品を削り取る一方で、切削油などの補助材料やエネルギーを除けば材料の投入がないため、新規投入 MC は現れず、新規投入コストは SC や EC などが主となる。

その意味でも、鍛造、背面切削工程、マシニングセンター加工の SC 低減、EC 低減が、材料効率向上以外の課題として大きいことも、確認できた。

鍛造工程では、鍛造した後に熱処理を行う。鍛造自体も設備、金型やワークを高温に熱して行なうため、新規投入 EC が大きいことが分かる。

### マテリアルフローコストマトリックス

表 3-1-4 に、マテリアルフローコストマトリックスを示す。これも図 3-1-2 と同じく、架空

の数値に基づいたものである。鍛造工程で、熱処理などをおこなうため、コスト全体に占めるエネルギー費用が、比較的、高くなっている。この表の数値も単位は円である。

表 3-1-4 マテリアルフローコストマトリクス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計	廃棄物売却 額	総計
良品 (正の製品)	88 17.0%	54 10.4%	249 48.1%		390 75.4%		390 77.0%
マテリアルロス (負の製品)	47 9.0%	16 3.1%	64 12.4%		127 24.6%		127 25.1%
廃棄/リサイクル				0 0.0%	0 0.0%	-11	-11 -2.1%
小計	135 26.0%	70 13.5%	313 60.5%	0 0.0%	518 100.0%		507 100.0%

### (7)ロスの考察と、改善検討のポイント

図 3-1-2 データ付きフローチャートや個別の MFCA データを確認しながら、工場の管理者、生産技術者が共同して、工程ごとに改善対象ロスとその現状を抽出し、表 3-1-5 改善課題一覧表に整理した。

表 3-1-5 改善課題一覧表

工程	ロス 分類	対象ロス	ロスの現状	検討の方向性、重点	改善の制約条件	改善テーマ	目標
素材切断	MC	棒材の切断の切粉	材料のロス 11%弱	端材・切粉の削減 ・先端端材部を短くする ・切断ののこぎり厚み小さくする ・チャック部の長さを短くする 結果として棒材1本から取れる製品が、*個分増	先端の端材削減:投入位置精度が課題 鋸刃の厚みは**ミリまで製作可能(曲がらずに加工出来ること)	・**mm **mm でトライ ・鋸刃の刃数:確認必要 ・端材の良品化トライ	2個増
鍛造	MC、SC	不良低減	.....%	不良低減:鍛造の不良は、金型の習熟度に依存。新しい製品が立上るときは、不良率が高		連続稼働の実施(休憩時間も稼働)	**個 **個 新機種:量産開始から目標半年
	SC	設備償却費の低減	時間稼働率*%*	生産量の増加 ・稼働率向上、加工スピード向上、稼働時間延長	鍛造の稼働率を上げるには、**の能力向上が必要	切断機の増設	
	EC	エネルギーコスト	立上のエネルギーロス	設備立上時のエネルギーロス削減:24時間連続稼働(稼働日数は	生産量の増加		
背面切削	MC、SC	切削の切粉	歩留のロス*%*	**の切削代の削減:鍛造のパラツキが小さくなれば、切削代は小さくできる。	鍛造のパラツキが小さくなれば、切削代は小さくできる。	鍛造の切断重量変更トライ	6g以上削減
	MC、SC	切削の切粉	歩留のロス*%*	**部分の切削代の削減	切削でC面取りをしているのを、鍛造で出す為には、上型の強度アップが必要。	不可能	
	MC、SC	切り替え時の調整ロス	**個	切替時の調整ロスの削減:治具の調整のため、調整ロスが出る。	芯が出しにくい	芯の出しやすいスライド式のチャックに変更トライ実施 1/未。	調整作業削減* *時間短縮

表 3-1-5 の右端の列に、「2 個増」などと記入されている例がある。

素材切断の端材の有効活用や切断時の鋸歯の板厚を薄くすることによる切粉量の削減、背面切削やマシニングセンター加工時の切削代の削減など、材料加工における歩留向上の取り組みは、個別には非常にわずかなものである。例えば、背面切削の切削代に関して、現状が 0.4mm (公差 ±0.1) であったのを 0.3mm (公差 ±0.05) にするというのが、具体

的な改善課題になる。これらの改善効果は、個々に見ると製品 1 個当り数グラムと非常に小さい。ただし、それらの個別の小さな改善の積み重ねが、最終的に、棒材 1 本から取れる製品化できる数量の増加（例えば、現状 素材 1 本あたり 150 個取れるのが、151 個取れるようになること）につながると、資源効率向上とコストダウンに直結する。

なお、この改善課題やその可能性の検討を行う際に、究極のものづくりの理想像を次のように定義した。

◆ 負の製品コストゼロ(切粉、端材、不良ゼロ)

この理想像は、到達できないかもしれないが、従来はあきらめていた改善課題、気にしていなかったロスを、改めて呼び起こし、この理想像に向けた改善を、徹底的に考えるきっかけになった。

ちなみに、この究極のものづくりの理想状態では、素材の棒材 1 本からできる製品が、従来の 1.5 倍程度になると試算されている。

表 3-1-5 の検討を通した議論から、こうした機械加工においては、図 3-1-3 のように、1 本の素材から取れる材料を増やす改善が重要であることが、再認識、共有化できた。

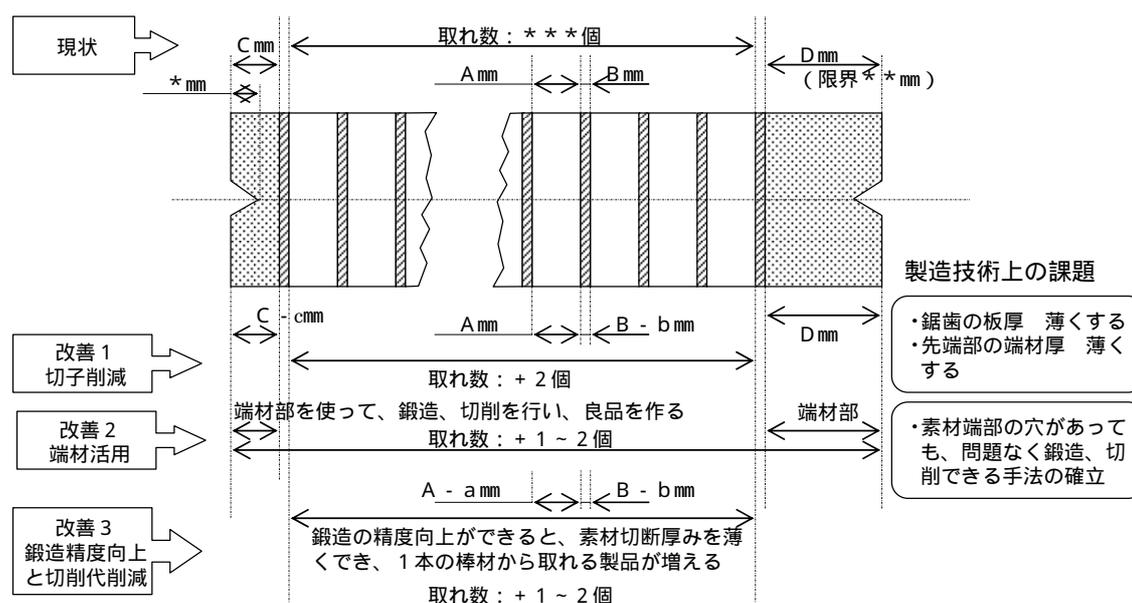


図 3-1-3 機械加工における材料効率向上の考え方の例

改善 1 (切子削減) は、鋸歯の板厚 (図 3-1-3 の現状 : B 寸法) を加工品質上の限界まで薄くすることで、1 本の素材から取れる製品を増やすことを目論んでいる。改善-2 は、端材として廃棄していた部材 (図 3-1-3 の現状 : C 寸法、D 寸法の部分) を、製品として利用しようというものである。改善-3 は、鍛造後の背面切削やマシニングセンター加工における切削代を小さくして、その結果、切削時の部品の板厚 (図 3-1-3 の現状 : A 寸法) を小さくすることで、1 本の素材から取れる製品を増やすことを目論んでいる。

歩留を加工能力の限界まで高めると、後工程の加工時のバラツキの影響を受けやすくな

り、不良率が高くなる。従来の製造条件を振り返ってみると、各工程の不良率の低減を求めるあまり、素材切断や鍛造において、必要以上の切削代（余裕と言える）を残した寸法で製造していることに気がついた。こうした改善は、そうした余裕ゼロを目指すもので、それぞれ、素材切断、鍛造、切削などの技術力の限界に挑戦する課題である。

こうした製造プロセスにおける資源効率向上の取り組みは、その企業の製造技術力を試し、より高い技術力に挑戦するものである。

#### (8) MFCA 計算結果、データの活用上のポイント

製造コストダウンの取り組みにおいても、投入しているコストの大きな工程、ロスの大きな工程から優先して取り組む必要がある。

MFCA においては、総コストのほか、正の製品のコスト、負の製品コスト（ロスコスト）が工程別に明確になる。また、MFCA の中には、それぞれの工程での投入コスト、ロスコストのデータが残っているため、改善課題の設定やその優先度の判断においても、それらのデータが非常に有効である。

図 3-1-4 は、その検討において用いたコストデータのグラフの 1 例である。

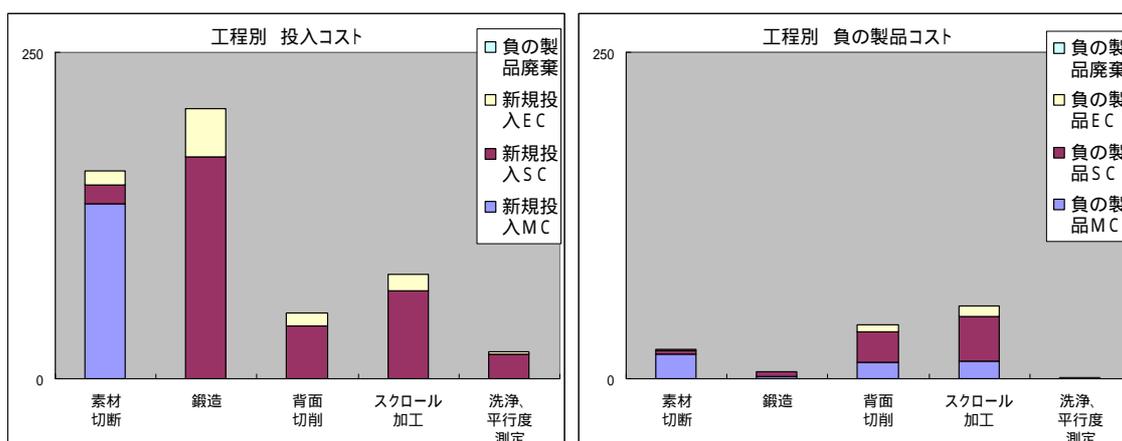


図 3-1-4 MFCA を活用したコストデータグラフの例

また、今回、構築した MFCA の計算モデルは、従来からも工程別に管理していた投入量、出来高量、不良品数、および課別のシステムコスト、エネルギーコストを、分かりやすく整理できるようにしてある。

従って、材料歩留向上、不良率低減の成果は、表 3-1-1 から表 3-1-3 などの format で整理した数値をパラメータとして変えるだけで、図 3-1-2 のデータ付フローチャートや、表 3-1-4 のマテリアルフローコストマトリクスの MFCA 計算で、コストとしての成果にすぐ表すことができる。そのため、改善効果の予測や実績を、コストの変化として簡単に表すことができるため、今後の工場での改善活動の取り組みにも、非常にメリットのあるツールである。

### (9) MFCA 適用のメリットと適用上の課題

今回の部品加工工場における MFCA 適用に関して、そのメリットとして、次のような意見が、現場の管理者、生産技術者から述べられた。

#### ■ MFCA の適用メリット

- ・ 従来まで、加工の歩留率はそれほど悪くないと認識していたが、それは鍛造以降の工程だけを見たものだった。MFCA で全工程を通した歩留率や負の製品コストを見たことで認識が改まった。改めて、全体の工程を通した歩留向上に努めたい。
- ・ 設計者が MFCA の負の製品コストを見ることが重要と思う。従来はここまでロス(負の製品コスト)があるとは認識していない。次の製品の設計に先立ち、従来の製品の設計の結果を設計者に見せたい。
- ・ 鍛造は、後加工をできるだけしないで済む設計に変えることが必要。そのためには、設計者と鍛造技術の技術力を高めることが重要。
- ・ MFCA を適用することで、モノづくりの段階での環境負荷低減として、工場や生産技術、設計が何をしないといけないか、非常に明確になった。(この製品の加工において、材料の使用量を 1%削減すると、LCA 的に見ると、上流段階で CO<sub>2</sub> の排出量を年間で 17,366 CO<sub>2</sub>-kg 削減できる。)

また経営者層からは、「MFCA は、モノづくりの限界コストを考えることである」との意見も出ている。

#### ■ MFCA の適用課題

MFCA の課題とは言えないが、今後の課題として、次のことがあげられる。

- ・ 今回、設定した改善課題は、技術的に挑戦的なものもあり、技術的な解決ができず、成果に結びつかないものも含まれている。ただし、そうした取り組みは、技術力の向上には確実につながるものである。

### (10) 今後の展開(計画)

今回は、部品加工工場でのひとつの品種だけで MFCA を適用したが、他の品種にも適用を拡大しつつ、工場の日常(月次)の管理として MFCA を活用するようにしたい。すなわち、MFCA を利用して TPM 活動のテーマの絞込み、改善活動による効果の確認等を行うことを考えている。

また、別の製品へ MFCA の適用を拡大することも計画している。

### 3 - 2 . MFCA 導入事例 株式会社 トッパン建装プロダクツ 幸手工場 (多品種少量の建装材製造ラインへの MFCA の適用)

#### (1) 会社概要、工場概要

株式会社トッパン建装プロダクツは、株式会社トッパン・コスモの 100%出資の子会社で、平成 17 年 7 月 1 日に設立された会社である。従業員は 300 名で、本社所在地は千葉県柏市である。株式会社トッパン建装プロダクツには、柏工場、幸手工場の 2 工場があり、株式会社トッパン・コスモの生産拠点となっている。今回のモデル事業の対象となる幸手工場は壁紙、フィルム製品等を生産している。

また、株式会社トッパン・コスモは、凸版印刷株式会社の 100%出資子会社であり、平成 17 年 7 月 1 日に、凸版印刷株式会社の建装材事業部と株式会社トッパン・コスモが統合して生まれた会社である。建装材を中心とした事業の企画、製造、調達、販売を主たる業務としている。

#### (2) MFCA 導入製品及び工程

今回の MFCA モデル事業では、幸手工場のフィルム製品の製造ラインを対象としている。フィルム製品の製造は、大別すると三つの工程に分けられる。

印刷工程・・・原紙（フィルム）ロールに印刷を行う

加工工程・・・印刷済みの半製品（フィルム）にラミネート加工を行う。

巻替検査工程・・・加工済み半製品を製品サイズにカットするとともに最終検査を行う。

印刷、加工工程では、切り替え時の材料ロス（条件出しロス）が多く、巻替検査工程では巻き替える際のスリットによるロスが発生し、廃棄される。

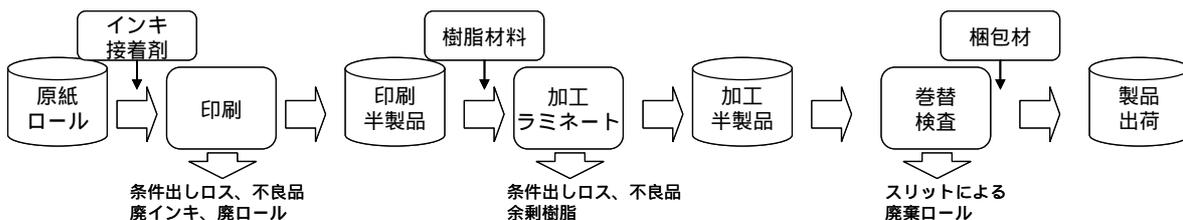


図 3-2-1 製造工程の概要

#### (3) MFCA 導入の狙い、意図

幸手工場では、早くから環境問題に取り組み、ISO14001 は 2000 年 3 月に認証取得、ゼロエミッションにも取り組んでいる。

また、生産効率化の面では、TPM (Total Productive Maintenance) を導入し、段取り時間短縮、品質ロスの削減、原材料ロスの削減に努めてきた。

