

平成19年度『マテリアルフローコスト会計開発・普及調査事業 報告書』

第2部

MFCA 導入実証事業報告

第1章 本年度の MFCA 導入実証事業の概要と特徴

(1)MFCA 導入実証事業の概要

平成 19 年度の事業においては、公募で採択された MFCA の各地域の普及拠点として、その普及活動を実施する事業者団体等と協力し、MFCA 導入実証事業を実施した。

この実証事業では、下に示す MFCA 導入の基本ステップのステップ 1 からステップ 3 までを、合計 3 日間のコンサルティングを行うものである。

基本ステップ	検討、作業項目
1 事前準備	<ul style="list-style-type: none">対象の製品、ライン、工程範囲を決定対象工程のラフ分析、物量センター(MFCA計算上の工程)決定分析対象の品種、期間を決定分析対象の材料と、その物量データの収集方法(測定、計算)を決定
2 データ収集、整理	<ul style="list-style-type: none">工程別の投入材料の種類、投入物量と廃棄物量のデータ収集、整理システムコスト(加工費)エネルギーコストのデータ収集、整理システムコスト、エネルギーコストの按分ルール決定工程別の稼動状況データの収集、整理(オプション)
3 MFCA計算	<ul style="list-style-type: none">MFCA計算モデル構築、各種データの入力MFCA計算結果の確認、解析(工程別の負の製品コストとその要因)
4 改善課題の抽出	<ul style="list-style-type: none">材料ロス削減、コストダウンの改善課題抽出、整理
5 改善計画の立案	<ul style="list-style-type: none">材料ロスの削減余地、可能性検討材料ロス削減のコストダウン寄与度計算(MFCA計算)、評価改善の優先順位決定、改善計画立案
6 改善の実施	<ul style="list-style-type: none">改善実施
7 改善効果の評価	<ul style="list-style-type: none">改善後の材料投入物量、廃棄物量調査、MFCAの再計算改善後の総コスト、負の製品コストを計算、改善効果の評価

(2)インターンシップについて

この実証事業は、MFCA の指導者育成を目的としたインターンシップ事業を兼ねたものである。採択された事業者団体等からもインターンが参加し、MFCA 導入アドバイザーの指導で、一緒に MFCA の導入検討を行った。インターンは、別に MFCA 事前研修を受講するとともに、事業委員会での報告と、実証事業報告書を作成した。

(3)実施した実証事業ごとのインターンシップ参加者、事例の特徴

この実証事業は、下表のように、合計 5 件、実施した。

	MFCAを導入した 企業、工場(所在地)	MFCA 導入事例の特徴	実施した 事業者団体	インターン
1	やまと興業株式会社 (静岡県浜松市)	パイプ加工の適用事例 量産型の生産ラインで、設備による曲げ、切断、 接合などで構成され、材料ロスが発生しやすい。 設備メーカーの技術者が検討会に参加したため、 生産技術面で、材料ロス削減の改善方法が具体 的になる効果があった。	浜松 商工会議所	清水 智博 名和 英夫
2	株式会社スミロン (三重県伊賀市)	粘着マット製造における適用事例 量産型の生産ラインで、配合、フィルムへの塗 工、積層、裁断などの工程で構成され、材料ロス が比較的多い。	資源 リサイクル システム センター	阿藤 崇浩 吉見 勝治
3	ティ・エス・コーポレイ ション株式会社 (栃木県小山市)	多品種小ロット、受注生産の精密板金加工におけ る適用事例 ひとつの板の材料から複数の部材を加工し、材料 ロスが多いにもかかわらず、その量的な測定が難 しい場合の MFCA 導入の事例。	エコステージ 協会	斉藤 康男 鈴木 和男 小倉 礁
4	サンワアルテック株式 会社 サンデン株式会社 (群馬県伊勢崎市)	企業間で連結した適用事例 アルミダイカストを行うサンワアルテック株式 会社の工場と、その後の機械加工を行うサンデ ン株式会社の、MFCA 計算の企業間連結事例	日本 BPM 協会	斉藤 好弘 山口 正人 福井 昇
5	JFE 技研株式会社 (神奈川県川崎市)	工事分野における適用事例 建設工事、土木工事分野での MFCA 適用は、お そらく、初めてのもの。 正の製品コスト、負の製品コストという MFCA の 視点だけでは、廃棄物削減やコストダウンに対 して、効果的な情報にならないため、“目的工事” と“目的外工事”という視点で、工事の内容とコス トを層別し、評価に活用した。	川崎市	関 信博 堀川偕範

これらの MFCA 導入事例は、次のような点で意義があった。

- MFCA の適用分野としての未開拓、事例の少ない分野の事例：JFE 技研の工事分野における適用事例、サンワアルテックとサンデンの企業間連結した適用事例。
- 効果的な検討体制で取り組んだ事例：やまと興業のパイプ加工の適用事例では、設備メーカーの技術者が参加し、生産技術面の改善施策が具体的になった。
- 中小企業での MFCA 導入事例：やまと興業、スミロン、ティ・エス・コーポレーションでの事例は、今後の中小企業への普及に向けて効果的な事例となることが期待できる。

第2章 やまと興業株式会社

(パイプ部品加工工程における MFCA 適用事例)

報告書の作成者 (インターン)

浜松商工会議所 清水智博

三遠南信バイタライゼーション浜松支部

コーディネータ 名和英夫

事業の実施主体者 (事業者団体名)

浜松商工会議所

(1)会社概要、工場概要

やまと興業株式会社は、資本金 5,000 万円、従業員数 310 名 (男 158 名 女 152 名 平均年齢 44.5 歳) の自動車部品の製造・開発・販売、光技術応用製品の開発・製造・販売を行っている会社である。

自動車部品事業では、二輪車用のコントロールケーブル・金属製パイプ部品の製造をはじめ、樹脂成形、金型・治工具の製作を行っており、40 年余の実績と独自の技術開発により、高品質で高い信頼性の製品を安定供給している。

また最近では、超高輝度 LED を利用した光技術応用製品の開発・製造・販売の他、実店舗「アヴスウェ」の経営やライト・雑貨販売も行っている。

(2)MFCA導入製品及び工程

今回の MFCA 適用の対象は、本社工場 (静岡県浜松市) で製造されている二輪車のエンジン部分に取り付けられる「オイルパイプ部品」の機械加工工程である。

製造工程は、「曲げ」・「切断」・「面取り」・「洗浄」・「端末」・「ろう付」・「圧検」・「リングはめ」の計 8 工程により行われている。

曲げ工程では、1 本 110g のパイプ材を曲げ・切断するが、その際、1 本あたり 43g の端材、切粉、バリが発生し廃棄されている。

洗浄工程では、水、洗浄液により曲げパイプ材を洗浄する。端末工程では、洗浄済みパイプ材にステー (2 個)、リングろう (2 個) の副材料が取り付けられる。ろう付工程では、端末加工パイプ材をろう付した後、副材料となるシールリング (2 個) が取り付けられ製品が完成する。

製造工程の概要を、図 1-1「製造工程の概要」に示した。

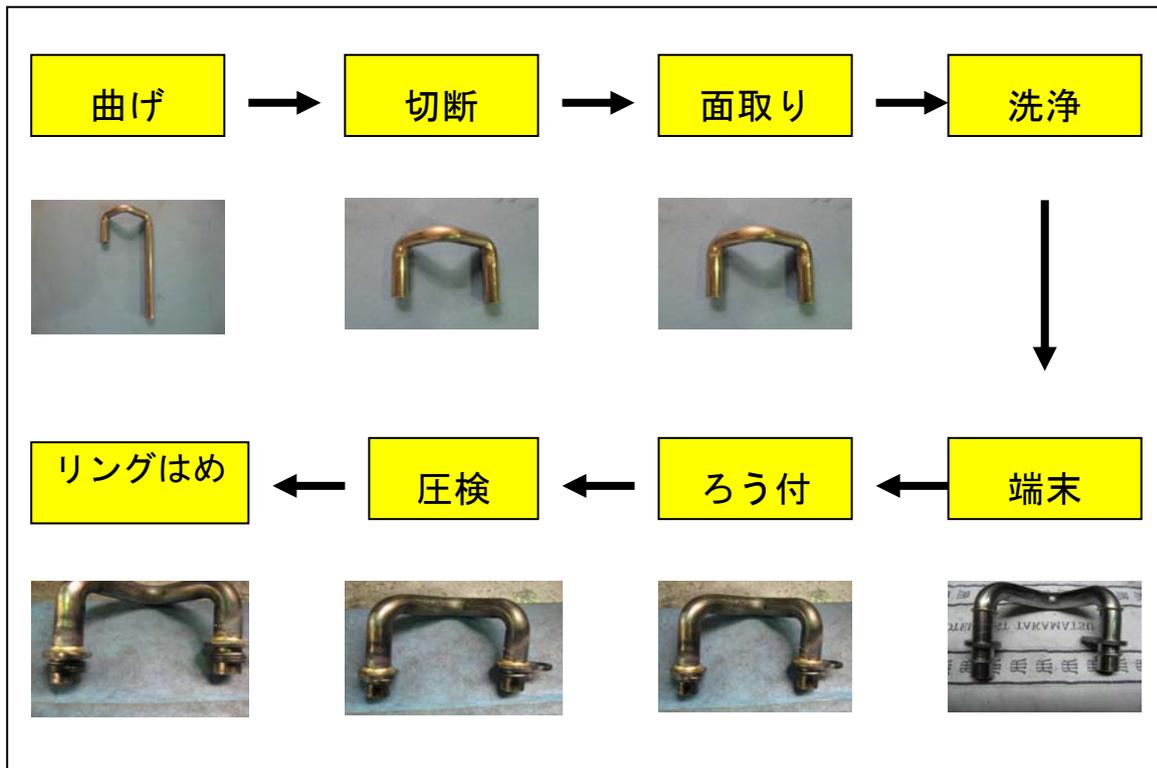


図 1-1 製造工程の概要

(3)MFCA導入の狙い、意図

やまと興業株式会社では、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・法的お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、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、全社をあげて、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。

そこで今回、上記でも述べたとおり、曲げ加工の工程において、1本 110g のパイプ材のうち、その約 40%にもものぼる端材等が廃棄されていることから、こうした製造段階における材料の無駄をなくすことを目的に今回の MFCA の導入に踏み切った。

(4)MFCA計算の基本的な考え方

今回の製造工程は、「曲げ」・「切断」・「面取り」・「洗浄」・「端末」・「ろう付」・「圧検」・「リングはめ」の計 8 工程により行われているが、「曲げ」・「切断」・「面取り」の 3 工程及び「ろう付」・「圧検」・「リングはめ」の 3 工程については、1名の作業員により、同じ場所で行われ、連続的なプロセスになっているため、それぞれ一つの物量センターとして集約した。

その結果、「曲げ」・「洗浄」・「端末」・「ろう付」の 4 つの物量センターを設定し、MFCA 計算モデルを構築した。

そこで、物量センターごとのインプットデータ、アウトプットデータを、図 1-2「物量センターとインプット物質・アウトプット物質」に示した。

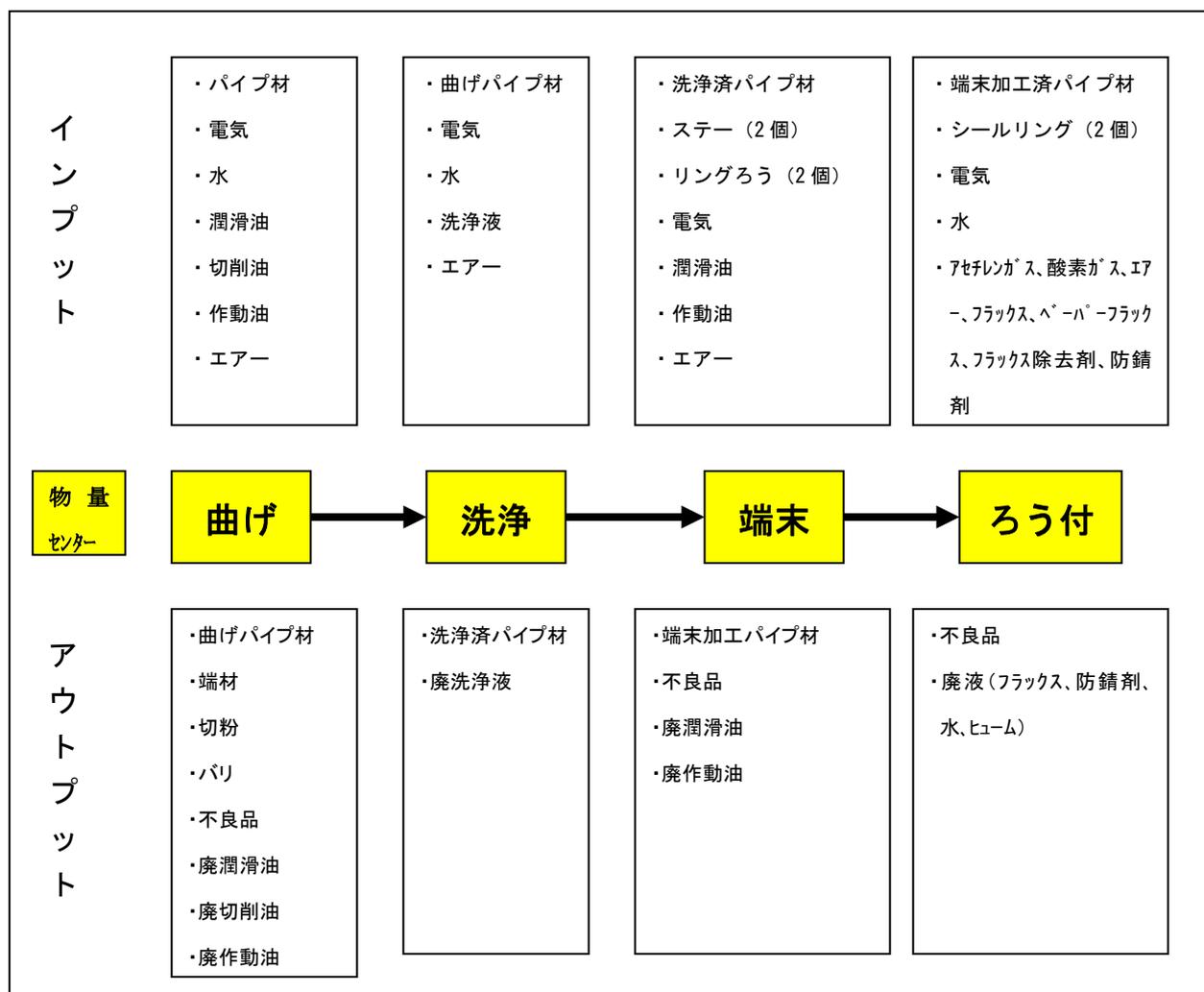


図 1-2 物量センターとインプット物質・アウトプット物質

(5)データの収集期間、方法

データは、各工程における平成 19 年 10 月度 (1 ヶ月) のデータをもとに、各種マテリアルの投入量、排出量、廃棄量、電力消費量、労務費などの実績データを収集し、MFCA の計算を行った。

(6)MFCA計算、分析結果

① マテリアル Input/Output 物量

この事例における加工の工程は全て自社工場で行なっている。

材料の投入とロス計算結果を記述したマテリアルのインプット量、アウトプット量を表 1-1「マテリアル Input/Output 一覧表」に示した。

表 1-1 マテリアル Input/Output 一覧表

MC 項目の分類	項目名 (詳細)	(単位)	曲げ	洗浄	端末	ろう付
主材料	材料の投入物量	(kg)	1,284	780	684	1,161
	正の製品物量	(kg)	780	780	684	1,146
	負の製品物量	(kg)	504	0	0	14
	投入 MC	(円)	339,684	206,296	180,932	507,227
	正の製品 MC	(円)	206,296	206,296	180,932	500,942
	負の製品 MC	(円)	133,388	0	0	6,285
副材料	材料の投入物量	(kg)	0	0	251	15
	正の製品物量	(kg)	0	0	251	15
	負の製品物量	(kg)	0	0	0	0
	投入 MC	(円)	0	0	227,700	633,550
	正の製品 MC	(円)	0	0	227,700	633,550
	負の製品 MC	(円)	0	0	0	0
補助材料	材料の投入物量	(kg)	34	0	0	23
	正の製品物量	(kg)	0	0	0	0
	負の製品物量	(kg)	34	0	0	23
	投入 MC	(円)	8,076	208	0	9,606
	正の製品 MC	(円)	0	0	0	0
	負の製品 MC	(円)	8,076	0	0	9,606
良品 (仕掛品)	生成物の物量合計	(kg)	780	780	935	1,161
	正の製品 MC 合計	(円)	206,296	206,296	408,632	1,134,492
廃棄処理費用	廃棄物の処理物量	(kg)	40	0	0	23
	廃棄処理コスト	(円)	205	11	0	4
リサイクル売却額	リサイクルの売却物量	(kg)	496	0	0	14
	売却価格	(円)	13,246	0	0	101

② データ付きフローチャート

MFCA の計算結果を 1 枚のシートに纏めたものを、図 1-3「データ付きフローチャート」に示した。数値は架空の数値を元にしたものである。なお、数値の単位は円である。

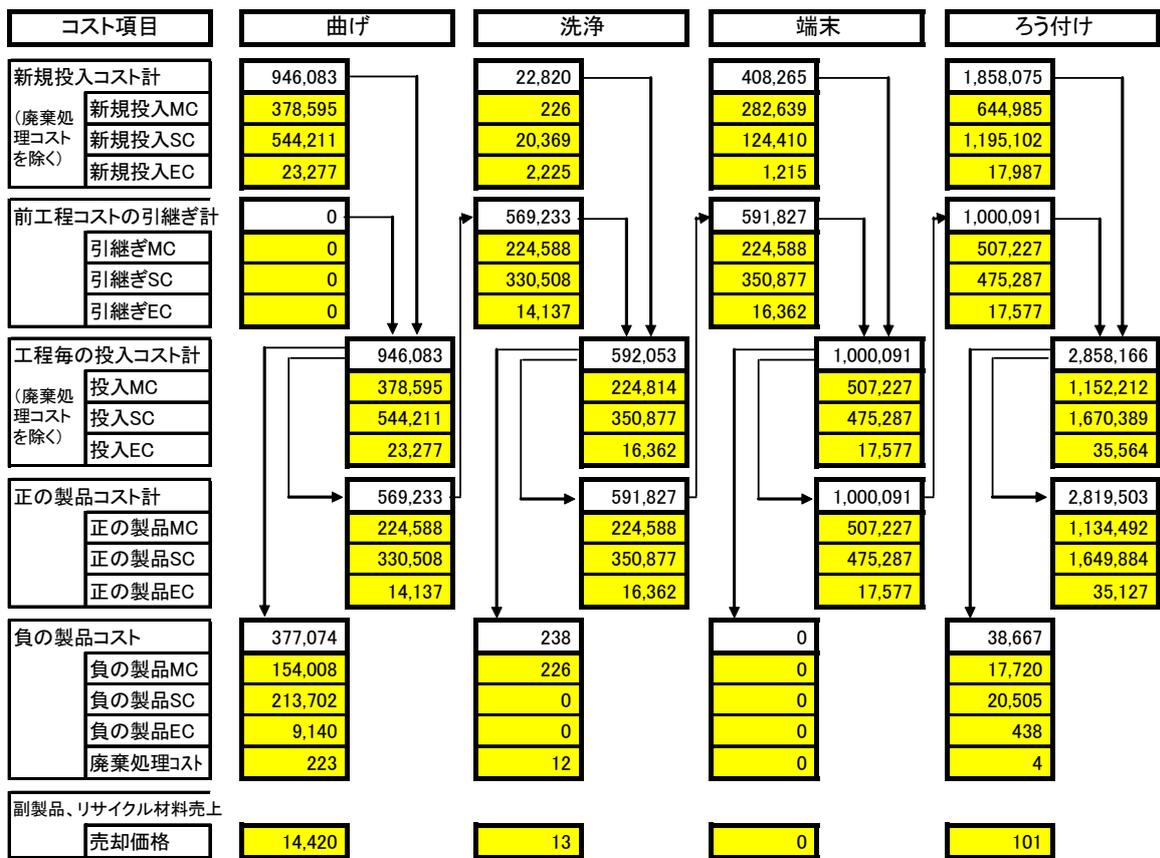


図 1-3 データ付きフローチャート（工程間統合）

③ マテリアルフローコストマトリックス

表 1-2 に「マテリアルフローコストマトリックス」を示した。これも図 1-3「データ付きフローチャート」と同じく、架空の数値に基づいたものである。なお、数値の単位は円である。

表 1-2 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	廃棄処理コスト	計
正の製品コスト (良品)	1,134,492 35.1%	35,127 1.1%	1,649,884 51.0%		2,819,503 87.2%
負の製品コスト (マテリアロス)	171,954 5.3%	9,578 0.3%	234,208 7.2%		415,741 12.8%
廃棄／リサイクル				239 0.0%	239 0.0%
小計	1,306,447 40.4%	44,705 1.4%	1,884,092 58.2%	239 0.0%	3,235,482 100.0%

