

## 第 2 部

# MFCA 導入実証事業報告

## 第1章 本年度の MFCA 導入実証事業の概要と特徴

### (1) MFCA 導入実証事業の概要

平成 22 年度の事業において、公募で採択された企業に対して MFCA 導入実証事業（以下、「本実証事業」とする）を実施した。

本実証事業では、表 1-1 に示す MFCA 導入の基本ステップの“1 事前準備”から、“5 改善計画の立案”までの 5 つのステップについて、合計 5 日間のコンサルティングを行った。

表 1-1 MFCA 導入のステップ

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

### (2) インターンシップについて

本実証事業は、MFCA の指導者育成を目的としたインターンシップを兼ねたものである。採択された事業者等からもインターンが参加し、MFCA 導入実務（MFCA の導入手順と考え方、MFCA のデータ収集、整理方法、計算方法）について教育を受けながら MFCA の導入検討を行った。インターンは、事業委員会での報告と、実証事業報告書の作成を行った。

### (3) 実施した実証事業ごとのインターンシップ参加者、事例の特徴

本年度は、公募で採択された 8 事業者で、本実証事業を実施した。

また、表 1-2 に、それぞれの特徴を整理した。

表 1-2 本年度の MFCA 導入実証事業の特徴

MFCA 導入実証の実施企業	企業の業種	MFCA の適用分野	MFCA 導入事例としての特徴	公募の申込事業者	インターン(敬称略)	事例の掲載章
群馬合金株式会社	非鉄金属ダイカスト製造業	アルミダイカスト( castingによる成形加工)	アルミ原料を溶解し、ダイカストマシンで成形加工するプロセスでの MFCA。アルミ溶解熱の熱損失を測定、計算し、熱損失のエネルギーコストを負の製品コストとした事例。	群馬合金株式会社	中島隆信 神部安希子	第 4 章
株式会社オティックス西尾	自動車部品製造業	アルミダイカスト( castingによる成形加工)	アルミ原料を溶解し、ダイカストマシンで成形加工するプロセスでの MFCA。アルミ溶解熱の熱損失を測定、計算し、熱損失のエネルギーコストを負の製品コストとした事例。	社団法人中部産業連盟	近藤昌彦 稲垣修 寺島毅	第 5 章
武田鑄造株式会社	金属加工(鋳鉄鑄物製造)	砂型を使った鋳鉄鑄造による成形加工	鉄源を溶解し、砂型で成形加工するプロセスでの MFCA。鉄源溶解熱の熱損失を測定、計算し、熱損失のエネルギーコストを負の製品コストとした事例。また、本事例では、再利用している砂型材料の砂の廃棄物量の計算、廃棄処理コストにも注目した事例。	武田鑄造株式会社	大木悦郎 永泉忠 仲井俊文	第 6 章
株式会社リバーズ	パルプ・紙製品製造業	原紙製造(抄紙)と、トイレトーパーへの裁断加工	原料の紙パルプを抄いて原紙を製造するまでの工程では、大量の水とエネルギーを消費するのが原紙製造であり、その水の利用と排水処理、及び蒸気のコストに注目した事例。	株式会社リバーズ	澤田好幸 高松郁介 有岡義洋	第 7 章
医療法人社団 まついクリニック まつい e-クリニック	医療サービス(血液透析)	水を大量の消費する医療サービス	血液透析を行う病院では、院内で、RO水(※ <sup>1</sup> )、透析液、消毒液等を作り、使用するが、それらの水と溶解する材料の流れを測定し、そのロス进行分析した事例。	学校法人東京理科大学 諏訪東京理科大学	天野輝芳 松井豊	第 8 章
日本フィルコン株式会社	金属製品製造業	フィルムのエッチング等の加工	フィルム材料に、エッチング、粘着剤塗工、ラミネート等の加工を施すプロセスに MFCA を適用した事例。また製造工程で発生する洗浄廃水の中和处理工程の MFCA の計算も行った。	日本フィルコン株式会社	石井潔	第 9 章
株式会社光輝社	自動車部品製造(塗装部品)	ランプ用リフレクターの塗装とアルミ真空蒸着	吹き付け塗装に使用する塗料の、塗装対象の素材に付着するまでのロス測定、分析した事例。	川崎市	芹田正義 中根恭広 藤田米章	第 10 章
株式会社ファッションキャンディ	菓子製造卸・小売業	食品製造	菓子製造(原料の成形、焼成、デコレートするプロセス)のプロセス全体で、マテリアルロス測定、分析した事例。	特定非営利活動法人沖縄県環境管理技術センター	上地一成 名嘉光男 鈴木修一	第 11 章

注記 ※<sup>1</sup>: RO 水とは、逆浸透膜 Reverse Osmosis により濾過された水のこと

#### (4) 本事業の事業報告書に記載した 8 件の MFCA 導入実証事業報告の読み方

本事業の事業報告書の第 2 部では、第 4 章から第 11 章に、8 件の実証事業の報告を掲載している。以下に、報告書を読む際の注意事項を記載した。

- 報告の本文及び図表などに記載されている数値（物量値、コスト金額及びそれぞれの比率など）のうち、例えば、主要材料の購入単価等のように、企業機密に関するものは、公表に際して、次のような表示を行っている。
  - 物量とコストから購入単価を計算しても、実際の単価と異なるように、架空の数値で表す
  - 数値を、記号や文字（○○、●●、\*\*等）に置き換える
  - 数値の入っている部分を空白、もしくは黒く塗りつぶす
  - 固有の製品名、材料名や品種名等が企業機密に属する場合、一般的な名称、或いは上記の数値と同じように、記号等で表す
- 報告に記載されている略号のうち、以下に記す MFCA でよく使用されるものは、個々の報告において説明を行わない。
  - QC : Quantity Center の略
  - MC : Material Cost の略
  - SC : System Cost の略
  - EC : Energy Cost の略
  - WMC : Waste Management Cost の略
- それぞれの実証事業の報告の冒頭に記載した報告書の作成者については、次のように記載内容を統一している。
  - 報告書の作成者が MFCA を実施した企業に所属する場合、その氏名と所属企業名だけを記載する。なお、部署名、役職名は記載しない。  
氏名（所属企業、団体名）
  - 報告書の作成者が MFCA を実施した企業と異なる企業、団体から派遣されたインターンの場合、その氏名と所属企業名の後ろに、「インターン」と記載する。  
氏名（所属企業、団体名）：インターン

## 第2章 本年度のMFCA導入実証事業の公募の実施と採択結果

本章では、MFCA導入実証事業（以下「本実証事業」という。）を実施する事業者の公募について、その概要と結果を述べる。

### 2-1. 公募内容

#### (1) 本実証事業を実施する事業者の公募

- ①本事業において、本実証事業を実施する事業者を公募し、事業委員会で採択する。
- ②本実証事業においては、MFCAの申込に、MFCAを実施予定として記載された工場、事業所等でMFCA導入のコンサルティングを行い、同時に、MFCAの普及指導を担う人材育成のために、インターンシップを実施する。
- ③採択する本実証事業は、全国で合計7件以上。
- ④公募の対象は、製造業、サービス業等、廃棄物を発生するあらゆる産業を対象とする。なお公募の申込案件の採択に関しては、採択基準に基づき評価した上で、委員会で審議して決定する。
- ⑤インターンは、次のように、MFCA導入実務（MFCAの導入手順と考え方、MFCAのデータ収集、整理方法、計算方法）についての教育を受ける。
  - ・ 本実証事業におけるインターンシップ：指導担当コンサルタントとインターンは、5日間の本実証事業を協力して実施する。指導担当コンサルタントは、インターンにその具体事例を通して、MFCA導入手順と計算手法等を教育する。
  - ・ 実証事業報告書の作成：インターンには、本実証事業の終了後、実証事業報告書を作成し、指導担当コンサルタントが、それを支援・指導する。

#### (2) 公募の要領

以下の要領で本実証事業を実施する事業者を公募する。

##### ① 公募の対象と応募資格

公募の対象はMFCAの普及を計画している次のような組織の事業者である。

- ・ 公益法人等（社団法人、財団法人、商工会議所など）
- ・ 協同組合（事業協同組合など）
- ・ 中間法人（業界団体として、中間法人を設立している団体）
- ・ 地方公共団体（その附属機関等を含む）
- ・ 企業（傘下のグループ企業、顧客企業等に、MFCAの普及を計画中又は実施中の企業）