このような状況に加えて、昨今の原材料価格の高騰で、材料費率がいっそう高まってきた。そのため原材料ロスをいかに顕在化するかという課題がより強くなってきた。このよ

うな背景の元、工程別、注文番号別に材料ロスを管理したいという工場のニーズに、MFCA がマッチしていると考え、今回のモデル事業に参加した。

#### (4)MFCA 計算の基本的な考え方

MFCA の対象となるフィルム製品は、受注品であり、アイテムは多岐にわたる。今回のモデル事業では、主力加工機で製造する製品群に限定し、これらを合算したデータをモデルとすることにした。

物量センターの定義については、上記の基本工程（印刷工程、加工工程、巻替検査工程）をベースにしたが、印刷、加工工程では、段取り時間（切替・調整時間）が長く、次に生産を行う製品のための調整（条件出し）時に、調整用の原材料ロスが発生するため、印刷工程、加工工程の前に、印刷調整工程、加工調整工程を物量センターとして設け、段取り、調整のロスコストを明確にすることにした。

#### (5)データ収集期間、方法

今回のモデルでは、対象モデルラインの特定月のデータ1ヶ月分をもとにMFCA 計算を行うことにした。

マテリアルコストデータは、印刷工程、加工工程、巻替検査工程の単位で従来から把握している原材料等のデータを活用した。印刷調整工程については、従来の印刷工程でのマテリアルのインプット、アウトプットのうち、調整で使用するもの（リード紙）を抜き出した。同様に、加工調整工程についても、従来の加工工程の原材料データから、加工調整時に使用するもの（PP樹脂、TT樹脂、リード紙）を抜き出した。

エネルギーコストについては、従来から設備毎に使用量を把握しているため、そのデータを活用した。

システムコスト、エネルギーコストは、従来の工程区分で把握したデータを、TPM の稼働率データを活用し、印刷調整工程と印刷工程、加工調整工程と加工工程に案分した。

#### (6)MFCA 計算、分析結果

##### マテリアル Input/Output 物量

この事例では、工程別のマテリアルの Input 量、Output 量の整理を、表 3-2-1 のように行なった。

表 3-2-1 材料の物量整理表

工程	工程名	In/Out	MC区分	名称	備考	投入、生産物の物量	不良品等の生産物量	単価	投入、生産物の金額	不良品等の生産金額
工程2	印刷調整	投入資源	主材料1	フィルム		xxx,xxx				
		投入資源	主材料2	インキ	(残肉評価済)	xxx,xxx				
		投入資源	副材料1	リード紙	(印刷用)	xxx,xxx				
		正の製品	生成物1	印刷フィルム		0				
		負の製品	生成物4	印刷フィルム(リード紙含む)			3,896			
		工程3	印刷	投入資源	主材料1	フィルム		xxx,xxx		
投入資源	主材料2	インキ			xxx,xxx					
正の製品	生成物1	印刷フィルム			xxx,xxx					
負の製品	生成物4	バラ				11,700				
負の製品	生成物5	廃インキ				23,400				
負の製品	生成物6	廃ロール				11,132				
工程4	加工調整	投入資源	主材料1	印刷フィルム						
		投入資源	主材料2	PP樹脂		xxx,xxx				
		投入資源	主材料3	TC樹脂		xxx,xxx				
		投入資源	副材料1	リード紙	(加工用)	xxx,xxx				
		正の製品	生成物1	印刷フィルム		0				
		正の製品	生成物2	PP樹脂		0				
		正の製品	生成物3	TC樹脂		0				
		負の製品	生成物4	PP樹脂口ス(垂れ流)			9,630			
		負の製品	生成物5	TC樹脂口ス(ドラム)			19,440			
		負の製品	生成物6	クリアロー	(リード紙含)		34,445			
工程5	加工	投入資源	主材料1	印刷フィルム		xxx,xxx				
		投入資源	主材料2	PP樹脂		xxx,xxx				
		投入資源	主材料3	TC樹脂		xxx,xxx				
		正の製品	生成物1	加工済みフィルム		xxx,xxx				
		負の製品	生成物4	耳ロス			20,680			
		負の製品	生成物5	バラ			4,500			
		負の製品	生成物6	着色ロール			5,000			
工程6	検査巻き替え	投入資源	主材料1			xxx,xxx				
		投入資源	副材料1	紙管・梱包	(費用のみ)	xxx,xxx				
		投入資源	副材料2	その他	(費用のみ)	xxx,xxx				
		正の製品	生成物1			xxx,xxx				
		負の製品	生成物4	着色耳ロス			20,300			
		負の製品	生成物5	廃ロール			6,533			
		負の製品	生成物6	バラ			9,000			

【印刷調整工程】

この工程では、印刷の位置合わせ、色合わせのためにリード紙に仮印刷を行う。このリード紙が主な投入材料で、これは調整後すべて廃棄されるので負の製品となる。調整用のインキの使用量は把握していない。(印刷工程での使用量を含む)

【印刷工程】

この工程では、原紙ロール(フィルム)とインキを投入して、印刷済みロールを作成する。このとき負の製品として、廃インキ、廃ロール、バラ(インキの付いたフィルム)が生じる。

【加工調整工程】

この工程では、ラミネート加工、エンボス加工などの調整、条件出し時に使用する、PP樹脂、TT樹脂、リード紙が投入され、条件出し後、これらが負の製品として廃棄される。

【加工工程】

この工程では、印刷済みロールと、加工用のTT樹脂、PP樹脂が投入され、正の製品としての加工済みロールが作成される。負の製品としては、耳ロス、バラ、着色フィルムなどが生じる。

【巻替検査工程】

この工程では、加工済みロールが投入され、カット、検査が行われ、正の製品としての最終製品を製造する。このときスリットによる廃ロール、発見した不良品などが負の製品として生じる。

データ付きフローチャート

MFCAの計算結果を1枚のシートでまとめたものを、「図3-2-2 データ付きフローチャート」に示す。

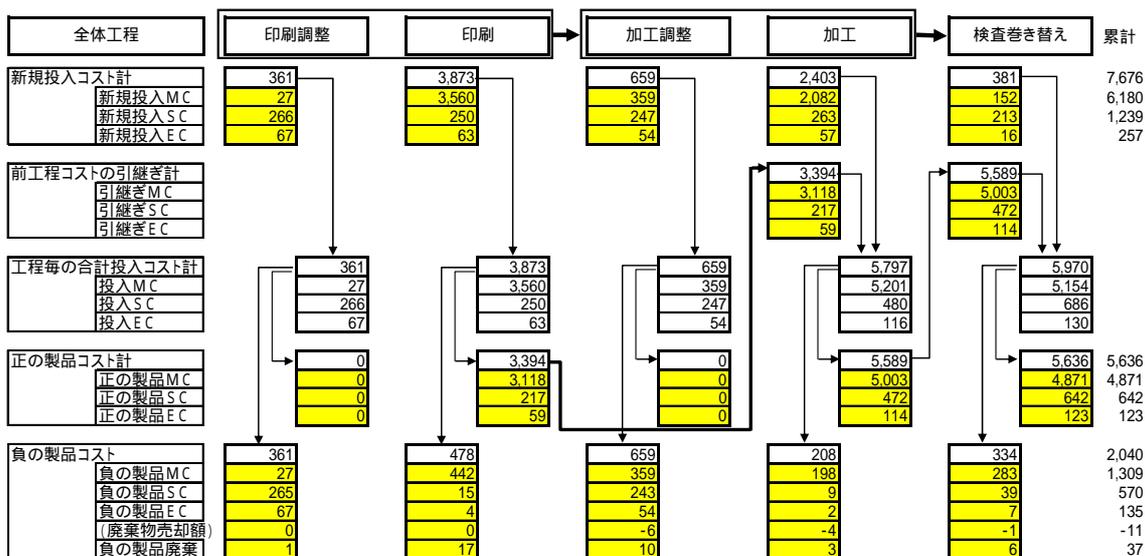


図3-2-2 データ付きフローチャート

負の製品の材料コストは、印刷工程、加工調整工程、巻替検査工程などで生じる。このラインの大きな特徴は、加工調整工程で、条件出しのため、および調整中に原料を垂れ流すための材料ロスが多く生ずることである。

負の製品のシステムコストは、印刷調整工程、加工調整工程が大部分を占めている。これは両工程とも切り替え時間の長さに起因する。

材料フローコストマトリックス

表3-2-2に、フローコストマトリックスを示す。先にも述べたが、このデータは、MFCA

計算の一部を、架空の数値に変更してある。

表 3-2-2 マテリアルフローコストマトリクス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	廃棄物売却 額	計
良品 (正の製品)	4,871 63.5%	123 1.6%	642 8.4%			5,636 73.4%
マテリアルロス (負の製品)	1,309 17.0%	135 1.8%	570 7.4%			2,014 26.2%
廃棄/リサイクル				37 0.5%	-11 -0.1%	27 0.3%
小計	6,180 80.5%	257 3.3%	1,212 15.8%	37 0.5%	-11 -0.1%	7,676 100.0%

このモデルの特徴は、原価構成の面からいうと、マテリアルコスト比率が 80%と高いことである。

負の製品コスト比率は、26.2%と比較的高い。負の製品コストのなかで、マテリアルコストが、全コストの 17%と高い比率を占めている。これは前記のように、印刷工程の不良、廃インキ、廃ロール等、巻替検査工程の耳ロス、不良等、加工調整工程の条件出し時の原料ロスに起因している。

負の製品コストの中のシステムコスト、エネルギーコストは、全コストに占めるシステムコスト、エネルギーコストの比率が低いことから、表中の構成比はそれほど高くない。しかし、システムコスト、エネルギーコスト中の負の製品コスト比率は非常に高い。これは、印刷調整工程、加工調整工程のシステムコストの多いこと（切り替え時間が長いこと）に起因している。

#### (7)ロスの考察と、改善検討のポイント

負の製品コストの改善に当たっては、マテリアルコストの低減の方策を徹底的に検討した。印刷工程、加工工程、巻替検査工程のマテリアルロスの低減だけでなく、印刷調整工程、加工調整工程（特に加工調整工程）についてのマテリアルロスについても徹底検討を行った。

また、システムコストについては、調整工程の時間短縮を中心に検討を行った。

表 3-2-3 マテリアルコストの改善検討

工程	負のMC	発生内訳	制約を打破するための改善案
印刷調整	廃ロール		
	バラ		
印刷	バラ		
加工調整	廃インキ		
	廃ロール		
	垂れ流し		
	耳ロス		
	クリアロール		
加工	廃樹脂		
	バラ		
検査巻替	スタートロス(バラ)		
	耳ロス		
	着色耳ロス		
	廃ロール		
	バラ		

表 3-2-4 システムコストの改善検討

工程	負のSC	作業内訳 (三色を前提)	制約を打破するための改善案	改善余地 (工数低減)
加工調整	E/B版替え			
	樹脂替え			
	ツヤ調整			
	厚み調整			
加工	稼動・刷了			
	整理			

**(8)MFCA 計算結果、データの活用上のポイント**

今回の MFCA 計算モデルでは、切り替え工程を物量センターとして独立させ、切り替え時の材料コストシステムコストを明確にしたことが大きな特徴である。

昨年度の検討モデルと同様に、切り替え工程を分離せず MFCA 計算を行った結果を以下に示す。

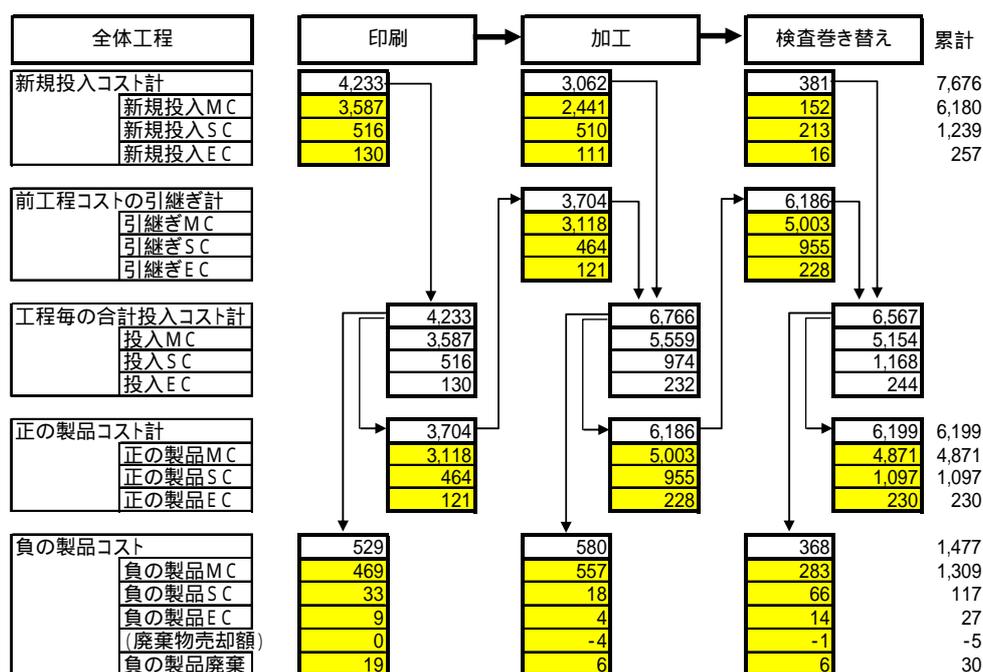


図 3-2-3 データ付きフローチャート

表 3-2-5 マテリアルフローコストマトリクス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	廃棄物売却 額	計
良品 (正の製品)	4,871	230	1,097			6,199
	63.5%	3.0%	14.3%			80.8%
マテリアルロス (負の製品)	1,309	27	117			1,452
	17.0%	0.3%	1.5%			18.9%
廃棄/リサイクル				30	-5	25
				0.4%	-0.1%	0.3%
小計	6,180	257	1,214	30	-5	7,676
	80.5%	3.3%	15.8%	0.4%	-0.1%	100.0%

当モデルの場合、マテリアルコストの構成比が高く、マテリアルロスが多く発生するため、従来の計算方法をとっても、負の製品コストは約 19%と高めの数値になっている。しかし、印刷調整工程、加工調整工程は「製品」を生み出さないため、この切り替えのロスを明確にするためには、切り替え工程を独立の物量センターにすることが、改善検討を行う上でも有効であった。

#### (9) MFCA 適用のメリットと適用上の課題

良かったこと

- ・従来の TPM に加えてマテリアルの側面を重視した手法を発見できて良かった
- ・コストとマテリアルロスの関係がより明確になった
- ・稼働率ロスとコストの関係も明確になった
- ・正のコスト、負のコストの概念により、改善への制約が取り払えた

- ・ 従来からのゼロエミッション活動の促進にも役立つ  
大変だったこと
- ・ 切り替え工程の材料ロス把握に手間取った。  
TPM との関係で明確になったこと
- ・ TPM で時間稼働率向上、良品率向上の両側面から改善活動を行ってきたが、TPM では時間稼働率に重点が行きがちだった。
- ・ MFCA は、材料フローの分析が主体であり、このラインは材料ロスの比率も高いので、TPM と併せて適用すると特に有効である。

#### **(10)今後の展開(計画)**

今回の MFCA 適用は、モデルラインの特定月に対する MFCA 計算で、多品種少量生産の中で、モデルラインで生産した全製品のデータを合算して計算を行った。今後は継続的な管理への適用を検討していきたい。工場の既存の情報システムと連携して、最終的にはアイテム別のコスト管理にも MFCA を活用できるようにしたい。

### 3-3.MFCA 導入事例 ハウス食品株式会社 関東工場 (装置主体の少品種大量生産型食品製造業への適用)

#### (1)会社概要、工場概要

ハウス食品株式会社は、大正2年創業、昭和22年設立の食品製造加工及び販売他を主たる業務としている企業である。同社はカレールウ、スパイス・シーズニングなどの香辛食品、シチュー、ハヤシ、グラタン、ラーメン等の加工食品、レトルト食品、飲料、デザート、スナックなどの製造・販売を主力事業としている。