④ MFCA計算結果概要(コスト比率)

図 1-4 に「MFCA 計算結果概要 (コスト比率)」をグラフに表した。

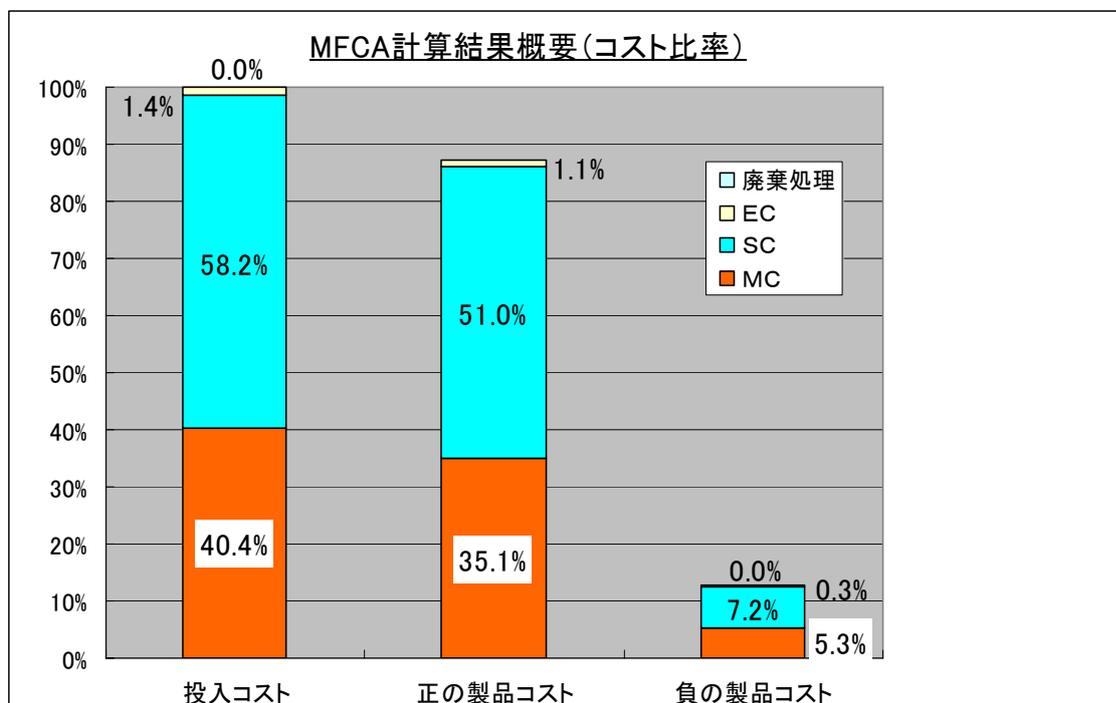


図 1-4 MFCA 計算結果概要 (コスト比率)

(7)ロスの考察と、改善検討結果

1) 図 1-3 「データ付きフローチャート」よりわかったこと

- ・ 曲げ工程では、377,074 円と最大のロスを生じている。内訳としては、マテリアルコストが 154,008 円、システムコストが 213,702 円、エネルギーコストが 9,140 円である。
- ・ 洗浄工程でのロスは 238 円と少ない。
- ・ 端末工程でのロスは 0 円である。
- ・ ろう付工程でのロスは 38,667 円である。内訳としては、マテリアルコストが 17,720 円、システムコストが 20,505 円、エネルギーコストが 438 円である。
- ・ 負の製品コストの約 9 割が曲げ工程で発生しており、ロスのほとんどが端材である。
- ・ 目に見える材料ロス (マテリアルコスト) 以上にシステムコストが多く発生している。

2) 表 1-2 「マテリアルフローコストマトリックス」よりわかったこと

- ・ 1 ヶ月の総コストは、3,235,482 円である。
- ・ 全体的には、正の製品コストは、2,819,503 円 (87.2%)、負の製品コストは、415,741 円 (12.8%) である。
- ・ 費目別には、マテリアルコストが 40.4%、システムコストが 58.2%、エネルギーコストが

1.4%である。

- 全体的には、負の製品コストは思ったほど大きくない。それは、パイプの材料費が副材料のシールリング、リングろうに比べて安価であり、副材料のロスがほとんど無いためである。

図 1-3「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、設備納入業者が共同して、工程ごとに改善対象ロスとその現状を抽出し、表 1-3「改善課題一覧表」を示した。

表 1-3 改善課題一覧表

工程	ロス分類	対象ロス	検討の方向性、重点	改善テーマ
曲げ	MC・SC	パイプ素管の切断の端材	端材の削減	端材の削減
			2個分を1回曲げ	
			型内切断	
			切断代の短縮化	
		型の長寿命化		
		加工時間	簡単段取化によるチャックの共用化・ユニット化	加工時間の短縮
			刃具(面取り用)の超硬化	
ろう付	MC・SC	ろう材	ろう材の小径化によるろう使用量の削減	ろう材使用量の削減、加工時間の短縮
		圧検	圧検方法を水没式から乾式化へ	防錆剤が不要

ここでは、上表の一番上の「端材の削減」という改善課題についての取組みについて以下に示す。曲げ工程において、1本 110g (350mm) のパイプ材を曲げ・切断しており、その際、1本あたり 43g (132mm) の端材、切粉、バリが発生し廃棄されている。それは、負の製品コストの約 9割を占めており、ロスのほとんどが端材という状況である。

その結果を受け、工場の管理者、生産技術者、設備導入業者が共同で、どのような改善策が考えられるかを検討し、下記のように纏めた。

- ① パイプ素管長を現状の 350mm から 473mm へ延長する。
- ② 473mm の素管を現状と同じ方法にて曲げ加工を行い、切断する。
- ③ 473mm のうち、製品に必要とする素管長が 215.5mm、切断歯幅が 2.5mm であることから 255mm の端材が発生する。

- ④ 前回切断素管と上記端材を所定寸法で同時に切断する。
- ⑤ 長さを揃えた素管で2回目の曲げ加工を行う。
- ⑥ 不要部分を切断回収する。
- ⑦ 1本あたりの材料ロスを111mm削減することが可能となる。

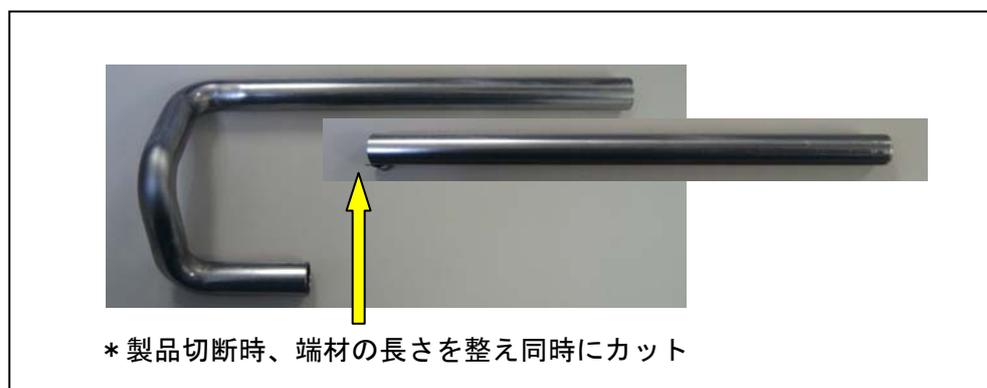


図 1-5 パイプ素材の改善イメージ

上項であげられた改善策に取り組んだ場合を仮定し、MFCA 計算モデルのパラメータを変更し、改善後のコストの見積もりを行った結果、負の製品コストが12.8%から4.8%に削減されることがわかった。

(8)MFCA適用のメリットと適用上の課題

今回のMFCA適用によって、システムコストのロスの大きさに気づくことができた。また、全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性がわかった。

■ MFCAの適用メリット

- ・ 工程改善を表裏一体で図ることができる。
- ・ マネリ化したコストダウン、環境対策の出口探しに有効。
- ・ 現状認識（記録・計数化）の重要性を認識。
- ・ 解決手法ではなく「気づきの手法」である。

■ MFCAの適用課題

- ・ 量産機種^①の海外生産拠点移動により国内に残された多品種・少量・短納期・短期間生産機種へのMFCA適用方法の検討

(9)今後の展開(計画)

今回のMFCA導入により、MFCAが非常に有益なものと認識することができたことから、今後も、別の製品、別工場への展開を図っていく予定である。

また、製品の種類等が異なっても、加工、組立ての工程は共通性が非常に大きいことから、MFCAの工程モデルを可能な限り標準化し、効率的な拡大を図っていきたい。

(10) インターンの所感

MFCAは、総コストのほか、正の製品コスト、負の製品コスト（ロスコスト）を工程別に明確することができるとともに、従来から工程別に管理していた投入量、出来高量、不良品数及びシステムコスト、エネルギーコストが分かりやすく整理されている。

また、材料歩留向上、不良率低減の成果は、MFCA計算モデルの数値をパラメータとして変えるだけで、コストとしての成果を確認でき、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など、非常にメリットの多いツールである。

今後は、今回のインターンの経験を活かし、MFCAの普及活動に努めていく所存である。

(以上)

第3章 株式会社スミロン

(粘着マット製品製造における MFCA 適用事例)

報告書の作成者 (インターン)

特定非営利活動法人 資源リサイクルシステムセンター

阿藤 崇浩、吉見 勝治

事業の実施主体者 (事業者団体名)

特定非営利活動法人 資源リサイクルシステムセンター

(1)会社概要、工場概要

株式会社スミロンは、資本金 9 千 6 百万円、従業員 138 名の工業用粘着テープ製造を行っているメーカーである。年間 61 億円の売上になっている (平成 18 年度)。

工業用粘着テープの内訳としては、建材・金属板用表面保護フィルム、自動車塗膜保護フィルム、光学用部材保護フィルム、機能性保護フィルム、粘着マット、電子部材用クリーニングテープなどがあり、その用途は多岐にわたっている。

(2)MFCA 導入製品及び工程

今回の MFCA 適用の対象は、株式会社スミロン三重工場 (三重県伊賀市、従業員数 45 名) で製造されている「粘着マット製品」を対象とし、その製造工程の概要を、図 2-1「製造工程の概要」に示す。

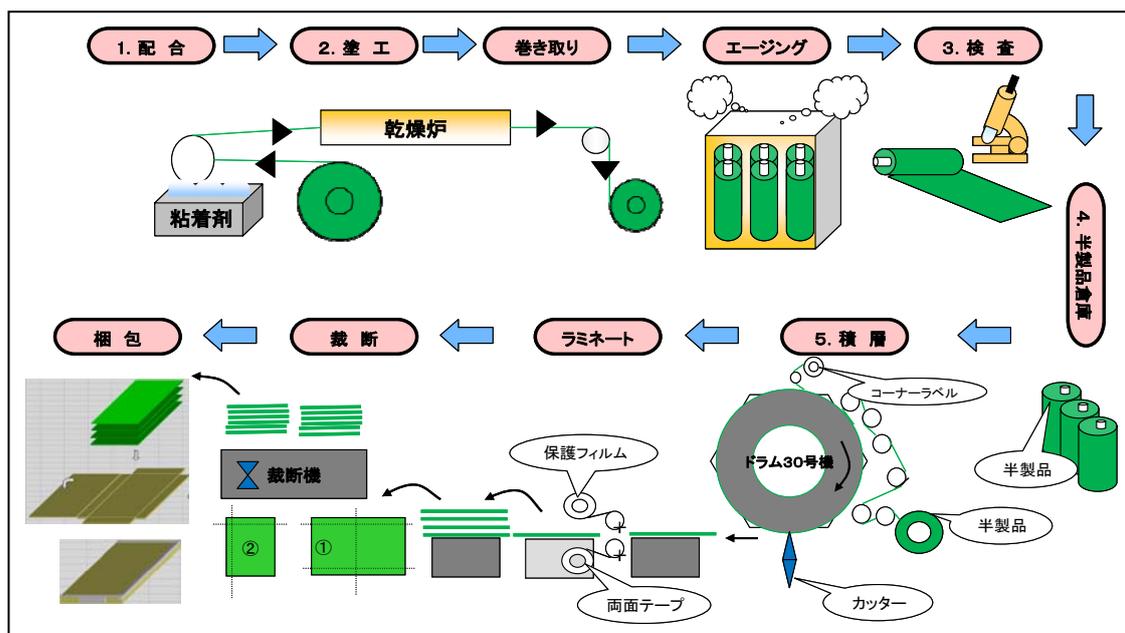


図 2-1 製造工程の概要

配合の工程では、PE フィルムに塗布させる粘着剤の配合を行う。次に塗工工程において、PE フィルム基材に粘着剤を塗布させ、巻き取り工程を経た後に、エージング工程において、粘着剤を PE フィルムに定着させる。粘着剤が定着した塗布済みフィルムはいったん半製品倉庫で保管された後に、塗布済みフィルムを積み重ねていく工程である積層工程に投入され、積層された後に適切な大きさにカットされる。これらのカットされた積層済みマットにラミネート工程において保護フィルムと両面テープを貼った後、裁断工程において製品としてのサイズに再びカットされ、梱包され出荷される。

(3)MFCA 導入の狙い、意図

今回、株式会社スミロン三重工場が MFCA を導入しようとした目的の一つには、工程におけるロスの状況を正確に把握し、それらを金額として把握することにより、工程改善・コスト削減のための基礎データを収集すること、さらにそれらの基礎データをもとに、ロス対策のための投資の意思決定の一つの材料とすることがあげられる。また、すでに認証取得済みの ISO9001、ISO14001 の活動を「ロスの低減による環境負荷の低減」という切り口から結びつけ、両者の活動をさらに進んだものとしていくことを意図している。さらに、同時期に取組みを行っていた、環境適合設計 (DfE) 及びライフ・サイクル・アセスメント (LCA) との将来的な連携の可能性を探ることがあげられる。

(4)MFCA 計算の基本的な考え方

MFCA を導入するにあたって、下記の点に注意した。

① マテリアルコストに関して

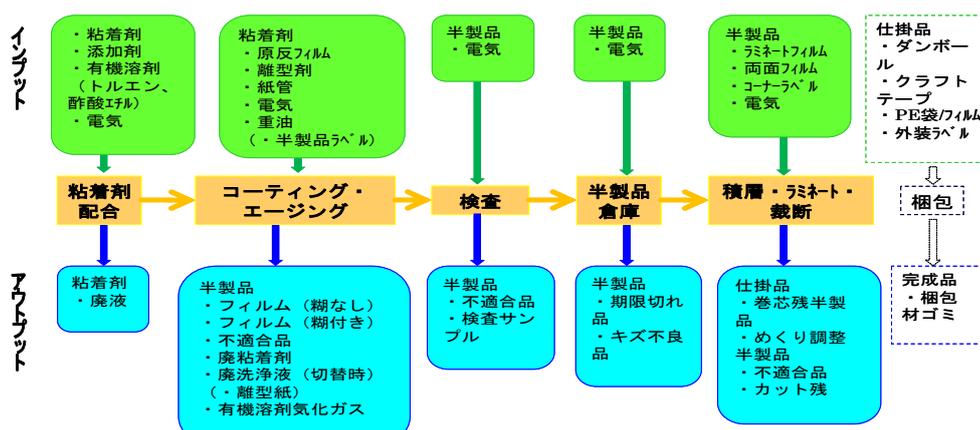


図 2-2 物量センターとインプット物質・アウトプット物質

- 粘着マットの製造工程に関しては上記図 2-1 に示すとおりだが、MFCA の物量センターの定義を、作業期間及びデータ収集の手間、作業員が行っている作業単位を考え、下記の 5 つの物量センターに集約した。また、それぞれの物量センターごとのインプットデータ、アウトプットデータを図 2-2 「物量センターとインプット物質・アウトプット物質」に示す。なお、梱包工程にかかる

付属品は重量がわずかであるので対象から除いた。

② エネルギーコストに関して

- 工場全体の生産量のデータをもとに、稼働時間、工数により配分を行った。

③ システムコストについて

- エネルギーコストと同様に工場全体の生産量のデータをもとに稼働時間、工数により配分を行った。

(5)データ収集期間、方法

データは、各工程における 35 期実績（2006 年 9 月～2007 年 8 月）のデータをもとに、各種マテリアルの投入量、排出量、廃棄量、電力消費量、労務費、経費などの実績データを収集し、そのデータを下に MFCA を実施している。

(6)MFCA 計算、分析結果

①マテリアル Input/Output 物量

材料の投入とロス計算結果を記述したマテリアルの Input/Output 物量を表 2-1「マテリアル Input/Output 一覧表」に示す。

MC 項目の分類	項目名 (詳細)	(単位)	粘着材配合工程	塗工・エー ジング工程	検査工程	半製品 倉庫	積層・ラミ ネート・裁 断工程
主材料	材料の投入物量	(kg)	23,000	37,000	87,000	87,000	87,000
	正の製品物量	(kg)	23,000	9,000	87,000	87,000	75,000
	負の製品物量	(kg)	0	29,000	1,000	0	13,000
副材料	材料の投入物量	(kg)	14,000	84,000	0	0	9,000
	正の製品物量	(kg)	14,000	79,000	0	0	9,000
	負の製品物量	(kg)	0	5,000	0	0	1,000
補助材料	材料の投入物量	(kg)	0	0	0	0	0
	正の製品物量	(kg)	0	0	0	0	0
	負の製品物量	(kg)	0	0	0	0	0
良品(仕掛品)	生成物の物量合計	(kg)	37,000	87,000	87,000	87,000	83,000
廃棄処理費用	廃棄物の処理物量	(kg)	0	28,000	0	0	0
リサイクル売却額	リサイクルの売却物量	(kg)	0	6,000	1,000	0	13,000

表 2-1 マテリアル Input/Output 一覧表

②データ付きフローチャート

MFCAの計算結果の概要を「図2-3 データ付きフローチャート」に示す。通常MFCAのコスト費ごとに作成するが、ここでは紙面の関係から1枚のシートにまとめた。数値は、架空の数値を元にした、粘着マット製品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2-3のフローチャートからは、特に塗工・エージング工程、積層・ラミネート・裁断工程における負の製品コストが多いことがわかる。

MFCA計算結果(データ付フローチャート:工程間統合)

コスト項目	配合	塗工・エージング	検査	半製品倉庫	積層・ラミネート
新規投入コスト計 (廃棄処理コストを除く)	11,621,000 新規投入MC 9,474,000 新規投入SC 2,129,000 新規投入EC 19,000	41,016,000 31,210,000 6,318,000 3,489,000	130,000 0 108,000 22,000	96,000 0 53,000 44,000	22,870,000 16,259,000 5,768,000 844,000
前工程コストの引継ぎ計	0 引継ぎMC 0 引継ぎSC 0 引継ぎEC 0	11,621,000 9,474,000 2,129,000 19,000	39,145,000 31,576,000 5,041,000 2,529,000	39,099,000 31,435,000 5,125,000 2,539,000	39,195,000 31,435,000 5,178,000 2,583,000
工程毎の投入コスト計 (廃棄処理コストを除く)	11,621,000 投入MC 9,474,000 投入SC 2,129,000 投入EC 19,000	52,637,000 40,684,000 8,447,000 3,507,000	39,274,000 31,576,000 5,148,000 2,551,000	39,195,000 31,435,000 5,178,000 2,583,000	62,065,000 47,694,000 10,946,000 3,426,000
正の製品コスト計	11,621,000 正の製品MC 9,474,000 正の製品SC 2,129,000 正の製品EC 19,000	39,145,000 31,576,000 5,041,000 2,529,000	39,099,000 31,435,000 5,125,000 2,539,000	39,195,000 31,435,000 5,178,000 2,583,000	54,781,000 42,401,000 9,435,000 2,946,000
負の製品コスト	0 負の製品MC 0 負の製品SC 0 負の製品EC 0 廃棄処理コスト 0	13,584,000 9,108,000 3,407,000 978,000 92,000	175,000 142,000 24,000 12,000 0	0 0 0 0 0	7,284,000 5,293,000 1,511,000 481,000 0
副製品、リサイクル材料売上	0 売却価格	6000	40	0	12000

図2-3 データ付きフローチャート

③マテリアルフローコストマトリックス

表2-2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2-4「データ付きフローチャート」と同じく架空の数値に基づいたものである。この表の数値も単位は円である。

表 2-2 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	廃棄処理コスト	計
良品	40,300,000	2,700,000	8,900,000		51,900,000
(正の製品)	53.3%	3.6%	11.8%		68.7%
マテリアルロス	16,600,000	1,600,000	5,400,000		23,600,000
(負の製品)	22.0%	2.1%	7.1%		31.2%
廃棄/リサイクル				90,000	90,000
				0.1%	0.1%
小計	56,900,000	4,300,000	14,300,000	90,000	75,590,000
	75.3%	5.7%	18.9%	0.1%	100.0%

(7)結果の考察

MFCA を実施してみて、以下のことが明らかになった。

1) 表 2-2 から明らかになったこと

- ・ マテリアルコストの比率が **75.3%**と高い。
- ・ エネルギーコストは **5.7%**。
- ・ システムコストは **18.9%**と少ない。
- ・ 負の製品が **31.2%**と大きい