## ② 本実証事業の公募への応募の条件

採択された事業者の事業所において本実証事業を行うこと。同時に、インターンシップを受ける、1名以上、3名以下のインターンを参加させること。

## (3) 採択の基準

申し込み1件ずつに対し、下記の視点（評価基準）で総合的に評価する。

- 継続性：昨年度までの MFCA 開発・普及調査事業等における普及セミナー、実務者向け研修会を含めた事業の公募への申し込み、あるいは、昨年度までの MFCA のインターンシップの参加
  - 波及規模：構成している企業数（企業の申し込みの場合は、グループ企業としての連結対象の関連会社数）
  - 波及の効率性：同じ業種や地域内の企業の団体か否か
  - 業種：サービス業を含め、過去に事例の少ない業種か否か
  - プロセス：MFCA 対象プロセスが過去に例が少ないプロセスか否か
  - 地域：過去に事例のない地域か否か
  - その他定性的視点：上記以外で、特に高い効果が見込めるか否か
- 例・本実証事業の実施企業へのフォローがしっかりできる。
- ・本実証事業の実施企業が団体の中のリーダー的企業で波及効果が大きい。
  - ・本実証事業の事例発表会などを、自主的に企画・実施できる。
  - ・団体内の企業間の交流や研修会などが盛んで、MFCA 展開の可能性が高い。
  - ・中小企業での MFCA 普及に効果的（中小でも可能、効果が高い）と思われる。 など

## 2-2. 公募の採択結果

### (1) 公募の採択件数

本実証事業の事業委員会にて審議を行った結果、8事業者が採択された。

### (2) 採択事業者、実施企業、工場と、実施日程

採択された8事業者と、以下の日程で本実証事業を実施した。

表 2-1 MFCA 導入実証事業の実施日程

	公募で採択された事業者	本実証事業の実施企業、工場	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
1	群馬合金株式会社	群馬合金株式会社	H22年 10/20	H22年 11/12	H22年 12/8	H22年 12/21	H23年 1/18
2	社団法人中部産業連盟	株式会社オティックス西尾	H22年 10/27	H22年 11/16	H22年 12/3	H22年 12/17	H23年 1/13
3	武田鑄造株式会社	武田鑄造株式会社	H22年 11/2	H22年 11/18	H22年 12/1	H23年 1/12	H23年 1/24
4	株式会社リバーズ	株式会社リバーズ	H22年 10/27	H22年 11/19	H22年 12/10	H23年 1/13	H23年 1/21
5	学校法人東京理科大学 諏訪東京理科大学	医療法人社団まついクリニック まつい e-クリニック	H22年 10/30	H22年 11/30	H22年 1/11	H23年 1/25	H23年 2/15
6	日本ファイルコン株式会社	日本ファイルコン株式会社	H22年 11/9	H22年 11/24	H22年 12/7	H22年 12/23	H23年 1/17
7	川崎市	株式会社光輝社	H22年 11/4	H22年 11/22	H22年 12/20	H23年 1/10	H23年 1/31
8	特定非営利活動法人 沖縄県環境管理技術センター	株式会社ファッションキャンディ	H22年 11/17	H22年 12/15	H22年 12/28	H23年 1/6	H23年 1/19



MFCA キットにおける MFCA の考え方の特徴は、次の通りである。

- ・ 物量センター単位で、マテリアルバランス集計表を使って、マテリアルの種類毎の投入量、正の製品物量、負の製品物量を計算する。
- ・ マテリアルバランス集計表では、マテリアルロスの総量を集計するだけでなく、その内訳を明確にする。これにより、改善の検討対象とその切り口、改善の効果等の改善ストーリーが見えてくる。
- ・ MFCA バランス集計表において、システムコスト、エネルギーコストを、正の製品、負の製品へ配賦する。重要なことは、配賦された金額でなく、投入された金額の大きさである。MFCA バランス集計表の Input 部分には、原価の状況（原価の構成要素、金額、マテリアルの使用状況等）が浮き彫りになっている。

また本年度の本実証事業では、マテリアルの物量の単位系を重量（kg）だけに統一せず、実際に管理している重量以外の単位系（数量、面積、容積等）も使用した。ただし、マテリアルの種類毎には、その投入と正負の物量の単位系を統一している。

## (2) マテリアルの物量測定の単位

マテリアルの物量の測定は、工程単位に行った。従って、マテリアルの物量測定の単位は、物量センターの単位よりも細かくなっている。これは、(1)で述べた“マテリアルのロスの内訳を明確にする”上で、必要である。

## (3) エネルギー、熱量の測定、計算

従来、MFCA においては、エネルギーを正の製品と負の製品に配賦することとしていた。

本年度の本実証事業では、アルミダイカストの工場が 2 件、銑鉄鑄造の工場が 1 件あり、新たに熱勘定の考え方を導入した。それは、鑄造における金属の溶解に投入した電気やガスのエネルギーを熱量に置き換え、投入熱量と金属を溶解するのに必要な熱量、そして熱損失量を測定することが重要だと考えたからである。それは、次の理由による。

- ・ 金属を溶解するためのエネルギー使用量は、溶解する金属の量に比例する。
- ・ ここで投入される電気やガス等のエネルギーは、熱として使用される。この熱量は、電気やガスの使用量をもとに、測定、計算ができる。
- ・ 鑄造等の金属を溶解するプロセスでは、大量のエネルギーを消費するが、その熱損失が非常に大きいと言われている。その熱損失の“見える化”は、省エネルギーの視点からも重要であると思われる。

今回は、その熱損失量の総量を、次の手順で計算した。

- A) 金属を溶解するための投入熱量 (kJ) の計算：炉毎に、そのエネルギー使用量から計算する
- ・ 電気の投入熱量 (kJ) = 電気の使用総量 (kWh) × 電気のエネルギー原単位 (kJ/kWh)
  - ・ ガスの投入熱量 (kJ) = ガスの使用総量 (m<sup>3</sup>) × ガスのエネルギー原単位 (kJ/m<sup>3</sup>)
  - ・ 投入熱量の総量 (kJ) = 電気の投入熱量 (MJ) + ガスの投入熱量 (MJ)
- B) 正の製品の溶解熱量 (kJ) の計算
- ・ 正の製品の物量 (kg) は、MFCA バランス集計表に記載される正の製品のマテリアルの金属の重量 (kg)
  - ・ 顕熱 (溶解させる金属を昇温させる熱量) の原単位 (kJ/kg)  
= 溶解させる金属の比熱 (kJ/kg°C) × 昇温の温度差 (°C)
  - ・ 潜熱 (溶解させる金属を、固体から液体に変化させるための熱量) の原単位 (kJ/kg)
  - ・ 正の製品の溶解熱量 (kJ)  
= (顕熱の原単位 (kJ/kg) + 潜熱の原単位 (kJ/kg)) × 正の製品の物量 (kg)
- C) 熱損失の総量 (kJ) を計算する
- ・ 熱損失の総量 (kJ) = 金属材料溶解の投入熱量 (kJ) - 正の製品の溶解熱量 (kJ)

以上の熱損失量の計算の考え方を整理すると、図 3-1 のようになる。



図 3-1 今回の MFCA 導入実証事業における熱損失の総量計算の考え方

またマテリアルのロスと同様に、熱損失についても、その内訳を可能な限り、測定、もしくは計算により求め、その熱損失の削減策を検討した。

#### (4) 水に関するマテリアルの物量測定とコスト計算

製品を構成する材料に水が含まれない場合、従来の MFCA では、次の方式 1)、方式 2)、或いは方式 3) のように水の扱うことが多かった。

- ・ 方式 1) 水を材料として扱わず、システムコスト、或いはエネルギーコストの一部に含め、その使用量、使用料金の総額を、マテリアルの正の製品物量、負の製品物量の比率で、正の製品コスト、負の製品コストに配賦する。
- ・ 方式 2) 水を補助材料の一つとして、使用量=投入量=負の製品物量とするとともに、使用料金=投入コスト=負の製品コストとする。
- ・ 方式 3) 水の使用量、使用料金を、MFCA の計算対象から除外する。

製造プロセスでの水の使用がそれほど多くない場合、これは、次のような理由でやむを得ない処理と思われてきた。

- ・ 水の使用量に関して、事務所等における生活用水と、製造プロセスで使用する水を、区別して測定、管理していないことが多い。
- ・ 地下水を使用している場合、材料費としての水の単価はゼロである。工業用水、上水を使用している場合も、他の材料に比べると単価が非常に安く、水の使用量削減のコストに与える影響は小さいと考えられる。

