

第3部

MFCA 高度化研究

第1章 MFCA 高度化研究の全体概要

1-1. MFCA 高度化研究テーマ

本事業では、MFCA 手法の高度化の調査、研究活動を行った。

本事業において、MFCA 手法の高度化研究 WG（ワーキング研究会）を設置し調査、研究活動を行う。研究テーマと主な内容は、以下の通り。

研究テーマ		主な内容	担当 WG
1	MFCA と LCA（※1）の統合化研究	MFCA 導入企業と共同し、MFCA 対象製品の LCA を実施し、MFCA と LCA の統合する価値、及びその現状と課題を整理する。	WG1
2	MFCA の SC 展開の研究 (MFCA の企業間連携とその展開の検討)	MFCA 導入企業へのインタビュー調査、欧州の動向調査などを通して、サプライチェーンを通して MFCA を実施する価値、及び展開上の課題を整理する。	WG1
3	MFCA のシステム化の研究 (MFCA の企業情報システムや管理手法への連携・組み込みによるマネジメントツールとしての強化・展開の検討)	欧州の動向調査と、MFCA 導入企業、システムベンダーへのインタビュー調査を通して、企業情報システムに MFCA を組み込む際の、システムに組み込むべき MFCA 計算、管理ツールの必要機能の定義を目指す。	WG2
4	外部環境経営評価指標としての MFCA の研究	MFCA の持つ内部管理指標と、LCA の持つ外部管理指標としての MAC（※2）、LIME（※3）、JEPIX（※4）を比較評価し、それらの指標の活用方法の考え方を整理する。	WG3

※1 LCA（Life Cycle Assessment）：ライフサイクルアセスメント

※2 MAC（Maximum-Abatement Cost method）：限界削減費用法

※3 LIME（Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）：日本版被害算定型環境影響評価手法

※4 JEPIX（Environmental Policy Priorities Index for Japan）：環境政策優先度指数日本版

1－2. MFCA 高度化研究の体制

本年度、MFCA 高度化研究のための設置した WG の委員を（１）から（３）に記した。
また（４）には、委託元である経済産業省の担当と、本 WG の事務局の担当を記している。

（１）マテリアルフローコスト高度化研究 WG1

WG1 リーダー

國部 克彦 神戸大学大学院 経営学研究科 教授

WG1 委員

安城 泰雄 キヤノン株式会社 グローバル環境推進本部
環境統括技術センター 担当部長

伊坪 徳宏 武蔵工業大学 環境情報学部環境情報学科 助教授

大西 宏 松下電器産業株式会社 環境本部 環境審査グループ 参事

河野 裕司 田辺製薬株式会社 財務経理部 経理課 課長

斎藤 和彦 あずさサステナビリティ株式会社
グローバルサステナビリティサービス マネジャー

斉藤 好弘 サンデン株式会社 環境推進本部 部長

中畠 道靖 関西大学 商学部 教授

古川 芳邦 日東電工株式会社 ガバメントリレーション部
サステナブル・マネジメント推進部長

水口 剛 高崎経済大学 経済学部・経営学科 助教授

（２）マテリアルフローコスト高度化研究 WG2

WG2 リーダー

中畠 道靖 関西大学 商学部 教授

WG2 委員

石川 浩二 キヤノンマーケティングジャパン株式会社
IT サービス企画本部 ERP プロジェクト ERP システム商品企画課 課長

圓川 隆夫 東京工業大学大学院 社会理工学研究科経営工学専攻 教授

河野 裕司 田辺製薬株式会社 財務経理部 経理課 課長

内藤 清 トッパン・コスモ株式会社
製造・技術開発本部 技術部 幸手設備技術グループ 課長

根岸 孝信 SAP ジャパン株式会社
インダストリーソリューションマネジメント ライフサイエンス

（３）マテリアルフローコスト高度化研究 WG3

WG3 リーダー

國部 克彦 神戸大学大学院 経営学研究科 教授

WG3 委員

石川 雅紀 神戸大学大学院 経済学研究科 教授

伊坪 徳宏 武蔵工業大学 環境情報学部環境情報学科 助教授

魚住 隆太 あずさサステナビリティ株式会社 代表取締役社長

岡崎 春雄 株式会社荏原製作所 環境推進室 環境評価グループ グループ長

栗山 浩一 早稲田大学 政治経済学術院（環境経済学） 教授

白鳥 和彦 積水化学工業株式会社 CSR部 CSR企画グループ グループ長

則武 祐二 株式会社リコー 本社事業所 社会環境本部 環境経営企画室 室長

宮崎 修行 国際基督教大学 社会科学科 教授

横山 宏 社団法人産業環境管理協会 環境管理部門長

（４）経済産業省、研究事務局

経済産業省

池田 秀文 経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 環境調和産業推進室長

星野 篤 経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 環境調和産業推進室 課長補佐

石井 佑美 経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 環境調和産業推進室

事務局

下垣 彰 日本能率協会コンサルティング チーフコンサルタント

山田 朗 日本能率協会コンサルティング チーフコンサルタント

石田 恒之 日本能率協会コンサルティング チーフコンサルタント

横川 省三 日本能率協会コンサルティング チーフコンサルタント

報告書は、各委員の意見や提供データにもとづき、事務局にて作成し、それをそれぞれのWGで討議し、まとめた。

なおWG3の報告書作成では、上記事務局のほか、あずさサステナビリティ株式会社の斎藤和彦氏に報告書作成を支援していただいた。

1-3. MFCA 高度化研究全体の進め方

下の表は、WG1～WG3 の、調査、研究の全体概要を整理したものである。

体制	役割、担当テーマ	調査事項、討議事項の概要	開催時期
WG1	高度化テーマ①： MFCAとLCAの統合化研究 高度化テーマ② MFCAのSC展開の研究 (MFCAの企業間連携とその展開の検討)	・MFCAとLCAの統合したモデルの評価、検討 ・MFCAの企業間連携企業へのインタビュー ・MFCA導入企業への企業間連携に関するアンケート調査 ・ドイツのマテリアルフローマネジメントの動向調査	WG: 3回 第1回: H18年8月30日 第2回: H18年12月7日 第3回: H19年1月26日
WG2	高度化テーマ③ MFCAのシステム化の研究 (MFCAの企業情報システムや管理手法への連携・組み込みによるマネジメントツールとしての強化・展開の検討)	・MFCAを経営管理、日常管理に組み込んだ企業事例のインタビュー研究 ・MFCA実施時のシステム連携のニーズ、課題ヒアリング ・MFCAを活用した管理システムの検討 ・ドイツのMFCAシステム化の動向調査 ・MFCAを活用した管理システムの可能性評価	WG: 3回 第1回: H18年8月1日 第2回: H18年11月13日 第3回: H19年1月18日
WG3	高度化テーマ④ 外部環境経営評価指標としてのMFCAの研究	・外部環境経営指標(LIME、JEPIX、TLCC)の比較研究 ・外部環境経営指標の活用企業の事例研究	WG: 4回 第1回: H18年8月30日 第2回: H18年10月17日 第3回: H18年11月7日 第4回: H19年1月16日

(1) WG1 の取り組み計画

WG1 は、下記の工程表に沿って計画し、実施した。

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
WG1-#1: 8月30日 各調査事項の調査対象、調査方法の確認、および調査、研究の視点討議	#1						
調査1: MFCA適用製品のLCA適用 (MFCAとLCAを両方実施している企業の委員に、その事例のWGでの発表を依頼する。MFCAだけを実施している企業では、この期間内にLCAを実施する)		LCA実施、資料準備					
調査2: MFCAを企業間連携、展開している企業へのインタビュー調査		インタビュー調査実施					
調査3: 企業間連携のMFCA展開可能性と課題アンケート調査(対象: MFCA導入済み企業)		アンケート調査実施					
調査4: ドイツのマテリアルフローマネジメントの動向、状況を調査(WG2の調査を兼ねる)		訪独調査実施					
WG1-#2: 12月7日 調査1～4の結果確認、討議					#2		
WG1-#3: H19年1月26日 WG1の報告書内容の討議、確認					報告書 原案作成	#3	訂正

(2) WG2 の取り組み計画

WG2 は、下記の工程表に沿って計画し、実施した。

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
WG2-#1: 8月1日 MFCAの経験企業ヒアリング(ゲンゼ、ホクシン、ハウス食品、トッパン建装プロダクツ、田辺製薬)、MFCA実施時のシステム関係の課題、システム化ニーズ確認	#1		MFCAIに関する企業ニーズを織り込む				
インタビュー: 8月8日 MFCAを日常管理に活用していた企業(JTCMK社)を訪問し、その例をもとに、MFCAを使った管理システムの雛形を描く	インタビュー		MFCA管理システムの雛形を描く				
WG2-#2: 11月13日 MFCA管理システム(MFCAを織り込んだ原価管理、財務会計)のシステムイメージの討議、確認				#2	MFCA管理システムの雛形を修正、課題を整理		
調査: ドイツにおけるMFCAのシステム化の動向、状況を調査(WG1の調査4を兼ねる)			訪独調査実施				
インタビュー: 11月~12月 システムベンダー何社かに集ってもらい、上記システムイメージを提示、意見を確認するとともに、実現可能性を評価する					インタビュー		
WG2-#3: H19年1月18日 WG2の報告書内容の討議、確認					報告書 原案作成	#3	訂正

(3) WG3 の取り組み計画

WG3 は、下記の工程表に沿って計画し、実施した。

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
WG3-#1: 8月30日 討議の方向性検討		#1					
WG3-#2: 10月17日 LIME、JEPIX、TLCCの内容紹介、討議			#2				
WG3-#3: 11月7日 LCAの外部管理指標としての企業活用事例紹介、討議 (リコー、積水化学、荏原製作所、JEMAI)				#3			
WG3-#4: H19年1月16日 WG3の検討まとめ、報告書内容の討議					報告書 原案作成	#4	訂正

第2章 MFCA 高度化研究テーマ1 『MFCA と LCA の統合化研究』 (マテリアルフローにおけるコストと環境影響の同時削減の追求)

2-1. 調査概要

(1) 背景

MFCA は、廃棄物になった材料を“負の製品”として、また、それに投入した材料費、加工費などのすべてのコストを“負の製品コスト”として、ロスを物量とコストで明確にする環境管理会計の手法である。多くの MFCA を導入した企業や工場で、MFCA 導入後に従来と異なる切り口での改善が進み、コストダウンが達成できただけでなく、廃棄物の排出量削減と材料使用量削減につながっている。そのため MFCA は、“経済効果追求と環境負荷低減の両立”を進めるための道具であるとされている。

しかし、MFCA の目的である“経済効果追求と環境負荷低減の両立”を、より効果的に追求するためには、MFCA をより積極的に活用し、その環境面の評価を強化・補足するものとして LCA (Life Cycle Assessment) との統合を行なうことが効果的であると思われる。

(2) 目的

MFCA-LCA 統合評価は、MFCA 単独の評価だけでは得られない課題やその優先度を示すというメリットがある。それは具体的には、次のようなものと考えられる。

- MFCA は、企業のものづくりの現場における、材料ロス (MFCA でいう“負の製品”) の削減を狙っている
- MFCA だけの計算では、その製造プロセスの影響負荷や、“負の製品”削減による環境負荷削減効果が、十分に評価できない。それは、MFCA の計算では、マテリアルの物量とコストの計算しか行なわないためである
- MFCA-LCA 統合評価によって、製造プロセスの影響負荷や、“負の製品”削減による環境負荷削減効果を正確に評価できる
- それは、企業の製造段階の環境負荷削減の取り組みを、より環境負荷削減に効果の高いものとするのが期待できる

従って今回、WG1 では、“経済効果追求と環境負荷低減の両立”を、より効果的に追求するために、MFCA と LCA を統合させた計算モデルを構築し、その結果の評価、議論を行うことで、次のような研究のアウトプットを策定することを目指した。

- 1) MFCA と LCA の統合化の価値と意味
- 2) MFCA と LCA を統合した計算結果の評価の視点、考え方
- 3) MFCA と LCA を統合した計算、分析を実施するうえでの課題と対策

(3) MFCA-LCA 統合化調査の調査方法と進め方

本 WG においては、WG 参加企業の協力で、MFCA と LCA の統合計算モデルの事例を作り、その計算結果を WG において評価、議論することで、調査・研究を行なった。

また、今回の研究では、MFCA がその製造段階の材料ロス（MFCA でいう“負の製品”）削減を狙った手法であることから、MFCA と LCA の比較検討に関しては、MFCA 計算における“負の製品コスト”部分に絞って行った。

また、システムコストに関しては、その大きな構成要素である製造設備に関して、その LCA 評価が膨大なものになる。従って、システムコストに関しては、MFCA と LCA の比較対象から除外した。

進め方は、下記の手順によっている。

1) MFCA 計算モデルの準備と、LCA 分析対象の材料、排出物の種類整理

MFCA の計算モデルの提供に協力したのは、サンデン株式会社、田辺製薬株式会社、キヤノン株式会社の 3 社である。

2) MFCA の計算モデルで使用する材料の LCA 実施、LIME 統合化係数の調査

LCA は、統合化評価を行うことをターゲットにおいたため、LCIA（Life Cycle Impact Assessment）まで行うこととし、LCIA の手法としては LIME（Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）を採用した。LIME 統合化係数の調査は、伊坪委員に依頼した。

3) MFCA-LCA 統合化計算モデルの作成

4) MFCA と LCA の統合計算結果の評価、検討

- ・アウトプットの方式、評価の視点、検討
- ・MFCA-LCA 統合化の適用対象についての検討

5) 報告書まとめ

本研究は、MFCA 高度化研究 WG1 において、その内容を討議しながら推進した。WG1 の検討会は、次の 3 回実施した。

- 第 1 回 WG（平成 18 年 8 月 30 日）：研究方針討議、および研究計画、方法の確認
- 第 2 回 WG（平成 18 年 12 月 7 日）：MFCA-LCA 統合評価の計算結果（事例 1 件）の確認、評価視点の検討
- 第 3 回 WG（平成 19 年 1 月 26 日）：MFCA-LCA 統合評価の計算結果（事例 3 件）の確認、および報告書のまとめ検討

2-2-1. MFCA-LCA 統合計算の LCA 対象範囲と環境影響評価手法（LIME）の概要

① MFCALCA計算対象の製造プロセスで使用する材料の製造ステージ

資源、エネルギー利用

原料採掘 → 原料輸送 → 素材加工

廃棄物排出、処理

② MFCALCA計算対象の製造プロセス

エネルギー利用

製造・加工

投入材料 → 正の製品

負の製品 (ロス材料)

③ 廃棄物排出、処理

使用材料

④ MFCALCA計算対象の製造プロセスのOutputを部品として使用する組立段階、および、製品の消費ステージと廃棄ステージ

他のプロセスでのエネルギー利用

投入部品 → 投入材料

製品組立 → 製品の使用 → 製品の廃棄

他のプロセスで使用する材料、あるいは製品の廃棄物排出

ここで、図 2-1 の二重線で囲んだ範囲、①～④は、MFCA-LCA 統合評価モデルの LCA で考える環境影響に関して、次のような意味を持つ。

- MFCA 計算対象の製造プロセスに投入する材料が、その原料の採掘段階から、MFCA 対象の製造プロセスに投入されるまでの製造、およびそのステージの中で
の廃棄物の排出や処理による地球環境への影響

- MFCA 計算対象の製造プロセスにおける、エネルギーなどの利用、消費による地球環境への影響

- MFCA 計算対象の製造プロセスで発生した廃棄物の処理、および廃棄物の埋め立てや自然界への放出による、地球環境への影響

④ 製品組立段階と、製品の消費段階、廃棄段階の環境影響

製品の消費と廃棄のステージ、および、MFCA の計算対象がある製品のひとつの部品である場合は、その製品組立段階を含めた地球環境への影響

MFCA の計算対象が最終製品である場合は、その使用段階以降のステージの LCA を比較的容易に行うことができるが、組立製品の中のひとつの部品が MFCA の計算対象である場合は、使用段階以降のステージの LCA が難しい。

今回、モデルとした 3 事例のうち 2 事例は、ある製品の部品のひとつにすぎない。従って、この④の範囲は、MFCA と LCA の統合計算時の LCA の評価対象から除外した。

次に、今回の研究の MFCA と LCA 統合評価において活用した LIME について、その概要を紹介する。

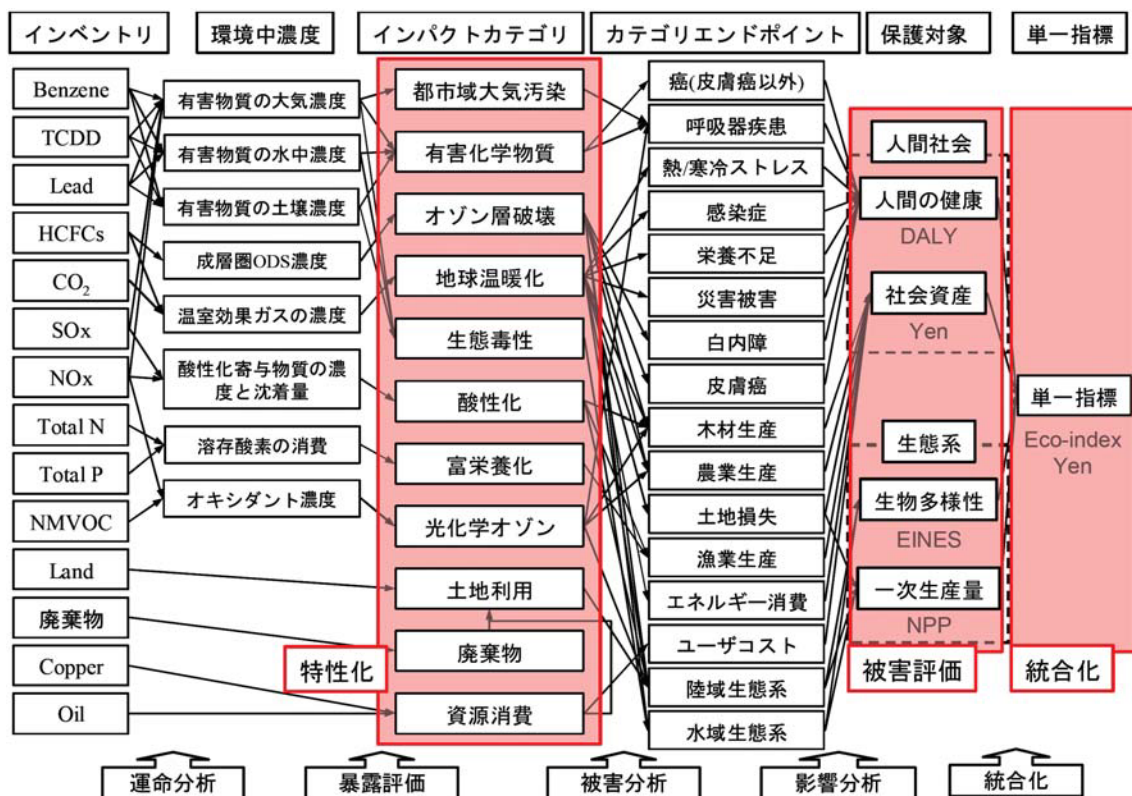
LIME は、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターと LCA プロジェクト（正式名：製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発；新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先 産業環境管理協会）との連携を通じて開発された日本版被害算定型環境影響評価手法である。LIME を活用することで、製品が環境に与えている様々な環境影響（被害コスト）を、金額による単一指標に換算することができる。

LIME の概念図を、図 2-2 に示す。LIME では、LCIA を次のステップで行う。

- 1) 環境負荷物質の発生による大気、水などの環境媒体中の濃度変化を分析する(運命分析)
- 2) 環境媒体中における環境負荷物質の濃度の変化によって、人間などのレセプタによる暴露量の変化について分析する(暴露分析)
- 3) 暴露量の増加によるレセプタの潜在的被害量の変化を、被害態様ごとに評価する(被害分析)
- 4) 共通するエンドポイント(例えば人間健康)ごとに、それぞれの被害量を集約する(影響分析)
- 5) 最後にエンドポイント間の重要度を適用させることで、環境影響の統合化指標を得る(統合化)

LIME では、異なる種類の環境負荷物質について、人間健康などのいくつかの共通のエンドポイントに被害量が集約され、最終的に複数のエンドポイント間の重要度が勘案された上で統合化指標が得られる。このとき、疫学や生態学をはじめとする自然科学的知見や、経済学をはじめとする社会科学的知見が活用されている。

また LIME では、多様な利用目的に合致するように、特性化係数、被害係数、および統合化係数の三通りの係数が用意されている。今回の様に、金額による統合化された金額での単一指標を算出するには、インベントリ分析を行った後、各インベントリデータにそれに該当する統合化係数を乗じ、それらをすべて加算することで求められる。



(図 2-2 LIME の概念図 (LCA 日本フォーラムニュース第 34 号より引用))

LIME についての詳細や各種の係数については、「ライフサイクル環境影響評価手法 LIME—LCA,環境会計,環境効率のための評価手法・データベース」(発行:社団法人産業環境管理協会)に詳しいので、それを参照されたい。また、本報告書第 3 部第 5 章「MFCA 高度化研究テーマ 4『外部環境経営評価指標としての MFCA の研究』」にも、LIME を含めた適用方法の研究結果が述べられているので、必要に応じて参照していただきたい。

2-2-2. MFCA-LCA 統合評価の手順

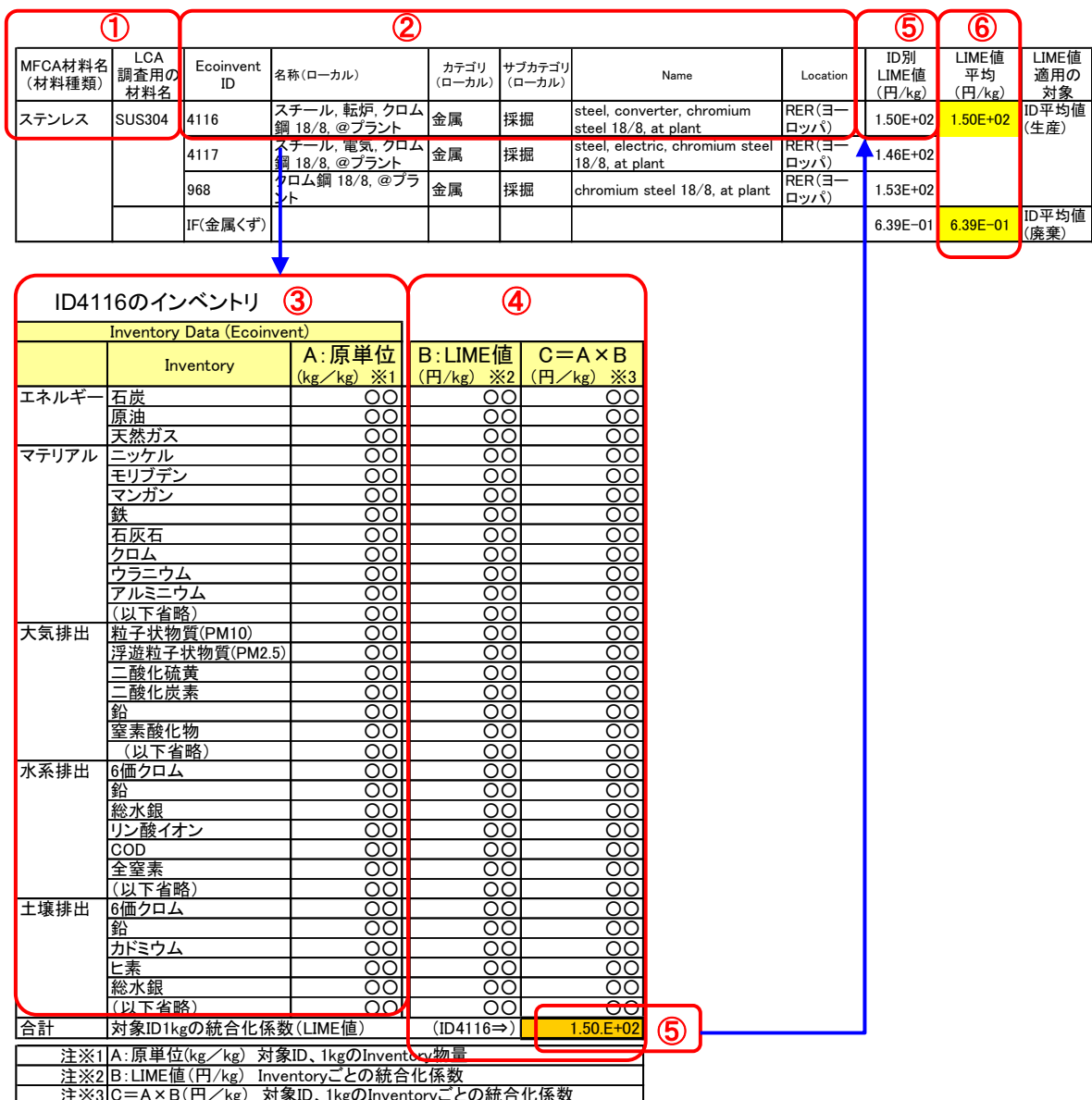
MFCA-LCA 統合評価は、次の手順で行なう。

(1) 材料種類、排出物種類別の LCIA (LIME 統合化係数の算出)

MFCA の計算の中で定義されている材料や廃棄物を、通常の手順で LCA を行う。

まず、それぞれの材料や廃棄物のインベントリ分析、インパクト分析 (LCIA) を実施する。さらに、その結果を元に、LIME のデータベースから、その特性化係数リスト、被害係数リスト、統合化係数リストのデータを引用し、材料種類ごとの“LIME 統合化係数 (円/kg)”を算出する。

その統合化係数の計算は、図 2-3 の①から⑥の手順で行う。



(図 2-3 MFCA で使用する材料の LIME 統合化係数算出までの流れ)

LIME の LCIA の統合化係数 (LIME 値平均) を計算する流れを、ステンレス (SUS304) の例で簡単に説明する。以下の①～⑥は、図 2-3 の①～⑥に対応している。

① データ項目 (投入物/排出物) の明確化

まず、MFCA の計算の中で定義されている、投入材料 (物質) や使用エネルギー、および排出される廃棄物を、次頁の表 2-1 「LCA 対象の投入材料、排出物の一覧表」の format で整理する。(表中の材料名称、成分材料の名称は、記入例)

MFCA 計算の中で定義されている (品種、仕様の) 材料が、そのまま、既存の LCA のインベントリ・データベースの中で定義されていることは、非常に少ない。

従って、MFCA 計算で定義されている材料を、既存の LCA インベントリ・データベースで定義された材料の中から、比較的近いものを探し出し、便宜的にその材料名に置き換えることが多い。右端の列の“LCA 実施上の成分”は、その LCA インベントリ分析のために、置き換えた材料名を記載する。

(表 2-1 LCA 対象の投入材料、排出物の一覧表)

区分		MFCAで定義した品目の物質	詳細な材質、成分など	(LCA実施上の成分)
		(物質や材料の名称)	(品目中の成分材料の名称)	
Input	物質の投入	素材	ステンレス(SUS304)	
		樹脂材料	ABS	
		溶剤	トルエン	
		洗浄剤	表面活性剤	
	水資源の投入			
	エネルギーの投入	電力	東京電力買電	
ガス		LNG		
Output	廃棄物の排出	素材端材	ステンレス(SUS304)	
	大気系への廃棄物の排出	溶剤(揮発)	トルエン	
	水系の廃棄物の排出	排水(所外で浄化処理)	水、表面活性剤	

② インベントリ・データベースの選定と対応データの選定

インベントリ分析を行うにあたって、インベントリ・データベースの選定を行う。インベントリ分析とは、対象となる製品や部品が、原料の採掘から、製造、運搬、使用、処分される過程で消費するエネルギーや、使う資源、排出物などの物質を集計し、分析することである。これらのデータ全てを自ら測定することは、現実的に不可能であるので、バックグラウンドデータといわれるデータベースを活用する。このデータベースには、Ecoinvent、AIST-LCA、産業連関表などがある。

今回は、MFCA と LCA の統合評価が目的であり、また MFCA が製造段階の環境負荷を削減するという目的の手法であるため、ヨーロッパにおけるプロセスを元にしたデータではあるものの、そのデータ量が最も多く、また網羅性が高い Ecoinvent を主に活用した。なお、Ecoinvent に対象とする物質が含まれていない場合は、産業連関表を用いることにした。

Ecoinvent のデータベースの場合、生産、消費、廃棄の段階に区分されて、プロセスとデータが定義されている。例えば、本事例で取り上げる「ステンレス (SUS304 : 18%の Cr と 8%の Ni を含むステンレス鋼)」の場合は、その生産段階 (材料採掘から素材の製造)、およびその廃棄段階における環境影響を考慮する必要がある。

Ecoinvent のデータベースには、材料別に、その成分や製造プロセスの違いによりいくつかの種類のデータがある。その中から、今回の LCA 分析に適したプロセスのデータを選定し、該当する材料の ID 番号を明確にする。前項①のデータ項目 (今回の事例の場合は SUS304) が、Ecoinvent の中にある成分やプロセスのデータと合致しない場合には、近いもので代替可能な複数のプロセスのデータを対象にして平均を取る等の対応をする。本事例では、後者のやり方で、ID : 4116、ID :

4117、ID968：という 3 種類のプロセスが該当すると判断した。

③ インベントリ原単位 (kg/kg) の定義

使用する材料（この事例ではステンレス、SUS304：Ecoinvent ID4116）の素材 1kg を作るのに必要なエネルギー、マテリアルの種類と消費量、および大気、水系、土壌などへの排出物質の種類とその排出量を、Ecoinvent のデータベースを用いて定義する。これは原単位（図 2-3 の A、単位は kg/kg）と呼ばれる。このインベントリデータの種類はかなり多く、図 2-3 の③に示したインベントリデータは、その一部である。

④ インベントリ項目毎の LIME 統合化係数 (円/kg) の定義

次にそれらのインベントリが与える環境影響の評価（LCIA、インパクトアセスメント）を行う。今回、LCIA の手法として選んだ LIME には、特性化、被害評価、統合化という 3 つの係数がある。

そのうち統合化係数を用いると、資源消費や地球温暖化、オゾン層破壊、有害化学物質汚染など、多くのインパクト項目に分かれて定義される環境への影響を、単一指標にすることができる。統合化係数とは、各々のインベントリデータ 1kg の消費もしくは排出による環境影響を、その被害金額で表したものである。LIME の統合化係数（図 2-3 の B）では、円/kg で表される。

インベントリ原単位（図 2-3、A）と LIME 統合化係数（図 2-3、B）を掛け合わせる（A×B）ことで、インベントリデータごとに、その 1kg の消費又は排出の各々のインベントリデータ別の LIME 統合化係数（円/kg）が求められる。

⑤ ID 単位の LIME 統合化係数 (円/kg) の計算

インベントリデータ別の LIME 統合化係数をすべて足し合わせると、Ecoinvent の ID 別の LIME 統合化係数が定義できる。この事例の ID：4116 の素材では、それを 1kg 製造する際の環境影響の被害金額は、LIME 統合化係数、“1.50E+02 円/kg”（図 2-3、⑤）となる。

⑥ MFCA 投入物／排出物の統合化係数

②で述べたように、この SUS304 の事例では、3 つの Ecoinvent ID (4116、4117、968) を使って LCA の調査を行っている。この 3 つの ID の LIME 統合化係数は、それぞれ ID 4116：1.50E+02、ID 4117：1.46E+02、ID 968：1.53E+02 である。従って、SUS304 の製造時の LIME 統合化係数は、その平均：1.50E+02 になる。

SUS304 の廃棄時の LIME 統合化係数も、これと同じ手順で求める。

表 2-1 で定義する他の材料（ABS など）やエネルギーなども、ここで述べた①から⑥と

同じ手順で、それぞれの LIME 統合化係数を求める。

(2) 材料種類、排出物種類別の LIME 統合化係数の整理

(1) の計算結果は、表 2-2「LCA インパクト評価結果まとめ」のように整理する。なお、表中の①～⑥の項目は、以下のような内容である。

(表 2-2 LCA インパクト評価結果まとめ)

材料、 energy 種類	Input: 投入 Process: 使用 Output: 廃棄	MFCA材料名	LCA調査用の 材料名	区分	④～⑥			①	②	③
					Ecoinvent ID			ID別 LIME値 (円/kg)	LIME値 平均 (円/kg)	
主材料	Input	ステンレス	SUS304	生産	4116			1.50E+02	1.50E+02	
	Input				4117			1.46E+02		
	Input				968			1.53E+02		
	Output			廃棄	IF(金属くず)			6.39E-01	6.39E-01	
補助材料	Input	切削油	A重油	生産	1513			6.78E+00	8.04E+00	
	Input				1514			9.31E+00		
	Process			消費	1589			3.30E+01		
	Process				1590			5.96E+01		
	Process				1592			1.42E+00		
	Output			廃棄	IF(廃油)			1.42E+00	1.42E+00	
用益	Input	電力	電力	生産	2081			3.15E+00	3.35E+00	
	Input				2210			3.20E+00		
	Input				2209			3.26E+00		
	Input				2362			3.62E+00		
	Input				2332			3.68E+00		
	Input				2048			3.21E+00		

①Ecoinvent ID : Ecoinvent データベースの ID に対応したプロセスのナンバー

②ID 別 LIME 値 : インパクト評価結果の LIME 統合化係数のこと。その材料の生産、消費、廃棄の段階に分けて、Ecoinvent データベースの ID 別に計算したもの。

③LIME 値平均 : 生産、消費、廃棄それぞれの項目ごとに、Ecoinvent データベースの複数の ID でインベントリ分析を行った場合、ID 別に計算した LIME 統合化係数の平均値を、今回の LIME 統合化係数として使用する。

④区分／生産 : 製造段階（使用する材料の採掘、生産段階）の環境への影響評価

⑤区分／消費 : 燃料消費段階（燃料などが使用される際）の環境への影響評価

⑥区分／廃棄 : 廃棄段階（材料が廃棄物として処理される際）の環境への影響評価

この中で、⑤区分／消費は、図 2-1②の MFCA 計算対象の製造プロセスでエネルギーを消費する際の環境への影響評価である。表 2-2 の MFCA 使用材料の切削油は、LCA 調査用の材料名は A 重油であり、それには⑤区分／消費として、3 つの ID (1580、1590、1592) 別の LIME 統合化係数が記されている。しかしこのケースでは、切削油を燃焼させないため、この 3 つの ID 別の LIME 統合化係数は、使用しない。

ただし、A 重油を燃料として使用する場合の LCIA では、生産段階の LIME 統合化係数の平均値と消費段階の LIME 統合化係数の平均値の合計値を使用する。

(3) MFCA-LCA 統合計算

図 2-4 は、MFCA 計算の中のマテリアルコスト部分の計算の考え方を示している。基本的には、材料の種類別に計算を行なう。この例では、材料は SUS304 だけである。

MFCA計算方法				
物量値の計算 (材料別): 仮定の数値				MFCAコスト計算 (材料別)
材料種類: SUS304 (単位: kg)				材料購入単価: 300 円/kg(仮の数値) (単位: 円)
	工程1	工程2	工程3	工程1 工程2 工程3 合計
新規投入物量	100	0	0	新規投入コスト 30,000.0 0.0 0.0 30,000.0
前工程の引継ぎ物量	0	90	75	前工程の引継ぎコスト 0.0 27,000.0 22,500.0
工程毎の投入物量	100	90	75	工程毎の投入コスト 30,000.0 27,000.0 22,500.0
正の製品物量	90	75	55	正の製品コスト 27,000.0 22,500.0 16,500.0
負の製品物量	10	15	20	負の製品コスト 3,000.0 4,500.0 6,000.0 13,500.0
(単位: kg)				廃棄物処理単価: 5 円/kg (単位: 円)
廃棄物の処理物量	10	15	20	廃棄物の処理 50.0 75.0 100.0 225.0
				MFCA-LIME計算 (材料別)

(図 2-4 MFCA 計算の考え方)

工程ごとに整理した材料別の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、その材料の購入単価を乗じることで、材料費としての投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストが計算できる。廃棄物処理費は、廃棄物処理の物量値に、廃棄物処理単価を乗ずれば、同様に廃棄物処理費用が計算できる。

一方、図 2-5 は、MFCA と LIME の統合化計算の考え方を示したものである。

工程ごとに整理した材料別の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、その材料の環境影響統合化係数の LIME 値を乗じることで、投入材料の材料製造段階の LIME 値、正の製品の材料製造段階の LIME 値、負の製品の材料製造段階の LIME 値が計算できる。

このように、MFCA-LIME 統合化計算モデルは、MFCA の計算における材料の購入単価を、その材料の生産時の LIME 値（工程中で消費燃料の場合は、消費時の LIME 値との合計値）に置き換え、廃棄物処理単価をその材料の廃棄処理時の LIME 値に置き換えることで、計算モデルを構築することができる。

MFCA-LIME統合計算方法				
物量値の計算 (材料別): 仮定の数値				MFCA-LIME計算 (材料別)
材料種類: SUS304 (単位: kg)				材料生産LIME: 1.48E+02 円/kg(調査値) (単位: 円)
	工程1	工程2	工程3	工程1 工程2 工程3 合計
新規投入物量	100	0	0	新規投入LIME 14,817.6 0.0 0.0 14,817.6
前工程の引継ぎ物量	0	90	75	前工程の引継ぎLIME 0.0 13,335.9 11,113.2
工程毎の投入物量	100	90	75	工程毎の投入LIME 14,817.6 13,335.9 11,113.2
正の製品物量	90	75	55	正の製品LIME 13,335.9 11,113.2 8,149.7
負の製品物量	10	15	20	負の製品LIME 1,481.8 2,222.6 2,963.5 6,667.9
(単位: kg)				廃棄物処理LIME: 6.39E-01 円/kg(調査値) (単位: 円)
廃棄物の処理物量	10	15	20	廃棄物の処理LIME 6.4 9.6 12.8 28.8

(図 2-5 MFCA-LIME 統合化計算の考え方)

(4) MFCA と LCA の統合計算結果の比較評価

図2-5のMFCA-LCA統合計算の例は、材料が1種類だけの場合の計算の事例であるが、実際には、製造工程の中で複数の材料を投入し、また複数の材料が廃棄物となる。

MFCA の計算と MFCA-LCA の統合計算を比較評価する。比較評価する際には、それぞれの計算結果に関して、次の視点で検討を行う。

- MFCA の計算だけでは導けない課題提起、および問題提起すべきものの有無の確認
- 製造コストで評価する場合と LIME 値で評価する場合の、負の製品コストと廃棄処理コスト、およびその LIME 値で見た課題や問題の大きさの順序の変化

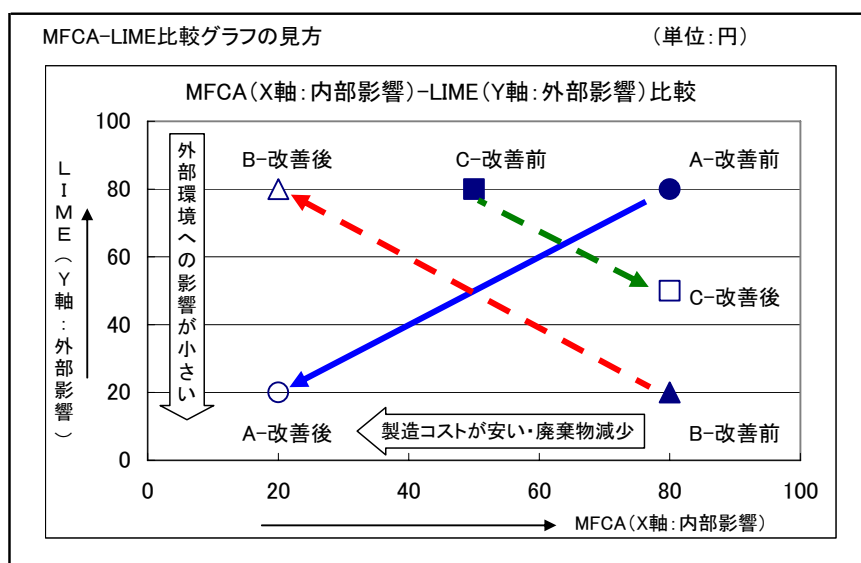
2-3. MFCA-LCA 統合計算、評価事例

2-3-1. MFCA-LCA 統合計算、評価の視点と事例の特徴

今回の MFCA-LCA 統合の計算結果は、図 2-6 に示した散布図を用いて表した。

この散布図は、横軸が MFCA 値 (MFCA 計算の製造コスト、企業内部のコスト)、縦軸がそれに対応した LIME 値 (環境負荷としての被害金額、社会の負担するコスト) を示している。LIME 値に関しては、ポイントで表す方法もあるが、今回は製造コストとの比較を行うため、円 (金額) の単位を用いている。

計算結果をこの図上に表したとき、右側にいくほど製造コストが高く、左側にいくほど製造コストが安くなる。上方に行くほど環境への影響度が大きく、下方に行くほど環境への影響度が小さくなる。



(図 2-6 MFCA-LCA 統合計算、評価の見方)

図 2-6 では、A、B、C、3 つのものに対して、それぞれ改善前後の製造コストと LIME 値を示している。

A は改善により、MFCA 値も LIME 値も小さくなっており、こうした改善が環境と経済の両立を図るための改善といえる。

B は改善により、MFCA 値は小さくなっているが、LIME 値は高くなっている。こうした改善は、環境を犠牲にした経済優先の改善といえ、改善方法として避けるべきものといえる。

C は、改善により、LIME 値は小さくなっているが、MFCA 値は逆に大きくなっている。環境への影響を削減するためだけに、製造コストが高くなるような改善は、通常はなかなか実施できない。法規制が制定されるなどの場合、例えば、重金属などの環境負荷の高い物質が含まれた排水の浄化装置を設置するなどは、こうした改善になると思われる。

今回は、次の 3 社の製品の製造に関する MFCA 計算モデルのデータを使って、MFCA-LCA 統合計算と評価を行なった。3 社の事例の詳細は次節以降で詳細に述べる。

- ・サンデン株式会社：アルミを主材料とした鋳造～切削加工プロセスの MFCA

この事例は、主材料のアルミインゴットを、最初の工程で溶解し鋳造した後、切削するという機械加工の典型的な事例である。この主材料のアルミニウムは、その材料の製造段階で電力を大量に使用し、その環境負荷が非常に大きい材料であることが知られている。

- ・キャノン株式会社：鉄とステンレスを主材料とした加工プロセスの MFCA

この事例は、鉄、ステンレスおよび複数の樹脂材料を原料とする加工品の事例である。材料別に、そのマテリアルコストの単価（円/kg）、および LIME 統合化係数（円/kg）が異なるため、複合材料の加工品の典型的な事例といえる。なお、この事例は、改善前後で、MFCA と LIME の比較評価を行った。

- ・田辺製薬株式会社：医薬品の製造プロセスの MFCA

この事例の MFCA 計算モデルには、非常に多くの医薬品の原材料と、その包装材料が定義されている。医薬品の原材料は、その詳細な成分材料の調査が難しいこともあり、産業連関表にもとづいてインベントリ分析を行い、LIME 統合化係数を求めた事例である。

今回の 3 社の事例では、改善前後の比較を行った事例は、キャノンの事例だけである。そのほかの事例は、現状だけを計算し、改善の方向性やその効果性を検討するための情報となっている。

計算結果の分析対象は、MFCA 値（MFCA 計算の製造コスト）に関しては負の製品の MC（マテリアルコスト）、負の製品 EC（エネルギーコスト）、および廃棄物の処理コスト（リサイクルして売却収益の出る場合も含めて計算）、およびそれぞれに対応した LIME 値（環境負荷としての被害金額）である。

負の製品 SC（システムコスト）とそれに対応した LIME 値は、今回の分析対象に含めなかった。それは、SC の主なものが、製造設備であり、LCA を行うことが時間的に許容できなかったためである。

また、それぞれの事例ともに、図 2-6 のような散布図で表し、分析する際に、次の 5 つの視点で分析を行った。

① MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価

材料の種類別に、MFCA 値（製造コストとしての材料費）と、それに対応した LIME 値（その材料の製造段階の環境負荷としての被害金額）を比較評価した。

② MFCA 値と LIME 値の工程別の評価

工程別に、その MFCA 値（MC、EC、廃棄物処理費の合計）と、それに対応した LIME 値（使用材料と燃料の製造段階、燃料の使用段階、および廃棄物の処理段階、それぞれの環境負荷としての被害金額）を比較評価した。

③ MFCA 値と LIME 値の項目別の評価

負の製品 MC、負の製品 EC、廃棄物の処理コストのコスト項目別に、その MFCA 値と、それに対応した LIME 値を、全工程の合計値で比較評価した。

④ MFCA 値と LIME 値の全体評価

負の製品 MC、負の製品 EC、廃棄物の処理コストの MFCA 値の合計と、それに対応した LIME 値の合計を、全工程の合計値で比較評価した。

⑤ CO₂ 排出量による評価

LIME 値の代わりに、CO₂ 排出量を使って計算し、LIME 値で計算した結果との比較評価、あるいは改善が CO₂ 排出量削減におよぼす効果を評価した。（これは散布図では表していない）

2-3-2. サンデン株式会社の事例

サンデン株式会社の MFCA 計算事例は、主材料がアルミニウム 1 種類で、その他の材料はすべて補助材料である。アルミニウムは、その製造段階で電力などを大量に消費するため、その LIME 値がかなり大きい材料である。また、リサイクルしやすい材料でもあり、この事例でも、（鋳造工程から溶解工程に戻る）工程内リサイクルが行われたり、工場外でのリサイクル（外部委託であり、売上になる）も行われたりしている。

したがって、MFCA-LCA の統合評価を行う際も、その対象は主にアルミニウムになる。特に、リサイクルして売上になる、すなわち製造コストを引き下げること、環境負荷を大きくしていることが読み取れるところが注目すべきポイントと思われる。

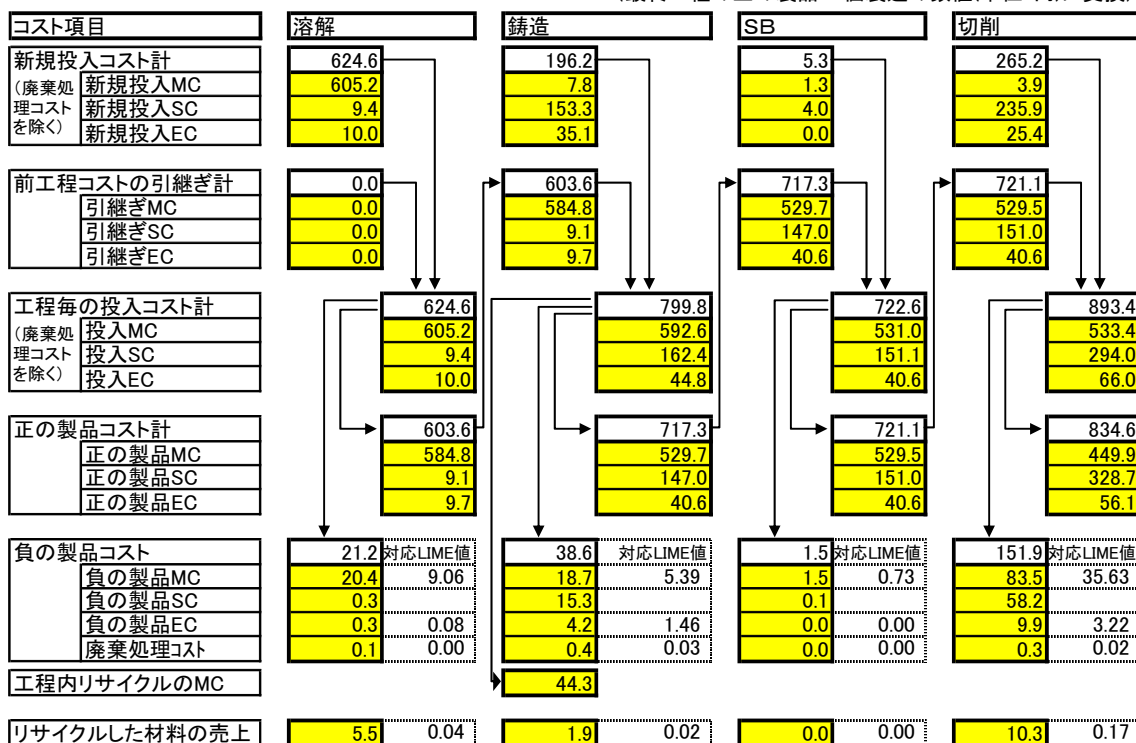
なお、本事例で使用した MFCA の計算では、材料の投入やロス の物量値、および材料の単価などを、架空の数値に置き換えている。

（1）MFCA 計算モデル

MFCA-LCA 統合評価を行った MFCA の計算結果のデータ付フローチャートを、図 2-7 に示す。この計算モデル内で定義されている材料と排出物の LCA を行い、それぞれの環境影響評価指標の係数としての LIME 値を算出した。

MFCA計算結果（データ付フローチャート：工程間統合）

（最終工程の正の製品 1個製造の数値(単位:円)に変換）



（図 2-7 サンデン MFCA-LCA 統合評価事例での MFCA 計算結果）

図 2-7 の“データ付フローチャート”の“負の製品コスト”に、今回の比較評価対象とした負の製品の MFCA 値と LIME 値を、工程別に四角の枠内に記載している。“負の製品 MC（マテリアルコスト）”、“負の製品 EC（エネルギーコスト）”、“廃棄処理コスト”、“リサイクルした材料の売上”のそれぞれの右側に、それぞれに対応した LIME 値を記載した。

なお、“リサイクルした材料の売上”は、廃棄処理を外部業者に委託する際に、リサイクルによって売上が発生する際の売上金額である。これはコストではなく、通常の MFCA の計算では、コストと別に売上としての計算を行ない、コストとリサイクル売却収益の総額評価を行う。しかし今回は、リサイクルによって売上が発生しても、その処理は環境への影響が発生するため、お金を支払う“廃棄処理委託”の中で、マイナスのコスト（すなわち売上）として、表すことにした。

（２）LIME 統合化係数

表 2-3 は、MFCA 計算モデルの中で定義されている使用材料の、LCA 分析の結果得られた材料別の LIME 統合化係数（円/kg）を、整理したものである。

（表 2-3 定義した材料の LIME 統合化係数の値）

工程	材料、energy 種類	MFCA材料名	LCA調査用の材料名	Input: 投入 Process: 使用 Output: 廃棄	区分	Ecoinvent ID	ID別 LIME 値 (円/kg)	LIME 値 平均 (円/kg)
溶解	主材料	アルミインゴット	アルミニウム	Input	生産	934	1.38E+02	1.38E+02
	主材料廃棄物	不良品	アルミニウム	Output	廃棄	IF(産廃、金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
溶解	主材料廃棄物	アルミドロス	アルミドロス	Output	廃棄	IF(鉱さい)	6.62E-01	6.62E-01
溶解	主材料廃棄物	鉱さい	鉱さい	Output	廃棄	IF(鉱さい)	6.62E-01	6.62E-01
鑄造	主材料廃棄物	バリ	バリ	Output	廃棄	IF(鉱さい)	6.39E-01	6.39E-01
鑄造	主材料廃棄物	真空ランナー	真空ライナー	Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
鑄造	主材料廃棄物	ビスケット	ビスケット	Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
SB	主材料廃棄物	アルミ粉末	アルミ粉末	Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
切削	主材料廃棄物	アルミ切粉	アルミ切屑	Output	廃棄	IF(産廃、金属くず)	6.62E-01	6.62E-01
鑄造	補助材料	離型材	エマルジョン	Input	生産	1271	3.57E+01	3.57E+01
				Output	廃棄	IF(廃油)	1.42E+00	1.42E+00
鑄造	補助材料	潤滑油	A重油	Input	生産	1513	6.78E+00	8.04E+00
				Input		1514	9.31E+00	
				Output	廃棄	IF(廃油)	1.42E+00	1.42E+00
鑄造	補助材料	作動油	ポリグリコール	Input	生産	6217	2.49E+01	2.49E+01
				Output	廃棄	IF(廃棄)	1.42E+00	1.42E+00
SB	補助材料	ショット粒	SUS304	Input	生産	4116	1.50E+02	1.50E+02
				Input		4117	1.46E+02	
				Input		968	1.53E+02	
				Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
切削	補助材料	切削油	A重油	Input	生産	1513	6.78E+00	8.04E+00
				Input		1514	9.31E+00	
				Output	廃棄	IF(廃油)	3.98E+01	3.98E+01
切削	補助材料	含浸油	ケイ酸ナトリウム	Input	生産	1230	3.66E+01	3.66E+01
鑄造	廃棄物処理	排水汚泥	排水汚泥	Process	処理	1390	1.03E+01	1.16E+01
				Output	廃棄	IF(その他汚泥)	1.28E+00	
全工程	用益	電力	電力	Input	生産	2081	3.15E+00	3.35E+00
				Input		2210	3.20E+00	
				Input		2209	3.26E+00	
				Input		2362	3.62E+00	
				Input		2332	3.68E+00	
				Input		2048	3.21E+00	
鑄造	用益	灯油	灯油	Input	生産	1519	1.01E+01	2.09E+01
				Input		1520	9.83E+00	
				Process	消費	1601	1.10E+01	生産の平均値と消費の合計
鑄造切削	用益	LPG	LPG	Input	生産	1667	1.06E+01	2.67E+01
				Input		1671	6.37E+00	生産の平均値と消費の合計
				Process	消費	1606	1.82E+01	

補助材料の中の切削油と潤滑油は、A 重油として LCA を行った。従って、その灯油や

LPG と同様、区分項目の中に“消費”が入っていたが、今回の切削油と潤滑油は、燃料としての“消費”は行わないため、この MFCA-LCA 統合モデルでは“消費”の LIME 値は使用しなかった。

一方、灯油と LPG は、燃料として“消費”しているので、生産段階の LIME 値の平均と消費段階の平均の LIME 値の合計値を使用し、廃棄段階の LIME 値は使用しなかった。

(3) 材料別の MFCA-LCA 統合評価

表 2-4 は、表 2-3 で定義した統合化係数の LIME 値を使って、MFCA-LIMA 統合化計算を行なった結果である。溶解、鑄造、SB（ショットブラスト）、切削の 4 工程で、材料種類別に表している。

この MFCA の計算において、最終工程で正の製品が 1,000 個製造される場合の、各工程の負の製品物量 (kg) を計算したものをベースにして計算を行なっている。なお、ここでは材料の単価と物量値を、仮定の数値に置き換えている。

(表 2-4 材料別の MFCA-LIMA 統合化計算結果)

MFCA-LIME 比較(工程別・材料別)

(最終工程の正の製品 1000 個製造の数値に変換)

MFCA負の製品 材料別比較		負の製品物量(kg、電力はkWh)					負の製品MFCAコスト(千円)					負の製品LIME値(千円)					
		溶解	鑄造	SB	切削	合計	溶解	鑄造	SB	切削	合計	溶解	鑄造	SB	切削	合計	
主材料の	アルミニウム(廃棄物発生量)	65.8	177.9	0.6	256.8	501.1	20.40	55.15	0.18	79.61	155.33	9.06	24.49	0.08	35.35	68.98	
	材料ロス		-142.9			-142.9		-44.29			-44.29		-19.67			-19.67	
(A)	負の製品	アルミニウム(負の製品)	65.8	35.0	0.6	256.8	358.2	20.40	10.86	0.18	79.61	111.05	9.06	4.82	0.08	35.35	49.32
		作動油		5.9			5.9		1.48			1.48		0.15			0.15
		潤滑油		4.9			4.9		0.99			0.99		0.04			0.04
		離型材		10.7			10.7		5.37			5.37		0.38			0.38
		ショット粒			4.4		4.4			1.31		1.31			0.65		0.65
		切削油				4.5	4.5				0.89	0.89				0.04	0.04
		潤滑油				6.7	6.7				1.67	1.67				0.05	0.05
		作動油				0.9	0.9				0.23	0.23				0.02	0.02
		含浸材				4.5	4.5				1.12	1.12				0.16	0.16
		小計	65.8	56.6	4.9	273.3	400.7	20.40	18.69	1.48	83.52	124.09	9.06	5.39	0.73	35.63	50.81
	(B)	負の製品	鋳さい(アルミ:処理費用)		0.2			0.2	0.10				0.10	0.00			
		アルミロス(アルミ:売却)		65.6			65.6	-5.51				-5.51	0.04				0.04
		バリ(アルミ:売却)			21.9		21.9		-1.42			-1.42		0.01			0.01
		アルミ粉(アルミ:売却)			13.1		13.1		-0.53			-0.53		0.01			0.01
		アルミ粉末(アルミ:売却)				0.6	0.6			-0.00		-0.00			0.00		0.00
		切粉(アルミ:売却)				130.1	130.1				-5.21	-5.21				0.09	0.09
		不良品(アルミ:売却)				126.7	126.7				-5.07	-5.07				0.08	0.08
							0.0										
		作動油		5.9			5.9		0.11			0.11		0.01			0.01
		潤滑油		4.9			4.9		0.09			0.09		0.01			0.01
		離型材		10.7			10.7		0.20			0.20		0.02			0.02
(C)	負の製品	ショット粒			4.4		4.4			-0.02		-0.02			0.00		0.00
		切削油				4.5	4.5				0.08	0.08				0.01	0.01
		潤滑油				6.7	6.7				0.13	0.13				0.01	0.01
		作動油				0.9	0.9				0.02	0.02				0.00	0.00
		含浸材				4.5	4.5				0.04	0.04				0.01	0.01
		小計	65.8	56.6	4.9	273.3	400.7	-5.41	-1.54	-0.02	-10.00	-16.97	0.04	0.05	0.00	0.19	0.29
	負の製品 エネルギー	電力(kWh)	0.0	195.9	0.6	589.7	786.3	0.00	2.35	0.01	7.08	9.44	0.00	0.66	0.00	1.98	2.64
		灯油(kg)	3.9	10.4	0.0	15.0	29.4	0.34	0.91	0.00	1.32	2.57	0.08	0.22	0.00	0.31	0.61
		LPG(kg)	0.0	21.8	0.1	34.6	56.4	0.00	0.94	0.00	1.50	2.45	0.00	0.58	0.00	0.93	1.51
		小計						0.34	4.21	0.01	9.89	14.45	0.08	1.46	0.00	3.22	4.76
	総計							15.33	21.36	1.47	83.41	121.57	9.18	6.90	0.74	39.04	55.86