上記結果より、マテリアルコストの削減を重点に活動していく必要性が高いと考えられる。

これらの比率をグラフ化すると以下ようになる。

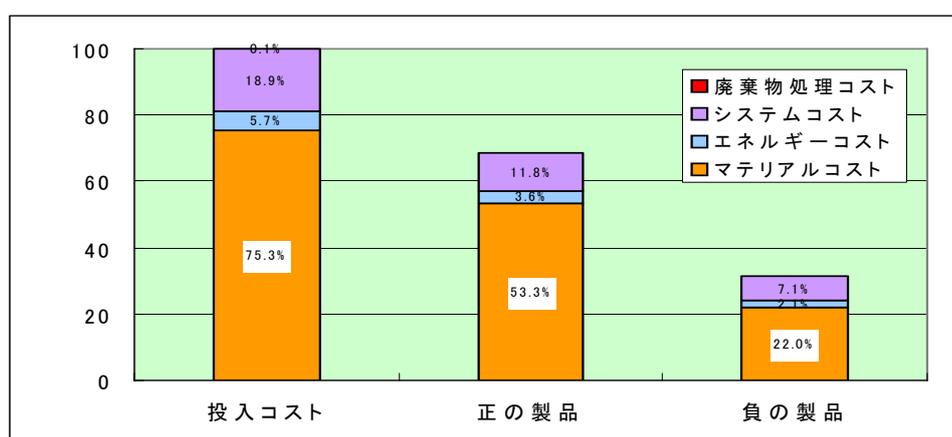


図 2-4 コスト比率

2)表 2-1 及びその他のデータから明らかになったこと

- ・ 配合済み粘着剤は、粘着剤+溶剤+添加剤・抗菌剤のインプットで、そのうち特に溶剤については次工程へ受け渡しできたのは **22%**のみで、**78%**がロスとなっている。
- ・ 一方、塗工・エージング工程における原反フィルムは、年間のインプットマテリアルコストとして

は最も製品構成比が高く約 3000 万円であるが、ロスは 9%程度であった。

・積層・ラミネート・裁断工程ではカットロスが約 500 万円/年で、この工程の投入に対しては 18%のロスであった。

(8)改善検討結果

前項の結果をもとに、特に負の製品コストの大きい塗工・エージング工程、積層・ラミネート・裁断工程におけるマテリアルロスの低減にどのような改善策が考えられるかを、担当でグループディスカッションしていただき、その結果を下記の表にまとめた。

表 2-3 改善検討項目一覧表

工程	ロス区分	対策NO	対象ロス	ロス現状	検討の方向性、重点	改善の制約条件、技術課題	改善テーマ	改善優先度	改善目標値	コスト削減金額
塗工・エージング	MC	1	有機溶剤気化ガス	8.4%	溶剤配合量減らして塗工する	糊面の平滑塗工、糊すじ、テレスコープ	溶剤配合量の削減による天然資源使用抑制	7	50%削減	90 万円/年
		2	工程ロス	7.4%	不良削減	他の対象ロスと相関する	糊とび、テレスコープの削減による廃棄物の削減	—	—	—
		3			940・1250 幅を 1250 幅ワンサイズ塗工し、600 サイズ 2 丁取りする。	歩留まりロス状況の確認が必要	切り替えロスの削減による天然資源抑制	6	MC では効果なし SC で 25%削減	
		4	規定ロス	7.3%	フィルム厚を 5 μ 薄くする	剥すときの強度アップ(剥しラベルを大きくする)、テレスコープ	フィルム厚の薄膜化による天然資源抑制	4	9%削減	300 万円/年
		5			原反フィルムの取り合わせロスを削減する	原反購入幅を縮小と同時に交渉できるようにする	巻m数の削減(40m)による天然資源抑制	2	1.4%削減	40 万円/年
積層・ラミネート・裁断	MC	6	カットロス	18.0%	有効幅 920→900、1,230→1,200 で塗工	B ロール幅、耳折れ、テレスコープ	コーティング幅の縮小による天然資源抑制	1	2%	60 万円/年
		7			1,000→930 幅	貼り付け精度向上	両面テープ幅縮小による天然資源抑制	3	5%削減	65 万円/年
		8			ドラム円周を 7,560→7,200 mmへ	機械改造方法	積層ドラム円周の縮小(360 mm)→20m/ドラムによる廃棄物削減	8	5%削減	150 万円/年
		9			保護フィルムを無くす	具体的な生産方法	保護フィルムの廃止による天然資源抑制	—	—	—
		10			ラミネーター前に1枚めくらない、ラベルなし積層やめる	ドラムから製品を取り出す工夫とラベル同期化	積層枚数の削減(1~2枚/ドラム)による天然資源抑制	5	2%削減	60 万円/年
		11			裁断ロスを減らすために積層ドラムでラミネートした後、裁断できるようにする	機械改造方法	裁断ロスの削減による廃棄物削減	—	—	—

上記のように様々な検討を行っていただいた結果、改善効果が高く、また技術的にも比較的取り組みやすい対策 NO1、3 及び 4 に取り組んだ場合を仮定し、MFCA 計算モデルのパラメータを変更し、改善後のコストの見積もりを行ってもらい、負のコストが 31.3%から 27.5%に削減されることがわかった。

(9)今後の取組みに向けて

今回 MFCA に取り組んでみて、株式会社スミロン三重工場の担当者からは

- ・ 全てのロスが工程ごとに明確になった。特にマテリアルコストだけでなく、システムコスト、エネルギーコストの見えないコストが明確になったことに非常に意義がある。
- ・ 製品 1 m²あたりの製品コストが明確になった。
- ・ MFCA 計算ツールを利用することにより、投資と効果のシミュレーションを行うことが可能となった
- ・ 今後はこれらの実施結果を全社員と共有し従業員の意識向上に役立てていくことが期待できる。
- ・ 今回、同時期に取り組んでいたライフ・サイクル・アセスメント (LCA) の結果とあわせて、製品そのものの環境負荷低減と工程ロス削減の両面から改善を一層進めていくことが可能となった。

といった感想をいただいた。

株式会社スミロンでは、今回は三重工場での取組みであったが、全社的な取組みへと活動を広げ、さらなる環境調和型経営の推進を行っていく予定である。

(10)インターンの感想

従来、工程内の環境負荷といえば、マテリアルロスに目がいきがちだったが、MFCA 導入によりエネルギーロス、さらにはシステムコスト上のロスが明確になり、それらのマテリアルコストに対するの比率が想像以上に高く、対策の重要性を再認識させられた。

企業における環境負荷低減は、企業の活動と企業がリリースする製品・サービスの両面からの取組みが不可欠であるが、MFCA の導入で金額的にその大きさが把握できることは企業の環境対策のモチベーションにも大きくつながっていくものと考えている。

今回はじめて実証事業にコンサルタント補助のインターンとして参加したが、

- ・ 「MFCA 簡易計算ツール」のより一層の利便性の向上
- ・ 実施企業の MFCA 導入をよりスムーズにするため、「MFCA 簡易計算ツールの使用マニュアル」に、より沿った形での導入コンサルティング実施

の必要性を強く感じた。

まだまだ MFCA の導入企業は多いとはいえないが、今後は、当センターがかねてより提供している数々の環境調和型経営手法のうち

- ・ ライフ・サイクル・アセスメント（LCA）の、インパクト評価手法との連携
 - ・ MFCA の結果を受けての改善策検討の際の Q F D E（環境品質機能展開）手法の活用
- なども視野に入れて、MFCA を有効な環境調和型経営のツールの一つとして総合的に幅広く普及啓発に努めていく。また、MFCA のより一層の普及のためには、導入ツールのアップグレード、コンサルティング手法・コンサルタントのレベルアップ、地方経済産業局など関係諸機関との効果的な連携など、普及を進めていく側のしっかりとした体制整備が重要である。

(以上)

第4章 テイ・エス・コーポレーション株式会社

(多品種小ロットの精密板金加工における MFCA 適用事例)

報告書の作成者 (インターン)

富士ゼロックス株式会社 齊藤 康男
株式会社 KAZ コンサルティング 鈴木 和男
富士通エフ・アイ・ピー株式会社 小倉 礁

事業の実施主体者 (事業者団体名)

有限責任中間法人 エコステージ協会

(1)会社概要、工場概要

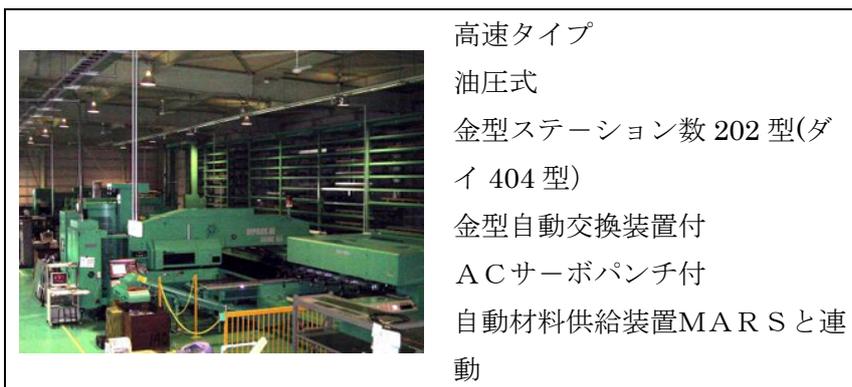
テイ・エス・コーポレーション株式会社 (以下、導入企業とする) は、通信機器を中心とした精密板金部品、機械加工部品の加工から機構・装置組立までの一貫製造を行っている企業である。

1)会社概要

商号 : テイ・エス・コーポレーション株式会社	製造品目 : 通信機器・情報機器・電気制御機器・電源機器
所在地 : 【本社】 東京都品川区中延 4-12-6 【工場】 栃木県小山市梁 2333-8	●ノード・ルーター装置部品
創業 : 1944年3月5日	●電源部品
資本金 : 20,400,000円	●光伝送装置部品
社員数 : 47名	●IP 関連部品
工場施設 : 地面積 : 7,788m ² 床面積 : 4,963m ²	●ワイヤレス装置部品
事業内容 : 精密板金・プレス加工、 ユニット・装置組立	

2)会社の特徴

金属プレス加工・金型製造と精密加工分野で永年蓄積してきた技術を基礎にして、小ロット多品種生産への対応を強化する為に、先進的にNC化・自動化を進めながら精密板金加工分野の高度化を進めてきている。昨今の、顧客ニーズの多様化・高度化・複合化への対応として、部品加工に留まらずモジュール化・ユニット化をベースとした装置一貫の製造体制を確立し、社内に、設計部門・製造ライン部門・管理部門のセキュリティを含めた最新のLAN環境を構築し、顧客からの3D-CADデータを始めインターネットを活用したデザイン情報・一般データ・EDI情報へのインターフェースを実現している。



高速タイプ
 油圧式
 金型ステーション数 202 型(ダイ 404 型)
 金型自動交換装置付
 ACサーボパンチ付
 自動材料供給装置MARSと連動

図 3-1 NC タレットパンチプレス機

3)工場の特徴

工場では、顧客からの受注図面に従って、原材料となる鋼板に外形・成形加工、曲げ加工、組立を施し、検査工程を経て製品として出荷している。メッキ・塗装工程については外注している。

工場は敷地内の 2 棟からなり、加工・組立・検査を中心とした棟と、組立・JIT(Just-in-time)納入対応倉庫としての棟からなる。



図 3-2 工場(西棟)概観



図 3-3 工場(東棟)概観

4)環境への取組み

同社の環境経営への取組みとして、第三者認証環境マネジメントシステムであるエコステージ(ステージ1)を2006年6月に認証取得(認証番号 EST-104)しており、環境保全・対策へ積極的な活動を展開している。

5)MFCA からみた特徴

マテリアルフローコスト分析の観点から見た導入企業の業務上の特徴を表 3-1 に示す。

表 3-1 マテリアルフローコスト分析の観点から見た特徴

(1)	・工場では、精密機械のフレーム類などの板金プレス加工と、それらの組立を実施。
(2)	・メッキ、塗装等の工程は外注。
(3)	・顧客からの受注は、小ロット多品種のものが主。
(4)	・受注から納品までの期間が短く、中長期的な生産計画が立て難い状況。
(5)	・使用する原材料のステンレス鋼・鉄板・アルミ板は、各々に複数の材質と板厚が存在し、材料種類が数 10 種以上になる。

(2)MFCA 導入の狙い、意図

現在、精密板金加工業をめぐる社会情勢は厳しさを増してきている。納入先となる大手企業からの注文は、低価格・高品質・短納期が前提条件となっており、3つの条件を他業者と競争して勝ち抜いていかなければならない。

低価格については、昨今、大手企業工場の中国・東南アジア等への海外進出に伴い、国内生産では太刀打ち不可能な低価格大量生産が実現してきているため、大ロット製品は大半が海外生産へと移行している。そのような中、導入企業は、国内企業の生き残り戦術として、小ロット多品種・短納期という大手企業の注文に即時対応していくという方法を選択している。価格面では、さらに、国内企業間の競争も存在する。首都圏近郊に立地するのは、時間的には有利な面はあるものの、人件費から見ると地方企業よりも割高となってしまう、競争が激しくなるにつれ受注単価も抑えられてしまい厳しい状況が増している。さらに、この1～2年における原材料価格や原油価格の高騰により、コスト面で会社経営が非常に圧迫されてきている。これらの悪条件に対し、従業員の効率化努力などにより対処しているのが現状である。

このような、厳しい状況であるが故に、ロスの改善によるコスト削減・利益創出が明示できることを MFCA に期待している。それにより、改善活動に対する従業員の取組み意欲を増進させること、生み出される利益を従業員へ還元させること、ひいては、地域の安定雇用に結びつくことを成果として期待している。

(3)MFCA 適用対象製品(原材料)及び工程

MFCA 適用の対象とした製品と工程は以下のとおりである。

・対象製品(原材料):ステンレス鋼板

[選択理由]

導入企業は、小ロット多品種での受注生産を行っており、製品数が非常に多く、恒常的に量的に優先する製品を特定することはできない。従って、生産される製品には繰り返し性が乏しく、本事例で仮に製品を決めて MFCA 計算を実施したとしても、その結果をそのまま他製品に適用することは難しい。

一方、導入企業の製品は、金属板1枚から製造されるものが大半を占め、原材料となる金属板の違いによる工程の違いはほとんどない。また、通常、1枚の板から複数種類の製品を抜いて加工することから、製品に着目して MFCA を行う場合、製品1つあたりの原材料量を特定することが難しいと考えられる。

そのため、本事例では、インプットとなる原材料に着目し、主要原材料となるステンレス鋼(板厚1.5mm)単位でマテリアルフローを追跡することとした。

なお、導入企業が原材料として扱っている金属板は、材質別でステンレス鋼、スチール材、アルミ

材等があり、さらにそれぞれの材質に対し、数種類から 20 数種類の板厚種類がある。
 適用対象とした SUS430-2B・板厚 1.5mm は、導入企業で扱っている原材料の中で、比較的、安定的に使用量の上位を占めるものである。

・**工程**

対象としたステンレス鋼の一般的な製造工程の概要を図 3-4 に示す。

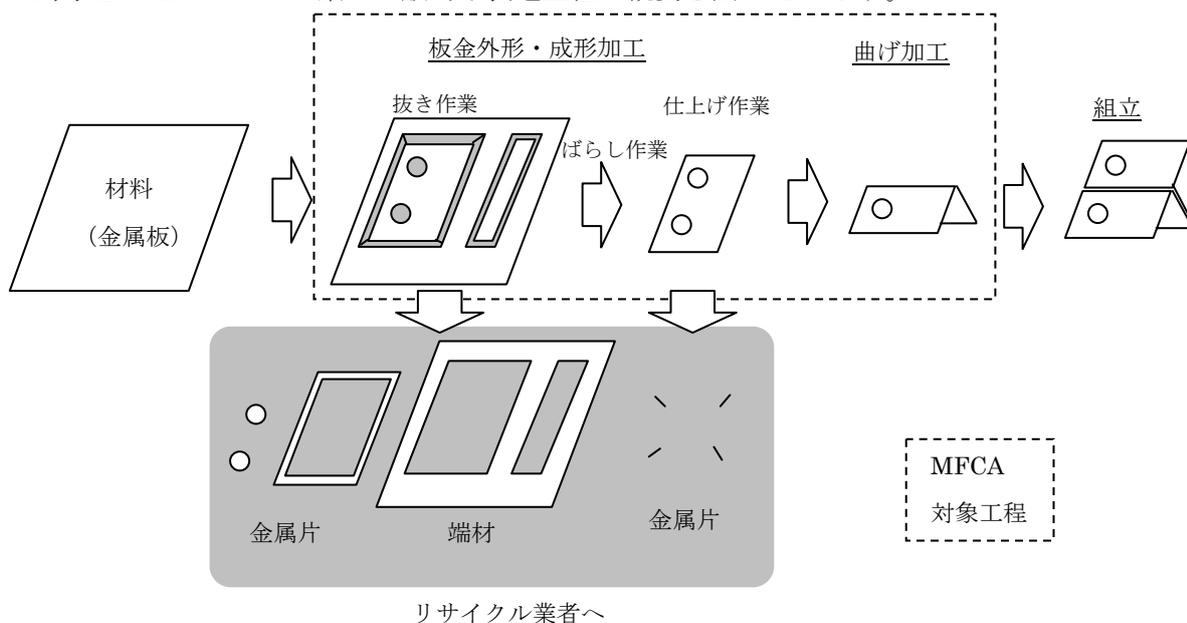


図 3-4 製造工程の概要

各々の工程の特長は以下のとおりである。

表 3-2 各工程の特長

工 程		特 長
板金外形・成形加工	抜き作業	NC（数値制御）タレットパンチプレス機械や NC レーザにより、材料となる金属板から受注図面に従って DNC（コンピュータによる直接数値制御）運転で穴を開ける作業。穴として抜かれた金属片は、材質別に集めてリサイクル業者引渡しとしている。
	ばらし作業	材料板と抜き取り対象の製品部分とのつなぎ部分を手作業で外す作業。製品部分を抜かれた端材は、材質別に集めてリサイクル業者引渡しとしている。なお、端材について十分に面積が確保できる場合は、再度、抜き作業に回す場合がある。
	仕上げ作業	ばらし作業後に、材料板とのつなぎ部分などに残る出っ張りをヤスリ等でバリ取りをする作業。微細な金属粉が発生する
曲げ加工		受注図面に従って、高精度 AC サーボ駆動ベンダー等を用いて製品板を曲げる作業。抜き加工に失敗した製品板は、段取り調整用としてストックされる。
一次検査		各種部品について、顧客要求仕様書に対するチェックを行う。
組立		各種機構部品について、リベット止め・ネジ止め等の加工を行いユニットやモジュールを完成させる作業。
最終検査		顧客要求仕様書に対して、厳重な最終チェックを行う。

[選択理由]

上記に示した一連の製造工程から、MFCA で着目点となる材料、エネルギー、システム（加工）の投入量・ロス量についてみると、板金外形・成形加工および曲げ加工工程での発生が多いと予測された。したがって本事例では、板金外形・成形加工、曲げ加工を MFCA 対象工程とした。（図 3.1 参照）

(4)MFCA 計算の基本的な考え方

MFCA 対象工程における物量センターは、「抜き加工」と「仕上げ加工」とした。物量センターの範囲を図 4.1 に示す。

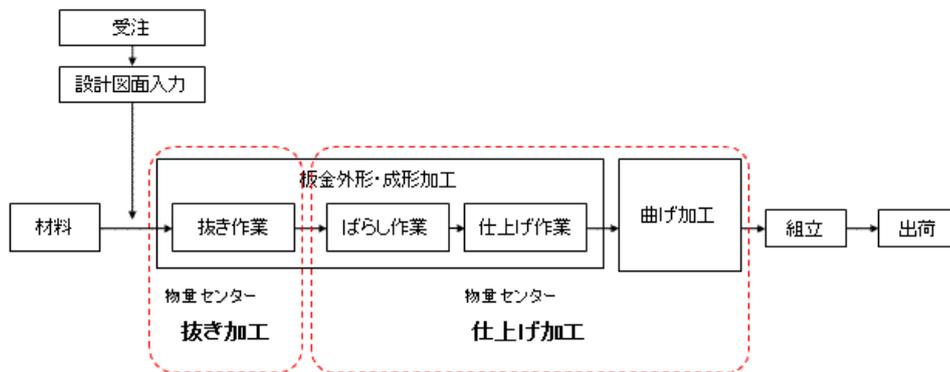


図 3-5 製造工程と物量センターの範囲

このうち、マテリアルロスが多いと考えられることから、MFCA 計算上重要となる「抜き加工」のマテリアルフローを図 3-6 に示す。

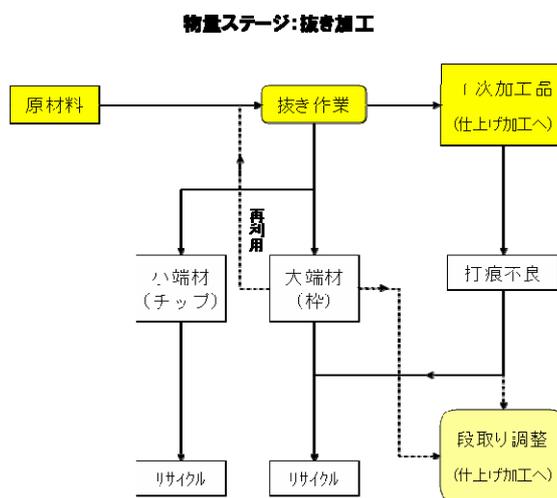


図 3-6 抜き加工のマテリアルフロー

各物量センター部分の測定データ等については、以下の手順で検討を行った。

①全製品に対する対象材料分の比率

本事例は、製品単位ではなく原材料単位で MFCA を実施することとした。そのため、会社全体でしか把握できないデータの按分などの目的で、調査対象とした材料が占める割合を把握する必要がある。原材料全体に全体に占める対象材料比率は以下のようにして求めた。

$$\text{対象材料比率} = (\text{対象材料使用枚数} \times \text{材料単価}) / (\text{材料購入費} - \text{外注無償支給材料費})$$