関東工場は、栃木県佐野市にあり、昭和45年に竣工した工場である。香辛食品類、加工食品類、スナック類等の製造を行っており、従業員数544人(平成17年9月末)のハウス食品の主力工場である

#### (2)MFCA 導入製品及び工程

今回の MFCA 適用は、関東工場の ST ライン ( A 製品製造ライン ) を対象としている。このラインは既存製品である A 製品と、新製品である B 製品の顆粒製造共通ラインである。その製造工程の概要を下に示す。

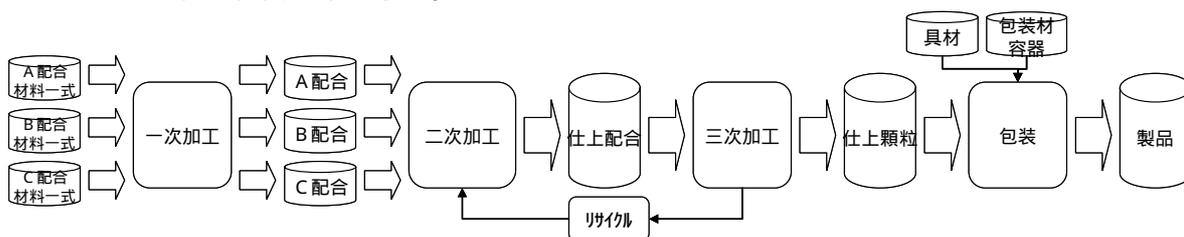


図 3-3-1 製造工程の概要

製造工程は、一次加工(各種原料を投入して A 配合、B 配合、C 配合を作成)と二次加工(B 配合に A 配合、C 配合を投入して加熱攪拌)、三次加工(加熱調理した仕上配合を顆粒状にする)、包装(具材と容器を投入し、仕上顆粒を包装し製品にする)の四つの工程に大別される。

三次加工工程で生ずる顆粒の整粒規格外品(顆粒が大きいもの、小さいもの)はリサイクルが行われ、二次加工工程に再投入されている。

新製品の B 製品製造に伴い、切り替え回数が増加している。

#### (3)MFCA 導入の狙い、意図

ハウス食品では、ISO14001 を 2000 年 3 月までに全工場で認証取得したのをはじめ、社会的に環境問題に積極的に取り組んでいる。また関東工場では廃棄物の削減とリサイクルをすすめ、2004 年 8 月から連続してゴミゼロを達成している。ST ライン ( A 製品製造ライン ) でも、整粒規格外品のリサイクルを行い、原料ロスを最小限にするとともに、一次

加工、二次加工では、空中に飛散する原料を回収して廃棄するなどの環境問題への取り組みを積極的に行っている。

MFCA については、製造工程の整粒不良などのロスをより徹底して管理、低減させるツールとしての期待とともに、それ以上に、製造部門の継続的な管理システム（環境面も加味した原価管理システム）としての活用可能性を検討するため、モデル事業に参加した。

#### **(4)MFCA 計算の基本的な考え方**

##### **MFCA の計算対象**

ST ラインでは、既存製品である A 製品と、新製品である B 製品が生産されているが、原料ベースで数種類、包装形態を加味するとさらに数倍の種類の製品が生産されている。

今回の MFCA 計算では、原料ベースでは、全体の約 7 割を占める A 製品のアイテム a を対象とし、包装については、アイテム a の各包装形態の数値を合算して計算した。

##### **物量センター分割の基本的な考え方**

物量センター（工程）の分割に当たっては、まず製造方法に沿って、一次加工、二次加工、三次加工、包装への分割を考えた。一次加工は、A 配合、B 配合、C 配合を作成するまでの各原料のロスを把握し、二次加工では、仕上げ配合のロス把握、三次加工では仕上げ顆粒を製造するときの整粒規格外品の把握を目的とした。また包装工程では、包材等のロスを測定することを目的とした。

##### **再生工程という物量センターを設定**

製品の性格上、主材料についてはリサイクルされるものが多く、負の製品の材料コストはそれほど多くないことが予測された。そして、リサイクルが行われる主材料についてはシステムコスト、エネルギーコストが多そうなのが予測された。リサイクルに伴うシステムコスト、エネルギーコストが、従来見ていなかった負の製品の材料コストであった。

そこで、今回の MFCA 導入に当たって、再生工程という物量センターを設定した。前述のように、現在、三次加工終了後の整粒規格外品を二次加工に再投入している。この際、再生用設備を使用していることもあり、再生にかかるシステムコスト、エネルギーコストを正確に把握するため再生工程を独立した物量センターとした。

再生工程のシステムコスト、エネルギーコストはすべて負のコストとし、再生工程で処理された材料は二次加工工程に再投入されることになる。

### **切り替えを物量センターとして設定**

このラインは、基本的には少品種大量生産ラインであるが、品種切り替えに非常に長時間が必要である。この品種切り替えは、直前に生産した製品の原料等を洗浄した後始末と次の製品の準備が含まれる。各工程の切り替え、後始末のマテリアルコスト、システムコスト、エネルギーコストを明確にするため、再生工程を含む各工程に対して、切り替えという物量センターを設けて、MFCA 計算を行った。

切り替え工程は、各工程の製品生産終了後、タンク、パイプ等に付着した微量の原材料、仕掛品を洗浄する工程である。各工程（正味稼働）から、タンク、パイプ内の微量のマテリアルを引き継ぎ、それを洗浄処理する工程で、正のコストは発生しない。

### **(5) データ収集期間、方法**

データの収集は、新製品の B 製品の生産が安定した後の特定月をモデルに行った。

マテリアルコストについては、モデル品種に関する各工程のインプット、アウトプットの実績を集計した。ただし、切り替え工程は、直前の生産工程で、タンク、パイプ等に付着した微量の原材料、仕掛品等を洗浄する工程で、あらたなマテリアルの投入はなく、直前の工程から微量の原材料、仕掛品等を引き継ぎ、それを洗浄することになる。ところが、現在、洗浄分のマテリアルの測定を行っていない。そこで、今回の MFCA 計算では、切り替え工程の直前の生産工程からの引き継ぎマテリアルは便宜上、ゼロとして計算した。

システムコストのうち労務費については、各工程の工数集計データから、切り替え工程を含んだ各物量センターへの投入工数を把握し、各工程の労務費を算定した。

電力料、用水費等のエネルギー費は、切り替えを含む各物量センターに、コストを配賦した。この配賦基準は MFCA 計算のために、あらたに設備部門が検討、設定した。

その他システムコストは、一旦、一次加工、二次加工、三次加工、再生、包装の 5 工程に配賦計算を行い、各工程のコストを、設備稼働率データを元に、正味稼働と切り替えに案分した。

### **(6) MFCA 計算、分析結果**

#### **マテリアル Input/Output 物量**

この事例では、工程別のマテリアルの Input 量、Output 量の整理を、次の表のように行った。

一次加工では、投入された各原料を配合して、A 配合、B 配合、C 配合を製造するが、A 配合では、残留廃棄物と集塵ロスというロスが生じ、B 配合では、配管残留廃棄と頭抜きロスが生じ、C 配合では、集塵その他ロスが生じる。

表 3-3-1 材料の物量整理表

工程名	In/Out	名称	備考	投入、生産 の物量	不良品の 生産物量	単価	投入、生産 物の金額	(数式、備考)
一次加工	投入資源	A配合一式		×××,×××				
	投入資源	B配合一式		×××,×××				
	投入資源	C配合一式		×××,×××				
		合計		×××,×××				
	正の製品	A配合一式		×××,×××				
	正の製品	B配合一式		×××,×××				
	正の製品	C配合一式		×××,×××				
		合計		×××,×××				
	負の製品	集塵口					2	
	負の製品	残留廃棄物					465	
		頭抜き口					4	
		配管残留廃棄					648.0	
		集塵・その他口					802.7	
二次加工	投入資源	A配合一式		×××,×××				
	投入資源	B配合一式		×××,×××				
	投入資源	C配合一式		×××,×××				
	投入資源	再生材料	工程4の再生品の投入	×××,×××				
	正の製品	仕上配合		×××,×××				
	負の製品	釜コゲ・クッキング口					14	
	負の製品	液体受口					233	
	負の製品	クーラーその他口					525	
三次加工	投入資源	仕上配合		×××,×××				
	正の製品	仕上顆粒		×××,×××				
	負の製品	抜き取り口					18	
	負の製品	抜き取り口					68	
	負の製品	集塵・その他口					34	
	負の製品	2F回収口					189	
	負の製品	第1フィルター口					21	
	負の製品	整粒その他口					294	
	負の製品	再生材料					2,853	
再生	投入資源	再生材料				2,853		
	正の製品	再生材料		2,853				
	負の製品							
包装	投入資源	仕上顆粒		×××,×××				
	投入資源	ハッキン		×××,×××				
	投入資源	カートン		×××,×××				
	投入資源	フィルム		×××,×××				
	正の製品	製品		×××,×××				
	負の製品	SIG計量機口					47.7	
	負の製品	SIG集塵口					718.9	
	負の製品	1KG原料口					405.1	
	負の製品	包装その他	原料口				555.5	
	負の製品	ハッキン口					56.8	
負の製品	カートン口					575.1		
	フィルム口					107.2		

二次加工では、一次加工から、A 配合、B 配合、C 配合を受入れ、クッカーで仕上げ配合を製造する。このとき負の製品として、クッカーその他ロス、液体受ロス、釜こげ・クッキングロスが生じる。

三次加工では、仕上配合を投入して、仕上顆粒を製造するが、各設備での抜き取りロス、集塵ロスが発生するとともに、整粒規格外品が生ずる。この整粒規格外品の大部分が再生工程に送られる。

再生工程では、三次加工で回収した整粒規格外品を二次加工工程に送る。

包装工程では、三次加工で製造した仕上げ顆粒と包材を投入して最終製品を生産する。この工程では、原料の集塵ロスと、包装不良による包材のロスが生じる。

### データ付きフローチャート

MFCA の計算結果を 1 枚のシートでまとめたものを、「図 3-3-2 データ付きフローチャート」に示す。

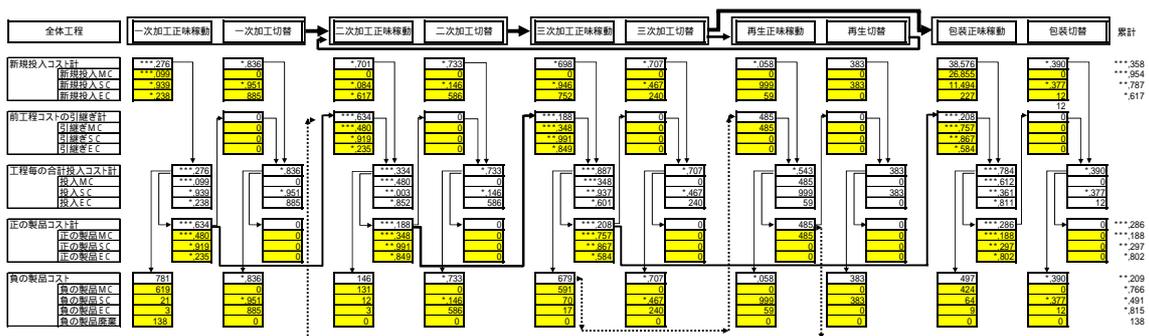


図 3-3-2 データ付きフローチャート

負の製品コストについてみると、材料コストは、三次加工正味稼働、包装正味稼働、二次加工正味稼働などで多く発生している。システムコスト、エネルギーコストなどは、三次加工切り替え、二次加工切り替え、包装切り替えなどで多く発生している。

### 材料フローコストマトリックス

表 3-3-2 に、フローコストマトリックスを示す。原価構成では、材料コストが約 80% を占め、システムコストが 18%、エネルギーコストが 3% となっている。材料コスト比率が高く、エネルギーコストの比率は低い。

材料ロス（負の製品）は、6.2%と非常に低い。その中でも、材料コストの負のコストが、全体の 0.9%と非常に少ないのが特徴である。材料ロスの中では、システムコストの比率が非常に高い。

表 3-3-2 マテリアルフローコストマトリクス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計
良品 (正の製品)	***,188 78.1%	*802 2.0%	**297 13.6%		***,286 93.7%
マテリアルロス (負の製品)	*766 0.9%	*815 0.9%	*491 4.4%		**071 6.2%
廃棄/リサイクル				138 0.1%	138 0.1%
小計	***,954 79.0%	*617 2.9%	**787 18.0%	138 0.1%	***,496 100.0%

また、廃棄物処理コストも、全体の 0.1%と非常に少ないのも特徴である。マテリアルコストのロスが少なく、システムコスト、エネルギーコストについては、各切り替え工程で発生するロスが多いのが、このモデルの特徴である。

#### (7)ロスの考察と、改善検討のポイント

マテリアルコストについては、タンク、パイプの中の残留物をより少なくして、マテリアルコストの負の製品を少なくするとともに、各切り替え工程での切り替え時間（洗浄時間）短縮につなげるという検討を中心に行った。切り替え時間そのものを短縮するのも重要であるが、タンク、パイプ等の残留物が少なければ、切り替え時間はおのずと短くなるからである。また、残留原料の廃棄を減少する方策、三次加工において、集塵回収方法を改善して、廃棄からリサイクルに転じる方法なども検討された。

また、システムコスト、エネルギーコストについては、切り替え工程の切り替え時間を短縮する方向で検討を進めた。今回のモデルラインの場合、増産が期待されているので、切り替え時間が短縮できれば、生産量が増えるので経営業績に直結する。

切り替え時間の短縮については、洗浄、乾燥時間そのもの短縮と配管の分解、組み立て時間の短縮が検討された。

表 3-3-3 マテリアルコストの改善検討

工程	負のMC	発生内訳	制約を打破するための改善案
一次加工 切替	K配合 残留廃棄物	配管の内面付着(品種切替時洗浄)	プッシュ君の径を最大限界にする。(材質・形状他を業者と検討)
			プッシュ君の交換頻度を上げて、磨耗の少ないものを使用する。
一次加工 切替 一次加工	N配合 配管残留廃棄	ミキサー(日々洗浄 + 品種切替時洗浄)	満中量をストックしていれば、原料の熱変質を防止する。(最終生産終了後は、蓋の開閉をしない。)
		ストッカー(品種切替時洗浄)	ミキサーと同様に、エアブローによる原料を回収する。
		配管(品種切替時洗浄)	プッシュ君の径を最大限界にする。(材質・形状他を業者と検討)
			交換頻度を上げて、磨耗の少ないものを使用する。
			最短ルートにし、配管を短くする。
	フレキシブルホース部分の変更。(業者確認)		
	F配合 集塵・その他ロス	集塵	計量室を密閉式にして周囲への飛散してもよい様にする。
			篩通し室を密閉式にして周囲への飛散してもよい様にする。
			ダンパーの風量調整を行う。
		その他ロス(床こぼれロス)	原料による品種切替を無くし個別にする。
固まりにくい原料特性の物に替える 原料が固まらない装置に替える。			
三次加工	スクラバ-集塵回収ロス	集塵	異物混入や菌の発生が考慮された配管・サイクロンタンクで回収できれば再生できる。
	2F 整粒回収ロス	第2シフターへのベルトコンベアーに付着した原料をスクラバ-でかき落とした物。	原料の静電気は無くせないが、スクラバ-の原料をホッパーへ入れることによるロス削減は現在実施中。
	6Fバグフィルターロス	集塵	異物混入や菌の発生が考慮された配管・サイクロンタンクで回収できれば再生できる。