しかし水も大切な資源の一部である。また特に、化学系のプロセス等によく見られるが、図 3-2 のように溶媒として水を使用する場合は水を大量に消費する。その際の材料の加工に投入する熱は溶媒の水を介して材料に伝わるため、エネルギー消費量が溶媒の水の使用量に比例する。

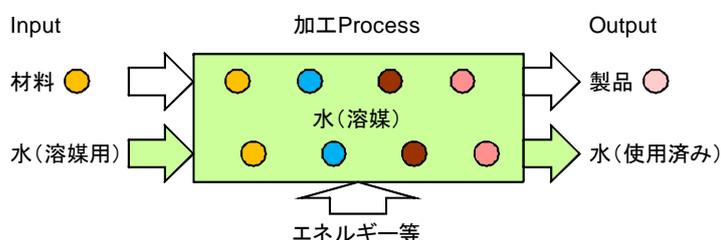


図 3-2 水を溶媒として使用する場合のプロセス

また、水を使用する前後でも、図 3-3 のように様々なエネルギーや資源を消費する。

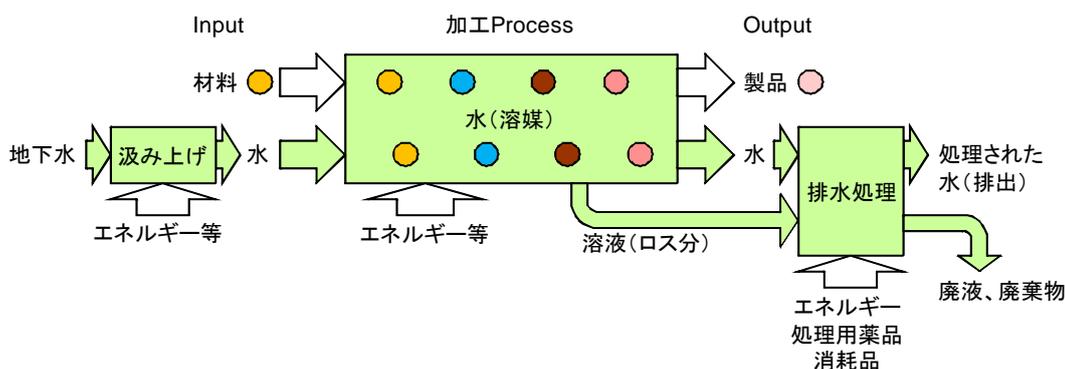


図 3-3 水と関連するマテリアルのフロー

このことは、加工プロセスで水を使用する場合、加工プロセスの前後まで踏み込んで、水のフローを測定し、評価することが必要であることを示している。その場合、MFCA においても、次のようなコストを組み込んで、その評価を行うべきと思われる。

- ・ 単価がゼロの地下水でも、それを汲み上げるモーターは電力を消費し、それらの設備には消耗品の消費が伴っている。

- ・ 使用後の水の排水処理を行う場合は、処理するための中和剤等の薬品を消費し、処理設備の電力、それらの設備の消耗品の消費が伴う。また、廃水や汚泥などの廃棄物が発生する。
- ・ 加工途中で、水に材料を溶解させた溶液のロスが発生する場合は、溶解している材料のロスに繋がっている。

本年度の本実証事業では、水を大量に消費し、大量の排水が発生するプロセスが含まれるものが3件あった。これらの本年度の本実証事業においては、可能な限り、加工プロセス前後も含めた水のフローを対象に、水や水に溶解している物質の物量の測定、計算、およびそのコスト評価を実施した。

## 第4章 群馬合金株式会社における MFCA 導入実証事業報告 (『地球にやさしいダイカスト工場』実現に向けたアルミダイカストにおける MFCA 導入事例)

報告書作成者：

中島隆信（群馬合金株式会社）

神部安希子（群馬合金株式会社）

公募採択事業者：群馬合金株式会社

### (1) 群馬合金株式会社の概要

群馬合金株式会社は、昭和 22 年創業のアルミダイカスト専門メーカーであり、製造したダイカスト製品(素形材)を、主に自動車部品の組立・加工メーカーに供給している。

最近では、国や県の補助金を活用して、地球にやさしいダイカスト工場作りを目指した、ダイカスト生産工程の溶解炉における原単位低減に関する研究開発にも着手している。

今回の MFCA 導入実証事業への参加目的は、これまで全社で展開してきた TPM などの改善活動と有機的に連携させ、環境とコストとの両面から評価できる新しいマネジメントシステムを構築することと、この新しいシステムを当社のフィリピン生産拠点、GGPC(Gunma Gohkin Philippines Corporation)にも水平展開を図っていくことである。GGPC では、アルミ・亜鉛ダイカスト製品の鋳造から切削加工の後工程までを一貫生産で行っている。

MFCA 導入に際して、経営企画部門が中心となり、鋳造、生産技術、生産管理、開発設計等の部門が協力して行った。

社 名	群馬合金株式会社
所 在 地	群馬県伊勢崎市境東新井 1048-19
業 種	非鉄金属ダイカスト製造業
資 本 金	150 百万円
従 業 員 数	82 名 (2011 年 1 月現在)
売 上 高	3,523 百万円 (2010 年 3 月期実績)
主 な 製 品	自動車部品(四輪・二輪)、事務機器部品、電気機器部品
業 歴	昭和 22 年 3 月 合資会社武安鋳造所を発足、砂鋳物の生産開始 昭和 30 年 1 月 群馬合金株式会社に商号変更、ダイカストの生産開始 平成元年 11 月 境町北部工業団地内に境工場を新築、工場稼働 平成 8 年 7 月 Gunma Gohkin Philippines Corporation を設立 平成 19 年 2 月 エコアクション 21 を認証取得 平成 22 年 6 月 群馬県 ぐんま新技術・新製品開発推進補助金 採択 平成 23 年 2 月 関東経済産業局 新事業活動促進支援補助金 採択

## (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

### ① 対象製品と対象工程

図 4-1 は、当社の製造工程の概要と本事例における MFCA 対象工程の範囲を示したものである。製造工程を大きく分けると、鋳造に必要な金型の設計及び製作、原材料の溶解及び溶湯の保温、ダイカスト製品の成形、成形後の切削加工、完成製品の梱包及び出荷に区分される。

本事例では、原材料であるアルミの溶解とダイカスト製品の成形に関する工程を対象範囲とし、MFCA 計算対象の一ヶ月間に製造した全てのダイカスト製品について計算を行った。なお、溶解工程内の主な設備は、ダイカストマシン 12 台に溶湯を供給している集中溶解炉 1 基と中継炉 1 基、2 台のダイカストマシンに直結している手許溶解炉 2 基で構成され、成形工程内の主な設備は、14 台のダイカストマシンとマシンに直結している手許保持炉、取り出し機やトリミングプレス機、コンベア等の自動化設備で構成される。