②対象材料におけるロス量

これまで、製品の歩留り率は、原材料板1枚ずつについては設計指示書の図面より把握可能であったが、設計図面の引き方により、材料1枚ごとの歩留率のバラツキは非常に大きく、全体の量は把握していなかった。なお、原材料板へ製品図面を割り当てるレイアウト作業をネスティングと呼ぶ。抜き作業における原材料と部品および端材との関係を図 3-7 に示す。

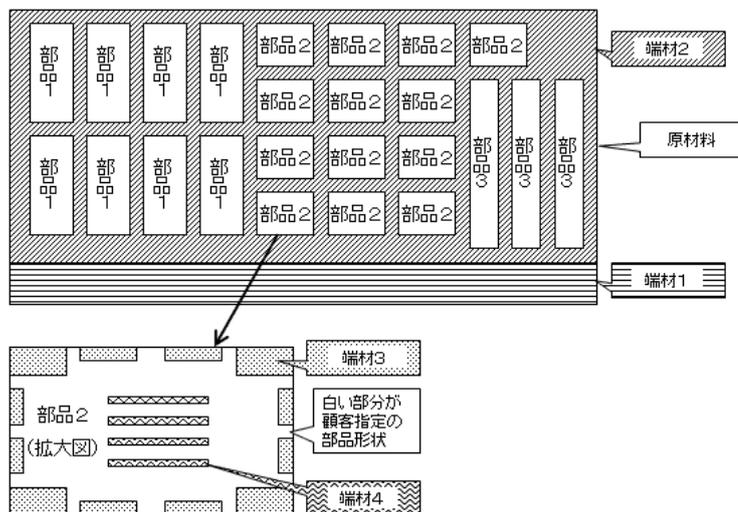


図 3-7 抜き作業における原材料と部品との関係

抜き加工では、端材1～4と4種類の端材が発生する。各端材の特長を表 3-3 に示す。表 3-3 より、本検討においてはロス軽減の効果が高いと考えられる端材1、2について詳細データを把握することとした。

表 3-3 端材タイプ別の特長

端材タイプ	ロスの大きさ	測定可能性	改善可能性と改善余地	MFCA 計算上の区分
端材1	非常に大きい	非常に容易	改善余地も大きいですが、設備メーカーでないと改善不可能	負の製品
端材2	非常に大きい	ある程度可能	自社で改善可能で、改善余地も大きいと判断。	負の製品
端材3	ある程度大きい	非常に大変 (図面形状を物差しで測定する必要がある)	改善の余地はあるが難しい。 (顧客仕様に依存する。現在のCAD/CAMのネスティングでは自動でできない。改善余地は小さく手間がかかる。)	正の製品
端材4	小さい		改善不可能。 (顧客仕様に完全に依存し、抜きがなくなっても、材料の使用量は変わらない。)	正の製品

端材1、2の発生量を把握するために、調査期間中のNCタレットパンチ機械への設計指示書毎のデータを整理し、インプットとなる原材料投入量とアウトプットとなる製品生産重量を求めた。設計

指示書から転記したデータサンプルを表 3-4 に示す。

表 3-4 材料投入とロス集計表(サンプル)

SUS430-1.5		(未使用の材料の使用時の枚数、端材使用時は、枚数をゼロにする)										2007/11/01~2007/11/14	
機種名称	指示書番号	材料寸法1	材料寸法2	使用枚数	使用材料重量	図番	個数	幅	長さ	板厚	比重	生産重量	歩留り
	1.83	1		2	43.646		20	0.57	0.049	1.5	7.95	6.682	
					0.000		4	0.4722	0.0303	1.5	7.95	0.682	
					0.000		7	0.4093	0.0584	1.5	7.95	1.995	
	1.83	1		1	21.823		6	0.57	0.04915	1.5	7.95	2.005	
					0.000		28	0.4093	0.0584	1.5	7.95	7.981	
	1.83	1		1	21.823		42	0.4722	0.0303	1.5	7.95	7.166	
	1.83	1		1	21.823		3	0.769	0.0905	1.5	7.95	2.490	
					0.000		16	0.2161	0.34125	1.5	7.95	14.070	
	2	1		1	23.850		3	0.28145	0.119	1.5	7.95	1.198	
					0.000		3	0.26627	0.1054	1.5	7.95	1.004	
					0.000		16	0.2161	0.34125	1.5	7.95	14.070	
	2	1		1	23.850		3	0.28145	0.119	1.5	7.95	1.198	
					0.000		3	0.26627	0.1054	1.5	7.95	1.004	
					0.000		16	0.2161	0.34125	1.5	7.95	14.070	
	2	1		1	23.850		7	0.26627	0.1054	1.5	7.95	2.343	
					0.000		16	0.2161	0.34125	1.5	7.95	14.070	
	2	1		1	23.850		19	0.27275	0.10455	1.5	7.95	6.461	
	2	1		1	23.850		5	0.13917	0.0217	1.5	7.95	0.180	
					0.000		42	0.11225	0.035	1.5	7.95	1.968	
					0.000		42	0.06525	0.035	1.5	7.95	1.144	
					0.000		13	0.3123	0.05884	1.5	7.95	2.849	
					0.000		8	0.026	0.02622	1.5	7.95	0.065	
					0.000		4	0.0891	0.0527	1.5	7.95	0.224	
					0.000		4	0.0885	0.0315	1.5	7.95	0.133	
					0.000		4	0.0905	0.0415	1.5	7.95	0.179	
合計		94.66	51										

・原材料投入量(インプット)

使用原材料重量の合計値を算出した。

使用原材料重量は、指示書番号毎（複数図番＝複数製品が含まれる）に算出した。

$$\text{使用原材料重量} = \text{材料寸法(縦・横・高)} \times \text{比重} \times \text{使用枚数}$$

・製品生産量(アウトプット)

製品生産量は、図番（＝製品）毎に生産重量を求め、合計値を算出した。

$$\text{製品生産重量} = \text{製品寸法(縦・横・高)} \times \text{比重} \times \text{個数}$$

なお、厳密には、各製品については、端材 3, 4 が発生するが、今回は全ての製品を長方形とみなして算定を行った。今回の調査結果は、実際のロス量よりも過少に算定されていることになるが、主要な材料ロス削減の検討材料は得られるものと考えている。

③端材再利用量

抜き作業で端材として発生する残り板は、十分な面積があり再使用可能な場合、抜き作業に回され再利用される。これまで、この再利用の量は把握していなかったが、今回、②のデータを用いて再利用量を算定した。

端材利用を行った場合、図番（＝製品）毎の歩留りが極端に悪くなる（通常は 50% 台以上のものが数% から 40% 台となる）ことから、歩留りが低いデータを端材利用ケースとみなした。

②の使用原材料重量の合計値算出の際に、求められた端材再利用量分を差し引くこととした。

④加工費

加工費の配賦比率は①で求めた対象材料比率を用いることとした。

・システムコスト:直接労務費

$$\begin{aligned} & \text{対象ステージの直接労務費} \\ & = (\text{対象ステージ従事者} / \text{全社員}) \times \text{全社労務費} \times \text{配布比率} \end{aligned}$$

・システムコスト:直接労務費以外の直接費

$$\begin{aligned} & \text{対象ステージの直接労務費以外の直接費} \\ & = \text{直接労務費以外の直接費(消耗工具、備品等)総額} \times \text{ステージ別比率} \times \text{配布率} \end{aligned}$$

・システムコスト:間接費

$$\begin{aligned} \text{間接費} & = \text{間接費(建物を含む設備償却費)総額} \\ & \quad \times \text{ステージ別比率(建物・抜き・仕上げ)} \times \text{配布率} \end{aligned}$$

・エネルギーコスト:エネルギー費用

$$\begin{aligned} & \text{エネルギー費} \\ & = \text{電力支払い費総額} \times \text{ステージ別使用比率(建物・抜き・仕上げ)} \times \text{配布率} \end{aligned}$$

(5)データ収集期間、方法

本事例における新たなデータ収集は、NC タレットパンチ機械への作業指示書毎のデータの整理が中心となった。この作業は、帳票からの転記作業となり、作業者の負荷が高かったことより、作業期間は半月間に限定することとした。

(6)MFCA 計算、分析結果

①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を表 3-5 に示す。これは、後述する図 3-8、図 3-9 も同じであるが、架空の数値に基づいたものである。単位は千円である。

MFCA 計算の結果、負の製品コストの発生が多いのは、抜き加工のマテリアルコスト、抜き加工のシステムコスト、抜き加工のエネルギーコストの順である。

表 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	廃棄処理 コスト	計	リサイクル 売価	計
良品 (正の製品)	132 27.3%	16 3.4%	156 32.4%		305 63.1%		305 65.4%
マテリアルロス (負の製品)	113 23.4%	8 1.7%	57 11.8%		178 36.9%		178 38.2%
廃棄/リサイクル				0 0.0%	0 0.0%	-17 -3.7%	-17 -3.7%
小計	245 50.8%	24 5.0%	214 44.2%	0 0.0%	483 100.0%		466 100.0%

その計算結果のグラフを図 3-8 に示す。投入コスト全体に対し、負の製品コストが 40%弱を占めている。負のコストの内、60%以上をマテリアルコストが占めており、マテリアルロスが大きいことが明らかとなった。

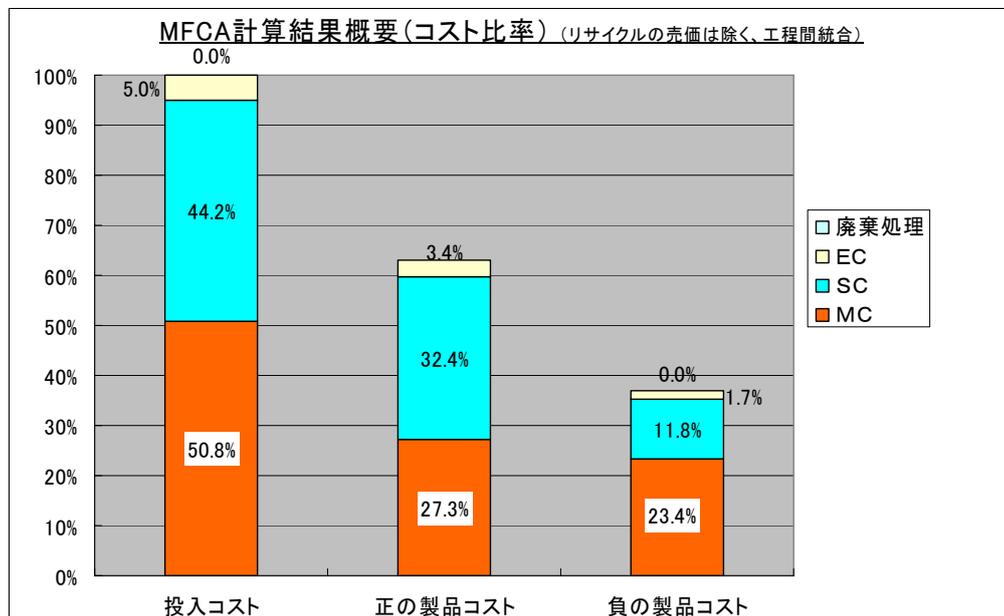


図 3-8 MFCA 計算結果(コスト比率)

②データ付きフローチャート

MFCA 計算結果を 1 枚のシートでまとめたものを図 3-9 に示す。この数値は、架空の数値を元にした、材料板から各種製品を作るための 1 ヶ月間のコスト計算結果である。(単位は千円)

コスト項目	抜き	仕上げ
新規投入コスト計	386.0	96.9
(廃棄処理コストを除外)		
新規投入MC	245.1	0.0
新規投入SC	123.6	90.0
新規投入EC	17.3	6.9
前工程コストの引継ぎ計	0.0	208.2
引継ぎMC	0.0	132.2
引継ぎSC	0.0	66.7
引継ぎEC	0.0	9.3
工程毎の投入コスト計	386.0	305.1
(廃棄処理コストを除外)		
投入MC	245.1	132.2
投入SC	123.6	156.6
投入EC	17.3	16.3
正の製品コスト計	208.2	304.8
正の製品MC	132.2	132.1
正の製品SC	66.7	156.5
正の製品EC	9.3	16.2
負の製品コスト	177.8	0.3
負の製品MC	112.9	0.1
負の製品SC	56.9	0.2
負の製品EC	0.0	0.0
廃棄処理コスト	0.0	0.0
副製品、リサイクル材料売上		
売却価格	17.0	0.0

図 3-9 データ付きフローチャート

負の材料コスト（材料ロス）は、抜き加工の材料コストとシステムコストで大半を占めている。（図中の点線枠①）

仕上げ加工の新規投入のシステムコスト（図中の点線枠②）は、直接労務費、直接労務費以外の直接費、間接費の合計値である。（「(4) ④加工費」の算定方法を参照）

(7)ロスの考察

・材料コストに関するロス

MFCA 計算の結果、ロス（負の製品コスト）は投入コストの約 40%を占めており、そのうちの 60%以上が材料コストであった。また、材料コストの大半は、抜き加工の段階で発生していることが明らかとなった。正の製品の出来高物量は投入材料の 60%弱と計算され、導入企業が実証実験前に抱いていた歩留り感覚より悪い結果が得られた。

・システムコストに関するロス

負の製品コストのうち、システムコストが多く発生するのは抜き加工における直接労務費、直接労務費以外の直接費、間接費の合計分である。これは、上記システムコストを、材料コストの正・負の製品物量比率で按分して求めたことにより、システムコスト全体の 50%弱が負の製品コストと算定されたためである。

システムコストに関し、仕上げ加工における負の製品コストはほとんど発生しない。

・エネルギーコストに関するロス

負の製品コストのうち、エネルギーコストが多く発生するのは抜き加工における電力使用量分である。これも、システムコスト同様、材料コストの正・負の製品物量比率を用いて按分し、エネ

ルギーコスト全体の 50%弱が負の製品コストと算定されたことによる。

エネルギーコストに関し、仕上げ加工における負の製品コストはほとんど発生しない。

(8)改善検討への活用(コスト削減に向けて)

今回の MFCA 計算結果を受けて、導入企業では負の製品コスト削減に向けて改善方法の検討に着手している。

・抜き加工におけるマテリアロス

使用する材料板はNCタレットパンチプレス機にセットするために最低10cm程度の糊しろを必要とし、歩留り率は最大でも90%程度が上限となる。設計指示書データ((4)②ロス量を参照)より算定した結果、調査期間中の平均歩留り率は60%弱であった。

板金から複数製品を抜くためのレイアウト設定(ネスティング)において、製品間の幅をある程度確保する必要があり、歩留り率を90%とすることは不可能であるが、現状の60%弱という数値は改善の余地があると考えられる。

MFCA 計算の結果、負の製品コストの多くをマテリアルコストが占めていることが明らかとなった。投入したマテリアルコストの半分近くが負のコストとして算定されたことは、予想以上に大きいとの受け止められ方であった。また、今回は代表的な原材料一種についての計算であったが、他の材料に対しても共通のコストが発生していると考えられることから、この計算結果に基づく改善検討の波及効果は非常に大きいものと捉えている。

これまで、ネスティングの設計指示書毎には把握されていた歩留り率について、総量で改善していくという発想がなかったので、トータルの歩留り率を向上させるという明確な目標を設定することが可能となった。

現在は、トータル歩留り率を改善するために、ネスティングに対するチェック体制や、リピート品の先行作成の検討や、複数製品をどのまとまりでネスティングするのが効率的か、受発注とのタイミングで作成スケジュール調整がどこまで可能か等の、業務全般に渡る改善方法について検討を始めている。

歩留り率という共通の指標に対して、個々の従業員が各々の立場から改善案を提示し合える土壌ができつつある。

(9)MFCA 計算上の課題

以上の MFCA の計算方法・データ収集方法について、課題は以下のようにまとめられる。

・材料データ

導入企業は、会社全体として購入材料種類は多岐に渡るが、材料種類別の購入量あるいは使用量について集計データはなかった。したがって、波及効果など、今回の調査結果を会社全体へ外挿する際

には、経験的に得られているおよその比率を用いて計算を行った。今後、波及効果の精度を向上していくには、このデータを把握していくことが必要となる。

・ロス量、端材再利用量

本事例では、ロス量を求めるにあたって必要となる集計データが存在しなかったため、ネスティング設計指示書からデータを転記して集計を行った。このデータは、マテリアルコスト算出の基礎データであり、システムコスト、エネルギーコスト按分の元となることから、今回の MFCA 計算において最も重要となるデータである。転記作業の人的費用を考えると、電子データは NC タレットパンチ機械への指令データとしてマシン上には存在するので、自動的に必要データを出力できるようにするシステム改修への投資も、今後は検討することが必要である。

・加工費

今回の計算結果では、加工費が占めるロスの割合は、マテリアルロスに比べると少ない。現状では、ロス量をベースとした按分方式での推計でよいと考えられるが、将来的に、マテリアルロスの改善が進み、更なる改善活動に踏み込んでいく際には、これらのデータの精度を上げていくことが必要となる。

(10) インターンの感想

本事例のインターンは、第三者認証環境マネジメントシステムであるエコステージの構築支援コンサルティングを行っており、特に中小企業における環境経営実践の面から MFCA の実践的活用を検討している。

・中小企業における MFCA 導入について

今回の MFCA 計算により、通常の業務におけるロスが金額として明示できるのは、導入企業に対し非常に説得力があると感じている。特に、経営資源が限られている中小企業における MFCA の効率的な導入のためのポイントは以下のように考える。

- * 最初に、高い削減効果が得られそうな工程に狙いを絞り、全体を網羅して調査するということは求めない。
- * 新たなデータを測定することは極力避け、按分等により求めたいデータを得ることを考え、既存のデータで使えるものを探す。その際、まずは最低限必要なデータを揃えることを第一義とし、データ精度は求めない。
- * 新たなデータ測定が必要となった場合、測定は外挿できる最小限の期間で留めることが望ましい。
- * 導入企業のように、小ロット多品種の製品生産タイプの場合、主要原材料単位でマテリアルフローを追う手法は有効である。

MFCA 導入のむずかしさは、ツールの使い方ではなく、上記の通り、どこのプロセスに対して MFCA を適用するかの見極めと、如何に少ない時間と手間ですべてデータ収集するかにかかっていると考える。(中

規模、中小規模企業では、MFCA で使用できるデータの保有は少ない。それゆえに、導入企業にかなりの負荷がかかるため。)

勿論、物量センターモデルが構築済みで、データが揃っている前提であれば、導入企業自身で実行可能であると思うが、前提条件を揃えるまでを自力で行うことは難しいと感じている。したがって、特に中小企業向けに MFCA 普及を図るにあたって、コンサルタントによる指導は必須と考える。

・MFCA 普及のための社会基盤整備について

いわゆる人・モノ・カネ・情報といった経営資源が大企業と比べて限られている中で、MFCA の中小企業への広い普及を考えると、これら経営資源への公的機関からの積極的な支援を強く望むところである。具体的には、MFCA 導入・運用を支援するコンサルタントの派遣、個別企業が特定されない形での具体的な改善策やノウハウのデータベース化および情報提供と情報共有のバランスのとれたデータベース活用、MFCA 導入・運用を側面支援するエコステージをはじめとした環境マネジメントシステムの普及や ICT ツール類の提供、および、これらに関する経済的負担の軽減や助成、報奨などが望まれる。

例えば、今まで実証実験された導入ケース（顧客名の公開は不要）の、それぞれ、どのプロセスに焦点を絞ったら MFCA の効果上良いか／良かったか等のノウハウの公開と情報の共有の場があれば、導入企業の負担を極力少なくでき、MFCA 導入の良い成果をより早く提供できると考える。当面は、MFCA の普及対象は製造業が主流であると考えますが、同じ製造業でも、MFCA の導入効果が大きい分野は何か等、実践を通じて事例を蓄積・整備してゆくことが MFCA 普及推進に役立つと感じている。