表 3-3-4 システムコストの改善検討

工程	負のSC	作業内訳	制約を打破するための改善案
三次加工 切替	整粒機 切替作 業	充填ホッパー洗浄準備(コンテナ排出とコンテナ洗浄設定)	CPUのソフト変更(待ち時間5分 3分)実施済み。 CPU更新(中期課題) 待ち時間中に、洗浄排水用プースの取り付けを行う。
		充填ホッパー自動洗浄(時間割合:温水洗浄30、エアブロー瞬、乾燥70)	所定の菌数に達する迄の最短洗浄時間及び、最短乾燥時間の再設定をする。 乾燥時間を短縮するために、エアブロー方法の変更(既存ブローの圧向上、人によるブローなど)
		充填ホッパーシュートの手洗浄	弁形状の変更して、下部分迄自動洗浄できる様にする。
		6Fリサイクルホッパーのリサイクル品抜き取り:計量運搬	最終6バッチ分は、リサイクルホッパーへ戻さずに回収する。(切替時間は短縮、生産中の時間は増大) リサイクル品(製品)の規格を変更する。 リサイクル品の削減(造粒工程での押し出しの調整、冷風ダンパーの調整)
		リサイクルホッパー自動乾燥	所定の菌数に達する迄の最短乾燥時間の再設定をする。 人手によるエアブローにより、時間短縮
		リサイクルホッパーの配管・ロッカー殺菌組み込み	適正なネジ山数を検討し、ネジ山数を削減する。(組み込み時間の削減) 滅菌乾燥又は、滅菌液を使用する。
		縦配管自動洗浄	洗浄のプログラムの変更、乾燥能力の向上により、縦配管、横配管の同時洗浄化。 乾燥時間を再設定化する。
		製品タンク洗浄準備	充填ホッパー洗浄準備の待ち時間を活用する。
		第1シフター分解	ボルト以外の固定方法で機械を固定出来る様にする。 ボルトの数を減らす為に、設備改造をする。 分解パーツを削減する。
		第1シフターのクリーニング (クリーナー掛け、ウエス拭き)	予備パーツを持ち、クリーニングの外段取り化。(パーツを有効活用する。)
		第1リサイクル・横配管・充填繋ぎ組み込み	ボルト以外の固定方法で機械を固定出来る様にする。 ボルトの数を減らす為に、設備改造をする。 分解パーツを削減する。

(8)MFCA 計算結果、データの活用上のポイント

今回の MFCA 計算モデルでは、再生工程を独立させ、リサイクルに隠れたシステムコスト、エネルギーコストを明確にしたことと、切り替え工程を物量センターとして独立させたことが大きな特徴である。

昨年度の検討モデルと同様に、切り替え工程を分離させず MFCA 計算を行った結果を以下に示す。

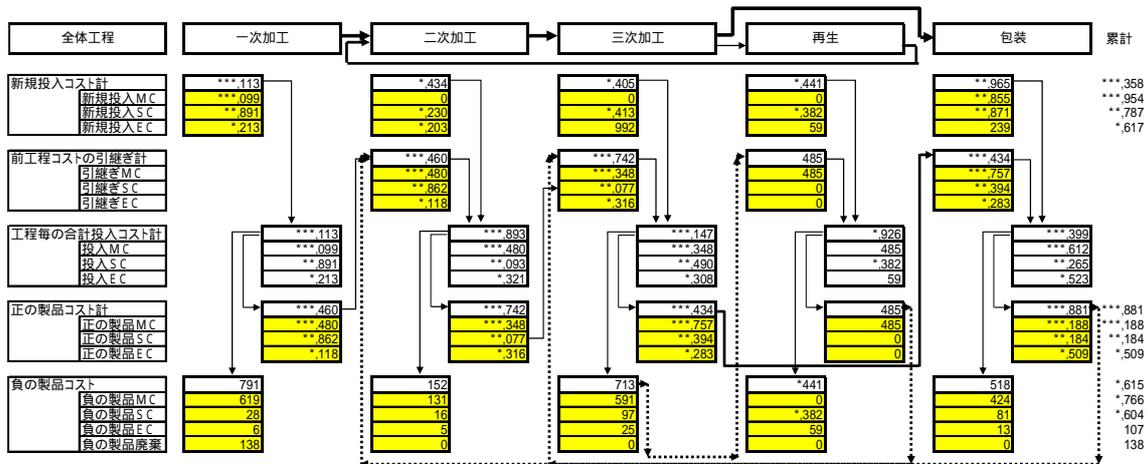


図 3-3-3 データ付きフローチャート

表 3-3-5 マテリアルフローコストマトリクス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計
良品 (正の製品)	***,188 78.1%	*,509 2.8%	** ,184 17.1%		***,881 98.1%
マテリアルロス (負の製品)	*,766 0.9%	107 0.1%	*,604 0.8%		*,477 1.8%
廃棄/リサイクル				138 0.1%	138 0.1%
小計	***,954 79.0%	*,617 2.9%	** ,787 18.0%	138 0.1%	***,496 100.0%

マテリアルコストのロスが少ないため、切り替え工程を分離独立させないと、負の製品コストの合計が、全体の 1.8%と非常に少なくなる。今回の計算方法により、システムコスト、エネルギーコストのロスがより明確になる。

(9)MFCA 適用のメリットと適用上の課題

今回のモデル事業を経験して、工場の各担当者からは次のような声が上げられた。

- 良かった点
  - ・ マテリアルについては従来検討してきたのでロスが少ないことが再確認できた。
  - ・ 環境面に配慮してきたことが証明できた
  - ・ 工程別にロスを把握する手法なので、マテリアルロスの分析に使いやすい。
  - ・ A 製品以外のマテリアルロスの多いラインには、特に有用であろう。
  - ・ リサイクルをしても、ロスがあることが再認識できた。
  - ・ A 製品については切り替え時間のロスの大きさが金額で示されたのでよく分かった。

- ・歩留まり、切り替え、再生などのロスが金額で算定されるので分かりやすい。
  - ・正のコスト、負のコストの算定が分かりやすい。
  - ・あるべきコストに近づけるのに有効な手法である。
- 大変だった点
- ・主力製品をモデルにしたため、1回のロットでの生産期間が数日にわたり、かつ切り替え時間も長いため、月次集計の稼働率データが使えず、データの収集に手間取った。
  - ・成果を上げるためには、切り替え時間の分析が必要であり、MFCA 以外の分析が必要になった。

#### (10)今後の展開(計画)

工場トップから、MFCA が「工場の日常的な原価管理に MFCA を使えないか」というニーズがあったが、MFCA により、各種のロスが金額値で把握でき、かつ歩留率、稼働率等の既存の物量値指標とも連動できたので、今回のモデルラインにおいては、当面はモデル品種の MFCA 計算を毎月継続して算定すれば、日常の原価管理に使えるのではという見通しがついた。今後は、継続的な適用の方法について検討をしていく。

ただ、改善活動と結びつけるためには、切り替え時間、切り替えへの投入工数の管理が重要となるため、MFCA とどのように組み合わせていくかが、一つの課題である。

また、A 製品ライン以外については、マテリアルロスが A 製品ラインより多いので、MFCA を適用すると、より有効であろうとの見込みがある。今後は他ラインでの適用を検討していく。

また、新製品の立ち上げ、新ラインの立ち上げ時にはより有効であろうとも考えられるので、さらに検討を進めたい。

従来は、財務会計に結びつく原価計算と、製品別の直接原価計算しか行われていなかったが、製造部門のコストコントロールに有効な管理会計としての MFCA の活用を考えていく必要がある。

### 3 - 4 . M F C A 導 入 事 例 富 士 製 粉 株 式 会 社

(混合・充填工程を中心とした多品種少量生産型食品製造業への適用)

#### (1) 会社概要、工場概要

富士製粉株式会社は、静岡県静岡市清水区に本社を置く売上げ 120 億円程度の製粉会社である。主たる業務として小麦粉及び食品二次加工品の製造販売、水産飼料販売活動を行っている。製造工場は、主に小麦粉を製造する製粉工場と各種小麦粉ミックス製品を製造する食品工場に分かれている。今回対象とするのは、3 年前に建てられた食品工場で、1 直 ( 8 h ) で稼動している。

#### (2) M F C A 導 入 製 品 及 び 工 程

富士製粉では、数百種類の製品を製造しており、多品種少量型の生産を行っている。今回対象としたのは、食品工場の数ラインの中のある 1 ライン ( 仮に A ラインと呼ぶことにする ) である。A ラインは多品種少量生産の中でも比較的大量生産ラインであり、主に業務用の 5 k g 袋から 2 5 k g 袋の製品を製造している。その製造工程の概要を、図 3-4-1 に示す。

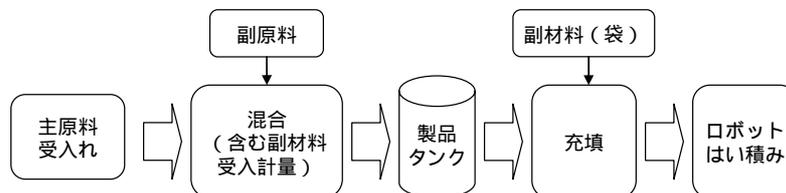


図 3-4-1 製造工程の概要

まず、主たる材料である小麦粉を製粉工場から受入れる。受入れられた小麦粉は、6 F に運ばれ、計量を経て混合工程に進む。混合工程では、多種多様な副原料 ( コーンスターチ、砂糖など ) などが投入され、混合される。そして製品タンクを経て充填工程で袋詰めされる。袋に入った製品は、ウエイトチェッカーで計量され、規定の重量内の製品はロボットによってパレットにはい積みされる。

製品は、多品種少量のため、A ラインだけでも、月間 5 0 回の品種切替が発生している。近年では、消費者がアレルギーに関して敏感になっているので、品種切替時の洗浄の高度化が求められている。

今回、対象とした製品は、生産時間に対する切替時間の比率が小さい代表製品 ( 以下製品 A と呼ぶ ) 及び比率が大きい代表製品 ( 以下、製品 B と呼ぶ ) について計算を行った。更に、今後の改善を考えると A ライン全体 ( 全製品 ) での計算が求められるので、多少手

間はかけても全製品を統合した計算も行うことにした。

### (3)MFCA 導入の狙い、意図

製粉業界は、大手4社の他は100社程の製粉会社が国内市場で新製品開発、コスト削減、シェア獲得に凌ぎを削っている。富士製粉においても、更なる歩留まり向上や稼働率向上に取り組んでいる。

こうした中、富士製粉でのMFCAのモデル導入には次のような狙いがあった。

- ・ 生産工程で材料に起因する全てのロスを経済評価する。
- ・ 更なる歩留まり向上の改善ネタを見出す
- ・ 材料ロス以外にも稼働率にまつわるロス（切替のロスを含む）も定量化する。
- ・ ロスのミニマム化でどこまでコストが削減できるか見極める。

### (4)MFCA 計算の基本的な考え方

#### 切替工程の設置

品種切替が多くそれに起因するロスが多くあるので、その対応も考えたいとのニーズがある。従って切替工程に係るロスを明確化するために、品種切替を1つの物量センターと見立てて計算をすることとした。

この場合、設備（ミキサー及び製品タンク）に付着している小麦粉ミックス製品と付着している小麦粉ミックス製品を洗浄するために小麦粉（水での洗浄はできない）が投入される。これらは全て廃棄物となるため負の製品となり、この負の製品を生み出すためにかけられたシステムコスト、エネルギーコストは、全てロスになるように計算している。

#### 余量ロス

小麦粉ミックス製品は、水分量によって重量が変化する。袋詰めした時は、多めに入っても時間が経つと水分量が減少し、重量が軽減される。従って、製品重量基準は、水分量の変化を加味して設定されている。製品重量は、多めに入っている場合には市場で問題になる事はないが、万一少ないとクレームの対象になる可能性がある。また、袋詰め時の設定を下限ぎりぎりになると、重量検査（ウエートチェッカー）ではじかれ、それに伴う作業が発生するため、作業者は余裕を持たせて多めに入れる傾向にある。余量の調整は、作業者が感とコツで、充填機の充填量を常に修正しながら行っている。コストダウンを進める中で、富士製粉では、この余量にもメスを入れる必要性を痛感していた。こうした経緯から、余量については、MFCAでは本来はロスにはならないが、会社にとってのロスを浮き彫りにするために、今回は取返して余量をロスとして計算する事とした。

## 物量センター及びインプット/アウトプットの検討

MFCA において、物量センターをどのように設定するかは重要である。これにより、作業の手間と後の改善活動のしやすさが異なってくる。MFCA はロスを明確化する手法であるので、隠れたロスが浮かび上がるように設定することをまず考える必要がある。一方、MFCA では、物量センター毎にデータを収集することが求められるので、細かく分けるほど一般的にデータの集計・按分・計算が複雑になる。従って、実務的な有効性と効率性を考えた場合、ロスがでないわかっている工程は、物量センターとして独立させる必要はなく、また詳細に調査をしてロスを明確化すべき工程や今後の改善活動につなげられると考えられる工程は、細かく物量センターを設定する事が望まれる。

今回はまず、マテリアルロスの発生を議論し、明確にしていった。以下が主なマテリアルロスである。

- ・ 製品切替時の混合機、製品タンクの残渣
- ・ 製品切替時の残渣除去のための洗浄粉としての小麦粉
- ・ 充填工程での製品のこぼれ
- ・ 検査用サンプル
- ・ 製品の余量

この検討結果及び上記 を踏まえて物量センターを設定し、各物量センターのインプット/アウトプットの概要を示したのが、「図 3-4-2 マテリアルフローモデル概要」である。

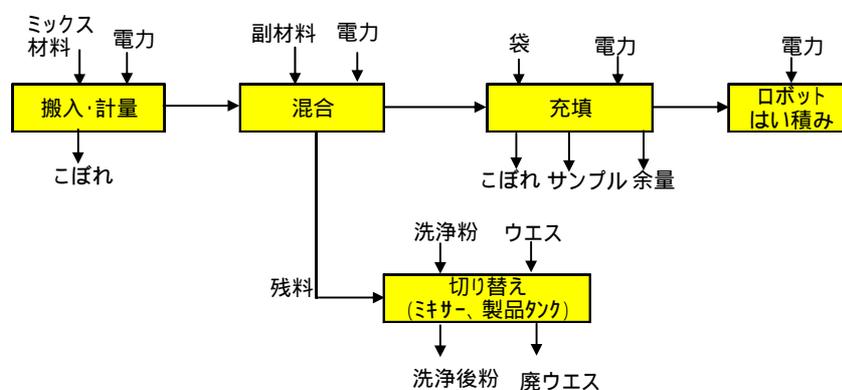


図 3-4-2 マテリアルフローモデル概要

## モデル製品

(2) で述べたとおり、品種切替の悪さを定量的に明確化したいとのニーズから、当初は切替時間比率により、製品 A と製品 B をモデルとして選定した。更に、今後の改善を考え A ライン全体 (全製品) での計算も行う事にした。

## (5) データ収集期間、方法

現状データの収集は、ある 1 ヶ月 (基準月) の原料の投入量や製品の出来高数量、原料・

製品のこぼれ量、生産時間、品種切替に要した時間などを調査した。

直接労務費は、食品工場全体の経理データを元に、作業員（複数人）の A ラインにかかる工数割合を見積もり、更に A ラインの各工程に按分している。これにより A ラインでの全製品についての各工程の直接労務費が明確になった。A ラインの製品への按分は、それを設備稼働時間の比率で按分している。

その他のシステムコスト（設備償却費、補助部門費、補助材料費など）は、食品工場全体の経理データを元に、設備稼働時間により、ラインに割り振り、更に設備稼働時間により、各工程に按分した。

電力費は、システムコスト同様食品工場全体の経理データを元に、設備稼働時間により、ラインに割り振り、更に各工程の設備稼働時間により、各工程に按分するという簡易法を採用した。電力費のウエイトは全体の 1%にも満たないと予想されたため、手間をかけて正確性をあげる必要はないと判断した。

## (6) MFCA 計算、分析結果

### マテリアル Input/Output 物量

富士製粉では、MFCA の計算を行ううえで、まず各工程で投入されるマテリアル (Input) の種類、物量、金額及びロスとして排出されるマテリアル (Output) の種類、物量、金額を明確にする作業を行った。マテリアルの種類は、既に「図 -2 マテリアルフローモデル概要」で明確にしているため、基本的にはその確認と物量及び金額を明確化する作業が中心となる。日常的にこれらのデータが取られていないものが多くあったので、かなりの作業量になった。

作業は、「表 -1 マテリアルコストデータ入力シート」で明確化した。本シートは、MFCA 計算の入力シートでもある。つまりマテリアルに関する情報は全てこのシートに入力することで、ここからリンクが貼られた MFCA 計算シートで自動的に計算が行われる。