この表の中の 2 行目の材料“アルミニウム (工程内リサイクル量)”は、発生した廃棄物のうち、最初の溶解工程に戻り材料として再投入されるものを表している。従って、負の製品の 1 行目の材料“アルミニウム (負の製品)”は、“アルミニウム (廃棄物発生量)”から、“アルミニウム (工程内リサイクル量)”を相殺したものである。

表中の(A)“負の製品”では、工程ごとに、負の製品物量値、およびそれに材料別の購入

単価を乗じた負の製品コスト（MFCA 値）、材料別の LIME 値を乗じた負の製品 LIME 値を計算している。

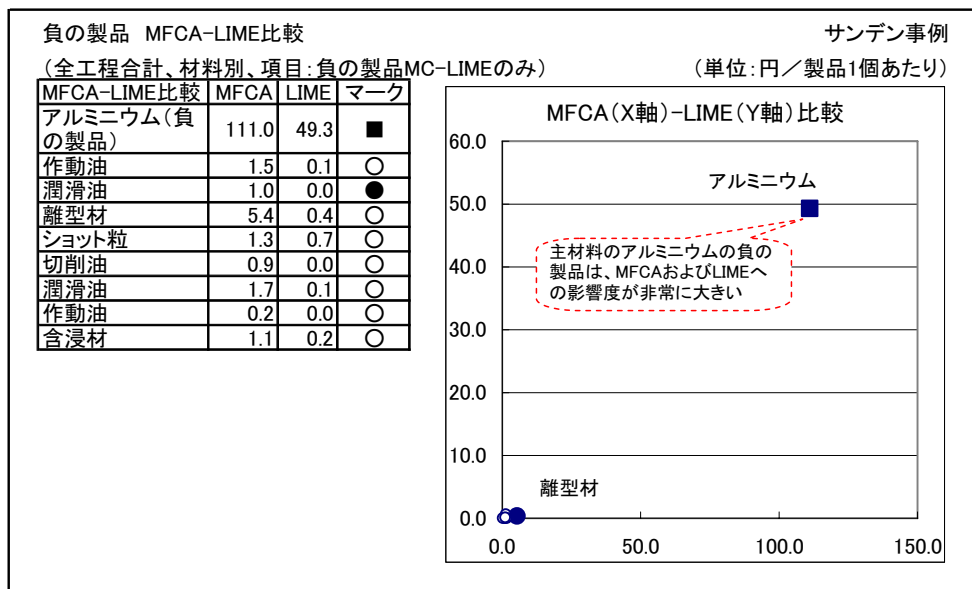
表中の(B)“負の製品廃棄処理”では、工程内でリサイクルされないで排出される負の製品を、廃棄物の種類別に物量値、廃棄処理コスト、廃棄処理の LIME 値を計算している。

このうち、アルミドロス、バリなど、アルミ材料の廃棄物の多くは、リサイクル材料として売却され、廃棄処理コストとしては売却価格であるマイナス値を示している。通常、MFCA の計算において、売却される廃棄物はコストに計上しない。しかし MFCA-LIME 統合計算においては、売却される材料もその廃棄処理段階で環境に影響を与え、その負荷が LIME 値として計算されている。従って、通常はコスト計算に含めない廃棄物の売却価格も負のコストとして計算に含めることにした。

表中の(C)“負の製品エネルギー”では、それぞれの負の製品エネルギー量、それにエネルギー種類別の購入単価を乗じた負の製品エネルギーコスト、エネルギー種類別の LIME 値を乗じた負の製品エネルギーの LIME 値を計算している。負の製品エネルギー量は、投入エネルギー量に、MFCA 計算における負の製品比率を乗じて計算した。

図 2-8 は、表 2-4 の負の製品 (A) の材料の MFCA 値と LIME 値を比較するために、散布図上に、材料種類別にプロットしたものである。主材料のアルミニウムが、MFCA 値に関しても、LIME 値に関しても、その要因の大部分を占めていることがわかる。

従ってこの製品の製造に関しては、主材料のアルミニウムの材料ロスを削減することが、製造コストを削減することであり、かつ環境負荷を削減することであるといえる。



(図 2-8 材料別の MFCA-LIME 値の比較)

(4) 工程別、項目別、全体の MFCA-LCA 統合評価

表 2-5 は、(3) で計算した材料別、工程別の計算を、工程別にまとめたものである。

通常の MFCA 計算では、リサイクルとして売却される（売上になる）材料は、コストと別に、その売上が計上される。

一方、MFCA-LCA 統合計算においては、リサイクルとして売上になるものでも、廃棄処理費用のかかるものと同様に、環境への負荷がかかり、LIME 値が同じように計上されている。従って (1) でも述べたように、この計算においては、リサイクルとして売上になるものはマイナスのコストとして、MFCA のコスト計算に含めて表すようにしている。

(表 2-5 工程別の MFCA-LIME 統合化計算結果)

MFCA-LIME 比較(工程別)

(最終工程の正の製品 1個製造の数値に変換)

(単位:円/製品1個あたり)

通常のMFCA計算		溶解	鋳造	SB	切削	全工程合計	
負の製品のMFCAコスト	負の製品マテリアルコスト	20.40	18.69	1.48	83.52	124.09	139.33
	負の製品エネルギーコスト	0.34	4.21	0.01	9.89	14.45	上の数値にはリサイクル材
	負の製品の廃棄処理コスト	0.10	0.41	0.00	0.27	0.78	料の売上は含まれない
	リサイクルした材料の売上(マイナスのコスト)	-5.51	-1.95	-0.02	-10.27	-17.75	
小計(コスト-リサイクル材料の売上)		15.33	21.36	1.47	83.41	121.57	
MFCA-LCA統合計算		溶解	鋳造	SB	切削	全工程合計	
負の製品に関わるLIME値	負の製品の材料生産-LIME	9.06	5.39	0.73	35.63	50.81	55.86
	負の製品エネルギー-LIME	0.08	1.46	0.00	3.22	4.76	上の数値には、リサイクル
	負の製品の廃棄処理-LIME	0.00	0.03	0.00	0.02	0.05	材料処理のLIME値が含ま
	リサイクル材料処理LIME値	0.04	0.02	0.00	0.17	0.24	れる
小計(LIME値)		9.18	6.90	0.74	39.04	55.86	

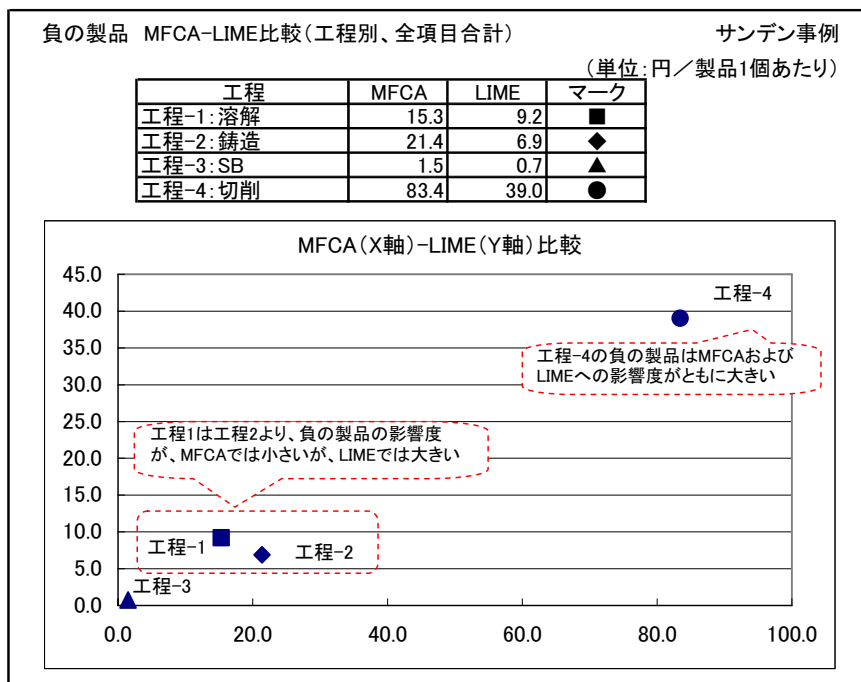
図 2-9 は、表 2-5 の MFCA 値を散布図の横軸 (X 軸) に、LIME 値を散布図の縦軸 (Y 軸) に、工程別にプロットしたものである。

この製品の製造では、(3) で述べたように、MFCA 値、LIME 値、どちらに関しても、主材料のアルミニウムがその要因のほとんどを占めている。

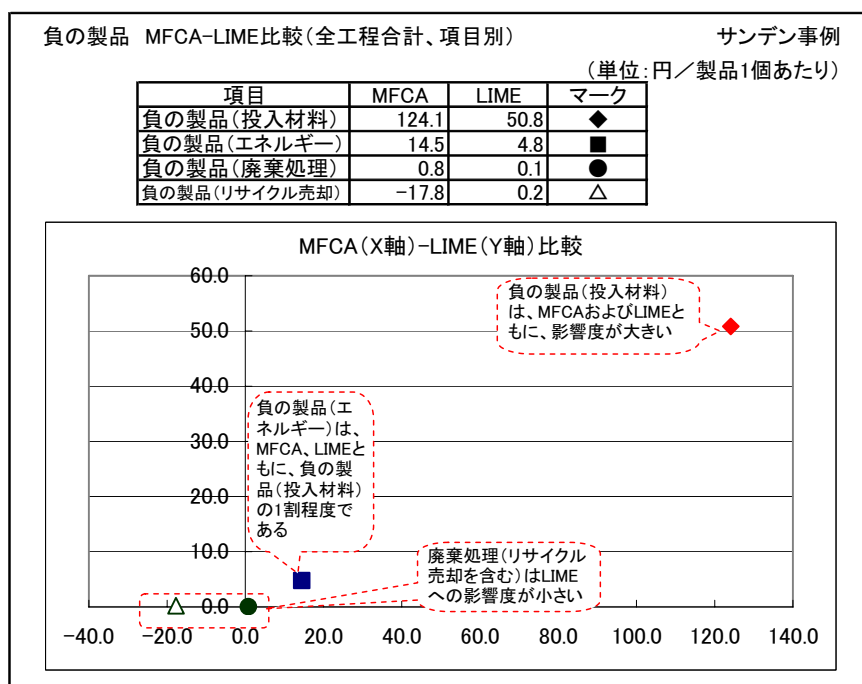
図 2-9 の工程別の散布図を見ると、主材料のアルミニウムの負の製品の発生量 (kg) が最も大きい工程-4 の切削工程で、負の製品の MFCA 値、LIME 値ともに、最も大きい数値になっている。

また、工程 1 は工程 2 より、負の製品の MFCA 値では小さいが、LIME 値では大きくなっている。これは、溶解工程の主材料アルミニウムのロスが外部リサイクルによって売上になり、製造コストとしては MFCA 値を引き下げるが、環境面では LIME 値を引き上げることによる影響である。

図 2-10 は、表 2-5 の MFCA 値、LIME 値を、負の製品の“投入材料”、“エネルギー”、“廃棄処理”、“リサイクル売却”の項目別に、その MFCA 値と LIME 値を散布図上にプロットしたものである。



(図 2-9 工程別の MFCA-LIME 値の比較)



(図 2-10 項目別の MFCA-LIME 値の比較)

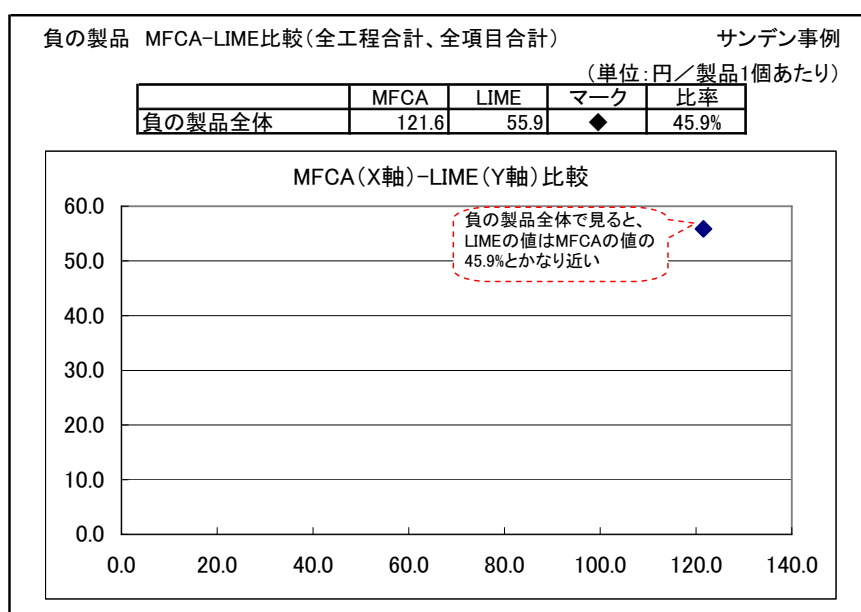
ここでは、負の製品の“投入材料”に関する MFCA 値、LIME 値が最も大きくなっている。この製品の製造では、アルミニウムの溶解、鋳造という比較的エネルギーを大量に使用する工程が含まれているが、それでも負の製品の“エネルギー”は、MFCA 値、LIME 値ともに、“投入材料”の MFCA 値、LIME 値の 1 割程度となっている。

負の製品の“廃棄処理”は、上記の 2 項目に比較すると非常に小さい。負の製品の“リサイクル売却”は、会計的には（コストを相殺する）売上になり、マイナスのコストとして現れている。LIME 値では、値は小さいもののプラスで表れ、リサイクルといえども環境に負荷を与えていることを示している。

図 2-11 は、負の製品全体の MFCA 値と LIME 値を散布図上にプロットしたものである。

負の製品全体では、MFCA 値（負の製品コストトータル：製造コストのロス）121.6 円に対して、LIME 値（負の製品の環境への負荷トータル：社会的コスト）は 55.9 円となっており、LIME 値は MFCA 値の 45.9%となっている。

この製品の製造における負の製品（材料のロス）が、製品 1 個あたり 121.6 円の製造コストのロスになり、かつ 55.9 円の社会的なコストにつながっているという意味である。



(図 2-11 全体の MFCA-LIME 値の比較)

(5) 環境影響を CO₂ 排出量で評価

(表 2-6 CO₂ 排出量で MFCA-LCA 統合評価した結果)

CO₂排出量換算のマテリアルフローコストマトリックス(工程間統合)

最終工程の正の製品重量 =1.451 ton/1000個

(CO₂排出量 単位 ton-CO₂、製品1000個製造あたり)

	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)	13.888 66.1%	2.910 13.8%			16.798 79.9%
マテリアルロス (負の製品)	3.501 16.7%	0.726 3.5%			4.227 20.1%
廃棄/リサイクル				0.000 0.0%	0.000 0.0%
小計	17.389 82.7%	3.637 17.3%		0.000 0.0%	21.025 100.0%

表 2-6 は、図 2-7 の MFCA 計算を、材料、エネルギー種類別のコスト単価の代わりに、材料、エネルギー種類別の CO₂ 排出量で計算を行なった計算結果を、マテリアル・フローコスト・マトリクスで表したものである。

表 2-6 を見ると、この製品製造で使用する材料の環境影響（図 2-1 の①）を CO₂ 排出量に換算すると、製品 1000 個あたりで 17.389 ton・CO₂ と計算できる。MFCA 計算対象の製造プロセスにおける燃料消費（図 2-1 の②）の環境影響は、CO₂ 排出量に換算すると 3.637 ton・CO₂ と計算される。廃棄処理段階（図 2-1 の③）の環境影響は、CO₂ 排出量に換算するとゼロとなっている。

このケースの場合、電力や LPG などのエネルギー使用設備の省エネ改善が 10%の省エネ効果があると仮定すると、CO₂ 排出量削減効果として 0.364ton・CO₂ になると推定される。

一方、表 2-6 のマテリアルロス（負の製品）部分を、MFCA の工程別、項目別に表したものが表 2-7 である。そのマテリアルロスの環境影響を CO₂ 排出量に換算すると 4.227 ton・CO₂ と計算される。

表 2-7 の最終工程（切削）のアルミ廃棄物の発生量は 256.8kg（製品 1000 個製造あたり）という数値になっている。表 2-8 は、それを 227.1kg へと 10%削減したと想定した場合の計算結果である。この場合のマテリアルロスの環境影響を CO₂ 排出量に換算すると 3.861ton・CO₂ になる。その削減効果は、0.366ton・CO₂ と計算される。

（表 2-7 CO₂ 排出量に換算した改善前のマテリアルロスの環境影響）

改善前		溶解 発生CO2	鋳造 発生CO2	SB 発生CO2	切削 発生CO2	全工程合計 発生CO2
負の製品 CO2(ton)	負の製品MC	0.630	0.377	0.025	2.469	3.501
	負の製品EC	0.000	0.211	0.001	0.515	0.726
	廃棄処理コスト	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
リサイクル材料処理CO2(ton)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		0.630	0.587	0.026	2.984	4.227

（表 2-8 CO₂ 排出量に換算した改善後のマテリアルロスの環境影響）

改善後		溶解 発生CO2	鋳造 発生CO2	SB 発生CO2	切削 発生CO2	全工程合計 発生CO2
負の製品 CO2(ton)	負の製品MC	0.619	0.370	0.025	2.185	3.198
	負の製品EC	0.000	0.207	0.001	0.455	0.663
	廃棄処理コスト	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
リサイクル材料処理CO2(ton)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		0.619	0.577	0.025	2.640	3.861

この結果を見ると、この製品の製造の場合、エネルギー設備における 10%の省エネは、切削工程の材料ロスの 10%削減（この計算の場合では、材料投入量の 1.7%削減に相当する）と、CO₂ 排出量削減効果として同等である。この製品における材料ロスの削減は、CO₂ 排出量削減に非常に効果の大きな取り組みであるといえる。

（6）MFCA-LCA 統合評価結果の全体考察

（3）（4）（5）の結果を要約すると、次のようになる。

① MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価

この製品の製造に関しては、主材料のアルミニウムの材料ロスを削減すること
が、製造コストを削減することであり、かつ環境負荷を削減することであるとい
える。

② MFCA 値と LIME 値の工程別の評価

主材料のアルミニウムの負の製品の発生量が最も大きい工程-4で、MFCA 値、
LIME 値ともに、最も大きい数値になっている。

工程-1 は工程-2 より、負の製品の MFCA 値では小さいが、LIME 値では大きい
数値になっている。これは外部リサイクルによる廃棄物の売却の影響である。

③ MFCA 値と LIME 値の項目別の評価

この製品の製造では、負の製品の“エネルギー”の MFCA 値、LIME 値は、負
の製品の“投入材料”の MFCA 値、LIME 値の、それぞれ 1 割程度である。

④ MFCA 値と LIME 値の全体評価

この製品の製造においては、負の製品（材料のロス）が、製品 1 個あたり 121.6
円の製造コストのロスになり、55.9 円の社会的なコストにつながっている。

⑤ CO₂ 排出量による評価

この製品の製造の場合、材料ロスの削減は、CO₂ 排出量削減に非常に効果の大
きな取り組みである。

MFCA-LCA 統合評価として、材料やエネルギーの単価を、LIME 統合化係数（円/kg）
に置き換えた計算、あるいは CO₂ 排出量の原単位（ton・CO₂/kg）に置き換えた計算から、
上記の①～⑤のような結論が導き出せた。

この事例の場合、上記のことは、製造プロセスにおける主材料であるアルミニウムのロ
ス削減が、環境負荷低減とコストダウンを両立させる取り組みとして、非常に有効である
ことを示している。

また、この事例の場合、材料のロス削減の改善とエネルギー設備の省エネ改善の効果を
比較し、その製造コスト面、環境面の両面から、その取り組みの重要性を判断する情報と
しても、価値が大きいと思われる。

2-3-3. キヤノン株式会社の事例

キヤノン株式会社の用意した MFCA の計算モデルでは、改善前後の物量値の変化、MFCA の計算値の変化、MFCA-LCA 統合計算値の変化を比較した。

なお、本事例で使用した MFCA の計算では、材料の投入やロス物の物量値、および材料の単価などを、架空の数値に置き換えている。

(1) MFCA 計算モデル

MFCA-LCA 統合評価を行った MFCA の計算結果のデータ付フローチャートを、図 2-12 に示す。この計算モデル内で定義されている材料と排出物の LCA を行い、それぞれの環境影響評価指標の係数としての LIME 値を算出した。

なお、この MFCA の計算においては、最終工程で正の製品が 1,000kg 製造される場合の各工程の負の製品物量を計算したものに換算して、計算を行なっている。

また、ここでは材料の単価と物量値を、仮定の数値に置き換えている。また、この図のシステムコストのデータに関しては、表示から除外している。

なおこの事例では改善前後の比較を行っているが、図 2-12 は、改善前のものである。

改善前MFCA計算結果(データ付フローチャート:工程間統合)

(最終工程の正の製品 1kg製造の数値(単位:円)に変換)

コスト項目	工程 I	工程 II	工程 III
新規投入コスト計	464.9	8.8	2.5
新規投入MC	451.6	0.0	0.0
新規投入SC	0.0	0.0	0.0
新規投入EC	13.4	8.8	2.5
前工程コストの引継ぎ計	0.0	423.7	414.4
引継ぎMC	0.0	410.8	393.1
引継ぎSC	0.0	0.0	0.0
引継ぎEC	0.0	12.9	21.3
工程毎の投入コスト計	464.9	432.5	416.9
投入MC	451.6	410.8	393.1
投入SC	0.0	0.0	0.0
投入EC	13.4	21.7	23.7
正の製品コスト計	423.7	414.4	380.3
正の製品MC	410.8	393.1	358.7
正の製品SC	0.0	0.0	0.0
正の製品EC	12.9	21.3	21.6
負の製品コスト	43.9 対応LIME値	19.2 対応LIME値	39.4 対応LIME値
負の製品MC	40.8 2.28	17.7 0.42	34.4 10.33
負の製品SC	0.0	0.0	0.0
負の製品EC	0.5 0.14	0.4 0.11	2.1 0.60
廃棄処理コスト	2.7 0.19	1.1 0.06	2.8 0.07

(図 2-12 キヤノン MFCA-LCA 統合評価事例での MFCA 計算結果、改善前)

この研究では、負の製品部分に関する MFCA 値と LCA 値の比較を、改善前後で行っている。この改善前後の MFCA 計算における負の製品の物量値を表 2-10 で整理している。

(2) LIME 統合化係数

表 2-9 は、MFCA 計算モデルの中で定義されている使用材料の LCA 分析の結果得られた、材料別の LIME 統合化係数 (円/kg) を整理したものである。

(表 2-9 定義した材料の LIME 統合化係数の値)

材料、energy 種類	MFCA材料名	LCA調査用の材料名	Input:投入 Process:使用 Output:廃棄	区分	Ecoinvent ID	ID別 LIME値 (円/kg)	LIME値 平均 (円/kg)
主材料	鉄	鉄	Input	生産	1150	5.75E+01	4.73E+01
					1151	3.68E+01	
					1154	4.76E+01	
			Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
主材料	ステンレス	ステンレス	Input	生産	1149	1.50E+02	1.48E+02
					1152	1.46E+02	
					IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
			Output	廃棄	IF(金属くず)	6.39E-01	6.39E-01
主材料	ポリオール、 イソシアネート	ウレタン	Input	生産	1838	6.07E+01	5.68E+01
					1839	5.30E+01	
					IF(廃プラスチック)	3.94E+00	3.94E+00
			Output	廃棄	IF(廃プラスチック)	3.94E+00	3.94E+00
主材料	EPDM計ゴム材	ゴム	Input	生産	1847	5.89E+00	5.89E+00
					IF(ゴムくず)	2.27E+00	2.27E+00
					1676	4.43E+00	4.43E+00
			Output	廃棄	IF(不明・一律)	1.18E+00	1.18E+00
副材料	接着剤エラストマ、 炭化水素系溶剤	トルエン	Input	生産	1676	4.43E+00	4.43E+00
補助材料	メチルエチルケトン、	トルエン	Input	生産	1676	4.43E+00	4.43E+00
補助材料			Output	廃棄	VOCとして大気排出	1.97E+01	1.97E+01
用益	電力	電力	Input	生産	2081	3.15E+00	3.35E+00
					2210	3.20E+00	
					2209	3.26E+00	
					2362	3.62E+00	
					2332	3.68E+00	
					2048	3.21E+00	

複数種類ある主材料の中でもステンレスは、生産段階の LIME 統合化係数が 1.48E+02 円/kg となっており、他の使用材料と比べて、特に LIME 統合化係数の高い材料である。

その他、ウレタンの生産段階 (5.68E+01)、鉄の生産段階 (4.73E+01) は、その他の材料よりも比較的 LIME 統合化係数の高い材料であるといえる。

(3) 材料別の MFCA-LCA 統合評価

表 2-10 は改善前後の負の製品物量の変化を整理したものである。

(表 2-10 材料別、工程別の負の製品物量値の変化)

		(最終工程の正の製品 1000kg製造の数値に変換)							
		改善前				改善後			
		負の製品物量(kg、電力はkWh)				負の製品物量(kg、電力はkWh)			
MFCA負の製品 材料別比較		工程 I	工程 II	工程 III	合計	工程 I	工程 II	工程 III	合計
負の製品	鉄	0.000	0.000	31.216	31.216	0.000	0.000	23.131	23.131
	ステンレス	0.000	0.000	59.031	59.031	0.000	0.000	49.631	49.631
	ポリオール	36.251	5.447	1.446	43.144	3.390	2.568	1.074	7.032
	イソシアネート	2.172	0.328	0.091	2.591	0.204	0.150	0.064	0.419
	EPDM系ゴム材	3.953	15.308	3.645	22.906	2.955	9.885	3.067	15.907
	接着剤エラストマ	0.000	0.000	0.007	0.007	0.000	0.000	0.005	0.005
	炭化水素系溶剤	15.797	0.000	0.000	15.797	15.503	0.000	0.000	15.503
	メチルエチルケトン	0.419	0.000	0.000	0.419	0.414	0.000	0.000	0.414
	トルエン	0.237	0.000	0.000	0.237	0.231	0.000	0.000	0.231
小計		58.829	21.083	95.436	175.348	22.696	12.604	76.974	112.274
									63.075

主材料の鉄、ステンレス、ポリオール、イソシアネート、EPDM 系ゴム材、ほとんどす

すべての材料で、負の製品物量が少なくなっている。

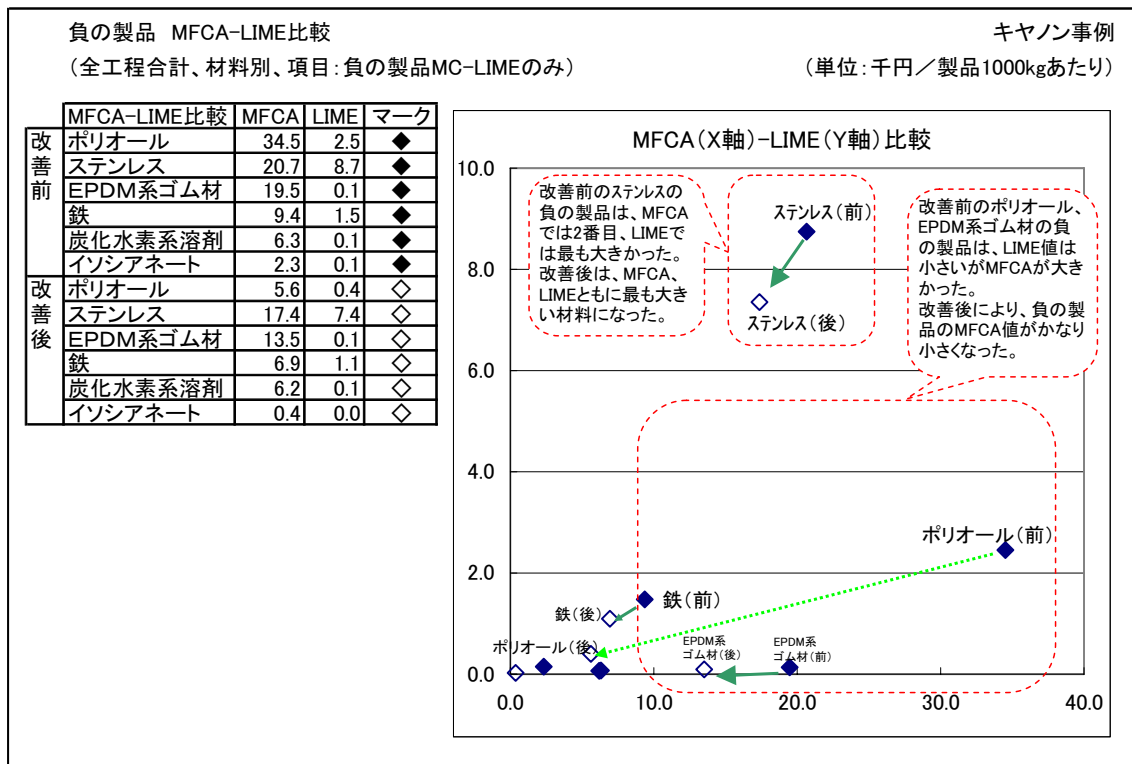
表 2-11 は、負の製品に関する MFCA 値と LIME 値を、材料別に計算した結果である。

(表 2-11 材料別の MFCA、LIME 計算結果：改善前後の比較)

(最終工程の正の製品 1000kg製造の数値に変換、単位千円)

MFCA負の製品 材料別比較		MFCA計算結果 改善前後比較			LIME計算結果 改善前後比較		
		負の製品コスト 改善前	負の製品コスト 改善後	負の製品コスト 変化	負の製品LIME 改善前	負の製品LIME 改善後	負の製品LIME 変化
負の製品	鉄	9.36	6.94	2.43	1.48	1.09	0.38
	ステンレス	20.66	17.37	3.29	8.75	7.35	1.39
	ポリオール	34.52	5.63	28.89	2.45	0.40	2.05
	イソシアネート	2.33	0.38	1.95	0.15	0.02	0.12
	EPDM系ゴム材	19.47	13.52	5.95	0.14	0.09	0.04
	接着剤エラストマ	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
	炭化水素系溶剤	6.32	6.20	0.12	0.07	0.07	0.00
	メチルエチルケトン	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	トルエン	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	小計	92.83	50.20	42.64	13.03	9.04	3.99
負の製品廃棄 処理	鉄	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01
	ステンレス	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01
	ポリオール	2.08	0.30	1.79	0.17	0.03	0.14
	イソシアネート	0.13	0.02	0.11	0.01	0.00	0.01
	EPDM系ゴム材	1.06	0.71	0.35	0.05	0.04	0.02
	接着剤エラストマ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	炭化水素系溶剤	0.55	0.54	0.01	0.02	0.02	0.00
	メチルエチルケトン	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
	トルエン	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	(鉄+ウレタンゴム) (ステンレス+EPDM系ゴ ム+接着剤エラストマ)	0.66	0.49	0.17	0.00	0.00	0.00
	小計	6.67	3.89	2.78	0.32	0.14	0.18
負の製品EC	電力(kWh)	3.03	1.32	1.71	0.85	0.37	0.48
総計		102.54	55.41	47.13	14.20	9.55	4.65

図 2-13 は、表 2-11 の負の製品部分だけを、散布図上にプロットしたものである。



(図 2-13 材料別の MFCA-LIME 値の比較)

改善前の材料別の数値で見ると、負の製品となったステンレスは、MFCA 値では 2 番目、LIME 値では最も大きい数値を示している。またポリオールおよび EPDM 系ゴム材の負の製品は、LIME 値は小さいが MFCA 値が大きいという材料であることを示している。

改善後の材料別の数値で見ると、負の製品となったステンレスは、MFCA 値、LIME 値ともに最も大きい数値を示す材料になっている。また、ポリオールおよび EPDM 系ゴム材の負の製品は、改善により負の製品物量が大幅に削減された結果、負の製品の MFCA 値も、かなり小さい数値になった。

負の製品の MFCA 値の改善前後の変化を見ると、負の製品の MFCA 値が最も大きかった材料、ポリオールが、改善後の負の製品 MFCA 値では、5 番目の大きさになっている。一方、ステンレスは、改善前の負の製品 MFCA 値が 2 番目だったが、改善後は、負の製品 MFCA 値が最も大きな材料になった。

負の製品の LIME 値で改善前後の変化を見ると、負の製品物量の削減量の大きいポリオールが最も大きい、ステンレスもそれに近い変化を示している。これは、表 2-6 で定義した LIME 統合化係数で、ステンレスはポリオールより 3 倍程度の大きさであったことが理由である。当たり前のことであるが、ステンレスなど LIME 値の大きい（環境影響の大きい）材料は、負の製品物量の少量の削減でも、環境負荷の削減効果が大きいことを示している。

（４）工程別、項目別、全体の MFCA-LCA 統合評価

表 2-12 は、表 2-11 の材料別、工程別の MFCA 値、LIME 値の計算を、改善前後の項目別、工程別にまとめたものである。

（表 2-12 工程別の MFCA と LIME 計算結果：改善前後の比較）

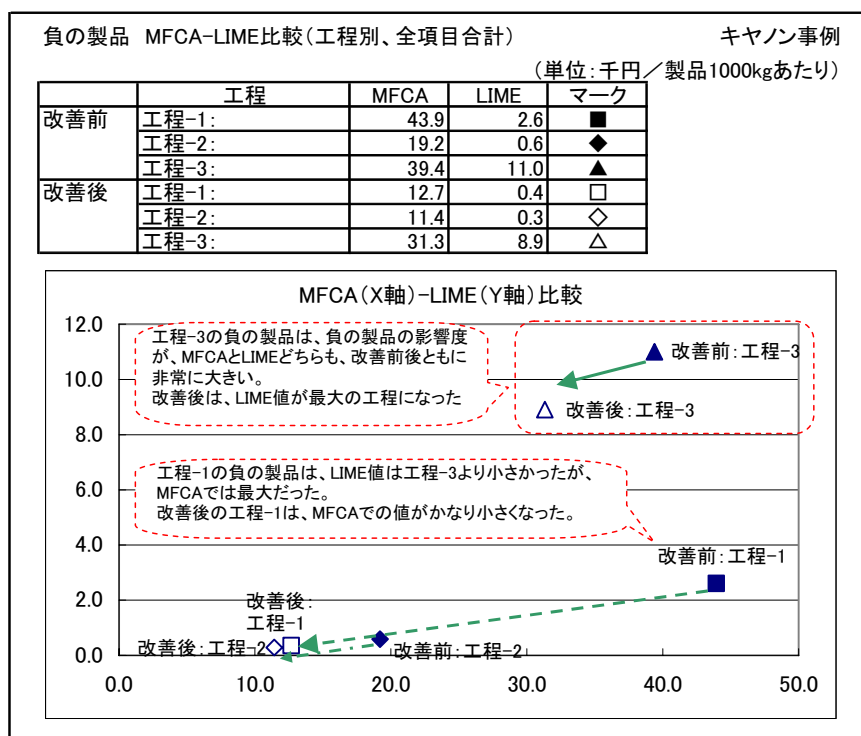
MFCA-LIME 比較(工程別)

(最終工程の正の製品 1000kg 製造の数値に変換、単位千円)

MFCA改善前後比較		工程Ⅰ	工程Ⅱ	工程Ⅲ	全工程合計	コメント 全工程のトータルで負の製品コストを削減 46%
改善前 負の製品 MFCAコスト	負の製品マテリアルコスト	40.77	17.66	34.40	92.83	
	負の製品エネルギーコスト	0.49	0.41	2.14	3.03	
	負の製品の廃棄処理コスト	2.69	1.13	2.85	6.67	
	合計	43.95	19.20	39.39	102.54	
改善後 負の製品 MFCAコスト	負の製品マテリアルコスト	11.74	10.59	27.87	50.20	
	負の製品エネルギーコスト	0.04	0.16	1.13	1.32	
	負の製品の廃棄処理コスト	0.88	0.68	2.33	3.89	
	合計	12.66	11.43	31.32	55.41	
LIME改善前後比較		工程Ⅰ	工程Ⅱ	工程Ⅲ	全工程合計	コメント 全工程のトータルで負の製品材料(材料ロス)の環境影響を削減 33%
改善前 負の製品 LIME値	負の製品の材料生産-LIME	2.28	0.42	10.33	13.03	
	負の製品エネルギー-LIME	0.14	0.11	0.60	0.85	
	負の製品の廃棄処理-LIME	0.19	0.06	0.07	0.32	
	合計	2.61	0.59	11.00	14.20	
改善後 負の製品 LIME値	負の製品の材料生産-LIME	0.29	0.21	8.53	9.04	
	負の製品エネルギー-LIME	0.01	0.04	0.31	0.37	
	負の製品の廃棄処理-LIME	0.05	0.03	0.06	0.14	
	合計	0.36	0.29	8.90	9.55	

表 2-12 を見ると、改善前の工程別、項目別負の製品の MFCA 値では、工程-1 の負の製品マテリアルコストが最も大きい。

図 2-14 は、表 2-12 を工程別にまとめたものである。



(図 2-14 工程別の MFCA-LIME 値、改善前後の比較)

改善前の工程別の数値で見ると、負の製品の MFCA 値では工程-1 (43.9 千円) のほうが工程-3 (39.4 千円) よりも若干大きく、工程-2 (19.2 千円) はそれらよりもかなり小さい数値を示している。しかし、負の製品の LIME 値では、工程-1 と工程-3 の数値が逆転し、工程-3 (11.00 千円) のほうが工程-1 (2.6 千円) よりもかなり大きな数値を示している。

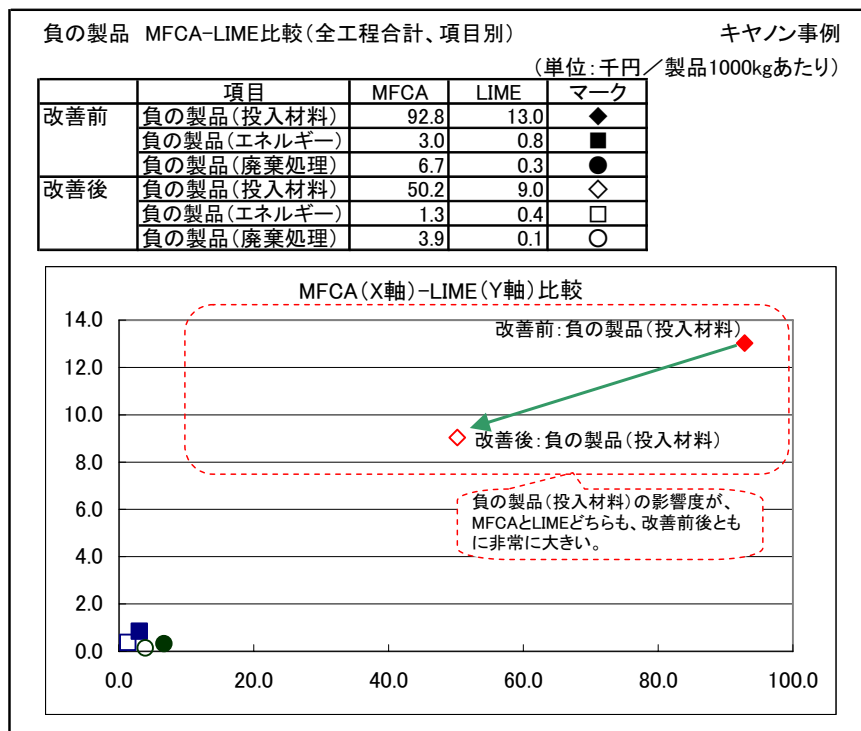
改善後の工程別の数値で見ると、負の製品の MFCA 値、および LIME 値ともに、工程-3 (MFCA 値 : 31.3 千円、LIME 値 : 8.9 千円) が、他の工程よりもかなり大きな数値を示している。

次に、図 2-15 は表 2-12 を項目別にまとめたものである。

負の製品 (投入材料) の影響度が、MFCA と LIME どちらも、改善前後ともに非常に大きい。

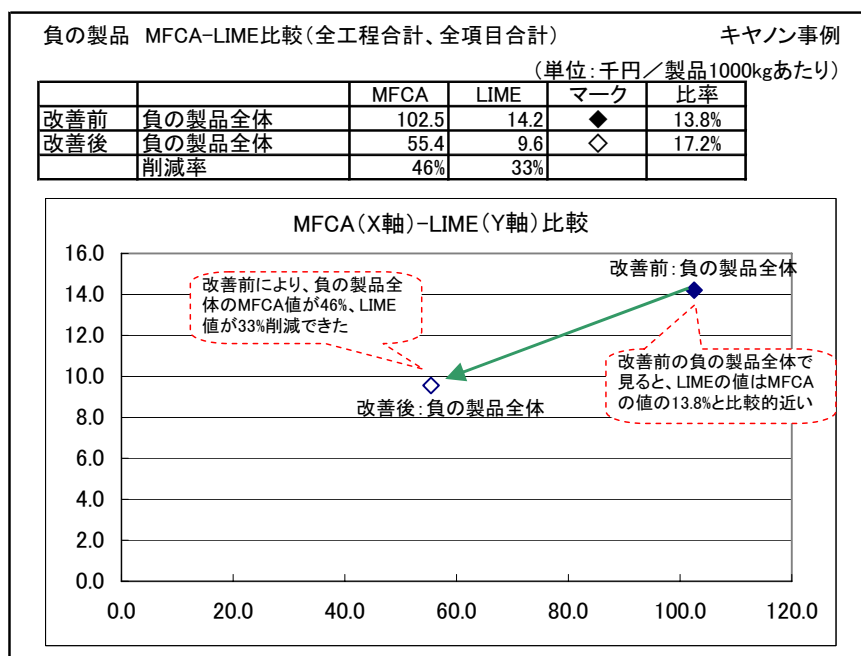
改善前の項目別の数値で見ると、負の製品の“投入材料”が、MFCA 値 (92.8 千円) と LIME 値 (13.0 千円) と、どちらの数値も“エネルギー”や“廃棄処理”の項目の数値より、非常に大きな数値となっている。

改善後も、その項目別の数値で見ると、負の製品の“投入材料”が、MFCA 値 (50.2 千円) と LIME 値 (9.0 千円) と、どちらの数値も“エネルギー”や“廃棄処理”の項目の数値より、非常に大きな数値となっている。



(図 2-15 項目別の MFCA-LIME 値、改善前後の比較)

次に、図 2-16 は、負の製品全体の MFCA 値と LIME 値を散布図上にプロットしたものである。



(図 2-16 全体の MFCA-LIME 値、改善前後の比較)

改善前の負の製品全体では、MFCA 値（負の製品コストトータル：製造コストのロス）102.5 千円に対して、LIME 値（負の製品の環境への負荷トータル：社会的コスト）は 14.2

千円となっており、LIME 値は MFCA 値の 13.8%となっている。

改善前のこの製品の製造における負の製品（材料のロス）が、製品 1,000kg あたり 102.5 千円の製造コストのロスになり、かつ 14.2 千円の社会的なコストにつながっているといえる。

改善後の負の製品全体では、MFCA 値（負の製品コストトータル：製造コストのロス）55.4 千円に対して、LIME 値（負の製品の環境への負荷トータル：社会的コスト）は 9.6 千円となっており、LIME 値は MFCA 値の 17.2%となっている。

表 2-12 の右端の列のコメントにあるように、この改善により、MFCA の負の製品コストが全工程合計で 46%削減された。またそれは、負の製品による環境影響を、LIME 値で 33%削減する効果であった。

また、改善前の負の製品全体の LIME 値は、MFCA 値の 13.8%であった。改善後はそれが 17.2%に変化している。これは、改善の結果、負の製品（廃棄物）の構成する材料の中で、LIME 統合化係数の大きい材料の比率が高まったことを示している。

（５）環境影響を CO₂ 排出量で評価

（表 2-13 CO₂ 排出量で MFCA-LCA 統合評価した結果、改善前）

CO₂排出量換算のマテリアルフローコストマトリックス（工程間統合）

（CO₂排出量 単位 ton-CO₂、製品1000kg製造あたり）

改善前	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）	2.998 61.1%	1.163 23.7%			4.161 84.8%
マテリアルロス （負の製品）	0.582 11.9%	0.163 3.3%			0.745 15.2%
廃棄／リサイクル				0.000 0.0%	0.000 0.0%
小計	3.580 73.0%	1.326 27.0%		0.000 0.0%	4.907 100.0%

（表 2-14 CO₂ 排出量で MFCA-LCA 統合評価した結果、改善後）

CO₂排出量換算のマテリアルフローコストマトリックス（工程間統合）

（CO₂排出量 単位 ton-CO₂、製品1000kg製造あたり）

改善後	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）	2.998 71.1%	0.788 18.7%			3.786 89.7%
マテリアルロス （負の製品）	0.361 8.6%	0.071 1.7%			0.433 10.3%
廃棄／リサイクル				0.000 0.0%	0.000 0.0%
小計	3.360 79.6%	0.859 20.4%		0.000 0.0%	4.219 100.0%

表 2-13 は、図 2-12 の改善前の MFCA 計算を、材料、エネルギー種類別のコスト単価の

代わりに、材料種類別の CO₂ 排出量で計算を行なった計算結果を、マテリアル・フローコスト・マトリクスで表したものである。また、表 2-14 は、改善後の MFCA 計算を CO₂ 排出量で行った計算結果を、同じくマテリアル・フローコスト・マトリクスで表したものである。

表 2-13、表 2-14 を見ると、改善前では、製品 1,000kg を製造するにあたり、正の製品、負の製品トータルの環境への影響は、CO₂ 排出量に換算すると、4.907 ton- CO₂ に相当していた。改善後のそれは 4.219 ton- CO₂ に相当し、全体で 0.6887 ton- CO₂ の CO₂ 排出量削減が図れた結果になっている。

これは、マテリアルの生産段階で 0.221 ton- CO₂、エネルギー消費段階（MFCA 計算対象の製造プロセス）で 0.467 ton- CO₂ の排出量削減になっている。エネルギーに関しての CO₂ 排出量は、良品（正の製品）の部分で 0.375 ton- CO₂ の排出量削減になっており、この改善の中で取られた対策が、材料のロス削減だけでなかったことを物語っている。

（６）MFCA-LCA 統合評価結果の全体考察

（３）（４）（５）の結果を要約すると、以下のようになる。

① MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価

改善前、負の製品となったステンレスは、MFCA 値で 2 番目、LIME 値では最も大きい数値を示している。ポリオールおよび EPDM 系ゴム材の負の製品は、LIME 値は小さいが MFCA 値が大きいという材料であることを示している。

改善後、負の製品となったステンレスは、MFCA 値、LIME 値ともに最も大きい数値を示す。ポリオールおよび EPDM 系ゴム材は、改善により負の製品物量が大幅に削減され、負の製品の MFCA 値も、かなり小さい数値になった。

② MFCA 値と LIME 値の工程別の評価

改善前、負の製品の MFCA 値では、工程-1 のほうが工程-3 よりも若干大きい、負の製品の LIME 値では、工程-3 のほうが工程-1 よりもかなり大きい。

改善後、負の製品の MFCA 値、および LIME 値ともに、工程-3 が、他の工程よりもかなり大きな数値を示している。

③ MFCA 値と LIME 値の項目別の評価

改善前、改善後ともに、負の製品の“投入材料”は、MFCA 値と LIME 値、どちらも“エネルギー”や“廃棄処理”の項目の数値より、非常に大きな数値となっている。

④ MFCA 値と LIME 値の全体評価

改善前のこの製品の製造全体では、製品 1,000kg あたり 102.5 千円の製造コストのロスになり、かつ 14.2 千円の社会的なコストにつながっているといえる。

この改善により、MFCA の負の製品コストが全工程合計で 46%削減された。そ

の改善によって、負の製品の環境負荷を、**LIME** 値で 33%削減する効果があった。

⑤ CO₂ 排出量による評価

この改善の結果、製品 1,000kg 製造に、正の製品、負の製品トータルの環境への影響は、CO₂ 排出量に換算すると、4.907 ton- CO₂ から 4.219 ton- CO₂ に削減された。

MFCA-LCA 統合評価として、材料やエネルギーの単価を、**LIME** 統合化係数 (円/kg) に置き換えた計算、あるいは CO₂ 排出量の原単位 (ton- CO₂/kg) に置き換えた計算から、上記の①～⑤のような結論が導き出せた。

上記のことから、この事例のように主材料でロスになる材料が複数種類ある場合、製造プロセスにおける材料のロス削減の環境負荷の削減効果は、コストダウンの効果と比例関係にないことが明確に示された。**MFCA** によるロスになった材料の物量とコスト面の評価だけでなく、それぞれの材料が特性として持つ環境負荷 (**LIME** 統合化係数) をもとに、環境面の影響も同時に評価し、改善の取り組みを行うことの有用性が認識された。

2-3-4. 田辺製薬株式会社の事例

田辺製薬株式会社の用意した MFCA の計算モデルでは、インベントリ分析にあたり、Ecoinvent と産業連関表を併用した。

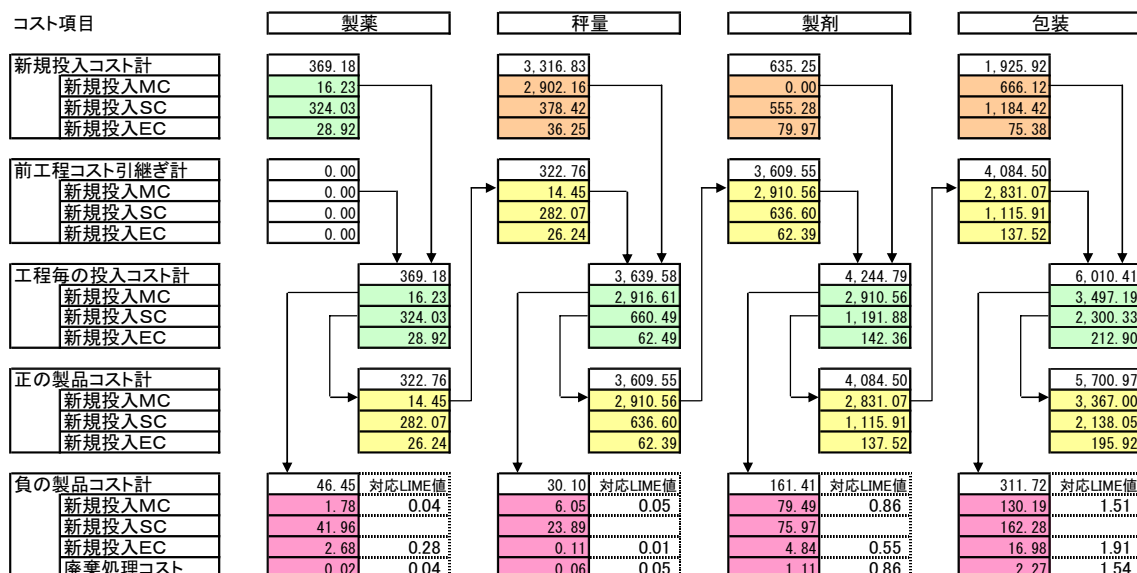
(1) MFCA 計算モデル

MFCA-LCA 統合評価を行った MFCA の計算結果のデータ付フローチャートを、図 2-17 に示す。MFCA 評価において、包装工程における負の製品コストが高額となることがわかった。

医薬品原料 MFCA-LIME統合計算モデルのMFCA

医薬品製造におけるデータ付きフローチャート

(製品1個当たりの製造コスト、単位:円)



(図 2-17 田辺製薬 MFCA-LCA 統合評価事例での MFCA 計算結果)

(2) LIME 統合化係数

表 2-15 に、MFCA-LCA の統合計算において使用した統合化係数の算出方法をまとめた。今回、各材料の統合化係数の算出方法は、“構成原材料の Ecoinvent をデータベースに使うインベントリ分析”する方法と“産業連関表をデータベースに使うインベントリ分析”する方法の 2 種類を用いた。前者は、LCA のインベントリ分析としての精度が高い反面、成分が不明の材料については適用できない。一方、後者は、材料の価格と製造元の製造種が分かれば、成分が不明の材料にも適用できる反面、Ecoinvent を使ったインベントリ分析よりも、LCA のインベントリ分析としての精度が低い。したがって、Ecoinvent を使ったイ

ンベントリ分析が可能な場合は、その統合化係数値を使用し、それができない場合は、産業連関表をデータベースに用いてインベントリ分析からの統合化係数を用いた。

(表 2-15 定義した材料の LIME 統合化係数の値)

MFCA計算中の材料名					使用した統合化係数値	
	MFCA種類	投入、廃棄物の材料名称	産業名	構成原材料の種類、内容	生産・消費 (円/kg)	廃棄処理 (円/kg)
負の製品 および 廃棄処理	包装材料	元箱	段ボール箱	クラフト紙から製したダンボール	A	A
	包装材料	添付文書	洋紙・和紙	再生紙	A	A
	包装材料	カートン	板紙	コートボール	A	A
	包装材料	ポリセロ-表	熱可塑性樹脂	ポリエチレン、セロハン	A	A
	包装材料	ポリセロ-白	熱可塑性樹脂	ポリエチレンテレフタレート	A	A
	包装材料	アルミビロー	熱可塑性樹脂	ポリエチレンテレフタレート/ポリエチレン/アルミニウム・低密度ポリエチレン	A	A
	包装材料	CPPバンド	熱可塑性樹脂	ポリプロピレン	A	A
	原薬	原薬	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料1	原料1	ぶどう糖・水あめ・異性化糖	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料2	原料2	無機顔料	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料3	原料3	調味料	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料4	原料4	高機能性樹脂	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料5	原料5	石けん・合成洗剤・界面活性剤	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料6	原料6	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料7	原料7	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料8	原料8	無機顔料	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料9	エタノール/メタノール変性#G	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料10	塩化ナトリウム*日局	塩	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料11	塩酸	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料12	クロロホルム	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料13	クロロホルム	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料14	氷酢酸/80%	その他の化学最終製品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料15	液体窒素	圧縮ガス・液化ガス	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	原料16	水酸化ナトリウム液	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	再利用原料	再利用原料1	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	再利用原料	再利用原料2	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
	再利用原料	再利用エタノール	医薬品	廃棄物処理は、廃棄物(不明一律)	B	A
負の製品 エネルギー	用役	電力			A	
	用役	灯油			A	

A: 統合化係数は、構成原材料のecoinventを用いてインベントリ分析し、算出した。

B: 統合化係数は、産業連関表を用いてインベントリ分析し、算出した。

ただし、“産業連関表”を用いてインベント分析を行う場合は、その生産段階のデータのみで、廃棄処理の統合化係数は算出できない。そのため、今回、原薬、原料など“産業連関表”だけでインベント分析した材料については、Ecoinventにおける“廃棄物処理(材料不明)”としたときの統合化係数：1.18E+0 を一律に使用することにした。

(3) 材料別の MFCA-LCA 統合計算

表 2-16 は、前述の統合化係数値を使って、材料別に MFCA-LIMA 統合化計算をした結果である。この MFCA の計算においては、最終工程で正の製品が 1,000 個製造される場合の各工程の負の製品物量を計算したものをベースにして計算した。なお、ここの MFCA における負の製品エネルギーは、全エネルギーコストから灯油および電気を抜粋しており、全エネルギーコストには、その他に工業用水等も含まれる(全エネルギーコストについては、図 2-17 および後述の表 2-17、表 2-18 を参照されたい)。

(表 2-16 材料別の MFCA-LIME 統合化計算結果)

MFCA-LIME比較(医薬品原料 製造工程別・材料別)

(最終工程の正の製品 1000個製造の数値に変換)