・環境マネジメントシステム(エコステージ)との関係について

導入企業は、エコステージ認証取得後 1 年目の定期評価トップヒアリングの際、「スクラップの低減が環境経営の本業としての行き着くところではないか」とした上で、「スクラップをどうとらえるかが材料コスト削減に直結すること」と、「そういう姿勢で常に物事を考える姿勢を現場が意識するような文化を醸成すること」の 2 点を、導入企業における環境経営の KSF (Key Success Factors) とされていた。

エコステージによる環境マネジメントシステムの基礎が出来ているため、目的目標に向けた PDCA の仕組みや、必要なデータを収集・分析をする活動は定着していた。その点では、既にスクラップに着目していたこととあわせて、MFCA を比較的スムーズに導入出来たと考えられる。今後は、本事例により提示された定量的かつ具体的な課題に対して、現場の従業員それぞれが改善策を考え、検討、実践していくことで、課題を解決していくと同時に、このような一連の流れが当たり前の企業文化となることを導入企業には期待している。

このような観点から、MFCA と環境マネジメントシステムが、車の両輪として機能していくことが、企業の環境経営を推進する上での望ましい姿のひとつと考えている。

(以上)

第5章 サンワアルテック株式会社とサンデン株式会社

(サプライチェーンの企業間をつないだ MFCA 導入事例)

報告書作成者 (インターン)

サンデン株式会社 環境推進本部部長 齋藤好弘

栗田工業株式会社 品質保証部 山口正人

栗田工業株式会社 経営企画室 福井 昇

モデル事業のオブザーバー (実施企業の推進責任者)

サンデン株式会社 執行役員環境推進本部長 深沢知明

事業者団体の MFCA モデル事業の実施責任者

日本 BPM 協会 事務局長 横川省三

(1)会社概要、工場概要

サンワアルテック株式会社は、サンデン株式会社の連結対象子会社である。サンワアルテックでは主に、サンデン株式会社八斗島事業所で製作する機械加工部品のアルミダイカストを行なっている。

今回は、このアルミダイカストとその機械加工工程を連結させた MFCA を行った。その両者とその工場の概要を、以下の表に整理した。

MFCA 導入企業、工場の概要
サンワアルテック株式会社 本社所在地 : 群馬県伊勢崎市長沼町 224-1 事業所所在地 : 同上 従業員数 : 約 70 名 売上金額 : 3,260 百万円 (06 年度) 資本金 : 480 百万円
サンデン株式会社 八斗島事業所 本社所在地 : 群馬県伊勢崎市寿町 20 事業所所在地 : 群馬県伊勢崎市八斗島町 350 従業員数 : 9,170 名 (連結)、当該事業所 約 1,050 名 売上金額 : 242,520 百万円 資本金 : 11,040 百万円 URL http://www.sanden.co.jp

サンデン株式会社八斗島事業所は、1973 年に、カーエアコン用コンプレッサーの生産を本格的に開始するため、八斗島工業団地内に新設した事業所である。現在では、世界トップの自動車メーカーへ、カーエアコン及びカーエアコン用のコンプレッサーを供給し、そのシェア約 25%の事業に成長している。サンワアルテック株式会社は、八斗島事業所のダイカスト鋳造工場を分離、高信頼性を要求されるコンプレッサーの本体部分を真空ダイカスト鋳造にて生産した部品を八斗島事業所へ供

給する工場として、1999年に同じ八斗島工業団地内で起業した。サンデン株式会社のサンワ アルテック株式会社の持分は、31%であるが、実質的に支配しているため連結対象子会社になっている。その関係から、サンワ アルテックにて材料として使用するアルミインゴットは、サンデン株式会社から支給されている。また、ダイカストの型もサンデン株式会社から貸与されている。

八斗島事業所は、社内外で加工した部品を追加し、購入した部品とともにコンプレッサーを組み立てるまでを行っているが、今回の MFCA 適用は、サンワ アルテック株式会社でのアルミダイカスト部品製造と八斗島事業所内での追加加工を対象とし、組み立て工程はその範囲から除いた。

(2)MFCA 導入製品及び工程

MFCA 適用の対象は、アルミダイカスト製の機械加工部品である。

その製造工程の概要を、図 4-1 に示す。

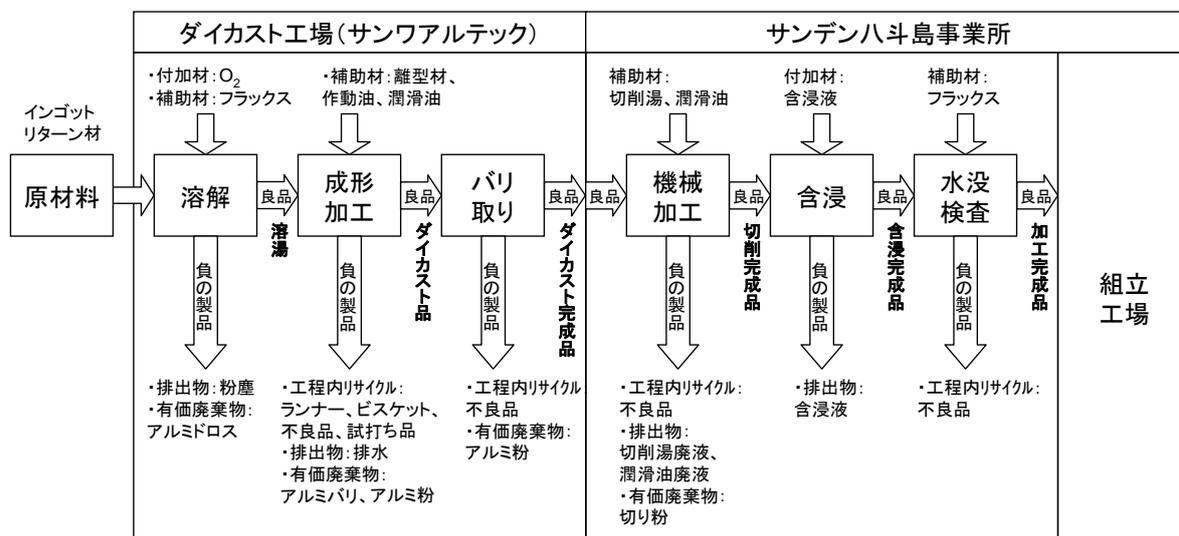


図 4-1 製造工程の概要

この製品は、サンワ アルテックのダイカスト工場で成形加工を行なった後、サンデン八斗島事業所の機械加工工場で切削加工した上で、別の部品と一緒に組み立てられる。なお、今回は、組立工程は MFCA の計算対象から除外した。

原材料は、アルミのインゴットのほか、ダイカスト工場で発生する負の製品の中のランナー、ビスケット、不良品、試打ち品、サンデン八斗島事業所の機械加工工程で発生する負の製品の不良品も、リターン材として投入している。

製品に付加される材料としては、溶解工程では O₂、含浸工程では含浸液がある。ただし、溶解工程で付加される O₂ は、アルミを高温で溶解する際に、アルミが酸化する際に、大気中の O₂ が溶湯のアルミと結合するものである。酸化したアルミは負の製品になるため、本来は必要のない付加材料である。

そのほか、それぞれの工程では、補助材料が投入されている。

負の製品も、工程内リサイクルされるもの、廃棄物、排出物になるもの、有価で売却されるものに
分けて。工程の概要図に記載した。

(3)MFCA 導入の狙い、意図

サンデングループでは、工場の生産革新手法としての TPM 活動、環境改善手法としての ISO14001
をグループ工場へ積極的に導入してきた。ISO14001 の環境活動としては、廃棄物の分別を徹底し、
有価物化を図ってきたが、その廃棄物量を減らす活動への転換にはいたっていない。そこで、環境活
動をより本業に近づけ、かつコスト削減にも貢献できる環境経営を推進して行く手法の一つとして、
MFCA に取り組んだ。

社内導入は、2005 年に JMAC が受託した経済産業省の MFCA 導入モデル事業に参画し、サンデ
ン株式会社赤城事業所のコンプレッサー部品工場を導入試行を行った。この中から、新しいロスの発
見ができたとともに、従来から活動を進めてきた TPM 活動のデータが活用できること確認できた。
新しい手法を社内に展開する際に、基本データを新規に取得するか、既存データを活用できるかは、
その効果が不透明な中で、重要な要素となる。本年の活動により、サンデングループの事業形態の中
で、MFCA の有効性・有益性が確認でき、次年度（2006 年）の普及活動へも参画するなどして、グ
ループ内への MFCA 手法を展開している。

2006 年の事業の中で、加工工程を持つ、3 社・5 部門への展開を実施した。それぞれに新しいロス
の発見ができた。しかし、加工と組立の限られた範囲の中で加工を行っている部門では、ロスの発見、
さらにはその改善が、制約を受けてしまう点が確認できた。2005 年の導入事業では、原材料から鍛
造・加工までを MFCA の分析範囲にできたことがより有効な結果を導き出せた一要因である。

また、2006 年の普及事業の中で、新しい手法の導入時には、社内に専門的な知識を有する者の存
在が必要であることも普及・定着の一要因であることも確認された。出た結果の正確性の判断、デー
タの感受性に関するコメント、結果の解釈など、実施部門との共有し指導して行く技術者の養成が、
サンデングループ内での課題でもある。

そこで、2007 年は、MFCA のグループ企業内のインストラクター養成を行うとともに、鋳造部品
の加工（サンワ アルテック内）と、次工程の追加工工程（八斗島事業所内）を分析範囲とし、MFCA
を実施した。

(4)MFCA 計算の基本的な考え方

今回の事例においては、アルミダイカストを行なう工場と、機械加工を行なう工場が別会社と、加
工の上流、下流の企業が異なっている。

そのため、アルミダイカストの工場と、機械加工の工場と、それぞれ別々に MFCA の計算モデル
を構築したのち、両工場の MFCA 計算結果を連結させた。

上流工程であるサンワ アルテック株式会社のアルミダイカスト工場での MFCA 計算においては、

次のように MFCA の計算を行なった。

- 図 4-1 の工程概要図どおりに、物量センターを定義した。
- 溶解工程は、溶解設備 1 台で 10 台程度のダイカストマシンに、溶湯を供給している共通の工程である。
- 成形工程は、その切り替えやチョコ停の部分を、物量センターとして分離して定義する方法も考えられるが、今回は時間の関係で分離していない。切り替えやチョコ停は、また不良品や試打ち品を増加させ、エネルギーのロスを増やすため、そのロスの定義は重要であり、物量センターとして分離して定義することは、今後の課題とした。
- 材料の Input としては、図 4-1 で定義された材料（原材料、付加材料、補助材料）すべてを計算対象として定義した。
- 製品の Output に関しても、図 4-1 で定義された正の製品と、負の製品（工程内リサイクル、排出物・廃棄物、有価売却物）すべてを計算対象として定義した。

また、サンデン株式会社のアルミダイカスト工場での MFCA 計算においては、次のように MFCA の計算を行なった。

- 図 4-1 の工程概要図どおりに、物量センターを定義した。
- 材料の Input/Output としては、主材料のダイカスト品以外に、機械加工、含浸、水没検査それぞれの工程で、若干の新規投入原材料や補助材料の投入があり、すべて MFCA の計算対象に含めた。

今回のモデルは、サンワ アルテックとサンデン、2つの会社間のマテリアルフローについての MFCA 計算である。サンワ アルテックもサンデングループの企業ではあるものの、経営の独立性から、MFCA 計算のすべての情報を共有できるものではない。

従って、それぞれで独立した MFCA 計算を行なった後、別途、両方の計算結果を連結させた。連結 MFCA 計算の際には、サンデンからサンワ アルテックとの外注加工単価を、各工程の SC と EC の投入コストに配分して、連結 MFCA 計算を行った。

材料に関しては、主材料のアルミインゴットはサンデンからサンワ アルテックに支給している材料であるため、サンデン社内の基準単価を用いた。その他の材料に関しては、実際に使用している材料の重量とコスト情報を用いて計算を行った。

(5)データ収集期間、方法

データ収集は、サンワ アルテック、サンデンともに、ある 1 ヶ月間の実績データを持って計算を行なった。

また今回は、計算対象の機種を、ある品種 1 機種に絞った。各工程の投入数量、出来高数量は生産管理データから引用した。また、それぞれの投入重量、出来高重量は、それぞれの数量に 1 個あたりの重量をかけ計算した。

ただし、最初の溶解工程は、多くのダイカストマシンに溶湯を供給する共通設備であるため、ここ

は機種を絞らずに、投入重量と出来高重量を測定した。

なお、この溶解工程では、溶解したアルミに大気中の酸素が結合して酸化アルミとなる。この酸化アルミは回収され、アルミドロスという廃棄物になる。ここでは、アルミに結合した酸素も、Input材料のひとつとして定義した。そうしないと、マスバランスが合わないためである。

(6)MFCA 計算、分析結果

①マテリアル Input/Output 物量

表 4-1 は、材料の投入物量と正の製品物量、負の製品物量の測定値である。表 4-2 は、工程別の物量原単位の統合化係数である。表 4-3 は、工程間の物量値の統合化した、材料の投入物量と正の製品物量、負の製品物量の数値である。なお、これら表 4-1 から表 4-3 の数値は、実際の数値を報告書用に変更したものである。

表 4-1 工程別の材料 Input/Output 物量(測定値)

(1)Input材料の物量集計				工程1	工程2	工程3	工程4	工程5	工程6	
	MC項目 分類	項目名 (詳細)	(単位)	溶解	ダイカスト	バリ取り	機械加工	含浸	水没検査	
Input	移動材料	材料の投入物量	(kg)	0	20,000	13,000	46,000	40,000	40,000	
		正の製品物量	(kg)	0	13,000	12,500	40,000	40,000	40,000	
		負の製品物量	(kg)	0	7,000	500	6,000	0	0	
	新規付加材料	材料の投入物量	(kg)	500,000	0	0	0	0	500	0
		正の製品物量	(kg)	490,000	0	0	0	0	10	0
		負の製品物量	(kg)	10,000	0	0	0	490	0	
	補助材料	材料の投入物量	(kg)	200	20	0	300	0	0	0
		正の製品物量	(kg)	0	0	0	0	0	0	0
		負の製品物量	(kg)	200	20	0	300	0	0	
	Total	材料の投入物量	(kg)	500,200	20,020	13,000	46,300	40,500	40,000	40,000
		正の製品物量	(kg)	490,000	13,000	12,500	40,000	40,010	40,000	
		負の製品物量	(kg)	10,200	7,020	500	6,300	490	0	
正/負の物量差		(kg)	0	0	0	0	0	0		

(2)Output材料の物量集計

	MC項目 分類	項目名 (詳細)	(単位)	溶解	ダイカスト	バリ取り	機械加工	含浸	水没検査
正の製品	良品	物量合計	(kg)	490,000	13,000	12,500	40,000	40,010	40,000
負の製品	工程内リサイクル	物量合計	(kg)	0	6,650	0	500	0	0
	排出物、廃棄物	物量合計	(kg)	0	20	0	300	490	0
	有価廃棄物	物量合計	(kg)	10,200	350	500	5,500	0	0
	負の製品Total	物量合計	(kg)	10,200	7,020	500	6,300	490	0
Total	Output Total	物量合計	(kg)	500,200	20,020	13,000	46,300	40,500	40,000

サンデン株式会社で加工するこの製品は、ダイカストを複数の会社で行っている。表 4-1 の工程 1 から工程 3 の数値は、サンワ アルテック株式会社での測定値である。工程 4 から工程 6 はサンデン株式会社の工場の測定値である。そのため、工程 3 の良品物量 12,500kg、工程 4 の前工程の良品の投入物量 46,000kg と、物量値に大きな差異が生じている。また工程 1 は複数品種の共通工程の測定値、工程 2 以降は対象品種だけの測定値である。従って、工程 1 の良品物量 490,000kg、工程 2 の前工程の良品の投入物量 20,000kg と、物量値に大きな差異が生じている。

この物量値のまま、MFCA の計算を行うと、工程全体を通したコスト評価ができない。そのため、ある工程の良品物量値がその次の工程の前工程の良品の投入物量値と等しくなるように、表 4-2 のように統合化係数を設定した。

表 4-2 工程別の物量原単位の統合化係数

各工程ごとの、MFCA計算結果の引用値			工程1	工程2	工程3	工程4	工程5	工程6
分類	コスト項目	単位	溶解	ダイカスト	バリ取り	機械加工	含浸	水没検査
工程間の 統合比率 計算	移動材料の投入物量(kg)		0	20,000	13,000	46,000	40,000	40,000
	正の製品出来高物量(kg)		490,000	13,000	12,500	40,000	40,010	40,000
	工程間の統合化比率		0.1502	3.6791	3.6791	0.9998	0.9998	1.0000
	統合化するための計算上の移動材料投入物量(kg)		0	73,582	47,828	45,989	39,990	40,000
	統合化するための計算上の正の製品出来高物量(kg)		73,582	47,828	45,989	39,990	40,000	40,000

表 4-1 の物量の測定値に、表 4-2 の原単位統合化係数をかけた物量値が、表 4-3 の数値である。MFCA のコスト計算は、表 4-3 で示す物量値に換算して行っている。

表 4-3 工程別の材料 Input/Output 物量(工程別の物量原単位の統合)

(1) Input材料の物量集計

0	MC項目 分類	項目名 (詳細)	(単位)	工程1	工程2	工程3	工程4	工程5	工程6
				溶解	ダイカスト	バリ取り	機械加工	含浸	水没検査
Input	移動材料	材料の投入物量	(kg)	0	73,582	47,828	45,989	39,990	40,000
		正の製品物量	(kg)	0	47,828	45,989	39,990	39,990	40,000
		負の製品物量	(kg)	0	25,754	1,840	5,999	0	0
	新規付加材料	材料の投入物量	(kg)	75,083	0	0	0	500	0
		正の製品物量	(kg)	73,582	0	0	0	10	0
		負の製品物量	(kg)	1,502	0	0	0	490	0
	補助材料	材料の投入物量	(kg)	30	74	0	300	0	0
		正の製品物量	(kg)	0	0	0	0	0	0
		負の製品物量	(kg)	30	74	0	300	0	0
	Total	材料の投入物量	(kg)	75,113	73,655	47,828	46,288	40,490	40,000
		正の製品物量	(kg)	73,582	47,828	45,989	39,990	40,000	40,000
		負の製品物量	(kg)	1,532	25,827	1,840	6,298	490	0
正/負の物量差		(kg)	0	0	0	0	0	0	

(2) Output材料の物量集計

0	MC項目 分類	項目名 (詳細)	(単位)	溶解	ダイカスト	バリ取り	機械加工	含浸	水没検査
正の製品	良品	物量合計	(kg)	73,582	47,828	45,989	39,990	40,000	40,000
負の製品	工程内リサイクル	物量合計	(kg)	0	24,466	0	500	0	0
	排出物、廃棄物	物量合計	(kg)	0	74	0	300	490	0
	有価廃棄物	物量合計	(kg)	1,532	1,288	1,840	5,499	0	0
Total	Output Total	物量合計	(kg)	75,113	73,655	47,828	46,288	40,490	40,000

②工程別の投入コストと負の製品コスト

ここでは、データ付フローチャートの代わりに、図 4-2 : 工程別の投入コスト、図 4-3 : 負の製品コスト、図 4-4 : 工程内リサイクル MC のグラフを示す。これら図 4-2 から図 4-4 のグラフの数値は、報告書用に架空の数値に変更したものである。

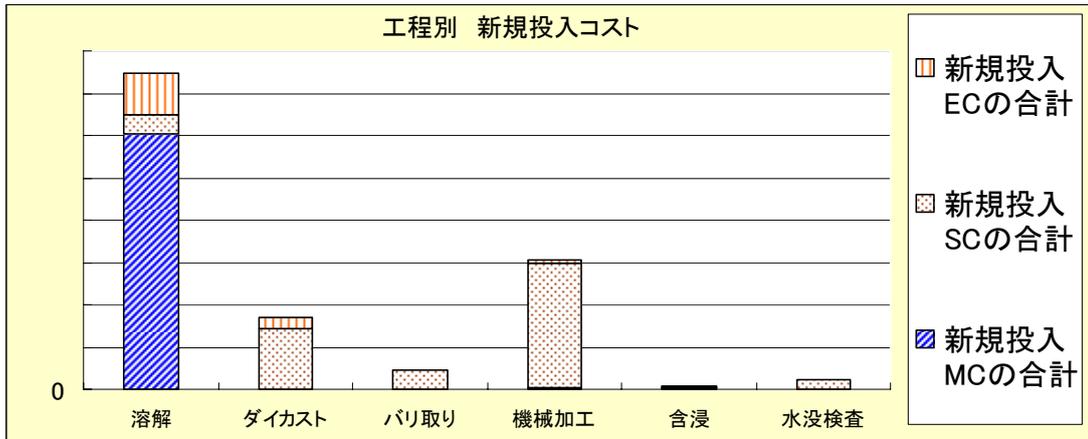


図 4-2 工程別の新規投入コスト(工場間連結 MFCA 計算)