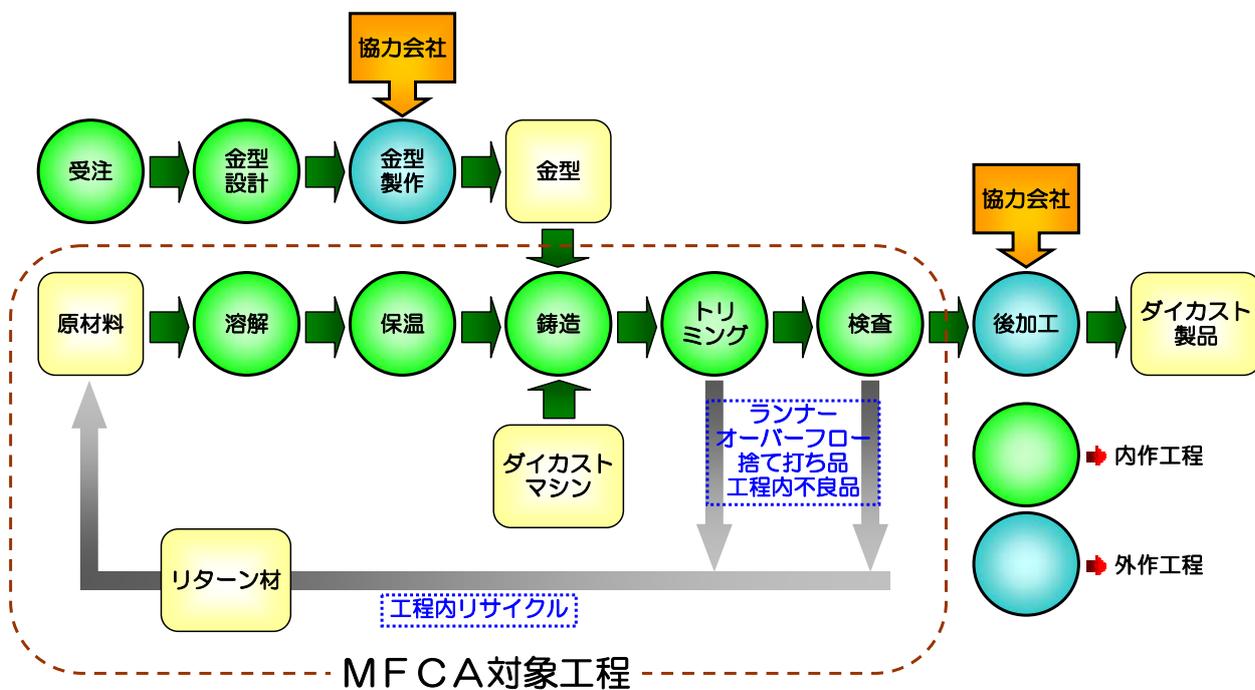


図 4-1 製造工程の概要と MFCA 対象工程の範囲

### ② マテリアルInput/Outputの状況

MFCA 対象工程のマテリアルフローは、図 4-2 のとおりである。

製品の成形工程(鋳造・トリミング・検査)において発生するランナーやオーバーフロー等の端材や、湯ジワや焼き付き等の工程内不良品は、リターン材として工程内でリサイクルされる。

溶解工程においては、絞り材のほか、リターン材として再利用できなくなったアルミゴツが、また、成形工程においては、鋳造の際に消費される消耗部品や設備稼働のための油類、設備や金型の修理や維持管理に必要な交換部品や消耗部品が、マテリアルロスとして発生する。

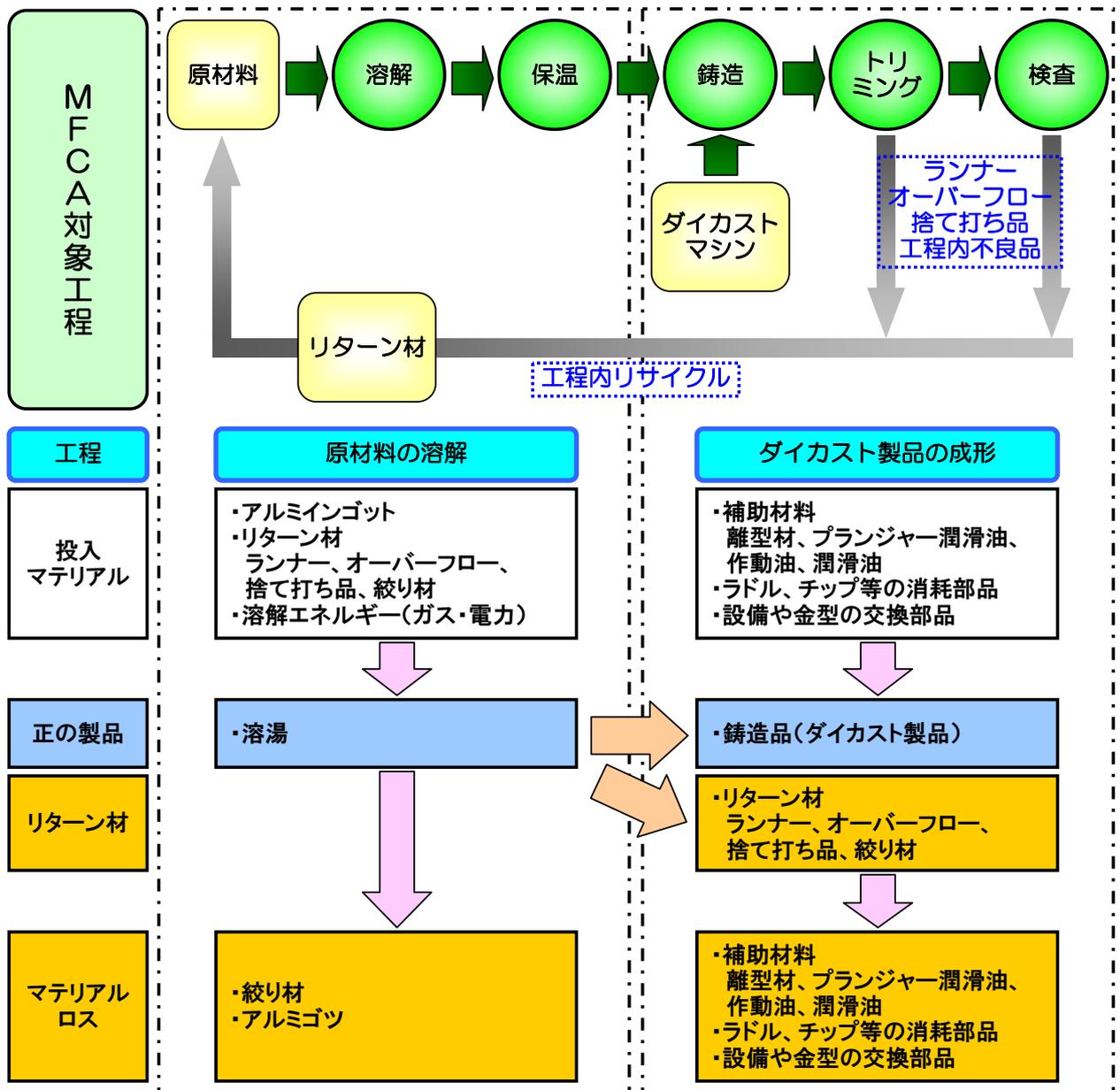


図 4-2 MFC A 対象工程のマテリアルフロー

### (3) MFC A 適用の考え方、方針

#### ① 計算対象マテリアルの定義

本事例では、原材料となるアルミや補助材料だけでなく、ガスや電力などのアルミの溶解や保温に伴うエネルギーもマテリアルとして計算を行った。

#### ② 物量センターの定義

工場全体を、一つの物量センターとした。そのことにより、工場の管理データがそのまま使用でき、

継続的に MFCA を取り組み易くできるものと思われる。

### ③ データ収集の範囲、期間と方法

本事例では、各工程における 2010 年 10 月度(一ヶ月間)の実績データを使用して、マテリアルの投入量、対象製品の生産量、廃棄物や熱損失等ロスの発生量の計算を行った。

物量計算については、生産管理システムで管理している製品別データと、溶湯温度やガス、電力の使用量など、生産現場において作業者が、定期的に計測している記録データを使用し、一ヶ月単位で行う方法で進めることとした。

### ④ 熱損失に対する考え方

過去の実証事業においては、MFCA の計算におけるエネルギーの扱いに関して、投入物量、正の製品物量、負の製品物量を測定するマテリアルのように扱わず、エネルギーコストを、正の製品物量と負の製品物量の比率で、正のエネルギーコスト、負のエネルギーコストに配賦していた。

しかし、この事例のように、アルミを溶解するために投入したエネルギーは、マテリアルにおいてマテリアルロスと測定し、そのコストを計算すると同様に、エネルギーロス、熱損失を測定し、計算することが妥当と考えた。

ここでは、その熱損失の総量を、次の手順で計算した。

D) アルミ溶解の投入熱量 (kJ) の計算：炉毎に、そのエネルギー使用量から計算する。

- ・ 電気の投入熱量 (kJ) = 電気の使用総量 (kWh) × 電気のエネルギー原単位 (kJ/kWh)
- ・ ガスの投入熱量 (kJ) = ガスの使用総量 (m<sup>3</sup>) × ガスのエネルギー原単位 (kJ/m<sup>3</sup>)
- ・ 投入熱量の総量 (kJ) = Σ 電気の投入熱量 (MJ) + ガスの投入熱量 (MJ)