MFCA負の製品 材料別比較		負の製品MFCAコスト(円)					負の製品LIME値(円)				
		製薬	秤量	製剤	包装	合計	製薬	秤量	製剤	包装	合計
負の製品	元箱	0.0	0.0	0.0	406.7	406.7	0.0	0.0	0.0	12.6	12.6
	添付文書	0.0	0.0	0.0	29.9	29.9	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
	カートン	0.0	0.0	0.0	4,079.3	4,079.3	0.0	0.0	0.0	89.9	89.9
	ホリセロ-表	0.0	0.0	0.0	1,236.8	1,236.8	0.0	0.0	0.0	20.7	20.7
	ホリセロ-白	0.0	0.0	0.0	1,386.6	1,386.6	0.0	0.0	0.0	22.9	22.9
	アルミロー	0.0	0.0	0.0	1,198.1	1,198.1	0.0	0.0	0.0	45.1	45.1
	CPPバンド	0.0	0.0	0.0	73.1	73.1	0.0	0.0	0.0	1.9	1.9
	原薬	0.0	5,977.0	72,921.0	111,693.2	190,591.1	0.0	48.5	592.0	906.8	1,547.4
	原料1	0.0	58.9	4,098.6	6,277.7	10,435.2	0.0	3.2	222.7	341.2	567.1
	原料2	425.0	0.0	0.7	0.0	425.8	12.3	0.0	0.0	0.0	12.4
	原料3	0.0	0.0	1,288.0	1,968.8	3,256.8	0.0	0.0	18.3	27.9	46.2
	原料4	0.0	0.0	53.1	81.7	134.8	0.0	0.0	1.5	2.4	3.9
	原料5	0.0	0.0	664.6	1,018.0	1,682.7	0.0	0.0	9.9	15.2	25.0
	原料6	0.0	0.0	18.0	22.5	40.5	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
	原料7	139.0	0.8	57.0	86.9	283.7	2.9	0.0	1.2	1.8	6.0
	原料8	447.3	1.4	104.3	159.0	712.0	13.0	0.0	3.0	4.6	20.7
	原料9	108.8	0.7	44.5	68.2	222.2	2.3	0.0	0.9	1.4	4.7
	原料10	0.0	0.4	58.5	89.6	148.5	0.0	0.1	7.6	11.7	19.4
	原料11	5.1	0.0	2.1	3.2	10.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2
	原料12	30.5	0.2	12.5	19.1	62.3	0.6	0.0	0.3	0.4	1.3
	原料13	21.7	0.0	8.9	13.5	44.0	0.5	0.0	0.2	0.3	0.9
	原料14	8.4	0.0	3.4	5.3	17.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.4
	原料15	194.9	0.0	1.6	2.5	199.1	5.6	0.0	0.0	0.1	5.7
	原料16	40.4	0.0	0.0	40.4	80.9	0.3	0.0	0.0	0.3	0.7
	再利用原料1	349.6	6.7	141.2	221.9	719.5	2.8	0.1	1.1	1.8	5.8
	再利用原料2	36.2	0.2	14.8	22.7	73.8	0.9	0.0	0.4	0.6	1.8
	再利用エタノール	-22.0	-0.2	-9.0	-13.8	-45.1	-0.2	-0.0	-0.1	-0.1	-0.4
	小計	1,784.9	6,046.1	79,483.8	130,190.9	217,505.8	41.4	51.9	859.5	1,509.9	2,462.7
負の製品 廃棄処理	元箱	0.0	0.0	0.0	62.9	62.9	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2
	添付文書	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	カートン	0.0	0.0	0.0	348.8	348.8	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4
	ホリセロ-表	0.0	0.0	0.0	43.2	43.2	0.0	0.0	0.0	4.1	4.1
	ホリセロ-白	0.0	0.0	0.0	43.2	43.2	0.0	0.0	0.0	4.1	4.1
	アルミロー	0.0	0.0	0.0	32.1	32.1	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0
	CPPバンド	0.0	0.0	0.0	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
	原薬	0.0	56.5	689.6	1,056.2	1,802.3	0.0	1.7	20.3	31.2	53.2
	原料1	0.0	4.3	298.1	456.6	758.9	0.0	0.1	8.8	13.5	22.4
	原料2	1.6	0.0	0.0	0.0	1.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.7
	原料3	0.0	0.0	5.6	8.6	14.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4
	原料4	0.0	0.0	5.6	8.6	14.1	0.0	0.0	0.2	0.3	0.4
	原料5	0.0	0.0	44.7	68.4	113.1	0.0	0.0	1.3	2.0	3.3
	原料6	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	原料7	0.9	0.1	5.6	8.5	15.0	0.4	0.0	0.2	0.3	0.8
	原料8	3.6	0.2	12.2	18.6	34.5	1.5	0.0	0.4	0.5	2.5
	エタノール/メタノール変性#G	2.4	0.2	14.3	21.9	38.9	1.0	0.0	0.4	0.6	2.1
	塩化ナトリウム*日局	0.0	0.1	18.0	27.6	45.7	0.0	0.0	0.5	0.8	1.3
	塩酸	0.5	0.0	3.3	5.0	8.9	0.2	0.0	0.1	0.1	0.5
	クロムスホン酸	0.8	0.1	4.6	6.9	12.3	0.3	0.0	0.1	0.2	0.7
	クロホルム	0.5	0.0	2.9	4.4	7.8	0.2	0.0	0.1	0.1	0.4
	水酢酸/80%	0.2	0.0	1.2	2.0	3.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2
	液体窒素	5.3	0.0	0.6	1.0	6.9	2.3	0.0	0.0	0.0	2.3
	水酸化ナトリウム液	2.7	0.0	0.0	40.0	42.7	1.2	0.0	0.0	1.2	2.4
	再利用原料1	0.1	0.0	0.8	1.3	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
	再利用原料2	1.1	0.1	6.5	10.0	17.6	0.5	0.0	0.2	0.3	1.0
	再利用エタノール	-0.5	-0.1	-3.2	-5.0	-8.8	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.5
	小計	19.2	61.6	1,110.5	2,274.7	3,466.0	8.3	1.8	32.8	77.5	120.4
負の製品 エネルギー	電力(kWh)	187.2	7.2	364.4	1,275.1	1,833.8	49.3	1.9	96.0	336.0	483.3
	灯油(kg)	608.0	23.6	1,183.7	4,142.4	5,957.7	230.8	8.9	449.4	1,572.7	2,262.0
	小計	795.1	30.8	1,548.1	5,417.5	7,791.5	280.2	10.9	545.5	1,908.8	2,745.2
総計		2,599.2	6,138.5	82,142.4	137,883.2	228,763.3	329.9	64.6	1,437.7	3,496.2	5,328.4

図 2-18 は、表 2-16 の負の製品部分を、散布図上にプロットしたものである。なお、この事例は、材料の種類が非常に多く、かつ MFCA 値、LIME 値ともにその数値が非常にばらついたため、この事例に限り、対数目盛で散布図を作成した。

この事例の材料の負の製品を見ると、他の材料と比較すると、原薬、および原料 1 が、MFCA 値、LIME 値ともに非常に大きな数値になった。

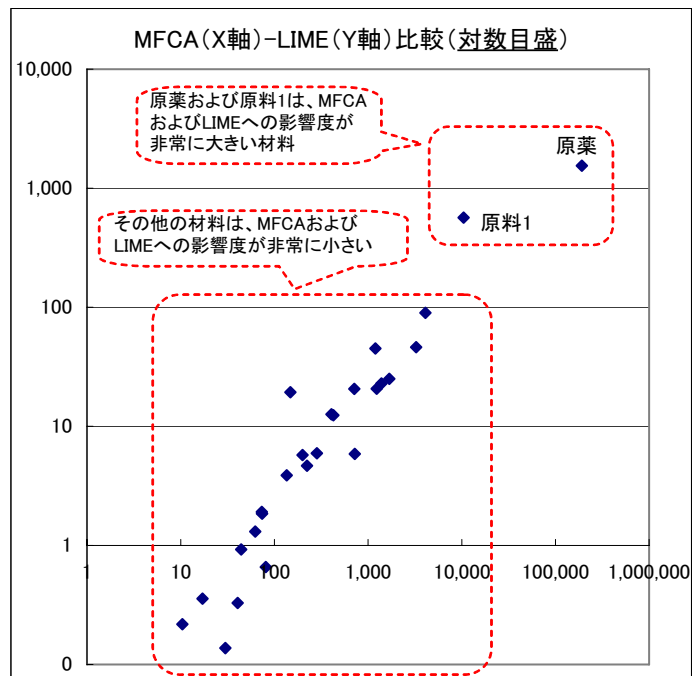
負の製品 MFCA-LIME比較

田辺製薬事例

(全工程合計、材料別、項目：負の製品MC-LIMEのみ)

(単位：円／製品1000個あたり)

MFCA-LIME比較	MFCA	LIME
原薬	190,591	1,547
原料1	10,435	567
カートン	4,079	90
原料3	3,257	46
アルミロー	1,198	45
原料5	1,683	25
ポリセロ-白	1,387	23
ポリセロ-表	1,237	21
原料8	712	21
原料10	148	19
元箱	407	13
原料2	426	12
原料7	284	6
再利用原料1	719	6
原料15	199	6
原料9	222	5
原料4	135	4
CPPバンド	73	2
再利用原料2	74	2
原料12	62	1
原料13	44	1
原料16	81	1
原料14	17	0
原料6	41	0
原料11	10	0
添付文書	30	0



(図 2-18 材料別の MFCA 値、LIME 値の比較)

(4) 工程別、項目別、全体の MFCA-LCA 統合評価

図 2-17 を工程別、項目別に集約したものが、表 2-17 である。

(表 2-17 材料別の MFCA-LIME 統合化計算結果)

医薬品製造におけるMFCA-LIME結果概要(工程別評価)

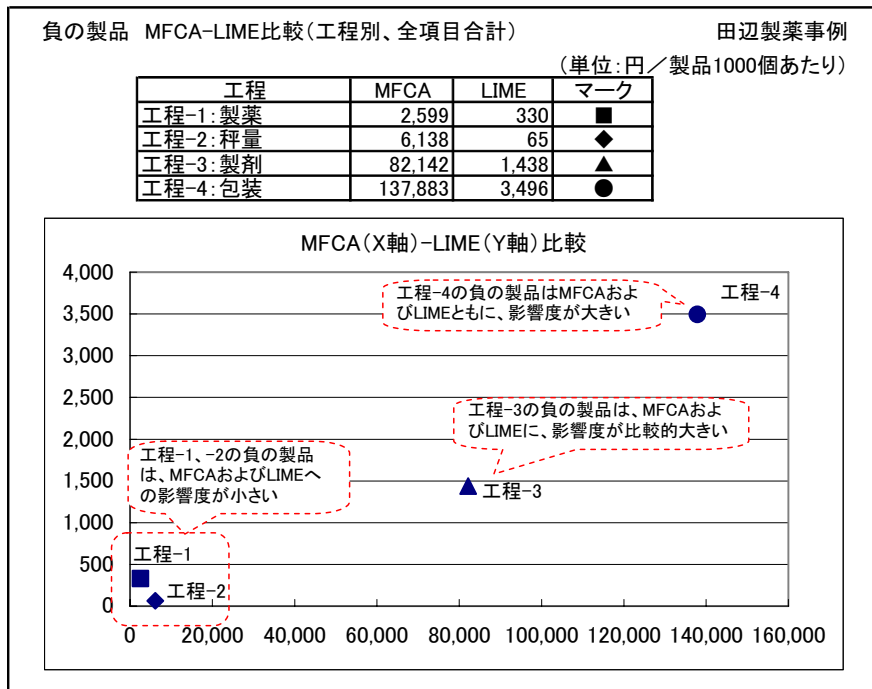
MFCA計算結果概要

分類	コスト項目	単位	製薬	秤量	製剤	包装	合計
負の製品 コスト合計	負の製品MCの合計	コスト:円/個	1.8	6.0	79.5	130.2	217.5
	負の製品SCの合計	コスト:円/個	42.0	23.9	76.0	162.3	304.1
	負の製品ECの合計	コスト:円/個	2.7	0.1	4.8	17.0	24.6
	廃棄物処理費用	コスト:円/個	0.0	0.1	1.1	2.3	3.5

LIME計算結果概要

分類	コスト項目	単位	製薬	秤量	製剤	包装	合計
負の製品 LIME合計	負の製品Material-LIMEの合計	コスト:円/個	0.0	0.1	0.9	1.5	2.5
	負の製品Energy-LIMEの合計	コスト:円/個	0.3	0.0	0.5	1.9	2.7
	廃棄物処理LIMEの合計	コスト:円/個	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1

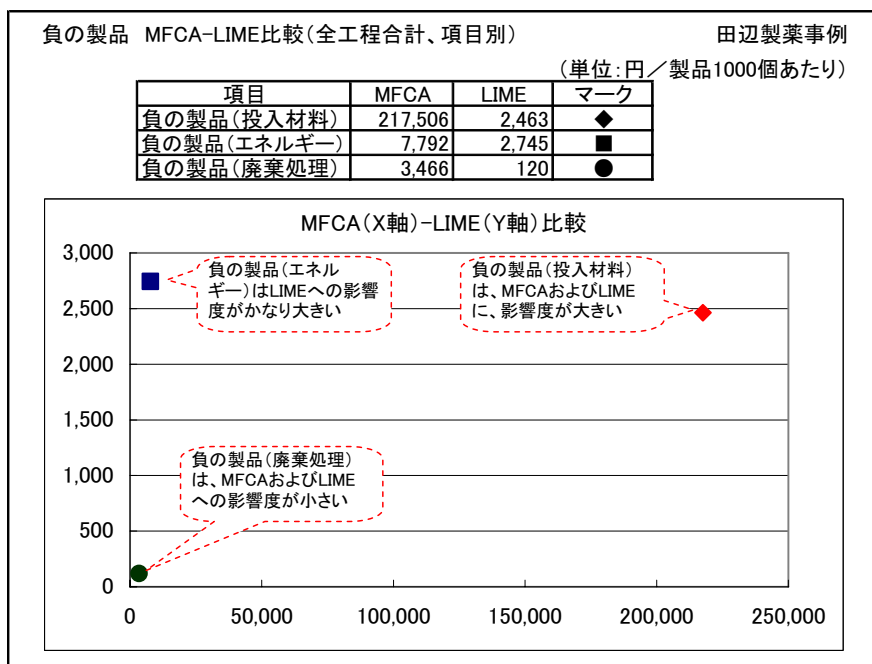
また、表 2-16 の工程別の MFCA 値と LIME 値の合計を、散布図上にプロットしたものが図 2-19、表 2-16 の項目別の MFCA 値と LIME 値の合計を、散布図上にプロットしたものが図 2-20 である。



(図 2-19 工程別の MFCA-LIME 値の比較)

図 2-19 を見ると、以下の特徴があることが分かる。

工程-1 (製薬工程)、工程-2 (秤量工程) は、負の製品 MFCA 値、負の製品 LIME 値とも、他の工程に比べ小さい。それに比較し、工程-3 (製剤工程)、工程-4 (包装工程) は、それぞれの負の製品 MFCA 値、負の製品 LIME 値ともに大きく、工程-4 の数値がどちらも一番大きい数値になっている。



(図 2-20 項目別の MFCA 値、LIME 値の比較)

図 2-20 を見ると、以下の特徴があることが分かる。

項目“負の製品（投入材料）”は、その MFCA 値では他の 2 項目に対して、非常に大きな数値になっているが、その LIME 値は、項目“負の製品（エネルギー）”よりも若干小さい数値になっている。項目“負の製品（エネルギー）”は、その MFCA 値は小さいが、LIME 値では一番大きい数値になっている。項目“負の製品（廃棄処理）”は、その MFCA 値、LIME 値ともに、非常に小さい数値になっている。

この製品の製造の負の製品に関しては、MFCA 値に関してはそのほとんどを、ロスになった材料のコストが決めている。しかし LIME 値に関しては、材料のロスに伴う“負の製品エネルギー”が、数値の半分を占めている。

これは、負の製品部分だけでなく、表 2-18 のマテリアル・フローコスト・マトリクスで、MFCA 計算の全体を MFCA 値、LIME 値で比較しても、顕著な特徴として表れる。

（表 2-18 マテリアル・フローコスト・マトリクスの比較）

医薬品製造におけるMFCA-LIME結果概要（総合評価）

製造コストのマテリアルフローコストマトリックス（製品1個当たり）（単位：円）

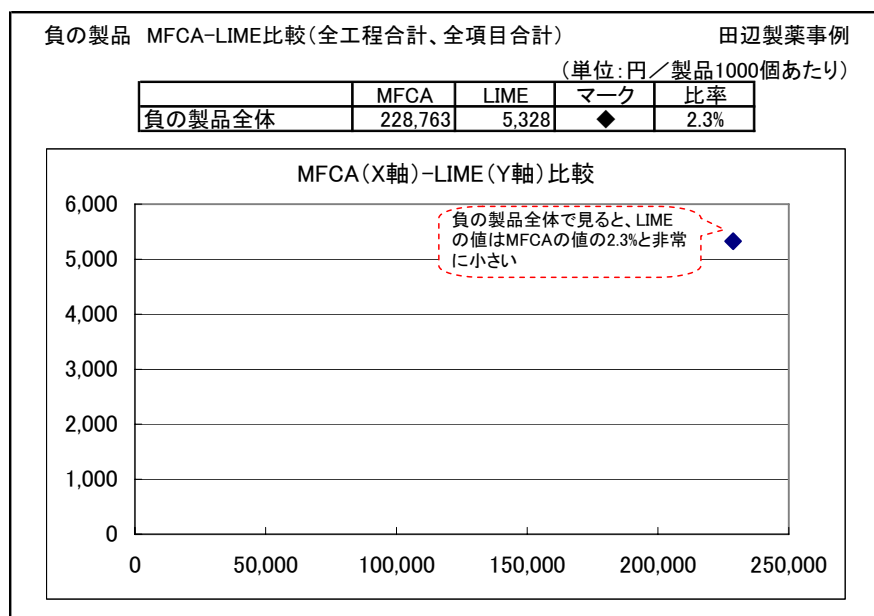
	マテリアル コスト	エネルギー コスト	システム コスト	廃棄物処理 コスト	計
良品 （正の製品）	3367.0 53.9%	195.9 3.1%	2138.1 34.2%		5701.0 91.2%
マテリアルロス （負の製品）	217.5 3.5%	24.6 0.4%	304.1 4.9%		546.2 8.7%
廃棄／リサイクル				3.5 0.1%	3.5 0.1%
計	3584.5 57.3%	220.5 3.5%	2442.1 39.1%	3.5 0.1%	6250.6 100.0%

LIMEによるマテリアルフローコストマトリックス（単位：円）

	マテリアル LIME	エネルギー LIME		廃棄物処理 LIME	計
良品 （正の製品）	42.9 61.0%	22.0 31.4%			64.9 92.4%
マテリアルロス （負の製品）	2.5 3.5%	2.7 3.9%			5.2 7.4%
廃棄／リサイクル				0.1 0.2%	0.1 0.2%
計	45.3 64.6%	24.8 35.3%		0.1 0.2%	70.2 100.0%

良品とマテリアルロスの合計の製造コストでは、マテリアルコストの 3584.5 円に対してエネルギーコストは 220.5 円となっており、エネルギーコストはマテリアルコストの 6%に過ぎなかった。しかし、良品とマテリアルロスの合計の LIME 値では、マテリアル LIME 値の 45.3 円に対してエネルギー LIME 値は 24.8 円となっており、エネルギー LIME 値はマテリアル LIME 値の 55%になった。この製品においては、MFCA の金額に比して、LIME 値の金額が非常に小さかったため、MFCA 評価で十分であると思われるが、MFCA の金額に比して LIME 値の金額が無視できない場合は、LIME 値全体におけるエネルギー LIME 値の比率の高さが、意味を持つようになる。すなわち、MFCA の計算による製造コストの評価だけではあまり浮き上がってこないエネルギー消費量削減の重要性が、LIME 値（環境影響）も合わせた評価を行うことによって明確となる。

図 2-21 は、負の製品全体の MFCA 値と LIME 値を、散布図上で表したものである。



(図 2-21 全体の MFCA-LIME 値の比較)

負の製品全体では、MFCA 値（負の製品コストトータル：製造コストのロス）228,763 円に対して、LIME 値（負の製品の環境への負荷トータル：社会的コスト）は 5,328 円となっており、LIME 値は MFCA 値の 2.3%に過ぎない。

(5) 環境影響を CO₂ 排出量で評価

表 2-19 は、図 2-17 の MFCA 計算の負の製品に関する部分を、材料、エネルギーの種類別のコスト単価の代わりに、材料種類別の CO₂ 排出量に置き換えて計算を行った結果（製品 1,000 個当たり）である。

(表 2-19 CO₂ 排出量で MFCA-LIME 統合評価した結果)

分類	コスト項目	製薬	秤量	造粒	包装	合計
負の製品 CO ₂ (kg)	負の製品(材料)	14.4	12.2	186.5	307.5	520.5
	負の製品(エネルギー)	53.5	2.1	104.2	364.7	524.6
	廃棄物処理	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		67.9	14.2	290.7	672.2	1045.1

項目別の LIME 値で評価した場合と同じように、CO₂ 排出量で評価しても、“負の製品（エネルギー）”の環境影響としての CO₂ 排出量 524.6kg- CO₂ は、“負の製品（材料）”のそれ 520.5kg- CO₂ とほとんど同じである。

CO₂ 排出量削減の対策の方向性として、マテリアル面とエネルギー面の両面の改善活動が示唆された。

（６）MFCA-LCA 統合評価結果の全体考察

（３）（４）（５）の結果を要約すると、以下のようになる。

① MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価

この事例の材料の負の製品においては、他の材料と比較すると、原薬、および原料 1 が、MFCA 値、LIME 値ともに非常に大きな数値になっている。

② MFCA 値と LIME 値の工程別の評価

工程-3、工程-4 は、それぞれの負の製品 MFCA 値、負の製品 LIME 値ともに大きく、工程-4 の数値がどちらも一番大きい数値になっている。

③ MFCA 値と LIME 値の項目別の評価

項目“負の製品（エネルギー）”は、MFCA 値に比べて LIME 値は極僅かであったが、LIME 値の中でエネルギーLIME の占める割合が、MFCA の場合に比べて高かった。

④ MFCA 値と LIME 値の全体評価

負の製品全体では、LIME 値は MFCA 値の 2.3%に過ぎない。

表 2-18 のマテリアル・フローコスト・マトリクスで、製造工程全体の製造コスト合計と LIME 値合計を比較した場合、LIME 値（70.2）は MFCA 値（6250.6）の 1.1%程度だった。

⑤ CO₂ 排出量による評価

CO₂ 排出量削減の対策の方向性として、マテリアルとエネルギーの両面の改善活動が示唆された。

当品目については、MFCA 評価と LIME 評価を比較した場合、LIME 評価金額は MFCA 評価金額に対し約 1.1%と少額である。また、工程別割合についても、LIME 評価と MFCA 評価との間で、大きな差異は認められない。

従って、当品目について、資源生産性の向上の取り組みとしては、当面の間は MFCA の結果のみを、改善活動の指標としても差し支えないと考えられる。

ただし、項目別の LIME 値を見ると、環境面の取り組みとして、材料のロスだけでなく、エネルギー消費量（投入量）の削減の取り組みが、重要性であると思われる。

2-4. MFCA-LCA 統合評価の意味、メリット

ここでは、MFCA 値による評価（経済性）と、LIME 値もしくは CO₂ 排出量による評価（環境性）の活用視点として採用した 5 つの視点ごとに、その MFCA-LCA 統合評価の意味、メリットを整理する。

5 つの視点とは、“材料種類別の評価”、“工程別の評価”、“項目別の評価”、“全体評価”、“CO₂ 排出量による評価”である。

（1）MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価

3 つの事例の評価結果の要約を、再度、整理すると、以下のようになる。

① サンデン

主材料のアルミニウムの材料ロス削減することが、製造コストを削減することであり、かつ環境負荷を削減するといえる。

② キヤノン

改善前、ステンレスの負の製品は MFCA 値で 2 番目、LIME 値では最も大きい。ポリオールおよび EPDM 系ゴム材の負の製品は、LIME 値は小さいが MFCA 値が大きいという材料であることを示している。

改善後、ステンレスの負の製品は、MFCA 値、LIME 値ともに最も大きい数値を示す。ポリオールおよび EPDM 系ゴム材は、改善により負の製品物量が大幅に削減され、負の製品の MFCA 値も、かなり小さい数値になった。

③ 田辺製薬

この事例の材料の負の製品を見ると、他の材料と比較すると、原薬、および原料 1 が、MFCA 値、LIME 値ともに非常に大きな数値になっている。

今回の 3 つの事例では、主材料が 1 種類の製品、複数種類の製品、非常に多くの材料で構成される製品と、それぞれ異なったタイプの MFCA モデルで、その負の製品の MFCA 値（製造コスト）と LIME 値（社会的コスト）を比較評価した。

主材料が 1 種類の製品の場合、主材料のロス削減の効果が、製造コストダウンと環境負荷（LIME 値）低減に、ほぼ比例的な効果を与えるといえる。

複数種類の材料で構成される場合、構成材料の材料ロス削減が製造コストダウンと環境負荷（LIME 値）低減につながることは変わらない。ただし、その製造コストダウンと環境負荷（LIME 値）低減への寄与度は、それぞれの材料単価（円/kg）および LIME 統合化係数（円/kg）によって異なる。

従って、複数種類の材料で構成される場合、材料ロス削減の製造コストダウンと環境負荷低減へのトータルの寄与度の把握、あるいは製造コストダウンと環境負荷低減に関する

優先度の高い材料を明確にするためには、**MFCA-LCA** 統合評価が有効と思われる。

コストダウンを行う際、材料単価が安い材料はコストダウン余地が小さいとみなされ、（何も評価されないまま）改善の検討対象から外されることが少なくない。**MFCA** 値と **LIME** 値の材料種類別の評価は、そうした材料単価は安くても環境負荷の大きい材料の使用量削減や、ロス量削減の改善を考えるきっかけになることが期待される。（**MFCA** 単独でも、そうした材料も含め、すべてのロスが明確になり、改善のきっかけになることが多い）

（２）**MFCA** 値と **LIME** 値の工程別評価

3つの事例の評価結果の要約を、再度、整理すると、以下のようになる。

① サンデン

主材料のアルミニウムの負の製品の発生量が最も大きい工程-4で、**MFCA** 値、**LIME** 値ともに、最も大きい数値になっている。

工程-1は工程-2より、負の製品の**MFCA** 値では小さいが、**LIME** 値では大きい数値になっている。これはリサイクルによる売却の影響である。

② キヤノン

改善前、負の製品の**MFCA** 値では、工程-1のほうが工程-3よりも若干大きい、負の製品の**LIME** 値では、工程-3のほうが工程-1よりもかなり大きい。

改善後、負の製品の**MFCA** 値、および **LIME** 値ともに、工程-3が、他の工程よりもかなり大きな数値を示している。

③ 田辺製薬

工程-3、工程-4は、それぞれの負の製品 **MFCA** 値、負の製品 **LIME** 値ともに大きく、工程-4の数値がどちらも一番大きい数値になっている。

材料別、工程別に見ると、負の製品の **MFCA** 値、**LIME** 値は、それぞれの工程で発生する材料の負の製品物量に比例する。ただし、材料が外部リサイクルにより売却できる場合、それは製造コストを引き下げる効果をもたらす。この場合は、単純に材料の負の製品物量に比例することにはならない。

また、複数材料で構成される場合、それぞれの工程でロスになる材料の材料単価（円／kg）および **LIME** 統合化係数（円／kg）により、負の製品マテリアルコスト、および負の製品 **LIME** 値は異なる。

従って、負の製品マテリアルコストの順位は、負の製品 **LIME** 値の順位と等しいとは限らない。

MFCA 単独の改善では、製造コストダウンに寄与度の大きい工程だけを注目することがありえる。**MFCA** 値と **LIME** 値の工程別評価は、製造コストダウンに寄与度の大きい工程と環境負荷低減の寄与度の大きい工程が異なる場合、それを明確にするメリットがある。

(3) MFCA 値と LIME 値の項目別の評価

ここで述べる項目とは、MFCA に関するマテリアルコスト、エネルギーコスト、廃棄処理コストと、それぞれに対応したマテリアルの LIME 値、エネルギーの LIME 値、廃棄処理の LIME 値のことである。

3 つの事例の評価結果の要約を、再度、整理すると、以下のようになる。

① サンデン

この製品の製造では、負の製品の“エネルギー”の MFCA 値、LIME 値は、負の製品の“投入材料”の MFCA 値、LIME 値の、それぞれ 1 割程度である。

② キヤノン

改善前、改善後ともに、負の製品の“投入材料”は、MFCA 値と LIME 値、どちらも“エネルギー”や“廃棄処理”の項目の数値より、非常に大きな数値となっている。

③ 田辺製薬

MFCA の金額に比して、LIME 値の金額が非常に小さかったため、MFCA 評価で十分であると思われるが、MFCA の金額に比して LIME 値の金額が無視できない場合は、LIME 値全体におけるエネルギー LIME 値の比率の高さが、意味を持つようになる。すなわち、MFCA の計算による製造コストの評価だけではあまり浮き上がってこないエネルギー消費量削減の重要性が、LIME 値（環境影響）も合わせた評価を行うことによって明確となるとと思われる。

マテリアルコストとマテリアルの LIME 値は、最初に述べた図 2-1 の①の領域、すなわち使用する材料そのものの製造ステージのものである。その環境面の特性は、使用する材料が特性として持っている環境負荷を表している。

エネルギーコストエネルギーの LIME 値は、図 2-1 の②の領域、すなわち MFCA 計算対象の製造プロセスのものである。その環境面の特性は、MFCA 対象の製造プロセスそのものが与えている環境負荷を表している。

廃棄処理コストと廃棄処理の LIME 値は、図 2-1 の③の領域、すなわち MFCA 計算対象の製造から排出される廃棄物の処理ステージのものである。その環境面の特性は、製造プロセスから発生する廃棄物が与えている環境負荷を表している。

これらの大きさは、使用する材料やエネルギー、廃棄物のコストの単価（円/kg）、LIME 統合化指標（円/kg）、および、その投入物量、負の製品物量に依存して決まる。この項目別のコストおよび LIME 値も、3 つの事例でそれぞれ異なった表れ方をした。

MFCA は、廃棄物になった材料の物量と経済的な価値を評価する手法であり、それ単独で用いると、廃棄物の発生量そのものを削減する取り組みを促進させる。それは材料の使用量削減になり、使用材料の製造ステージの環境負荷を低減させる。しかし、廃棄物の発

生量の削減よりも、その廃棄物の処理方法の改善、あるいはエネルギー設備の改善に着目したほうが、環境負荷を低減する効果が大きいこともある。

MFCA 値と LIME 値の項目別の評価は、材料のロス物量よりも環境負荷低減の効果の大きい課題の有無を確認できる。

（４）MFCA 値と LIME 値の全体評価

全体評価は（材料別、工程別、項目別ではない）トータルな評価であり、製造プロセス全体としてのコスト面、環境負荷面での変化や、改善による製造コストダウンと環境負荷低減への寄与度、影響を総合評価するという面での意義を持つと思われる。

3つの事例の評価結果の要約を下に整理したが、上記の意義を考慮すると、キヤノンの事例のように、経済面、環境面の両面による改善効果の確認する場合に、その価値が最も現れると思われる。

① サンデン

この製品の製造においては、負の製品（材料のロス）が、製品 1 個あたり 121.6 円の製造コストのロスを生み出し、55.9 円の社会的なコストを生み出している。

② キヤノン

改善前のこの製品の製造全体では、製品 1,000kg あたり 102.5 千円の製造コストのロスを生み出し、かつ 14.2 千円の社会的なコストを生み出しているといえる。

この改善により、MFCA の負の製品コストが全工程合計で 46%削減された。その改善によって、負の製品の環境負荷を、LIME 値で 33%削減する効果があった。

③ 田辺製薬

負の製品全体では、LIME 値は MFCA 値の 2.3%に過ぎない。

表 2-18 のマテリアル・フローコスト・マトリクスで、製造工程全体の製造コスト合計と LIME 値合計を比較した場合、LIME 値（70.2）は MFCA 値（6250.6）の 1.1%程度だった。

MFCA は、廃棄物発生量削減の取り組みの経済的な効果を、かなり正確に定量化する。この種の改善は、MFCA 単独では、材料（すなわち資源）の使用量の削減としてでしか、その環境面の効果を表すことができない。MFCA 値と LIME 値の全体評価は、改善によるコストダウン効果と対比しつつ、その環境面の効果を定量的、かつ総合的に表す意味がある。これは、企業の経済性向上の取り組みを、環境貢献活動として評価し、アピールする材料になる。

（５）CO₂排出量による評価

LCA のインベントリ分析を行う中で、個々の材料の生産段階、使用段階、廃棄段階の CO₂ 排出量の原単位が求められる。今回の MFCA-LCA 統合評価の中で、LIME 統合化指標（円／kg）に代わりに CO₂ 排出量の原単位（ton・CO₂／kg）を使い、3 つの事例の負の製品やその廃棄処理が、どの程度の CO₂ 排出量になっているかを評価した。

3 つの事例の評価結果の要約を、再度、整理すると、以下のようになる。

① サンデン

この製品の製造の場合、材料ロスの削減は、CO₂ 排出量削減に非常に効果の大きな取り組みである。

② キヤノン

この改善の結果、製品 1,000kg 製造あたりの、負の製品の環境への影響は、CO₂ 排出量に換算すると、4.907 ton・CO₂ から 4.219 ton・CO₂ に削減された。

③ 田辺製薬

CO₂ 排出量削減の対策の方向性として、マテリアル面とエネルギー面の両面の改善活動が示唆された。

LIME 統合化指標と CO₂ 排出量の原単位は、比例的な関係にあるわけではない。しかし今回の 3 事例では、それぞれ LIME 値で評価した場合と同じ方向性の結果が導かれたといえる。また、使用する材料によっては、材料の使用量の削減が、その工場の中での省エネルギーの取り組みよりも、CO₂ 排出量削減効果が大きいこともある。CO₂ 排出量による評価は、工場における CO₂ 排出量削減の取り組みを行う場合に、その重点課題を明確にするメリットがある。

ただし、地球温暖化への影響は、CO₂ 排出量だけでは評価しきれない。地球温暖化への影響を測る指標として、通常は GWP（地球温暖化係数）が用いられる。メタンや CFC などは CO₂ よりも GWP の値が大きく、インベントリ分析でそうした物質の量が大きい場合は、地球温暖化への影響度はより大きいなものになる。地球温暖化への影響（GWP）を見るためには、LCIA の特性化評価を行う必要がある。

（６）MFCA-LCA 統合評価のメリットのまとめ

（１）から（５）をまとめると、MFCA-LCA 統合評価には次のメリットや意味があると思われる。

- ① MFCA 値と LIME 値の材料種類別の評価は、材料単価は安くても環境負荷の大きい材料の使用量削減や、ロス量削減の改善を考えるきっかけになることが期待される
- ② MFCA 値と LIME 値の工程別評価は、製造コストダウンに寄与度の大きい工程と環境負荷低減の寄与度の大きい工程が異なる場合、それを明確にするメリットがある

- ③ MFCA 値と LIME 値の項目別の評価は、材料のロス物量の削減よりも環境負荷低減の効果の大きい課題の有無を確認できる
- ④ MFCA 値と LIME 値の全体評価は、改善によるコストダウン効果と対比しつつ、その環境面の効果を定量的、かつ総合的に表す意味がある。これは、企業の経済性向上の取り組みを、環境貢献活動として評価し、アピールする材料になる
- ⑤ CO₂ 排出量による評価は、CO₂ 排出量削減の取り組みを行う場合に、その重点課題を明確にするメリットがある

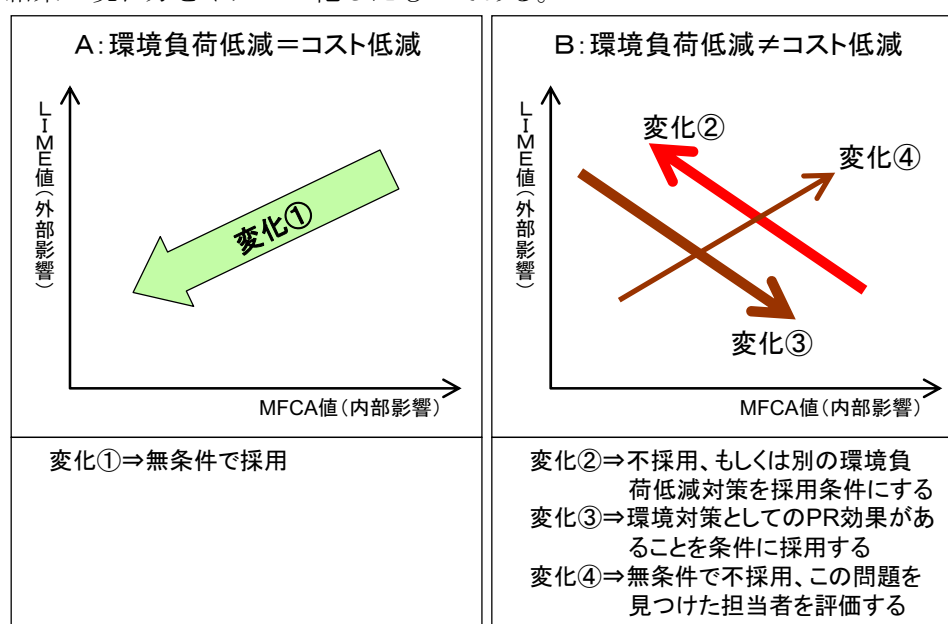
(7) MFCA-LCA 統合評価情報、結果の活用

(6) で述べたメリットは、モノづくりにおける環境性と経済性の両立を目指す企業にとって、企業内部の意思決定のための情報として、非常に有効な情報といえるであろう。

特に(6)の①から③は、具体的な管理、改善を行なう役割を担う、製造、技術、原価、環境などの部門の担当者や管理者に、環境負荷低減とコストダウンの両立をするための具体的な改善課題や改善効果を見せる働きがある。

また(6)の④の MFCA 値と LIME 値の全体評価は、その取り組みを外部にアピールする情報としても価値が高いと思われるほか、企業の経営者層にとって、製品開発、製造技術開発、製造ライン建設などにおいては、その意思決定の重要な情報にもなりえるものである。

図 2-22 は、新しい製造技術開発、製造ライン建設などの場合に、MFCA-LIME 統合評価を活用して、従来の製造技術、製造ラインと新しく開発、建設するものとを、比較評価した際の結果の現れ方をイメージ化したものである。



(図 2-22 MFCA-LIME 統合評価結果とそのアクション)

基本的な製造方法や製造プロセスが従来と変わらない場合は、図 2-22 の左の A：環境負荷低減＝コスト低減の Type①になることが多いと思われる。しかし、製造方法や使用材料が大きく変わる場合などにおいては、図 2-22 の右の B：環境負荷低減≠コスト低減の Type ②～Type④になることもありえる。

経営者、管理者は、この評価結果を踏まえて、この方法による製造技術の開発、製造ラインの建設を行なうかどうかなどの判断が求められる。評価結果のタイプ別に、環境経営を志す経営者、管理者の判断、アクションとして、ありたい姿の例を、以下に記す。

方法①：無条件で採用

この場合は、環境負荷もコストも下がるため、どのような場合も、ほぼ無条件で採用されられると思われる。

方法②：条件付きで採用

この場合は、コストダウンにはなる一方で、環境負荷が高くなる。この方法は、環境と経済の両立の視点からは、経営者、管理者としては、認められないと判断するべきであろう。しかし場合によっては、何らかの理由でこの方法を採用せざるを得ないこともありえる。その際には、この MFCA・LIME 統合評価対象の製造プロセスで増加する LIME 値を、相殺してもなお余るような環境負荷低減対策を別に行う（例えば、CO₂ 排出量増加分以上の効果の植林を行う）ことを条件とするような判断、指示を行うべきと思われる。

方法③：条件付きで採用

この場合は、環境負荷低減にはなっても、コストアップになるものである。公害対策などの場合は、ほぼ無条件で行わないといけませんが、そうでなければ、企業としては採用を躊躇せざるを得ない。環境負荷低減の取り組みや効果を、消費者や顧客、株主などにアピールし、その支持をもらうことが条件として求められる。それも難しい場合は、競争力低下を招くものであり、採用は難しいものと思われる。

方法④：ほぼ無条件で不採用

この場合は、評価結果がでた時点で、ほぼ不採用と判断できるであろう。担当者は、別の方法の検討に、すぐに取り掛かることになる。しかし、顧客からの要請など、別の理由によって、この方法による製造を行わざるを得ないこともある。その際は、コストアップに見合った販売価格の設定を行うと同時に、改善②と同様に、別の環境負荷低減の対策を行うことを条件とした採用をするべきと思われる。

2-5. 今後の課題

前節で述べたように、MFCA-LCA 統合評価は、MFCA 単独の評価だけでは得られない課題やその優先度を示すというメリットがある。MFCA を活用してモノづくりの改善を行なうことは、材料の使用量削減につながり、経済性向上と同時に資源生産性向上が果たせるのは間違いない。ただし、その資源生産性向上の環境負荷低減効果の定量的な評価には、LCA は欠かせない。

MFCA-LCA 統合評価の活用は、MFCA の管理ツールとして持つ経済性向上のメリットを、より大きな環境性向上につなげるマネジメントを行うためには、非常に大きな価値を持つと思われる。

ただし、次にあげるような点で課題があり、それを克服することで、この手法の普及、活用が進むと思われる。

1) MFCA-LCA 統合評価のための LCA データの標準化による効率的な LCA の実施

今回、3 事例で MFCA-LCA 統合評価を行ったが、LIME 統合評価係数の算出を行うまでのところに、課題が多い。

日本では、LCA そのもののデータベースが充実しているというわけではない。今回は LCA のインベントリ分析に関しては、インベントリデータが豊富な Ecoinvent（ヨーロッパの LCA データベース）を活用した。使用材料によっては複数の Ecoinvent のデータの平均値を使用した。

また、一度、算出した LIME 統合化係数を用いて MFCA-LCA 統合評価をした上で、六価クロムの影響を除外して、再度、MFCA-LCA 統合評価を行った。これは、今回用いた Ecoinvent のデータを用いると、LIME 統合化係数に占める六価クロムの影響度が非常に高くなるが、日本における化学物質管理の水準で考えると、六価クロムの影響はそれほどではなく、現実的ではないと判断したためである。

精度の高い LCA も必要ではあるが、そのためには LCA に時間がかかることも事実で、この手法の普及のためには、MFCA-LCA 統合評価のための LCIA データ（LIME 統合化係数）の標準化が望まれる。

2) 評価視点の明確化による、効果的な MFCA-LCA 統合評価の実施

今回の 3 事例では、それぞれ材料別、工程別、項目別など、あるいはその組み合わせをして MFCA-LCA 統合評価を行った。

それぞれの製品の材料特性や生産特性などにより、評価結果が大きく異なることが分かったが、一方で、材料特性や生産特性などを整理することで、細かく分析する必要のない評価視点も、場合によってはありえると思われる。

各社の製造で用いる材料種類の特徴や、その製造プロセスの特徴を層別し、そのタ

イブごとに、どのような視点による評価を行うとどんな結果が得られるかなどの傾向が分かっていると、効果的な MFCA-LCA 統合評価が実施できると思われる。

ここで、材料種類の特徴の層別とは、次のようなものが考えられる。

- ・ 材料の購入単価も、環境負荷としての LIME 統合化係数も、両方が大きい材料
 - ・ 材料の購入単価は大きい、LIME 統合化係数は小さい材料
 - ・ その反対に、材料の購入単価は小さい、LIME 統合化係数が大きい材料
 - ・ 材料の購入単価も、環境負荷としての LIME 統合化係数も、両方が小さい材料
- また製造プロセスの特徴の層別とは、次のようなものが考えられる。

- ・ 切削加工のように、1 種類の材料だけを加工する製造プロセス
- ・ 複数の材料を組み合わせた加工を行う製造プロセス
- ・ 化学反応など、材料そのものが変化していく製造プロセス
- ・ 工程内で材料がリサイクルされる（再利用、再投入される）製造プロセス

層別の視点は、まだ他にも多くあると思われるが、ある程度、こうしたものでその重点的な評価視点と、そこで得られる結果の傾向と、その情報の活用方法が明確になると、効果的な MFCA-LCA 統合評価になるとと思われる。

またそのためには、MFCA-LCA 統合評価は、その適用研究事例を充実することが望まれる。

3) MFCA-LCA 統合評価結果の活用する仕組みの構築

2-4.(7) で述べたように、MFCA-LCA 統合評価結果は、製造部門、原価管理部門、技術部門などが、その管理、改善のアクションを取るために、非常に有益な情報を与える。また、製造技術開発やライン開発などの設備投資を行う際に、経営者や管理者が、そこで採用する方法の選択や、条件などを検討する上でも、非常に有益な情報を与える。

しかし LCA の評価結果は、MFCA と異なる視点のものである。この手法の普及のためには、LCA の評価結果を、企業の組織の中で生かすために、どのような部門がどのようなアクションを取るべきか、また、MFCA-LCA 統合計算や評価を行うタイミングや場面など、その活用方法や仕組みを明確にすることも必要と考えられる。

第3章 MFCA 高度化研究テーマ2 『MFCA の SC 展開の研究』 (マテリアルフローの資源ロス削減に向けた工場間、企業間での活用)

3-1. 調査概要

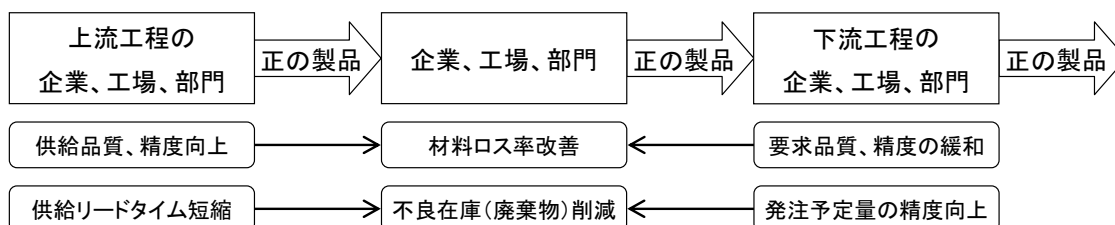
(1) 背景

ものづくりにおいては、素材採掘、素材製造、材料製造、部材製造、部品製造、製品組立など、様々な製造プロセスを経て行なわれる。ほとんどの場合、これらのプロセスは、一つの企業で完結せず、いくつかの企業で分業がなされている。大企業の場合には、分業の単位が、事業部や工場、部門などになることも多い。

MFCA は、基本的には企業の内部管理が目的である。MFCA を行う範囲も、特にその適用の初期は、企業、あるいはその中の事業部内、工場内、部門内などの中から、ひとつの製造プロセスになることが多い。

資源生産性向上のための連携した改善の取り組みの範囲を、製造プロセスの上流、下流に拡張していくと、部門や工場を超えて、企業間の連携した改善になる。

MFCA は、製造プロセスを通したマテリアルフローの中で発生する材料のロスを確認にする。資源生産性向上に向けた改善の取り組みは、MFCA における工程の単位、物量センターごとに行なわれるものも多いが、図 3-1 で示すような工程間で連携した改善が必要なものも少なくない。



(図 3-1 企業間の連携した改善のイメージ)

マテリアルの流れの連携した改善を行なう範囲、MFCA の適用範囲を、製造プロセスの上流、下流の工場間、企業間に拡張し、マテリアルフローの中のロス情報、すなわち MFCA の情報を、上流、下流の工場間、企業間で共有することは、ものづくりのプロセスにおける材料のロス削減、資源生産性の向上に、非常に効果的であると考えられる。

(2) 目的

MFCA 情報の共有化が連携した改善に効果的といっても、特に企業間などにおける情報の共有化や、連携した改善は、そもそも難しいものと思われている。しかし、そういう中においても、サプライヤーとその顧客の企業間における製品開発段階のデザインインと

いった共同した取り組みや、その中での情報の共有化など、実際に行われている例もある。

- **デザインイン**: 部品やデバイスのサプライヤーが、それを使う組立品のメーカーと、その仕様や構造、形状、寸法、精度などを、設計段階から協力して開発や設計、生産を行うこと。場合によっては、サプライヤーの技術者が、組立品のメーカーに常駐し、設計情報を共有し、一緒に設計を行うこともある。

資源生産性向上のための工場間、企業間のマテリアルフローの連携した改善の取り組みにおいても、上で述べた様なサプライヤー企業と顧客企業との間で、MFCA の情報など、改善に効果的な情報を共有して取り組む関係を普及させることが、本テーマの狙っていることである。

しかし MFCA は内部管理目的の手法であり、その MFCA の情報の中には、製造コストという非常に機密性の高い情報が含まれている。製造プロセスの上流、下流の部門、工場や企業に MFCA の適用範囲を拡張する、すなわち MFCA の SC (サプライチェーン) 展開を図る上では、それを実施する上で注意を払うべきこと、克服すべき課題も多い。

WG1 では、ここで述べたような MFCA の SC 展開、およびそれを通じた資源生産性向上の取り組みの SC 展開に関する企業のニーズと、それを成功させる上での課題やそれを成功させるアプローチと対策などの条件を整理し、産業界に提示することを目的とする。

(3) 調査方法と進め方

本年度の WG1 参加企業、および、過去 2 年間の大企業向け MFCA モデル事業参加企業に、MFCA の SC 展開に関するインタビューを行い、上記のニーズ、課題、条件と成功事例を整理し、それらの課題の対策を検討した。

インタビューは、下記の内容で実施した。

1) インタビュー対象企業

MFCA の SC 展開に関するインタビューを、次の企業の MFCA 推進の担当者、責任者に行なった。

平成 16 年度、17 年度の大企業向け MFCA 導入適用モデル事業の参加企業、及び、平成 18 年度の MFCA 高度化研究 WG1 の参加企業

2) インタビューの内容

MFCA を SC の工場、企業などへの展開の状況に関して、電話もしくは面接方式によるインタビューを行ない、その現状、実績、メリット、課題などを確認した。

- MFCA に基づく改善活動に関する SC 連携
- SC で連結した MFCA の計算、分析
- SC に MFCA を展開する際の反応

WG1 の検討会では、それらの計画や分析結果をもとに、MFCA の SC 展開に関する課題と対策を議論し、取りまとめた。

WG1の検討会は、下記の日程と内容で実施した。

- ◆ 第1回 WG1 検討会：2006年8月30日
インタビュー調査計画の検討（インタビューの質問項目、質問方法）
- ◆ 第2回 WG1 検討会：2006年12月7日
インタビュー調査結果に基づく、MFCAのSC展開の方式、課題と対策の検討
- ◆ 第3回 WG1 検討会：2007年1月26日
報告書内容の検討

3-2. MFCAのSC展開に関するインタビュー調査結果の概要

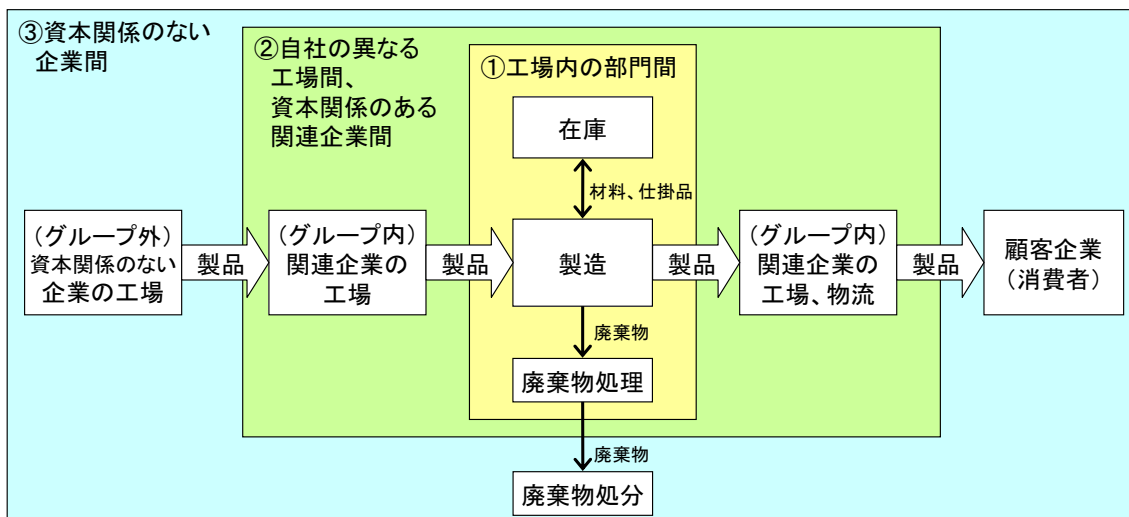
インタビュー結果を、章末（3-6）に整理してあるが、その概要は次のようになる。

- ① SCで連携した取り組みが必要な改善課題の有無について
 - ・ SC間での連携改善課題は多い
- ② SC間での連携改善に関するMFCAの効果の有無について
 - ・ SC間での連携改善に、MFCAは効果的
- ③ SC間での連携改善におけるMFCA活用のネック、阻害要因について
 - ・ ネック、阻害要因として主なものは、“組織間の壁、部門間の壁”、“ノウハウ流出の懸念”、“自社のメリット”
- ④ SC間での連携改善におけるMFCA活用の成功条件について
 - ・ 成功条件は、“相互のメリット共有化”、“課題、情報の共有化”、“連携改善のイニシアティブ”
- ⑤ SC間で連携したMFCAの計算、MFCA情報共有化の実績の有無について
 - ・ グループ外の企業と連携したMFCAの計算を行なった例も2例あり、その場合は材料の物量値の情報だけでMFCA情報の共有化を行う
- ⑥ SC間で連携したMFCAの計算、MFCA情報共有化の効果の有無について
 - ・ 経験があるという企業では、“非常に効果があった”
 - ・ 経験のない企業では、“効果は疑問”、“問題、抵抗が大きい”、“今後の課題”
- ⑦ SC間で連携したMFCAの計算、MFCA情報共有化のネック事項、阻害要因について
 - ・ “グループ内の企業間、企業内部の部門間”では、“メリットが不明確”、“組織の壁”が、ネック、阻害要因
 - ・ “グループ外の企業間”では、そのほとんどが、コスト情報、技術情報などの機密情報がネック
- ⑧ SC間で連携したMFCAの計算、MFCA情報共有化の成功条件
 - ・ “コスト、技術などの機密情報”がネックになっても、“その企業にとってのメリットの事前説明、共有化”により、その壁を乗り越えて実施した」「その際、MFCAの情報共有化はマテリアルの物量情報だけにとどめた」という事例もある

3-3. MFCA の SC 展開のタイプと課題

インタビューの中から、他の企業、工場への MFCA 展開範囲、あるいはその間での展開の方法のタイプごとに、実施する際の課題が異なることが分かった。

また、その展開範囲として、図 3-2 における①工場内の部門間、②自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間、③資本関係のない企業間、3 つのタイプで分けて考えることが妥当であると整理できた。



（図 3-2 SC への展開範囲のタイプ）

これは、企業における経営、管理単位による分類であるが、経営、管理単位とは、会計や原価計算の単位でもある。この単位を越えて移動する物（マテリアル）は製品であり、その移動の際の会計的な情報はその製品の価格になる。従って、SC の企業間では、MFCA の計算で行うような詳細なコスト情報の共有化は、通常はほとんど考えられないと思われる。

この節では、MFCA 情報共有化や、マテリアルフローのロス削減の連携に関する課題と対策を、表 3-1 に示す区分で整理した。そこでは、SC への展開のタイプと課題を、展開範囲のタイプと、展開方法のタイプの違いで、層別している。

（表 3-1 MFCA 情報共有化やマテリアルロス削減の連携などの SC 展開のタイプ）

A : MFCA 情報の共有化 (3-3-1 で詳述)	①工場内の部門間
	②自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間
	③資本関係のない企業間
B : 企業間の連携した改善における MFCA 活用 (3-3-2 で詳述)	
C : SC 上の他の企業への MFCA 導入展開 (3-3-3 で詳述)	

MFCA に関する企業間連携、MFCA の SC 展開としては、まず MFCA の情報を共有化した上での連携した改善が、望ましい取り組み方の姿と思われる。ただし、MFCA の情報

には、企業間で共有化することが難しいものが含まれている。MFCA 情報の共有化の方法は、表 3-1 の①工場内の部門間、②自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間、③資本関係のない企業間という連携する相手との関係により、変化することになる。

そのため、まず 3-3-1 において、“MFCA 情報共有化”に関するメリット、課題と対策を、表 3-1 の①、②、③の展開範囲のタイプなども踏まえて整理を行った。

また、SC 上の企業間のマテリアルフローの資源生産性を高める取り組みとしては、MFCA 情報の共有化は望ましいが、必須条件ではない。そうした取り組みとして、今回の調査、研究で改めて認識できたものがあった。

そこで、3-3-2 では、“企業間の連携した改善における MFCA 活用”に関するメリット、課題と対策を整理した。また、3-3-3 では、“SC 上の他の企業への MFCA 導入展開”に関するメリット、課題と対策の整理を行った。

また、これらの課題、および、課題に対する対策に関しては、インタビューから得られた知見や事例、および本 WG の委員からの意見を踏まえて整理を行った。

3-3-1. MFCA 情報の共有化

ここでは、まず（１）で、MFCA 情報の共有化の相手別に、共有化可能な情報を整理した上で、全般的な MFCA 情報共有化のメリットと課題、対策を述べる。

次に（２）では、工場内の部門間で、MFCA 情報の共有化の適用範囲を拡大する際のメリットと課題、対策を述べる。（３）では逆に、工場間、企業間で、MFCA 情報の共有化の適用範囲を拡大する際の、そのメリットと課題、対策を述べる。

（１）全般的な MFCA 情報共有化のメリットと課題、対策

ここで、MFCA 情報の共有化とは、マテリアルフローの上流、下流、すなわち SC 上の企業間、工場間、部門間で、MFCA の情報を共有化することである。

（表 3-2 MFCA 情報共有化の範囲）

MFCA 情報共有化の相手	共有化できる MFCA 情報			
	マテリアルの物量情報	マテリアルコスト情報	システムコスト情報	エネルギーコスト情報
①工場内の部門間	◎	○	○	○
②自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間	◎	○	△	△
③資本関係のない企業間	◎	△	—	—

ただし、表 3-2 で示すように、図 3-2 で示した MFCA の展開範囲のタイプ別に、共有化可能な MFCA の情報は、共有化の相手によって異なってくる。

表 3-2 の中で◎で記したマテリアルの物量情報は、MFCA 情報の共有化における必須事項といえる。しかしそれ以外の情報の共有化は、場合により異なる。

- ①：工場内の部門間では、物量情報だけでなく、マテリアルコスト、システムコスト、エネルギーコストなど、すべての MFCA の情報を共有化できる可能性が高い。また、コストマネジメント的にも有効である。
- ②：自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間では、システムコスト、エネルギーコストも含め、MFCA のすべての情報を共有化できる可能性がある。ただし、それぞれが独立した経営や管理を行っており、その間での機密保持を理由として、できないことも多い。その際は、MFCA 情報の中で、マテリアルの物量情報、マテリアルコスト情報（物量値×材料単価）だけを共有化し、連携した改善を行なうことも有効である。なお、材料単価として実際の購入単価の共有化が問題になる場合、市場の単価で行うことも可能と思われる。
- ③：資本関係のない企業間では、経営主体がまったく異なる。従って、システムコスト、エネルギーコストの情報は、企業機密情報であり、その共有化は不可能に近いと思われる。しかし、マテリアルの物量情報、およびマテリアルコスト情報（物量値×材料単価）だけで MFCA 情報の共有化を行なうことも、有効である。（3-4、事例5）

◆MFCA 情報の共有化のメリット

SC の上流、下流の部門間、工場間、企業間で、マテリアルの流れと物量、コストに関するロスの情報を共有化することは、そのマテリアルフローで発生する材料のロスを削減するための連携した改善を効果的にするだけでなく、それ以外にも様々なメリットがある。

以下は、その連携した改善において、MFCA の情報を共有化し、材料のロス削減に効果的であったと述べている企業のコメントである。

- モデル製品の MFCA では、主要な構成部品の関連の加工企業と自社の共同で分析し、一緒に改善の検討を行なった。双方ですべてのデータを公開、共有したことが、よかった。（3-4、事例4）
- MFCA の連結はグループ内で実施しており、グループ共通課題が明確になる。グループ共通課題であれば、解決に向けて相互協力できる。（3-4、事例2）

また、SC の上流、下流の企業、工場間で、マテリアルの流れと物量情報を共有化し、連携した改善に取り組むことは、資源生産性向上によるコストダウンと環境負荷低減を果たすだけでなく、次の点でも重要である。