図 4-2 に示すように、マテリアルコストの投入（新規投入 MC）の大半は、最初の工程である溶解工程で投入されている。エネルギーコストの投入（新規投入 EC）も、もっとも大きい工程は溶解工程で、ダイカスト工程がそれに次いでいる。それらに対して、システムコストの投入は、もっとも大きい工程が機械加工工程、それについてダイカスト工程となっている。

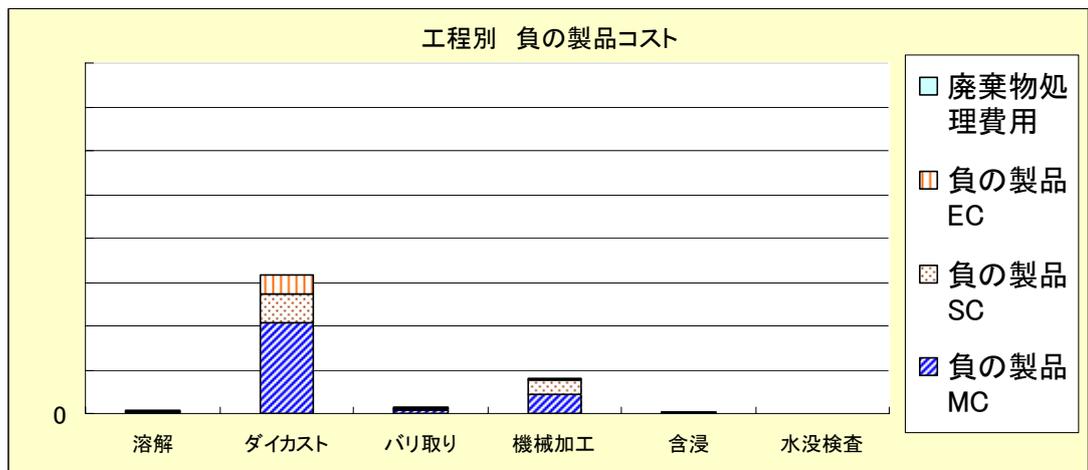


図 4-3 工程別の負の製品コスト(工場間連結 MFCA 計算)

図 4-3 に示すように、負の製品コストは最も大きい工程がダイカスト工程、それに次いで機械加工工程となっている。

ダイカスト工程では、成形加工時のランナーやビスケットと呼ばれる部分が端材として負の製品となる。不良品や試打ち品も負の製品となる。機械加工工程では、機械加工により切り粉と不良品が負の製品となる。

ダイカスト工程で発生する負の製品と、機械加工工程で発生する負の製品の中の不良品は回収され、溶解工程に戻され材料として再投入される。その工程内リサイクルされた材料のマテリアルコストを、図 4-4 に示す。

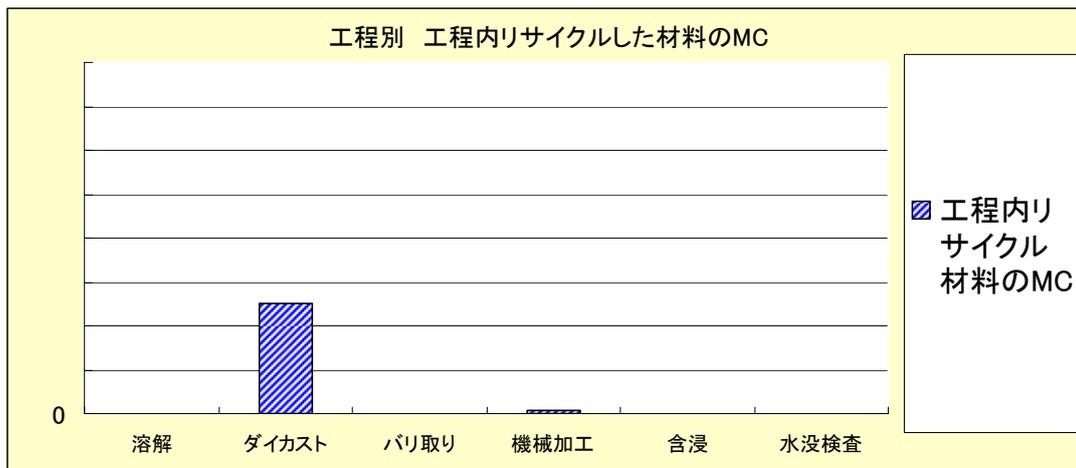


図 4-4 工程別の工程内リサイクル材料の材料コスト(工場間連結 MFCA 計算)

③マテリアルフローコストマトリックス

表 4-4 はサンワ アルテック株式会社のダイカスト工程と、サンデン株式会社の加工工程を連結させた MFCA のマテリアルフローコストマトリックスである。表 4-5 は、その上流工程であるサンワ アルテック株式会社単独の MFCA のマテリアルフローコストマトリックスである。図 4-2 から図 4-4 の数値と同じく、報告書用に架空の数値に変更したものである。最終製品のある単位物量値に換算した計算であり、数値の単位は千円である。

表 4-4 マテリアルフローコストマトリックス(工場間連結 MFCA 計算)

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄処理 コスト	計
良品 (正の製品)	339.9 38.0%	77.2 8.6%	257.6 28.8%		674.7 75.4%
マテリアルロス (負の製品)	64.8 7.2%	55.3 6.2%	99.6 11.1%		219.7 24.6%
廃棄/リサイクル				0.1 0.0%	0.1 0.0%
小計	404.6 45.2%	132.5 14.8%	357.2 39.9%	0.1 0.0%	894.5 100.0%

表 4-4 に示すように、総コストの 24.6%が負の製品コストとなっている。また、その全体の負の製品コスト比率 24.6%に対して、マテリアルコストだけの投入コストと負の製品コストの比率が小さい。これは、ダイカスト時に発生するランナー、ビスケット、不良品、試打ち品、機械加工時の不良品が、負の製品にはなるものの、回収され工程内リサイクルされるため、マテリアルコストの負の製品コストから相殺されるためである。

表 4-5 マテリアルフローコストマトリクス(上流工程だけの MFCA 計算)

	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄処理 コスト	計
良品 (正の製品)	0.0 0.0%	27.1 21.6%	58.0 46.1%		85.1 67.7%
マテリアルロス (負の製品)	0.2 0.2%	15.9 12.7%	24.5 19.5%		40.7 32.3%
廃棄/リサイクル				0.0 0.0%	0.0 0.0%
小計	0.2 0.2%	43.0 34.2%	82.5 65.6%	0.0 0.0%	125.8 100.0%

表 4-5 は、今回の MFCA 対象工程の中の上流 3 工程、サンワ アルテック株式会社単独の MFCA 計算結果である。ここでは主材料のアルミインゴットは、サンデン株式会社からの支給品であるため、アルミインゴットに関する材料費を計算に含めなかった。材料費はかかっていないが、アルミに関しては、投入物量に対する負の製品コストの比率が大きいため、負の製品コストの比率は 32.3% と大きな数値になった。

(7)ロスの考察

以下は、サンデン株式会社、サンワ アルテック株式会社の両工程の MFCA 計算を連結させた結果に対する考察である。

①負の製品の発生削減(Reduce)について

総コストの 24.6% が負の製品コストであり、大変大きな数字だった。そのうち、ダイカスト工程で発生する負の製品コストが最も大きく、次いで機械加工工程だった。

これまで生産工程の「ロス」と廃棄物管理は、「エンド・オブ・パイプ」の考え方により、最終的な不良品や廃棄物量の多寡を問題にしてきた。一方、MFCA における「ロス、負の製品」は、不良品や廃棄物の発生だけでなく、それに関連する加工費、廃棄物処理費なども対象としており、インプロセス（生産工程の改善によりマテリアルロス発生量を削減する）の観点から見直しが行われることが、前者と大きな違いである。

インプロセスにおける取組みは、SCM（サプライチェーンマネジメント）の強化、原材料投入の見直し・削減、生産技術の飛躍的な進歩（ブレークスルー）、生産設計へのフィードバックに繋がり、生産活動の中心に位置づけられる。同時に、マテリアルロスを発生させないという抜本的な見直しは、「環境効率」の向上につながる。

②工程内リサイクル、リターン材について

投入される原材料は、アルミインゴットが主体である。他に、ダイカスト工場が発生する負の製品（ランナー、ビスケット、不良品、試打ち品など）、機械加工工程で発生する不良品が、リターン材として投入されている。リターン材の多くは、ダイカスト工場内でのリターンであった。

こうしたリターン材は、工程内で再利用できるため、当初、生産工程上は全く問題が無いと思われ

た。しかし、MFCAにより、これら投入されるリターン材には、エネルギー、人件費、設備償却費などが掛っており、コスト的に大きなロスであることが分かった。

③有価売却する廃棄物の本当のロス

溶解、ダイカスト、バリ取り、機械加工の各工程から発生し、工程内リサイクルできない廃棄物は、有価物として業者に引き取られている。有価物であるので、産廃契約やマニフェストは不要である。3R活動の一環として、ISO14001を認証取得している両事業所では、「有益な側面」として推進されている。

有価物は産廃処理費用が掛からない。その上、業者からは有価物の代金としてのリターンがあり、見かけ上「営業外収益」が発生する。

しかし、MFCAの結果、前述したようにエネルギー、人件費、設備償却費などを考慮した原価計算では、多額のコストを掛けて有価廃棄物を製造していたことが明らかとなった。業者からの有価物引き取り代金は発生した有価廃棄物コストよりはるかに低く、依然大きな損失が出ていることを気付かせてくれる。

(8)今後に向けて

今回の事業で、MFCAのインストラクター養成を兼ねて、サンデン株式会社とサンワアルテック株式会社で、単独でのMFCA分析と、その結果を連結したMFCAを実施した。

サンワアルテック株式会社では、溶解工程を有しているため、負の製品として系外へ排出されるものと、次工程へは行かないが溶解工程へ戻されるリターン材料（ライナー・ビスケット・不良品・試打ち品など）がある。系外に出ずに循環利用されるこれらの材料は、その量、金額ともに明確に認識されておらず、そのため効果的な改善施策が取られていなかった。サンデン株式会社としても、不良品を返却できるので、ロスとしての認識はなく、同様であった。今回、MFCAを実施し、循環利用の材料を明確にし、かつそれに付随するシステムコスト、エネルギーコストを明確にすることで、サプライチェーン間でそのロス量を共有することができた。このロス量を共有することは、材料支給、ダイカスト型の貸与をしている両者間にとって、改善のインセンティブを与えたと考える。

今回は、一機種についてサプライチェーン間でのMFCAにとどまったが、サンデン株式会社では、同一のダイカスト部品を数社から購入している。また、生産しているコンプレッサーの追加工をすべて八斗島事業所で行っているため、これら業者間の違い、品種間の違いをMFCAで明らかにすることにより、新たなロスの発見、型設計へのデータフィードバックが可能となり、更なるコストダウンテーマの創出が期待できる。

また、MFCAでのコスト分析とともに、環境負荷分析も同時に行うことで、ロスの大きさをコストと環境負荷で表すことを計画中である。

過去の社内導入事例により、サンデン株式会社の主要な加工工程である、切断、鍛造、鋳造、単独加工、トランスファーマシン加工、含浸加工での標準フォーマットが準備できた。これら工程は、海

外現地法人でも同じような加工工程を有していることから、MFCA 手法を海外工程へも展開し、ロスの発見・改善を進めて行く計画である。

(9) インターンの感想

今回、インターンシップを兼ねた MFCA 実証事業に参加して、以下のことを感じた。

- 今回導入した 2 社ともに、TPM 活動を実施しており、MFCA のデータ収集が容易にできた。MFCA を導入する際にこれらの改善手法が実施されているか否か、また計算ソフトが簡易であるかどうか、MFCA を導入する容易さを左右する。
- 連結 MFCA を実施する際は、連結対象子会社であった場合でも、独立した株式会社であり、内作加工費をどれくらいに設定している、また社外外注会社の存在、派遣労働者（プロパー社員含む）の賃率など、全てを公開できないデータが含まれる。
- 鋳造工程を有する場合、ほとんどの負の製品は、工程内でリサイクルされる。このため、一見ロスのないように見えるが、これに付随するシステムコスト、エネルギーコストが MFCA 分析で“見える化”できた。これらコストをロスと定義することで、改善量に違いが生じる。
- 2 社を連結する際、両社ともに多品種生産を行っている場合には、生産品種に時間差があり、（ひとつの品種で、かつ特定期間内だけで MFCA 分析を行なう場合）必ずしも同一の品種での分析ができない場合がある。
- MFCA 導入の一番の特長は QC 活動や TPM 活動とは違い、部分的、局所的な問題に限定されることなく、工程全体で問題を把握する点だと考えている。旧態依然で従来の手法をそのまま使用しておれば、これだけ「ロス」に対して、明確で定量的なデータでは得られなかったと推察する。
- 工程内リサイクルや有価物回収より、マテリアルロス削減が最もコスト上効果的であることが分かった。あらゆる廃材には、人件費を含め EC、SC など多くの費用が掛っており、「MOTTAINAI」を再認識した。
- 生産ラインが MFCA を一度導入してみるということは、人であれば「人間ドック」を受けてみるのと同じことである。神の感性を持っていれば別だが、悪いところが分かっている、正確に把握しないと適切な治療はできない。まず見えないところを見えるようにすること、すなわち「見える化（可視化）」が大切だと感じた。企業活動は今後ますます「サステイナブル・ディベロップメント（持続可能な開発）」を理念に展開されねばならず、自社の成長発展だけを達成すれば評価されるわけではなくなっている。そういう意味では、MFCA の導入はこれから環境経営を推進する企業の切り札になるものと確信している。
- 最後に、今回のインターンシップを兼ねた実証事業において、現地でのデータ収集や解析において、サンデン株式会社、サンワ アルテック株式会社の関係各位に、多大なご尽力をいただいた。紙面を借りて、厚くお礼を申し上げる。

なお、この実証事業の窓口となった日本 BPM 協会は、ビジネスプロセス（業務プロセス）管理のシステム化を、システムのユーザーとベンダーが一体になって研究、啓蒙している団体である。

MFCA は、製造の原価管理プロセスにおいて、原価低減余地の把握に効果的である。今後、MFCA を活用した原価管理プロセスとそのシステム化の考え方と事例を、日本の BPM に取り組む製造業に対し、啓蒙および取り組みのガイドをしてゆきたい。

具体的には、ワークショップ、交流会、セミナーなどを開催し、MFCA による原価管理プロセスの普及に取り組むたい。また、MFCA への取り組み企業を中心とした MFCA 原価管理プロセス研究会の設立も検討する予定である。

(以上)

第6章 JFE 技研株式会社

(空調設備の更新工事における MFCA 適用事例)

報告書の作成者 (インターン)	
JFE テクノリサーチ(株)	関 信博
JFE テクノリサーチ(株)	堀川偕範
実証事業の実施及び技術協力者	
JFE エンジニアリング(株)	西村 賢
JFE 技研(株)	生越英雅

(1)会社概要と実施体制

今回の MFCA に関わった会社と役割は下記のとおりである。以下では各社の事業及び環境関連事業の特徴を合わせて紹介した。本 MFCA のプロジェクトの実行にあつては、川崎市環境局国際施策推進関係者並びに同市 UNEP 連携プロジェクト事務所の支援と助言を常に頂いた。

●JFE エンジニアリング(株)

当社は MFCA の対象工事を施工した。当社では総合エンジニアリング事業の中で、環境保全や省資源・省エネルギーの分野において、水和物スラリ蓄熱空調システムを採用したオフィスビルの省エネ、バイオマスの利用技術、エネルギー技術、CO₂固定化技術等の最先端の技術・商品を提供している。

●JFE 技研(株)

今回の MFCA に実証事業に専門技術面から参加し全体の主導をした。当社は、JFE グループの共通技術に関する研究開発ステーションである。事業のシナジー効果を効率的に発揮させるために、基盤系技術及び成長分野でプロジェクトを運営し環境対応型の技術開発等に成果を上げている。

●JFE テクノリサーチ(株)

本 MFCA において、当社から2名がインターンとして参加し、MFCA を習得しつつ解析評価を実施した。当社は、グループ内外で、分析・試験、知的財産、技術情報調査、IE 診断等に携っており、環境調査、環境計測、環境汚染診断、省エネ指導及び環境マネジメント技術等についてコンサルティングを含めて実績がある。

JFE グループの構成を図 5-1 に示す。鉄鋼及びエンジニアリング等を核とした全体の事業規模は、売上高 3 兆 2,604 億円、経常利益 5,135 億円 (2006 年度実績)である。また、グループを挙げて環境と調和した経営を次の環境方針の下に進めて社会の信頼を得てきた。

- a) すべての事業活動における環境負荷の低減
- b) 技術、製品による貢献
- c) 省資源、省エネルギー事業による貢献

- d) 社会とのコミュニケーションの促進
- e) 国際協力の推進

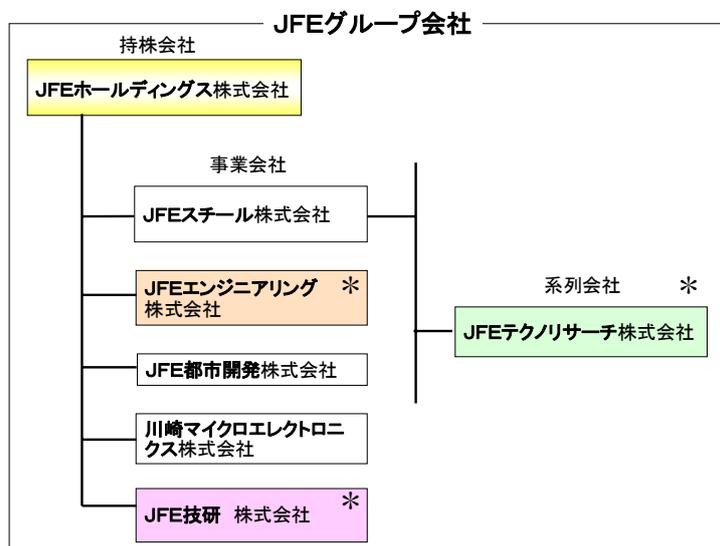


図 5-1 JFE グループの構成と本プロジェクト参加会社（*印）

(2)MFCA 導入工事及び工程と特徴

1)MFCA 適用の対象

実証評価の対象は、川崎地下街アゼリアの「高効率空調システム導入工事」に関するもので、「地下街の大型冷凍機を更新し、新機器を地下2階の機械室に搬入、据付する工事」に適用した。

2)工事の意義と概要

- 当工事は、環境省「環境と経済の好循環のまちモデル事業」と連動した「川崎地下街アゼリア省エネルギーモデル事業」の一環として位置づけられる。
- この地下街の省エネルギー事業は、地域の省エネ推進の先導的モデルであり、地元の会社や商店、川崎市及び各省庁間が運営する「かわさき都心部循環型まちづくり協議会」が推進する重点テーマの一つである。
- 当地下街（延床面積約 56,000 m²、店舗床面積約 24,000 m²、竣工後 20 年）の既設の空調システムは経年劣化もあり効率が低下している。今回の工事によって、既設の冷凍機を高効率の新型機器に更新し、地下街の空調システムを大改修することより、地下街の CO₂ 排出量の削減を実現することが期待されている。
- 工事の施主は川崎地下街(株)であり、今回の対象とする冷却機器の更新工事そのものは平成 18 年 10 月から開始され 19 年に完了した。

3)設備更新工事の特徴

当工事は、基本的に大型冷凍機（寸法：5.3×3×3mH、重量：23トン、台数：3台）の更新工事であり、新建造物の出現を伴う建設工事ではない。既存の設備が解体、除去され、更新設備（新冷凍機、ハッチ、床）に入れ替わる。工事中の冷凍機等の機材運搬、搬入、養生工事、工事後の養生資材の取り外し、冷凍機等の設置、据付、除去設備、廃棄物、廃材の搬出処理等に伴って、資源を消費し、廃棄物等を排出する。このプロセスは、後述の図 5-6 MFCA 計算の基本的な考え方（設備更新工事のプロセス）において概要を示す。

4)工事の方法と管理に必要な配慮事項

本地下街の工事では次の特殊性や留意点に対策を要した。

- 衣食を中心に 153 店舗からなり、年中無休営業である。
- JR川崎駅と京急川崎駅を結ぶ地下道の役目もあり、公共性が非常に高い施設である。
- 主作業場である機械室は中央広場の直下に位置しているため、工事中の騒音、粉じん、におい・煙等の環境対策が重要となる。
- 機械室の搬入扉はすべて駐車場や通路に面している。
- 地下街運用に支障のない改修方法を確立する。
- 通行人や一般車両への十分な安全配慮をする。

5)複数の工事方法(工法)の検討

最終的に 2 つの工法が工事の特殊性や留意点に配慮して立案された。

A工法（当初計画）：冷凍機一体をトップライト、マシンハッチより搬入

B工法（実施工法）：冷凍機を 4 分割し、駐車場より搬入

2 つの工法の工事工程を図 2 に示す。検討状況を図 5-3(1) 及び図 5-3(2)に示す。

6)A工法の要点と課題

- a) 地下 2 階の機械室真上の地上に在るトップライト（明かり窓）を外す。
- b) 地下 1 階店舗フロアの中央広場の大理石床（機械室のマシンハッチ位置）を外す。
- c) 機器は地上から地下 2 階まで垂直に開けた開放部より一体のまま搬出入させる。