なお、ここでは機密上は負の製品重量値のみ明記しておく。

表 3-4-1 マテリアルコストデータ入力シート

対象製品名: \*\*\*\*\*

データの測定時期: 2005年 月度

工程名	分類	MC区分	名称	投入、生産の物 量、廃棄物量 (kg)	単価 (千円/kg)	計算式(算出根拠)	備考
原料投入	投入資源	主材料1	小麦粉				
	投入資源	副材料1	副原料				
	正の製品	生成物1	ミックスパウダー				
	負の製品	生成物5	袋残留量(小麦粉)	115.6			
混合	投入資源	主材料1	ミックスパウダー				
	投入資源	副材料1	副原料				
	正の製品	生成物1	小麦粉ミックス				
切り替え	投入資源	主材料1	残渣				
	投入資源	補助材料1	洗浄粉				
	投入資源	補助材料2	ウエス				
	負の製品	生成物4	廃残渣	270.0			
	負の製品	生成物5	廃洗浄粉	1,600.0			
	負の製品	生成物6	廃ウエス	1.7			
充填	投入資源	主材料1	小麦粉ミックス				
	投入資源	補助材料1	紙袋				
	正の製品	生成物1	小麦粉ミックス製品				
	正の製品	生成物1	紙袋				
	負の製品	生成物4	過充填	5,631.4			
	負の製品	生成物5	こぼれ	80.4			
	負の製品	生成物6	サンプル	160.5			
	負の製品	生成物7	集塵機	68.1			
	負の製品	生成物8	紙袋	14.4			
ロボット はい積	投入資源	主材料1	小麦粉ミックス製品				
	正の製品	生成物1	小麦粉ミックス製品				

### データ付きフローチャート

MFCA の計算結果を 1 枚のシートでまとめたものを、「図 3-4-3 データ付きフローチャート」に示す。製品 A、製品 B 及び A ライン全体について作成しているが、紙面の都合で A ライン全体のみ示す。なお数値は、すべて仮の値である。

負の製品コストは、月間 1,835 千円であり、そのうち切替工程( 838 千円)、充填工程( 977 千円)が大半を占める。また、負の製品コストの内訳を見ると、SC が 972 千円と最も多い。つまりマテリアルロスそのものよりも、マテリアルロスの発生に携わる人件費や設備償却費が大きい事がわかる。

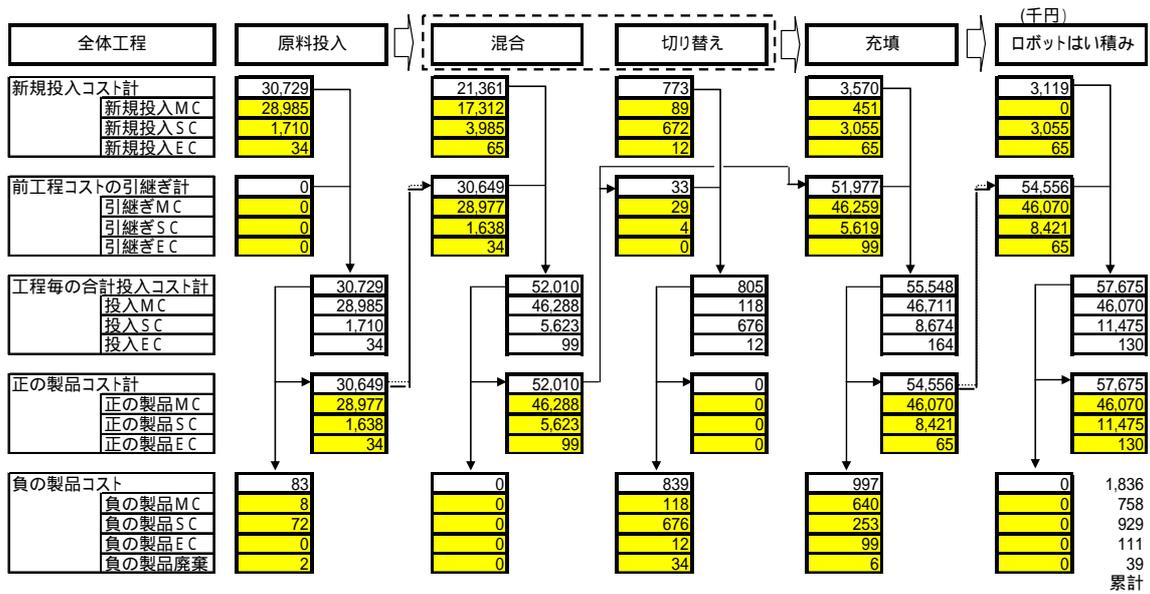


図 3-4-3 データ付きフローチャート

### マテリアルフローコストマトリックス

表 3-4-2 ~ 3-2-4 に、A ライン全体 / 製品 A / 製品 B の 3 種類のフローコストマトリックスを示す。なお先にも述べたが、数値はすべて仮の値に基づいたものである。

#### < A ライン全体 >

- A ライン全体での月間コストは 59,594 千円である。
- 全体を通して正の製品の割合は約 97%、負の製品の割合は 3%である。
- 廃棄処理費用含めた負の製品コストは月間 41,304 千円になる。
- トータルコストを費目別に見ると、マテリアルコストが 79%、システムコストが 21%である。

表 3-4-2 マテリアルフローコストマトリックス

マテリアルフローコストマトリックス					(千円)
	マテリアルコスト	エネルギーコスト	システムコスト	廃棄物処理コスト	計
良品 (正の製品)	46,070,497	129,639	11,475,081		57,675,217
	77.3%	0.2%	19.3%		96.8%
マテリアロス (負の製品)	766,092	110,769	1,000,747		1,877,608
	1.3%	0.2%	1.7%		3.2%
廃棄/リサイクル				41,304	41,304
				0.1%	0.1%
小計	46,836,589	240,408	12,475,828	41,304	59,594,129
	78.6%	0.4%	20.9%		100.0%

#### < 製品 A >

- 製品 A の月間コストは 10,339 千円である。
- 全体を通して正の製品の割合は約 98%、負の製品の割合は 2%である。

- 大量生産品であり、生産量の割に切替にかかる時間が少ないので、Aライン全体に比べ負の製品割合が低い。
- 廃棄処理費用含めた負の製品コストは月間 213 千円になる。

表 3-4-3 マテリアルフローコストマトリクス

マテリアルフローコストマトリクス					(千円)
	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計
良品 (正の製品)	8,291,640 80.1%	21,948 0.2%	1,822,276 17.6%		10,135,864 97.9%
マテリアルロス (負の製品)	118,068 1.1%	14,086 0.1%	77,093 0.7%		209,247 2.0%
廃棄/リサイクル				3,554 0.0%	3,554 0.0%
小計	8,409,708 81.3%	36,035 0.3%	1,899,369 18.4%	3,554	10,348,666 100.0%

<製品 B>

- 製品 B の月間コストは 128 千円である。
- 全体を通して正の製品の割合は約 80%、負の製品の割合は 20%である。
- 少量製品であり、生産量の割りに切替に時間がかかるので、Aライン全体に比べ負の製品割合はかなり高い。
- 廃棄処理費用含めた負の製品コストは月間 26 千円になる。
- トータルコストを費目別に見ると、マテリアルコストが 73%、システムコストが 26%であり、Aライン全体と比べシステムコストのウエイトが高い。これは切り替え比率が高い事に起因する。

表 3-4-4 マテリアルフローコストマトリクス

マテリアルフローコストマトリクス					(千円)
	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計
良品 (正の製品)	86,167 67.2%	0,270 0.2%	16,064 12.5%		102,501 79.9%
マテリアルロス (負の製品)	7,208 5.6%	0,369 0.3%	16,810 13.1%		24,387 19.0%
廃棄/リサイクル				1,431 1.1%	1,431 1.1%
小計	93,375 72.8%	0,639 0.5%	32,874 25.6%	1,431	128,318 100.0%

(7)ロスの考察と、改善検討のポイント

全体のロスの考察は次の通りである。

- Aライン全体では、負の製品コストは 3%程度である。
- しかし、金額的には月間 1,918 千円のロスを生じていることになる。
- 切り替えについては、当然のことながら生産時間に対する切り替え時間の比率が多いほどロス比率が大きい。
- 従って可能な限り品種切替時間（1回あたりの時間 \* 回数）の削減が必要である。

- また、更にマテリアルロスに直接起因しない時間的なロスについても検討の必要性が明らかになった。(生産時間のばらつき、切替時間のばらつきなど)

工程ごとのロスとその対策を詳細に展開し、課題検討一覧表にまとめたが、ここでは紙面の制約上、改善検討の方向性とシミュレーション結果のみを記すこととする。

## <改善の方向性>

### こぼれ対策

ロス MC を直接的に改善するものである。主に充填工程での充填機から充填後の製品を落下させるときにこぼれが生じているので、充填機からの落下のさせ方の変更及び充填機メーカーと共同で新たな充填方式を検討する。

### 余量削減

今回、前述のように余量は負の製品として捉えているので、余量削減はロス MC 改善になる。今回は統計的手法を活用して余量の削減余地把握に取り組んだ。調査の結果、現状では一袋当たり製品の入れ目量よりも平均 230 g 多く入っていることがわかった。工場全体では、年間 300 トン以上の余量(ロス)が発生していることになる。さらに詳細に調査をすると、充填後の充填量の  $\sigma=40$  g (こぼれのばらつきを含む)、充填機の計量器ばらつきが平均 $-2.8$ 、 $\sigma=4.54$ 、更にウエイトチェッカーは、平均 $=8.2$ 、 $\sigma=5.03$  であることがわかった。

検討の結果、老朽化し精度が大きくばらつくウエイトチェッカーの更新を行い、さらに充填時間を数秒長くし充填量の制度を上げ、こぼれ量を削減するなどを講じ、各システムのばらつきを減少させ、入れ目量の平均を移動させることで、ウエイトチェッカーではじかれる(NGとなる)頻度は現状のままに、一袋当たり 80g の余量削減余地が見込まれることがわかった。

### 標準時間による管理

今回の調査で副次的に明らかになった大きなロスは、同一製品の製造においても生産時間がばらついていることである。更に切替時間のばらつきも非常に大きいことが明らかになった。これは、マテリアルのロスに起因するロスではないので、MFCA で取り扱うテーマではない。しかし、企業としてはなんらか手をつけなくてはならない大きな課題であることは間違いないので、その分析を行った。ここでは、結論だけを述べるに留めるが、生産時間の標準時間、品種切替のパターン化とパターンごとの標準時間を設定し、現状と比較すると、32%ほどのロス(設備総合効率68%)があることが明確になった。これは、他の制約を無視して、標準時間で生産が行われると、月のうち約 6.5 日は生産しなくても現状の物量は確保できることが明らかになった。

上記の検討結果を MFCA 計算シートで効果のシミュレーションを行った結果を「表 3-4-5 改善効果シミュレーション一覧」に示す。

表 3-4-5 改善効果シミュレーション一覧

改善大項目	コスト削減効果	備考
こぼれ対策	44 千円 / 月	こぼれ量半減
余量削減	412 千円 / 月	余量 80g 削減
標準時間による管理	2,235 千円 / 月	(参考) 6.5 日分設備稼働させず、その間の直接労務費、エネルギー費をゼロとした場合
上記全改善トータル	2,291 千円 / 月	

#### (8) MFCA 計算結果、データの活用上のポイント

MFCA は、マテリアルロスに起因するシステムコスト、エネルギーコストのロスを明確にすることが特徴である。富士製粉でも今回 MFCA を導入し、初めてこの部分のロスが明らかになった。但し、結果的にマテリアルロスにまつわるロストータルは、それほど大きな数字では無かった。

今回 MFCA の導入で 1 ヶ月の生産データを見えるようにしたことで、時間値のばらつきが大きい事が定量的に明確になり、標準時間的な管理が必要な事もわかった。MFCA の範疇を超えるが、こうしたことも含めた工場全体のロスが明確になる効果も大きかった。

また、今回は、MFCA 計算シートに関して、マテリアルコストデータシートとシステムコストデータシートを入力シートとして入力しやすいように改良したので、入力シートの変更に限り、上記(7)で述べたようなシミュレーションも瞬時に行えるようになった。

#### (9) MFCA 適用のメリットと適用上の課題

今回、MFCA を適用して、いろいろなメリットがあった。品種切り替えが多くロスを生んでいる事は感じていたが、従来は定量的な評価ができずにいた。今回 MFCA を導入して金額評価できたことが大きい。データ収集に苦労した事は、裏を返せば、現場でのデータ収集・管理の必要性を再認識することにもつながった。また、データを詳細に測定してみて、同じ品種の生産でありながら生産時間のばらつきが大きい事、また品種切り替え作業の管理の必要性も明確になった。

今後は、現場のデータ収集の管理レベルを向上させ、新たに意識してデータを収集するのではなく、常に MFCA でロスの管理ができるようにしてゆくことが望まれる。また、環境面での評価は今回しておらず、今後の展開が課題である。その他、推進上の課題は、(7)

で述べたとおりである。

また、富士製粉内で実施した MFCA 報告会で発表された活動メンバーの生の声を以下に記す。

■ よかった事

- ・現在のコスト計算では、出てこない負のコストが明確に計算出来る。
- ・少量生産での負のコストは人件費が大半を占めることが理解できた。
- ・標準時間管理の勉強が出来た。
- ・標準管理（時間）の重要性を再認識した。
- ・余量の対策を早急に行う必要性を認識した。
- ・統計資料を基にデータから機械装置の更新時期が明確になった。

■ 大変だった点

- ・データの収集には、思ったより時間 / 労力が必要であり、現場の日報の書き方 / データの精度の必要性を感じた。
- ・早速、不明確な日報の改善等を行った。

■ 今後の展開

- ・Aラインでの試算を行ってきたが、今後他の全てのラインでの展開を図ってゆきたい。
- ・切り替え時間等のデータの収集を行い切り替え時間マニュアルの作成し、現場に展開したい。

**(10)今後の展開(計画)**

今回は、食品工場でのひとつの生産ラインだけで MFCA を適用したが、食品工場の他のラインにも適用を拡大しつつ、工場の日常（月次）の管理として MFCA を活用するようにしたい。

また、コスト削減につなげられるように、こぼれ体策、余量の削減、標準時間管理を具体的に進めてゆくことを検討している。

### 3 - 5 . 新日本理化株式会社

(化学製品の素材製造、連続大量生産品の製造における MFCA)

#### (1) 会社概要、工場概要

新日本理化株式会社は、大正 8 年に創業し、水素添加技術、各種誘導体開発、高圧反応、有機合成、酸化反応などの技術領域を開拓し、油脂化学と石油化学という二つの分野を融合して独自のスタンスを築きあげた。資本金 56.6 億円（平成 15 年 3 月末）、従業員 361 名（平成 16 年 3 月末）となっている。

現在は、オレオ製品（脂肪酸、グリセリン、高級アルコール、不飽和アルコール、特殊アルコール、界面活性剤）、化成品（フタル酸エステル、脂肪族二塩基酸エステル、エポキシ系可塑剤、ベンゼン誘導体）、機能製品（酸無水物、樹脂添加剤、電子材料製品）の製造および販売を行っている。



今回のモデル事業に参加した徳島工場は徳島市にあり、高級アルコール、アニリン、シクロヘキシルアミン、水素化ビスフェノール A 等の水素関連製品のほか、樹脂透明化核剤も生産している。

#### (2) MFCA 導入製品及び工程

今回の MFCA を導入、適用対象は、高級アルコール製品の製造プラントである。徳島工場では、およそ 30 年の歴史のある製品であり、技術的には成熟した製品といえる。