E) 正の製品の溶解熱量 (kJ) の計算

- ・ 正の製品の物量 (kg) は、MFCA バランス集計表に記載される出荷された製品の重量 (kg)
- ・ 顕熱 (この場合は、アルミを昇温させる熱量) の原単位 (kJ/kg)  
= アルミの比熱 (kJ/kg°C) × 昇温の温度差 (°C)
- ・ 潜熱：アルミが固体から液体にするための熱量 (kJ/kg)
- ・ 正の製品の溶解熱量 (kJ)  
= (顕熱の原単位 (kJ/kg) + 潜熱の原単位 (kJ/kg)) × 正の製品物量 (kg)

F) 熱損失の総量 (kJ) の計算

- ・ 熱損失の総量 (kJ) = アルミ溶解の投入熱量 (kJ) - 正の製品の溶解熱量 (kJ)

なお、ここで使用した電気、ガス、アルミの物性値は以下の通りである。

- ・ 電気のエネルギー原単位：3,600kJ/kWh
- ・ ガスのエネルギー原単位：40,590kJ/m<sup>3</sup>
- ・ アルミの比熱：0.930kJ/kg°C
- ・ アルミの潜熱の原単位：395kJ/kg

## ⑤ システムコスト及びエネルギーコストに対する考え方

システムコストは、工場全体に係る労務費及び減価償却費の総額を投入コストとして計算を行った。

また、エネルギーコストは、アルミ溶解に使用したエネルギーの使用量を、すべて記録できていなかったため、ガスの使用量の全量と、電力使用量の 40%をアルミの溶解に伴う投入エネルギーと仮定し、電力使用量の 60%をアルミの溶解以外で使用した電力として MFCA の計算に織り込んだ。

## (4) MFCA 計算結果とその考察

### ① MFCA の計算結果

表 4-1 は、マテリアルの投入物量と正の製品物量、負の製品物量の測定値及び計算値をまとめた MFCA バランス集計表である。

表 4-1 MFCA バランス集計表

Input				Output								
投入コスト合計	186,663千円			正の製品				負の製品				
				167,525千円				19,138千円				
				90%				10%				
材料と材料費	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト	
インゴット	335,726	kg		出荷製品	325,644	kg		アルミゴツ	7,333	kg		
リターン材	323,147	kg		戻り材合計	309,677	kg		管理上の不明	16,219	kg		
<b>アルミ原料小計</b>	<b>658,873</b>	<b>kg</b>			<b>635,321</b>	<b>kg</b>			<b>23,552</b>	<b>kg</b>		
離型剤	3,200	リットル							3,200	リットル		
作動油	1,400	リットル							1,400	リットル		
プランジャー潤滑油	1,380	リットル							1,380	リットル		
潤滑油	600	リットル							600	リットル		
<b>補助材料小計</b>	<b>6,580</b>	<b>リットル</b>	<b>2,405</b>						<b>6,580</b>	<b>リットル</b>	<b>2,405</b>	
排水処理材料小計	1,980	kg							1,980	kg		
交換部品、消耗部品小計	76	個	2,218						76	個	2,218	
材料の物量とコスト小計			14***				93%	13***			7%	9***
アルミ溶解エネルギー	使用量	単位	コスト	比率	物量	単位	コスト	比率	物量	単位	コスト	
都市ガス(真発熱量)	2,414	GJ	3,750					戻り材熱損失	314	GJ		
電気(真発熱量)	518	GJ	1,970					炉の熱損失	2,289	GJ		
<b>エネルギーコスト小計</b>	<b>2,932</b>	<b>GJ</b>	<b>5,720</b>	<b>製品溶解熱</b>	<b>330</b>	<b>GJ</b>	<b>643</b>	<b>熱損失計</b>	<b>2,603</b>	<b>GJ</b>	<b>5,077</b>	
その他エネルギー	使用量	単位	コスト	比率	物量	単位	コスト	比率	物量	単位	コスト	
溶解以外の電力消費	215,827	kWh	2,955	93%	201,135	kWh	2,754	7%	14,692	kWh	201	
<b>エネルギーコスト小計</b>	<b>215,827</b>	<b>kWh</b>	<b>2,955</b>		<b>201,135</b>	<b>kWh</b>	<b>2,754</b>		<b>14,692</b>	<b>kWh</b>	<b>201</b>	
システムコスト			コスト	比率			コスト	比率			コスト	
<b>システムコスト小計</b>			<b>36,345</b>	93%			<b>33,870</b>	7%			<b>2,474</b>	
廃棄物処理	物量	単位	コスト		物量	単位	コスト		物量	単位	コスト	
<b>廃棄物処理小計</b>	<b>18,380</b>	<b>kg</b>	<b>525</b>						<b>18,380</b>	<b>kg</b>	<b>525</b>	

- アルミ原料に関しては、投入のリターン材、正の製品の戻り材等も、インゴットと同じ単価でコストを計上している。そのため総コストは、会計上で表れるコストよりも、リターン材の分だけ大きい数値になっている。
- 材料として再投入する戻り材は、正の製品に位置づけた。戻り材はエネルギーのロスであり、負の製品コストに計上すると、負の製品コストの中での位置付けが非常に大きくなってしまいうためである。
- システムコスト及びアルミ溶解以外の電力エネルギーコストは、その総コストを、マテリアル

コストの正と負の比率、93 対 7 の割合で正の製品と負の製品とに各々配賦した。

- 補助材料、排水処理資材、設備や金型に係る交換部品及び消耗部品は、全量をロスとした。

MFCA 計算の結果、以下のことが確認できた。

- 186,663 千円の投入コスト総計に対して、正の製品コスト合計はその 90%の 167,525 千円、負の製品コスト合計は 10%の 19,138 千円となった。
- アルミの溶解及び溶湯の保温に係る投入エネルギーの内、89%が熱損失となっており、想定以上にロスが発生していた。
- アルミインゴットとリターン材に対して、正の製品にもアルミゴツ等のロスにも該当しない「管理上の不明」が 16,219kg 発生しており、本事例では負の製品として取り扱った。これは主に、リターン材の在庫量の変動によるものと思われ、リターン材の投入重量、金型へ鋳込んだ溶湯の重量、成形工程で発生する端材や捨て打ち品の重量等の計測精度を高めれば、この管理上の不明を低減することは可能である。

## ② ロスの考察

表 4-2 は、表 4-1 から、アルミに関する物量をインゴット投入量、製品物量、アルミゴツ物量に限定し、そのコストを整理したものである。図 4-1 は、それをグラフにしたものである。

表 4-2 MFCA バランス集計表とコスト(リターン材物量と管理不明物量を投入量から除外)

アルミに関する物量をインゴット投入量、製品物量、アルミゴツ物量に限定したマテリアルバランス		物量			ロス率
		投入	正の製品	負の製品	
マテリアル	インゴット(購入材料)	335,726kg	325,644kg	10,082kg	3.0%
	補助材料 計	6,580kg		6,580kg	
	排水処理材料 計	1,980kg		1,980kg	
	交換部品、消耗部品 計	76個		76個	
エネルギー	アルミ溶解熱 計	2,932GJ	330GJ	2,603GJ	88.8%
エネルギー	アルミ溶解熱以外の電力 計	215,827kwh	201,135kwh	14,692kwh	
システムコスト	システムコスト 計				
廃棄物	廃棄物処理 計	18,380kg		18,380kg	

アルミに関する物量をインゴット投入量、製品物量、アルミゴツ物量に限定したコスト		コスト		
		投入	正の製品	負の製品
マテリアル	インゴット(購入材料)			
	補助材料 計	2,405千円		2,405千円
	排水処理材料 計			
	交換部品、消耗部品 計	2,218千円		2,218千円
エネルギー	アルミ溶解熱 計	5,720千円	643千円	5,077千円
エネルギー	アルミ溶解熱以外の電力 計	2,955千円	2,754千円	201千円
システムコスト	システムコスト 計	36,345千円	33,870千円	2,474千円
廃棄物	廃棄物処理 計	525千円		525千円
	合計	119,771千円	104,676千円	15,095千円

負の製品コスト 15,095 千円の内、マテリアルロス及びアルミ溶解熱損失とそのコスト 11,895 千円が削減可能なものとし、改善検討の対象範囲(表のハッチング部分)とした。今回は、その内の半分以上を占めている熱損失と補助材料に対象を絞って、具体的な対策や改善方針の検討を進めた。そ