- 上流企業にとって、下流工程において自社製品がどのように使われるかを知ること、顧客の工程で加工や組立をしやすい製品やその納品形態の改善を提案するきっかけを生む。これは、顧客提案型の企業に進化させ、企業の競争力強化を図る上で、非常に重要である。
- 下流企業にとっては、自社に納入されている材料がどのような条件で加工されてい

るかを知ることが、その仕様書や発注図面などの中の不用意な記載事項が意味のない加工を行わせることがあり、結果的に単価の高い買い物をしていることに気づかせる。これは、仕様書や発注図面の標準の改訂を通して、より多くのコストダウンの成果につながる。

◆MFCA 情報共有化の課題と対策

MFCA 情報の共有化を行う際、その相手先が、MFCA そのものが初めてであるということも多い。従って、MFCA を始めることと、互いの MFCA 情報や改善を行なうための情報を、企業の壁を乗り越えて共有化すること、2つの壁を越える必要がある。

課題 1：MFCA 実施に関する負担感、手間感

MFCA の適用範囲を拡張する相手先が、MFCA そのものが初めてである場合、ほとんどの場合 MFCA 実施のためのデータ収集、整理や計算がシステム化されていない。その段階では、MFCA 実施そのものに、多少の手間がかかることは事実である。その段階で、企業間、工場間の MFCA 情報を共有化するには、まずその“手間がかかるという感覚”を乗り越える必要がある。インタビューにおいても、次のような意見が聞かれた。

- ・ グループ会社といえども決算は別々であり、統合計算する手間を考えると、今は考えていない。

課題 1 への対策 1：マテリアルの物量情報の共有化がベース

MFCA 情報の企業間の共有化のタイプには何種類かある。その時点における MFCA のシステム化や定着の水準状況、MFCA 情報の共有相手の連携した改善の取り組み体制や目的などにより、MFCA 情報共有化の水準（内容）が変わる。

最も重要なのは、マテリアルの物量情報の共有化である。マテリアルの流れと、その中でロス情報を、上流、下流の企業間で共有化し、その上で、相互の課題とメリットを確認していく手順が必要になる。インタビューにおいても、マテリアルの物量情報だけで MFCA の計算を行ない、共有化したという例が数件あった。それを以下に記す。

- ・ 関連企業である部品メーカーの MFCA では、材料の物量と材料費だけで MFCA の計算を行なってもらい、それを共有化した。（3－4．事例 4）
- ・ グループ外の企業と MFCA 計算の連携を行った際に、MFCA の金額情報は開示せず、その中の材料の物量値の情報だけを共有化した。
- ・ 自社の切削加工の MFCA に、グループ外の企業への支給材である主材料の物量の Input／Output 情報を織り込んだ。（システムコストやエネルギーコストは、外注加工費の単価で一括して設定した）

課題 1 への対策 2：グループ企業の経理システムで MFCA 情報を連結

すでにグループ内の企業、工場の経理情報システムに MFCA を組み込み、グループ

企業間で MFCA 情報を連結させている田辺製菓では、次のようにコメントしている。

- ・ グループの共通課題であれば、解決に向けて相互協力できるが、それを認識する方法が必要である。現在のところ、MFCA 情報の連結が有効な手法の一つとして考えられ、グループの連結経営として、経理システムで MFCA 情報を連結させることにより、グループの共通課題が明確になった。工場の視点では、マテリアルの物量だけで連結した MFCA でも十分かもしれないが、連結経営の管理を束ねる本社の視点では、グループ経営の全体最適の視点で考える必要があり、コスト全体で連結させた MFCA 情報共有化が必要である。（3－4、事例2）

課題2：企業間の情報共有化に関する壁

資本関係のある関連企業との間では、コストや単価に関する情報は、ある程度分かっており、MFCA 情報の共有化する上でのネックにはなりにくい。しかし、それでも、より詳細な材料のロスに関するデータなど、個々の生産性に関する細かい情報を開示することには抵抗がある。資本関係のない企業との間では、一般に、情報共有化の壁は、それよりも高い。

課題2への対策1：改善成果の共有化、信頼関係

こうした抵抗の排除には、企業間、工場間において、改善の成果をお互いに共有できるという信頼関係や動機付け、取り決めが重要である。

課題2への対策2：十分な事前説明

相互のメリットの共有化は MFCA 情報を共有化する上でも必要条件の一つである。しかしそれは、お仕着せの説明ではできない。グループ外企業のサプライヤーとの連携した改善に、MFCA 情報を共有化しているキヤノンでは、次のような事前説明を行っている。

- ・ 連携先の企業の「コストの内訳は見せられない」「SC 企業へのメリットが不明確」「材料効率が上がると、SC 企業の売上が減る」などの意見に対し、その企業にとっての競争力強化メリットを十分に説明した。さらに、MFCA の情報共有化はマテリアルの物量情報だけにとどめ、仮の数字で MFCA 計算を行ない、自社内では%値のみで説明した。

（2）工場内の部門間における MFCA 情報共有化のメリットと課題、対策

ここでは、図 3-2 の①で示した工場内の部門間に絞って、その MFCA の実施、およびその情報の共有化におけるメリットと課題、対策を示す。

まず、MFCA を初めて実施する場合や、簡単な表計算ソフトを使って MFCA の計算を行なう場合には、工場の中の一部の製造ラインや製品におけるマテリアルの流れを MFCA の対象とすることが多い。

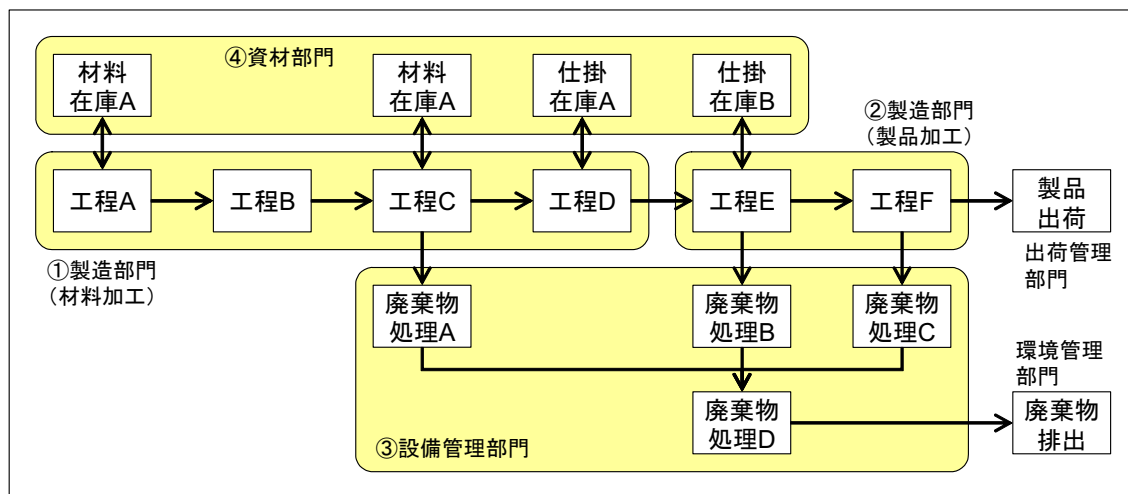
これは、MFCA の計算やそのためのデータ収集や整理をシンプルにすることにより、スムーズな MFCA の導入や、効率的な MFCA 計算を行なうためである。しかし MFCA の基本は、マテリアルの流れを原材料ごとに最後まで追跡するというものである。そのことにより初めて、すべての材料のロスが認識でき、かつ、その廃棄物になった材料の物量とコストで、そのロスの大きさを正確に把握することができる。

一部の製造プロセスや製品だけで MFCA を行い続けることは、MFCA 本来の持つ効用を活用しきれない可能性がある。その意味でも、MFCA の適用とその情報の共有化範囲を、工場内の部門間全体に拡大することは、意味が大きい。

◆工場内、部門間の MFCA 展開、情報共有化のメリット

MFCA の適用対象が、例えば図 3-3 の①製造部門（材料加工）の部分だけで行っている場合、その後工程である②製造部門（製品加工）、および、③設備管理部門における廃棄物処理の部分、④資材部門の在庫の部分まで拡張することは、工場全体でのマテリアルと廃棄物の流れとロスを明確にする。

これは、資源生産性の向上に向けた課題を漏れなく洗い出す、あるいは正確に定量化するメリットがある。



（図 3-3 工場内の製造プロセスと管理の分担イメージ）

そのひとつの例として、在庫の材料、仕掛品、製品が品質保持期限により廃棄される、あるいは製品の生産終了により廃棄される場合がある。通常の MFCA の計算では、1 ヶ月間など、ある期間を区切って MFCA 計算のデータを収集することが多い。しかしこうした在庫の廃棄物は、毎月発生するとは限らない。そのため MFCA 導入当初は、この部分を計算対象から外し、データ収集や整理、計算を簡易にすることもある。

またもうひとつの例として、廃棄物や排出物の処理は、通常、複数の製品や製造ラインの共通の処理プロセスをとることが多い。しかし、製品別の MFCA の分析だけでは、そのロスの全体像を把握することができない。工場内の経費としても共通費的な扱いをされ、

正確な製品別のコストとしては把握されていないことが多い。

工場内の展開（工場内の異なる部門間を通した MFCA の実施、およびそれに基づく資源生産性向上活動の取り組み）は、工場内の異なる管理部門単位ごとに行われている MFCA の計算を連結させ、マテリアルの流れで資源生産性向上の取り組みを連携させるものである。（3－4、事例1）

◆工場内、部門間の MFCA 展開、情報共有化の課題と対策

ひとつの工場内でも、部門が異なると管理者が異なる。改善活動も通常は部門単位で行われる。部門間の利害対立のため、部門間の連携した改善には部門横断プロジェクトが必要になることが多い。部門単位の改善活動も、従来の延長線上の活動に終始することが多く、MFCA の導入など、新しい管理メジャーを導入する際には、非常に抵抗が多い。

課題3：組織、部門の壁

グループ内、同じ企業内でも課題があっても、それぞれの組織風土があり、組織間の壁がある。例えば、ひとつの工場内で“MFCA の実施、およびそれに基づく資源生産性向上活動の取り組み”の展開を行う際に、次のような声が出ることがある。

- ・ 「標準通りに業務をしている」「(標準原価計算では)ロスコストは小さい」「(TPM や QC など)改善活動は行っている」

課題3への対策：MFCA の概念や取り組みの意義の共有化

MFCA では、それまで管理していなかった部分も含めてロスになる。それまでの正しい業務、標準作業、標準原価計算上ではほとんどロスが表れていなかった場合でも、もっと大きなロスが計算される。従って、MFCA の概念や取り組みの意義を、次のように十分に説明し、共有化する必要がある。

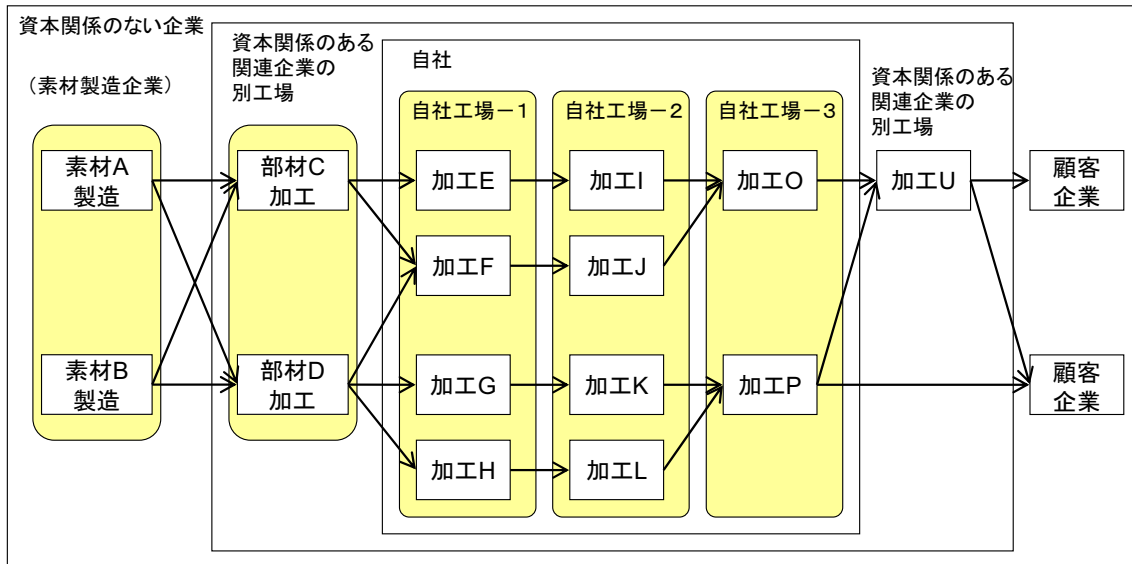
- ・ （部門間、組織間の）協力の意義が共有できれば、改善はできる。
- ・ MFCA を展開する際には、従来の企業内での“ロスの概念が従来のものと異なる”ことを、トップを含めて認識する必要がある。
- ・ “MFCA のロスの概念で、工程そのもの、標準原価、標準作業などを、資源生産性の高い”モノづくり“に変えることが、MFCA の目的であること”を、トップからマネージャー層、現場それぞれに理解させる必要がある。
- ・ MFCA の活用は、管理者（企業間の場合は経営者）が異なるプロセス間の問題に対しても、総合的な効率を考えた改善を行ないやすい。

（3）工場間、企業間における MFCA 情報共有化のメリットと課題、対策

ここでは、図 3-2 ②自社の異なる工場間、関連企業間、③関連のない企業間における MFCA 情報の共有化と、それをベースにした連携した改善におけるメリットと課題について

て述べる。

製造の規模が大きい場合、あるいは素材製造、部材製造、部品製造などと、その特性の異なる製造プロセスで構成される場合は、図 3-4 で示すように、工場、資本関係のある関連企業、資本関係のない企業などで、その製造プロセスの担当が異なることが非常に多い。企業やそのグループを越えた分業の方が、一般的といってよい。



（図 3-4 企業内、企業間の製造プロセスと分担イメージ）

◆工場間、企業間における MFCA 情報共有化のメリット

これらの製造プロセス上にある工場や企業では、それぞれにおいて、マテリアルのロスが発生している。これらの工場や企業が MFCA を導入し、それぞれの資源生産性向上の取り組みを行いつつ、工場間、企業間で MFCA 情報を共有しながら連携した改善を行なうことは、製造プロセス全体を通じた資源生産性向上に、非常に大きな効果につながる可能性が大きい。

◆工場間、企業間における MFCA 情報共有化と連携の課題と対策

この章の最初で示した、図 3-1 のような工場間、企業間の連携した改善の必要な課題があることは、多くの企業で認識している。しかし、その連携した改善には大きな壁があり、改善そのものを諦めているケースが多く見受けられる。ただしそこでは、企業内の工場間や資本関係のある企業間と、資本関係のない企業間では、若干、そのニュアンスが変わる。

課題 4：工場間、資本関係のある企業間の壁

企業間の改善では、製法に関するノウハウなどの機密事項、会社間の壁がある。同じグループ内の企業間、同じ企業でも部門間でも、連携した改善や取り組みを行なう上で、壁があるものである。

課題4への対策：メリットや意義の共有化

グループ内の工場間、企業間の場合、上記の壁に対して、実際にグループ企業全体で取り組みを展開している企業から、次の意見が述べられている。

- ・ 相互のメリットの認識、共有化が必要
- ・ 工場間、部門間の壁であれば、協力の意義を共有できれば、改善はできる。

課題5：資本関係のない企業間の壁

資本関係のないグループ外の企業間では、ノウハウなどの機密事項などもあり、企業間の壁はグループ内での展開以上に高い。インタビューで、次のような意見が出ている。

- ・ この業界では、サプライヤーと一緒に改善を行なうことが難しい。技術ノウハウが差別化の大きなポイントで、それを客先に出すと競争相手に流れる恐れがあるため。
- ・ 技術面のノウハウ公開のメリットがない

課題5への対策：相互のメリット共有化と信頼関係の構築

壁が高いにもかかわらず、グループ外の SC 企業間での連携や協力が行われることも多い。また、インタビューにおいても、MFCA の導入前から、企業間での連携や協力を行っている例も聞かれた。

- ・ 原料メーカーと共同の生産性向上はあるが、MFCA 着手以前からプロジェクトを組み、推進中。

こうした、グループ外の SC 企業間での連携や協力の前提条件として、相互のメリットの確認や共有化、および信頼関係の構築が必要である。インタビューでも、この点は次のように数多く出ている。

- ・ 双方にとって、経済的利益が得られることが重要
- ・ Win-Win 関係の構築（双方にメリットがある）
- ・ 自社とそこに部品を供給するメーカーの双方に、メリットがある
- ・ 相互のメリットの認識
- ・ 自社とサプライヤー双方のメリットが必要
- ・ 外注企業と自社、双方での効果、メリットが明確になること

従って、技術ノウハウの流出リスクが多少あっても、それを越えるメリットや意義がお互いに確認でき、相互の信頼関係が構築できれば、こうした取り組みは可能である。

3-3-2. 企業間の連携した改善における MFCA 活用

SC 上の上流、下流の企業間では、図 3-1 で示したような連携改善の必要な課題がある。MFCA の情報を共有しなくても、課題に気づき、双方にメリットがあれば、連携した改善は可能になる。その際に、自社としてのメリットを確認にする上で、MFCA は非常に有益

な情報を示してくれる。

実際に今回インタビューした中で、MFCA の取り組みとは別に、材料メーカーと連携した改善の取り組みを行っているとした企業が数社あった。

3-3-1 で述べたように、MFCA 情報の共有化は、SC の上流、下流の企業それぞれに大きなメリットにつながることもある。しかしそれでも、その課題を乗り越えられないことも多いと思われる。しかし、MFCA 情報の共有化をしなくても、こうした連携した改善に MFCA が効果的なことが多い。

◆企業間の連携した改善への MFCA 活用のメリット

連携した改善では、MFCA 情報の共有化をしなくても、自社として MFCA の活用が効果的なケースがある。それは下記のように、課題発見の場面と、課題解決の場面（特に改善の効果検証）においてメリットがある。

- 課題発見の場面：MFCA によって、上流の材料メーカーや部品メーカーの仕様や品質に起因するマテリアルのロス、課題を発見する（3-4、事例7）
- 課題解決の場面：連携改善課題の中で、納入単価など取引条件の変更が求められる場合も、MFCA を使ったシミュレーションによって総合的な改善効果が分かるため、その取引条件の変更の判断を合理的に行うことができる（3-4、事例6）

◆企業間の連携した改善への MFCA 活用の課題と対策

他社との連携した改善であっても、自社としてその改善に MFCA を活用することは、MFCA を効果的に活用する方法として、身につけるべきことである。

課題6：MFCA の継続的な活用と、発見した課題の管理

この、連携改善への MFCA の活用については、企業間における、技術情報、コスト情報を共有化する必要はない。上流、下流の企業間の課題の発見やその解決に、MFCA を効果的に活用するというだけのことである。

しかし課題の発見といっても、1 回だけの MFCA 計算では、課題は見えてこない可能性もある。同じ品種でも、生産条件などが徐々に変化することもあり、量産当初はロスとして小さかったものが、徐々にロスとして大きくなるものもある。そうした生産性が、時系列で変化する製品や製造プロセスの場合は、継続した MFCA の活用が課題になる。

また、発見した課題も、サプライヤーからの「難しい」の一言で諦めているケースも少なくない。発見したロスや課題は、常に工場の管理者の目に見えるようにし、その取り組みを管理することも必要である。改善の進まない課題に関しては、別の視点で解決ができないかを検討させる必要があり、またその際には、別の部門に検討を支援させることも必要になることがある。技術的な考え方の転換、あるいは前提条件の転換などに

より、問題の解決に進みだすことがある。

そうした前提条件の転換のひとつに、トータルメリットの評価ということがある。サプライヤーからの納入品の精度向上により、自社の製造プロセスにおけるロスが小さくなると予想されても、納入品の精度向上による単価アップが求められても、トータルなコストメリットが正確に評価できなくては、単価アップの判断はできない。MFCA はそうした判断を行うための有効なツールである。

課題6への対策：MFCAによるマテリアルロス管理の仕組み構築と、そのノウハウ蓄積

上記で述べた MFCA の活用は、MFCA により明らかになったマテリアルのロスを継続的に管理、改善の取り組みを続け、その活用ノウハウを蓄積し、管理手法として使いこなすことを述べている。

1 製品の MFCA の試験導入だけにとどまらず、その活用を継続し、管理、改善の手法として定着させることが求められる。

3-3-3. SC 上の他の企業への MFCA 導入展開

SC 上の企業、工場それぞれが、独自に MFCA を導入し、あるいは資源生産性向上の取り組みを行い、各社がそれぞれの製造段階で発生する材料ロスを削減すると、その SC 全体を通した資源生産性は飛躍的に高まると期待できる。

表 3-3 は、それを計算条件 1 から 4 の仮定の条件で計算した例である。

(表 3-3 SC を通した資源生産性計算例－1)

各工程の材料ロス:10%	A社	B社	C社	D社	E社	合計
新規投入:材料の物量	169.4					169.4
前工程引継ぎ	0.0	152.4	137.2	123.5	111.1	
投入合計:材料の物量	169.4	152.4	137.2	123.5	111.1	
直行率(正の製品比率)	90%	90%	90%	90%	90%	
正の製品:材料の物量	152.4	137.2	123.5	111.1	100.0	100.0
負の製品:材料の物量	16.9	15.2	13.7	12.3	11.1	69.4
計算条件1:製造プロセスを5つの企業(A~E社)で分担 計算条件2:新しい材料の投入は、最初の工程(A社)だけ 計算条件3:2番目以降の工程では、前工程の正の製品だけが投入材料 計算条件4:それぞれの工程の材料の直行率(正の製品物量比率)は90%						

表 3-3 では、各社の投入材料の中の、その下流企業への直行率（正の製品の物量比率）がそれぞれ 90%と仮定すると、全工程の最後の企業 E 社で 100 の物量の製品を作るためには、最初の企業で 169.4 の物量の材料を投入する必要があることを示している。

(表 3-4 SC を通した資源生産性計算例－2)

各工程の材料ロス:5%	A社	B社	C社	D社	E社	合計
新規投入:材料の物量	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	129.2
前工程引継ぎ	0.0	122.8	116.6	110.8	105.3	
投入合計:材料の物量	129.2	122.8	116.6	110.8	105.3	
直行率(正の製品比率)	95%	95%	95%	95%	95%	
正の製品:材料の物量	122.8	116.6	110.8	105.3	100.0	100.0
負の製品:材料の物量	6.5	6.1	5.8	5.5	5.3	29.2

表 3-4 は、表 3-3 の計算条件 4 を、次の部分だけ変更したものである。

- それぞれの企業の材料の直行率が 95%へと 5%向上

表 3-4 では、各社の投入材料の直行率が 95%とすると、最後の企業 E 社で 100 の物量の製品を作るためには、最初の企業で 129.2 の物量の材料を投入する必要があることを示している。

表 3-3、表 3-4 の例では、全企業における材料の直行率（正の製品の物量比率）が、すべて 90%から 95%に 5%改善すると、全体を通した材料（資源）の投入量は 169.4 から 129.2、廃棄物量は 69.4 から 29.2 と、大幅に削減できる。

◆SC 上の企業への MFCA 導入展開のメリット

実際には、表 3-3、3-4 のように、SC 上の企業それぞれの材料ロス率が同じということはありません。しかし、マテリアルの流れの上流、下流上の企業が、それぞれ独立して、材料のロスを減らす取り組み、資源生産性の取り組みを進めることは、産業全体の資源生産性向上に、非常に大きく寄与する。

特に、廃棄物の多く発生する加工型の工場では、廃棄物の発生量削減と同時に、自社の製造プロセスでのコストダウンにも直結する効果を得られる。

そして、材料のロスを減らす取り組みを行う上で、MFCA は非常に効果の高い管理手法である。

◆SC 上の企業への MFCA 導入展開の課題と対策

課題 7：MFCA 導入時の成功体験

3-3-2 で述べたような MFCA の活用にしても、その企業での最初の導入での成功体験がないと、MFCA の継続活用や応用につながらない。それぞれの企業における MFCA の最初の導入時に、それが成功体験につながる必要がある。

しかし、MFCA は日本での導入が始まってから日が浅く、MFCA 導入の実績、ノウハウを保有している企業は、まだ比較的少ない。そうした MFCA 導入の支援を事業として行っている企業も多くない。

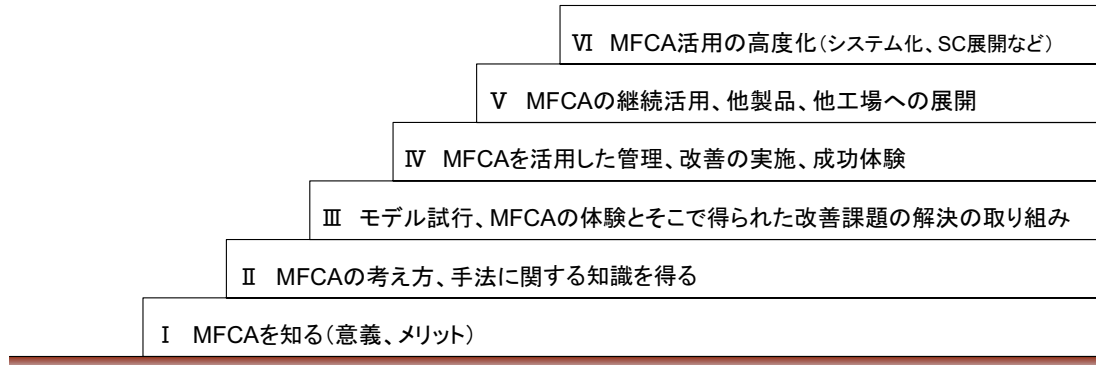
課題 7 への対策：他企業へ MFCA 紹介や、その MFCA 導入時の支援

MFCA 導入を支援するサービス、事業が、日本で拡大することが求められる。

また（自社のグループ企業かそうでないかを問わず）MFCA 導入を計画している他の企業に、MFCA の普及を支援し、その MFCA の導入展開に協力する企業は、産業界の資源生産性向上に、多大な社会貢献を行っているといえる。（3-4、事例 8）

3-4. 効果的な SC への MFCA 展開の事例

ここでは、インタビューの中から、SC 間での連携に効果的だった MFCA の活用方法の事例や取り組みの事例を記す。これらは、MFCA の展開範囲の拡大の事例である。



(図 3-5 MFCA の導入、活用の進化のステップ)

図 3-5 に、MFCA の導入、進化ステップを示した。その中で MFCA の SC 展開はステップ VI の MFCA 活用の高度化に位置づけられる。しかし、ここで取り上げる事例は、必ずしもこのステップに沿って行われたものではなく、MFCA の試験導入から発展した事例や、改善の必然性から SC 企業間の連携に拡大した事例なども含まれている。しかし、3-3 で記述したことに関して、参考になる部分が多い事例と思われるため、記載している。

表 3-5 に、3-3 の内容と、事例の関連を整理した。

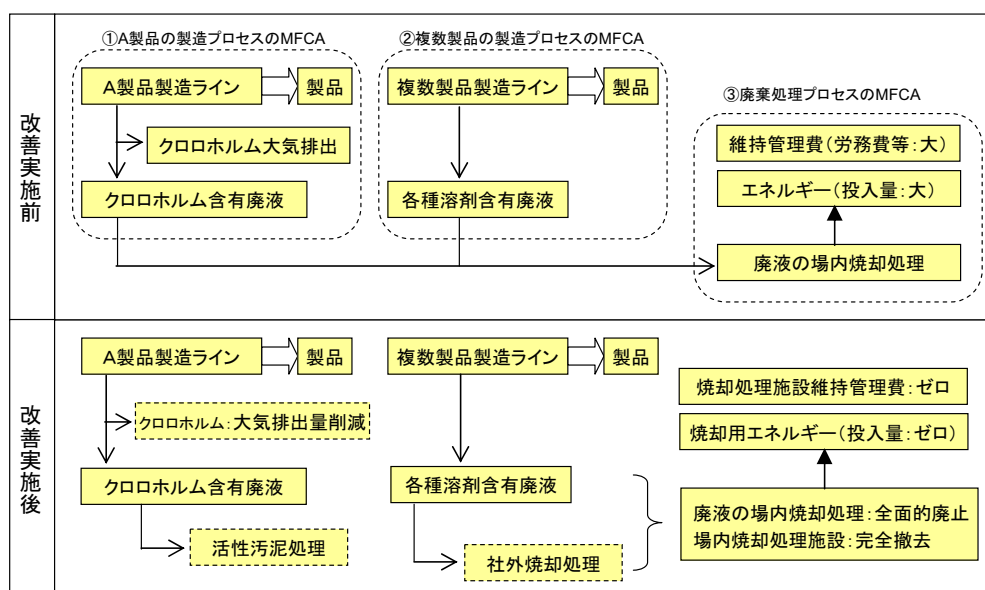
(表 3-5 SC への MFCA 展開や資源生産性向上の展開の事例の位置づけ)

展開方法のタイプ	展開範囲のタイプ		
	①工場内の部門間	②自社の異なる工場間、資本関係のある関連企業間	③資本関係のない企業間
MFCA の情報共有化 (3-3-1 で説明)	事例 1 (田辺製薬)	事例 2 (田辺製薬) 事例 3 (四変テック) 事例 4 (四変テック)	事例 5 (キャノン)
連携改善における MFCA 情報の活用 (3-3-2 で説明)			事例 6 (日東電工) 事例 7 (ジェイティ シイエムケイ)
SC 上の他企業への MFCA 導入展開につな がる手法紹介 (3-3-3 で説明)			事例 8 (日東電工)

（１）事例１：田辺製薬株式会社-1

（工場内、部門間で連結した会計情報の中の MFCA 情報の共有化）

- 事例のタイプ：工場内の部門間展開、MFCA の情報共有化（連結会計）
- 活用事例：1 製品のクロロホルム廃棄物処理の改善に、複数製品の製造プロセスおよび廃棄物処理プロセスを連結、統合化した MFCA で分析し、課題の改善のための設備投資やプロセス変更の評価を行った。その検討手順は以下の通り（図 3-6）。
 - ①最初に、A 製品の製造プロセスの MFCA 分析と改善検討で、クロロホルムの大気排出抑制課題を設備投資により実施
 - ②環境管理部門と協力し、クロロホルム含有廃液の廃棄物処理プロセスに対し、MFCA を連携して実施し、場内焼却処理に多大な労務費と大量のエネルギーが必要（コストアップおよび環境負荷増加）であることを共有化し、当該廃液の場内焼却処理を活性汚泥処理に変更
 - ③工場での全製品の製造に伴う廃液の廃棄物処理プロセスに対し、全製品における MFCA も連携して実施の上場内廃液焼却処理を全面的に廃止し、焼却処理施設を完全撤去
 - ④改善実施後は、クロロホルムの大気排出量を大幅に削減でき、焼却処理のためのエネルギー投入や維持管理費用が不要になった
- ポイント：部門間の壁を越えた MFCA 分析と、マテリアルフローのマネジメント
 - ・ 本社スタッフ（経理部門、環境管理部門、情報システム部門）と工場部門（経理部門、環境管理部門、生産管理部門、品質保証部門、製造部門、エネルギー管理部門）の連携
 - ・ 別々の製品の共通プロセスの改善での連携



（図 3-6 複数製品間共通の廃棄物処理プロセスの改善における MFCA 活用事例）

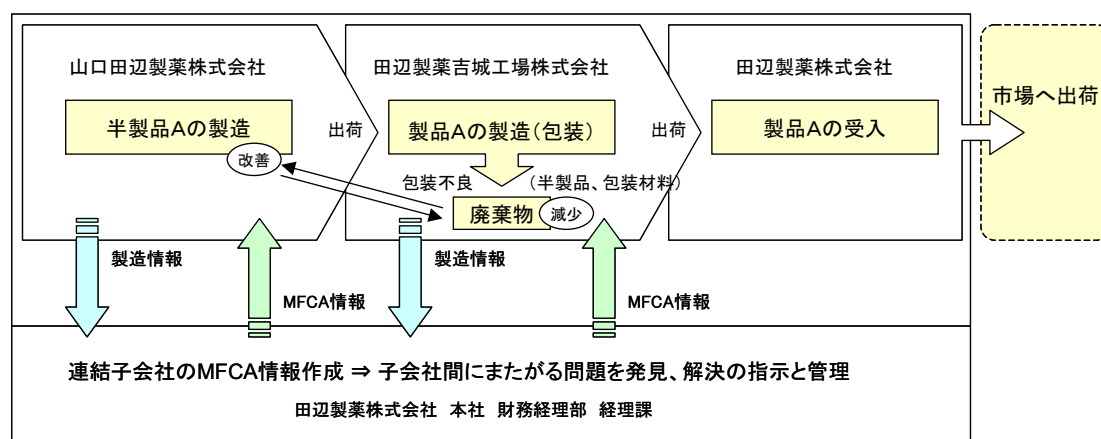
（２）事例２：田辺製薬株式会社-2

（資本関係のある企業間で連結した会計情報の中の MFCA 情報の共有化）

- 事例のタイプ：関連企業間の展開、MFCA 情報共有化
- 活用事例：田辺製薬(株)は、SAP 内に MFCA システムを構築しており、月度毎に、連結子会社(国内工場のみ)別および企業グループ合計の MFCA 情報を自動作成している。これら情報は、子会社単独に留まらず、子会社間にまたがる課題抽出にも役立っている。

図 3-7 は、田辺製薬吉城工場(株)のある製品の包装不良品発生が、上流の山口田辺製薬(株)から納入される半製品の品質（粒子の形状精度）に起因していることを MFCA による分析で究明、改善した 1 例である。

- ポイント：企業間の壁を越えた MFCA 分析と親会社による集中管理
 - ・分社化した工場、子会社の工場も含めて、グループ全体で MFCA のシステムを活用しており、MFCA の連結は容易に可能
 - ・企業間、工場間のマテリアルロスの問題を本社の経理課で管理しており、企業間の壁を越えた改善活動に活用

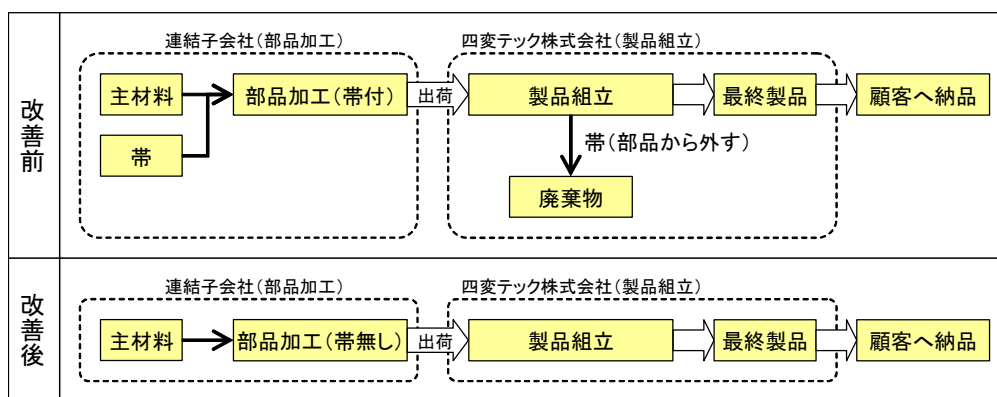


（図 3-7 関連子会社間での連結会計、親会社集中管理による改善事例）

(3) 事例3：四変テック株式会社-1

(資本関係のある部品加工企業と一体になった MFCA 導入と改善)

- 事例のタイプ：関連企業間の展開、MFCA 情報共有化
- 活用事例：連結子会社の部品加工と自社の組立工程の一貫したプロセスとした MFCA 分析を行った。その結果、図 3-8（改善前）のように、関連子会社の部品加工工程で用いる帯材が、後工程の組立段階で取り外され、廃棄物になっていることが分かった。その後、関連子会社と共同で、帯が不要な加工、組立の方法を検討した結果、帯が不要な加工方法が実現できた。
- ポイント：連結子会社の部品加工も含めた MFCA の分析により、関連子会社で投入した材料の帯が、製品組立段階ですべてロスになるということを、初めて認識し、それによって改善が実現
 - ・ 関連子会社の加工工程と自社組立工程を通した MFCA の分析による問題発見



(図 3-8 連結子会社と連携した改善を行なった事例)

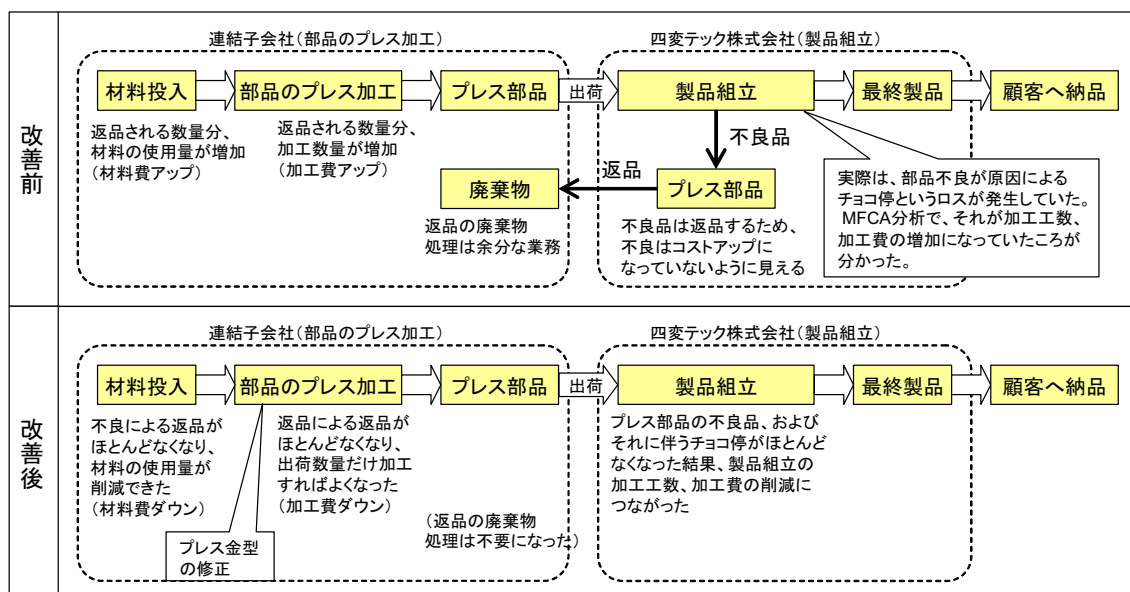
(4) 事例4：四変テック株式会社-2

(資本関係のある関連企業とのマテリアル情報の共有化と、一体になった改善)

- 事例のタイプ：関連企業間の展開、MFCA による問題発見、MFCA 情報を関連企業と共有化、改善も共同検討
- 活用事例:古い設備の製品組立ラインにおいて、チョコ停が慢性的に多発していた。MFCA の分析により、チョコ停のロスコストが明確になり、チョコ停の改善が進みだした。

図 3-9 のように、チョコ停の大きな要因のひとつが、関連子会社のプレス部品の不良によるものと分かった。関連子会社と MFCA の情報をすべて共有した上で、共同して分析、検討を行い、プレス金型を修正することで、プレス部品の不良は激減し、それによる製品組立のチョコ停もほとんどなくなった。

- ・製品組立のプロセスは、チョコ停もロスとみなした MFCA の分析を行った
- ・関連子会社の加工プロセスも、物量とマテリアルコストだけの簡易的な MFCA 分析をおこなった
- ・部品の不良品は返品しており、製品組立にとって、ロスになっていないように見えていた。実際はそれによるチョコ停が発生し、加工費のロスがあった。MFCA を適用して、初めてそのロスコストが見え、問題解決につながった。
- ポイント：MFCA によって改善の意義を共有化し、かつ双方に大きなメリット
 - ・連結子会社（部品加工）、自社（製品組立）の双方が、MFCA によって、お互いの工程とその問題を共有化できた
 - ・製品組立：不良によるチョコ停がなくなり、生産性が向上した
 - ・部品加工：不良による返品が減ることで、材料費削減し、業務が効率化した



(図 3-9 連結子会社と一体になった改善と MFCA 情報を共有化した事例)

（５）事例５：キヤノン株式会社（資本関係のない企業間とのマテリアル情報の共有化）

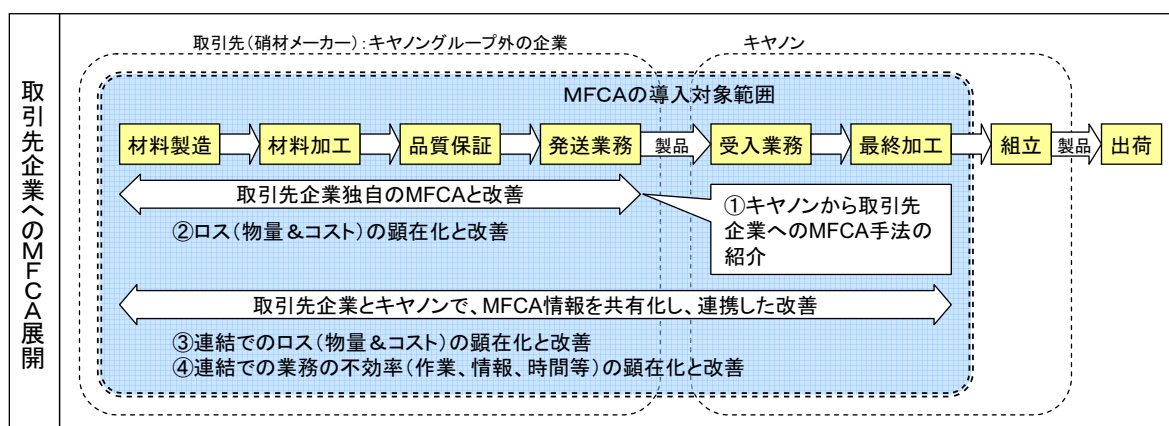
- 事例のタイプ：グループ外の企業への展開、MFCA 情報の共有化
- 活用事例：キヤノンから、そのレンズ材料のサプライヤー（非連結の硝材メーカー）に MFCA の手法紹介を行った。同時に双方を製造プロセスと MFCA 情報を共有化した上で、連携した改善を行ない、非常に大きな資源生産性向上の効果をあげた。
 - ・ MFCA の意義と双方のメリットを十分に共有化した上で、MFCA の手法、ノウハウをサプライヤーに紹介
 - ・ サプライヤーとしては、単独で、MFCA を活用したロス（物量、コスト両面）の顕在化と、それにもとづく材料ロスの削減の取り組みを実施
 - ・ サプライヤーとキヤノン間で、MFCA 情報（マテリアルの物量のみ）を共有化
 - ・ 製造方法の改善の検討を連携して実施し、従来の“くりぬき材”を使用する製造方法から、“プレス材”を使用する製造方法に改善を行なった
 - ・ その結果、材料の資源生産性は飛躍的に高まり、レンズ 1 個を製造するために使用する材料は、全プロセスを通すと、従来の 6 分の 1 程度に削減できた
 - ・ 双方の製造プロセスをお互いに知ることは、材料ロスの削減以外にも様々な業務の非効率な点が顕在化し、改善につながるというメリットがあった
 - ・ その結果、レンズのサプライヤーでは製造コストが下がり、キヤノン側も納入単価が下がったほか、加工費も削減でき、双方にコストメリットが生じた
- ポイント：企業の壁を越えた MFCA 情報の共有化

この事例は、グループ外のサプライヤーとの連携、MFCA 情報の共有化の事例であり、その意味では、下記の点に注意しつつ取り組んだ。

 - ・ 取引先とキヤノン両者の目指すことを、次のように事前に共有化

『E+QCD 環境負荷の低減と経営効率の一致を具現化する
（環境経営＝資源生産性の最大化）』
 - ・ Win－Win の実現として、双方に次のようなメリットがあることを事前に確認

『環境、コスト、技術 3 つの点で、市場での優位性の確保、維持』につながる

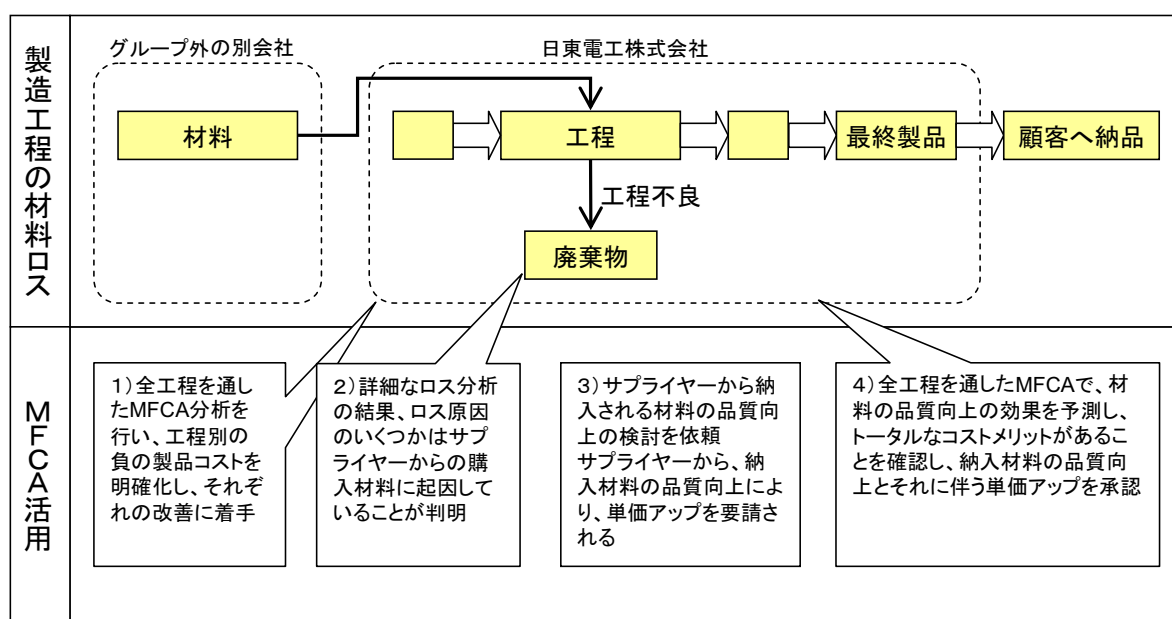


（図 3-10 グループ外の企業と MFCA 情報を共有化して連携改善を行なった事例）

（６）事例６：日東電工株式会社-1

（企業間の連携改善課題の改善効果評価への MFCA 活用）

- 事例のタイプ：グループ外の企業間展開、MFCA 分析結果をサプライヤーとの連携改善活用（サプライヤーに納入品質の向上を依頼）
- 活用事例：MFCA により分かった課題のいくつかを、日東電工グループと関係のないサプライヤーに改善を依頼し解決した（図 3-11）
 - ・全工程を通した MFCA によって、材料のロスを物量とコストで定量化した。
 - ・その中のロス原因のいくつかに関して、サプライヤーから納入される材料の品質を向上してもらうことで解決を図った。
 - ・サプライヤーとは MFCA の情報は共有化せず、納入材料の品質向上への協力を依頼し、その検討の結果、納入材料の単価アップを求められた。
 - ・材料単価は高くなっても、材料のロスが減少すれば、トータルなコストダウンにつながることを予測でき、改善が実現した。
- ポイント：トータルなコストシミュレーション
 - ・MFCA の計算を使って改善効果をシミュレーション、分析した結果、トータルなコストメリットがあることが分かり、材料の単価上昇も克服できると判断した。

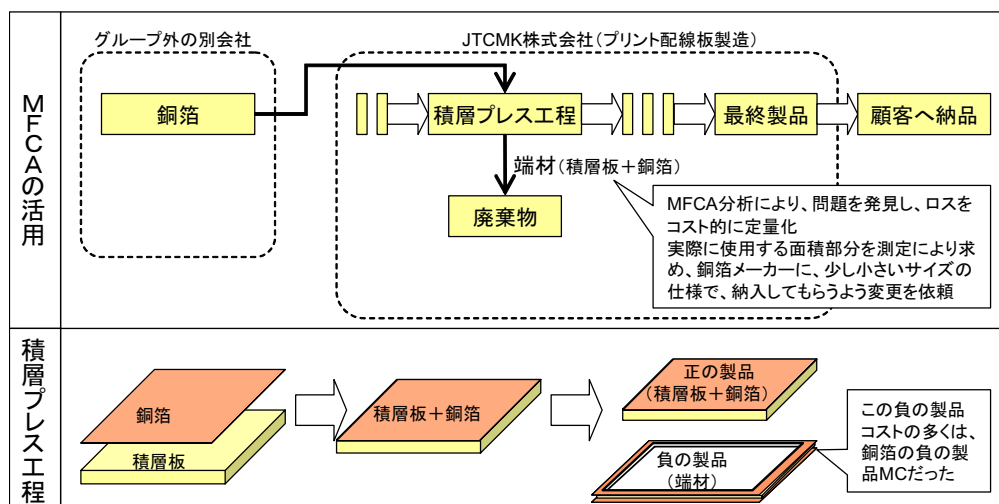


（図 3-11 MFCA 分析結果から、サプライヤーに品質向上を要請した事例）

(7) 事例7：ジェイティシエムケイ株式会社

(企業間の連携改善課題の再認識に、MFCA 情報が有効)

- 事例のタイプ：グループ外の企業間展開、MFCA 分析結果をサプライヤーとの連携改善活用（サプライヤーに仕様変更を依頼）
- 活用事例：MFCA で発見した課題に関して、サプライヤーに納入材料の仕様を変更してもらうことで解決した
 - ・積層プレス工程で積層板に張る銅箔が、端材として積層板と一緒に廃棄物になっていた。（図 3-12）
 - ・銅箔は積層時に樹脂が流れ出すのを防ぐため、大きめのものを使用していた。
 - ・MFCA の分析により、積層プレス工程の負の製品コストが大きいことから、ロスを生んでいることに気がついた
 - ・積層板で実際に使用する面積を測定し、銅箔メーカーからの納入仕様を、従来のものより約 5%小さい面積の仕様に変更した。これは、通常の商取引の中での仕様変更であり、スムーズに改善ができた。
- ポイント：MFCA による問題の発見、改善方法は通常の仕様変更
 - ・MFCA で分析を行うまで、ロスの大きさに気づいていなかったこと
 - ・サプライヤーの企業との通常の商取引における仕様の取り決めで改善できることであれば、特に何の問題もなく改善は可能



(図 3-12 MFCA 分析結果から、サプライヤーへの仕様変更を要請した事例)

(8) 事例8：日東電工株式会社-2

(資本関係のない他の企業からの要請で、MFCA の手法を紹介、導入を支援)

- 事例のタイプ： MFCA 先進企業からその取引先企業へ MFCA 導入支援を行い、MFCA の普及拡大に貢献
- 活用事例：新電元工業株式会社の 100%子会社である株式会社東根新電元は、日東電工グループ外の取引先企業のひとつである。株式会社東根新電元では、MFCA を初めて導入する際に、日本最初の MFCA 導入企業である日東電工株式会社に、MFCA の導入支援を要請した。その要請に応じて、日東電工株式会社は、株式会社東根新電元に MFCA の手法と適用ノウハウを指導した。それにより、株式会社東根新電元では、単独で、その製造プロセスの MFCA 分析を行い、そこでの材料ロス削減の取り組みを行っている。
- ポイント：SC 上の企業それぞれが、それぞれの責任で、資源生産性を高めることで、SC 全体を通したマテリアルフローの資源生産性を高める活動の展開
 - ・ SC 上の取引先企業それぞれが、独自に MFCA とそれによる材料ロス削減の改善に取り組むと、それぞれの企業は、経営メリット（コストダウン）になり、それぞれの企業の資源生産性が高まると、SC 全体を通した資源生産性は飛躍的に向上する。
 - ・ MFCA の先進企業が、MFCA を他企業に紹介し、MFCA を活用した材料ロス削減の取り組みが広がることは、産業全体の資源生産性向上と競争力強化へつながり、社会貢献活動としての意味がある。

3－5. MFCA の SC 展開に関する今後の課題

MFCA の SC 展開は、企業における MFCA 活用の進化の中で、その適用範囲拡大として位置づけられる。

今回、その SC 展開のタイプ（MFCA の適用範囲拡大）と、それぞれ実際の事例を整理できた。また、そこまで適用範囲を拡大することの、具体的なメリットも整理できた。

従って、企業としての、あるいは産業としての資源生産性向上、および競争力強化のために、MFCA の適用範囲を、部門内から工場内へ、工場内から工場間へ、企業内から企業間へ、グループ内からグループ間へと拡大することは、必要と思われる。また SC の上流、下流に位置する工場間、企業間で、その具体的な資源ロス削減の課題が見えて共有化できれば、必然的に MFCA の SC 展開は図れることと思われる。

ただし今回、それぞれの SC 展開のタイプごとに、そのメリットと課題、対策を整理したように、部門間、工場間、企業間で MFCA 情報を共有化したり、連携した改善に MFCA を活用したり、あるいは MFCA の手法やノウハウを紹介しあったりする際には、相互の信頼関係やメリットの共有化が、ベースとして重要である。

また、このような MFCA 活用の進化のためには、MFCA 導入を一時的な取り組みではなく、モノづくりにおけるマテリアルロス管理の仕組みを構築することが必要と思われる。マテリアルロス管理の仕組みを簡単に説明すると、次のような管理を行うことである。

- ・ 製造における材料ロスを継続的な管理項目に位置づける
- ・ 継続的に MFCA の計算を行ない、材料ロスによるロスコストを管理する
- ・ 材料ロスの削減課題（中長期課題と短期課題に分けられる）の進捗を管理する
- ・ 進捗の遅れている材料ロスの削減課題に、組織的な支援をして、推進させる

3-6. MFCA の SC 展開に関するインタビュー調査結果

本テーマに関して、今回、面接もしくは電話でのインタビューに回答してもらった 18 社の意見を、項目別に整理したものである。

(1) SC で連携した取り組みが必要な改善課題の有無について

インタビューに回答してもらった 18 社のうち、12 社から、MFCA を導入した製品に関して、その具体的な SC 間での連携改善課題の有無を確認できた。

インタビューの回答は、表 3-6 のように整理できるが、12 社のうち 10 社は、何らかの SC 間での連携改善課題があると認識しており、「SC 間での連携改善課題は多い」といえる。

(表 3-6 SC で連携した取り組みが必要な改善課題の有無)

MFCA 分析を行う前から具体的に把握	連携改善に取り組んでいる	● 上流の加工を行なう企業では、改善課題がある ● 原料が原因になっている材料ロスがあるが、従来からも分かっていた課題 ● 原料メーカーと共同の生産性向上はあるが、MFCA 着手以前からプロジェクトを組み、推進中 ● 課題はあるが、MFCA 着手以前から分かっていた課題
	連携改善に取り組んでいない	● サプライヤーと連携して改善すべき課題はあるが、当社の設備が制約になっている
MFCA 分析によって連携改善の必要な問題を具体的に把握		● 部品不良によるライン停止が、MFCA によって、問題として大きいことを認識 ● 材料の納入サイズが必要サイズより大きめ目で、途中工程で捨てられていたことのロスの大きさに、MFCA で気がついた ● 上流下流を通して MFCA 分析し、上流工程の材料の中に下流工程で廃棄されるものがあることに気がついた
連携改善課題があるはずだが、具体的につかんでいない		● 製造で使用する材料に関して、その納入企業との間で、課題はある。特に、小ロットの発注に関しては、その納入工場で、ロスが多いはず。 ● モデル製品には、当社内の別工場に、その上流の工程があり、上流、下流をつないだ課題はあり得る
連携改善課題はないと思っている		● 原料への改善要望は特にあがっていない ● MFCA を展開している各工場では、ものづくりが完結しており、連携課題はほとんどない

（２）SC 間での連携改善に関する MFCA の効果の有無について

インタビューの回答の中で、実際にプロセスの上流、下流の工場間、企業間を通した改善に効果があったという企業では、SC 企業連携改善への MFCA の効果を、表 3-7 のように整理できる。

“総合的な効率の向上”、“問題の発見”、“問題解決へのきっかけ”と考えているが、「SC 間での連携改善に、MFCA は効果的」であるといえる。

（表 3-7 SC 企業連携改善への MFCA の効果の有無）

総合的な効率	● MFCA の活用は、管理者（企業間の場合は経営者）が異なるプロセス間の問題に対しても、総合的な効率向上を考えた改善を行ないやすい ● 単価がアップしても、品質が向上すればトータルなコストメリットがあることが、MFCA で判断できた
問題の発見	● MFCA を適用するまで、子会社の工程のロスを認識していなかった ● MFCA で、従来、見過ごされていた問題に気がついた
問題解決へのきっかけ	● MFCA を行っていなかったら、この改善（部品不良低減）に取り組んでいなかった。この改善は、自社の生産性向上にもメリットがあり、部品メーカーも不良による返品がなくなり非常に喜んでいる。

（３）SC 間での連携改善における MFCA 活用のネック、阻害要因について

インタビューの回答では、SC 間での連携改善を行なう上で MFCA 活用のネック、阻害要因が、表 3-8 のように数多く出された。

ただし、その多くは、MFCA を活用するか否かとは、別の話である。

その「ネック、阻害要因として主なものは、“組織間の壁、部門間の壁”、“ノウハウ流出の懸念”、“自社のメリット”」と整理できる。

（表 3-8 SC 連携改善における MFCA 活用のネック、阻害要因）

組織間の壁、 部門間の壁	● グループ内、同じ企業内でも課題がいっぱいある。それぞれの組織風土があり、組織間の壁がある。ただし、協力の意義が共有できれば、改善はできる
ノウハウ流出 の懸念	● グループ外の企業間の改善では、製法に関するノウハウなどの機密事項、会社間の壁がある ● この業界では、サプライヤーと一緒に改善を行なうことが難しい。技術ノウハウが差別化の大きなポイントで、それを客先に出すと競争相手に流れる恐れがあるため。 ● 技術面のノウハウ公開メリットがない
自社のメリッ トがないと、 連携改善は難 しい	● 自社でのコストメリットが、前提条件として必要 ● サプライヤーのコストメリットがあっても、自社のコストデメリットになると思われる課題は、取り組みが難しい ● 納入資材の梱包材の廃棄物の削減は、サプライヤーのコストメリットにはなるが、自社としてのコストメリットがない。ただし、社会的な環境負荷低減メリットはある
SC 連携改善 での MFCA 活 用は今後の課 題	● まだ、MFCA 計算モデルの構築に着手した段階 ● 企業内の工場間をつないだ改善を行なうところまでも、自分たちが（MFCA の使いこなすところまで）至っていない ● MFCA 以外の懸案事項（RoHS 等）の対応に追われており、資源生産性の観点での活動は今後の課題