今回、MFCA の導入、適用を図った高級アルコールの製造プラントでは、数品種の高級アルコールを製造している。

その製造工程の概要を、図 3-5-1 で示す。

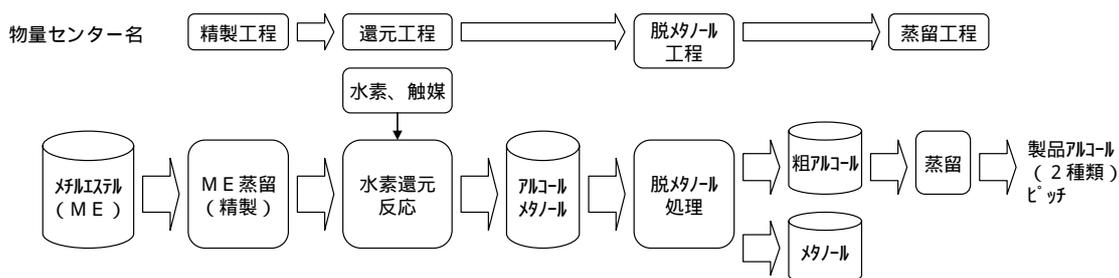


図 3-5-1 製造工程の概要

この製品の製造では、最初の精製工程で原料のメチルエステル( 図中の ME:  $\text{RCOOCH}_3$  )を蒸留して精製する。その際、不純物としてピッチが発生する。この工程で発生するピッチは燃料として利用できる。次の還元工程では、精製したメチルエステルに水素を加え、水素還元反応をさせて、主製品のアルコール (  $\text{RCH}_2\text{OH}$  ) と副製品のメタノール (  $\text{CH}_3\text{OH}$  ) を生成させる。脱メタノール工程では、アルコールとメタノールの混ざった液からメタノールを取り出す。取り出したメタノールは、この工場内の別のプラントで原料として利用している。

残ったアルコールには、製品として使用する高級アルコールが存在している。最後の蒸留工程で、種類別に蒸留により分離して、最終製品を製造する。この最後の蒸留工程でも、不純物としてピッチが発生する。

水素還元反応では触媒を用いる。触媒は、原料のメチルエステル中の微量の不純物により被毒され、性能が劣化する。そのため、触媒の使用量増となる。使用済みの触媒は有価で売却できる。しかし、触媒の性能が劣化すると生産性が低下するため、より長期間の触媒の性能維持が課題となっている。

触媒の性能劣化を防ぐには、最初の精製工程での原料のメチルエステルの精製度を高める必要がある。しかし精製度を高めると、メチルエステルの収率が低下するというトレードオフの関係にあり、メチルエステルの収率向上と触媒の性能劣化防止は、この製品の製造の課題のひとつになっている。

水素還元反応で生成される副製品のメタノールは、脱メタノール工程で回収しているが、回収しきれない部分があり、メタノール回収の収率を高めることも課題である。

なおこの製造プラントは 24 時間連続の稼働となっている。

### (3) MFCA 導入の狙い、意図

新日本理化学株式会社では、その環境管理システムにおいて、『環境管理システムは次の項目に配慮し、運用する』として、次の 5 項目をあげている。

- 1) 法遵守とリスク管理意識の高揚
- 2) 環境配慮活動 ( 省エネ・省資源・廃棄物削減 ) を通じたコスト低減
- 3) 継続的な環境汚染改善意識の高揚
- 4) お客様のグリーン調達要請への対応

#### 5) 企業としての社会的責務の公約

MFCA は、上記の 2 番目の取り組みを推進するのに、非常に有効と思われた。

また、この製品と製造プラントは長い歴史を持っており、製造設備は、適宜メンテナンスや改良を行い、新しい技術にも対応してきた。しかし、(2) で述べたような収率や触媒に関する課題は、資源のロスにつながる事もあり、改善が求められていた。

また、海外のメーカーとも競争をしている製品でもあり、今後も競争力を維持させるためには、継続的な製造技術、設備の改良が必要である。

こうした背景の中で、今後の資源生産性向上と競争力強化(コストダウン)を図るために、製造技術、設備、およびその運用面での課題を定量化し、今後の技術開発や設備投資の方向性を明確にすることを狙い、MFCA の導入に踏み切った。

#### (4) MFCA 計算の基本的な考え方

MFCA 導入共同研究モデル事業において、この事例は、化学工業における MFCA 導入、適用の初めてのケースである。

化学反応が行なわれる工程では、投入した物質が、投入後には全く異なる(化学式の)物質に変わる。従って、化学反応における材料物質の投入物量と、生成物質の物量、および、その反応に関して、投入した材料物質の正の製品の物量、負の製品の物量の関係を明確にすることが、化学工業における MFCA 導入、適用の大きな課題であった。

この事例では、次の 4 つの工程を物量センターと定義した。

- 1) 精製工程：原料のメチルエステルを蒸留、精製し、不純物を除去する工程
- 2) 還元工程：メチルエステルの水素還元反応を行ない、アルコールとメタノールを生成させる工程
- 3) 脱メタノール工程：主製品のアルコールと副製品のメタノールを分離する工程
- 4) 蒸留工程：主製品のアルコールを、種類ごとに分離回収する工程

上記の工程(物量センター)はそれぞれ、複数の反応容器、蒸留塔、熱交換器などの設備で構成されている。しかし、上記の工程の単位が、収率向上、廃棄物の物量削減などの管理、改善を検討する単位であるため、物量センターを、これ以上細かく分けることはしなかった。

本年度の他のモデル事業では、切り替え工程を別工程とする例がある。しかし、本事例では、品種交換時に、前工程から投入された正の製品を除去、洗浄するというものではない。従って本事例においては、品種交換を還元工程から独立させた物量センター(切り替え工程)として、定義しなかった。

#### (5) データ収集期間、方法

MFCA の計算のためのデータ収集期間は、24 時間連続稼働のプラントであるので、実態を映し出しやすい、ある 3 ヶ月間とした。

主材料である原料のメチルエステルの投入物量、精製工程と蒸留工程で発生する廃棄物（ピッチ）の物量、および主製品であるアルコールの出来高の物量は、この製造プラントで物量を実測しているため、その実測値をそのまま用いた。

副材料の水素、および副製品のメタノールは、他の製品の製造プラントと共用しており、このアルコール製造プラント単独で、その投入物量、回収物量を測定していなかった。従って、今回の計算では理論値、および過去の実験計測データを基にして、投入物量、回収物量、ロス物量の物量などのデータを算定した。

## (6) MFCA 計算、分析結果

### マテリアル Input/Output 物量

この事例では、工程別のマテリアルの Input の物量、Output の物量を、表 3-5-1 のように整理した。この表は、投入材料の基準物量 1000ton に対して、投入される副材料、生成、回収される仕掛品の物量値を表している。なお、この表の数値は、実際の物量値を仮定の数値に変換したものである。

表 3-5-1 材料の物量整理表

物量のinput/output計算

物量センター	input 投入材料	input 分類	input 物量 (ton)		output 生成物	output 物量 (ton)	ロス 物量 (ton)	合計物量 (ton)
精製工程	原料物質(粗メチルエステ)	新規投入	1,000	→	精製メチルエステル	850	50	900
					ピッチ		100	100
	合計		1,000		合計	850	150	1,000
還元工程	精製メチルエステル	仕掛品	850	→	粗アルコール	800	20	820
	水素(反応)	新規投入	20	→	メタノール	50	0	50
	水素(過剰)	新規投入	5	→	水素(過剰)	5		5
	H2投入合計	新規投入	25					
	触媒	新規投入	20	→	触媒	0	20	20
	合計		895		合計	855	40	895
脱メタノール工程	粗アルコール	仕掛品	800	→	粗アルコール	780	20	800
	メタノール	仕掛品の不純物	50	→	回収メタノール	45	5	50
	水素(過剰)	仕掛品の不純物	5	→	水素(蒸発)	0	5	5
	合計		855		合計	825	30	855
蒸留工程	粗アルコール	仕掛品	780	→	製品アルコール-1	390		390
				→	製品アルコール-2	370		370
				→	製品 小計	760		
	合計				ピッチ		20	20
				合計	760	20	780	

表 3-5-1 に基づいて、この製造プロセスにおける材料の流れと、この表の見方を以下に説明する。

精製工程では、原料の粗メチルエステルから不純物（ピッチ）を分離する。表 3-5-1 では、精製工程において、不純物（ピッチ 100ton）とともに、本来、製品に使われるべき精製メチルエステルも 50ton が、原材料のロスになっていることを示している。

還元工程では、精製メチルエステル 850ton と水素（反応）20ton が還元反応をして、粗アルコールが出来高 800ton、そのロス分 20ton、および副製品メタノール 50ton が生成される。水素は、純粋に反応に用いる物量（20ton）以外に、水素（過剰）5ton が過剰に投入

される。この水素（過剰）は、この段階では粗アルコールとメタノールに溶け込んだ状態にあり、次の脱メタノール工程で蒸発する。

脱メタノール工程で、粗アルコール、メタノールの混ざった溶液から、メタノール 45ton を分離し、回収し、回収できずロスとなる物量が 5ton あることは示している。

最後の蒸留工程では、目的物質の 2 種類のアルコール（合計 760ton）が取得でき、ピッチ 20ton が発生する。

各工程の材料の投入と、出来高（Output）とロスの物量に応じて、投入材料の材料費単価を乗ずることにより、各工程の正の製品 MC、負の製品 MC を計算した。粗アルコールの製造単価は、上で述べたような材料の投入量に応じて、仕掛品の材料単価を計算したものを使用した。

### データ付きフローチャート

MFCA の計算結果を 1 枚のシートでまとめたものを、「図 3-5-2 データ付きフローチャート」に示す。先にも述べたが、このデータは、MFCA 計算の一部を、架空の数値に変更してある。

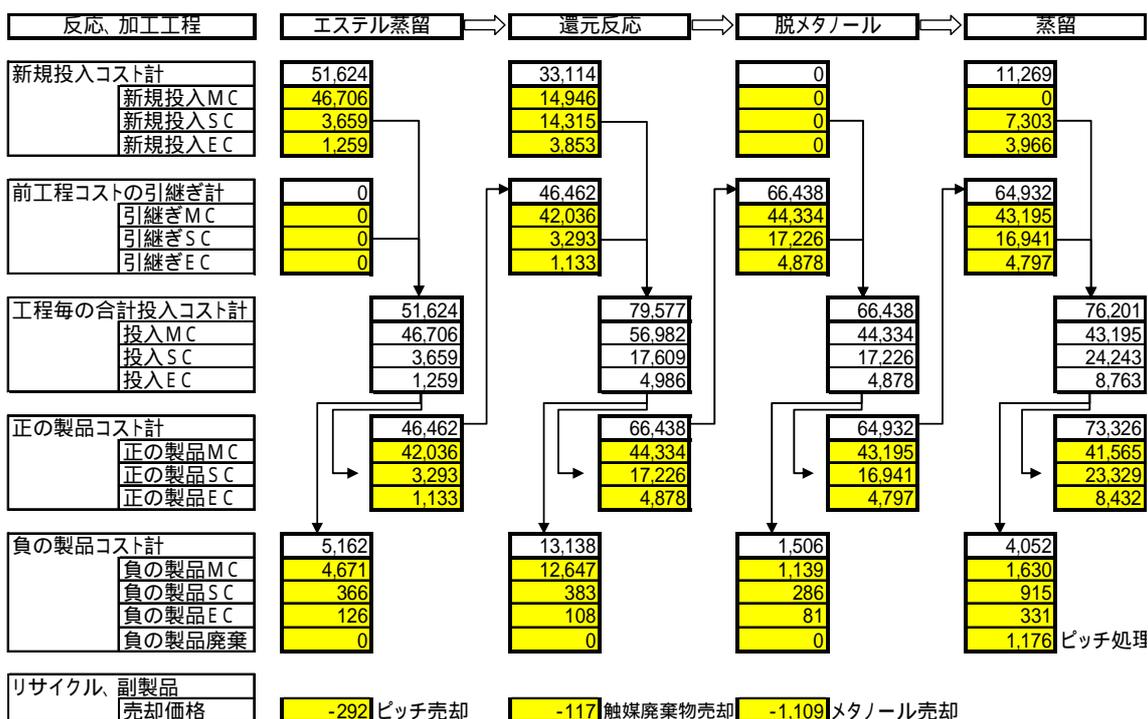


図 3-5-2 データ付きフローチャート

図 3-5-2 では、負の製品コストは還元工程が最も大きな数値になっているが、これは仮定の数値で計算したものであり、実際のデータに基づいて計算すると、精製工程、還元工程、蒸留工程の 3 工程で発生する負の製品コストが、ほぼ同等の数値になっていた。

## マテリアルフローコストマトリックス

表 3-5-2 に、フローコストマトリックスを示す。先にも述べたが、このデータは、MFCA 計算の一部を、架空の数値に変更してある。

表 3-5-2 マテリアルフローコストマトリックス

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計	売却益	
良品 (正の製品)	41,565 42.8%	8,432 8.7%	23,329 24.0%		73,326 75.5%		73,326 76.6%
マテリアロス (負の製品)	20,087 20.7%	646 0.7%	1,949 2.0%		22,682 23.3%		22,682 23.7%
廃棄/リサイクル				1,176 1.2%	1,176 1.2%	-1,518	-341 -0.4%
小計	61,652 63.4%	9,078 9.3%	25,278 26.0%	1,176	97,184 100.0%		95,666 100.0%

この製品は、24 時間連続稼働のプラントで製造されており、設備償却費が大きくなるため、システムコスト比率が比較的大きくなる。

原料の精製工程でのロス、副製品のメタノールロス、および、触媒の被毒劣化により廃棄せざるを得ないため、負の製品コストは 23.7%の比率となっている。

### (7)ロスの考察と、改善検討のポイント

この製品の製造プラントは、最初にも述べたように歴史のあるプラントである。その時々必要と思われる設備の改善は行なってきた。次に述べる A から D の 4 つの課題も、過去の歴史の中で改善を続けてきたものである。

しかし今回、改めてもう一度、改善（設備投資）の可能性を探るために、技術的な改善の可能性を再検討した。

A) 還元工程の触媒の劣化防止による使用量削減と、設備の稼働率向上

B) 精製工程のメチルエステルの収率向上と精製度向上

（ただし収率向上と精製度向上はトレードオフの関係にある課題）

C) 還元工程でできる副製品メタノールの収率向上

D) 蒸留工程などの熱交換器の熱回収率向上、省エネルギー化

（熱回収は、従来もかなり行っているが、まだ改善可能な部分がないか？）

それぞれの課題ごとに、資源投入量、収率向上、稼働率改善などの改善効果を予測し、MFCA を用いてそのコスト削減効果を計算し、投資可能性を評価した。その結果、課題 C と D は改善余地が小さく、設備投資した際の投資回収が難しいことが明確になった。

また、課題 A と B は、改善レベルによって、効果金額がかなり大きく変化するため、現状と L1、L2、L3 の 3 つの改善レベルを設定し、それぞれの改善効果を予測した。

ここで、L1、L2、L3 は、次のような水準である。

L1：現状の設備で、その製造条件（反応スピードなど）を最適化して運用する場合

L2：ネック工程の設備に、新しい技術を開発し、適用した場合

L3：理想的な技術による理想的なプラントの運営ができると仮定した場合

## (8) MFCA 計算、データの活用上のポイント

(7) の改善課題 A と B の改善効果を、MFCA を用いて予測、シミュレーションした。その結果をグラフ化した例のひとつを、図 3-5-3 で示す。

なお、図中の L1 レベル、L2 レベル、L3 レベルは、(7) の最後に説明したものである。

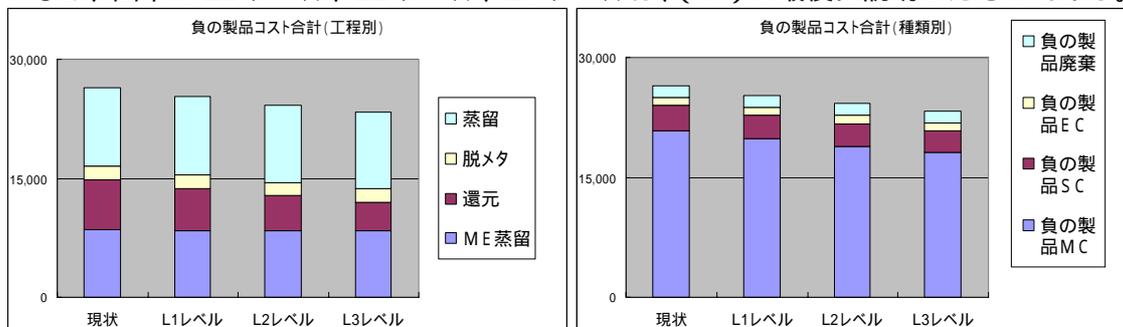


図 3-5-3 負の製品コストの変化予測

工程改善、設備改善、管理改善は、収率の向上、廃棄物量の削減、材料投入量の低減などの材料効率の変化と、労務費、設備償却費、外注委託費などシステムコストの変化、電力費や燃料費などのエネルギーコストの変化につながる。