A工法は技術的に可能だが、開放部への雨漏り対策や外した大理石等は再利用できず多量の廃棄物処理を伴う、中央広場が使えなくなり営業に支障が出る等の課題がある。

7)B工法の要点と課題

- a) 新旧の冷凍機の搬出入を地下2階の駐車場への車路を活用する。
- b) 新冷凍機は4分割し、トラックから台車に降ろしコロで車路を転がして搬入する。
- c) 駐車場から機械室に2m段差があり、小型の鉄骨やぐらを仮設（ボルト組立）し、荷を吊り上げて機械室内を横引きして据え付ける。

B工法は夜間作業とすることができ昼間のセールに影響は出ないが、夜間照明の必要、横引き作業の発生、分割搬入機器の組立作業の発生等に課題が生じる。

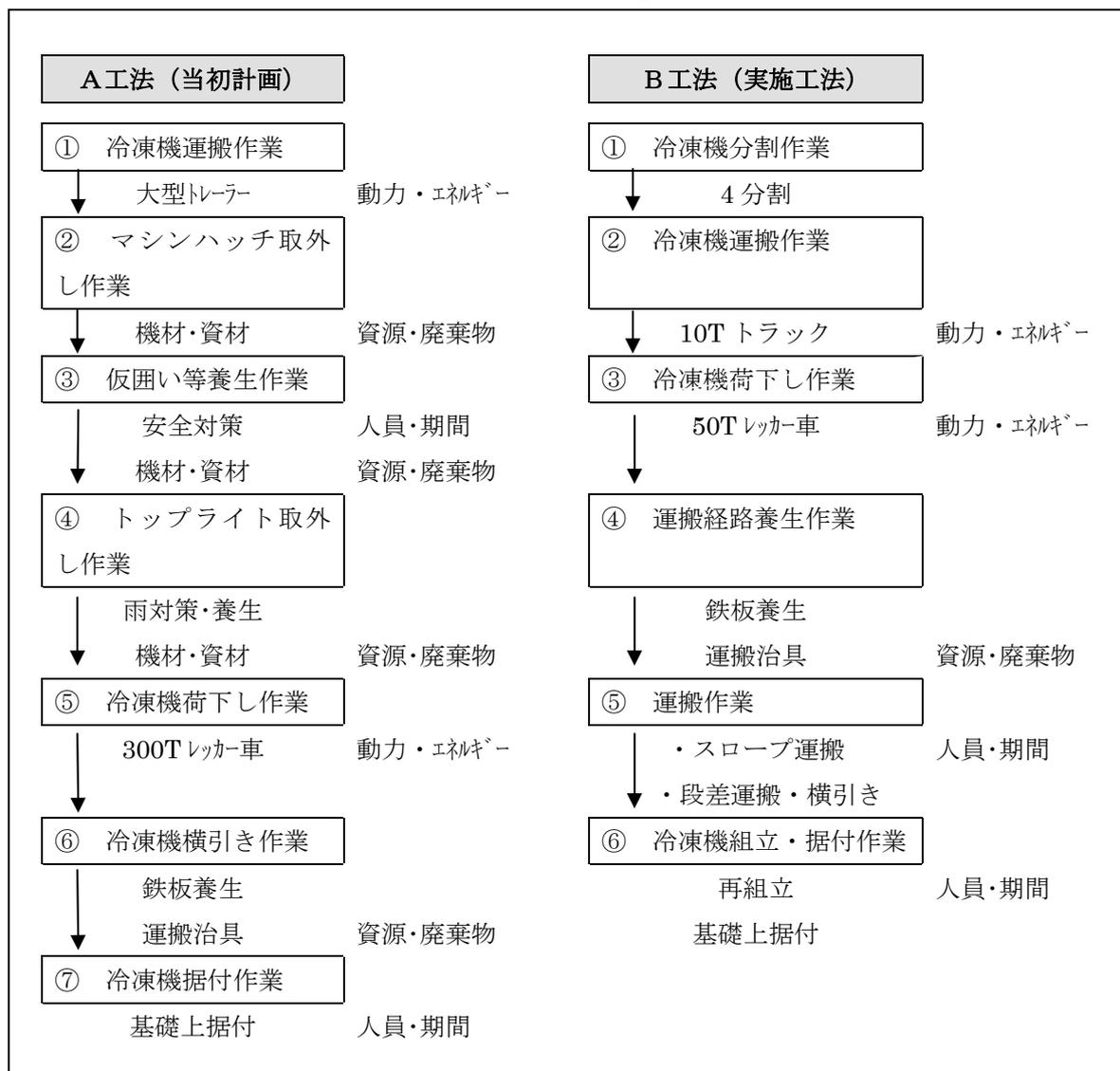


図 5-2 工事工程の概要（A工法とB工法）

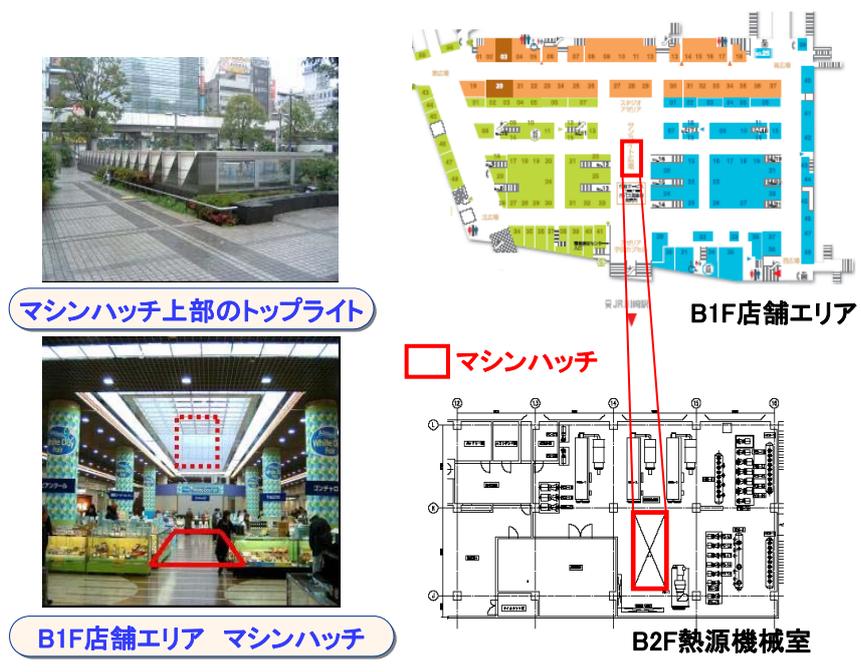


図 5-3(1) A 工法 (当初計画)

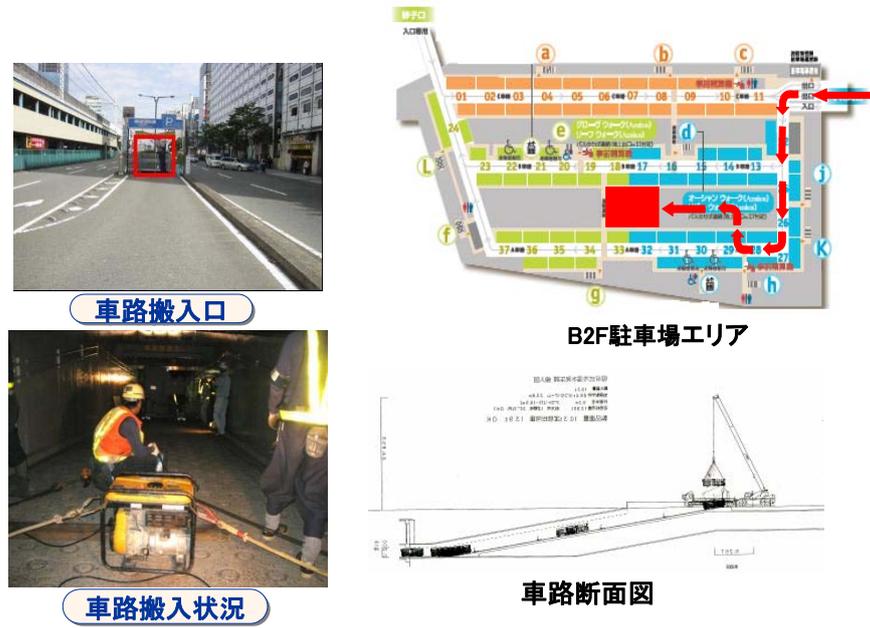


図 5-3(2) B 工法 (実施工法)

(3)MFCA 導入の狙い、意図

MFCA 導入の目的は、A工法とB工法の違いについて、MFCA を用いて、コスト、省資源、省エネ性について、定量的に優劣を比較評価することである。

今回の工事に採用された高効率空調設備は CO₂ 排出削減に有効な環境技術製品であり、本製品を扱った更新工事としても省エネや環境面で優位性のある工法を採用し、プロジェクトトータルとして環境対策を実現する狙いがある。また、建設土木分野からの産業廃棄物の発生量は国内でも大きい比重を占める。この発生量の抑制のためには、設計時点あるいは工事の計画段階において、廃棄物の発生抑制や省資源化の方法を可能な限り織り込むことができれば、効果が大きい。MFCA は製造工程に適用されているが、工事への適用はほとんどない。今回の試みは MFCA の工事への適用を拓く意義もある。

(4)MFCA 計算の基本的な考え方

1)工事の取り扱い

計算単位について MFCA 計算の基本的な考え方を図 5-4 に示す。

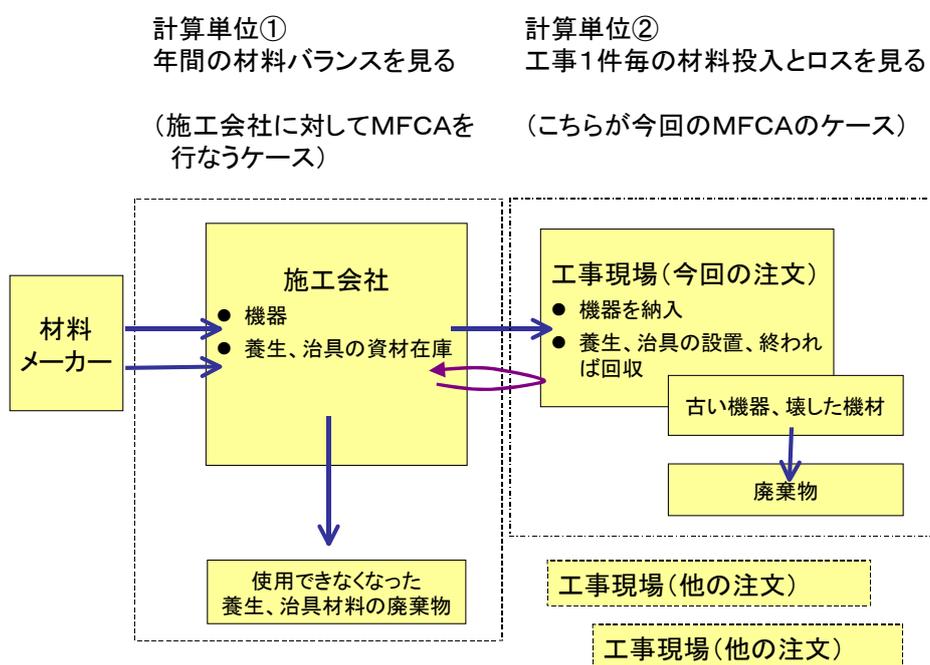


図 5-4 MFCA 計算の基本的な考え方 (計算単位)

建設工事は通常の工場での製品づくりと異なり、原則的には繰り返し生産ではない。工事 1 件ごとに適用するところが、連続生産の工場での MFCA と異なる点である。工事に対しては、図 5-4 の②の計算単位で当工事の物量データを把握できる。なお、会社全体に MFCA を適用する場合は、計

算単位①の広範囲な物量データを押さえることが必要となる。

次に図 5-5 に、物量センターの定義に関する MFCA 計算の基本的な考え方を示す。

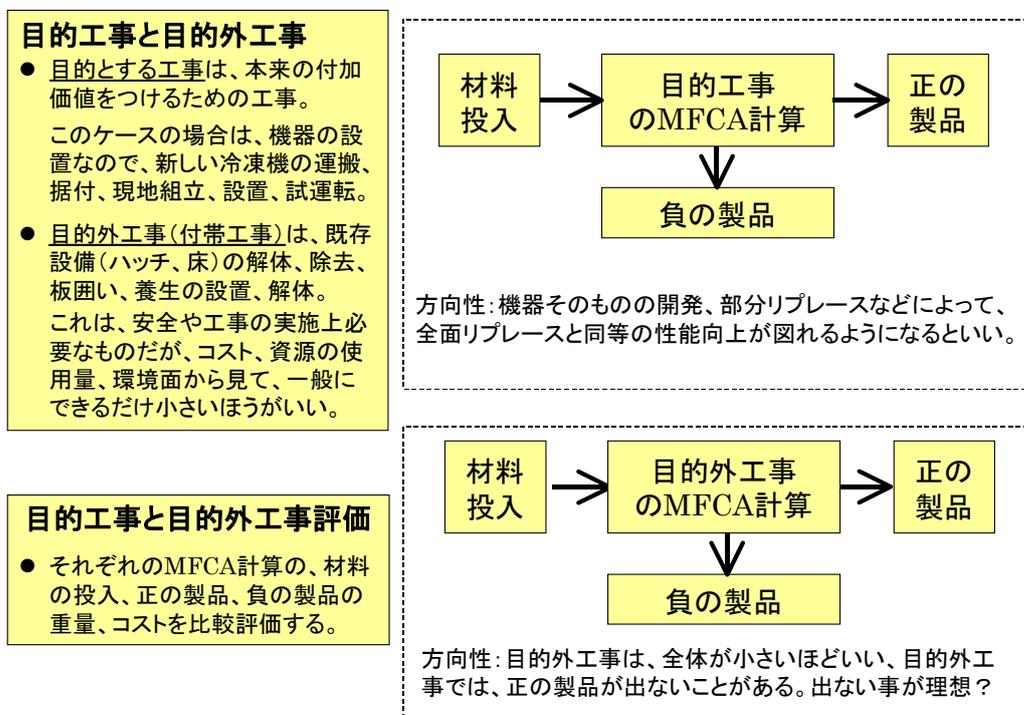


図 5-5 MFCA 計算の基本的な考え方 (物量センターの定義)

工事においては、非常に多くの材料が平行して投入され、使用されるが、工程毎の物量は独立的である。工場における製品づくりのように、ひとつの材料が複数の工程を流れて、加工され、付加価値を高めていくのとは異なる。後工程の工事ミスがロスを生むことはあるが、一般には、工事の進捗工程が製品の付加価値をつけている訳ではない。したがって、図 5-5 に示すように、物量センターを、目的工事と目的外工事に分けて、シンプルな計算構造にして MFCA の計算を試みた。1つの工事としてトータルな MFCA 計算は、目的工事と目的外工事に分けて計算をした結果を合体(加算)して得ることとした。目的工事及び目的外工事の定義については、図 5-5 の中に記載した通りである。

目的外工事は小さいほど工事トータルとしての無駄は少なく、工事全体コストが抑えられる。その意味で、目的外工事では正の製品が出ないことがある。むしろ出ない事が理想とも言える。

2)当設備更新工事における取り扱い

図 5-6 には、当設備更新工事の全体プロセスを模式的に示す。

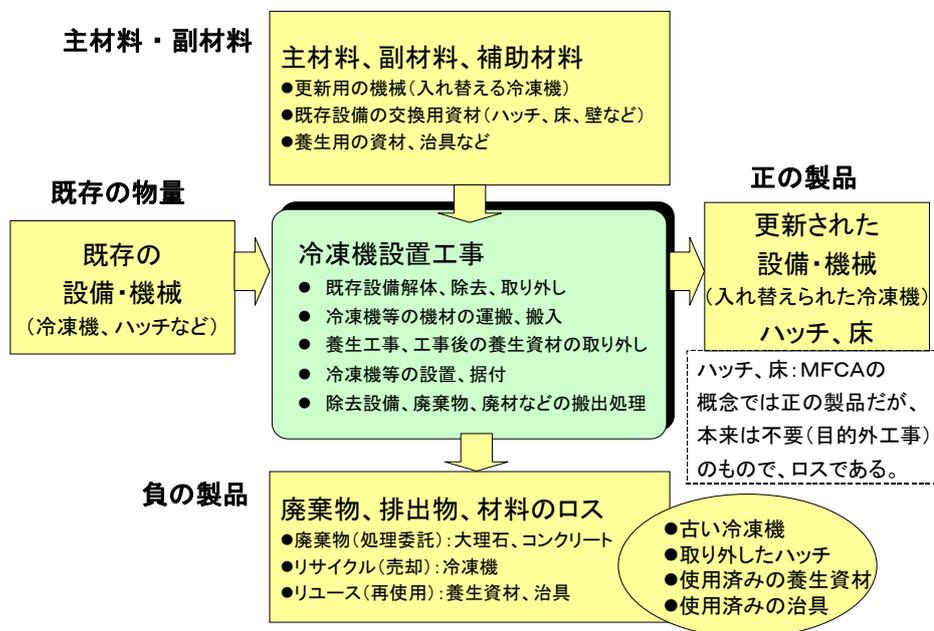


図 5-6 MFCA 計算の基本的な考え方（設備更新工事のプロセス）

表 5-1 今回の工事の MFCA 計算における材料の区分

主な対象材料	MFCA での Input 分類	今回の物量センター区分	今回の MFCA 計算での取り扱い	(その物量値とMCの算出方法)
既存の設置物	既設冷凍機	移動材料	目的工事	既存冷凍機の物量値は明確、その簿価でMCを計算
	ハッチ、床	移動材料	目的外工事	新しいハッチと床材料の見積物量値を既存設置物の物量値とした。(ただし、簿価が不明なため、MC=ゼロ)
新規に設置する物	新規冷凍機	新規付加材料	目的工事	新規冷凍機の機器費の見積金額でMCを計算
	ハッチ、床	新規付加材料	目的外工事	新しいハッチと床材料の見積物量値は明確、その見積金額をMCとした。
工所用資材、燃料	養生用の資材、治具	補助材料	目的工事、目的外工事の両方	本来は補助材料に含めるべきであるが、**工事一式の中に含まれ、工事終了後は別の工事に使用(リユース)されるため、SC「**工事一式」に含めて計算した。
	機器、資材の輸送、設置工事での使用燃料	補助材料(ECで計算することが多い)	目的工事、目的外工事の両方	燃料はECで計算することが多いが、工事では直接材料費の一部であり、補助材料として定義の方がいいと思われる。ただし今回は、見積の**工事一式の中に含まれるため、SC「**工事一式」に含めて計算した。

このようなプロセスの工事分野での MFCA は、おそらく今回が初めてのケースと思われる。したがって、MFCA の適用に際する物量、材料の扱いについては、まだまだ議論すべきことが多いが、MFCA 計算の基本的な一定の考え方を設定して計算を進めた。

具体的には、表 5-1 に示した基準と考え方で、工事に使用する材料を定義し区分し MFCA の計算に使った。実際には、表 5-2 のような見積積算表を工夫し、個別の物量を区分し計算した。表 5-2 は、見積積算資料をベースに、MFCA 計算ツールに組み込むために、その費目と物量値、コストの分類を表 5-1 により格付けし、計算に使ったモデルである。

表 5-2 コストテーブルと MFCA 計算の対応表

-目的工事-

No	A方式(当初計画)						区分		
	項目	仕様	数量	単位	単価	金額	工事種類	コスト	M分類
1	搬入対象機器	燃料(軽油)機器輸送		kg			目的	MC	補助材
2	機器荷下し工事	燃料(軽油)機器搬入工事		kg			目的	MC	補助材
3	機器荷下し工事	燃料(軽油)資機材運搬		kg			目的	MC	補助材
4	機器据付工事	燃料(軽油)据付工事		kg			目的	MC	補助材
5	搬入対象機器	機器費550RT一体搬入×3台		ton	10,000,000	30,000,000	目的	MC	主材料
6	撤去対象機器	吸収式冷温水発生機550RT×3台		ton	1,000,000	3,000,000	目的	MC	主材料
7	機器荷下し工事	資材費(MFCA上では、SCに入れる)		式			目的	SC	資材費
8	機器据付工事	資材費		式			目的	SC	資材費
9	搬入対象機器	現地運搬費大型トレーラー1台		台			目的	SC	運搬費
10	撤去対象機器	撤去費*日*人*台		人日			目的	SC	労務費
11	機器荷下し工事	労務費		人日			目的	SC	労務費
12	機器荷下し工事	搬入用車両費360tonクレーン車		台			目的	SC	設備費
13	機器荷下し工事	資機材運搬費		台日			目的	SC	運搬費
14	機器据付工事	労務費		人日			目的	SC	労務費
15	機器据付工事	資機材運搬費		台日			目的	SC	運搬費