（４）SC 間での連携改善における MFCA 活用の成功条件について

インタビューの回答の中で、SC 間での連携改善を行なう上で MFCA 活用の成功条件として、表 3-9 のような意見が出された。

その「成功条件は、“相互のメリット共有化”、“課題、情報の共有化”、“連携改善のイニシアティブ”」と整理できる。

“相互のメリット共有化”に関する意見の多さを見ると、相互のメリットが認識、共有化される場合、SC 間での連携改善は成功する可能性が飛躍的に高まるものと思われる。

ただし、そうでない場合、すなわち片方にしかメリットがない場合は、非常に難しいと思われる。その場合には、“本社のイニシアティブ”の意見のように、自社の工場間、自社グループ内の企業間の仲裁役として、本社など、工場間を統合した管理者の役割が、非常に重要になると思われる。

（表 3-9 SC 連携改善の MFCA 活用の成功条件）

相互のメリット共有化	● 双方にとって、経済的利益が得られることが重要。 ● Win-Win 関係の構築（双方にメリットがある） ● 自社とそこに部品を供給するメーカーの双方に、メリットがある ● 相互のメリットの認識 ● 自社とサプライヤー双方のメリットが必要 ● 外注企業と自社、双方での効果、メリットが明確になること
課題、情報の共有化	● 課題の共有化 ● 関連会社間での連携改善では、MFCA の情報もすべて共有化し、一緒に改善を行なう
本社のイニシアティブ	● 自社の複数の工場、子会社間の総合的なプロセスの効率化の改善に関しては、本社が改善に関するイニシアティブをとっている

（５）SC 間で連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の実績の有無について

インタビューの回答の中で、SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化を行ったことがあるという企業が、何社かあった。

グループ内の企業間の連携した MFCA の計算は 4 例あった。

「グループ外の企業と連携した MFCA の計算を行なった例も 2 例あり、その場合は材料の物量値の情報だけで MFCA 情報の共有化を行う」というものであった。

（表 3-10 SC 間で連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の実績）

グループ内の企業間、企業内部の部門間	連結会計として MFCA のシステムを構築している	● MFCA の計算は、本社の経理課がデータを吸い上げ、そこで MFCA の計算を一括で行った上、各サイトに送り返している。各サイトは、それぞれそのデータを、サイトごとに管理、改善に活用しやすいように加工、活用している。
	試行したことがある	● MFCA の適用モデル製品で、製品組立と上流の部品加工工程をつないだ MFCA を実施したことがある ● MFCA の適用モデルの商品群で、関連会社の行っている物流段階の MFCA 計算を試行したことがある
	MFCA の情報を、部分的に共有化した	● 関連企業である部品メーカーの MFCA では、材料の物量と材料費だけで MFCA の計算を行なってもらい、それを共有化した
グループ外の企業間	MFCA の情報を、部分的に共有化した	● グループ外の企業と MFCA 計算の連携を行った際に、MFCA の金額情報は開示せず、その中の材料の物量値の情報だけを共有化した ● 自社の切削加工の MFCA に、グループ外の企業への支給材である主材料の物量の Input/Output 情報を織り込んだ。（システムコストやエネルギーコストは、外注加工費の単価で一括して設定した）

（６）SC 間で連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の効果の有無について

インタビューの回答の中で、SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の「経験がある」という企業では、“非常に効果があった”という意見があげられた。

一方、「経験のない企業では、“効果は疑問”、“問題、抵抗が大きい”、“今後の課題”」という意見があった。これは、次項の“ネック、阻害要因”で、その理由が推察される。

（表 3-11 SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の効果の有無）

非常に効果が大きい	● MFCA の連結はグループ内で実施しており、グループ共通課題が明確になる。グループ共通課題であれば、解決に向けて相互協力できる。 ● 双方ですべてのデータを公開、共有したことが、よかった
効果は疑問	● 川上の原料メーカー、川下のメーカーが、ともに統合計算するメリットがあるとは思えない
問題、抵抗が大きい	● 金額の連結は問題の方が大きいのでは？ ● 抵抗の方が大きいのでは？
今後の課題	● グループ会社といえども決算は別々であり、統合計算する手間を考えると、今は考えていない。グループ内の SC 展開ができる製品の検討は優先度が低い。

（７）SC 間で連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化のネック事項、阻害要因について

インタビューの回答の中で、SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の阻害要因として、表 3-12 に整理したように、多くの意見があげられた。

ただし、これらは、“グループ内の企業間、企業内部の部門間”、“グループ外の企業間”で、その内容が大きく分けられる。

「“グループ内の企業間、企業内部の部門間”では、“メリットが不明確”、“組織の壁”が、ネック、阻害要因」になっているという意見が多かった。

「“グループ外の企業間”では、そのほとんどが、コスト情報、技術情報などの機密情報がネック」となり、開示、共有化は難しい、不可能であるという意見がほとんどであった。

（表 3-12 SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化のネック事項、阻害要因）

グループ内の企業間、企業内部の部門間	メリットが不明確	● グループ内でも SC 展開できる製品は限られており、そのメリットが不明確なので、すぐに実施できない
	コストに関する情報	● もともと単価など、コストに関する機密情報が分かっているため、それほど問題にはならない ● 関連会社では、コスト単価はもともと分かっている ● 連結企業の範囲内の企業では、あまり問題にならない
	生産性情報などの開示に関する、組織の壁	● 関連企業といえども、材料の歩留率など、生産性に関する細かい情報を開示することには抵抗がある。改善の成果をお互いに共有できるという信頼関係、動機付け、取り決めがいる。
グループ外の企業間	コスト、技術などの機密情報	● 機密情報であるゆえ考えられない ● 別会社でデータを出すことはありえない。コストダウンの要求に使われるので、企業秘密である。 ● コストデータの開示がネックで不可能と思われる ● コストと技術に関する企業秘密情報を扱うため、考えられない ● コストに関する機密情報の流出や、それにとまなう問題が想定され、難しい
	マテリアルの情報	● 支給材料の歩留まり情報以外は、グループ外の企業とは考えられない

（８）SC 間で連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の成功条件について

インタビューの回答の中で、SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の成功条件としてあげられた意見を、表 3-13 のように整理した。

特に、“十分な事前説明”に関する意見は、グループ外の企業との連携した MFCA 計算を行なっている企業から出たものであり、前項で出たネック、阻害要因として多かった「“コスト、技術などの機密情報”がネックになっても、“その企業にとってのメリットの事前説明、共有化”により、その壁を乗り越えて実施する」「その際、MFCA の情報共有化はマテリアルの物量情報だけにとどめ」という事例もあり、その対策のひとつといえる。

（表 3-13 SC 間連携した MFCA の計算、MFCA 情報共有化の成功条件）

MFCA の共通性	● MFCA の有効性を共有している ● MFCA の概念が同一である。同一の MFCA システムを有している
共同改善体制	● モデル製品の MFCA では、主要な構成部品の関連の加工企業と自社の共同で分析し、一緒に改善の検討を行なった
自らの成功体験	● まず、自社で MFCA をうまく活用できるようになり、その成功事例を作ることが必要
その企業にとってのメリットの事前説明、共有化	● 連携先の企業の「コストの内訳見せられない」「SC 企業へのメリットが不明確」「材料効率が上がると、SC 企業の売上が減る」などの意見に対し、競争力強化メリットを十分に説明した。さらに、MFCA の情報共有化はマテリアルの物量情報だけにとどめ、仮の数字で MFCA 計算を行ない、自社内では%値のみで説明した。

第4章 MFCA 高度化研究テーマ3 『MFCA のシステム化の研究』 (MFCA を継続的な管理システムとして企業内で活用するために)

4-1. 調査概要

(1) 背景

MFCA は、2000 年に日本企業での導入、適用が始まって以降、多くの企業で導入実験がなされ、その結果、多くの事例で、MFCA の効果、メリットが証明された。しかし、その一方で、データの収集や整理、計算の煩雑さが障害になり、MFCA 計算の実施、活用が導入実験した品種やラインだけにとどまっている例も多い。また MFCA の計算を継続的な月次管理に活用する事例も、まだ少ない。

MFCA を企業の管理の道具として、企業の競争力強化と資源生産性向上の取り組みに生かすためには、管理システムとして MFCA を位置づけ、システムを構築する必要がある。

(2) 目的

本研究テーマの狙いは、「MFCA の企業情報システムや管理手法への連携・組込みによるマネジメントツールとしての強化・展開の検討」である。

本研究は、上記の背景を踏まえ、MFCA の導入活用する製造業の企業と、MFCA のシステム構築を支援するシステムベンダーが、そのシステム構築上の機能要件定義をスムーズに行なうための情報を整理することを目的としている。

(3) 調査方法と進め方

本研究テーマは、平成 18 年度 経済産業省委託事業「マテリアルフロースト会計開発・普及調査事業」の MFCA 高度化研究 WG2 として実施した。

WG2 の検討会は、8 月、11 月、1 月の 3 回実施した。

次の項目の調査、検討を行い、MFCA のシステム構築の手法、課題を研究した。

① MFCA 実施時のシステム連携のニーズ、課題のヒアリング [第 1 回 WG2]

8 月 1 日の第 1 回 WG2 では、平成 16 年度、17 年度にモデル事業に参加いただいた企業の導入担当者にオブザーバーとして参加いただき、MFCA 実施時のシステム連携のニーズ、課題のヒアリング及びディスカッションを行なった。

② MFCA を経営管理、日常管理に組み込んだ企業事例のインタビュー

8 月 8 日にジェイティシイエムケイ株式会社に訪問し、MFCA を日常管理に活用し、

月次で MFCA の計算を行っている同社の MFCA 計算の内容、他のシステムとの連携、日次要管理での活用内容についてインタビューした。

③ ドイツの MFCA システム化の動向調査

10 月にドイツ、アウグスブルグを訪問し、IMU（経営・環境研究所：MFCA を開発し、MFCA のシステム構築支援実績が豊富）における MFCA のシステム構築支援の実例をヒアリングした。

④ MFCA を活用した管理システムの検討〔第 2 回 WG2〕

①、②、③の調査内容をベースに MFCA 管理システムの雛形を描き、11 月 13 日の第 2 回 WG 2 にて、その内容を討議した。

⑤ MFCA を活用した管理システムの可能性評価

第 2 回 WG 2 の検討結果をもとに報告書素案をまとめ、システム開発、活用の観点から、石川委員、根岸委員および、システムベンダー企業の方の意見を伺った。また、MFCA を導入、活用する立場から、内藤委員及びジェイティシイエムケイ池田氏の意見を伺った。

⑥ 報告書案の討議〔第 3 回 WG2〕

第 2 回 WG 2 の検討内容及び⑤の検討結果を加味し、報告書案にとりまとめ、1 月 18 日の第 3 回 WG 2 で討議した。

4-2. MFCA 導入の動向とシステム化への企業のニーズ

（1）MFCA の日本での導入の実態

わが国の MFCA の導入の実態を検討する際に、二つの観点からその内容を考えてみることができる。

まず一つめは、MFCA の適用の範囲の観点である。これには MFCA の部分的適用と全体的適用の 2 種類があると考えられる。

部分的適用とは、特定の製品の製造プロセス、製造ラインを対象にして、“マテリアルのストックとフロー”を測定し、MFCA の計算を行なうというものである。全体的適用とは、企業、あるいは工場のすべての“マテリアルのストックとフロー”を測定し、MFCA の計算を行なうというものである。

前者では、表計算ソフト等を使用して、比較的簡単に MFCA の計算を行うことができるが、後者では、企業内のデータベースシステムと連携した MFCA 計算のシステムを構築することなしには実現は難しい。しかし、そうした本格的なシステム構築には、時間も資金もかかる。

日本における MFCA の普及においては、その導入時点で、適用効果の確認と検証を急いだものが多い。従って、表計算ソフトを使った MFCA の部分的適用から始める企業がほと

んどである。

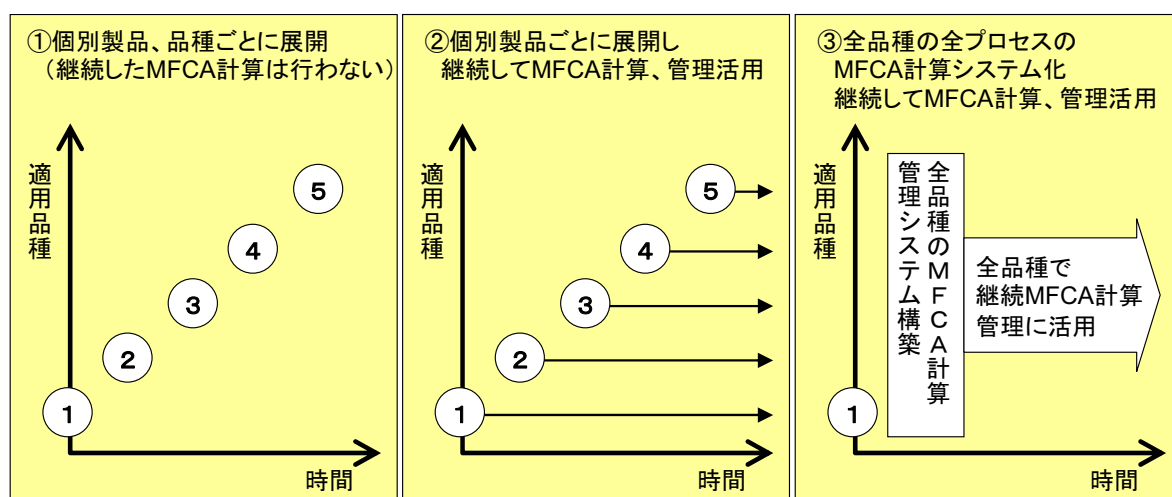
つぎに二つめの観点として、MFCA の適用の期間、サイクルが考えられる。これには、継続的適用と、一時的適用の区分である。

MFCA を改善のための分析ツールとして使う場合、現状分析のツールとして MFCA のデータを使い、改善を検討する。この場合、改善後、その成果確認のために MFCA 分析を行うことはあるが、毎月継続してデータを集計する必要はない。このような使い方を一時的適用ということにする。これに対して、MFCA を原価管理、環境管理、目標管理などのツールとして活用する場合、MFCA 計算は、少なくとも毎月繰り返して行う必要がある。このような使い方を継続的適用という。わが国の MFCA 導入では、MFCA を改善のための分析ツールとして活用する一時的適用のケースが多い。

MFCA の適用を企業内で展開する場合、上記の 2 つの観点の組み合わせで、3 つのパターンが考えられる。(参照、図 4-1)

- ① 表計算ソフトなどを使った MFCA 計算手法で、MFCA の部分適用を行い、その後対象の製品、製造プロセス、ラインを拡大する。(部分的適用・一時的適用)
- ② MFCA 計算手法を使って特定の製品、製造プロセスの計算を行い、継続的な管理データとして活用する。(部分的適用・継続的適用)
- ③ 企業全体、工場全体の管理システム、会計システムに、MFCA 計算システムを組み込んで、一気に展開し、同時に継続的な管理データとして活用する。(全体的適用・継続的適用)

なお、上記二つの観点の組み合わせでは、MFCA を企業、工場全体に一時的に適用するというパターン(全体的適用・一時的適用)も考えられるが、MFCA 実践の中で事実上このようなパターンは存在しないと思われる。



(図 4-1 MFCA 導入、展開のパターン)

（２）MFCA の必要性とシステム化

MFCA の適用は、その製造における資源生産性向上と、製造コストダウンをもたらすとされている。そこでの MFCA は、図 4-2 のように、位置づけられる。

MFCA は、マテリアルのロスを、その物量とコストで“見える化”する。それは、マテリアルの流れに沿って、廃棄物（マテリアルのロス、負の製品）が発生している工程や、生産品種、材料種類、ロットなどを見えるようにするからである。

これは、従来、気がついていなかった問題や課題に気づくきっかけになる。

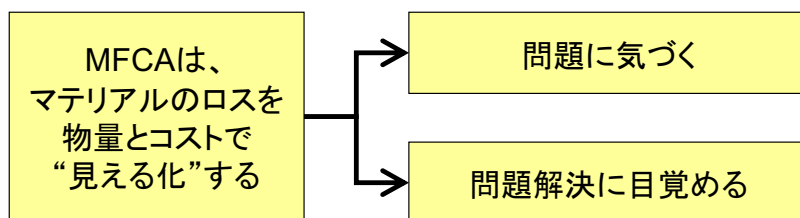
ただし、一般的に MFCA をすべての製品やそのマテリアルのストックとフローに適用した方（全体的適用）が、あるいは月次などのように、継続的に MFCA 計算を行い、ロスの発生状況を監視する方（継続的適用）が“気づく”ことが多くなる。前項の③で述べたような MFCA の展開により、この「問題に気づく」というメリットは大きくなることが多い。

一方、①のように 1 回だけ適用するような部分適用の MFCA（部分的適用・一時的適用）においては、“気づく”ことは、特定の製品や製造プロセスに限定され、そのメリットは全体的適用に比べて比較的少なくなることが多い。なぜなら、MFCA を適用する製品や製造プロセスやラインは、ある程度、問題そのものの存在に気づいているから、適用対象に選ばれることが多いからである。

①のような 1 回だけ適用する部分的適用のケースにおいては、MFCA により、問題の大きさを“負の製品コスト”として金額換算することにより、その問題解決に向けての取り組みのきっかけを作ることには意義がある。多くの MFCA 適用企業で言われることのひとつに、つぎのようなことがある。

「負の製品コスト＝ゼロは、理想に近いモノづくりの状態であり、技術的なチャレンジをする目標になる。」

これは、問題そのものの存在には気づいていたが、MFCA により、問題解決に目覚めるきっかけが与えられるということである。



（図 4-2 MFCA のメリット）

上記から、MFCA のシステムは、次の目的で構築することが基本であると思われる。

- 企業ないし工場全体のマテリアルのストックとフローを測定し、そのロスを物量とコストで“見える化”することで、企業内部の関係者に問題を気づかせる。

（３）MFCA 導入のメリットと問題点

MFCA のシステム化に関して、WG2 では、ワーキンググループメンバーの企業だけではなく、平成 16 年度、17 年度のモデル事業参加企業のうちから、数社の企業にオブザーバーで参加していただき、システム化についての議論を行った。また、WG2 に参加できなかった企業のうちの数社には、訪問ないし電話インタビューを行った。

①MFCA の企業にとってのメリット

WG2 メンバー企業、オブザーバー参加企業等から、共通的に出された MFCA のメリットとしては次のようなものが挙げられる。

・環境負荷改善、原価改善の新たな着眼点発見のツール

MFCA はマテリアルフローを詳細に分析して、マテリアルロスがどの物量センター（工程）でどれだけ発生するかを明確にするため、環境負荷の改善、原価改善のための分析ツールとして非常に有効である。マテリアルロスを単に物量値として捉えるのではなく、金額値という共通尺度に置き換え、さらにはシステムコストも加算して負の製品コストとして把握するため、改善の動機づけのツールとしても有効である。

・製造部門の新たな原価管理・環境改善ツール（製造指標と原価数値の連動）

マテリアルロスを、単に負の製品コストとして捉えるだけでなく、負の製品コスト算定のもとになる、不良率や、歩留率、収率などの物量管理指標と、原価数値の関係が明確になるため、製造現場、工場全体の日常的な原価管理・環境改善のツールとして非常に有効である。特に、通常の前価管理（標準前価管理）では、捉えることが出来ない設計起因のロス（設計歩留ロス）や生産技術起因のロス（生産技術歩留ロス）もロスとして把握されるので、生産部門、生産技術部門、設計部門等の技術力を結集して改善にあたる場合の管理システムとして特に有効である。

・「真の意味での」廃棄物管理のツール

廃棄物のリユース、リサイクルによる、廃棄物低減にとどまらず、廃棄物の発生原因にさかのぼって、真の意味での廃棄物低減活動を行うときの管理ツールとして非常に有効である。

②MFCA 導入活用の際の課題

・基礎データは概ね完備しているが、データのある場所が点在している

平成 16 年度、17 年度の大企業向けモデル事業に参加された会社のうち、多くの企業は、MFCA 計算の基礎となる、原価計算データ、不良率のデータ（品質管理データ）、歩留（収率）データなどは、概ね完備していた。しかし、各データの蓄積されている

システムが別々であったりして、MFCA 計算を行う際にデータの収集に手間がかかる場合もあった。

・MFCA 計算の準備に多くの時間をかける場合がある（材料の単位換算、システムコスト、エネルギーコストの配賦）

MFCA 計算を行う前の、データの整理に手間取った企業があった。特に、材料の単位換算（枚数、個数、長さなどで管理していた材料を重量値に換算）や、システムコスト、エネルギーコストを従来の部門別原価計算データから、MFCA 上の物量センター（工程）に再配賦するのに手間取ることがあった。

これらの多くは、導入の初期に、材料の場合は換算テーブルを作成し、システムコスト、エネルギーコストの配賦基準を明確にすれば良いはずである。しかし材料の換算（梱包資材のテープなどの重量換算等の副材料の換算）や詳細なシステムコスト、エネルギーコスト配賦基準を作る際に、必要以上の正確さを追求した場合には、MFCA 計算は面倒だという印象を与える傾向がある。

これらが、MFCA 導入企業の中で、他製品に展開したり、継続的に活用したりする企業が、まだ少ない理由と思われる。

しかし、表計算ソフトを使って、MFCA を継続的に活用したり、モデルの製品から他の製品に展開を始めている企業もある。そういう企業では、データ収集と計算方法の手間を省く工夫をしている。

③MFCA のシステム化の必要性

上記のような、わが国の MFCA 導入状況のなかで、特に、MFCA の全体的適用、継続的適用を目指す企業から、より簡単に、事務量がかからずに MFCA のデータが収集でき、MFCA 計算をタイムリーに、簡単におこなえるツールの必要性があげられている。

多くの企業で活用されている表計算ソフトもそのツールの一つであるが、企業の基幹システムや既存のデータベースと連動した本格的な MFCA システム構築を構築して、企業の定常的な管理システムのひとつとして MFCA を活用していく必要がある。

4-3. 日本企業、ドイツ企業の MFCA 導入及びシステム化の状況

(1) 日本における MFCA システム化の動向

わが国における MFCA の導入は、平成 12 年（2000 年）度の日東電工を皮切りに、公表されているものでも、すでに数十社に至っている。

それらの中で、適用範囲も広く、さらに継続的に適用し、成果を上げている企業に、日東電工、キヤノン、田辺製薬、積水化学工業などがある。

日東電工は、日本初の MFCA 導入企業であり、MFCA により 1) どの製造工程で、改善・改革が必要かが明確になり、2) 的確な設備投資及び設備投資額の確保が可能になる等の経営判断に有効なマネジメントツールとして活用し、毎年大きな成果を上げている。

また、キヤノンでも、2001 年の導入以来、コストダウンのツール、環境保証活動のツールとして MFCA を活用し、現在は、全社（海外を含む全生産事業所）展開と、サプライチェーンでの上流への展開を行っている。

積水化学工業では、2004 年度から、モデル事業所において MFCA を導入し、その後「マテリアルフローコスト活動」として、積水化学グループの全社活動として展開し、MFCA の考え方を生産現場と経営層の共通言語として、生産事業所の廃棄物削減に寄与する活動としての定着を目指してきた。

上記 3 社では、社内（グループ内）にわたって広範囲に、継続して MFCA を導入するために、独自の MFCA 計算ツールを開発して、水平展開の効率化を行っている。

同じように、MFCA を広範囲に継続的に導入している企業に田辺製薬がある。同社の MFCA の特徴は、代表的な ERP システムの一つである SAP R/3 をベースにした MFCA システムを構築していることにある。MFCA システムが会社の基幹情報システムと連動しているだけでなく、財務会計システムとも連携している点に特徴がある。なお、MFCA 計算における SAP R/3 の活用については、(2) で示すようにドイツでは多くの事例がある。

また、MFCA のシステム化という意味では、キヤノンの関連会社であるキヤノンマーケティングジャパン（キヤノン MJ）による「マテリアルフローコスト分析支援システム」の開発も注目を集めている。このシステムは、キヤノン MJ とキヤノン、関西大学の中畠道靖教授との産学協同で開発され、資源量・コストをデータベースで一元管理し、関連する各種報告書を作成する。

MFCA の導入にシステムを活用した事例としては、島津製作所の事例も紹介されている。同社では MFCA の計算ツールとして、ドイツの ifu Hamburg GmbH 社が開発し、(株)山武が代理店となっている「マテリアルフロー・ネットワーク・モデリングソフトウェア Umberto」を活用して集計を行った。

（２）ドイツ企業の MFCA 導入及びシステム化の状況

この WG2 の研究のために、MFCA を世界に先駆けて提唱したドイツ、アウグスブルグにある IMU（経営・環境研究所）を訪問し、ドイツにおける MFCA の導入、適用および、MFCA のシステム化の状況などをヒアリングした。

このドイツ訪問調査の内容は、本報告書第 3 部 参考資料（１）にその報告書をつけているので、ここでは、ドイツにおける MFCA のシステム化の状況の概要だけを記す。

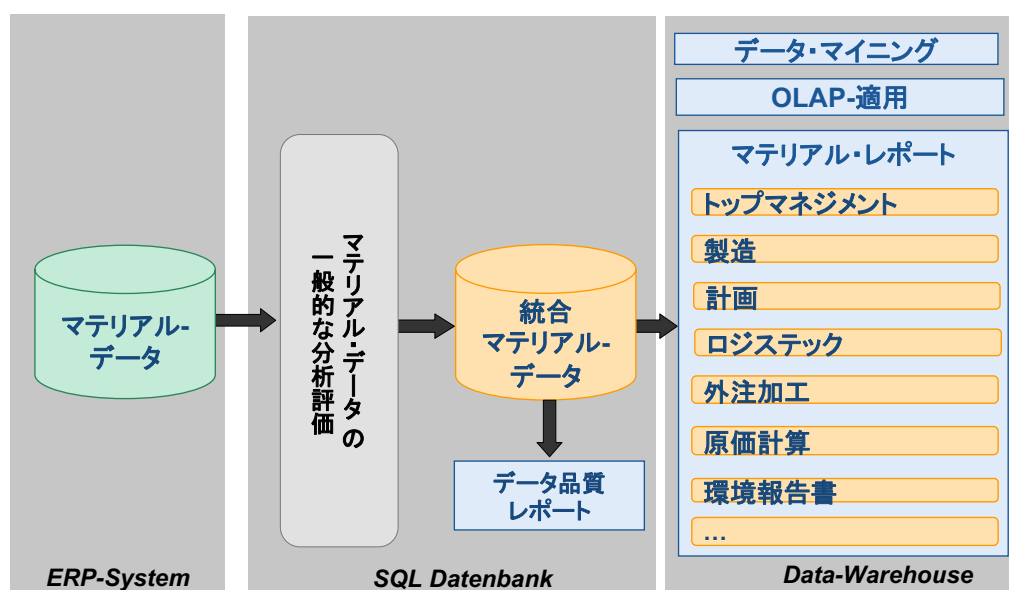
ドイツにおける MFCA の普及状況であるが、IMU が把握している企業数で 100 社となっている。そのうち、半数近くの企業は、IMU が支援し、導入を行なっている。

IMU が導入を支援している MFCA は、大企業が 15 社程度、残りは中小企業である。大企業における MFCA は、企業内の ERP システムなどに連携したシステムを構築している。

中小企業においては、そうした基盤になる ERP システムがないため、ほとんどの場合、表計算ソフトを使った MFCA の仕組みになっている。その場合は、マテリアルの物量とコストのデータだけで、MFCA を行なう方法を取っている。表計算ソフトを使う場合、システムコストを含めると、計算が非常に複雑になるためということであった。

IMU の支援している MFCA においては、エコバランスを重視している。企業や工場全体で、製造に使用する材料だけでなく、水などの用役関連も含めて、そのストックとフローを管理するというものである。物量センターは、基本的にはコストセンターと一致させているということであった。

図 4-3 に、企業内の ERP システムなどに連携した MFCA システムの基本構造の例として、IMU に提供していただいた図を示す。

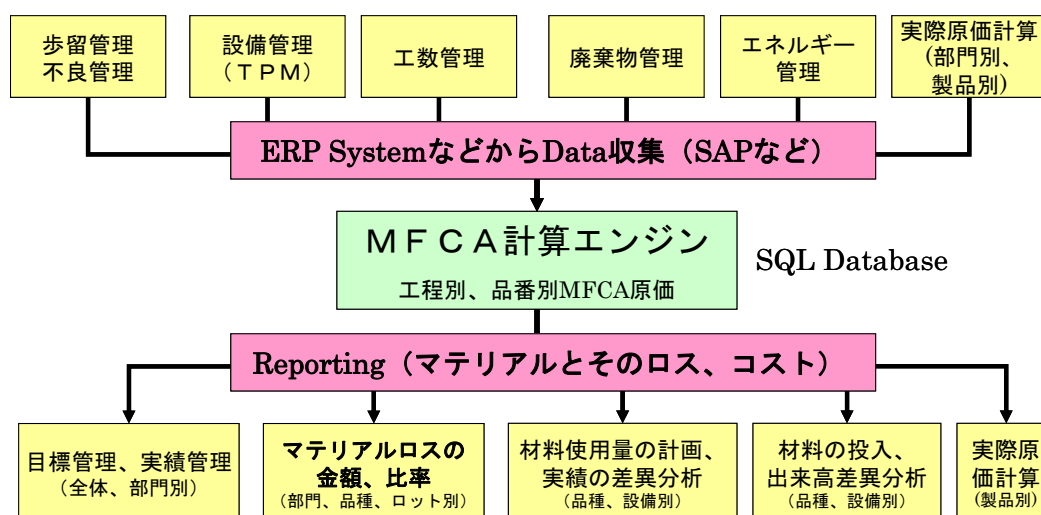


（図 4-3 IMU による MFCA システムの例、IMU の資料を翻訳）

MFCA の計算手法としては、SAP R/3 などの ERP システムから MFCA の計算に必要なデータを引用し、SQL 言語（コンピュータのプログラム言語）で作った MFCA 計算エンジン（図 4-3、SQL Databank の部分）で MFCA の計算を行った上、Reporting システム（図 4-3、Data-Warehouse の部分）にデータを送り、部門別の管理情報を作るというものである。

IMU では、SQL Databank の MFCA 計算エンジンに相当するものを、標準的なソフトとして構築しており、それを MFCA およびマテリアル・フロー・マネジメントのコンサルティングをする企業に提供している。ただし、既存の ERP-System からマテリアルなどのデータを引用する部分、および、データ出力のマテリアルレポートに関しては、個別企業ごとに設計、構築しているということであった。

IMU で構築している MFCA 計算のシステムを、改めて整理しなおすと、図 4-4 のようなイメージになると思われる。



(図 4-4 IMU による MFCA システムの考え方)

上でも述べたが、収集してくる元データは、ERP システムなどに入っているデータを引用する。SAP R/3 などを導入している場合は、統合化された Database システムにはなっているが、多くの場合、その管理部署は企業ごとに異なる。従って、そのデータの収集や引用は、個別企業ごとに異なる。

また、Reporting に関しては、その企業の事業、製品、製造の特性と、管理や改善の考え方により異なる部分（個別に設計する）が多くなる。従って、Reporting 部分も、個別企業ごとに異なる。

MFCA の計算システムの構築、その運用の仕組みの構築に、長い場合では 1 年近くかかるということであった。

4-4. MFCA システム化の課題とシナリオ

(1) MFCA システム化の有用性

MFCA を継続的に活用したり、多くの製品に適用したりするためには、MFCA の計算ツールに工夫が必要である。表計算ソフトだけでは難しいことも多い。また、表計算ソフトだけで MFCA を行うと、計算のためのデータ収集、整理や加工が属人化し、担当者が異動すると MFCA を行えなくなる可能性も高い。このようなことから、MFCA の計算、活用を行うシステム化が求められる

(2) 導入各社の MFCA の活用目的

多くの企業における MFCA の活用目的を大別すると、次の二つに分けられると思われる。

①MFCA の計算結果を、改善活動の判断、意思決定に活用する

これは、MFCA を製品毎の改善を行う際の、詳細な分析ツールとして活用する場合や、MFCA 計算結果を用いて、設備投資の経済計算を行うような場合である。

②MFCA の計算結果を、部門毎、製品毎の継続的な評価基準として活用する

これは、MFCA の計算結果を用いて、部門毎の原価管理、方針管理、目標管理を行う場合とか、MFCA の計算結果を、製品毎、部門毎などの、月々の改善成果の評価尺度に用いる場合である。

(3) MFCA 活用目的による MFCA 計算の実施サイクルの違い

4-2 でも指摘したが、上記 (2) の活用目的のうち、②の場合は、MFCA 計算を、少なくとも月次サイクルで、継続して行う必要がある (継続的適用)。

それに対して、①のような場合は、MFCA を繰り返して行う必要はない。少なくとも判断、意思決定を行う前に一度行えば良く、後は必要に応じて、判断、意思決定の結果が出た後に、もう一回行えばよい (一時的適用)。

したがって、①のようなケースは、繰り返し計算は必要ないので、計算ツールとして表計算ソフトなどで作成した MFCA 計算ツールがあれば十分である。

MFCA の計算システムが必要になるのは、②のように、月次サイクルでの継続的な管理 (継続的適用) が必要な場合である。

（４）MFCA 導入からシステム化の形態（シナリオ）

上記のように、MFCA の活用目的からいうと、システム化が必要なのは、月次サイクルでの MFCA の繰り返し計算を行って、月次の原価管理、方針管理などが必要な場合である。

また、原価管理、方針管理等は、一般的に部門が管理単位となる。そのため月次の原価管理、方針管理等に MFCA を活用する場合には、特定の製品等だけに MFCA を適用（部分的適用）するのではなく、部門、工場の製品全てに対して MFCA を適用（全体的適用）することになる。

このように、MFCA の継続的な適用の場合、あるいは全体的な適用の場合には MFCA のシステム化が必要になってくる。

ただし、上記のような活用目的であっても、少品種大量生産であるならば、本格的なシステム化を行わず、表計算ソフト等を活用した簡易的なシステムでも対応は可能である。

したがって、本当にシステム化が必要なのは、多品種少量生産で、月次サイクルで、継続的に MFCA 計算を行う必要がある場合と考えられる。

継続的に MFCA 計算を行う場合に、次のような三つの方法が考えられる。

- ①全品種の品種別 MFCA 計算（高次な MFCA システム化）
- ②代表品種のみに絞った MFCA 計算（簡便法）
- ③全品種計のみを扱った MFCA 簡易計算（簡便法）

①全品種の品種別 MFCA 計算（高次な MFCA システム化）

MFCA のシステム化を行う場合の、本来の姿は、４－２（１）③で述べたように MFCA の全体への適用である。

工場で生産しているすべての製品についての MFCA 計算を行い、マテリアルロスの詳細な計算を行い、月次以下のサイクルで、その推移を把握していくというものである。

②代表品種のみに絞った MFCA 計算（簡便法）

品種（群）別の構成比率によっては、代表品種（群）に絞って MFCA 計算を行っても、所定の目的を達することが出来る場合もある。このような場合には、MFCA 計算システムの簡便法として、代表品種（群）のみの継続的な MFCA 計算のシステム化も考えられる。

③全品種計のみを扱った MFCA 簡易計算（簡便法）

品種数は多くても、各品種の製造方法、製造工程が似かよっている場合には、品種別のデータは把握せず、物量センター毎に、全品種の合計データのみを使って簡易的に MFCA 計算を行う方法も考えられる。これは部門毎の管理だけを行いたい場合に行われる簡便法である。

4－5. MFCA システム化の事例

(1) 全品種の合計値のみを扱った簡易計算・・・簡便法の事例

MFCA のシステム化の事例として、まず最初に、平成 16 年度の MFCA モデル事業の参加企業であるジェイティシイエムケイ株式会社（J T C M K）の事例を紹介する。ジェイティシイエムケイでは、平成 17 年度から、前年度のモデル事業の MFCA 算定結果に基づき、MFCA の工場全体への継続適用を行った。この事例は、4－4（4）③の MFCA システム化、全品種の合計値のみを扱った MFCA 計算（簡便法）の事例である。

①平成 16 年度のモデル事業の MFCA 計算

ジェイティシイエムケイは、プリント配線板の製造を行なっている。同社で製造しているプリント配線板の種類は、全体で約 1,000 余種あり、両面板、多層板、IVH 等到大別できる。

平成 16 年度のモデル事業では、これらの製品のうち、全ての工程を通過する 4 層の多層プリント配線板を対象として、MFCA 計算を行った。

その結果、負の製品コストが 25.6%と高く、その主なものは積層プレス工程、穴あけ工程、エッチング工程、プレス工程などのマテリアルロスと、それに伴うシステムコストのロスであった。

②平成 17 年度の MFCA の適用

平成 17 年（2005 年）度の製造部の環境目標に、MFCA の継続実施（上期）とそれに基づく改善活動の実施（下期）による材料使用量削減とリサイクルを掲げ、課目標に展開し、さらに各工程まで展開し活動を行った。

MFCA の計算モデルは、平成 16 年度のをベースにしたが、課別、工程別の目標展開に用いるため、モデル製品（4 層板）を対象とするのではなく、ライン全体（全製品計）を対象とするように変更し、従来からの管理指標である「製品 m^2 あたりコスト」に加え、「正の製品コスト比率」、「システムコスト分配率」などを新たに管理指標として設定し、各工程の歩留率、不良率等の物量値指標と連動させて日常のマネジメントに活用した。

各位

製造部 池田

《周知》 2005年度下期 MFCA分析結果

稼働日数が少ないながらも正の比率が上昇している。
 ・積層工程が直体制変更後で最高の処理量を上げている。
 ・回路工程の停止時間が減少しているが、10月以降が悪化している。

1. 総コスト分析

	2005/上期	2005/10	2005/11	2005/12	2006/1	2006/2	2006/3
正							
マテリアルコスト率	21.07%	21.99%	22.04%	20.89%	20.41%	20.10%	22.68%
システムコスト率	48.66%	48.66%	51.59%	47.70%	49.59%	51.88%	49.78%
エネルギーコスト率	1.63%	1.84%	1.73%	1.79%	1.82%	1.93%	1.97%
正の合計比率	71.36%	72.48%	75.35%	70.38%	71.82%	73.91%	74.43%
負							
マテリアルコスト率	16.37%	16.24%	14.35%	16.41%	15.80%	14.63%	14.59%
システムコスト率	11.62%	10.66%	9.75%	12.50%	11.76%	10.84%	10.34%
エネルギーコスト率	0.46%	0.49%	0.41%	0.54%	0.50%	0.49%	0.48%
廃棄処理コスト率	0.18%	0.12%	0.14%	0.17%	0.11%	0.13%	0.16%
負の合計比率	28.64%	27.52%	24.65%	29.62%	28.18%	26.09%	25.57%
製品mあたりコスト	¥1						

2. 工程別個別指標

	2005/上期	2005/10	2005/11	2005/12	2006/1	2006/2	2006/3
(1) 積層端面							
製品mあたり単価	¥	153	61	66	18	923	94
生産量: m	1	86	60	24	14	930	22
システムコスト分配率: %	7	8.8	3.4	1.8	1	64.5	3.9
突発停止時間: H	7	0	0	0	0	0	0
(2) 穴あけ							
製品mあたり単価	¥	156	83	81	24	808	73
生産量: m	2	175	59	93	32	1043	41
システムコスト分配率: %	3	1.0	1.5	1.2	3	40.6	3.3
突発停止時間: H	3	173	15	87	72	537	49
(3) めっき							
製品mあたり単価	¥	96	02	52	75	916	28
生産量: m	2	121	87	25	33	151	64
システムコスト分配率: %	3	3.9	2.2	1.8	2	04.2	3.0
突発停止時間: H	3	46	38	31	19	43	73
(4) 回路形成							

(図 4-5 月次管理に MFCA を活用した管理帳票事例 1)

製造部長 殿

穴あけ工程 MFCAデータ

部長	課長	主任	起案
	第一課長 2006/4/20	製造一課 2006/4/20	総務部 2006/4/20

全社目標: マテリアルコスト1%改善

単位: 円/m²

上期平均	2005/10	2005/11	2005/12	2006/1	2006/2	2006/3	2005下期平均
全社平均コスト	¥1						

前期全社平均コスト ¥1

工程目標: 全社正の製品コスト1%改善

穴あけ	上期平均	2005/10	2005/11	2005/12	2006/1	2006/2	2006/3	2005下期平均
正の製品コスト	95.4%	95.4%	95.1%	94.9%	96.0%	95.3%	94.9%	95.3%
負の製品コスト	4.6%	4.6%	4.9%	5.1%	4.0%	4.7%	5.1%	4.7%

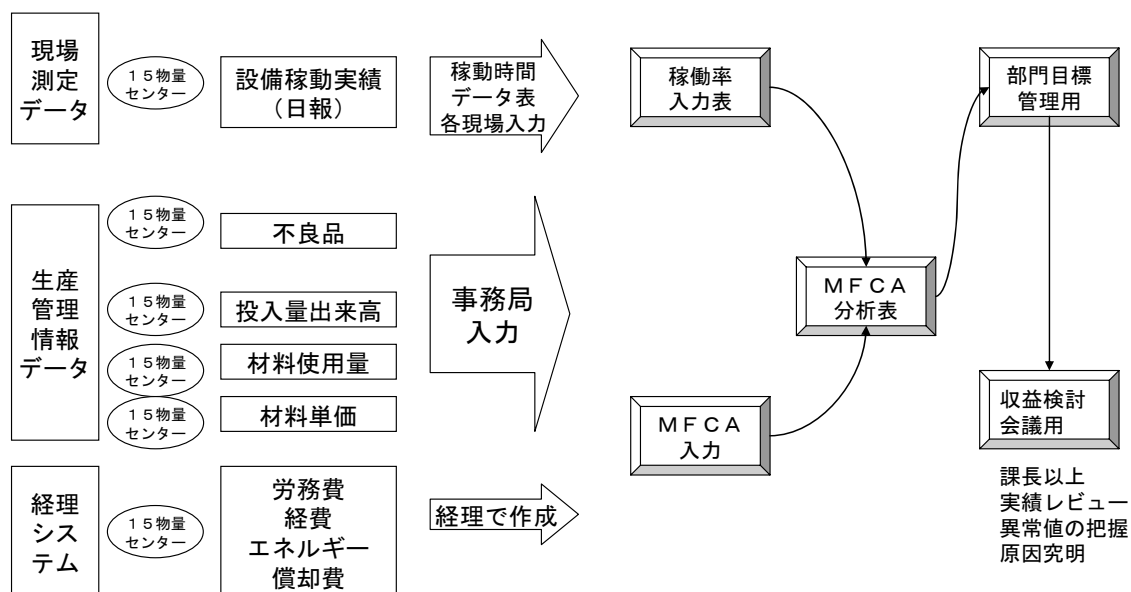
【参考】2005年上期コスト構成

穴あけ	2005/4	2005/5	2005/6	2005/7	2005/8	2005/9	上期平均
正の製品コスト	95.3%	95.7%	95.1%	95.5%	95.3%	95.4%	95.4%
負の製品コスト	4.7%	4.3%	4.9%	4.5%	4.7%	4.6%	4.6%

今月実施済み対策

(図 4-6 月次管理に MFCA を活用した管理帳票事例 2)

③ジェイティシイエムケイのデータフロー



(図 4-7 JTCMK 事例における MFCA 計算のデータ活用の流れ)

ジェイティシイエムケイにおける MFCA 計算のデータの流れは、上図の通りである。

(同社では、MFCA 計算と設備稼働率管理を結びつけて管理を行ったため、図の中に設備稼働実績の集計、入力が含まれている。)

右半分は、MFCA 計算エンジンと、月次の報告様式を表している。この部分は、モデル事業の時に利用した MS・Excel の計算シートを部分的に修正して活用した。

MS・Excel の計算シートに入力するデータについては、次のようにデータを収集している。

まず、出来高、不良データ、材料消費量、材料単価等は、既存の「生産管理情報データ」から、MFCA 計算担当者が必要データを出力し、活用（シートに入力）している。

システムコスト、エネルギーコスト関連のデータは、既存の「経理システム」から、経理担当者がデータをダウンロードして必要な加工を加え、MFCA 担当者に渡している。

設備稼働率データについては、従来は設備稼働率を把握していなかったため、製造現場で新たに稼働率データを把握して、監督者が月末に稼働率データを整理して、MFCA 担当者に渡している。

このように、ジェイティシイエムケイの MFCA 計算では、本格的なシステム化をせず、MS・Excel の計算シートで対応できる範囲で、既存データを加工しながら、月次の MFCA 計算を行っている。

前記のように、個別の製品別のマテリアルフローデータを集計せず、簡便法として、全品種トータルのデータを活用して MFCA 計算を行った。

④ジェイティシイエムケイにおける MFCA 計算の今後の課題

この事例は、MFCA 計算について本格的なシステム導入をせずに、月次の部門の方針管理に活用した事例である。

多品種少量生産にもかかわらず、システム化を行わず、月次の部門管理に活用しようとしたため、全品種のデータを合計した数値で MFCA 計算を行わざるをえなかった。

この活動を続ける中で、所定の成果を実現したものの、簡便法で行ったために、プロダクトミックスが変わると、そのために諸指標が変動するのを避けえなかった。

また、MFCA 計算のため、製造現場、経理部門、MFCA 担当者ともに、ある程度の事務量の負担が生じている。

今後、同社でもプリント配線板の製品別の採算計算に MFCA 計算を応用したいというニーズもあるので、将来的にシステム化が可能になれば、全品種の品種別 MFCA 計算を行うことで、これらの問題も解消できると思われる。

（２）全品種の品種別 MFCA 計算・・・高次な MFCA システム化の事例

MFCA の会社全体への継続的な適用の代表例が田辺製薬株式会社の事例である。田辺製薬の MFCA は、全品種の品種別 MFCA 計算を行っているが、その大きな特徴として、代表的な ERP システムのひとつである SAP R/3 と連携していること、財務会計システムと連携していることなどを挙げることが出来る。

田辺製薬の MFCA 導入は 2001 年度に始まった。経済産業省から委託を受けた社団法人産業環境管理協会の「環境管理会計の調査研究事業」の一環として、同社の主力工場である小野田工場（現、山口田辺製薬（株））の医薬品製造工程で MFCA の導入が行われた。

①MFCA の導入目的

田辺製薬では、MFCA の導入にあたって、まず MFCA の導入目的を次のように明確にした。

MFCA を医薬品製造工程に導入し、工程別の無駄をピンポイントで発見することにより、費用対効果を明確にし、改善策に対する投資意思決定の判断材料を経営トップやスタッフにタイムリーに提供する。

さらに、改善案を実施することにより原材料、エネルギーなどの資源生産性向上から、企業コスト削減と環境負荷低減を同時実現させる環境管理会計の実践的環境経営ツールとして活用する。

②小野田工場での導入

MFCA の導入は、同社の主力工場である小野田工場の、主力製品である医薬品の 1 製品群 1 製造ラインを対象に行われた。

田辺製薬でも、最初の導入は、個別製品（群）への導入から始まった。対象とした医薬品が、製薬、製剤、包装というフル製造ラインを持っていて、生産規模並びに原材料比率が比較的高かったことから、対象に選ばれた。

改善の可能性が比較的高そうなところから導入するのが、MFCA 導入成功の大きなポイントとなっている。

また、最初の導入では、2000 年 4 月から、2001 年 3 月の 1 年間のデータを集計した。これは、年間の成果を算定することで、経営トップや工場、研究所に対して改善の意思決定を行いやすくすること、月々の操業度の変動を MFCA 計算に影響させないことなどから決められた。

MFCA 計算を行った結果、廃棄物処理コスト、原材料ロスの大い工程が特定できた。そして、MFCA 分析結果をもとに改善活動を行い大きな成果を得た。

改善の主なものは次のようなものである。

- ・クロロホルム吸着回収設備投資

田辺製薬マテリアルフローコスト会計システム【2】

マテリアルコスト集計レポート

システム名: ヘルプ

集計レポート画面

マテリアルロス数量・ロス金額等が表示される。

田辺製薬株式会社

(図 4-9 田辺製薬の MFCA レポート事例 1)

田辺製薬マテリアルフローコスト会計システム【3】

B工場（物量センタ別）レポート

プラント	物量センタ	系列	使用品目	実績金額	理論金額	ロス金額
B工場	製薬部門	1号棟	マテリアルコスト	120,000,000	105,000,000	15,000,000
			労務費	3,500,000	3,000,000	500,000
			設備費	2,500,000	2,000,000	500,000
			用役費	7,000,000	6,000,000	1,000,000
			廃液処理コスト	50,000	0	50,000
			BOD処理コスト	50,000	0	50,000
			その他費	25,000	15,000	10,000
B工場	製剤部門	第2製剤棟	マテリアルコスト	45,000,000	40,000,000	5,000,000
			労務費	3,000,000	2,500,000	500,000
			設備費	1,500,000	1,000,000	500,000
			用役費	3,000,000	2,500,000	500,000
			廃液処理コスト	25,000	0	25,000
			その他費	10,000	5,000	5,000
B工場	合計		マテリアルコスト	165,000,000	145,000,000	20,000,000
			労務費	6,500,000	5,500,000	1,000,000
			設備費	4,000,000	3,000,000	1,000,000
			用役費	10,000,000	8,500,000	1,500,000
			廃液処理コスト	50,000	0	50,000
			BOD処理コスト	50,000	0	50,000
			廃液処理コスト	25,000	0	25,000
			その他費	35,000	20,000	15,000

田辺製薬株式会社

(図 4-10 田辺製薬の MFCA レポート事例 2)

④MFCA のシステム化、全社展開の効果

田辺製薬では、MFCA のシステム化により、導入初期の MS-Excel による MFCA の計算の困難さの問題を解決した。

そして、システム化によって、データの網羅性、正確性が高まり、その結果、環境活動

の優先順位明瞭性を高め、環境経営戦略としての経営資源の最適配分と持続可能に向けた環境保全活動の推進が可能になった。

田辺製薬では、経営トップほか関係部門による MFCA 実績報告会を通じて、次の新たな目標が制度的に提起され、組織や個人の目標に展開され、実現されるようになっている。

⑤田辺製薬の MFCA の特徴

この田辺製薬の MFCA のシステム化の事例は、多品種少量生産を行う多くの企業にとって、MFCA を有効に活用するための大きな指針となる。

特に ERP システム導入と合わせて MFCA を導入することによって、全体的適用、継続的適用の MFCA 計算システムを確立し、財務会計、実際原価計算システムと連携していること、および、財務会計システムと連携していることにより、経営トップの意思決定に直結するデータを提供することが出来ることが大きな特徴となっている。

また、ERP システムと連携していることで、MFCA 計算データを製品別、製造ロット単位などで管理できている点や、システムコストの配賦計算が容易であった点も特徴として上げられる。

4-6. MFCA 計算システムの機能要件

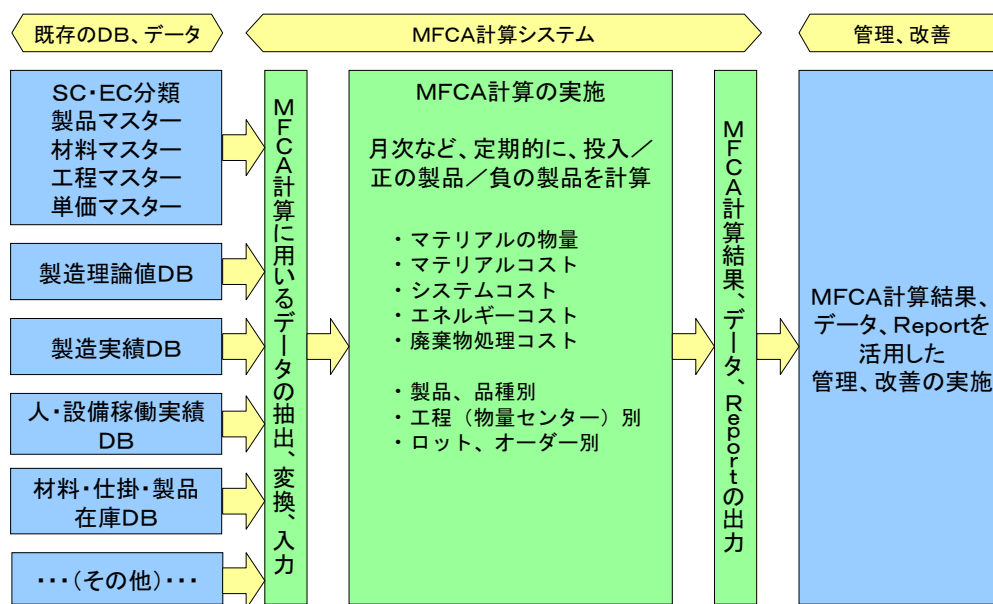
この節は、企業が MFCA を活用した会計、原価計算、生産管理などのシステムを構築する際に、システムベンダーに提示するシステムの機能要件を定義する際の参考資料を提供することを目的としている。

すなわち、この内容を参考にすることによって、システムベンダーと、開発するシステムの機能要件に関するコミュニケーションをスムーズにすることを狙っている。

(1) MFCA プロセスとシステム化対象

MFCA 計算システムでは、図 4-11 に示すように、主に既存のデータベース (DB) やデータなどを、整理、抽出し、原単位の変換などを行った上、月次など定期的に、製品、品種別、工程別、ロット・オーダー別などの単位で、投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストなどの MFCA の計算を行い、管理、改善に用いるデータや報告書を出力する。

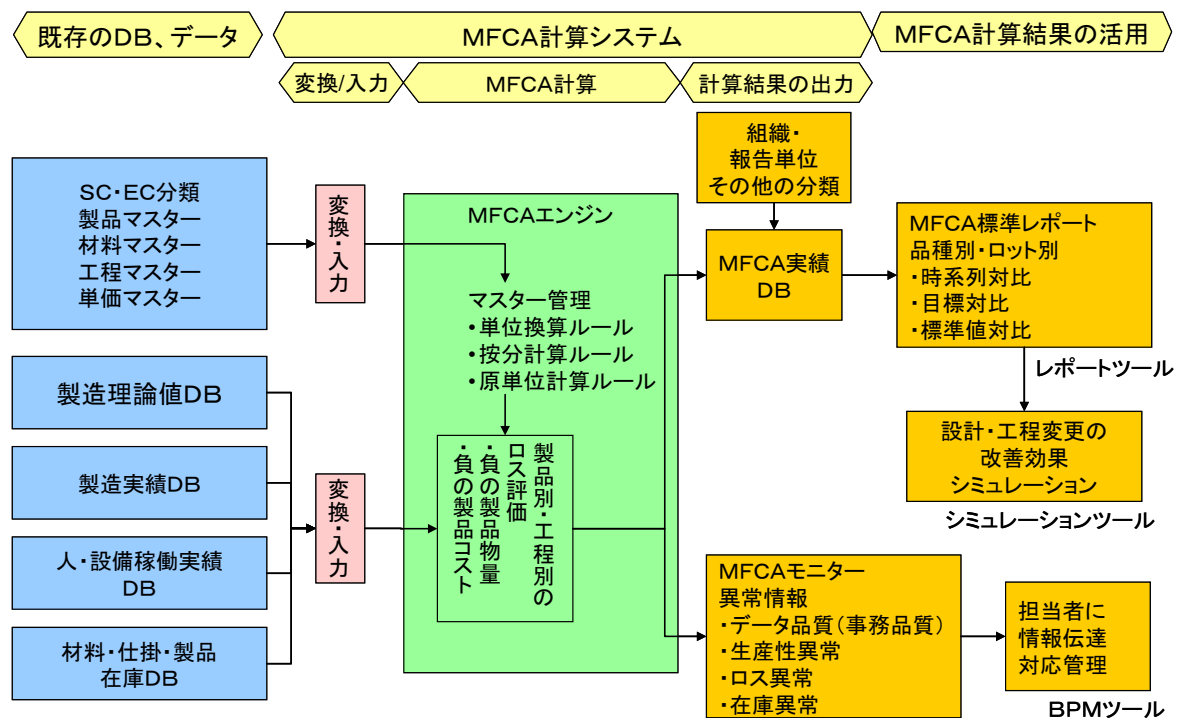
ここで、計算システムを構築する対象の DB やデータは、製造に関係するすべての材料の投入量、移動量、使用量、在庫量と、すべての製造費用を対象にして、システムの構築を図ることが基本である。



(図 4-11 MFCA システムとは)

(2) MFCA 計算システムの機能構成

MFCA 計算システムは、主に、下記の 3 つの機能で構成される。(参照、図 4-12)



(図 4-12 MFCA システムのイメージ)

1) データ変換／入力機能

企業内の様々な管理システムの DB から、MFCA の計算に要するデータの抽出、データの変換、データの蓄積を行う。

2) MFCA 計算機能

製品・品種別、製造工程（物量センター）別、ロット・オーダー番号別の MFCA 計算（投入物量と正の製品物量、負の製品物量の計算、および投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストの計算）を行なう。（参照、図 4-13）

MFCA 計算機能は、さらに、オペレーション機能、メンテナンス機能、MFCA 計算エンジン、MFCA-DB 機能の 4 つの機能に分かれる。

- オペレーション機能：マスターデータ、実績データの MFCA 計算エンジンへの取り込み、および、MFCA 計算エンジンでの計算結果を、MFCA モニター、MFCA 実績 DB への送付を行なう機能
- メンテナンス機能：投入物量、正の製品物量、負の製品物量のデータ定義方法、計算方法などのルールや基準値の定義、変更の管理、およびシステムコストやエネルギーコストの品種別・工程（物量センター）別の按分ルールの定義、変更の管理、材料の購入単価や廃棄物処理単価などの基準値の定義、変更の管理を行なう機能
- MFCA 計算エンジン：既存の DB などから取り込んだデータをもとに、MFCA