MFCA の計算モデルに、こうした材料の投入量、製品の収量、廃棄物発生量、および、経費関係をパラメータとして組み込んでおいたため、こうしたコスト変化の予測、シミュレーションをすぐ行なうことができた。

また、(7) の改善課題 A が実現できると、設備稼働率が向上する。今回の MFCA 対象製品は、市場の需要量が供給量を上回っているため、稼働率が向上して生産量が増えると、売上も拡大できる。従って、稼働日数の変化、生産量の変化も同時に計算し、従来は機会を損失していたと思われる売上の拡大効果も合わせて見積もり、投資採算評価のデータとして活用することにした。

## (9) MFCA 適用のメリットと適用上の課題

今回の MFCA 適用を行なった製品は、従来は MFCA 適用事例がほとんど見られなかった化学工業のプロセスであり、MFCA の適用が難しいのではないかと、当初は危惧された。というのは、今回の製品の化学反応プロセスにおいては、主材料、副材料、仕掛品、主製品、副製品、廃棄物、排出物が液体や気体である。その材料の投入量、製品や仕掛品の出来高、廃棄物や排出物の量が、工程別に実測されているものもあるが、様々なプラントと共用になっているため、製品別に実測されていないものもあったためである。

しかし、実測データに加えて、理論計算値、実験値からの推定値を加味することで、各工程の物量移動量を、表 3-5-1 材料の物量整理表のように算出することができれば、従来の MFCA 適用事例と同様に、比較的容易に MFCA の計算を行なえることが分かった。

また、今回の MFCA 適用を行なった製品は、年間の生産量は数千トンに上る、連続大量生産を行なっている。収率の向上などの改善を行なうためには、製造工程や設備の改善が

必要なものがほとんどになっている。

MFCA を適用すると、それぞれの改善を行なった場合のコスト変化を最初に予測できる。その結果、設備改善やそのための技術開発を詳細に検討する前に、その設備改善の投資可能金額が明確になり、詳細な検討着手の判断や、検討順位が合理的に判断できるメリットがあると思われる。

それと、今回取り入れた検討方法のひとつとして、現状水準に対して、改善目標のレベルを、L1、L2、L3 の 3 段階で設定した。L2 レベルは、技術的な挑戦目標の意味合いがあるが、その水準に到達すれば、この程度のコストメリットがあるということが見え、「これで、年間、数百万円のコストが下がるのであれば、これは、改善しないといけない」という、技術開発や改善の意欲が沸くという声も、現場から聞こえてきた。

このことは、技術的な挑戦目標が、コストや経営面の挑戦目標とリンクし、明確になることは、技術力強化の取り組みの促進にも、非常に有益であることが伺える。

以上の点から、当製品における MFCA の導入、適用のメリットを以下のように整理した。

■ MFCA の適用メリット

- ・設備の改善のコスト変化を検討の最初に予測でき、投資可能金額が明確になる
- ・コストメリットが具体的になることで、技術開発や改善の意欲が沸く
- ・技術的な挑戦目標が、コストや経営面の挑戦目標とリンクし、明確になる

■ MFCA 適用上の課題と対策

- ・化学工業では工程別の物量の Input と Output を測定していない部分があり、適用が難しい  
実測データに加えて、理論計算値、実験値からの推定値を加味することで適用は可能

### (10) 今後の展開(計画)

今回の MFCA の対象とした製品の、(7) で述べた改善課題は、収率や稼働率の改善目標とそのコスト面の成果目標が明確になったため、今後も L1 レベル、さらには L2 レベルの達成に向けた改善を、継続的に検討、実施する予定である。

また、(3) でも述べたように、環境管理システムにおいて『環境配慮活動(省エネ・省資源・廃棄物削減)を通じたコスト低減』することを明言している。今回のモデル事業の結果、MFCA が連続大量生産の製造プロセスでも、メリットがあることが明確になった。従って、他の製品にも順次 MFCA を適用し、環境配慮としての「省エネ・省資源・廃棄物削減とコスト低減」の取り組みを促進させる予定である。

ただし、そのためにはまず、MFCA の計算法を再度理解し、その教育を社内で展開する必要があり、来年度以降、MFCA の教育、普及を社内で展開したい。

### 3 - 6 . ダイソー株式会社

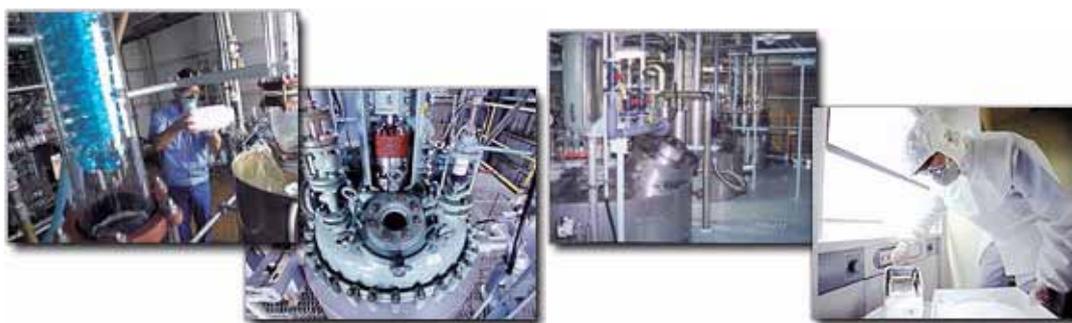
#### (多品種少量生産の化学品製品開発段階での MFCA 適用)

##### (1) 会社概要、工場概要

ダイソー株式会社は、1915 年に大阪曹達として、水銀法を日本で初めて企業化し、かせいソーダの製造を開始した。

2005 年 9 月末時点の資本金 10,027 百万円、従業員 707 名 (連結)、595 名 (単体) となっている。

創業時から取り扱っている数多くの基礎化学品群と、エピクロルヒドリンゴム、ダップ樹脂、塩素化ポリエチレンなどの機能化学製品は、今日では世界中に供給している。さらに医農薬、化粧品、食品など広い分野の研究を支援するシリカゲル、医薬中間体として世界に向けて供給される光学活性体 (キラル化合物)、工業用から小型民生用まで幅広く用いられる貴金属酸化物電極など、ダイソーの製品は様々な産業界において不可欠な素材となっている。



今回の MFCA 適用は、開発中の製品での適用ということで、工場ではなく、尼崎研究所にて MFCA 適用の検討を行なった。

##### (2) MFCA 導入製品及び工程

MFCA の適用対象製品は、ある開発中の新製品である。製品開発段階における MFCA の適用は、過去に事例として公開されていないものであり、MFCA の製品開発段階での適用の可能性や課題を探る意味がある。

その新製品は、ダイソーの製品群の中でもファイン製品として位置づけられる、ある品種群の新品種である。これは、多品種少量の生産体制を取っている。品種が異なっても、基本的な製造プロセスは変わらないが、投入する材料 (薬品) や量、および製造条件などが、品種ごとに異なっている。

こうした化学品の新品種の開発は、基本的には次の 3 段階のステップに分けて進める。

第 1 段階は、研究開発段階であり。市場や顧客の課題や要求事項を調査し、その課題や要求に応える、新製品や新品种の仕様 (化学式、化学構造、物性) を決める段階である。

第 2 段階は、製品開発段階である。第 1 段階で決めた仕様の製品 (化学物質) を満足さ

せるための基本的な作り方を固める段階である。この段階では、化学反応のプロセス（どのように化学反応をさせるか、あるいは、不純物をどう除去するか）反応させるために投入する薬品の種類と量、および反応などに用いる設備など、基本的な製造条件を固める段階である。実験室レベル、および量産時に近いレベルの量を製造し、その生産性と製造品質（精度、不純物の量、物性）を評価する。

第 3 段階は、量産準備段階である。量産出荷するための詳細な製造条件、および各種の製造時の段取りの手法を確立する段階である。

このように化学品の製造プロセスと各プロセスの基本的な製造条件は、製品開発段階において決められることが多い。製造プロセスと基本的な製造条件を見直すと、各プロセスでの物性や品質の評価をやり直す必要があり、量産準備段階以降において、それを見直すことは少ないと思われる。従って、詳細な製造条件や稼働条件などが量産準備段階以降における工程改善の中心的課題になりがちである。

一方、研究開発段階においては、製造プロセスそのものがまだ固まっていないことが多く、MFCA を適用するためのデータが揃わないと思われる。

このような中で、多品種少量生産の化学品に MFCA の適用を行うのであれば、派生品種の製品開発段階で適用することが、最も効果的ではないかと思われた。

なお、MFCA 適用対象の製品は、開発途中のものであるため、詳細な工程を提示することはできない。各プロセスでは、化学反応や、ろ過などを行っている。

なお製品開発としては、基本品種を量産している中での派生品種の開発である。個々の品種ごとの生産量は比較的小さい。製造プロセスや設備は、基本品種と同じであり、使用する薬剤の種類と量、製造条件が品種により異なるという特徴を持っている。



図 3-6-1 製造工程の概要

### (3)MFCA 導入の狙い、意図

ダイソー株式会社では、事業活動において地球温暖化防止をはじめとする環境負荷低減・法的小よびその他の要求事項の遵守・緊急事態への対応のために、主力 3 工場環境マネジメントシステムの国際規格である ISO14001 の認証を取得し、継続的な改善を図っている。また、全社を上げて、省資源・省エネルギー・廃棄物の削減・リサイクルなどの活動に取り組んでいる。特に、省エネルギーに関しては、工場副生する水素というクリーンエネルギーの利用、コージェネレーションによる熱回収などにも取り組んでいる。

また、産業廃棄物削減に関しては、製造工程から副生した有機化合物を原料とした塩酸製造設備、廃液燃焼設備で塩酸と蒸気を回収し、資源として利用するシステムで廃棄物の削減、有機スラッジの肥料化、ごみの分別回収とリサイクルなどに取り組んでおり、2004

年度の再資源化率は 56%であり、前年度より 7%向上した。

しかしこれらの取り組みは、エンドオブパイプ (end of pipe) の対策 (排出された化学物質を環境に排出される直前で回収・再利用したり、処理したりする) である。今後の企業のモノづくりにおける環境対策として求められるのは、「クリーナー・プロダクション (cleaner production)」と呼ばれる、工程内対策である。これは、廃棄物そのものを生まない、排出量を削減する取り組みである。その意味でこれは、モノづくりの革新、すなわち生産性向上、コストダウンにつながる取り組みである。

MFCA は、当社での今後のモノづくりにおける環境配慮の取り組みとして、モノづくりの革新につながる取り組み方に変える可能性があり、その効果、メリットと課題を検証する意味で、MFCA の適用に踏み切った。

また、こうした化学品の製造プロセスでは、プロセスごとに見た収率がそれほど悪くなくても、プロセスが複雑になるに従い、全体の収率が低下し、製造コストが上昇する。製品の競争力強化に向けては、収率向上が常に重要な課題ではあるが、どのプロセスに注目して改善するべきかに関しては、主材料の収率や材料費を中心に課題設定を行っていた。そのため、開発段階での原価企画手法として MFCA を活用することにより、資源生産性の向上とコストダウンの両立を、より効果的に行いたいと考えていた。

#### (4)MFCA 計算の基本的な考え方

今回の製品は、量産段階ではバッチ生産方式を取っている。主に 4 つの工程で生産を行っている。(注記、バッチ生産方式は、多品種少量生産に適した生産方式である。)

その第 2 工程と第 3 工程は、ひとつの設備を使用した連続的なプロセスになっているため、ひとつの物量センターとした。

また、第 1 の物流センターの工程、第 2 の物流センターの工程で用いる設備は、それぞれの反応を行った後、設備の反応容器内に残った溶剤などをきれいに洗浄する必要がある。その結果、製造品種の切り替え時に洗浄用の溶剤を多数投入し、また時間もかなりかかっていることが分かった。

そのため、第 1 の物流センター、第 2 の物流センターを、それぞれ反応の物流センターと、切り替えの物流センターに分離し、切り替え時の材料のロスとコストのロスを明確にすることにした。

その結果、5 つの物流センターを設定し、MFCA 計算モデルを構築した。それを、図 3-6-2 に示す。

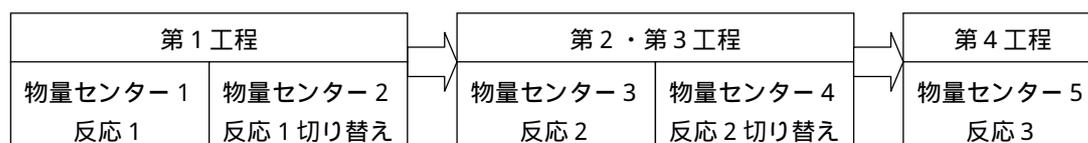


図 3-6-2 MFCA 計算モデルで定義した物量センター

また、今回の適用対象製品は、製品開発段階のものであるため、詳細な製造条件は固まっていないため、システムコスト、エネルギーコストに関しては、既存製品の生産における費用をベースに設定した。

### (5) データ収集期間、方法

マテリアルの物量は、研究所で使用しているスケールアップ試作用の生産設備で試作を行う際の 1 バッチあたりの投入量や出来高などの実績値を用いた。なお、スケールアップ試作とは、開発時に量産性の評価や量産時の製造条件確立のための実験用の製造設備であるが、量産段階とほぼ同じ条件で製造できる。(注記、ここでの 1 バッチとは、1 回の生産の単位を言う。)

システムコスト、エネルギーコストに関しては、この新製品は量産前であるため、量産時のシステムコスト、エネルギーコストの実績値はない。従って、既存品種を量産している工場の 1 ヶ月の経費実績から推定した。多品種少量生産のため、1 バッチあたりの生産量は変動するが、1 バッチごとの設備のサイクルタイム、直接労務費などには大きな差がない。そのため、1 ヶ月の経費総額を、1 ヶ月に生産しているバッチ数で按分して、1 バッチあたりのシステムコスト、エネルギーコストとして算出した。

この製品の製造では、設備の稼働に用いる電力しか使用しないため、エネルギー使用量は小さいと推定できたので、エネルギーコストは製造経費の電力費を、設備の稼働時間で按分して算出した。

### (6) MFCA 計算、分析結果

#### マテリアル Input/Output 物量

この事例は、工程別のマテリアルの Input 量、Output 量の整理を、新日本理化学株式会社で行った材料の物量整理方法を応用し、表 3-6-1 のように整理した。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えたものである。

表 3-6-1 材料の物量整理表

物量のinput/output計算

(この表の数値は、すべて仮の数値である。)

プロセス (反応)	Input 投入材料	Input 分類	材料単価 (円/kg)	Input 物量	材料費 (千円)	主要材料の生成物への物量配賦				Output 生成物	Output 物量	ロス 物量	合計物 量	Output 材料費	廃棄物処 理単価 (円/kg)	廃棄物処 分費用 (千円)
						基礎 原料	試薬1	試薬2	試薬3							
反応1	基礎原料	新規投入	10,000	50.0	500.00	50.00	2.00	1.00	1.00	目的材料	54.00	0.00	54.00	540.00	-	-
	試薬1	新規投入	10,000	5.0	50.00		2.00			試薬1	2.00	0.00	2.00	20.00	-	-
	試薬2	新規投入	10,000	5.0	50.00			3.00		試薬2	3.00	0.00	3.00	30.00	-	-
	試薬3	新規投入	10,000	5.0	50.00				3.00	試薬3	3.00	0.00	3.00	30.00	-	-
	溶媒1	新規投入	1,000	5.0	5.00					溶媒	5.00	0.00	5.00	5.00	-	-
	触媒1	新規投入	1,000	5.0	5.00		1.00			触媒1	6.00	0.00	6.00	15.00	-	-
	触媒2	新規投入	1,000	5.0	5.00			1.00		触媒2	6.00	0.00	6.00	15.00	-	-
	溶媒2	新規投入	100	20.0	2.00				1.00	副生成物	1.00	0.00	1.00	10.00	-	-
反応1切 り替え	容器洗浄 剤	新規投入	100	100.0	10.00					溶媒2	20.00	0.00	20.00	2.00	-	-
	容器洗浄 水	新規投入	0	400.0	0.03					容器洗浄 剤	0.00	100.00	100.00	10.00	25.00	2.50
	合計			600.0	677.0					容器洗浄 水	0.00	400.00	400.00	0.03	0.00	0.00
									合計	100.00	500.00	600.00	677.03			