の改善対象のコストを図 4-2 に示す（なお一部のコスト情報は非公開としている）。

なお、廃棄物処理量及び廃棄物処理コストは、マテリアルロスが削減できれば、それに追従して小さくなるはずである。

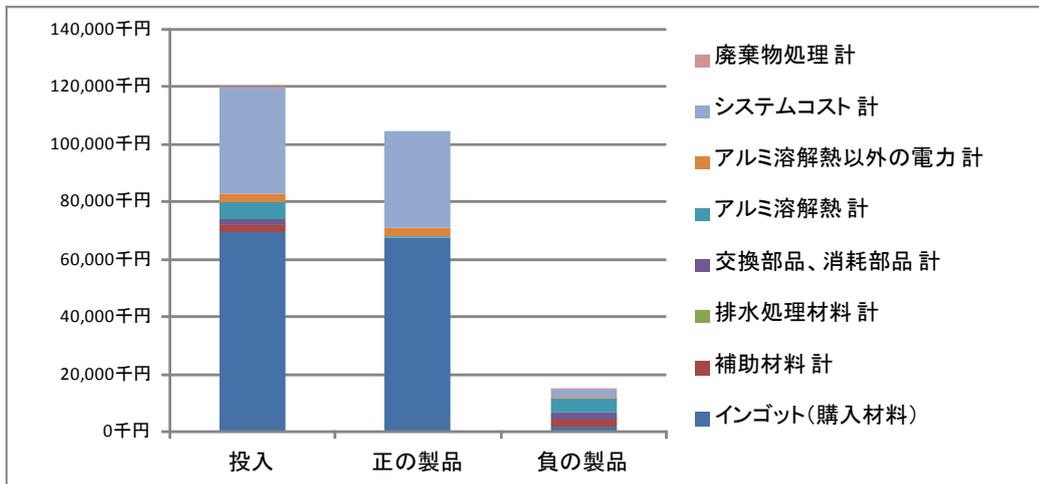


図 4-1 MFCA バランス集計表のグラフ

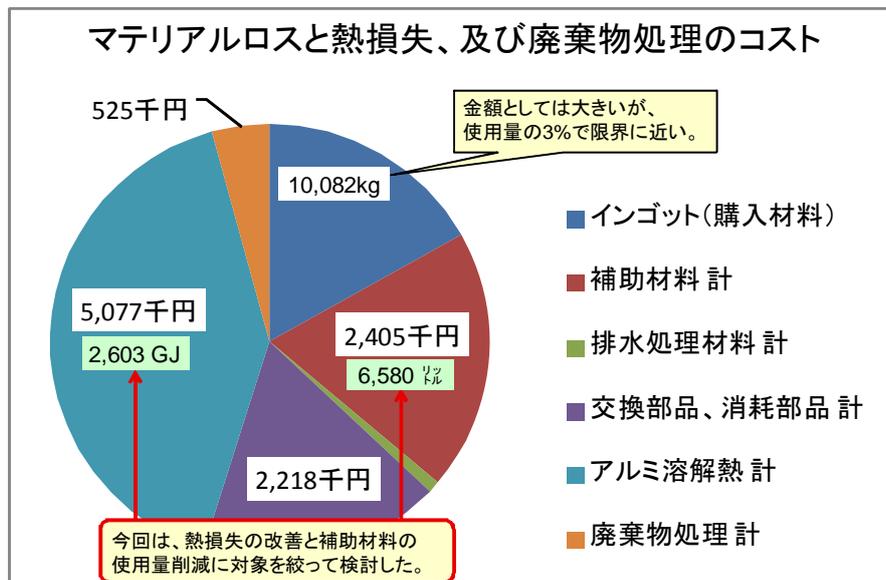


図 4-2 削減可能なマテリアルロスと熱損失、廃棄物処理のコスト

### ③ 溶解工程(集中溶解炉系列)における熱損失の計算

12 台のダイカストマシンに溶湯を供給している集中溶解炉系列について、炉ごとに 11 月度のガス、電力の使用量を測定し、熱収支を計算したものが、図 4-3 のマテリアルフロー、ヒートフロー図である。その概要を整理したものが、図 4-4 のヒートバランスの図である。

(注、ヒートバランス：熱エネルギーを利用するプラントやシステムで、どのような入熱がありどの

ような出熱があるか、を勘定することによりそのプラント(システム)の操業、運転状態を詳細に把握することができる。(省エネルギーセンターのホームページより引用。)

溶解炉		中継炉		手許炉		ダイカストマシン	
<b>アルミの溶解エネルギー</b>							
天然ガス	34,775 m <sup>3</sup>						
熱量	1,412 GJ						
<b>投入材料(アルミ)</b>							
温度	0 °C						
投入量	518 ton						
⇒ アルミのフロー	⇒ 炉から出湯するアルミ	⇒ 中継炉	⇒ 手許炉	⇒ ダイカスト			
⇒ ヒートフロー	⇒ 炉における負の製品	⇒ 炉における負の製品	⇒ 炉における負の製品	⇒ 注湯における負の製品			
	溶解炉	中継炉	手許炉	ダイカスト			
	溶湯温度	溶湯温度	溶湯温度	注湯温度			
	正の製品	正の製品	正の製品	鋳込み総重量			
	熱量/ton	熱量/ton	熱量/ton	熱量/ton			
	熱量合計	熱量合計	熱量合計	熱量合計			
	負の製品	負の製品	負の製品	負の製品			
	熱量/ton	熱量/ton	熱量/ton	熱量/ton			
	熱量合計	熱量合計	熱量合計	熱量合計			
	溶湯の温度降下による熱損失	溶湯の温度降下による熱損失	溶湯の温度降下による熱損失	溶湯の温度降下による熱損失			
	温度降下	温度降下	温度降下	温度降下			
	比熱	比熱	比熱	比熱			
	熱量合計	熱量合計	熱量合計	熱量合計			
	炉の温度保持エネルギー	炉の温度保持エネルギー	炉の温度保持エネルギー				
	電気	電気	電気				
	熱量	熱量	熱量				
	炉の熱損失	炉の熱損失	炉の熱損失				
	損失熱量	損失熱量	損失熱量				
	炉の熱損失内訳	炉の熱損失内訳	炉の熱損失内訳				
	炉本体	炉本体	炉本体				
	排出ガス	給湯、配湯	給湯、配湯				
	その他	その他	その他				