例を示すもので、実際の数字ではない。、その他の数量、単価、金額は空欄にした。

3)MFCA の適用範囲

MFCA の適用に際して、そのコストを、どの範囲まで計算に含めるかについても、まだ議論すべきことが多い。

今回の工事においては、そのコスト評価に関して、次の3つの評価方法について試みた。MFCA の活用目的に依存してコスト計算の対象は変わってくる点に注意が要る。

方式1：工事の発注者（オーナー）と受注者（JFE グループ）の両者のコスト総額で評価する方法

方式2：工事の受注者（JFE グループ）単独のコスト総額で評価する方法

方式3：本体機器を除いた、純粋な工事だけのコスト総額で評価する方法

これらの方式の費用は下記のようなになる。表 5-3 に対象範囲とコスト計算の基準を示す。

方式1：設置する機器の費用、置き換え、廃棄される機器の簿価、営業補償費を含む

方式2：設置する機器の費用だけ含む

方式3：設置する機器の費用、置き換え、廃棄される機器の簿価、営業補償費は除外

表 5-3 MFCA 対象工事でのコスト計算の対象範囲

主なコスト計算の対象		コスト負担者	今回の物量 センター区分	評価方法区分と、コスト計算の対象項目		
				方式1	方式2	方式3
既存の設置物の 材料費	既設冷凍機	発注者(オーナー)	目的工事	○	(除外)	(除外)
	ハッチ、床	受注者	目的外工事	○	○	○
既存の設置物の撤去費用、および その廃棄物処理費用		受注者		○	○	○
新規設置物の 材料費	新規冷凍機	受注者	目的工事	○	○	(除外)
	ハッチ、床	受注者	目的外工事	○	○	○
営業補償費(オーナー側で負担する 場合は、コストではなく売上の減少として現れる。)		発注者(オーナー) もしくは受注者	目的外工事	○	(除外)	(除外)
工事費用(養生工事、運搬、設置 工事、原状復旧工事など)		受注者	目的工事 目的外工事	○	○	○

4) 工事における MFCA 評価のタイミング

工事に関しては、見積段階、計画段階で適用するのが効果的であり、適用に際しては、複数の工法について、環境面と経済面の両面で評価し、双方でメリットのある工法を採用することが有効と考えられる。計算のためのデータは、見積、計画段階の情報を使った。

(5) データ収集期間、方法

前述した考え方から、データは見積積算段階の資料をベースにした。まず費用項目を整理した。2つの工法に共通したあるいは固有の作業工程で使用する資材、エネルギー、廃棄・排出物、作業人数、作業日数等を設定した。続いて、マテリアルコスト(材料費)、エネルギーコスト(電気、燃料費)、システムコスト(労務費、償却費)及び廃棄・リサイクルコストに分けて、AとBの工法別にデータを一覧にした。検討会にてデータを「表1、今回の工事のMFCA計算における材料の区分」によって分類し、MFCAのツールに組み込む作業をした。

(6)MFCA 計算、分析結果

①マテリアル Input/Output 物量

材料の投入とロス計算結果を記述した Input/Output 物量を表 5-4 に示す。(表 5-4 は Input の部分で、データは実際の値を、報告書用に変更した。)

表 5-4 マテリアル Input/Output 表 (MC 整理表)

In/Out	分類	MC区分	名称	材料単価 (千円/kg)	正負のマテリアル物量計算			正負のマテリアルコスト計算			後処理コスト計算	
					投入物量 (kg)	正の製品 物量(kg)	負の製品 物量(kg)	投入MC (千円)	正の製品 MC(千円)	負の製品 MC(千円)	処理費、or 売却の単 価 (千円/kg)	処理費、or 売却額 (千円)
Input	主材料	主材料1-1	550RT一 体搬入× 3台	1.0	30,000	30,000		30,000	30,000	0	-	-
		主材料1-2	550RT×3 台	0.2	30,000	0	30,000	6,000	0	6,000	-	-
		主材料1-3						0	0	0	-	-
		小計		-	60,000	30,000	30,000	36,000	30,000	6,000	-	-
Input	副材料	副材料1-1						0	0	0	-	-
		副材料1-2						0	0	0	-	-
		副材料1-3						0	0	0	-	-
		小計		-	0	0	0	0	0	0	-	-
Input	補助材料	補助材料1-1	本体輸送 燃料消費 量(軽油)		100		100	0	0	0	-	-
		補助材料1-2	クレーン燃料 消費量(軽 油)		100		100	0	0	0	-	-
		補助材料1-3	資材搬入 燃料消費 量(軽油)		50		50	0	0	0	-	-
		補助材料1-4	光熱発電 燃料消費 量(ガソリ ン)		150		150	0	0	0	-	-
		補助材料1-5	機器横引 燃料消費 量(軽油)		50		50	0	0	0	-	-
		補助材料1-6	機器据付 燃料消費 量(軽油)		50		50	0	0	0	-	-
		小計		-	500	0	500	0	0	0	-	-

②データ付きフローチャート

本報告書の事例では、「データ付フローチャート」に置き換えて、「表 5-5 MFCA 計算結果 (物量センター別) : 工法A、評価方式1」を示す。これは「マテリアルフローコストの工程間の計算統合」の結果を示すものである。表 5-5 は、評価の組合せとしては、「A工法 (当初計画)」による空調設備を更新する工事のためのコスト計算結果を示している。また、その評価範囲は、方式1 “更新工事の発注者 (オーナー) と受注者 (JFE グループ) の両者のコスト総額で評価する方法” を1枚のシートにまとめたものとなっている。(注意: 表 5-5 は架空の数値となっている。)

表 5-5 MFCA 計算結果（物量センター別）：工法 A、評価方式 1

MFCA計算結果(物量センター別の集計値)、ただし、数値は架空の数値です

分類	コスト項目	単位	目的工事	目的外工事	コスト総計	
新規投入コスト	新規投入MCの合計	(千円)	100,000.0	1,000.0	101,000.0	123,200.0 総コスト計
	新規投入SCの合計	(千円)	10,000.0	10,000.0	20,000.0	
	新規投入ECの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
前工程引継コスト	前工程から引き継ぐMCの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
	前工程から引き継ぐSCの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
	前工程から引き継ぐECの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
投入コスト合計	投入したMCの合計	(千円)	100,000.0	1,000.0		
	投入したSCの合計	(千円)	10,000.0	10,000.0		
	投入したECの合計	(千円)	0.0	0.0		
正の製品コスト	正の製品MCの合計	(千円)	80,000.0	500.0	80,500.0	93,500.0 正の製品コスト計
	正の製品SCの合計	(千円)	8,000.0	5,000.0	13,000.0	
	正の製品ECの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
負の製品コスト	負の製品MCの合計	(千円)	20,000.0	500.0	20,500.0	29,700.0 負の製品コスト計
	負の製品SCの合計	(千円)	2,000.0	5,000.0	7,000.0	
	負の製品ECの合計	(千円)	0.0	0.0	0.0	
廃棄物処理費用	(千円)	2,000.0	200.0	2,200.0		
売上	副製品、リサイクル材料の売却価格	(千円)	0.0	0.0	0.0	

③マテリアルフローコストマトリックス

図 5-7～図 5-11 には、マテリアルフローコストマトリックスに代えて、実際の計算結果を、報告書用にパラメータを変更したチャートを示す。工法と評価方式の組合せに対するコストの比較は、A工法の評価方式1のコスト総額を100%として、これに対する各方式/工法のコストの割合として示される。

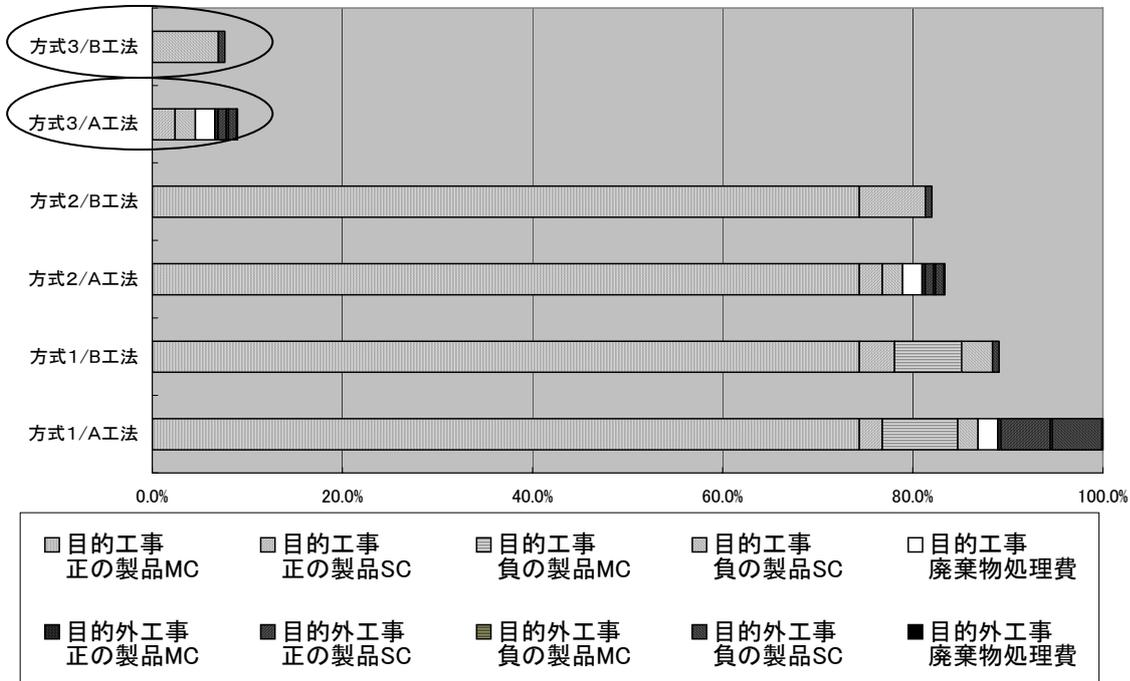


図 5-7 工法 A B 比較のコスト比較（各評価方式による）

(※方式1/A工法のコスト総額を100%として、各方式/工法のコストを比較した)

方式3/工法Bでは、本体機器がないため、正の製品として残るものがなく、すべて負の製品コストになってしまう。方式3/工法Aでは、本体機器がなくても、目的外工事で正の製品として残るものがあり、製品コストになるものがある（表中の○囲み）。

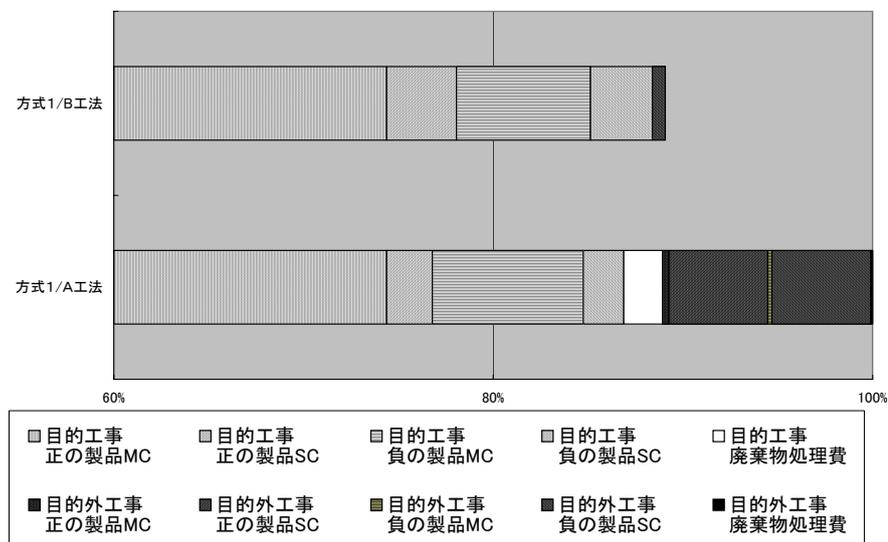


図 5-8 工法 A B 比較のコスト比較（評価方式 1）

（※方式 1 / A 工法のコスト総額を 100%として、各方式 / 工法のコストを比較した）

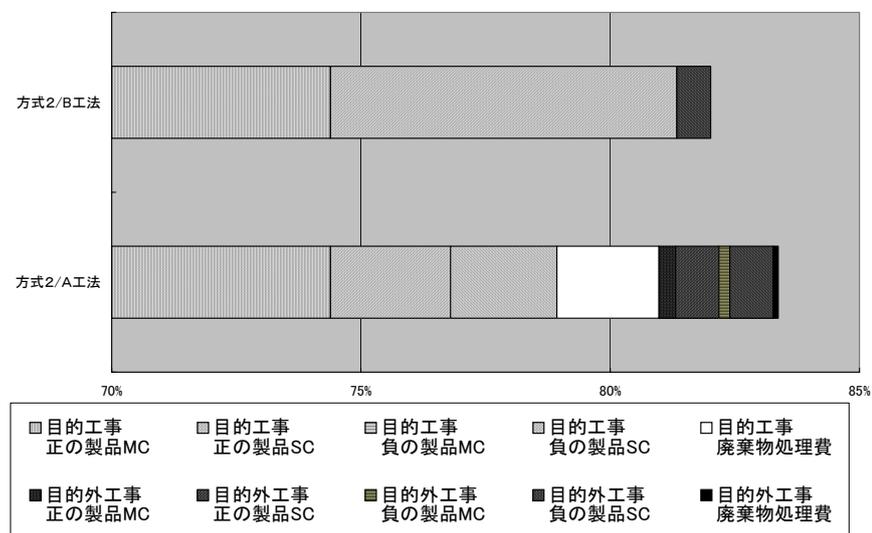


図 5-9 工法 A B 比較のコスト比較（評価方式 2）

（※方式 1 / A 工法のコスト総額を 100%として、各方式 / 工法のコストを比較した）

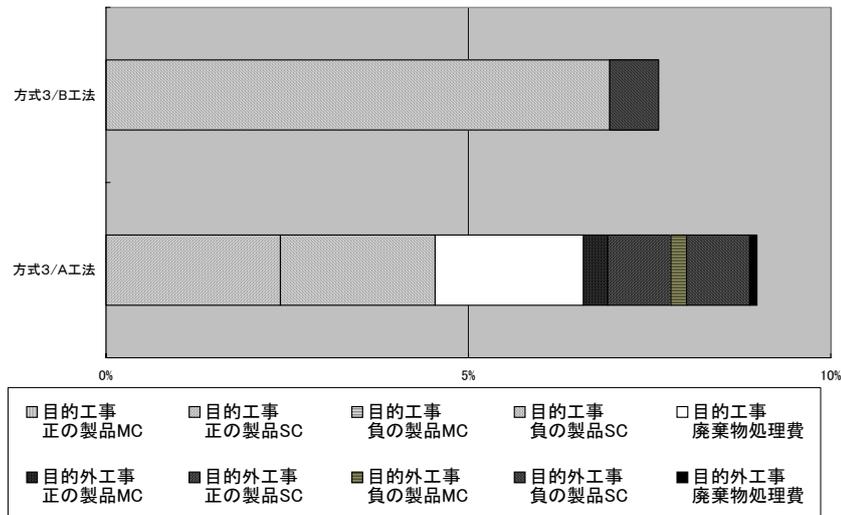


図 5-10 工法 A B 比較のコスト比較 (評価方式 3)

(※方式 1 / A 工法のコスト総額を 100%として、各方式 / 工法のコストを比較した)

図 5-11 は、ロスコストを分かりやすくするために、負の製品コスト+目的外コストを合計し、これらのロスと目的工事の正の製品MC及び目的工事の正の製品SCと比較したグラフである。

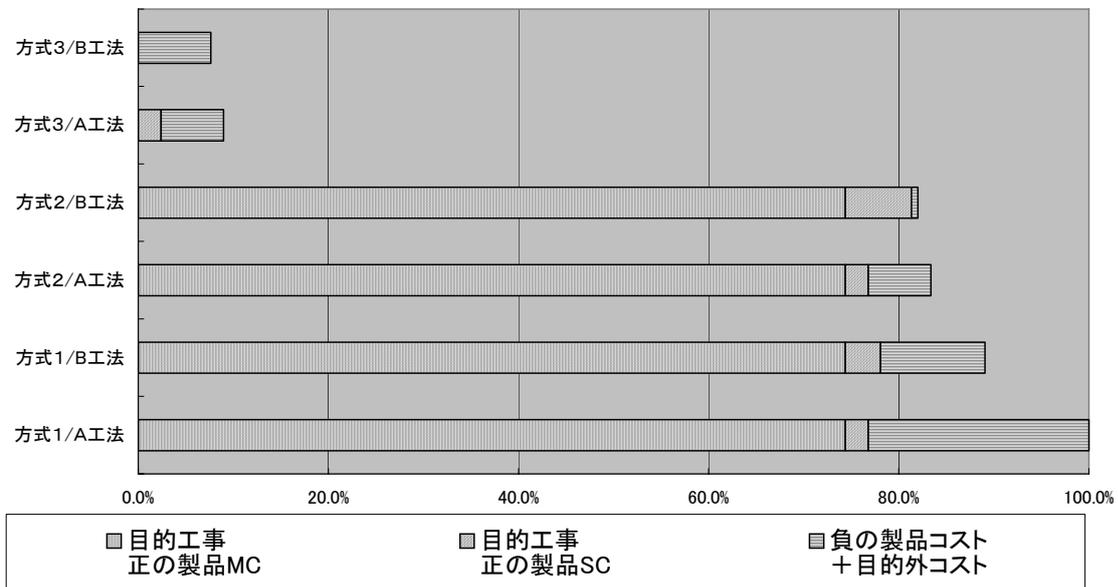


図 5-11 工法 A B 比較のコスト比較 (各評価方式による)

(※方式 1 / A 工法のコスト総額を 100%として、各方式 / 工法のコストを比較した)

(7)結果及び考察

MFCA を当工事に適用して以下のことがわかった。またその結果について考察する。

1. オーナー側のコストまで範囲に入れた評価：方式1の場合、(図 5-8 参照)
 - B工法はA工法に比べて、コスト総額が10%低い。
 - 負の製品ロス割合は、B工法によって当初計画の15%から12%に減少し、かつ、エネルギー（燃料）使用量は44%の減少がある。
 - B工法は、負の製品の材料コスト及び省エネ性において改善された工法である。
2. 施工会社におけるコスト(既設の冷凍機の材料コスト及び営業補償費は施工会社の管理外として除外)についても、廃棄処理コストを含めた負の製品ロスがB工法の採用で大きく改善できる。目的外工事に要するコストも1/4に減少する。総コストの差は縮まる。(図 5-9 参照)
3. 本体機器を除いた純粋な工事コストの比較では、B工法では本体機器が無くすべて負の製品コストになる。労務費を中心とするシステムコストのみとなる。A工法では目的外工事で製品コストが残る。このケースは作業請負に近づくパターンであり、B工法のロスをさらに改善する余地は、労働生産性に関わると考えられる。(図 5-10 参照)
4. 評価方式に関わらず、A工法では新規の床材が必要であり、床材・コンクリートの廃棄物コストが発生する。B工法では発生しない。(図 5-7 等を参照)
5. 例えば、A工法の方式1では、負のサービスコストに営業補償費が含まれる。オーナーの立場では回避できないコストであると思われるが、このような要素を含んで工法の優劣を考えることができた。この点でも、コスト計算の範囲を3ケース考えて実施した今回の評価手法は有効であった。
6. 内部管理にどこまでのコスト範囲を計算に入れてMFCAを行うかは、導入する事業者の判断による。廃棄物処理や環境対策費の分担等で共同施工者やオーナーとメリット、デメリットを定量的に理解して、工法を合理的に決定するために本手法は活用できると期待できる。

(8)今後に向けて

1. 供給者、事業者及び顧客が複層的に関係する建設工事では、MFCAの適用に当たって、さまざまな性格のプロジェクトに合った簡便なMFCA手法のニーズが増すと考える。
2. 今回の検証事業は工事に関する初めての適用であり、物量の定義や絞込みの考え方について、必ずしも統一的な基準を適用できたわけではない。その確立に向けて継続的な実証が必要と考えられる。
3. MFCAについては、製鉄業のように、昔からエネルギーや物質収支をプロセス管理に取り入れて一貫コストを扱っている企業と、それが余り必要のなかった建設、サービス業あるいは運輸・流通部門では、身近さを感じる事情が異なると思う。ツールが使いやすい形になれば、後者においてももっと普及すると思われる。そのためには、力量のある多くのアドバイザーが必要と考える。

(9) インターンの感想

適用事例のない工事に関する MFCA を行なうこととなり、インターンとしては、いきなり応用問題から始まった感があったが、各位からは適切な指導と支援を受けて理解を深めることができた。今回の場合、建設工事業については監査やコンサルを通じてなじみのある分野であり、ケース分けした計算の進め方等に常に興味を持って参加できた。MFCA は想像していた以上に手法自体はシンプルであるが、計算に取りかかるまでのデータの吟味や格付けあるいは加工に相当の事例経験を積んだ判断が決め手になると感じた。その意味でも典型的な製造業の MFCA について勉強する必要がある。事例を補充しつつ普及に寄与したいと思う。

(以上)