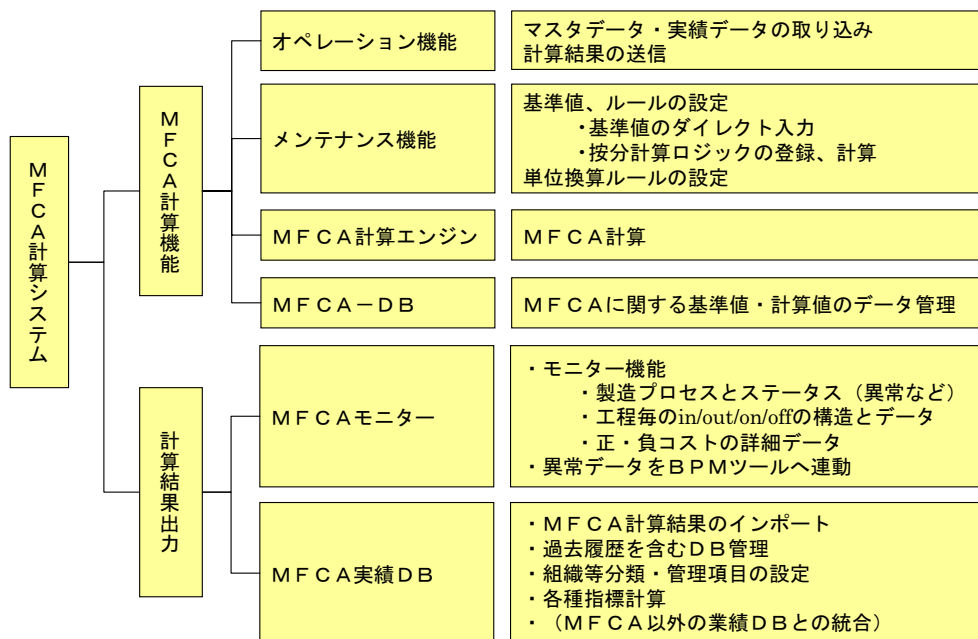
の計算そのものを行なう機能

MFCA の計算では、製品・品種別、製造工程（物量センター）別、ロット・オーダー番号別に、投入物量と正の製品物量、負の製品物量の計算、および投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストの計算する

- MFCA-DB 機能：MFCA に関する基準値や計算上のルール、および計算結果を、DB として蓄積する機能

3) 計算結果出力機能

MFCA 計算結果 DB へのデータ出力を行なう。この DB のデータを活用し、定期的な MFCA-管理 Report の作成を行なう。また随時、データ品質、異常値などの情報を抽出し、MFCA モニターなどにその結果を出力し、アラーム情報として、関連部門に送付する。（参照。図 4-13）



（図 4-13 MFCA 計算システムの機能構成）

（3）MFCA 計算システム構築の要件（システム設計上の条件）

MFCA 計算システムを構築する際の、システム設計上の条件として、次の 5 項目があげられる。

1) MFCA コンセプトを実現すること

MFCA 計算においては、MFCA 計算のロジックに従って、投入材料の物量とコストの計算を行なうことは、必須条件である。MFCA ロジックの計算ロジックとは、次の

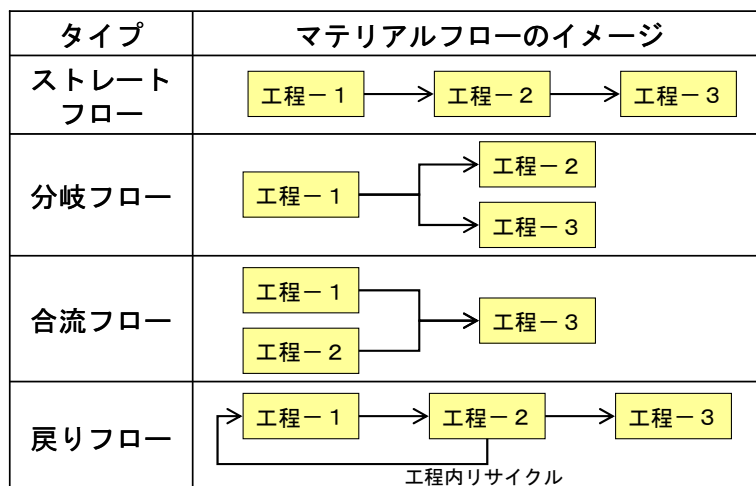
通りである。

- 投入コストを、正の製品の物量と負の製品の物量の比率で、正の製品コストと負の製品コストに分離、計算する。
 - ・ 正の製品コスト：次工程に受け渡された材料、正の製品に投入したコスト
 - ・ 負の製品コスト：廃棄物やリサイクルされた材料、負の製品に投入したコスト
- コストには、すべての製造コストを計算対象に含める。
 - ・ マテリアルコスト（材料費：主材料以外に、副材料、補助材料も含める）
 - ・ システムコスト（労務費、設備償却費、間接労務費などの加工費）
 - ・ エネルギーコスト（電力費、燃料費など）
 - ・ 廃棄物処理費
- 全工程を通したコスト計算を行う。
 - ・ 正の製品コストは、材料の属性データとして次の工程に引き継がれる。
 - ・ 次の工程では、前工程コストとして投入コストに含めて計算する。

2) 適用時の制約条件を少なくすること

製造するすべての製品の、すべての材料が移動するプロセスを対象に、MFCA の計算を行なうことによって、負の製品コストというロスコストを、すべて“見える化”できる。

表計算ソフトを使った MFCA の計算システムにおいては、その計算モデルをシンプルにすることが必要になることがある。そのため、適用可能な工程数、定義可能な材料の種類、あるいは、図 4-14 に示すようなマテリアルフローのタイプの中で、ストレートフローのものしかできないというような制約条件がつくことが多い。



(図 4-14 マテリアルフローのタイプイメージ)

従って、次のように、制約条件の少ないシステムの構築が求められる。

- 物量センター（工程）数、材料数、製品数などの制限がない。

- コストセンターを分割した物量センター（工程）の定義ができる。
このためには、コストセンターごとに管理しているシステムコストやエネルギーコストを、それを分割した物量センター（工程）に按分するなどにより、配賦ルールを、MFCA 計算機能に織り込むが必要になる。
- 工程の分岐、集約、戻りなどに、実際のマテリアルフローのタイプに沿ったシステムの構築が可能である。

3) 適用対象の変化に柔軟に対応

企業、工場で生産する製品、製造に使用する材料、製造方法や設備、工程、条件、組織構造や分担部署は、徐々に変化する。競争が激しい業界においては、日々刻々変わることもある。

その中で、MFCA 計算システムで使用するデータを引き出す DB の場所、マスターデータ、計算のルールや基準といったものも、システムを構築した時点から、常時、メンテナンスを行なう必要がある。

こうしたメンテナンスの容易なシステムを構築しないと、実際に継続的な運用はできない。またそのためには、次のようなシステムのカスタマイズや変更の操作が容易な、あるいは自動的にできるオペレーティングシステムを、持つ必要がある。

- 物量センターの定義（複数の工程でひとつの物量センターとするケース、あるいは、切り替えなど本来はひとつの工程の中の作業を、物流センターとして分離するケースなどがある。）
- 工程内容のカスタマイズ（工程の順序と、各工程の投入材料種類の変更）
- 既存のコスト費目と、MFCA 計算におけるマテリアルコスト、システムコスト、エネルギーコストの項目との関連定義やその変更
- 設備稼動指標データを MFCA 計算に活用する際の、データの連携

4) MFCA 計算システムの運用（オペレーション、データ運用）が容易

どのようなシステムにおいても、その運用が煩雑であると、運用時にミスが発生し、システムに対する信頼性が損なわれるリスクが高まる。

システムの運用を容易にするためには、下記のあげる項目への対応が必要である。

- データ構造を整理し、重複入力、重複定義を避け、内容変更を容易にする。
- 入力オペレーションの簡素化、GUI 対応とする。
- 既存システムとのデータ連携機能を柔軟に組み込むことができる。

5) MFCA 計算結果の拡張利用が容易

MFCA の計算結果のデータは、次項（4）で述べるような定型化された Report としての出力だけでなく、様々な活用が考えられる。

定型化されにくいデータ活用場面とは、次のような項目が想定され、そのために、MFCA の計算結果を、必要に応じた項目で出力（例えば CSV 形式で出力する）ことができる機能を組み込む必要がある。

- 詳細な原価分析、改善効果余地分析
- 設備投資の投資回収シミュレーション
- MFCA と LCA の統合評価

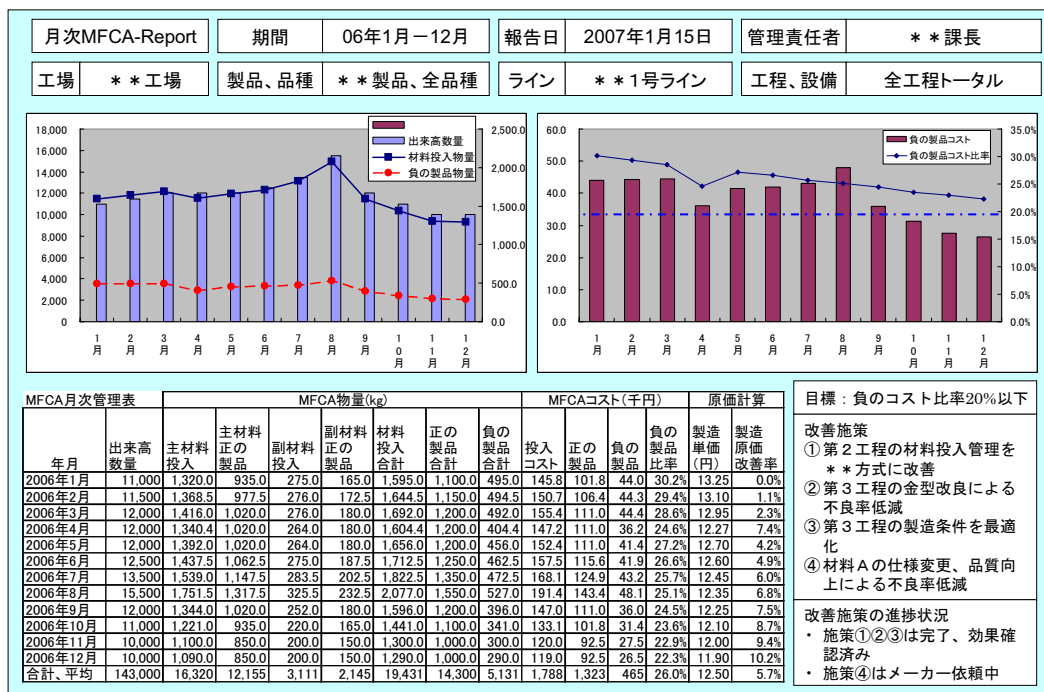
（４）MFCA 計算データの活用イメージ

MFCA を継続的な管理に用いる場合、MFCA の計算結果は、何らかの定型化された書式に出力され、製造ラインなどの管理責任者に報告され、そこでの管理、改善の取り組みに利用される。

ここでは、その代表的な出力イメージと思われる「月次 MFCA-Report」「データ付フローチャート」と「工場全体 MFCA 異常値管理モニター」「特定製品、工程の異常値管理モニター」の４つを紹介する。

１）出力例-１：月次 MFCA-Report

図 4-15 は、月次 MFCA-Report の format イメージである。



この様式の特徴を、以下に整理する。

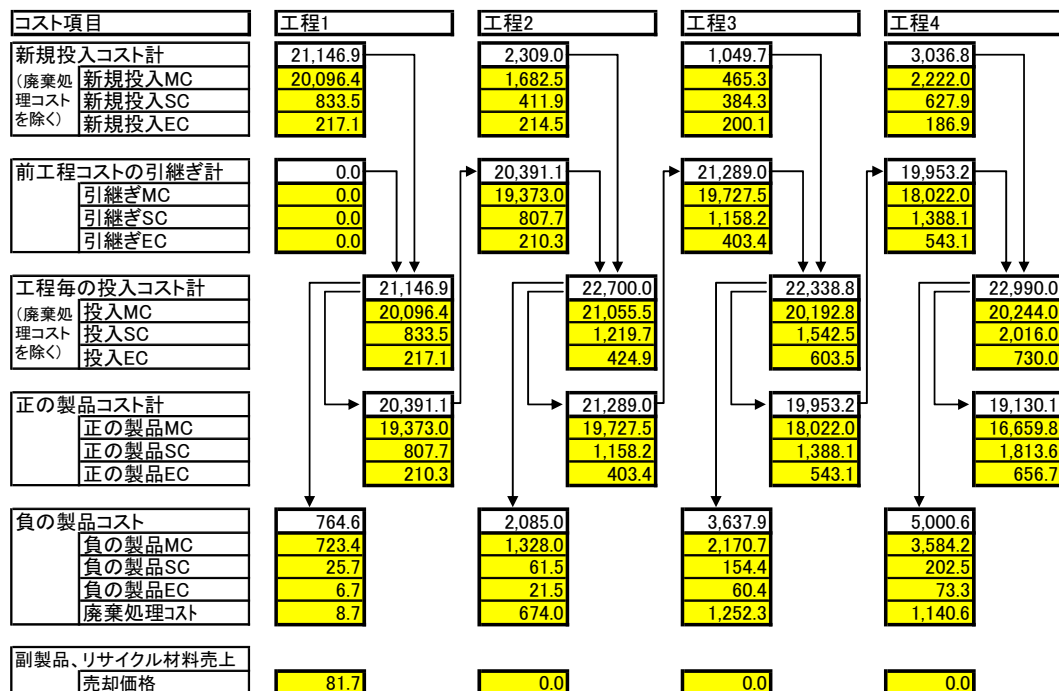
- Report は、工場別、製品や品種別、ライン別に、工程別 MFCA 計算結果、もし

くは工程間を通したトータルな MFCA 計算結果が出力される。

- MFCA 計算結果は、時系列（月次）の MFCA 計算結果として、左下の一覧表に整理される。
- その一覧表のデータを活用して、時系列（月次）のグラフが 2 種類作成される。
- 左側のグラフは、月ごとの製品の出来高数量（左の縦軸目盛）、および、材料投入物量と負の製品物量（右の縦軸目盛）の変化を、ビジュアルに表している。
- 右側のグラフは、月ごとの負の製品コスト（左の縦軸目盛）、および、負の製品コスト比率（右の縦軸目盛）の変化を、ビジュアルに表している。
- 右側のグラフにある一点鎖線は、負の製品コスト比率の目標値水準を示している。
- 右下に、負の製品コスト比率の目標値と、MFCA 計算対象製品、ライン、工程の管理責任者の、改善施策と進捗状況のコメント記入欄があり、そこに管理責任者がコメントを記入した上で、その上位者に報告するという運用方法を織り込んでいる。

2) 出力例-2：データ付フローチャート

図 4-16 は、データ付フローチャートの例である。



(図 4-16 データ付フローチャート)

この様式の特徴を、以下に整理する。

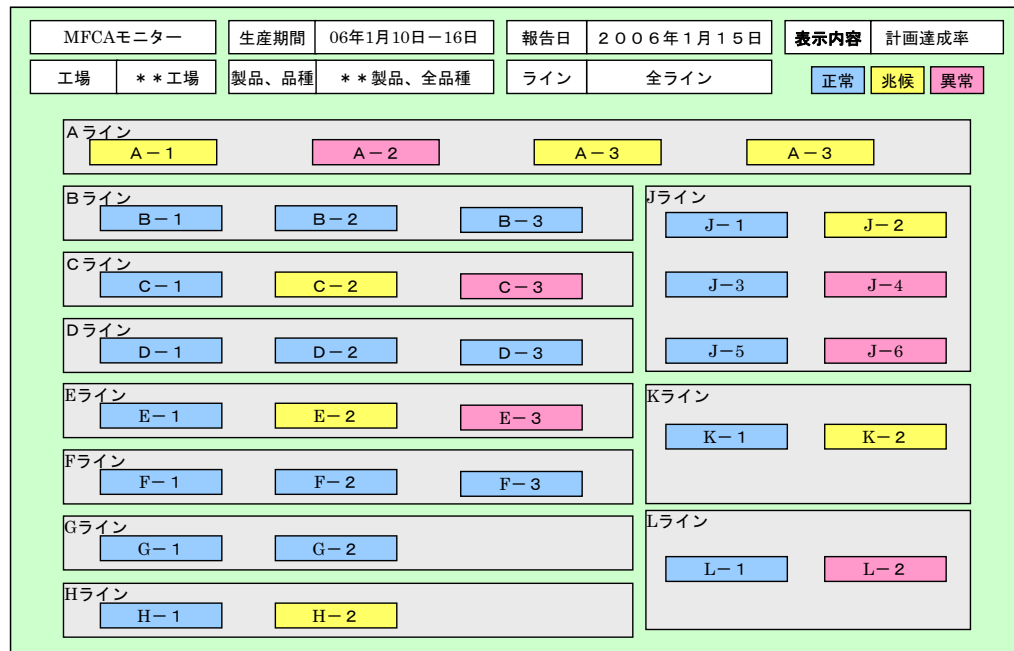
- Report は、MFCA の基本的な計算結果として、投入コスト、正の製品コスト、負の製品コストを、工程の流れに沿って表示する。
- この Report は、製品または製品群毎に一定期間（月、半期、通期など）で計算し、

作成される。

- 前出の月次 MFCA-Report で、具体的な製品を指定すると、この Report が表示されることが望ましい。

3) 出力例-3：工場全体の MFCA 異常値管理モニター

図 4-17 は、工場全体の MFCA 異常値管理モニターである。



(図 4-17 MFCA 異常値管理モニター)

図 4-17 は、MFCA 異常値管理モニターと、そのデータを活用した管理様式イメージである。

この様式の特徴を、以下に整理する。

- MFCA 異常値管理モニターとは、日常で把握できるデータから、工場別、製品や品種別、ライン別、工程別の製造状況、歩留りなどの異常値を抽出し、タイムリーなアクションを可能にする指標として明示するものである。
- 製造現場の日常では、MFCA 計算に必要なすべてのコストデータを把握することは困難であるが、物量ベースの投入、出来高を把握することは、一般的に可能であることから、材料投入の計画達成率、製品出来高物量の計画達成率、製品歩留りの目標対比などは、把握できる。
- 図 4-17 の管理モニターのイメージは、各工程が正常か、異常か、その中間（兆候）にあるのかを、工場全体の中で一目で把握する。
- 正常、兆候、異常は、閾値として、計画数量や歩留り目標を設定することで、色分けして表示している。

4) 出力例-4：特定製品・工程の MFCA 異常値管理モニター

図 4-18 は、特定製品・工程の MFCA 異常値管理モニターである。

MFCAMモニター

生産期間06年1月10日－16日

報告日2007年1月15日

管理責任者**係長

工場**工場

製品、品種**製品、全品種

ラインAライン

工程、設備A1、A2、A3、A4

MFCAMモニターに現れた、今週の生産の異常値情報

MFCAM異常値管理モニター－1材料投入物量

MFCAM異常値管理モニター－2製品出来高物量

MFCAM異常値管理モニター－3負の製品物量

MFCAM異常値管理モニター－4歩留ロス

計画値と実績値の差異の大きいもの

材料投入物量の差異

製品出来高物量の差異

負の製品物量の差異

歩留ロスの差異

考察、対策課題

(図 4-18 MFCA 異常値管理モニターとその管理 Report のイメージ)

この様式の特徴を、以下に整理する。

- 図 4-18 の管理モニターのイメージは、MFCA 異常値管理モニターに表れた異常値を、1 週間分まとめて出力し、その状況を報告するためのものである。
- その中の左下に 4 つの表があるが、それが、MFCA 異常値管理モニターで、大きな異常値を出した品種、オーダーNo、工程 No のリストである。
- この表での異常値は、材料投入物量、製品出来高物量、負の製品物量、歩留りの計画と実績の差異で評価している。
- 図 4-18 の管理 Report の右下に、その中でも特に異常値の大きかった品種、オーダーNo、工程 No を抜き出し、その対策課題を考察して記入するコメント記入欄があり、そこに管理責任者がコメントを記入した上で、その上位者に報告するという運用方法を織り込んでいます。

ここで紹介した 4 つの出力イメージは、あくまでも代表的な出力形式と思えるものであるため、企業、工場によって、その出力形式を検討して定義する必要がある。

（５）MFCA 計算システム構築の事前準備

MFCA 計算システムの構築に際しては、計算対象の定義、計算ロジックの定義、計算上必要なルールや基準値の定義が必要である。

また、実績値の管理データを企業内で分散して蓄積している各種の DB（生産管理 DB、経理 DB、在庫管理 DB、購入資材の発注納品管理 DB など）とのデータの引用方法（マッピング）を定義することも、非常に重要なことのひとつである。

ここでは、そうしたシステム構築の事前準備事項として必要な事項について説明する。

１）MFCA 計算対象の定義

MFCA の計算対象として定義すべきこととして、次の項目があげられる。

- 工程：工場内のすべての製品とその製造工程を扱うか否か
- 工程：廃棄物の分別、収集、蓄積、処理など、負の製品の処理工程を MFCA 計算の中で、ひとつの工程（物量センター）として扱うか否か
- 工程：水、熱水、蒸気やそのためのエネルギーなど、いわゆる用役に関するフローを、物量センターとして扱うか否か
- 材料：主材料、副材料、補助材料として、すべての製造に使用する材料を計算対象に含めるか否か、あるいは、影響度が小さく除外可能な材料は何か（補助材料）
- 材料：間接材料や治工具、金型などを計算対象に含めるか否か（最初からここまで計算対象に含めたシステムにすると、システムの構築、運用が大変になるが）

これら定義は、廃棄物（負の製品）やロスコスト（負の製品コスト）を“見える化”する対象の定義であり、企業や工場全体を見渡して、管理、改善すべき重点対象として定義する必要がある。

２）物量センターの定義、設定

物量センターの単位をどのように定義するかは、MFCA を実施するうえで、非常に重要な検討ポイントである。

MFCA 計算における物量センターの単位をコストセンターの単位と一致させる場合、システムコストやエネルギーコストの定義が、現在、配賦されているコストデータを集計するだけですむため、計算が非常にシンプルになる。

しかし、コストセンターの単位は、部門単位であるため、その中に多くの工程が含まれることが多い。それらの工程で、材料のロスがない場合は、コストセンターの単位を物量センターの単位と一致させても、MFCA の計算結果は変わらない。それぞれの工程で、材料のロスがある場合は、物量センターの単位をコストセンターの単位よりも細かく定義した方が、管理や改善に効果的な計算結果を得ることができる。

そのような場合は、MFCA 計算システムにおいて、物量センターの単位をコストセ

ンターの単位よりも細かく設定するかどうかの方針を、決める必要がある。また、システム設計を行なう場面においては、具体的な物量センターの単位を定義する必要がある。

その物量センター定義の方針決定や具体的な定義のために、次のような現状の調査を行なわなければならない。

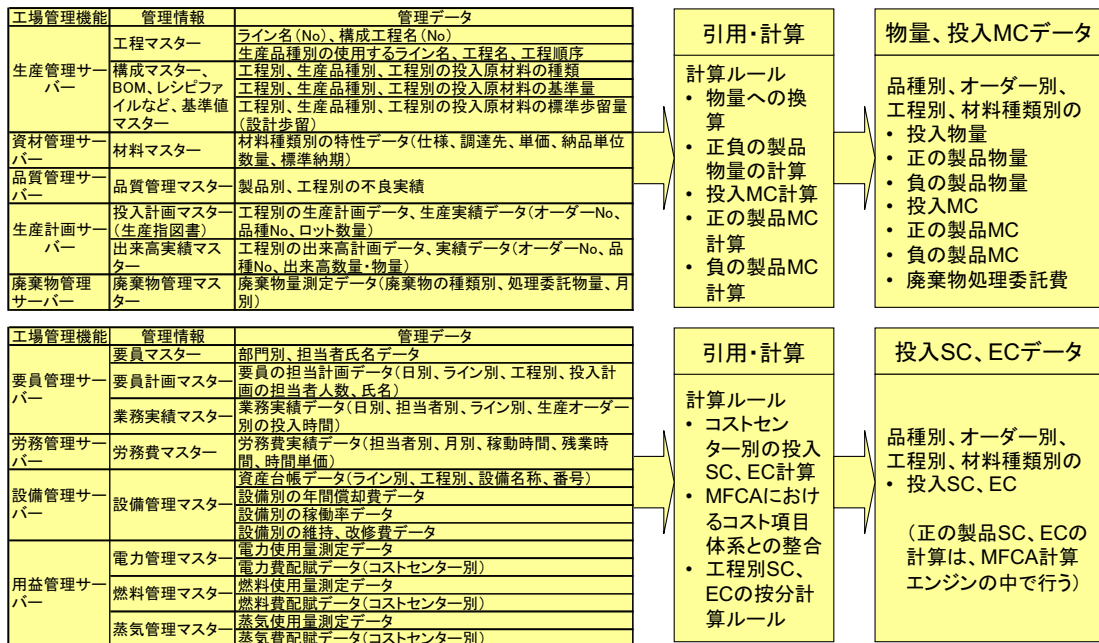
- 現行コストセンター（原価部門）の単位
- 現在の製造工程の単位と、製造工程別の加工（変形、変質、組立）などの内容
- 製造工程別のマテリアルのインプット内容
- 製造工程別の材料のロス（負の製品）発生状況と内容
- マテリアルのインプット、アウトプット、ロスの実績データの測定、管理状況

3) MFCA 計算で引用するデータの定義

MFCA 計算を行なう工程範囲と、そこで使用する材料を定義したら、その計算で用いるデータを、既存のどの DB から引用するかを調査し、整理する必要がある。

これはデータマッピングと呼ばれるが、図 4-19 はそのイメージを示したものである。

MFCA 計算システムと、企業の既存の DB とのインターフェース部分に相当する。企業ごとに、あるいは同じ企業内でも事業部や工場により、DB の構成やファイルが異なっているため、MFCA システムを構築する際には、個別に調査し、定義する必要がある。



(図 4-19 引用するデータの定義、整理イメージ)

4) マテリアルの物量とコスト計算時の計算ルール、基準値の定義

前項3)の図4-19の上半分は、MFCAの計算に必須の、マテリアルの物量とマテリアルコストの計算に必要なデータのマッピングを示している。

ほとんどの場合、既存のDBのデータをそのままMFCAの計算に用いることはできない。データを引用する際には、例えば数量で管理している投入量や出来高量を、物量値に換算するなどの計算を、同時に行なうことも必要である。

マテリアルの物量とマテリアルコストの計算に用いるデータの引用、計算においては、以下に示すような計算を行なう必要があり、そのための計算ルールや計算における基準値を定義する必要がある。

- 数量から物量値への換算などの、単位換算計算ルールと換算係数

またMFCAの計算においては、工程別に、投入した材料の投入物量、正の製品物量、負の製品物量の値が必要になるが、DBなどに管理されたデータですべて定義されているわけではない。“投入物量＝正の製品物量＋負の製品物量”の算式に則り、不足するデータを定義する計算方法を採用することも必要になる。

そのためには、次の調査を行なわなければならない。

- 現行のマテリアルの管理データ（工程別、材料別の投入量、出来高量、ロス量などのデータの有無、測定方法、単位）
- 工程別、材料別のマテリアルロスの内容
- 材料の使用量管理方法

最後に記述した項目“材料の使用量管理方法”であるが、材料の投入量を工程別、品種別、オーダー別に測定している場合は問題ない。補助材料などの場合、その購入量しか管理されていない場合がある。それらに関しては、改めて測定を行なうか、当面は購入量から何らかの方法で、工程別、品種別、オーダー別の投入量を計算するルールを定義する必要がある。

5) システムコスト、エネルギーコスト計算時の計算ルール、基準値の定義

3)の図4-19の下半分は、システムコスト、エネルギーコストの計算に必要なデータのマッピングを示している。

これらの計算に必要なデータは、経理関係のDBにデータがあることが多い。MFCA計算におけるシステムコストやエネルギーコストの項目体系は、経理の項目体系と異なることがあり、その整合を取ることも必要である。

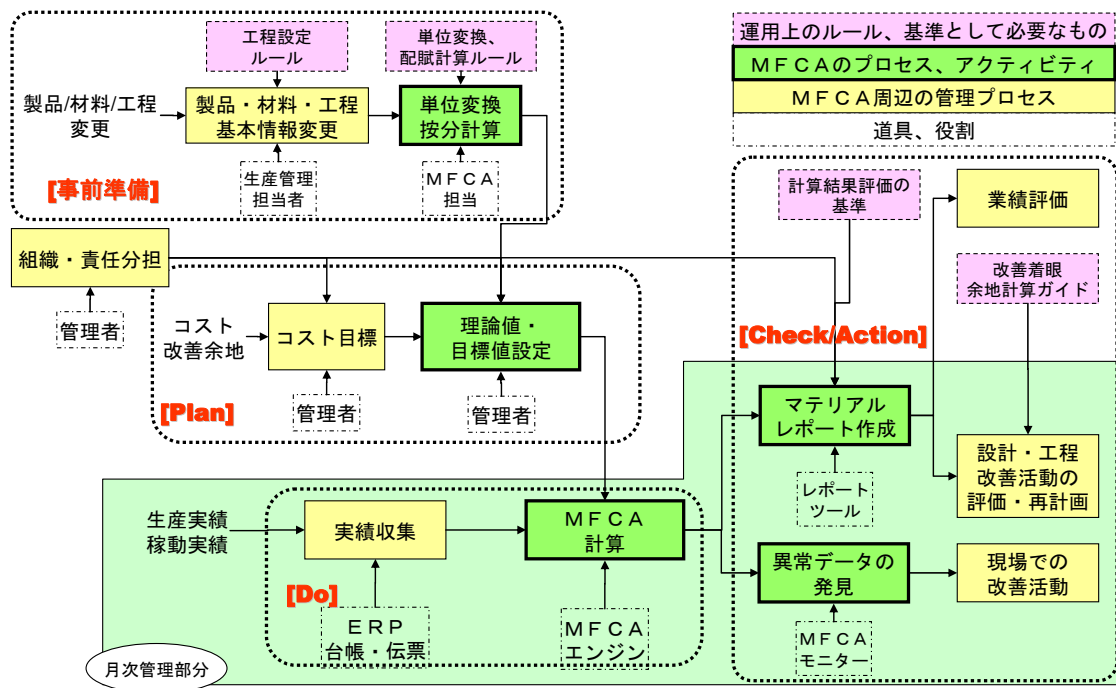
また、MFCAの計算における物量センターを、コストセンター単位より細かく定義する場合、引用したシステムコストやエネルギーコストの投入コストを、物量センター別に按分するルールが必要になる。多品種の加工を行なうライン、工程においては、品種別、オーダー別に按分するルールが必要になる。

そのためには、次の調査を行なわなければならない。

- 現行のコストセンター、および MFCA で定義する物量センターの調査
- 現行の部門別原価計算の内容調査（個別費／共通費区分、共通費配賦基準）
- 按分するための実績データ（アクティビティドライバー）：例えば、出来高数量や投入工数など

（６）MFCA 計算システムの運用

MFCA 計算システムの運用フローを、図 4-20 に表す。この表記は、四角枠の左から入る矢印がインプット情報、右から出る矢印がアウトプット情報、上から入る矢印が基準やガイドの情報、下から入る矢印が実行担当者のアクションおよびツールを表している。なお、本図の記述内容は、運用フローのポイントを説明するために必要と思われる要素を記述しており、運用に必要な全ての要素を記述しているのではないことに留意していただきたい。



（図 4-20 MFCA 計算システムの運用フロー）

1）事前準備

事前準備として、生産管理担当者は、製品・材料・工程内容の変更（新規、廃止を含む）により、生産計画システムのマスター情報や作業標準の改訂が起きた場合に、MFCA 計算システムのマスター設定ガイドに基づき、マスター情報の変更内容を確定する。

これを MFCA 担当は、MFCA 計算システムに対して、マスター情報として登録する。そ

の際、あらかじめ定めた単位変換や按分計算方法のルールに沿って行う必要がある。

2) Plan

計画段階では、工場・製造ラインの管理者や改善チームは、コスト改善の計画を立案する都度、コスト目標を設定する。具体的には、過去の MFCA 計算で算出された負の製品コスト（コスト改善余地）と、製品全体のコストダウン目標から、自分の責任範囲において、具体的に製品ライン別工程毎のコスト改善目標とその実現に必要な材料品質、生産スピード、歩留り、稼働率など、製造プロセスの実績を評価する目標値および基準値、目標値実現に必要な改善活動テーマに展開する。

MFCA 計算担当者は、目標値・基準値を、MFCA 計算機能で計算可能な数値に変換して登録する。

3) Do

日常運用においては、まず、生産実績や人・設備の稼働実績、その他の実績情報、コスト情報が工場の ERP システムや台帳・伝票によって、実績データとして収集する。

そして、MFCA 計算機能によって、数値計算の締めタイミング毎に実績データから MFCA 計算を行い、計算結果を作成し、蓄積する。

4) Check/Action

計算結果から、QCD（Quality-Cost-Delivery）の実績値が基準値・目標値と大きく乖離している場合や、データ間の不整合などの異常データが発見された場合には、現場での何らかのトラブルが発生している可能性がある。この場合には MFCA 計算システムのモニター機能を活用して MFCA 担当・管理者が確認し、異常値の対象工程に対して、迅速対応を行う。データ登録のミスの場合には原因確認・修正が必要になる。

また、業績評価、改善活動の進捗評価のために、マテリアルレポートとして、月次、半期などで、MFCA 計算結果から製造実績、改善成果、主要製品・材料・工程などの詳細分析をアウトプットする。

4-7. MFCA のシステム化による新たなマネジメント

MFCA のシステム化（全体適用・継続的適用）を行うと、個別的・一時的な MFCA 適用と比べて、いくつかのメリットがある。それを業務簡素化の観点と、より有効なマネジメントへの活用の観点からまとめることとする。

（１）MFCA システム化による業務の効率化、管理の効率アップ

① データ集計、MFCA 計算処理の簡素化

MFCA のシステム化を行うと、MFCA 計算業務の簡素化が行われる。表計算ソフトなどを活用しても、既存のデータベースのデータの再加工、場合によっては再入力の手続きが必要になる。MFCA 導入企業のいくつかでは、MFCA 計算を行うことに担当者の労力の多くが割かれ、MFCA 計算結果の活用重点を置きにくい状況も見られる。システム化によってこのような問題点は確実に解消される。

② データ集計、MFCA 計算の属人化の排除、正確性の確保

MFCA 計算を表計算ソフトなどで行っていると、その計算処理の属人化が避けられない。既存データベースのどの部分をどう加工して表計算ソフトのデータとするかというような MFCA のデータ処理においても、また計算処理のロジック構築においても担当者個人のスキルに負うところが大きい。このような状況では、人事異動があった場合などに、MFCA 計算を行っていくことが難しくなる。MFCA のシステム化を行えばこのような問題の多くは解決できる。

③ MFCA データの活用、改善活動に専念できる

上記の①、②の問題の解決により、各部門の担当者が、MFCA 計算結果に基づく改善活動に専念できるということが、MFCA のシステム化の大きなメリットとなる。そして、次に述べるような特徴のあるマネジメントを行うことが出来る。

（２）MFCA システム化による新たなマネジメントの展開

MFCA のシステム化によって、従来のマネジメントでは実現できなかった新たなマネジメント活動の展開が可能になる。

① 網羅性のあるデータに基づく意思決定

MFCA を全体的適用・継続的適用した場合の特徴としては、MFCA 計算の全体合計は、工場ないし全社の数値と一致することが特徴である。

原価数値の側面で言えば、正の製品コスト、負の製品コストの合計は、工場の製造原価（製造費用）と一致するということである。これは、最終的には、工場損益、全社損益に直結する経営トップの意思決定を可能にするということになる。

また、不良率、歩留等のデータは工場全体の廃棄物データ等と連動する。工場全体の環境マネジメントにおいても MFCA システム化によって、統一指標による企業全体のコストマネジメントによる、より徹底した管理を行うことが可能になる。

②製品別の販売戦略、製造戦略への活用

MFCA は製品別のマテリアルフローを追跡して、正の製品コスト、負の製品コストを集計する。このような計算によって、従来は、必ずしも明確でなかった製品別の製造原価と製品別のマテリアロス、原価低減余地などが明確になってくる。多品種少量生産の企業では、製品別の採算計算、製品別の改善計画、製品別の戦略立案などに MFCA 計算結果を反映することが出来る。

③タイムリーな実績把握による製造部門のマネジメントのレベルアップ

MFCA 計算では、不良率、歩留率、収率などのマテリアルに関連する各種物量値指標と、原価指標を連動させて、正の製品コスト、負の製品コストを算定する。これらの活動を、製品別、ロット別に行っていく。原価算定は一般的に月次で行うが、日々の生産実績による、不良率、歩留率、収率などをモニタリングすることにより、タイムリーなアクションをとることによって、製造部門のマネジメント活動のレベルアップに役立つ。

④ 生産管理等の管理水準の向上

製品別、ロット別のマテリアルフローを追跡し、実績を把握することによって、MFCA のシステム化は生産管理システムのレベルアップを行うことが可能である。本当の意味で「必要なものを、必要なときに、必要なだけ生産する」ための、マテリアルの管理を行うことが可能になる。

第5章 MFCA 高度化研究テーマ4

『外部環境経営評価指標としての MFCA の研究』 (主な環境影響統合評価手法の活用ガイダンス)

5-1 調査概要

(1) 背景

企業の環境経営が促進されるにつれて、企業全体の環境経営の有効性を示す環境経営指標の必要性が高まってきている。

環境経営指標には様々なものがあるが、異なる環境負荷を統合的に評価した総合的な環境経営指標への期待が高まっている。多くの企業は、統合的な環境経営指標を環境報告書で開示しているが、現状では評価手法の活用方法に対する理解が十分ではなく、改善の余地は大きいと言える。特に、環境経営の環境面を評価する手法として、LIME、JEPIX、限界削減費用法(MAC)などの環境影響統合評価手法が開発されているが、企業経営のどの場面でどの手法を活用するべきかについてのガイダンスはなく、企業がそれぞれ判断して活用している状況である。

(2) 目的

ワーキンググループ3(以下、WG3と記す)では、上記の背景を受け、環境影響統合評価手法の専門的知見を結集し、企業にとって、どのような目的にどのような環境影響統合評価手法を活用することが望ましいかを検討する。そしてMFCA及び環境影響の統合的な評価手法を中心に、環境経営指標を有効活用するガイドラインを開発することを目的とする。

(3) 調査方法と進め方

MFCA 及び環境影響の統合的な評価手法の研究者及び導入事例企業を集め、各手法の概要説明及び導入事例報告を踏まえて、ガイダンスの検討を行った。

WG3の検討会(全4回)は表5-1に示す日程及び議題で開催された。

(表5-1 WG3の開催日程)

検討会	開催日	議題
第1回検討会	平成18年8月30日	討議の方向性
第2回検討会	平成18年10月17日	環境負荷の統合評価手法(LIME、JEPIX、MAC)
第3回検討会	平成18年11月7日	企業における環境負荷の統合評価手法の活用事例
第4回検討会	平成19年1月16日	WG3における検討のまとめ及び報告書の内容

以下に各検討会の概要を記す。

① 第1回検討会

- ・ 國部委員長より WG3 の目的に関する説明があり、引き続き、事務局から LIME、JEPIX 及び MAC の 3 手法が企業において実際にどのように活用されているかについての調査結果の報告があった。
- ・ 各手法の課題や今後の WG3 での討議の方向性についてフリーディスカッションが行われた。

② 第2回検討会

- ・ 國部委員長より WG3 の第2回検討会の目的に関する説明があった。
- ・ 伊坪委員より LIME、魚住委員より JEPIX、石川委員より MAC についての説明が行われた。
- ・ 各手法についての質疑及びフリーディスカッションが行われた。

③ 第3回検討会

- ・ 國部委員長より WG3 の第3回検討会の目的に関する説明があった。
- ・ 事務局よりマテリアルフローコスト会計（MFCA）と本事業に関する説明があった
- ・ 白鳥委員から積水化学における JEPIX の活用方法、則武委員よりリコーにおける EPS の活用方法、岡崎委員より荏原製作所における MAC の活用方法、伊坪委員より産業環境管理協会での LIME に関する取組についてそれぞれ説明が行われた。
- ・ 事務局より各手法の活用方法のたたき台に関する説明があった。
- ・ 報告書のまとめ方等についてフリーディスカッションが行われた。

④ 第4回検討会

- ・ 事務局より、報告書素案の説明があった。
- ・ 各委員より、事務局素案についての意見及びフリーディスカッションが行われた。

5-2 環境影響統合評価手法

5-2-1 対象とする環境影響統合評価手法

環境影響を統合評価する方法には、いくつかの考え方がある。環境への被害の大きさを評価する「被害算定型法」、実際の環境負荷物質の発生量と規制値からの距離に基づき評価する「目標への距離（Distance to Target）法」、環境負荷物質を削減するコストに基づき評価する「限界費用削減法」などが主だったものである。それぞれの考え方に基づいた手法が世界各国で開発されている。今回は、これらの3つの考え方を採用した方法のうち、日本で開発された手法として、それぞれ LIME、JEPIX、MAC を取り上げることとし、各手法の開発に携わった方々に委員として参加いただいた。

本報告書では、「被害算定型法」を代表して LIME を、「目標への距離（Distance to Target）法」を代表して JEPIX を、「限界費用削減法」を代表して MAC を取り上げているが、5-3 の各手法の活用ガイダンスなどにおいて、LIME、JEPIX、MAC という記述を、3つの方法分類に含まれるその他の手法（例えば、LIME と同じ被害算定型法の EPS など）に読み替えていただいても大方は対応できると思われる。

5-2-2 各環境影響統合評価手法の概要

WG3 の第2回検討会での委員からの発表及び既存の文献に基づき、LIME、JEPIX 及び MAC の各環境影響評価手法の概要を以下に整理する。

(1) LIME

LIME（Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）は、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターと LCA プロジェクト（正式名：製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発；新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先 産業環境管理協会）との連携を通じて開発された日本版被害算定型環境影響評価手法である。

海外の被害算定型環境影響評価手法として、オランダで開発された Eco-indicator 99、スウェーデンで開発された環境優先戦略（EPS）、EU の主導で開発された ExternE が代表的なものとして挙げられる。しかし、これらの手法は海外のバックグラウンドデータに基づいて開発されていることから、環境条件の異なる我が国で活用するにあたっては課題が存在する。LIME は我が国の環境条件に基づいて開発されているという意味で、我が国での企業活動への適用により適した手法であると言える。

LIME では、異なる種類の環境負荷物質について、人間健康などのいくつかの共通のエン

ドポイントに被害量が集約され、最終的に複数のエンドポイント間の重要度が勘案された上で統合化指標が得られる。環境負荷物質の被害量を評価するプロセスにおいては疫学や生態学をはじめとする自然科学的知見が、複数のエンドポイント間の重要度を勘案して単一指標化するプロセスにおいては経済学をはじめとする社会科学的知見が活用されている。

LIME では、現世代の社会的選好が適切に反映されるよう、コンジョイント法¹及び AHP 法²を用いてエンドポイント間の重み付けが行われている。特性化係数³、被害係数⁴及び統合化係数の三通りの係数が用意されているが、環境負荷物質を単一指標化する際に用いられる統合化係数としては、無次元数の係数と貨幣単位の係数のいずれを選択することも可能である。したがって、環境負荷物質の外部コストを貨幣単位で評価する目的で LIME の貨幣単位の統合化係数を用いることも可能である。

LIME では地球温暖化、オゾン層破壊、都市域大気汚染をはじめとする 11 の環境領域が考慮されており、1000 の環境負荷物質について評価対象とすることが可能である。

単一指標は次式を用いて求められる（コンジョイント法の場合）。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I s_i \times DF_{i,j} \times WTP_j = \sum_{i=1}^I s_i \times \left[\sum_{j=1}^J DF_{i,j} \times WTP_j \right]$$

ここで

s_i = 物質 i のライフサイクルインベントリ

$DF_{i,j}$ = 保護対象 j における物質 i の被害係数

WTP_j = 保護対象 j の 1 指標単位の被害の回避に対する支払意志額（Willingness-To-Pay）

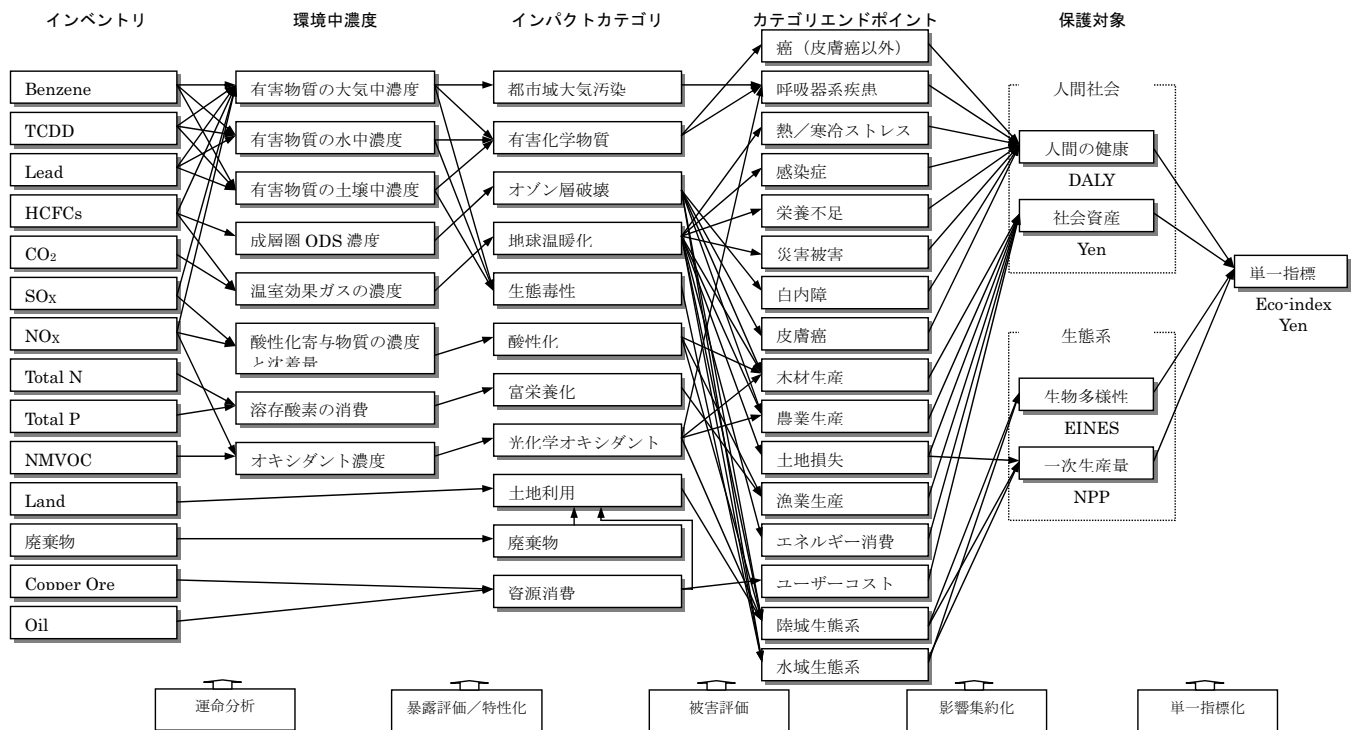
なお、LIME のインベントリから統合化の流れを図 5-1 に示す。

¹複数の選択肢を回答者に提示し、好ましさについて質問することで、選択肢の属性別に回答者の選好を評価する手法

²意思決定過程を階層構造に分解して単純な対比較とし、この判断を統合して全体としての優先順位や配分率決定する手法

³ 環境領域に対する影響度を表す係数。この係数を用いることで環境領域ごとに基準物質の等価量に換算される。

⁴人間健康や生物多様性といったエンドポイントに対する影響度を表す係数。



(図 5-1 LIME のインベントリから統合化の流れ)

(2) JEPIX

JEPIX (Environmental Policy Priorities Index for Japan : 環境政策優先度指数日本版) は、環境技術振興事業団 (JST) の資金援助を受け、環境会計、環境マネジメント、環境報告書作成、環境格付、エコバランス及び LCA などの分野に従事する団体・個人のイニシアティブとして実施されたプロジェクトを通じて開発された、Distance-to-Target (DtT) 型の環境影響評価手法である。DtT 法とは、実際の環境負荷発生量と政策目標との距離に基づいて重み付けを行う考え方であり、政策目標から実際値が乖離していればいるほど、統合化係数の値は大きくなる。JEPIX の開発は、国際基督教大学の宮崎教授を中心とする環境経営格付機構の環境会計専門家チームの監督と理論指導のもとに行われた。

JEPIX では、スイスで開発された DtT 型の環境影響評価手法である BUWAL SR297 にならない、DtT 法の考え方に基づいて算出された係数 (エコファクター) が採用されている。しかし、JEPIX には、我が国での実際の環境負荷発生量と我が国の環境政策で設定された (あるいは我が国の環境政策から推定される) 目標との距離 (Distance-to-Target) が反映されているため、その意味で、日本における企業活動への適用に適していると言える。

エコファクターに反映される「目標までの距離」以外の点で JEPIX が BUWAL SR297 と異なる点として、環境カテゴリーの集約度が挙げられる。BUWAL SR297 では環境カテゴリーの集約度が低かったが、JEPIX では環境カテゴリーが 12 に集約されている (温室効果ガス、オゾン層破壊ガス、ダイオキシンを含む有害物質、光化学オキシダント、窒素酸化物、SPM₁₀、COD、BOD、窒素、リン、廃棄物、道路騒音)。各物質はいずれかのカテゴリーに割り当てられた上で重み付けが行われる。したがって、JEPIX の場合のエコファクターは次式を用いて求められる。

$$\text{物質 } i \text{ のエコファクター } (w_i) = \sum_{j=1}^J CF_{i,j} \times \frac{F_j}{F_{k,j}} \times \frac{1}{F_{k,j}} \times cons$$

ここで

$CF_{i,j}$ = 環境カテゴリー j における物質 i の特性化係数 ($j=1, \dots, J$)

F_j = 環境カテゴリー j における基準物質の実際フロー

$F_{k,j}$ = 環境カテゴリー j における基準物質の合計の政策的目標フロー

$cons$ = 定数

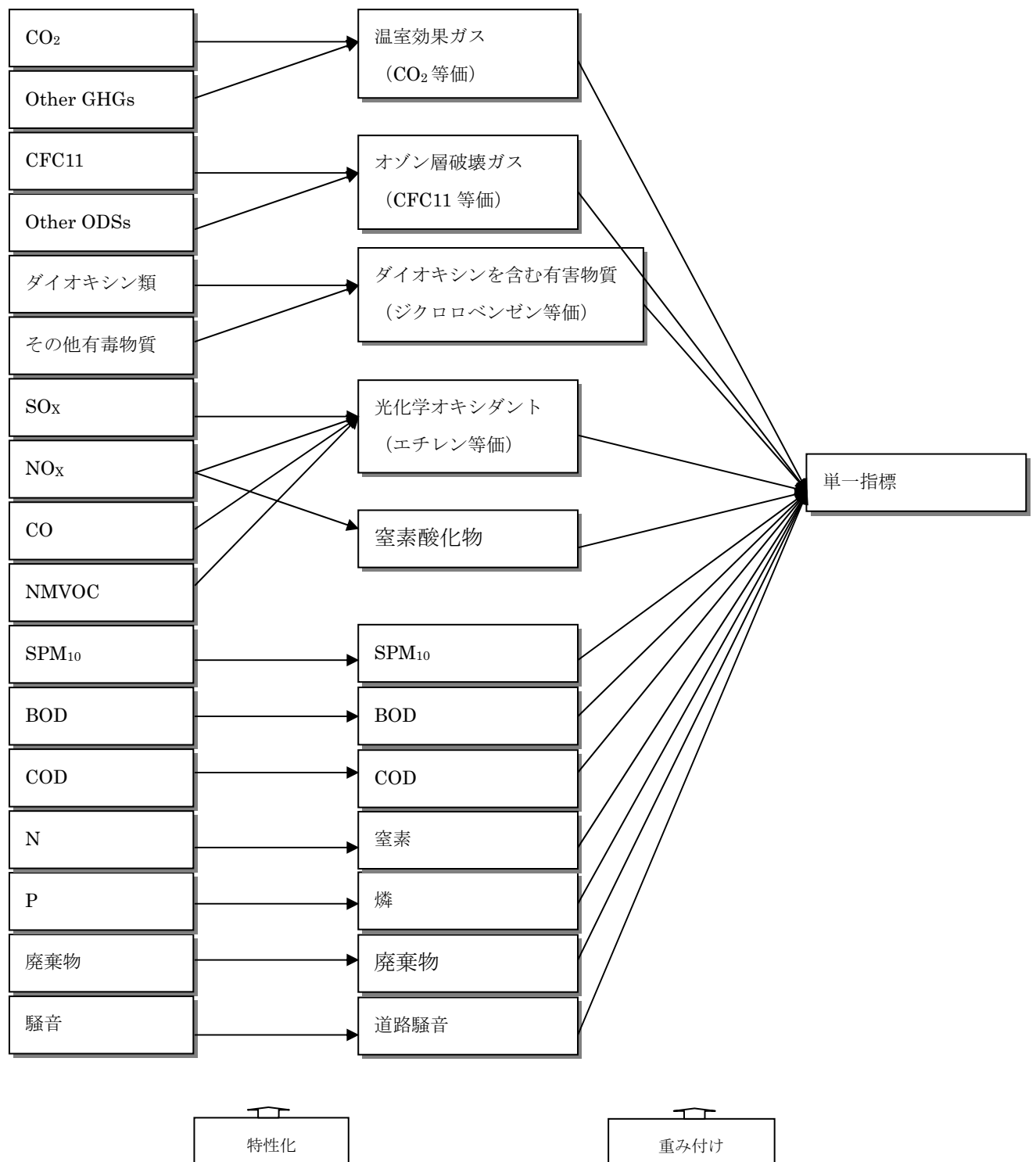
第 2 項 ($F_j/F_{k,j}$) は、個々の環境負荷物質の実際の排出量と政策的に目標とされている排出量の比率である。例えば、実際の排出量が目標とする排出量の半分であればこの値は 0.5、実際に排出量が目標とする排出量の 2 倍であればこの値は 2.0、実際の排出量が目標とする排出量に等しければこの値は 1 となる。したがって、目標とする排出量に対して現実の排出量が小さければ小さいほど、エコファクターの値は小さくなる。また、逆の捉え方

をすれば、目標とする排出量が小さければ小さいほど（つまり、政策的な削減目標が実際の排出量に対して厳しければ厳しいほど）、エコファクターの値は大きくなる。

これに対して、第3項（ $1/F_{kj}$ ）は、目標とする排出量について正規化を行うための項である。少量でも有害になる物質 i_1 と大量に排出されてはじめて有害になる物質 i_2 がある場合、この第3項（ $1/F_{kj}$ ）によって正規化が行われるため、第2項（ F_j/F_{kj} ）の値が同じく 0.5 であったとしても、比較可能な重み付けが可能になる。

なお、JEPIX のインベントリから統合化の流れを図 5・2 に示す。

インベントリ



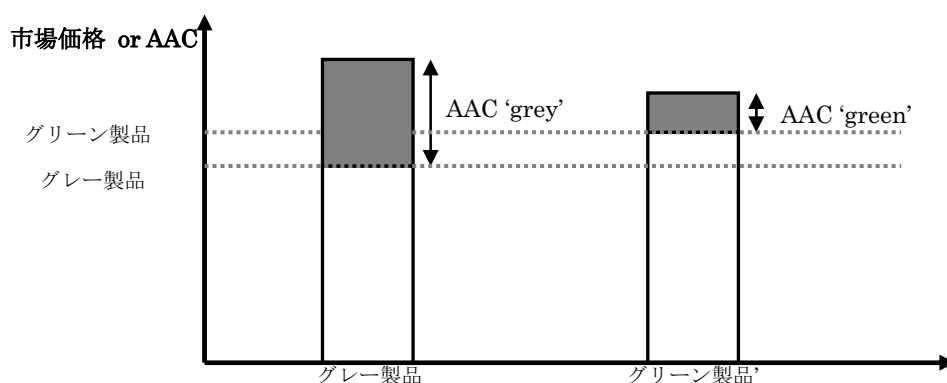
(図 5-2 JEPIX のインベントリから統合化の流れ)

(3) MAC

MAC (Maximum-Abatement Cost method : 限界削減費用法) は、福井県立大学大学院の岡教授、神戸大学大学院の石川教授、文教大学の藤井美文教授らによって開発された環境影響評価手法である。

MAC の開発の背景として、異なる環境負荷物質の異なるエンドポイントに対する影響の重要性あるいは影響の低減の価値を、何らかの方法で導き出した社会的選好などによって統合することについて、現時点として合意を形成することが難しいという課題認識がある。

MAC は、このような価値判断を回避するため、ある環境負荷物質について、「社会のどこかでその物質の排出量を 1kg 減らすためにかけている費用のうち最大のもの」を限界削減費用として定義し、単一指標化するための係数として提示している。この係数は、現実の技術費用にのみ依拠したものであり、エンドポイントに対する影響についての価値判断に伴う不確実性は回避されている。また、単一指標化された値は貨幣単位で表されてはいるものの、LIME の場合とは異なり、環境負荷物質の外部コストを貨幣評価して単一指標化するものではない。なお、MAC で対象とする環境負荷物質は CO₂ や NO_x をはじめとする 15 物質である。