図 4-3 アルミ溶湯のマテリアルフロー、ヒートフロー

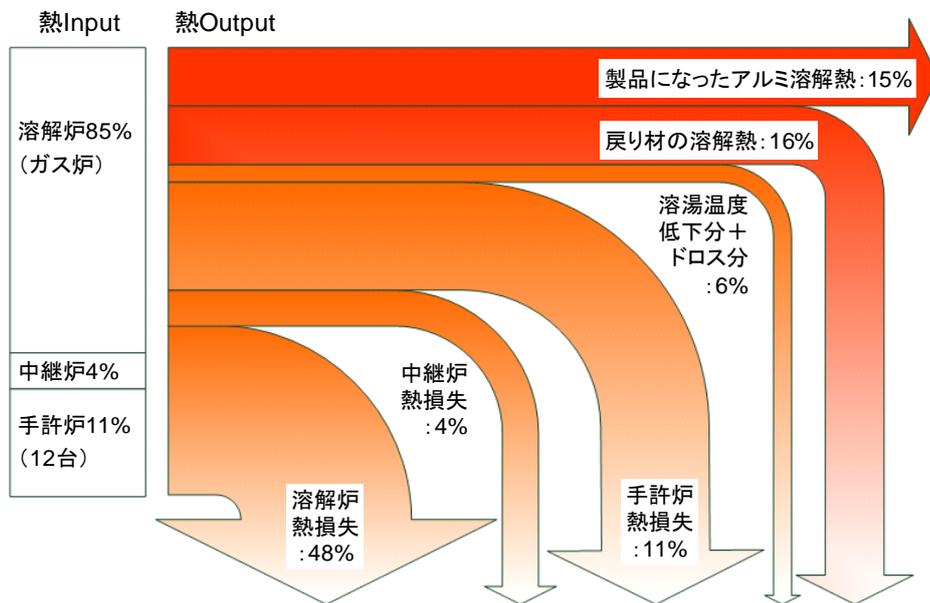


図 4-4 アルミ溶湯のヒートバランス

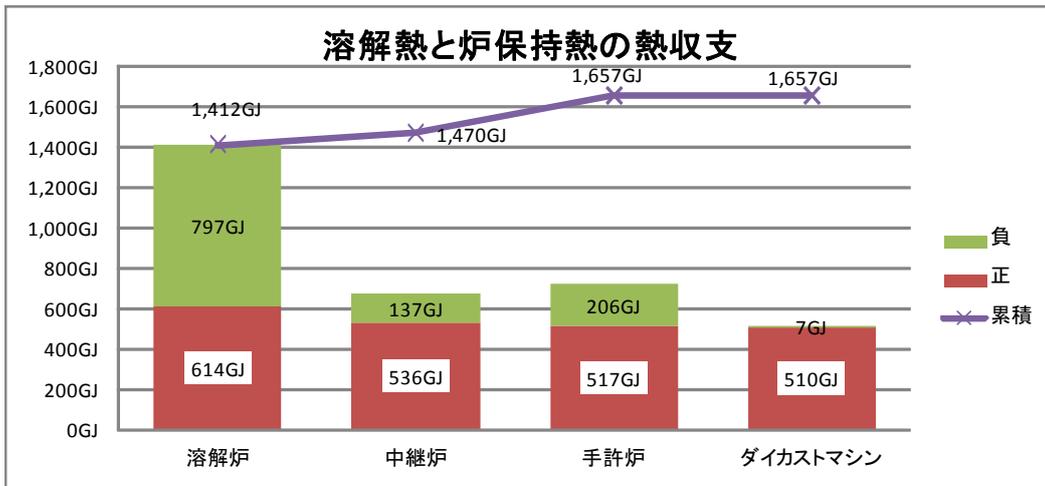


図 4-5 溶解熱と炉保持熱の熱収支の計算(集中溶解炉系列)

図 4-5 は、炉単位で、正の熱量、負の熱量(熱損失量)と、投入熱量の累積値を整理したものである。ここで、正の熱量は、アルミ溶解熱量の原単位×溶湯物量×溶湯温度の計算方法により算出した。

溶解炉とダイカストマシンにおいて、若干のアルミロスが発生していること、また、各炉において溶湯温度が低下すると、正の値が小さくなることが確認できた。

なお、ここでの熱損失コストは、ガスと電力それぞれの使用量と単価から容易に計算できる。

#### ④ 熱損失の考察

図 4-6 は、集中溶解炉系列の炉ごとに発生した熱損失の内訳をグラフにまとめたものである。

集中溶解炉系列内で発生する熱損失の中で、特に炉(溶解炉、中継炉、12 基の手許炉)本体からの放熱と、排出ガスの排熱が大きいことが確認できた。

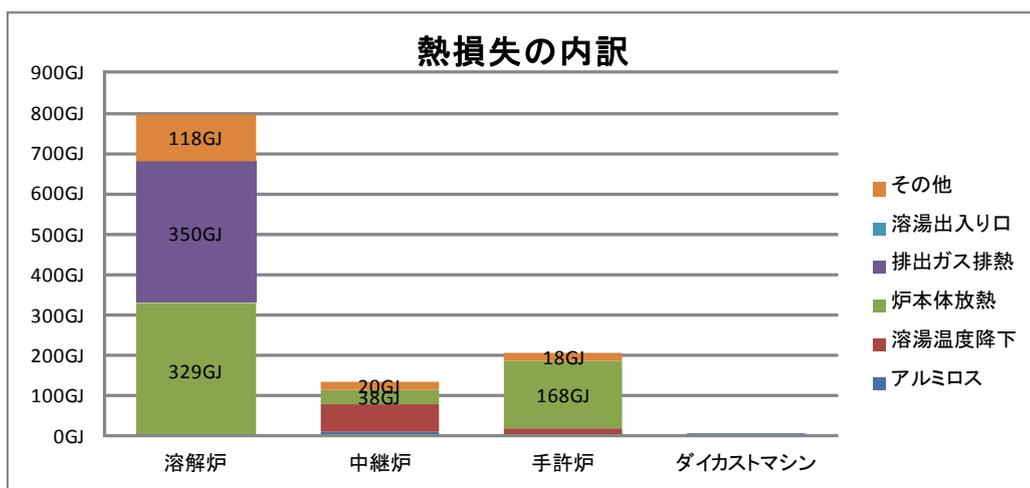


図 4-6 炉別の熱損失内訳(集中溶解炉系列)

## (5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

本事例において、これまで求めてきた計算・分析の結果を踏まえ、「熱損失」、「補助材料ロス」、「原材料ロス」を削減するための課題を抽出し、具体的な対策や改善方針の検討を進めた。

### ① 熱損失の削減について

熱損失の削減について、その改善課題の一覧を表 4-3 に整理した。溶解や保温に関する設備の新設や改造など、設備投資が必要な課題が多く打ち上げられた。今後の設備投資計画、改修計画の中に織り込み、中・長期的な課題として取り組んでいきたいと考えている。

表 4-3 熱損失の改善課題一覧

対象	ロス	物量	対策(着眼点)	課題
集中溶解炉	炉本体からの放熱	329 GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>断熱性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>投資効果に対する検証が必要(5月の入替時に確認)</li> </ul>
	排出ガス排熱	350 GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>回収排熱の有効利用</li> <li>予熱利用</li> <li>温水利用</li> <li>工場内暖房利用ほか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排熱の回収方法と利用用途に関する研究が必要</li> </ul>
	その他	118GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロスの詳細分析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力及びガス使用量の測定簡素化</li> <li>熱損失の分析方法に関する研究と標準化</li> </ul>
中継炉	溶湯温度の低下	66 GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶解時の温度を少し低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術課題としての研究が必要</li> </ul>
	炉本体からの放熱	58 GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>断熱性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>投資効果に対する検証が必要</li> </ul>
手許炉	炉本体からの放熱	168 GJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>断熱性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>投資効果に対する検証が必要(まずは12基のうち1基で試行し、その効果を見た上で展開)</li> </ul>

### ② 補助材料ロスの削減について

補助材料ロスの削減について、表 4-4 にその改善課題の一覧を整理したが、日常の改善活動に連携した取り組み課題が多く打ち上げられた。TPM など日々現場で行われている活動の中に織り込み、効率的かつ効果的に改善に取り組んでいきたいと考えている。

表 4-4 補助材料の使用に関する改善課題一覧

対象(ロス)	物量	対策(着眼点)	課題
離型材	3,200 ㍓	<ul style="list-style-type: none"> <li>濃度を薄める</li> <li>離型材と冷却水を分離</li> <li>固定ノズル利用を水に変更</li> <li>限界値及び適量の標準化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現状の濃度を測定</li> <li>金型冷却方法の標準化</li> <li>地下水利用による金型冷却</li> <li>離型材の塗布効率化(原液、霧状での塗布)</li> </ul>
作動油	1,400 ㍓	<ul style="list-style-type: none"> <li>作動油ホースを切れにくいものへ変更 (切れると稼働率が低下)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メーカーに性能確認</li> <li>金属配管への変更を検討</li> </ul>
プランジャー潤滑油	1,380 ㍓	<ul style="list-style-type: none"> <li>垂下量の削減と適正化 (安心代として余剰に垂下)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適正量(限界値)の見極めと標準化</li> <li>問題が出れば音が発生</li> </ul>
潤滑油	600 ㍓	<ul style="list-style-type: none"> <li>勤務ごとでの補充を変更 (必要が無くても補充しており、オーバーフローが発生)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>補充方法や基準の標準化</li> </ul>

### ③ 原材料ロスの削減について

今回は、湯ジワ・焼き付き等の工程内不良品数やランナー・オーバーフロー量の削減、捨て打ち量の削減、主に切削加工で発生する削り代の削減に関する詳細な分析や検討は行っていないが、課題として大きい部分がある。表 4-5 に原材料のロスに関する改善課題を整理したが、今後も継続してロス削減のための検討を進めていきたいと思います。

表 4-5 原材料のロスに関する改善課題一覧

対象(ロス)	比率	対策(着眼点)	課題
ランナー及びオーバーフロー等	38 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>金型設計段階での限界設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーションによる限界値把握</li> <li>量産品質確保のための鑄造技術の確立</li> </ul>
捨て打ち品	4 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>金型温度制御による最適化</li> <li>自主保全活動の徹底 (チョコ停・故障の低減)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>金型温度安定化までの時間短縮(現状は、金型切替後・マシン立上後に 15~20 回の捨て打ちを実施)</li> </ul>
工程内不良品	2 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適鑄造条件の確立と標準化</li> <li>原材料(アルミ)の材質改良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術課題としての研究開発が必要</li> </ul>
切削加工で発生する削り代	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>GGPC では成形後の切削加工まで行っているため、加工費や消耗工具費の削減に効果大(当社はほとんど外作)</li> <li>金型設計方案の変更</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GGPCへの MFCA 計算手法の普及</li> <li>収集データの定義とデータ収集方法の確立と標準化</li> </ul>