表 3-6-1 では、図 3-6-2 で示した 5 つの物量センターのうち、反応 1、反応 1 切り替えのものだけを表している。反応 2、反応 2 切り替え、反応 3 も、表 3-6-1 と同じ様式で整理した。

この材料の物量整理表のデータをもとにして、工程別に MC (マテリアルコスト) の計算を行った。それが表 3-6-2 工程別 MC 計算表である。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えてある。

表 3-6-2 工程別 MC 計算表

MC計算		(この表の数値は、すべて仮の数値である。)							
工程	物量センター	材料種類	投入物量	正の製品物量	負の製品物量	投入コスト	正の製品コスト	負の製品コスト	廃棄物処分コスト
反応1	反応1工程	主材料、仕掛品	100.00	100.00	0.00	667.00	667.00	0.00	0.00
	反応1切り替え工程	補助材料	500.00	0.00	500.00	10.03	0.00	10.03	2.50
反応2	反応2工程	主材料、仕掛品	100.00	54.00	46.00	667.00	540.00	127.00	0.80
	反応2工程	副材料	300.00	18.96	281.04	30.00	1.90	28.10	7.03
	反応2切り替え工程	補助材料	200.00	0.00	200.00	0.02	0.00	0.02	0.00
反応3	反応3工程	主材料、仕掛品	72.96	54.00	18.96	541.90	540.00	1.90	0.00
	反応3工程	補助材料	50.00	0.00	50.00	1.00	0.00	1.00	0.00

すなわち、投入 MC、正の製品 MC、負の製品 MC である。それぞれの工程ごとに、主材料 (仕掛品) 副材料、補助材料に分けて計算してある。主材料 (仕掛品) は、最初の工程から投入し、2 つ目の工程以降は、仕掛品として前工程から移動してきた材料である。副材料は、その工程で新たに投入される材料である。補助材料は、洗浄剤のように、その工程だけに投入され、次の工程には移動せずに廃棄される材料である。

### データ付きフローチャート

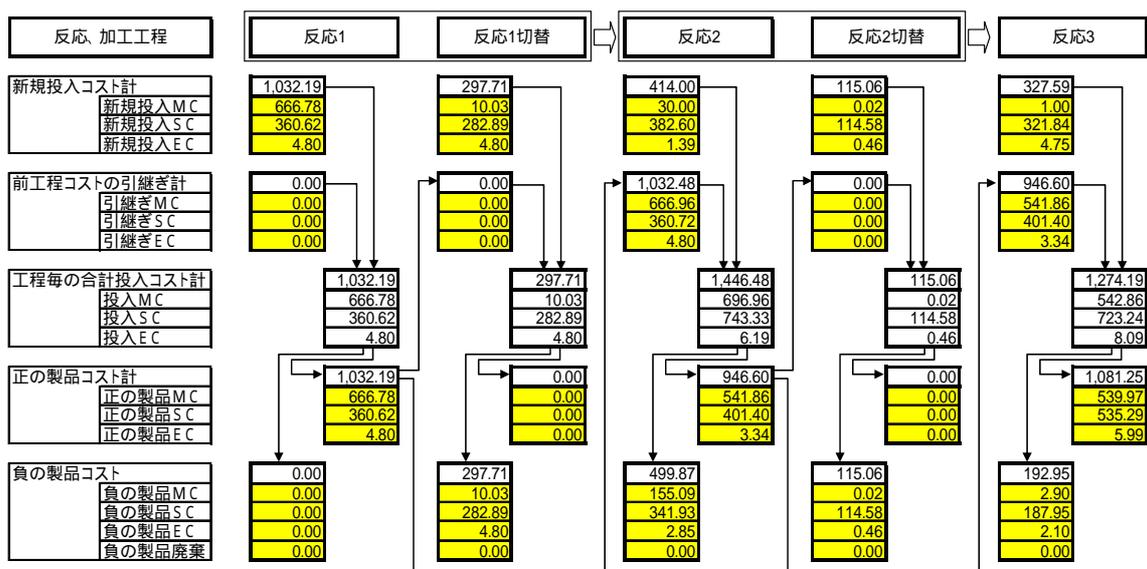


図 3-6-3 データ付きフローチャート

システムコスト、エネルギーコストも含めた、MFCA の計算結果を 1 枚のシートでまと

めたものを、図 3-6-3 データ付きフローチャートに示す。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えたもので計算した。単位はすべて千円である。

### マテリアルフローコストマトリックス

表 3-6-3 に、マテリアルフローコストマトリックスを示す。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えてある。単位はすべて千円である。

表 3-6-3 マテリアルフローコストマトリックス

	マテリアルコスト	エネルギーコスト	システムコスト	廃棄物処理コスト	計
良品 (正の製品)	540 24.7%	6 0.3%	535 24.5%		1,081 49.4%
マテリアルロス (負の製品)	168 7.7%	10 0.5%	927 42.4%		1,106 50.6%
廃棄/リサイクル				0 0.0%	0 0.0%
小計	708 32.4%	16 0.7%	1,463 66.9%	0	2,187 100.0%

表 3-6-3 を見ると、投入したコストの 50.6%はロス（負の製品コスト）である。ここまで負の製品コストの比率が高くなっているのは、多品種少量のバッチ生産であり、1 バッチあたりの生産量も、量産時の実際の 1 バッチあたりの生産量の中でも小さい数量で計算していることにも起因している。

### (7)ロスの考察と、改善検討のポイント

図 3-6-3、表 3-6-3 の MFCA の計算結果を、製品開発を担当しているプロジェクトチームで分析し、その時点で想定していた試薬の種類と量が、量産時のコストのロスに直結することから、その改善の必要性を認識した。

表 3-6-2 を見ると、負の製品 MC の大半が“反応 2”で生じている。“反応 2”の負の製品 MC を大きくしている要因の大きなものとして、“反応 1”で投じられた試薬の中で、反応に用いられなかったものが、“反応 2”で捨てられることが上げられた。また、“反応 1 切り替え”、“反応 2”、“反応 2 切り替え”では、負の製品の物量（廃棄物の物量）が、非常に大きい。

図 3-6-3 を見ると、“反応 1”以外の物量センターで、負の製品コストが発生している。特に、製品につながらない“反応 1 切り替え”と、“反応 2 切り替え”での、負の製品コストが大きい。

従来、設定されていた製造条件では、“反応 1”での化学反応を確実なものとし、物性値を保障するために、いくつかの試薬が過剰に投入されていた。しかし、過剰に投入された試薬の量に比例して、“反応 2”で廃棄される材料と、“反応 2 切り替え”で使用される洗浄材料の種類と量が増加していたのである。また、洗浄材料の種類と量に比例して、洗浄時間も増加し、切り替えに投じられるシステムコスト（これはすべて負の製品 SC となる）を大きくしていることも問題であることが分かった。

この製品は、現在、製品開発段階にあり、製造時に各工程で投入する薬剤の種類と量を、実験しながら決定する段階にあった。そのため、この MFCA の計算結果を元に、従来は過剰に投入していた薬剤の種類と量を削減するための検討と実験を行った。

薬剤の種類と量を変更した仕様で実験的に試作し、製造された製品の品質、物性値や、精製度（不純物量）に問題のないかどうかを確認した。

その結果、従来は過剰に投入していた薬剤の種類と量を、ある部分、削減することが可能であることが分かった。

その改善効果の予測も、MFCA の結果を活用した。表 3-6-4 は、材料投入量削減の改善効果見積りを行った結果の一覧表である。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えてある。

表 3-6-4 MFCA による改善効果予測

**(この表の数値は、すべて仮の数値である。)**

投入量の変化する材料		工程改善前の投入量、単価			工程改善後の投入量、単価			改善効果(削減)	
		材料単価 (円/kg)	Input 物量	材料費(千 円)	材料単価 (円/kg)	Input 物量	材料費(千 円)	Input 物量	材料費(千 円)
試薬1	新規投入	10,000.00	5.00	50.00	10,000.00	4.00	40.00	1.00	10.00
試薬2	新規投入	10,000.00	5.00	50.00	10,000.00	3.00	30.00	2.00	20.00
試薬3	新規投入	10,000.00	5.00	50.00	0.00	0.00	0.00	5.00	50.00
触媒1	新規投入	1,000.00	5.00	5.00	1,000.00	5.00	5.00	0.00	0.00
触媒2	新規投入	1,000.00	5.00	5.00	1,000.00	5.00	5.00	0.00	0.00
洗浄剤1	新規投入	100.00	100.00	10.00	100.00	100.00	10.00	0.00	0.00
洗浄剤2	新規投入	100.00	100.00	10.00	100.00	0.00	0.00	100.00	10.00
洗浄剤3	新規投入	100.00	100.00	10.00	100.00	100.00	10.00	0.00	0.00
			325.00	190.00		217.00	100.00	108.00	90.00
投入材料全体		合計	1,150.00	708.05	合計	1,042.00	618.05	物量削減 率 9.4%	材料費削 減率 12.7%

この表によると、次のような効果があるものと思われる。

- 材料投入量： 108kg、9.4%削減（総投入量：1,150kg から 1,042kg へ）
- 投入コスト： 90 千円、12.7%削減（材料費：708.05 千円から 618.05 千円へ）

なお、これはこの製品のある 1 バッチの生産量に対しての材料コスト削減の効果である。システムコストもこれに合わせて削減される。ただし、そのシステムコスト削減効果は、1 バッチの生産量に応じて変化する。

#### (8)MFCA 計算結果、データの活用上のポイント

図 3-6-4 は、工程別の負の製品コストの比率を示したものである。なお、数値は実際の物量値、単価を、すべて仮の数値に置き換えたもので計算してある。

この製品では、製造品質の確実さを求めるあまりに、材料の過剰投与を行っていたが、材料費の面だけで見ると、過剰な薬剤投与のロスはそれほど大きなものではないと感じていた。しかし、実際に MFCA の計算を行うと、材料の過剰投与が、システムコストのロスにつながり、そのロスコスト（負の製品コスト）全体は、かなりの重大なものであることが分かった。

図 3-6-4 を見ると、それが良く理解できた。

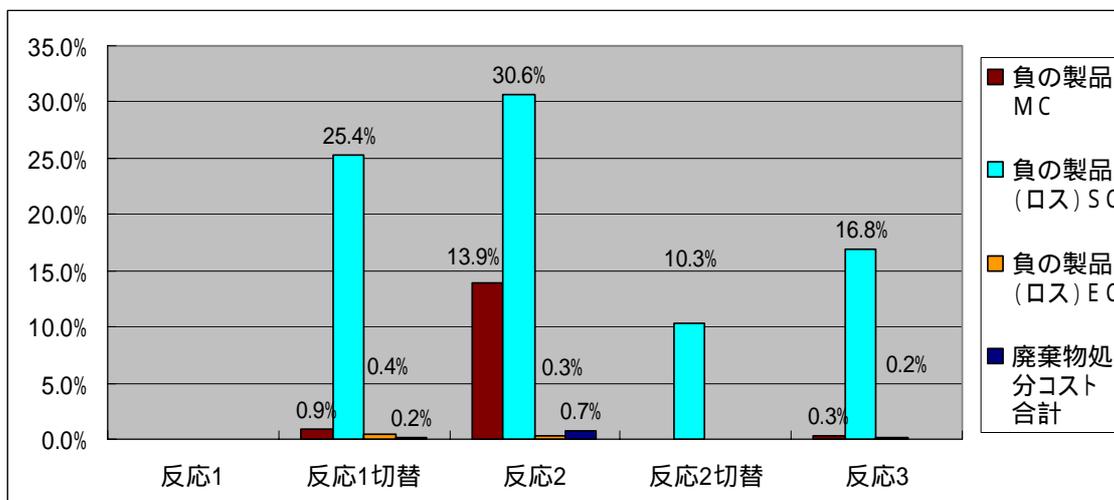


図 3-6-4 工程別負の製品コスト比率

今回の MFCA 適用のモデル事業に参加し、基本的な MFCA の計算モデルが確立できた。MFCA 計算結果を分析する中で、試薬の種類と量に関する改善着眼が生まれ、改善のための試作、実験を行い、改善が可能であることまで確認できた。

#### (9) MFCA 適用のメリットと適用上の課題

従来の原価計算の仕組みには、量産段階のシステムコストは、それぞれの品種群を生産するラインごとに、配賦されている。しかも、今回のような多品種少量生産の製品は、受注に応じて 1 バッチの生産量が変わることもあり、システムコストを品種や生産オーダーごとに見ることは、十分に行っていなかった。

しかし MFCA を行うことで、システムコストのロスの大きさに気づくことができた。しかもそれは、従来はあまり重視していなかった一部の試薬の（過剰に投与していたことによる）マテリアルロスに起因しているものである。MFCA により、すべての投入材料とコストを、工程ごとに分析することの重要さがわかった。

先に述べたが、当社の製品で MFCA の適用を図るには、製造方法や基本的な製造プロセスが確立し、量産条件を固める製品開発段階での適用が最も効果的と思われる。MFCA を適用する上で、表 3-6-1 材料の物量整理表を設定し、MFCA 計算モデルを作るところが、適用上のポイントになると思われる。

今回の MFCA の適用を行った品種の製品群は、同じ製造プロセスで、製造時の投入材料の種類と量が変わるだけである。従って、別の品種で MFCA の計算を行うためには、今回作った材料の物量整理表と、MFCA 計算モデルを流用するだけで、MFCA の計算を容易に行うことができる。

しかし別の製品群では、製造プロセスから異なってくるため、その製品にあわせた MFCA の計算モデルを構築する必要がある。製品開発段階は、各種の技術検討や試作、実験を同

時に行う必要があり、非常に忙しい。

従って他の異なる品種群の製品で MFCA を展開するためには、製品開発の仕事の流れと仕組みの中に原価企画として MFCA を位置づけるとともに、簡単に MFCA の計算モデルを構築するようなツールの工夫、もしくは仕組み、および教育が必要と思われる。

また今回、MFCA を適用した製品は受注生産の時もあり、1 バッチの生産量が変化するときがある。それに比例して投入材料量は増減するが、1 バッチあたりのシステムコストはほとんど変わらない。受注量より多めの基準単位量で生産すると、製品の単位重量あたりのシステムコストは安くなるが、その一方で在庫が増えるという問題もある。生産計画として、この MFCA 計算結果を活用することで、総コスト低減と在庫削減のバランスを取らせることも可能性として考えられ、今後の課題と思われる。

これらのメリット、課題を整理すると、次のようになる。

- 製品開発段階で MFCA を適用するメリット
  - ・ MFCA により、すべての投入材料とコストを、工程ごとに見ることが重要。
  - ・ 今回の MFCA の適用製品群は、今回の MFCA 計算モデルを流用するだけで、MFCA の計算を容易に行うことができる。
- 他の異なる品種群の製品の開発段階で MFCA を適用するための課題
  - ・ 製品開発の仕事の流れと仕組みの中に原価企画として MFCA を位置づける。
  - ・ 容易に MFCA の計算モデルを構築することができるツールの工夫、もしくは仕組みと教育が必要。
- 量産における MFCA の適用課題
  - ・ 総コスト低減と在庫削減のバランスを取らせる MFCA の活用法の研究

#### (10) 今後の展開(計画)

今回の MFCA 適用製品は、派生品種の新製品開発であり、MFCA の計算モデル定義などを比較的容易に行なうことができた。

今回のモデルとした品種と同じ品種群の新製品開発では、MFCA の計算モデルをそのまま流用でき、その中のパラメータを変えるだけで、MFCA の計算を行なうことができる。従って、この品種群に関しては、開発段階での MFCA による原価企画（原価見積り、原価改善の検討）を、以降の新製品で行なう予定である。

その他の品種群での製品開発段階での MFCA の適用に関しては、適用上の課題を整理したうえで、適用拡大の計画を検討したい。