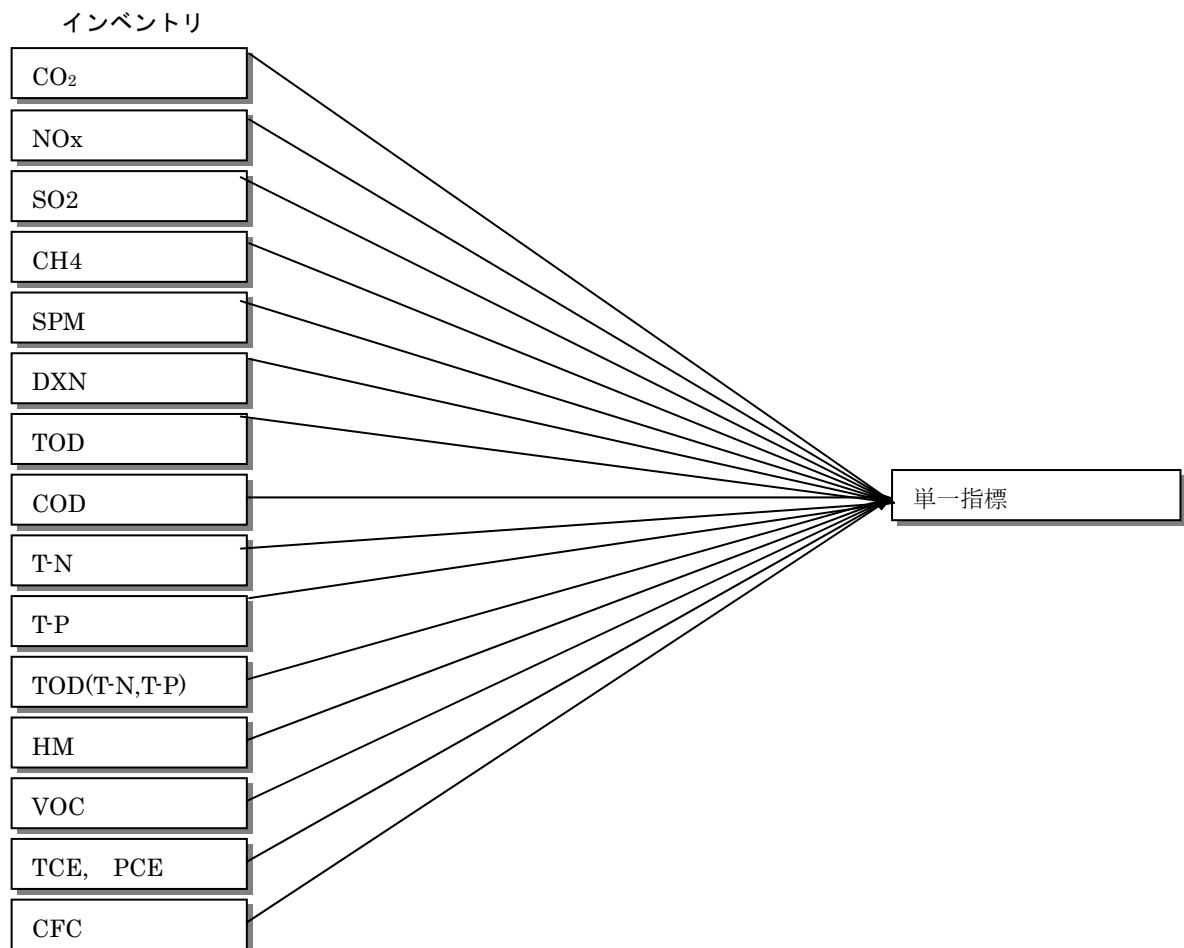
(図 5-3 市場価格と環境負荷物質削減費用の合計額による比較)

MAC の係数が用いられる場合、異なる複数の代替案（例えば、製品の調達についての代替案）について、市場価格と回避可能削減費用（AAC: Avoidable Abatement Cost）⁵の合計額が比較される。図 5-3 は環境負荷の小さい製品（グリーン製品）と環境負荷の大きい製品（グレイ製品）の調達を比較したものである。市場価格としては、グリーン製品のほうがグレイ製品よりも高価であるが、回避可能削減費用を加味すれば、グリーン製品のほうが「安価」となる。民間企業の場合とは異なり、公共部門における調達の意思決定においては、市場価格が割高であっても政策的に回避可能削減費用の小さい物品を選択することは合理性があり、現実的にありうる。したがって、MAC の適用は、公共調達等において、こ

⁵排出量を一定の水準にまで削減するための費用

うした意思決定がなされる場合に活用されている。

なお、MAC のインベントリから統合化の流れを図 5-4 に示す。



(図5-4 MACのインベントリから統合化の流れ)

5-2-3 各環境影響統合評価手法の比較

(1) 3手法の特筆すべき相違点

LIME、JEPIX 及び MAC の 3 手法は、インベントリ分析を行った後、各インベントリデータにそれに該当する評価係数を乗じ、それらをすべて加算することで統合化を行うという点で共通している。しかし統合化に対する基本的な考え方や範囲など異なる点も多い。各手法間で特筆すべき異なる点を以下に要約する。

① 統合評価に対する考え方

統合評価に対する考え方は 3 つの手法間で全く別である。LIME の場合、被害算定型の環境影響評価手法であり、自然科学的知見と社会科学的知見を用い、環境負荷物質の外部コストを直接的に評価しようとする手法であると言える。JEPIX の場合、我が国における実際の環境負荷物質の発生量と政策目標との距離に基づいて重み付けを行うという考え方であり、政策目標から実際値が乖離していればいるほど、統合化係数の値は大きくなる。しかし、統合評価の考え方は異なるものの、LIME、JEPIX とも、環境負荷物質の外部環境影響を評価しようとする手法であると言える。これに対し、MAC は、環境負荷物質の削減費用に着目した手法である。したがって、例えば、環境負荷削減のための投資の意思決定において、削減のための費用と削減による便益を比較しようとする場合、MAC を便益の測定に用いることは誤った用い方であると言える。

② 対象とする環境負荷物質

対象とする環境負荷物質は、表 5-2 に示すように、共通している部分も多いが、大きく異なる部分もある。例えば、JEPIX と MAC の場合、環境負荷物質のアウトプットしか評価の対象としていない。また、MAC はアウトプットの中でも廃棄物は評価の対象としていない。LIME では資源のインプットも評価の対象として含まれている。したがって、意思決定にあたって天然資源の枯渇の影響も考慮に入れようとする場合、LIME が望ましい選択肢となる。

また、意思決定にあたって考慮したいと考えている環境負荷物質について、統合評価するための係数が用意されていない場合、その手法を用いることは難しくなる。

③ 単一指標の単位

統合化によって得られる単一指標の単位も 3 手法間で異なる。単一指標の単位は、LIME の場合は「無次元数」又は「円」、JEPIX の場合は「無次元数」、MAC の場合は「円」である。無次元数の場合、「企業の創出する付加価値」のような貨幣単位の指標と組み合わせようとするれば、環境効率指標のように、除算によって計算するほかない（図 5-5）。

$$\frac{\text{企業の創出する付加価値}}{\text{環境負荷の単一指標}} = \text{環境効率指標}$$

（図 5-5 無次元数の指標と貨幣単位の指標の組み合わせの例：環境効率指標）

しかし、「円」のような貨幣単位の指標であれば、例えば、「企業の創出する付加価値」から貨幣単位の環境負荷の評価額を差し引くようなことも可能である（図 5-6）。

$$\text{企業の創出する付加価値} - \text{環境負荷の単一指標（金額）} = \text{環境負荷の影響を控除した付加価値}$$

（図 5-6 貨幣単位の指標どうしの組み合わせの例：環境負荷の影響を控除した付加価値）

（２）各手法の比較表

3 手法を比較した結果を表 5-2 に示す。

(表 5-2 LIME、JEPIX 及び MAC の比較表)

	LIME	JEPIX	MAC (TLCC)
背景・経緯	・LCAのインパクトアセスメント手法として開発(LCI→LCIAの流れの中で) ・日本の環境条件を反映した被害算定型手法をLCA国家プロジェクト(経産省1998～2003年)インパクト評価研究会において開発 ・第2期LCAプロジェクト(2003～2006年)において、旧版を改定したLIME2を開発	・環境技術振興事業団(JST)の資金援助を受け、環境経営学会・環境経営格付機構の環境格付研究の一環として開始 ・国際基督教大学(ICU)の宮崎修行教授をプロジェクトリーダーとし、2001年から2003年にかけて実施、2003年度から2007年度まで文部科学省21世紀COEプログラム(ICU[平和・安全・共生研究])として実施 ・スイスのeco-scarcity method(環境希少性評価手法)をもとに開発	・環境対応型製品のコストと環境負荷を統合して定量的に評価する手法として、荏原環境基金の資金援助を受け、1999年より開発開始。 ・LCCとの統合を考え、測定可能な客観的手法であることを目指して開発。 ・2004年、2006年 Eco-Efficiency国際会議 主催。環境効率の国際的議論の場を提供し、MACの更なるブラッシュアップ。 ・2005年度 NEDO調査事業にて適用可能性検討。
目的・狙い	・LCA、環境会計、環境効率など、製品や企業活動における環境情報を定量的に表現するツール、手法を円滑に、かつ、高精度に実施することを支援する手法として開発 ・日本版の被害算定型環境影響手法の策定 ・自然科学の最新の知見と社会科学の最先端の手法を活用 ・LCA実施者の多様な目的に応じた評価手法の提示	・環境パフォーマンス評価手法として、環境会計、企業のエコバランス、環境格付、エコエフィシエンス分析等への適用期待	・TLCCの基本思想は、経済性、環境面の異なる二つの要素を単一のコストで表し、環境に配慮した経済活動の意思決定の判断材料を提供すること ・TLCCは、環境影響についての単一指標を得るものではない。 ・TLCCは、環境コストのみによって、複数商品の比較したりしない。環境コストは、LCCと足し合わせて初めて意味を持つ。
統合評価の考え方	・エンドポイント評価 ・エンドポイント間の重み付けは、コンジョイント分析及びAHP法で設定又は環境影響の回避に対する支払い意思(WTP)に基づき設定	Distance-to-Target (目標への距離法)	経済評価(LCI分析結果に境界削減費用法による境界削減費用を乗じ、環境負荷の発生を回避するために必要な費用と実際にかかる対策費用との費用効果分析)
対象とする環境負荷物質の数	・インプット(資源投入)及びアウトプット(エミッション)両方を対象 ・11環境影響領域 ①オゾン層破壊、②地球温暖化、③酸性化、④都市域大気汚染、⑤光化学オキシダント、⑥有害化学物質、⑦生態毒性、⑧富栄養化、⑨土地利用、⑩資源消費、⑪廃棄物 ・対象環境負荷物質：1000物質(Appendix3統合化係数リストより) *1	・アウトプット(エミッション)のみ対象 ・12環境影響領域(簡易シートでは騒音を除く11) ①温室効果ガス、②オゾン層破壊物質、③有害大気汚染物質、④光化学オキシダント、⑤NOx、⑥SPM10、⑦河川へのBOD、⑧海域・湖沼へのCOD、⑨海域への窒素、⑩海域へのリン、⑪埋立廃棄物、⑫騒音 ・対象環境負荷物質：数百物質	・アウトプット(エミッション)のみ対象 ・対象環境負荷物質：15物質 ①CO2、②Nox、③Sox、④CH4、⑤SPM(浮遊粒子物質)、⑥DXN(ダイオキシン)、⑦TOD(富栄養化原因物質)、⑧COD、⑨T-N、⑩T-P、⑪TOD(T-N、T-P)、⑫HM(重金属)、⑬VOC(揮発性有機化合物)、⑭TCE(トリクロロエチレン)、PCE(テトラクロロエチレン)、⑮CFC *2 p2-8
金額換算の有無	金額換算あり。環境対策の社会的影響(一般市民への影響)を金額で評価するときに用いる。	金額換算なし。	金額換算あり。環境対策の費用(企業内部で発生する費用)を比較するときに用いる。
現在の主な使われ方	LCAのインパクトアセスメント手法として、製品の環境影響評価に使われることが多い。最近では事業所全体の影響評価にも使用されている。	事業所全体の環境影響評価に使われることが多い(事業所の環境効率など)。	公共調達の順位付けに使われる場合が多い。グリーン購入や予算が決まっている場合の投資対象の選択肢の優先順に付けに活用される場合が多い。
計算式	Σ (環境負荷量 × 統合化係数)	Σ (環境負荷量 × エコファクター)	$LCC + \Sigma$ (環境負荷量 × MAC) ※ Σ (環境負荷量 × MAC)とLCCを足し合わせ、環境面を考慮した経済性評価。
係数の意味	係数：特性化係数、被害係数、統合化係数 自然環境・人への影響の大きさ(環境保全にいくら支払う意思があるか)	係数：エコファクター 規制目標と実際の排出量との比率(目標までの距離) 目標までの距離が大きいほど環境影響が大きいと考え、係数値が大きくなる	係数：MAC(境界排出削減費用) 社会のどこかでその物質の排出を1kg減らすためにかけている費用のうち最大のものの。 *2 p1-2
係数比較(一例)	CO2 1.74円/kg CFC-11 19,000円/kg NOx 141円/kg(点源) T-N 82.5円/kg *1 CDROM統合化係数リストVer.1	CO2 894.989EIP/千t-CO2 CFC-11 429.282.094EIP/ODP-t NOx 675.917EIP/t-Nox T-N 7.973.166EIP/t-N	CO2 7円/kg CFC-11 24,000円/kg NOx 2,500円/kg T-N 5,900円/kg *2 p2-8
視点	市民の視点：環境負荷削減にいくら払うか	政策者・企業の戦略的リスク管理者の視点：	企業の視点：環境負荷低減にいくらかかるか。
リスクについて	自然環境、人間健康、植物生長、社会資本についてのリスク	企業の法的/規制リスク(企業価値の低下)	・公害防止規制の変化、技術開発などによる(削減費用の変化)のリスク。
その他特徴(他手法との比較において)	・資源消費を含めた、環境負荷統合手法 ・事前科学的知見に基づいて環境影響量(被害量)を定量化 ・環境影響の統合化は統計的有意性について検証済み(母集団の代表性について検証されたデータを利用)	・企業の戦略的環境経営実施のための情報ツール	・価値(便益)を比較するのではなく、便益を同じになるようにそろえて、費用を比較する手法

第2回WGでの配布資料(伊坪氏、魚住氏、石川氏)及びディスカッションを元に作成
それ以外は次の資料を参照した。 *1 ライフサイクル環境影響評価手法 伊坪・稲葉 産環協

*2 「経済・環境両側面を配慮した簡易的な環境影響評価手法(TLCC)の導入可能性調査」報告書 平成18年3月 NEDO

5-3. 企業の目的に応じた活用場面と各環境影響統合評価手法の活用ガイダンス

現在では、企業の目的に応じたいろいろな場面で被害算定型の LIME、Distance to Target 型の JEPIX、限界削減費用形の MAC などの環境影響統合評価手法が利用できるようになっている。それらの手法をやみくもに使うのではなく、どんな場面でどの手法を用いることが望ましいか、また活用する上で留意すべき点などを認識することは重要である。

ここでは、企業における各環境影響統合評価手法の活用場面を想定し、各活用場面において各手法を活用する場合のガイダンスを述べる。

またその前に、企業が意思決定を行う場合には、企業の内部コストと外部環境影響の両面を捉えることが重要であるので、この両者の関連についても触れておくこととする。ここでは、企業の内部コストを見える化するツールである MFCA と、外部環境影響を見える化するツールである環境影響統合評価手法の融合的な活用について述べる。

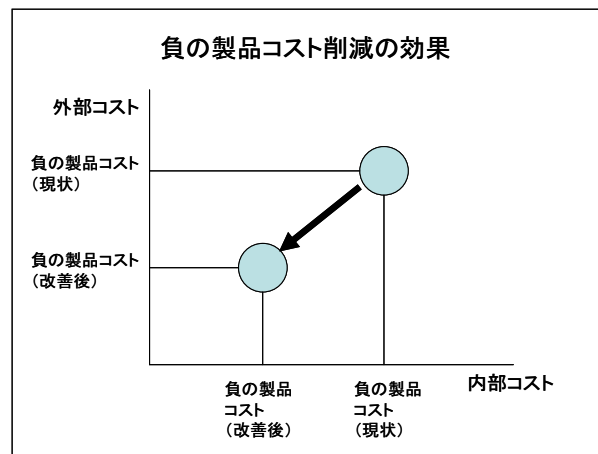
5-3-1. MFCA と環境影響統合評価手法との融合的利用の可能性

MFCA は、企業の意思決定に有用な情報を提供する環境管理会計として位置づけられている。環境管理会計であるからには、環境面の評価と経済面の評価の両方が必要であるが、現在のところ日本では主に経済面の評価手法として活用されている。具体的には、廃棄物に含まれるロスを経済面で「見える化」するツールとして活用されている場合が非常に多い。

それは、MFCA がマテリアルのフローとストックを物量と金額単位で算出するという計算方法をとっていることに起因する。MFCA では廃棄物の環境面の影響は、物量でしか評価できず、具体的にどれだけ環境影響を与えているかは算出ができないのである。

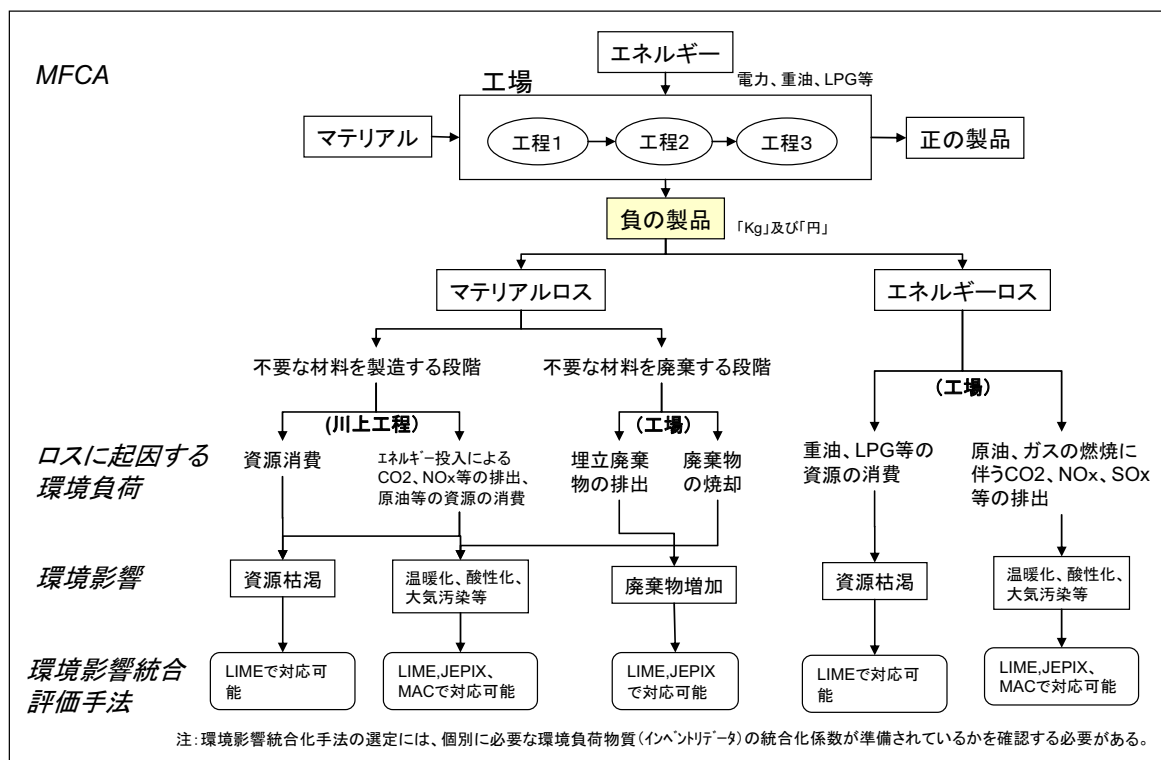
一方、LIME、JEPIX、MAC などの環境影響統合評価手法では、外部環境影響を統合した単一ポイントや単一金額で得ることができる。従って、MFCA と環境影響統合評価手法を同時に用いることにより、負の製品（マテリアルのロス）による経済的なロス金額と外部環境影響に関する情報を同時に得ることができ、この 2 つの情報を利用することで、より有益な意思決定が可能となる。

例えば、負の製品を削減することは、企業の内部コストを削減すると同時に負の製品が外部（環境）へ及ぼしている外部コストの削減にも寄与しているため、MFCA を活用することで内部コストを、LIME などの環境影響統合評価手法を用いることで外部コストの削減金額を明らかにすることができる（図 5-7 参照）。



(図 5-7 負の製品コスト削減の効果)

正の製品についても無論、環境に影響を与えているが、製品が存在する限りゼロにすることは不可能である。一方、廃棄されるマテリアルによって生じる環境影響は、本来はゼロであることが望ましいものと考えることができる。よって、ここでは、負の製品に注目して、負の製品が与えている不要な外部環境影響を明確にし、また各手法がどの様に活用できるかを整理する。製品の種類によって詳細は異なるが、概論的に負の製品が与える環境影響とその評価手法を、図 5-8 にまとめた。



(図 5-8 MFCA (負の製品) と環境影響統合評価手法)

負の製品には、マテリアルロスとエネルギーロスが含まれている。負の製品には、システムロスも含まれているが、環境影響には直接関連しないのでここでは割愛する。

負の製品のマテリアルロスは、次のように環境影響を引き起こしている。

廃棄されるマテリアルという不要物を製造するために、そのマテリアルの原料メーカーなどの川上工程では、天然資源が消費され、電力や水、化学物質などが投入され、CO₂やNO_xなどが排出されている。これらは、資源枯渇や地球温暖化、酸性雨、大気汚染など様々な環境影響を増大させている。一方、工場で廃棄されたマテリアルが産廃として埋立られれば、廃棄物の増加という環境影響を、焼却されれば大気汚染などの環境影響を引き起こしている。

また、製造工程で負の製品を製造するためにエネルギーが無駄に消費されている。この無駄なエネルギー消費により、石油、石炭、天然ガスなど天然資源の枯渇という環境影響を引き起こし、同時にCO₂、NO_x、SO_xなど環境負荷物質の排出により地球温暖化や酸性雨、大気汚染などを引き起こしている。

環境影響統合評価手法は、これらの外部環境影響を統合的に評価することを可能にする。LIME、JEPIXは廃棄物の環境影響についても考慮されている。また、資源枯渇に関する環境影響も評価対象とするのであれば、LIMEにより金額換算することも可能である。

一方、エネルギーロスについては、MFCAを活用することで、負の製品を製造するために使われたエネルギーロスの内部費用を金額換算でき、環境影響統合評価手法を用いることにより、重油、ガスの消費やCO₂、NO_xなどの排出の影響などエネルギーロスに伴う不要な外部環境影響を評価することができる。インプット側の資源の枯渇までを考慮するのであれば、資源枯渇の統合化係数を持つLIMEが活用できる。また、排出物側の評価を行うのであれば、LIME、JEPIX、MACともに主な環境負荷物質（インベントリデータ）を評価対象としていると考えれば、概ね対応が可能である。しかしより厳密に評価を行う場合には、評価対象のインベントリデータ（環境負荷物質）に関する統合化係数が準備されていることが必要である。評価対象のインベントリデータの統合化係数が準備されていない場合、そのインベントリデータは評価しない、もしくは他のインベントリデータで代替するなどが必要となる。この意味では、LIMEが最も広範囲なインベントリデータに対応可能であり、続いてJEPIX、MACの順である。

このように、環境影響統合評価手法を活用することで、MFCAで計算された負の製品に伴う企業内部のロスコストを明確化するとともに、外部環境影響をあわせて評価することができる。表5-3に各手法のまとめを示した。

(表 5-3 負の製品に関する MFCA と環境影響統合手法まとめ)

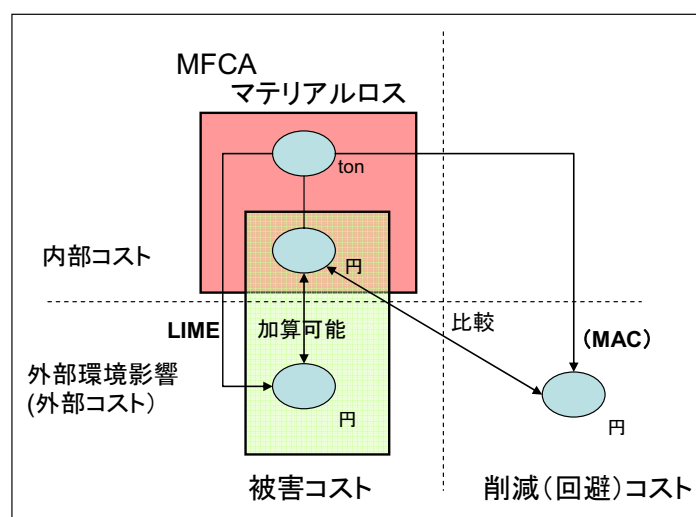
区分	環境 影響	MFCA	LIME	JEPIX	MAC	備考
マテリ アルロ ス	資源枯渇	内部ロ スの金 額換算 可能	対応可能（金額 換算可能）	考慮せず	考慮せず	3 手法とも必要環境負荷物質（インベントリデータ）に対応する統合化係数が準備されていることが前提。 用意されている統合化係数の種類の多さは、LIME、JEPIX、MAC の順。
	温暖化、酸性化、大気汚染等		対応可能（金額 換算可能）	対応可能	対応可能（金額換算可能）	
	廃棄物増加		対応可能（金額 換算可能）	対応可能	考慮せず	
エネ ルギー ロス	資源枯渇	内部ロ スの金 額換算 可能	鉱物資源の減少 影響も考慮	考慮せず	考慮せず	
	温暖化、酸性化、大気汚染等		対応可能（金額 換算可能）	対応可能	対応可能（金額換算可能）	

企業の目的・目標に応じて、環境影響をどこまで捉えるか、金額換算の要否などが決まってくる。例えば、資源消費も含めたトータルでの環境影響を評価したいのであれば、LIME の使用が最も適している。一方、温暖化対策と酸性化対策の目標を掲げ、活動成果を CO₂ と SO_x に換算した指標で評価するのであれば、すべての手法が活用可能である。この時に、CO₂ と NO_x の排出による影響を環境被害の度合いで評価をしたいのであれば LIME を、遵法リスクの観点で評価したいのであれば JEPIX を、CO₂ と NO_x 削減にかかる費用面からの観点で評価したいのであれば MAC を活用することが最も望ましい選択になる。また、負の製品コストと外部環境影響度合いを加えるなどして金額によるトータルの評価を考えたいのであれば、金額換算可能な LIME か MAC の活用になる。

以上は工場内の全工程トータルでのマテリアルロスと環境影響について述べたが、MFCA では、工場内の全工程トータルを算出する過程で各工程ごとのマテリアルロスが明確になる。各工程ごとに前述と同様に環境影響統合評価手法を用いることで、工程ごとの外部環境影響が明確になる。これにより社内コスト的に改善が求められる工程（すなわち MFCA でロスコストの大きな工程）と外部環境影響面から改善が求められる工程（すなわち環境影響統合評価値が大きな工程）についての情報が得られる。この 2 つの観点で評価した改善すべき工程順位は同じとは限らない。こうした経済と環境の両面の情報を得ることで、企業の目的によっては、どちらか一方の情報しかない時とは異なる意思決定がなされる可能性がある。

また、別の観点から重要なことは、金額換算可能な LIME と MAC では、その意味合い

が異なるため使い方にも違いがあるということをよく認識しておくことである（図 5-9 参照）。MFCA で算出されたマテリアルロス、物量値（Kg やトン）と金額で表示され、この物量値を使って、環境影響統合評価手法により外部環境影響を金額換算することが可能となる。この場合、LIME を用いると、マテリアルロスによる環境影響を社会的コストとしてマテリアルロスの金額に加算することができるし、その削減量は「便益」として計算できる。一方、図の右側の企業の削減コスト（MAC は図の右側に位置付く）を用いると、マテリアルロスとしての環境負荷を削減するときに発生する「コスト」が得られる。理論的には、MFCA のコストと LIME の金額は同じディメンジョンであるため加算することが可能であるが、削減コスト（または回避コスト）はロスを削減もしくは回避するためのコストなのでディメンジョンが違うことに注意が必要である。つまり、MFCA で算出されたマテリアルロスコストは LIME の金額と加算することは、理論上は可能であるが、MAC の金額とは加算すべきではなく、削減するためのコスト金額としてそのことによって削減される効果と比較することが望ましいと考えられる。



（図 5-9 MFCA、LIME、MAC の比較）

なお、MFCA と LIME を統合したモデルの評価・検討は、「MFCA 高度化研究テーマ 1」で具体的な事例研究が行われているので、詳細は本報告書第 3 部第 2 章を参照されたい。

なお、5-3-3 以降では、企業の活用目的に応じた各手法の活用場面ごとに具体的な活用例を示しているが、すべての場面にわたりここで述べた考え方は同様に適用できる。

5-3-2. 企業目的に応じた各手法の活用場面

近年、環境影響統合評価手法を活用している企業が増えている。今のところ使い方は限定的のようであるが、企業が何らかの経営上の意思決定のため、あるいは、外部に対する報告目的で環境影響統合評価手法を用いる場面としては様々なものが考えられる。ここでは、環

環境影響統合評価手法が意思決定に用いられることが想定できる場面を検討する。

企業が環境影響評価手法を用いる場合、その目的は、何らかの経営上の意思決定のために評価結果を利用する「内部管理」目的と、説明責任の履行又は自らの活動や製品等の訴求のための「外部コミュニケーション」目的に大別できる。

また、企業が環境影響評価手法を活用する場合の適用対象としては、「製品」と「事業所（工場）」が考えられる。「製品」に関しては、「設計・開発→購買→生産→販売」というモノづくりに直接関連する機能ごとに手法を用いる場面が考えられる。具体的には環境配慮設計、グリーン調達、生産管理、環境情報による製品の訴求などが手法の活用場面として考えられる。一方、「事業所（工場）」に関しては、事業所全体としての **P-D-C-A** の環境管理システムに則り、手法を活用しうる場面が考えられる。具体的には、事業所における環境目標設定（環境効率、環境経営指標含む）、設備投資、環境パフォーマンス評価、環境報告（事業所のエコバランス、環境効率等含む）などが手法の活用場面になり得る。

この二軸、つまり、環境影響評価手法の「活用目的」と「適用対象」でマトリクスを作成すると表 5-4 のような活用場面の体系ができる。

(表 5-4 環境影響評価手法の活用が想定できる場面)

			内部管理			外部コミュニケーション
企業	製品	モノづくりに直接関連する機能	設計・開発 → 購買 → 生産 →			販売
		主な活用場面	(1)環境配慮設計 ・環境負荷の小さい製品の開発 ・環境負荷の小さいサービスの開発	(2)グリーン調達 ・環境負荷の小さい資材等の調達 ・環境に配慮した企業の選定	(3)生産管理 ・プロセスにおける環境負荷削減余地の特定	(4)環境情報による製品・サービスの訴求 ・製品等のライフサイクル全体で生じる通じて生じる環境負荷を提示することによる製品等の訴求 ・製品等のライフサイクル全体で生じる環境負荷を示す環境ラベリング
	事業所(工場)	事業所全体の環境マネジメント	環境マネジメントシステム Plan → Do → Check&Act →			環境情報の開示
		主な活用場面	(5)環境目標設定 ・企業・事業所における環境負荷削減目標の設定	(6)設備投資 ・環境負荷削減を目的とする設備投資の意思決定	(7)環境パフォーマンス評価 ・企業・事業所における環境パフォーマンスの測定・評価	(8)企業・事業所の環境報告 ・企業・事業所の環境パフォーマンスについての外部報告

5-3-3. 各手法の活用ガイドンス

以下に表 5-4 で示した活用場面ごとに、活用場面の説明とどういう状況でどの環境影響統合化手法を用いることが望ましいかをガイドンスとしてまとめる。また、MFCA 結果と連携した活用が有効と考えられる場合はその考え方を合わせて記述した。

<製品>

(1) 環境配慮設計

現在、製品のライフサイクル全体で生じる環境負荷を評価するツールとしてライフサイクルアセスメント (LCA: Life Cycle Assessment) 手法が用いられている。環境先進企業の開発部門では開発目標項目の一つに環境負荷の低減を掲げ、製品の開発・設計の各段階のデザインレビューなどで開発製品の環境配慮の評価が実施されている。

この場合、環境負荷の捉え方は各社様々である。エネルギー消費量、温室効果ガス排出量、資源投入量、用水使用量、オゾン層破壊物質排出量、酸性化物質排出量、廃棄物排出量などの代表を一つ又は複数選定し、環境負荷をそれぞれ個別に評価するに留まっている場合も多い。開発部門と環境部門が連携し、環境影響統合評価手法を用いることで環境負荷を統合的に評価することが可能となる。

また、単に環境負荷総量を単独で評価するのではなく、製品の環境効率（機能・仕様の向上／製品の環境負荷）などを開発目標に掲げ、評価をしながら開発を推進している企業もある。何れにせよトータルの環境負荷を算出する上では、環境影響統合評価手法が活用できる。

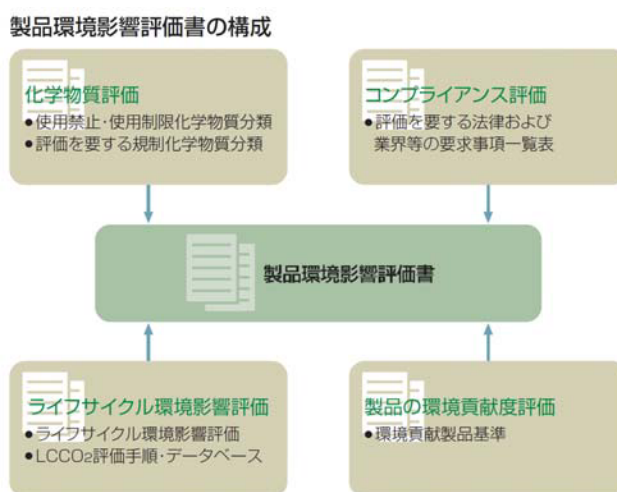
◆ 活用ガイドンス

環境配慮設計を行うことを目的にして環境負荷を統合的に算出・評価する場合、必要なインベントリデータに対する統合化係数が各手法に設定されていれば、LIME、JEPIX 及び MAC のいずれの手法を用いることも可能である。この場合、企業の業種や製品の種類または企業の考え方により手法の選択が異なることがある。自然環境や人間への被害度合いという観点からの評価をするのであれば LIME、企業の法的／規制的リスク（企業価値の低下）を考慮するのであれば JEPIX、技術開発などによる削減費用変化のリスクを考慮したいのであれば MAC の活用が有効である。また、こうした各手法の評価視点の違いは、以下（2）以降のすべての場面においても共通である。

また、製品の省資源化も環境配慮設計の重要な要素の一つであることを考えるのであれば、製品を小型化するなどによる資源枯渇の環境影響を評価できる LIME が望ましい選択肢となる。無論、資源枯渇についての環境影響を評価する必要はないと判断される場合は

この限りではない。また、**LIME** の場合、評価できる環境負荷物質（インベントリデータ）の数が他手法に比べて圧倒的に多いため、詳細なインベントリ分析を行って評価したい場合も **LIME** が望ましい選択肢になると考えられる。

積水化学工業では、製品の開発段階に「製品環境影響評価制度」を導入している。この制度は、全ての製品とその製造プロセスを対象に、開発から廃棄に至る全ライフサイクルでの環境影響を評価し、その評価に基づき環境負荷がより小さな製品や、環境の維持・改善に役立つ製品を開発することを目的としたものである（図 5-10 参照）。ここでの環境影響統合評価指標として、**LIME** を活用している。



（図 5-10 積水化学工業の製品環境影響評価（環境・社会報告書 2006 p29 より抜粋））

JEPIX については、資源消費よりも排出側の環境影響を重視する製品（例えば、使用段階でエネルギーを比較的多く消費する製品など）において、従来機種との比較を行う場合などに活用がされている。

環境効率やファクターなどを用いて製品の評価を行う場合も、環境負荷総量を計算するためには、上記と同じ考え方が適用できる。

更に、こうした環境影響統合評価手法と **MFCA** を組み合わせて活用することも考えられる。設計段階で量産時のマテリアルロスを検討できる製品も多い。例えば、打抜き工程や切削工程をもつ製品では、製造工程で出る端材や削り代（負の製品）は設計段階で決まる。薬品などのプロセス産業の場合は、開発そのものが工程设计に近く、マテリアルロスの少ない工程を設計するなど、開発時に製造ロス削減を検討する場合もある。また半導体など不良率が非常に高い業種では、不良率の低減が開発目標にもなり得る。こうした製品の設計・開発では、**MFCA** 手法を活用することにより、前述の環境影響統合評価手法による環境面からの評価に加えて、内部的なロスの金額換算が可能になり、より有用な情報を提供することができる。

（２）グリーン調達

環境に配慮した企業から環境に配慮した製品を優先的に購入するグリーン調達は、資材部門が中心となり多くの企業で実施されている。「環境に配慮した企業」や「環境に配慮した製品」を評価するために、環境部門と連携し企業や製品の環境負荷を算出する手法として環境影響統合評価手法を活用することが想定できる。

◆ 活用ガイダンス

ここでは、環境負荷量と価格は異なっているがそれ以外の特性が同一である二つの製品について、どちらを購入するかという意思決定を行う場合を考えてみることにする。それぞれの製品のライフサイクルでの環境負荷量と価格が表 5-5 に示すとおりであるとする。

（表 5-5 比較する製品の環境負荷量及び価格）

		製品 A	製品 B
環境負荷量	電力使用量 (MWh)	30	25
	燃料使用量 (GJ)	100	90
	水資源投入量 (m³)	30	35
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	19	16
	キシレン大気排出量 (t)	1	1.2
	廃棄物埋立処分量 (t)	0.2	0.3
価格 (千円)		500	600

この場合、購入の意思決定において価格のみを考慮するとすれば、製品 A は製品 B と比して安価であるため、製品 A を購入することになる。しかし、購入の意思決定において製品の環境負荷量を考慮することが許容されるようなケースでは（例えば、環境負荷の低い製品を優先的に購入するという組織の方針が存在する場合）、価格以外に環境負荷量が考慮に入れられる。

意思決定にあたって環境負荷量を考慮に入れる場合、ある製品の環境負荷量が全ての評価項目について比較対象の製品よりも優れているような場合、意思決定は比較的容易である。しかし、上記の例のように、電力使用量、燃料使用量及び CO₂ 排出量は製品 B のほうが小さいものの、水資源投入量、キシレン大気排出量及び廃棄物埋立処分量は製品 A のほうが小さいというような場合、「環境に与える影響が小さい製品はどちらか」という判断は難しくなる。このような場合、環境影響統合評価手法を用いることで個々の環境負荷量を統合評価し、その結果として得られる単一指標を比較することで「環境に与える影響が小さい製品はどちらか」という判断を行うことになる（表 5-6）。

(表 5-6 比較する製品の環境負荷量及び価格：統合評価結果)

		製品 A	製品 B
環境負荷量	電力使用量 (MWh)	30	25
	燃料使用量 (GJ)	100	90
	水資源投入量 (m ³)	30	35
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	19	16
	キシレン大気排出量 (t)	1	1.2
	廃棄物埋立処分量 (t)	0.2	0.3
	統合評価結果 (ポイント)	600	240
価格 (千円)		500	600

単一指標の比較からは、「環境に与える影響が小さい製品は製品 B である」という結論が導き出される。単一指標と価格を単純に個々に比較して意思決定を行うことも可能である。しかし、統合評価の結果として得られる単一指標が貨幣単位で表されていれば、環境負荷量と価格とのトレードオフをより明示的に示した上で比較を行うことができる (表 5-7)。

(表 5-7 比較する製品の環境負荷量及び価格：統合評価 (貨幣単位))

		製品 A	製品 B
環境負荷量	電力使用量 (MWh)	30	25
	燃料使用量 (GJ)	100	90
	水資源投入量 (m ³)	30	35
	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	19	16
	キシレン大気排出量 (t)	1	1.2
	廃棄物埋立処分量 (t)	0.2	0.3
	統合評価結果 (千円)	200	80
価格 (千円)		500	600
統合評価結果+価格 (千円)		700	680

一例としては、環境負荷の統合評価結果 (貨幣単位) と市場価格との合計額を比較することによって、外部環境コストを考慮した意思決定が可能になる。上記の例の場合、外部コストを考慮に入れた場合は、製品 B のほうが「安価」であるという結論を導き出すことができる。ただし、製品の価格と環境影響統合評価手法で算出された金額は、円という同じ単位であるが意味合いは異なるので、単純にこの様に足し算をして評価すべきかは議論されるべきである (図 5-9 MFCA、LIME、MAC の比較参照)。

このように、環境負荷の小さい資材等の購入の意思決定に環境影響統合評価手法を用いる場合、環境特性のみを比較するのであれば LIME、JEPIX 及び MAC のいずれの手法も用いることができる。この場合の選定の考え方は、「環境配慮設計」で述べたことが準用できる。環境特性と価格の両方を同じ次元で考慮に入れるとすれば、統合評価の結果として得られる単一指標を貨幣単位で表すことのできる LIME 及び MAC が活用できる。また、投入する資源枯渇による環境影響についても考慮したいという場合は、LIME が活用できる。

（３）生産管理

生産現場では、永遠のテーマであるコストダウン活動が続けている。プロジェクトチームを組んでの活動から日常的な QC サークル活動などまで推進方法も様々である。コストダウン活動の主だったものは、不良削減や歩留まり向上、生産タクトの改善などである。これらは、ロスを削減する活動でもあるため、コスト低減のみならず、環境負荷低減にも同時に役立っている場合が多い。MFCA を活用することでマテリアルロスにかけられたコストを明確にすることがきるが、環境負荷低減効果については、廃棄物の重量でしか算出していない場合が多い。環境部門と連携し環境影響統合評価手法を用いてマテリアルロスの削減に伴う環境負荷の削減効果を金額評価することができれば、マテリアルロスの低減活動に拍車をかける有益な情報になり得る。

◆ 活用ガイダンス

ロス削減と環境影響統合評価手法の組み合わせた活用については、「５－３－１ MFCA と環境影響統合評価手法との融合的利用の可能性」で詳しく述べたので、そちらを参照いただきたい。

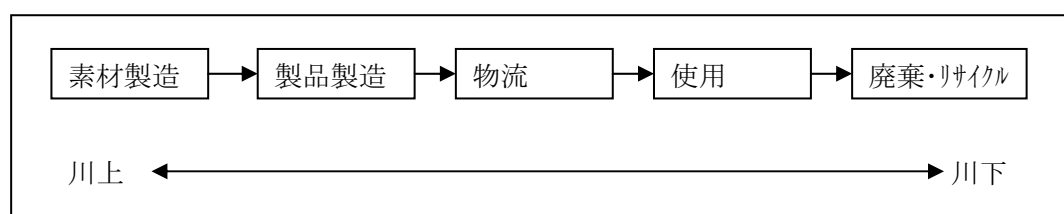
（４）環境情報による製品・サービスの訴求

製品やサービスに関して、機能、性能、品質、コスト、デザインという視点だけでなく、「環境性能」という視点で訴求を行う場合には、技術部門と環境部門が連携し、環境負荷総量の定量化のために環境影響統合評価手法を活用することが考えられる。家電製品などにおいては、環境報告書などで従来機種に対して新機種はこれだけ省エネ性能が向上した、リサイクル性を向上させた、などの事例紹介が列挙にいとまがない。また、使用段階での環境負荷が大きな製品（エネルギー消費量が大きい製品など）については、ライフサイクルコストに外部環境コストの金額を加算したトータルライフサイクルコストにて、当該製品の優位性を主張し得る。その他、機能・性能の向上に伴い製品の環境影響が大きくなる場合には、環境効率やファクターといった指標を用いて、環境負荷の上昇は機能・性能の向上よりも小さいことをアピールしている例もある。

また環境負荷が小さいということを「環境ラベル」という形で訴求が行われることもある。ISO では、環境ラベルを Type I（第三者認証型）、Type II（自己宣言による環境主張）、Type III（製品の環境負荷の定量的データの表示）に分類している。Type II や Type III においては、環境影響統合評価手法を用いて統合評価された環境影響量（単一指標）についても開示情報として加えるということも考えられる。

◆ 活用ガイダンス

企業は、こぞって環境配慮製品であることを顧客にアピールするようになってきている。この場合、ある一面だけを取り上げてあたかも環境配慮製品であるかのように訴求している場合も少なくない。混乱を招かぬように、ライフサイクルトータルでの環境影響を示す必要がある。図 5-11 にライフサイクルステージの概要を記した。



（図 5-11 ライフサイクルステージ）

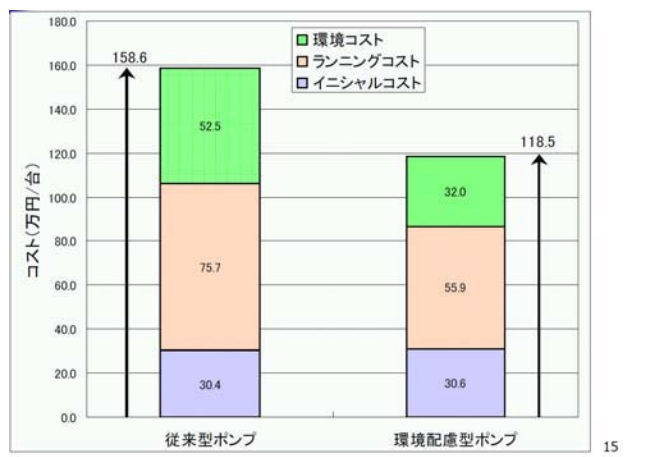
素材製造や製品製造などいわゆる川上のステージでの環境負荷が高い製品の場合、製品を構成する部材等の環境影響を的確に把握する必要がある。そのため一般的には天然資源を含めた評価可能な環境負荷物質の種類が他手法に比べて多く準備されている LIME の使用が有利になる。また LIME は一般消費者の意向を反映して統合化係数を決定しているので、一般消費財など消費者が手にする製品の評価には向いているともいえる。

一方、製品の使用段階など川下のステージの環境負荷が川上ステージに比べて十分に大きい製品（排水処理設備等使用段階が長く、多くのエネルギーを使う生産財など）の場合は、運用（使用）にかかる環境負荷、すなわちエネルギーや排出物などが主な環境影響になる。こうした環境負荷物質の種類は、比較的限定されることが多いため、用意されている対象負荷物質（インベントリデータ）の統合係数の種類が LIME に比べて少ない JEPIX や MAC であっても、対応可能な場合が多い。

MAC は、環境価値の統合を避けているので、環境影響についての価値観の違いに伴う無意味な議論を飛び越えて金額換算できるというメリットがある。また元々 MAC は TLCC（Total Life Cycle Cost）手法の環境面の評価のために開発されたこともあり、外部環境影響も加味した製品トータルのライフサイクルコスト算出に使われている。

荏原製作所では、製品のライフサイクルコストと MAC を用いた環境コストを加算してトータルライフサイクルコスト（TLCC）としての優位性を訴求している。図 5-12 は、従来型のポンプに対して環境配慮型のポンプはインシャルコストは若干高いが、ランニングコ

スト、環境コストがはるかに低いため、トータルライフサイクルコストは、従来型の 158.6 万円に対し、環境配慮型ポンプは 118.5 万円となることをアピールしている。



(図 5-12 従来型と環境配慮型ポンプの TLCC)

また、環境法規制に関連することが多い生産財の製品の場合、将来の規制措置から生じる費用を最小にするという観点から複数の製品を比較するなどの場合に、JEPIX による評価は顧客の納得性を得られやすいと思われる。

<企業・事業所>

(5) 環境目標設定

多くの企業では、環境部門が中心となり、事業所、企業あるいは企業グループ単位で環境負荷削減の目標を設定している。この際、CO₂ 削減など個々の環境負荷物質について削減目標を設定する場合だけでなく、複数の環境負荷物質について統合評価した単一指標で目標を設定することは十分に考えられる。また、単に総合的な環境影響そのものを目標にするのではなく、環境効率（企業の創出する付加価値／環境負荷）や企業独自の環境経営指標を開発し、環境目標の一つとして設定し活動する企業も増えているが、環境負荷総量を捉える場合には上記と同様に環境影響統合評価手法が活用できる。

◆ 各手法の活用ガイドンス

企業が、複数の環境負荷物質について統合評価した単一指標で目標を設定する場合、最初に、どの環境負荷物質について統合評価するかを決定する必要がある。この際、重要な環境負荷物質が網羅的に評価対象となっていることが重要である。例えば、表 5-8 の例のような場合、VOC 排出量を評価対象から除外することは、重要な環境負荷物質が漏れてしまうことになるため、好ましくない。逆に、SO_x 排出量のように全体に占める構成比が小さい環境負荷物質については、統合評価の対象から除いてしまうという判断もありえる。

表 5-8 の場合、環境影響統合指標は 335 であり、これを環境目標として毎年改善してゆくことで、事業所（工場）トータルの環境負荷の削減が効果的な取り組みになる。

（表 5-8 企業の環境負荷の統合の例）

	インプット量／ アウトプット量	統合指標（無次元）	構成比
水資源投入量（千 m ³ ）	80	30	9%
CO ₂ 排出量（千 t-CO ₂ ）	200	150	45%
SO _x 排出量（t）	10	2	1%
NO _x 排出量（t）	50	15	5%
VOC 排出量（t）	80	100	30%
廃棄物埋立処分量（t）	300	30	9%
COD 負荷量（t）	10	8	2%
計		335	100%

統合指標の絶対値で目標設定する以外に、環境効率指標で目標設定を行うという選択肢もある。この際、「企業の創出する付加価値」のような貨幣単位の指標と統合指標（無次元）の比率によって、環境効率指標を求めることが一般的である。例えば、「企業の創出する付加価値」が 600 億円、統合指標の値が 335 であれば、環境効率指標は 1.8（= 600/335）と計算される。

その他、企業独自に環境効率指標をベースにアレンジして、環境経営度を示す指標を設定することも行われている。その場合でもトータルの環境負荷総量を必要とする場合が多く、上記と同様の考え方が必要になる。

以上のように複数の環境負荷物質について統合評価した単一指標を用いて目標を設定する場合、LIME、JEPIX 及び MAC のいずれの手法も適用可能である。製品のライフサイクルでの詳細な影響評価でなく、事業所全体の年次変化をマクロ的に把握するといった活用では、JEPIX や MAC は比較的シンプルで活用しやすい。但し、対象とするインベントリデータに対応する統合化係数が準備されているという前提がある。

積水化学工業では、積水化学グループの環境経営指標として「セキスイエコバリューインデックス」を設定している（図 5-13 参照）。この指標を用いて、環境経営の効率を、2010 年度に 2004 年度比で 2 倍にすることを目標としている。ここでは、グループの総合環境負荷の算出に JEPIX を用いている。

$$\text{「セキスイエコバリューインデックス」} = \frac{\text{環境付加価値} \quad \text{(環境貢献製品の売上高+外部経済効果)}}{\text{グループの総合環境負荷} \quad \text{(JEPIXによる統合値)}}$$

(図 5-13 セキスイエコバリューインデックス)

また、MFCA を用いることで別の情報を提供し、異なる目標値を設定することも考えられる。現在多くの会社で環境経営指標として、環境効率、すなわち、「企業の創出する付加価値／環境負荷総量」をベースにしている。ここで「企業の創出する付加価値」は、売り上げ又は利益を使う場合が多い。事業所全体で MFCA を導入していれば、事業所全体の「正の製品コスト」と「負の製品コスト」が算出できる。MFCA から得られるこうした情報を踏まえ指標の検討もできる可能性がある。例えば、上記の環境効率の式の分子「企業の創出する付加価値」を、「正の製品コスト」や「負の製品」に置き換えることで、異なる意味合いの指標も考えられる。

(6) 設備投資

設備投資の意思決定は、一般的に回収期間法、ROI (投資利益率)、NPV (正味現在価値)、IRR (内部利益率) などを用いて投資採算性に基づいて行われる。

新規設備導入により、排出物の量も大きく変化することが考えられ、MFCA を活用することで、廃棄物の排出量の変化にともなう本当のコストメリット又はコストロスが算出できるので、より正確な投資採算性の評価が可能になる。

また、新規設備導入により、環境影響も大きく変化することが考えられる。どの様に環境影響を考慮するかは別にしても、環境配慮を推進する企業であれば、環境影響をまったく考慮しないわけにはゆかないであろう。まして、環境法規の基準をクリアするなど環境配慮のための設備投資であれば、なおさらである。環境影響統合評価手法は設備投資の意思決定に有用な情報を与え得る。

◆ 活用ガイドンス

経済性評価は、通常既存の設備をそのまま使い続けた場合に予想される資本投資（追加設備導入や修理のための投資）や運用費用の見積額と、考慮中の設備投資プロジェクトを実行した場合の資本投資、運用費用の比較で行われる。この投資採算性を評価するために、いくつかの投資採算性評価手法が用いられているが、ここでは、計算が容易な ROI を用い

て、①経済性評価、②MFCA 結果を加味した評価例、③環境影響統合評価を経済性評価に入れ込んだ仮想例を示す。

① ROI による経済性評価

投資評価に用いられる場合、ROI は単純に「 $ROI = \text{利益（あるいは原価節約額）} \div \text{投資} \times 100$ 」として求められる。表 5-9 は、仮想的な設備投資プロジェクトの利益、投資額を示したものである。この場合、代替案 A の ROI は 122 ($=720/590 \times 100$)、代替案 B の ROI は 115.7 ($=810/700 \times 100$) となり、通常、ROI の大きい代替案 A が選択される。

(表 5-9 仮想的な設備投資プロジェクトの利益、投資額及び経常支出)

(単位：百万円)

年		0	1	2	3	4	5	計	ROI
代替案 A	利益（原価節約額）	0	120	150	150	150	150	720	122
	投資額	590						590	
代替案 B	利益（原価節約額）	0	130	170	170	170	170	810	115.7
	投資額	700						700	

② MFCA 結果を加味した評価例

新規設備の投入により、排出物の量も大きく変化することがある。MFCA を活用することで、排出物に起因するシステムコストやエネルギーのロスを含め、それまで見えていなかったコストが明らかになる。表 5-10 は、新規設備の導入に伴って、排出物が低減された部分を MFCA で計算することにより、従来 of 計算による利益（原価節約額）には含まれていなかったコストメリット（原価節約額）が得られる場合の例である。

このコストメリットを加味すると、代替案 A の ROI は、126.3 ($= (720+25)/590 \times 100$)、対代案 B は、126.4 ($= (810+75)/700 \times 100$) とほぼ同等の値になる。

(表 5-10 仮想的な設備投資プロジェクトの利益、投資額及び経常支出)

(単位：百万円)

年		0	1	2	3	4	5	計	ROI
代替案 A	利益（原価節約額）	0	120	150	150	150	150	720	126.3
	MFCA による従来 見えていなかった コストメリット		5	5	5	5	5	25	
	投資額	590						590	
代替案 B	利益（原価節約額）	0	130	170	170	170	170	810	126.4
	MFCA による従来 見えていなかった コストメリット		15	15	15	15	15	75	
	投資額	700						700	

③ 環境面の考慮

ここで、設備投資によって想定される環境負荷物質の削減についても更に考慮に入れる場合について検討することにする。ここでは、一例として「CO₂ 排出削減による便益」を加算したうえで ROI を計算することにする。表 5-11 に仮想例を示す。なお、この例では、CO₂ 排出削減による便益を便宜的に LIME の統合化係数値 1.74 千円/t・CO₂ で計算している。この場合（環境負荷削減の便益をそのまま利益と同等に考慮に入れた場合）では、代替案 A の ROI は 219.2 (=1293/590×100)、代替案 B の ROI は 233.6 (=1635/700×100) となり、代替案 B が選択される可能性が高い。

(表 5-11 仮想的な設備投資プロジェクトの利益、投資額、経常支出及び環境負荷削減)

(単位：CO₂ 排出削減量以外は百万円)

年		0	1	2	3	4	5	計	ROI
代替 案 A	利益（原価節約額）	0	120	150	150	150	150	720	219.2
	MFCA による従来見えていなかったコストメリット		5	5	5	5	5	25	
	投資額	590						590	
	CO ₂ 排出削減量 (t)	0	60,000	64,000	64,000	64,000	64,000	316,000	
	CO ₂ 排出削減による便益	0	104	111	111	111	111	548	
	利益+MFCA+CO ₂ 排出削減による便益	0	229	266	266	266	266	1293	
代替 案 B	利益（原価節約額）	0	130	170	170	170	170	810	233.6
	MFCA による従来見えていなかったコストメリット		15	15	15	15	15	75	
	投資額、経常支出	700						700	
	CO ₂ 排出削減量 (t)	0	70,000	90,000	90,000	90,000	90,000	430,000	
	CO ₂ 排出削減による便益	0	122	157	157	157	157	750	
	利益+MFCA+CO ₂ 排出削減による便益	0	267	342	342	342	342	1635	

なお、この例では簡略化のため CO₂ 排出削減量のみを金額換算評価しているが、統合化手法を使っているため、CO₂ 以外の複数の環境負荷物質についても統合して金額換算評価し、ROI を計算することも可能である。

金額単位で環境負荷を評価できる環境影響評価手法としては LIME 及び MAC がある。しかし、MAC の場合、LIME のように環境負荷物質の外部コストを金額評価して単一指標化しようとするアプローチではなく、環境負荷物質の市場での削減費用によって単一指標

化しようとするアプローチであるため、便益としての計算に用いるには無理があると思われる。このため、このような費用と便益を比較する投資の意思決定の場合において、外部環境影響の削減による便益を求めるのであれば、**LIME** が適切な選択肢になると考えられる。

（７）環境パフォーマンス評価

多くの企業では、環境部門が音頭をとり、事業所、企業あるいは企業グループ単位で環境パフォーマンスの測定・評価を行っている。「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン 2002 年度版」によれば、インプットとして、①総エネルギー投入量、②総物質投入量、③水資源投入量を、アウトプットとして、④温室効果ガス排出量、⑤化学物質排出・移動量、⑥総製品生産量又は総製品販売量、⑦廃棄物等総排出量、⑧廃棄物最終処分量、⑨総排水量を事業者が把握すべきコア指標として設定している。

この際、個々の環境パフォーマンス指標について測定・評価を行うだけでなく、複数の環境パフォーマンス指標を統合評価した単一指標で測定・評価を行うことは十分に考えられる。

また、事業所全体で **MFCA** を実施している場合は、事業所から出る排出物（負の製品）の経済価値を図り知ることができるので、この値と統合化した環境パフォーマンスを組み合わせての評価ができる可能性がある。

◆ 活用ガイダンス

基本的に個々の環境パフォーマンス情報について、環境影響統合評価手法を用いて単一指標にして管理する場合は、（５）環境目標設定で述べたガイダンスが準用できる。つまり物質投入量や廃棄物処分量による影響を除外して、環境パフォーマンスの年次変化をみてゆくのであれば、**LIME**、**JEPiX**、**MAC** の何れも活用可能である。但し、上記の環境パフォーマンス指標ガイドラインに従い、9 項目のパフォーマンスについての環境影響統合指標を得たいのであれば、投入物質や廃棄物の環境影響を加味できる **LIME** が選定され得る。

また、**MFCA** との関連についても、（５）環境目標設定で述べたとおりである。

（８）企業・事業所の環境報告

近年では、多くの企業の環境部門を中心として「環境報告書ガイドライン」や「GRI サステナビリティガイドライン」などを参考にして環境目標や環境パフォーマンス指標などを含めた環境報告を行っている。また、化学物質排出把握管理促進法（**PRTR**）に基づく化学物質排出移動量届出など規制に基づいた報告が行われている。ここでも環境負荷総量を

単一指標で表現するためには、環境影響統合評価手法が活用され得る。

◆ 活用ガイダンス

企業・事業所の環境報告の内容は、環境目標、環境パフォーマンスデータ及び環境配慮製品などが中心的であるが、この場合の手法活用ガイダンスは「(5) 環境目標設定」、「(7) 環境パフォーマンス評価」及び「(4) 環境情報による製品・サービスの訴求」に述べたとおりである。

ここでは、環境経営指標に関して少し異なる考え方を紹介する。環境効率や多くの企業の環境経営指標は、付加価値と環境負荷を割り算形式で表現する場合が圧倒的に多く、引き算形式にしている例もある。イギリスの SIGMA (Sustainability Integrated Guidelines for Management) ガイドラインが提唱する環境会計はその一つである。SIGMA 環境会計の特徴は次のとおりである。

- ・ 環境への負荷について法律や規制あるいは科学的根拠に基づいて設定された排出上限を決め、
- ・ 企業の排出したその上限を上回る量を「サステナビリティ・ギャップ」とし、
- ・ それを削減すべくために企業が支払うべきコストを「サステナビリティコスト」として算出し、
- ・ その額を企業の税引後利益から控除する。

このようにして、外部環境影響も考慮した「環境持続可能調整後利益」を算出している。その雛形を表 5-12 に示す。

SIGMA 環境会計のように企業の利益から控除する場合は、LIME と MAC が金額換算されるという点から対応可能である。SIGMA 環境会計では、「サステナビリティコスト」の算出は、算出の容易性から回避コストによって行うことが望ましいとしており、その点からは規制ターゲットを達成するために市場でかけられている対策費用を元に算出する MAC の活用は親和性が高い。しかし、一方で環境への影響という面で評価するならば被害コストを基準とするほうが望ましいという議論もあり、LIME の活用も期待される。

また、SIGMA の例では、売上高から製造原価を引いて税引後利益を出しているが、MFCA を利用し、ロスを削減することで製造原価が削減すれば、当然税引後利益が向上する。それと同時に環境への影響であるサステナビリティコストも削減される可能性が高い。つまり、MFCA を活用しマテリアルロスを削減することは、環境持続可能性調整後利益を税引後利益の向上とサステナビリティコストの削減という両面から向上させることが可能となる。

(表 5-12 SIGMA の環境会計)

排出/環境影響	排出量(t)	サステナビリティ・ギャップ(t) A	適切な項目を設定	
			回避・回復費用の 原単位 B	回避・回復総費用 $C=A \times B$
大気への影響				
直接的なエネルギー消費	X	A	B	C
製造関連排出量	X	A	B	C
輸送	X	A	B	C
土壌への影響		X		X
水域への影響		X		X
サステナビリティコスト				XXX
税引後利益				XXX
環境持続可能調整利益				XXX

参考資料（MFCA の高度化研究に関する参考資料）

参考資料（１） MFCA 現状に関する訪独調査結果報告

1. 目的

MFCA の高度化研究を目的とした WG の調査活動の一環として、MFCA 先進国であるドイツにおける資源生産性向上の活動、マテリアルフローマネジメント、MFCA のシステム化の状況、MFCA の SC 展開などの状況に関する現状を調査し、MFCA 高度化に関する方向性、およびその事例を研究する。

2. 期間 現地：10月23日（月）～27日（金）（日本発22日、日本着29日）

3. 調査先（訪問日）と、訪問先の主な対応者

- IMU、環境経営研究所（10/23、10/25）：Prof. Dr. Bernd Wagner、Dr. Markus Strobel（以下の調査先は、IMU の Dr. Strobel に、訪問の調整をしてもらった）
- Rohleitungsbau Süd 社（10/23）：Mr. Edwin Ferhadbegvic
- Merckle-ratiopharm 社（10/24）：Mr. Mullhauser, Mr. Wenger
- PCI 社（10/24）：Mr. Werner Schmid
- ブッパタール研究所（10/26）：Dr. Christa Liedtke、Mr. Michael Ritthoff
- ドイツ連邦経済技術省（10/27）：Dr. Uwe Sukowski、Mr. Mario Schneider (VDI/VDE)

4. 訪問者

- 中寫道靖 関西大学商学部教授（MFCA 高度化研究 WG2 リーダー、WG1 委員）
- 下垣彰、山田朗 株式会社日本能率協会コンサルティング（MFCA 事業事務局）
- 川路由美（ドイツ在住の通訳）

5. 調査結果の概要

1) MFCA のシステム化と MFM (Material Flow Management)

- IMU の指導による MFCA の ERP システムは、コストセンターを単位として計算している。MFCA システム構築では、既存のデータベースに、MFCA の計算モジュールと、そのレポートシステムを追加するだけでできる。
- ただし、材料、仕掛品、製品などの在庫の増減（ロス）や、水やエネルギーなどの流れもすべて追いかけて、工場でのすべての Material のロスを管理できる。
- これは、MFCA にもとづく、ロスを「見える化」「気づかせる」仕組みと言える。
- IMU が重視しているのは、MFCA の計算のシステムだけでなく、そのレポートデータを活用した、管理、改善の仕組みと、組織開発としての役割明確化、規定化。
- これは、ERP システムを活用する大企業も、それを持たない中小企業も同じ。

2) 日本型の MFCA の拡大、普及に関して

- 日本での MFCA 普及の際、各企業の最初の MFCA モデルは、その会社、工場の代表的な製品や製造ラインを対象に、MS-Excel で行なうことが多い。それは、MFCA のアプローチとして妥当で、ERP 統合は将来モデルという位置づけになる。
- ただし ERP 統合化しても、詳細分析ツールとして MS-Excel のものも必要という認識を、Prof. Wagner は示した。(コストセンター単位での MFCA 計算なので)

3) Material Efficiency の取り組み、MFCA の拡大、普及に関する政府の政策

- 連邦政府、州政府と、それぞれが様々なプロジェクトを設けている。
- MFCA、MFM そのものが、6 年前のバイエルン州の支援金（補助金）によるプロジェクトを通して、開発された。
- 現在、連邦政府、州政府それぞれ、中小企業への支援プロジェクトを行っている。

4) サプライチェーンの MFCA 展開、MFM、Material Efficiency の取り組みの状況

- 今回の調査で、特徴的な事例、動きは見受けられなかった。

6. 調査先と調査内容の概要

No.	訪問先	訪問日	調査および討議の主なテーマ
(1)	IMU	10/23	IMU の MFCA、MFM に関するプレゼンテーションと質疑
(2)	RS 社	10/23	中小企業での MFCA、MFM 実践事例
(3)	IMU	10/23	中小企業における MFCA、Material Efficiency に関する政府の支援政策と取り組み
(4)	Merckle-Ratiopharm 社	10/24	大企業での MFCA、MFM 実践事例-1 (MFCA のシステム化事例)
(5)	PCI 社	10/24	大企業での MFCA、MFM 実践事例-2 (MFCA のシステム化事例)
(6)	IMU	10/25	日本での MFCA 普及・研究活動に関する Prof. Wagner のコメント
(7)	IMU	10/25	Prof. Wagner から、ドイツにおける MFCA、MFM、Material Efficiency の研究、普及の取り組み、プログラムの紹介
(8)	ブッパタール研究所	10/26	国家、業界レベルの Material Efficiency 研究
(9)	ドイツ連邦経済技術省	10/27	ドイツ連邦経済技術省の Material Efficiency に関する政策

7. 個別調査報告

(1) IMU、環境経営研究所 (10/23) : Prof. Wagner、Dr. Strobel、IMU の MFCA、MFM に関するプレゼンテーションと質疑

① MFCA 開発の経緯

- Eco Balance から MFCA を開発した。中小企業は MS・Excel、大企業は ERP を活用。
- MFCA は計算だけ。それを活用した企業を変える手法として、マテリアルフローマネジメント (MFM : Material flow management) がある。MFM は、Change マネジメント、Innovation マネジメントの仕組みも含んでいる。

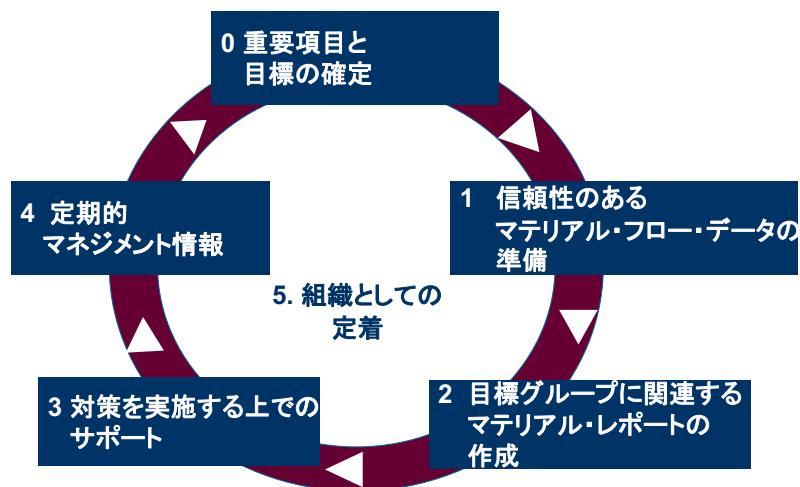
② 2000 年以降の MFCA の取り組み

- Phase 1 「環境保護から環境マネジメントへ」 (対象 : 環境マネージャーが対象)
- Phase 2 「環境マネジメントからマテリアルフローマネジメントへ」 (対象 : ERP を管理している人、データ処理、コスト管理、生産管理など)
- Phase 3 「MFCA データとプログラムから、インプリメンテーションとマテリアル効率に対する組織革新コンピタンスへ」 (対象 : 生産部門マネージャーと経営陣含め、MFCA に係わる人全て。MFM はそのツールのひとつ)
- Innovation 能力をどう伸ばすかを調査しわかったことは、問題は技術や資金ではなく、部門を越えた協働、担当者とマネージャーの協働だった。
- 実際、各部門のマネージャーが協働していないことが多く、縦、横のコミュニケーションをとり、人、組織から変革することが重要。

③ ドイツ製造業のコスト調査と考察結果

- ドイツ製造業のコスト構造を調査した結果、マテリアルコストが平均で 57% を占めることが判明。これが新しい考えを提案することにつながった。
- マテリアルコスト 57% の内訳として、約 3% がロスで、54% が良品。ただし良品にもロスが含まれており、より省資源の製品にすることができる。

④ Material flow controlling : 持続性のある改良プロセス

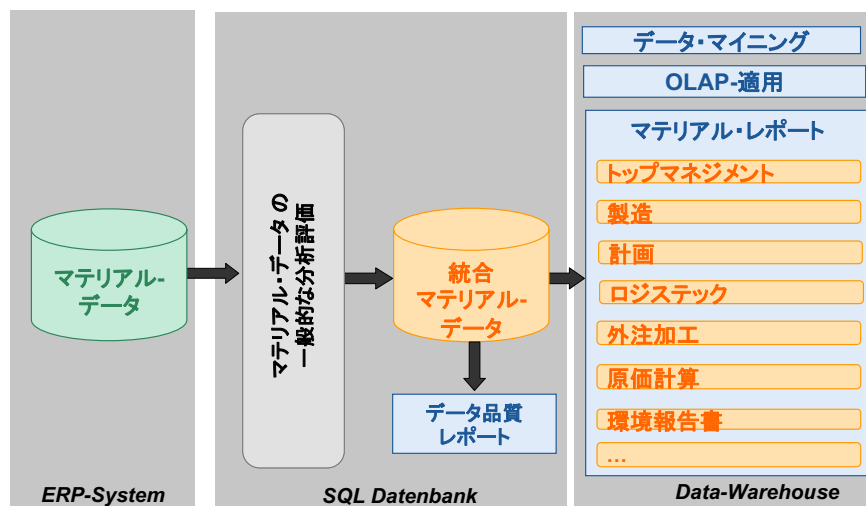


- 先の Phase 3 「MFCA データとプログラムから、インプリメンテーションとマテリアル効率に対する組織革新コンピタンスへ」に相当
- これは、PDCA をまわすという意味で、EMS や QC サイクルと類似しているが、より経営的な位置づけである。

⑤ フローモデルと ERP-SYSTEM

- まずマテリアルを詳細に調査し、そのデータが ERP-System に入っているかを調べる。
- 生産オーダー／倉庫／コストセンターが重要。SAP R/3 もこの 3 つの分類。
- MFCA とデータの関連をつかむ。
- すると、あまり会社の人も知らない。→ 統合的な改善を考えるようになった。
- ミスをどの様に改善するか計画する。データの品質は重要。

⑥ MFCA の ERP システム事例



- ある会社の場合、年間 50 万件のオーダー。原料 50 kg で、製品 30 万個を作るが、その中のマテリアルロスがわからない。
- イン／アウトの差異は、ロスとは限らない。在庫があるから。
- 6 つのプロセスで生産し、ロット No. で管理している。
- MFCA 計算の結果、マテリアルロスが 12,043,000EURO あることが判明。
- システムロス、約 2,500,000EURO
- MFCA の計算によるマテリアル・レポートを継続的に作成

⑦ データ収集、統合、レポートの部分の具体的な流れ

- ERP の他、BDE などのデータベースから情報を SQL のデータベースに集約
- 明日訪問する大企業 2 社とも、SQL データベースを持っている。
- 各部門に必要なデータを送るときには、別システム (Business Warehouse) を使用
- Q: SAP R/3 を運用している中で、MFCA を取り込んだのか
A: MFCA の前から SAP R/3 を活用。MFCA の対応で SAP R/3 を修正したが、修正はさほどコストがかからない。社内でも可能。

⑧全体

- 中小企業は、MS-Excel ベースで計算を実施している。しかし、手間を考えると ERP に入れ込んだ方がよい。
- ERP は安定しているが、フレキシブルでないという欠点もある。
- あるレベルを過ぎたところは、ERP にしたほうがよい。限界値がある。
- そのためには、我々のようなスペシャリストがシステムを簡易化することが重要。

⑨今回の MFCA 訪独調査についての説明

- Rohleitungsbau Süd：中小企業のマテリアルフローマネジメント事例
- Merckle / Ratiopharm：大企業の ERP 統合マテリアルフローマネジメント事例
- PCI：大企業の ERP 統合マテリアルフローマネジメント事例
- サプライヤーとの連携について：A 社とサプライヤーの B 社の MFCA を統合するようなことは行っていない。

⑩ドイツ連邦全体でのマテリアルフローマネジメント導入企業数とコンサルティング

- ドイツ全体でのフローマネジメントの導入企業数は、IMU でサポートしている企業で 40-50 件。バイエルン州のプロジェクトのときに作ったハンドブックをもとに、自社で独自に取り組み企業を入れると、100 社程度になる。
- コンサルティングの日数や期間だが、テーマにより様々である。短いものでは 5 日、長いものでは 200 日（3 年間）である。

(2) Rohleitungsbau Süd 社（10/23）：中小企業での MFCA、MFM 実践事例

◎この事例の概要

- RS 社は、IMU が MFCA 導入を支援した企業。中小企業での MFCA 導入であり、簡易的な計算を行った。MFCA 導入は 2000 年。簡易的な MFCA を使った MFM（マテリアルフローマネジメント）の実践企業。

①会社、工場概要

- 大型の容器、機械の開発、製造（製紙、化学、食品、飲料向けに、乾燥機などのステンレス製容器、装置、設備、環境技術製品やエンジニアリングも含む）
- 設立：1975 年、現在の従業員：75 名、年間売上：約 600 万 Euro

②工場と製造の特徴

- 個別受注生産を行なう製品はステンレス製で、1 台当たり 40～50 トン使用。
- 製造プロセスは、ステンレス材料加工－溶接－表面処理－組立。
- ステンレス材料加工時に、材料の端材が大量に発生する。
- MFCA による改善前は、材料の棚が工場建屋の外で。そこから、材料を持ち込み、加工（カッティング）して、端材をまた、外の棚に戻っていた。気候が寒いこともあり、材料が凍結したりすることもあり、非効率だった。
- 現在は、材料棚、端材の棚は、カッティング工場の中に移動し、効率化された。

③MFCA 計算と改善の内容

- 端材はステンレスの厚み別に保管し、マイスターが 2 週間に一度チェック。小さす

ぎる端材をチェックし、廃棄する材料を指示している。

- 端材による廃棄物（の負の製品コスト）は材料費の 5%だった。MFCA による改善後、端材の活用が進み、その 30%が節約できた。
- 材料のロス量は、廃棄物を業者に出す際に計量し、そこから計算、把握した。
- 大企業と異なり ERP のシステムはなく、MFCA の計算は簡易的な方法。しかし、製品組立までで用いるすべての材料を計算に含めた。ただし、システムコストは、MFCA の計算に入れていない。

④MFCA 導入の背景と課題

- RS 社の MFCA は、6 年前のバイエルン州の奨励プロジェクトで始まった。
- 当時、ステンレス材料が高騰し、50%もの値上げになった。RS 社もマテリアルコストが非常に上がった。
- そのこともあり、RS 社の経営陣が、IMU からの提案のプロジェクトに参加した
- 端材の有効活用がキーポイントであった。

⑤MFCA、フローマネジメントの導入

- IMU の指導で、マテリアルフロー図と情報フロー図を作成した。
(Dr. Strobel : 情報フロー図は、マテリアルのフローの制御を行う情報の流れを表すもので、問い合わせやコミュニケーションなども含まれる。)
- IMU のツール (EPK) を使い、業務プロセスを明確にし、組織のネックが分かるようになった。例えば、端材倉庫に関しては、その責任者がいないことが問題であり、フローマネジメントを導入、活用し、定着化させた。
- その分析から具体的な問題、欠陥（端材の再利用率が低い）が明確になった。

⑤MFCA、フローマネジメントによる対策、改善

- 投入マテリアルの流れと、それを制御（管理）する情報の流れを明確にした。
- 組織を効率化し、管轄と権限、業務プロセスと組織の役割分掌を明確にした。
- 端材倉庫を新設し、端材に材料番号を振り、後で使いやすくした。
- 端材の面積が 0.5 m²以上のものは、端材倉庫に入れるという基準を明確にした。
- 業務プロセスを 14 種類、業務の内容と流れを明確にし、業務一つ一つを、その業務内容と権限などを定義し、職務規定を明確にした。（従来も、ある程度実施はしていたが、不十分）

⑥プロジェクトの効果

- 雇用拡大：材料の節約のために、生産準備社員を 2 名増員
- 端材再利用率：20%向上、材料ロス率：30%削減
- そのほか、設計の見直しも行い、材料費が 6 万 Euro/年の節約になった。

⑦MFCA、マテリアルフローマネジメントの現状と方法に関して

- マテリアルフローマネジメントの現在：現在、MFCA の計算は行っていないが、端材の管理など、フローマネジメントで追加した管理事項は、今も継続している。
- 簡易的な MFCA：端材、その節約分の重量を、仕入れ重量、製品重量と廃棄処理重量の差分で計算した。また、システムコストは計算に含めていない。

(3) IMU (10/23): Dr. Strobel、Dr. Enzler、中小企業における MFCA、Material Efficiency に関する政府の支援政策と取り組み

①MFCA 開発当初の行政の支援政策

- MFCA 導入当時（6 年前）は、バイエルン州の奨励プロジェクトがあった。
- その奨励プロジェクトとは、州政府がフローマネジメントの開発に 250 万 Euro（3 年間のプロジェクトの総額）の補助金を出したものだ。
- 12 件のプロジェクトを実施し。その中で、MFCA と情報フロー、計算の方法確立を行った。ERP システムの中で用いている SQL データベースも、その補助金があって開発できた。
- バイエルン州の補助金は、その 3 年間で終了。

②現在の中小企業向けの行政の支援政策と IMU の関わり方

- 現在、ドイツ連邦の経済技術省は、資源効率向上に取り組む中小企業に、補助金を出すプロジェクトを行っている。総額 2,000 万 Euro で、今年から始まった。
- IMU は、中小企業のマテリアルフローマネジメントの導入を 15 件扱っている。
- その 15 社のコンサルティング費用は、ドイツ連邦の経済技術省の補助金を受けることができる。ただし、コンサルティング費用全体の 50%まで。残りの費用は、それらの中小企業（15 社）が自らの負担である。
- その経済技術省のプロジェクトはまだスタートしたところで、プロジェクト参加企業を、IMU が宣伝して集めている。商工会議所などと協力し、セミナーやワークショップを年間 4 回開催している。

③中小企業のフローマネジメント事例におけるサプライヤーとの連携

- サプライヤーと関連した改善事例は、15 件の中ではわずかしかない。
- スチール会社で、サプライヤーのスチールの成分比率が、後加工で問題を起こすということの解決につながった。問題とは、スチールの成分により、材料の中で化学反応が起こることで、その硬度が高くなり金型を壊してしまう。その性質と影響に関する情報を、サプライヤーと交換情報し、協力して改善を行なった。
- アルミ会社で、棒状の製品のたわみが問題になった。1 mmでもたわむと加工が難しくなる。たわみ寸法の情報を、サプライヤーから得ることが問題になった。
- その際、納入価格が上がるということは特になかった。サプライヤーにとっては、クレームが下がり、業務が効率化するなどのメリットがあったため。

(4) Merckle-ratiopharm 社 (10/24): 大企業での MFCA、MFM 実践事例-1

◎この事例の概要

- Merckle Ratiopharm 社は、IMU が MFCA 導入を支援した企業である。
- MFCA の管理システム導入、構築の開始は 2004 年。
- 国際的な大企業での MFCA 導入であり、非常に精緻な MFCA を組み込んだ情報システムによる管理の仕組み（フローマネジメント）を構築。
- IMU の支援した MFCA でも、最先端の事例

①会社、工場概要と製造の特徴

- 主なグループ企業 4 社の製薬会社。従業員：5290 名、売上：約 10 億 Euro
- このグループは、ヨーロッパの製薬業界でも最も大きい。
- 製薬は、工程が非常に複雑で、Merckle では、製品の種類が非常に多い。
- 製薬では多くの材料を必要とし、材料費の割合が高い。

②背景

- 2004 年に IMU とマテリアルフローマネジメントのプロジェクトを立ち上げた。
- 当時、生産における Material データの品質が悪かった。
- 当時はすでに SAP R/3 を使っており、データは膨大にあったが、それらのデータを評価されることがなかった。また、企業内での材料の購入コスト、在庫品のコストが不明確で、企業内での管理指標に入っていなかった。
- ただし、製造工程の各所で測定し、Material のデータの保存はしていた。

③MFCA、フローマネジメントの導入

- 次の 4 つのステップで MFCA とフローマネジメントの導入を行った。
- 2004 年スタートし、12 ヶ月を次のステップに進めた。
- Step1：データ品質向上（記帳の改善、基礎データの見直し、社員教育）
- Step2：Material Reporting のシステム構築
- Step3：Material Reporting を活用した組織的な改善の仕組みを構築
- Step4：組織的な対策、Material データをコーディネーションする担当を設置し、Material データの処理、整理を始めた。
- 組織的な改善の仕組みの目的は、Material Value のロスを削減、工程の確実性の向上、コストダウン、および、データ品質を向上し、投資判断などの確実性を高めること。
- サプライチェーンに関しては、外注企業に中間製品を作ってもらうことがあり、そこで外注企業との材料の出入りのデータを管理している。外注企業の中の製造プロセスのデータは対象に入っていない。

④Material Loss 削減の改善テーマの抽出、設定

- 2004 年に Material Loss 削減の改善テーマを 70 件作った。
- わが社にも提案制度や改善の制度はあるが、IMU の支援がなければ、全部門を統合するテーマを 70 件も出すことはできなかった。
- 各改善テーマには、5 名から 10 名、当事者（テーマの担当者）が参加。
- 70 のテーマを、2005 年から順次、実施した。
- 実際に改善テーマを設定する際、まずコンセプトを理解してもらうためのワークショップをいっぱい行った。また、Material Value を算出する際には、IMU がいないとできなかった。

⑤Material Flow Management の仕組み（ERP システム）について

- Material Reporting がこの仕組みの核である。
- SAP R/3 から Material Data を抽出し、SQL Database に入れて、Material Flow

(MFCA) の計算を自動的に行う。(月に 1 回)

- 計算結果を SAP R/3 のアプリケーション (Data-Warehouse) に戻し、Material Report を作成する。
- 完成品や、その一つ一つのコンポーネントの中のロス进行评估して、それを生産工程と生産オーダーごとに、ロスが見えるようになった。
- Material Report の書式は、経営層、生産部門、原価計算部門、在庫管理部門、物流部門など、部門ごとに作ってある。
- 従来の原価計算では、Material のロスは、おおよその割合で計算をしていたが、MFCA によりロスの計算をしやすくなった。

⑥Material Flow Management 導入の進め方

- 2005 年 5 月ころから、部門ごとに書式を決め、Material Reporting プログラムの開発を始めた。
- 2005 年 5 月に社員 60 名の教育を始めた。今は 80 名。教育内容は、Material Report の解釈の考え方、対策方法について、ソフトの使い方など。
- Material Report を毎月、発行することにより、Material Loss の大きい設備、増加している設備がすぐに分かる。ロスやその原因に対して、速やかに対策が取られる。以前は、そうした情報がなく、対策もなかなか取られていなかった。
- 2006 年の初めから、経営層向けの Material Reporting のシステムを作った。

⑦Material Flow Management 導入の成果

- これらにより、Material のロスが低減された。
- 現在、毎月、Material Loss が製品別、工程別に金額と相対比率で Report される。品種やオーダー、設備別に Material Loss が一覧表で分かり、Material Loss の原因の追究ができる。だから、対策を考えやすい。
- 中間製品を作ってもらっている外注企業の Material のロスの大きい部分もリストにしている。外注企業はこのシステムを持っていない。Merckle から外注企業に原材料を供給しており、供給した材料の物量と戻ってきた中間製品の物量から、Material のロスを計算し、評価している。
- サプライヤーとの改善活動の連携に関しては、購買から「Material のロスを改善してくれないのであれば、そのロス分のコストを負担してもらおう」と言わせている。

⑧Material のロス改善の仕組みについて

- 重要なのは、Material のロスの金額が、下降曲線になっていること。
- 継続的な、Material フローを改善していく仕組みを構築している。
- まず、Material のロスに関して、限界改善目標を決めている。
- さらに、原価低減部署が中心になり、6 シグマ活動を取り入れようとしている。
- そこで、小さな改善プロジェクトをつくり、改善を行う予定。

⑨MFCA 計算の考え方に関して

- システムコスト、エネルギーコストのロスは、MFCA の計算の中で行っている。SAP R/3 はそのためのデータを供給するだけで、MFCA の計算そのものは、IMU

の開発した SQL データベースの中で行っている。SAP R/3 の中で、システムコストは、工程別にデータが入っている。

(5) PCI 社 (10/24) : 大企業での MFCA、MFM 実践事例-2

◎この事例の概要

- 本モデルは、SAP R/3 に IMU が作った SQL と JAVA のレポーティングシステムを活用した事例。

①会社概要説明

- 設立 : 1950 年、現在は BASF の傘下
- 業種 : モルタル、タイルなどの接着剤 (セメント材料) の製造販売
- 売上げ : 196M-Euro (2005)、206M-Euro (2006 予測)
- 製品種類数 : 280 種類、梱包形態を入れると 800 種類
- 拠点 : ドイツ国内に 3 工場 (Augsburg, Hamm, Wittreberg)、3 つの工場の中央に製品倉庫
- 強み : 15:00 までに入ったオーダーは 24 時間以内に客先配送。競合企業と品質面の差がほとんどない、欲しい時にいつでも手に入るというのが差別化。
- そうしたサービス品質と、顧客の抱える問題解決への提案が重要。
- 従業員 : 157 名 (Augsburg 工場の生産従事者)

②製品と生産

- 製品は、粉製品と水溶性ポリマー製品。粉製品の原料の大半は、砂とセメント。
- 基本的には次のような管理を行っており、SAP R/3 を活用。
 - －生産に必要なマテリアルをオーダーする
 - －砂とセメントは大量に発注
 - －正式オーダーを出す
 - －生産開始
 - －材料消費と在庫量を比較しチェックする

③MFCA を実施した経緯

- 1998 年 SAP R/3 導入、2003 年 MFCA 導入
- SAP R/3 に合った組織になっているかどうかを検証するために、MFCA を導入。
- 結果として SAP R/3 の記帳モデルとマテリアルフローが合っていることが確認できた。
- MFCA 導入することにより、マテリアルの流れが明確になり、データの品質が向上した。

④材料コストと生産コストの比較

- SAP R/3 上のデータと現物データが違ふことが多かったが、SAP R/3 は使い勝手が悪く、活用できなかった。IMU の MFCA 計算とレポーティングシステムにより、たな差が一目瞭然になり、また、その差異分析が容易にできるようになった。

⑤粉末製品の製造

- 製造の流れ：原料購入→投入と混合→袋充填→パレット積み→製品倉庫。
- パレットにバーコードを貼り生産管理、たとえば、80 袋積載／パレット 1 台。
- 生産量の情報は、パレットと製品のバーコードで入手。
- この工場には、6 万パレットを保管できる製品倉庫がある。

⑥レポーティングシステムの説明

- レポーティングの仕組みは以下のとおり



- SAP R/3、SQL は計算システムとして安定しているが、情報を分かりやすく解釈するプレゼンテーションには向かない。
- データは全て SAP R/3 の中にあるが、そのデータを使い切るために SQL がある。
- PCI 社では、レポーティングには JAVA を使っている。

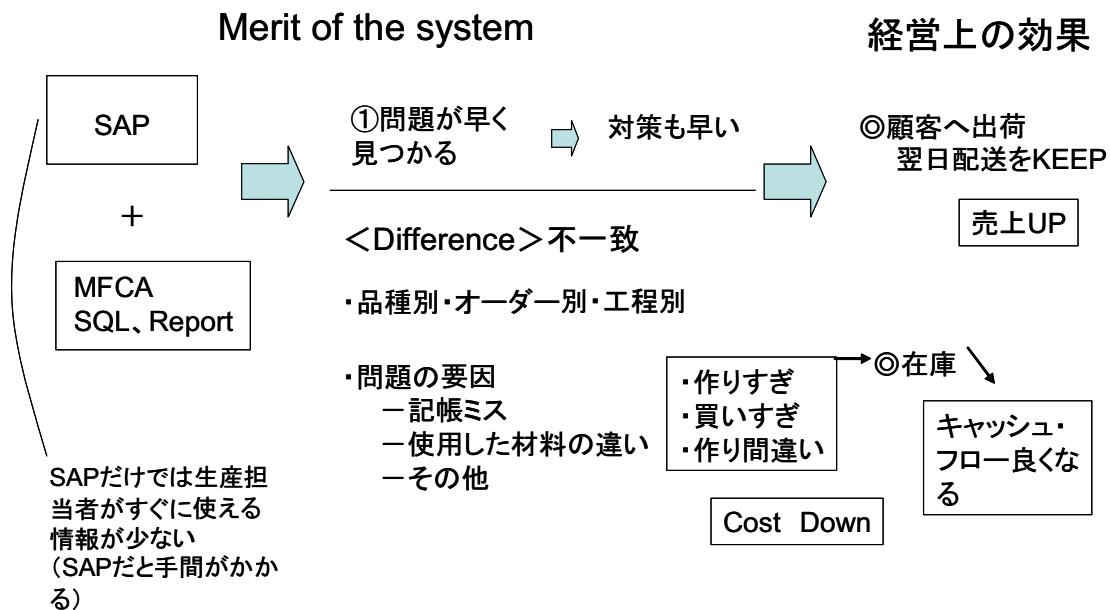
⑦レポーティングに基づく改善、管理の事例

- 例 1：MFCA を導入し、常にマテリアルの数量がパソコン上で見えるようになり、SAP R/3 上のデータと実際の物量の一致性が高まった。パソコン上で、Consistency Test というチェックをかけると差が一目瞭然になる。
- 例 2：インプットとアウトプットの差異（Difference）を毎月見ている。差異が発生する理由を考えることが重要。
- 理由がつかないものに問題がある。例えば、あるロットでは、マテリアルの計画消費と実績の差異が、3%であったが、梱包材ではその差異が 19%あった。
- この様に、差異を生産計画から見たり、製品から見たり、設備別にみたりして、差異の原因を検討している。
- 現在、常時 4-5 名が JAVA のレポーティングを見て管理、改善の検討を行なっている。内訳は、生産部門が 2 名、生産計画部門が 2 名。
- サプライヤーとは、MFCA でリンクしていることはない。通常の活動の中でサプライヤー指導等を行うことはある。

⑧最後に

- 社員は MFCA 導入に好意的に協力してくれた。MFCA によってコストダウンが進むことを、早い期間に成果として示せたからである。
- 従来、SAP R/3 にデータを入力はしていたが、MFCA は、まさに生産に必要な情報を提供してくれている。

⑨PCI 社での導入のメリット（ホワイトボードに板書きしたもの）



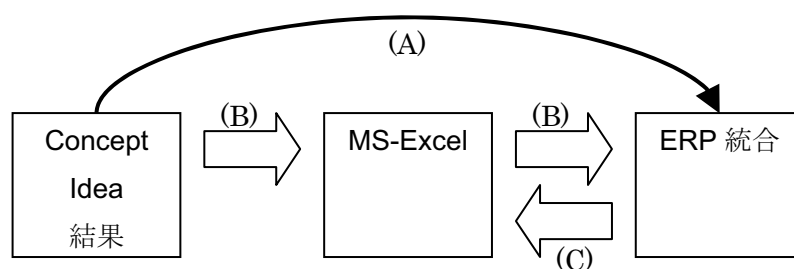
(6) IMU (10/25)：日本での MFCA 普及・研究活動に関する Prof. Wagner のコメント

◎概要

- 最初に JMAC から、日本での MFCA の普及と研究の状況、特に、経済産業省の MFCA 普及、研究プロジェクトを紹介し、ドイツでの取り組みとの情報を交換した。

①日本での MFCA の導入アプローチに関して

- JMAC の進め方は理解できた。やり方は我々と似ている。
- 日本のプロジェクトの負の製品コスト比率のグラフは、非常に興味深かった。
- MS-Excel 方式は、初心者に向いていると思う。
- 日本のやり方の MS-Excel の部分のところはいいと思う。



- 大きな ECO-Efficiency プロジェクトの際には、(A)の Concept、Idea からいきなり ERP 統合システムに向かう。
- しかし、多くの企業では、(A)のアプローチは難しく、(B)もあるし、一度、ERP 統合システムを組んだ上で、（詳細分析として）MS-Excel ベースに戻る(C)のアプローチもあると思われる。

②MFCA のコンセプトに関して

- MFCA ではマテリアルのロス部分（負の製品）を重点に考えている。しかし、正の製品も割合としては大きく、この部分の改善も忘れてはいけない。
- 根本的なアイディアは、エコバランスに基づいている。これは、入ってくるものと出て行くものの量が一致するかどうかを検討することに重点を置いている。これは熱力学の考えに基づいて考えた。
- マテリアルとエネルギーが入ってきたとき、それは消えるのではなく、どこかに移動する。そのときに、入った量と出ていった量、残留量、ロス量というものを、正確に検討する必要がある。その根本原理を正確に行うのが MFCA である。
- マネージャーは、「エネルギーが入って消えた」と考えるが、熱は排熱され、製品になったとは考えていない。化学の会社でもその出入りは正確につかめるはずで、正確につかむことが必要で、それが MFCA の基本概念である。

(7) IMU (10/25): Prof. Wagner から、ドイツにおける MFCA、MFM、Material Efficiency の研究、普及の取り組み、プログラムの紹介

①UNSD

- Eco Cost Accounting、これには、國部氏が参加している。
- MFCA はその一部だが、方向性は正しくないと思っている。それは、環境保全コストを求めると、企業は、環境コストが高いものと認識し、そのコストダウンを考えるようになるからというものだった。

②ドイツ連邦経済技術省

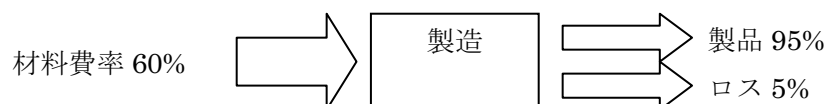
- Material Efficiency の大きなプロジェクトが始まり、資金が投入されている。
- プロジェクトを運営する会社を設立し、そのプロジェクトを支援している。
- またその中で、Material Efficiency 大賞を設けている。

③ドイツ連邦科学研究 (Science Research) 省

- この省が「Material Flow Management」を出版させた。
- また、Material Resource Management も関係し、支援金も入っている。
- そこでは、Material、Energy、CSR に関する Efficiency として、Material Flow Management の概念が入っている。

④ドイツ連邦環境省

- Resource Efficiency 行動 PLAN を労働組合と協力して行っている。
- その新任の環境大臣ガブリエル氏は、行動 PLAN の根本に、下の図を掲げている。



- Material Flow Management の概念が、様々なプロジェクトに影響を与えている。

⑤バイエルン州のコンサルティングプログラム

- 短期（3日間連続）のコンサルティングを行っており、企業に、MFCA の概念を教える機会になっている。

⑥BD Wb 州（おそらく Baden-Württemberg 州）では企業支援プロジェクトがある。

- IMU のエンツラー氏は、このプロジェクトに参加している。

⑦大学、研究所での活動

- ブッパタール研究所、IMU、フラウンホッフ研究所などが取り組んでいる。

⑧SME 研究所

- IMU のエンツラー氏は、20 社のコンサルティングを行っている。

⑩普及に関する制度、ツール

- Material Flow Management のパンフレット、Material Efficiency 大賞など。
- 環境連邦局は、環境コストの出し方を紹介しており、そのうちのひとつが MFCA。MFCA 導入のガイドラインも出している。

(8) ブッパタール研究所（10/26）：国家、業界レベルの Material Efficiency 研究

◎概要

- Dr. Liedtke (Director: Sustainable Production and Consumption) による、Wuppertal Institute における資源効率の考え方、政策に関する研究の取り組みのプレゼンテーション。その内容は、持続可能な生産と消費の考え方が中心。
- UNEP などと共同で推進している持続可能な生産と消費のプロジェクトについて、ナノテクノロジー、栄養部門、繊維業界の事例説明があった。最後に消費についての考え方の話であった。全体的にコンセプチュアルな話を中心。
- 企業内の MFCA 適用に関しては、それほど力を入れていないように見受けられた。

①Wuppertal Institute についての説明（Dr. Liedtke）

- 資源効率については、3 つの関連組織がある。連邦政府などの支援で Material Efficiency プロジェクトを行っている。
 - Material Flows and Resource Management 部門：資源効率を研究。国民経済的な面での物質フロー分析、マネジメントツールの開発を行なっている。国レベル～産業分野（業界レベル）が対象。
 - Sustainable Production and Consumption 部門（Dr. Liedtke の部門）：持続可能な生産と消費についての研究。主に先進国の企業から業界レベルが対象。
 - Centre on Sustainable Consumption and Production（CSCP）部門：昨年 UNEP と Wuppertal Institute が共同で作った。主に発展途上国を対象。持続可能な生産と消費の研究。
- 以下は、主に Material Flows and Resource Management 部門の研究内容。

②Wuppertal Institute における資源効率向上の研究

- 製品開発の ECO-Efficiency 向上に関して企業とともに推進している。この研究は、Resource Efficiency と消費行動が対象。

- Resource Efficiency は、原材料－生産－物流－消費－End of Life という Value Chain (84 ページ、用語の解説を参照) で考える。社会性、環境性、経済性の 3 つの指標を含んだエコ・リユースという手法を使う。
- Human Development Index (一人当たりの原料消費) の大きい先進国が問題を引き起こしている。ハード面とソフト面の政策ミックスの手法を開発している。
- GDP/DMC という、国レベルでの資源効率を指標としている。DMC : Domestic Material Consumption (\$)、日本 1994 年 : 2,780 でトップ、EU2000 年 : 1,274、ベネズエラ 1997 年 : 475、ブラジル 1995 年 : 310 (USA はグラフデータなし)

③資源効率向上プロジェクト

- この研究ターゲットは、零細企業、多国籍企業、消費者団体、政治団体、教育機関、ステークホルダーと様々である。
- ニューテクノロジー分野 (バイオケミカル、IT、情報機器) から、農業、鉄、非鉄、衣類など様々な産業が対象になっている。3 つのプロジェクトが実施され、プロジェクト全体の予算は、3 百万 EURO である。
- Digital Europe 社で、音楽販売の方法による資源効率の違い (CD の店頭販売、CD オンラインショッピング、ネット配信) を、生産、販売、消費者のステージごとに Material Intensity を比較した。店頭販売、オンラインショッピングは生産段階がもっとも高い。オンラインショッピングは販売段階が非常に高い。当初の予想では、ネット配信が最もよいと考えていたが、実際には、消費者段階でダウンロードした音楽を CD などにコピーすることが多く、消費段階の資源負荷が非常に高かった。Material Intensity は (＝マテリアルのインプット／サービスユニット) の式で計算する。マクロ経済とミクロ経済を結びつける唯一のメソッド。
- ナノテクノロジー分野では、Resource Efficiency について、ステークホルダーとダイアログを行なっている。この分野の学者は、外部とのコミュニケーションを行わない傾向がある。ナノテクノロジー分野の LCA の結果では、ECO-Efficiency が良いといえない。例えば 0.09 g の IC チップを作るのに 20kg の原材料が使われている。
- 食料分野は複雑。構造変化が激しく、最も資源を消費する分野で、学術的なネットワークを作り、世界の研究所に情報を提供することが目的。ECO-Efficiency の手法を活用し、20～30 の企業が参加し、2～3 年のプロジェクトで行なった。教育プログラムを開発し、また、ホームページの「Initial sustainability check」というチェックリストに答えることで、企業の持続可能レベルや改善点がわかるようにした。

このプロジェクトに、27 企業が参加。職業学校で 1500 人を教育。「Initial sustainability check」には国内 230 企業、海外 300 企業がアクセス。

食料分野のグローバル企業がどれだけの資源を必要とするかを算出した結果、120 万トン／年。これはフィンランドの年間の資源消費量 150 万トンに匹敵。資源問題は、国の資源戦略と結びついており、グローバルな見地から政策をつくらなければ

ならない。

④Value Chain Wide Responsibilityの繊維業界における研究事例

- UNEP や UNESCO などと共同プロジェクトで、eco-textile というツールを開発、Web で繊維製造の効率的なマテリアル情報を共有化するというもの。
- ECO-Efficiency をベトナム、インドで調査し、5 つの学習 Module (Cleaner Production、繊維工場の Process Analysis、LCA、EMS、Water Management) を公開し、情報を提供した。ドイツのデパートが発展途上国から服を調達する際、ベトナム、インドでの CSR 的調査をしたうえで購入することは、企業イメージの低下リスクを抑え、ECO-Efficiency の向上につながる。

Johnson & Johnson、ノキア等の大企業は、サプライヤーに対して CSR 的な要求をしている。ECO-Efficiency の概念にはチャイルドレーバーなどの社会的側面は含んでいないが、これには社会的なインディケータも含んでいる。

- e-solution をホームページに掲載。200 の資源効率向上の参考事例がある。これは Cost Efficiency と Resource Efficiency を合わせた情報を提供。

T シャツの生産と使用の Material Intensity 計算事例では、重量 0.2kg の T シャツを作るのに 10 倍の 2kg 非生物材料（電力も天然資源に換算）を消費。使用段階では、117kg の非生物材料を消費している。

⑤持続可能な消費について

- 資源効率を考えたとき、消費パターンが多様化し、その重要性が高まっている。連邦政府は、持続可能な消費のコンセプト作りを Wuppertal Institute に依頼。
- 持続可能な消費には、わかりやすいコンセプトが必要。白物家電では、エネルギー表示等で消費者に明示しているが、こうしたものを資源効率にも展開。
- 政治、企業、家庭をターゲットグループとして、政策ツール作成、マネジメントツール、どんな製品を買ったらいいかのガイドなどの検討をした。
- コンセプトを作るうえで、いろいろなツールを調査した。日本のトップランナー方式などはそのひとつ。コンセプトと 5 つのツールを開発した。
- 政治については、消費インデックス (Factor-4 など) を活用。倫理的見地のインデックスを物質効率に展開した。ラベルをリストアップし、インデックスで表示し、グリーン購入を支援する。
- その他、レシートに付けるサステイナブル製品のマーク、サステイナブル商品を多く購入した家庭の表彰や減税などのインセンティブも検討した。
- Go21 というツールも作った。消費トレンドを調査し、エコ・リュックサックで評価し、将来の商品作りに役立てるもの。
- 「サステイナブルな買い物かご」で、サステイナブルな商品購入を推進し、各家庭でチェックするような支援策を Wuppertal Institute で支援している。サステイナブル商品購入に対する報酬を検討している。

⑥Material Flow Accounting について

- 国民経済用のコストを簡単に算出するツール Material Flow Accounting (MFA) を 2002 年に開発した。これを企業に適用できるように拡張している。しかし、企業と一緒にプロジェクトを進めることは難しい。
- MFA と企業評価の統合がテーマであるが、まだ方法について異論が多い。例えば、製品データと国民経済データを結びつけるところ。アロケーション、データの代表値、国民経済データと企業レベルのデータ集計の違いなど。

(9) ドイツ連邦経済技術省 (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (10/27): ドイツ連邦経済技術省の Material Efficiency に関する政策

①ドイツ連邦経済技術省の政策の説明

- Material Efficiency はこの省の管轄で、Material Efficiency に関する中小企業の取り組みを支援するのがテーマである。
- 我々の支援プログラムは立ち上がったところである。企業の申請の受付は、民間の機関に委託している。委託したのは、ドイツ Material Efficiency というところで、そのプロジェクトの推進責任者が VDI/VDE の Mario Schneider 氏。

②プログラムの背景と経緯の説明

- プロジェクトは 2004 年から始まったが、2004 年から 2005 年にかけては調査と評価を行っており、中小企業向けの支援プログラムが始まったのは 2006 年。
- 特に、材料費が高騰してきたため、このテーマが重要になっている。
- 通常、企業自らがその対策に取り組むのが普通である。しかし、中小企業は、それを行いにくい。意識が低い。時間がない。ノウハウが不足。
- しかし、ドイツの中小企業は、製造コストの中で、材料費 40%、人件費 20%となっており、コスト節約のポテンシャルは高い。(改善余地が大きい)

③プログラムの目的

- 材料費 40.1%、人件費 20.1%というのは、加工業の中小企業だけの調査結果。
- ドイツ企業がコストダウンを考えると、最初が人員の解雇で、2 番目に材料ロス削減。この意識を変える必要がある。
- 「Material Efficiency = 製品になった材料 ÷ 生産プロセスに投入した材料」で定義。工程に入るすべての材料を考慮している。ただし、燃料やエネルギーに変換される材料は省いている。省エネルギーには別の連邦政府のプロジェクトがある。
- 材料の仕入れ価格や搬送コストの低減が目的である。

④中小企業への連邦政府の支援の必要性、背景

- 中小企業における取り組みの阻害要因には、3 種類ある。
- 1 つ目は経済的要因。中小企業の経営者は、「環境に投資する前に、他に多くの投資すべきことがある」という。環境対応は企業内での投資順位が低い。
- 2 つ目は時間の問題。金を稼ぐことが企業の目的であり、環境は敬遠される。
- 3 つ目は知識の問題。Material Efficiency には詳細な知識が必要。しかし中小企業

には、そうした知識を獲得する時間も意識もない。

- **Material Cost** の削減、廃棄物コスト削減には、製品別、材料別など、調査に時間がかかるのがネックになりやすい。
- 中小企業は融資資金の回収に時間がかかり、経営状態が悪くリスクが高いので、銀行は融資をしたがらない。我々ができることのひとつは、情報の提供である。コンサルタントにその情報（ノウハウ）を与えさせている。
- （中小企業は、キャッシュフローが悪いという事例で）コンサルタントがある企業に **Material Efficiency** の話をしにいったら、「今は忙しくて時間がないから、1年後に来てくれ」と言われた。1年後に行くと「金もなくなった」と言われた。
- 中小企業は、1年から2年で投資を回収しないとイケない。銀行は、誰にでも融資はできるが制約が多い。中小企業はそういうノウハウを持っていない。
- そういうことを踏まえて、中小企業のオーナー社長を説得できるプログラムでないと成功しない。

⑤中小企業への支援プログラムの内容

- これは、中小企業が自ら行動することを支援するためのプログラム。
 - 1) **Material Efficiency** に関するノウハウを持ったコンサルタントを派遣する。
 - 2) **Material Efficiency** 大賞を設けて表彰する。**Material Efficiency** の見本になる企業5社を表彰する。賞金は1社1万Euro。表彰を受けた企業は、その賞金で企業の宣伝を行うことが多い。地元の新聞を呼び、地域の消費者などにアピールをしている。
- 支援するコンサルティングには、2つのフェーズがある。
 - 1) フェーズ1：Potential 分析（改善余地分析 or フィージビリティスタディ）
 - 2) フェーズ2：Retail コンサルティング（改善の指導）
- フェーズ1のPotential 分析では、企業の支払ったコンサルティング料のうち、1.5万Euroを上限に、3分の2までを連邦予算で補助する。これはコンサルティング実施後に、請求書と申請書を事務局に送り、審査が通れば企業に支払う。
- フェーズ2のRetail コンサルティングでは、企業に経済的なメリットが生まれるはずなので、連邦予算からの補助金は3分の1になる。コンサルティングの最終Report を評価し、それで補助金を出すかどうかを判断する。それ以上のことは管理コストが上がるので何もしない。
- プログラムの事務局が、参加できるコンサルタントを許可している。現在100名のコンサルタントが登録されている。コンサルティングがうまくいかないと、このプログラムへの参加資格を失う。資格を持たないコンサルタントも参加は可能で、企業が成果を出したのであれば、申請の後から許可を与えることもできる。コンサルタントの評価ポイントは、「企業が満足をしたか？」「**Material Efficiency** の成果があるか？」の2点。
- **Material Efficiency** でよい成果を出した企業には、**Material Efficiency** 大賞に応募するよう働きかけている。そのモデル企業の成果は事例として公表される。

- 連邦政府の経済技術省として、この政策全体で 1,000 万 Euro の予算があり、そのうち、このプログラムの企業への補助金に 700～800 万 Euro の予算を充てている。

⑥ NETWORK プログラム

- 別のコンセプトのプログラムに、NETWORK というものがある。
- これは、企業グループの Material Efficiency 向上についてのプログラム。
- 企業グループとは、地方（地域）、セクター（業種）、および Value Chain（サプライチェーン）連携の 3 つ。Value Chain 連携が一番重要と思われる。（日本における MFCA の Supply Chain とほぼ同義と思われる）
- このプログラムは、2 ヶ月前にスタートした。現在、3 つの NETWORK が承認。
- このプログラムでは、企業グループの Material Efficiency 向上の方法を、ハンドブックにしてまとめるなどの、情報の交流を図っている。
- Material Efficiency 向上に必要な知識、情報の不足を補い、トレーニングを行うことを考えている。
- この NETWORK のコーディネータのコストの 4 分の 3 を、経済技術省が負担する。これは NETWORK の運営の最初の年だけ支援する。2 年目以降はハンドブックの販売などで自立してもらう。
- 経済技術省としては、NETWORK 間の情報交換も奨励している。

⑦ 普及、広報活動

- Material Efficiency に関する WEB サイトを立ち上げ、常時、拡張している。
- コンサルタント派遣のプログラムは、パンフレットを作り、内容を伝えている。

⑧ 全体質疑

- 1000 万 Euro の投資効果の考え方だが、このプログラムによるコンサルティングを受けた企業の競争力が高まり、その税金が国家に還元される。
- 企業における効果は、補助金 1Euro に対して、10Euro のマテリアルコストの節約効果がある（見込み）。2003 年に、ドイツの加工業においては、5,000 億 Euro の材料費を支払っている。その節約ポテンシャルは 20%程度と見込んだ。
- Material Efficiency コンサルティング費用の補助プログラムの現在の状況は、このプログラム自体が、今年から始まった段階だが、コンサルタント 1 人あたり 2～3 社の中小企業にコンサルティングを行っている。全体では、250 社が準備段階、60 社が申請段階。
- このプログラムにより、モデル企業を作り、増やすということを狙っている。企業に、メリットがあるという実例がないと、説得することが難しいので。

（以上）

参考資料（２） MFCA 高度化研究に関する参考文献

<第３部第２章 テーマ１>

- ・ 國部克彦、伊坪徳広、中畠道靖「マテリアルフローコスト会計と LIME の統合可能性」『国民経済雑誌』第 194 巻 第 3 号
- ・ 伊坪徳広、「日本版被害算定型影響評価手法（LIME）の概要（前編）」、『LCA 日本フォーラムニュース』第 34 号、LCA 日本フォーラム
- ・ 伊坪徳宏、稲葉敦『ライフサイクル環境影響評価手法 LIME—LCA,環境会計,環境効率のための評価手法・データベース』発行：社団法人産業環境管理協会
- ・ 『サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告書』発行：株式会社イースクエア

<第３部第３章 テーマ２>

- ・ 安城泰雄「職場拠点方環境保証活動のツールとしてのマテリアルフローコスト会計」『環境管理』Vol.42.No.2
- ・ 河野裕司「田辺製薬におけるマテリアルフローコスト会計の全社展開」『環境管理』Vol.42.No.3
- ・ 東田明「マテリアルフローコスト会計とサプライチェーン」『環境管理』Vol.42.No.8

<第３部第４章 テーマ３>

- ・ 経済産業省環境調和産業推進室『環境管理会計手法ワークブック』平成 14 年 6 月
- ・ (社)産業環境管理協会『平成 16 年度 エネルギー使用合理化環境経営管理システムの構築事業（環境会計調査）報告書』
- ・ (社)産業環境管理協会『平成 15 年度 環境ビジネス発展促進等調査研究（環境管理会計）報告書』
- ・ (社)産業環境管理協会『平成 14 年度 環境ビジネス発展促進等調査研究（環境経営総合手法）報告書』
- ・ 日本能率協会コンサルティング『平成 16 年度 エネルギー使用合理化環境経営管理システムの構築事業(大企業向けMFCA導入共同研究モデル事業)調査報告書』
- ・ 日本能率協会コンサルティング『平成 17 年度 エネルギー使用合理化環境経営管理システムの構築事業(大企業向けMFCA導入共同研究モデル事業)調査報告書』
- ・ 古川芳邦「日東電工のマテリアルフローコスト会計の取組みについて」『環境管理』Vol.39.No.7
- ・ 古川芳邦「マテリアルフローコスト会計の集計から設備投資までのフロー」『環境管理』Vol.42.No.4
- ・ 安城泰雄「環境経営とマテリアルフローコスト会計」『環境管理』 Vol.39.No.7
- ・ 安城泰雄「職場拠点方環境保証活動のツールとしてのマテリアルフローコスト会計」『環境管理』Vol.42.No.2

- ・ 沼田雅史「積水化学工業のマテリアルフローコスト会計導入の取り組み」『環境管理』 Vol.42.No. 7
- ・ 河野裕司「マテリアルフローコスト会計を活用したコスト低減と環境負荷削減への挑戦」『環境管理』 Vol.39.No.7
- ・ 河野裕司「田辺製薬におけるマテリアルフローコスト会計の全社展開」『環境管理』 Vol.42.No.3
- ・ 「キヤノンMJ 環境会計導入を支援」日本経済新聞 2006 年 12 月 16 日朝刊
- ・ 天野輝芳「マテリアルフローコスト会計の無電解ニッケルメッキラインへの適用」『環境管理』 Vol.42.No.9
- ・ 池田 猛「経営指標にマテリアルフローコスト会計を使用した実例」『環境管理』 Vol.42.No6.

＜第3部第5章 テーマ4＞

- ・ 伊坪徳宏、稲葉敦『ライフサイクル環境影響評価手法 LIME—LCA,環境会計,環境効率のための評価手法・データベース』発行：社団法人産業環境管理協会
- ・ 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構『経済・環境両側面を配慮した簡易的な環境影響評価手法（TLCC）の導入可能性調査報告書』
- ・ 國部克彦・伊坪徳宏・中畠道靖「マテリアルフローコスト会計と LIME の統合可能性」『国民経済誌』第 194 巻第 3 号
- ・ 経済産業省環境調和産業推進室『環境管理会計手法ワークブック』平成 14 年 6 月
- ・ (社)産業環境管理協会『平成 16 年度 エネルギー使用合理化環境経営管理システムの構築事業（環境会計調査）報告書』
- ・ (社)産業環境管理協会『平成 15 年度 環境ビジネス発展促進等調査研究（環境管理会計）報告書』
- ・ あずさ監査法人『エネルギー使用合理化 環境経営管理システム構築モデル事業（環境管理会計国際動向調査）調査報告書』
- ・ 國部克彦「サステナビリティ会計の体系」『神戸大学 Discussion Paper Series』2005 年
- ・ 國部克彦『環境配慮型業績評価システムセミナー 基調講演 I 資料』平成 16 年 12 月 9 日東京ビッグサイト
- ・ The SIGMA Project (2003) 『The Guidelines-Toolkit (SIGMA ENVIRONMENTAL ACCOUNTING GUIDE)』
- ・ 宮崎修行『統合的環境会計論』創成社
- ・ 宮崎修行、クロード=ジーゲンターラー、篠塚英一、熊谷敏、永山綾子『JEPIX 環境政策優先度指数(日本版)』科学技術振興機構／環境経営学会／環境経営格付機構。(JEPIX の全体像については、www.jepix.org よりダウンロード、ないしは JEPIX 同ホームページにメールで請求可能)