## (6) 成果と今後の課題

- ダイカスト業界としては、原材料の購入量やダイカスト製品の出荷量を、ほぼ正確に捉えている。アルミゴツ等ロス物の量や金額は、ある程度見えていることから、歩留り改善など、これまでも原材料ロスの削減には積極的に取り組んできている。
- アルミ溶解と溶湯温度の保持に伴う熱損失や、鑄造工程で消費されている補助材料などのマテリアルロス物の量や金額は、これまで明確にしてこなかったが、今回の MFCA を通じて、工場全体として工程別に発生しているマテリアルロスやエネルギーロスを『見える化』したことで、ロス物の量や金額を具体的に捉えることができた。更には、これらロス物の削減に向けて、やるべき課題や対策、方針を明確にすることができたので、今後、全社で取り組んでいる TPM などの日常の活動と連携して、より効率的かつ、効果的に改善活動を進めていくことが可能となった。
- アルミ溶解に係る熱収支を計算した結果、投入エネルギーのうち 90%程度が熱損失となっており、想定以上のロスが発生していることが確認できた。そのことから、各炉からの放熱や排出ガスの排熱に対する対策を進めることが、製造原価、環境負荷の両面で最大の効果が期待できる改善ポイントであると認識している。
- 当社では現在、県の補助金を活用して、溶解排熱を有効利用するための省エネ装置の開発と、CO<sub>2</sub>削減のための解析モデルの構築に関する研究を進めている。解析モデルの構築にあたり、温度等の実測データや空気量等の設定条件をもとに手許溶解炉の熱効率を計算したところ、有効熱量は 15%以下、熱損失量は 85%以上となり、今回の MFCA により確認できた熱収支と、近似の結果となった。従って、解析モデルの高精度化と開発した省エネ装置の実用化によって、どこまでアルミ溶解に伴う熱効率を高められるかが、大きなカギとなる。

## (7) 実施企業、インターンの所感

- MFCA に取り組む前は、ランナー・オーバーフロー等の端材、捨て打ち品や工程内不良品はリターン材として、工程内でリサイクルされていることから、現場では、ほとんどマテリアルロスは発生していないとの意識が強かった。しかし、工程内リサイクルの量の多寡が、リターン材の溶解に伴う投入エネルギーや鑄造の際に消費する補助材料に大きく影響していることが、具体的な物量と金額で確認することができたことから、現場での作業者を中心にロスに対する意識改善が図れた。
- MFCA の取り組みを製造部門個別の活動としてではなく、組織横断的なプロジェクト活動として進めていったことから、部門間のコミュニケーションが活性化し、ロス削減に対する意識統一が図れた。
- これまで当社では、廃棄物の分別徹底や有価物化など、エコアクション 21 に基づく環境活動を推進してきた。しかし、工場内の廃棄物の量や金額を工程別に細かく捉えて、これを削減す

るための具体的な活動展開にまでは至っていない。今後の方向性として、当該活動と連携して環境管理の充実を図るとともに、現状分析のほかロス削減の目標や計画を設定して、環境負荷削減のための課題解決を着実に遂行し、省エネの結果に繋げていきたい。そして、究極の『地球にやさしいダイカスト工場』作りを目指していきたい。

- アジア諸国を中心に自動車部品のグローバル調達が加速化しており、当社のアジア生産拠点である GGPC においても受注拡大の可能性が見えている。そのことから、MFCA の海外展開を当社の最重要課題の一つとして考えている。当社工場による MFCA 展開スキームの早期確立を目指し、一日でも早く海外展開が実現できる様、体制作りを進めていきたい。

以上

## 第5章 株式会社オティックス西尾における MFCA 導入実証事業報告 (自動車部品のアルミダイカスト工程に関する MFCA 導入事例)

報告書作成者：

近藤昌彦 (株式会社 オティックス)

稲垣 修 (株式会社 オティックス西尾)

寺島 毅 (社団法人 中部産業連盟)：インターン

公募採択事業者：社団法人 中部産業連盟

### (1) 株式会社オティックス西尾の概要

株式会社オティックス西尾は、自動車エンジン部品をアルミ鋳造から加工、組立てまで一貫生産しており、安全・品質と並び環境配慮の重要性から ISO14001 の認証を取得しエネルギー効率の追求、廃棄物低減に取り組んでいる。

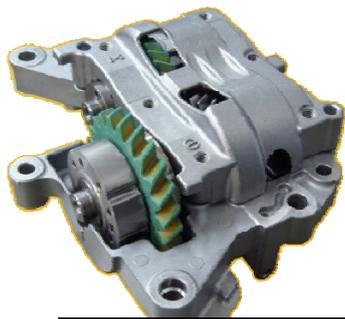
今回、MFCA 導入実証事業により専門家の指導を受け工程に潜むロス解析の手法を実地で体験し、環境改善を更に推進するため、本事業に応募した。

社 名	株式会社オティックス西尾
所 在 地	愛知県西尾市寺津町三の割 36-6
業 種	自動車部品製造業
資 本 金	1,000 万円
従 業 員 数	322 名
売 上 高	176 億円 (平成 21 年度)
主 な 製 品	アルミエンジン部品、ミッション部品
業 歴	1918 年発動機、綿織機の修理工場として創業 1942 年トヨタ自動車(株)より旋盤受注 1949 年小田井鉄工所設立 1992 年(株)オティックスに社名変更 2005 年分社により(株)オティックス西尾に分かれる

### (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

#### ① 対象商品

自動車用エンジン部品：アルミダイカスト鋳造品で主にアメリカ TOYOTA で使われている。この部品はバランスハウジングといい、エンジンの振動を打消す構造で、快適性を重視する車に採用されている。



バルンサーハウジング



TOYOTA カムリ  
エンジン形式2AR-FE

## ② 対象工程

今回の製造ラインは、材料投入から鋳造、トリミングまでの鋳造工程、熱処理工程、切削・組付け工程からなる。今回 MFCA を導入するに当たり、鋳造・トリミング工程（鋳造 QC）と以降の熱処理、切削・組付け工程（加工 QC）の2つの物量センターを設定した。

バルンサーハウジング製造ライン工程を図 5-1 に示す。

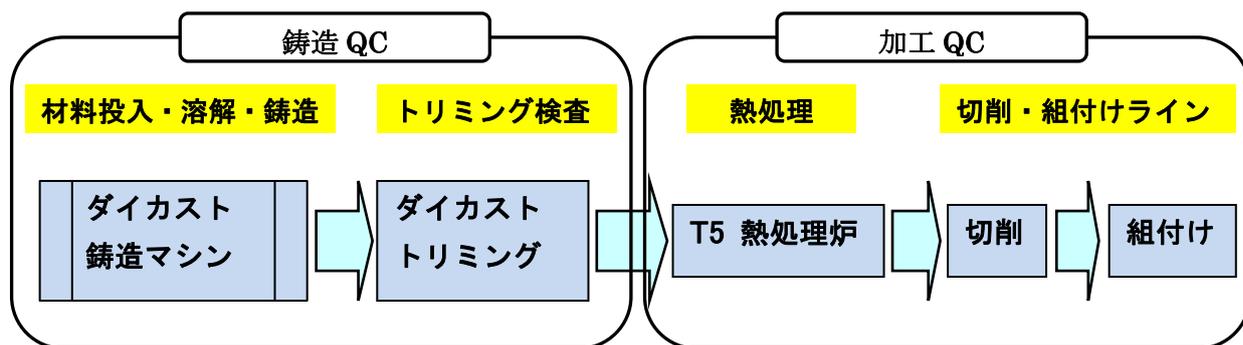


図 5-1 バルンサーハウジング製造工程概略

しかし、加工 QC でのロスは、既に日常管理している、成型不良（鬆）、加工不良、研削屑であり、今回は鋳造 QC を中心に MFCA を適用し、ロスについて検討を行った。

## (3) データ収集期間と方法

データの収集範囲とその期間、収集方法は以下の通りである。

### ① データ収集範囲

アルミダイカスト鋳造工程から組付け工程までを範囲とした。（但し、主要材料はアルミ材のみとし、組付けに投入される他の部品などは対象から除外した。）

### ② データ収集期間

2010 年 9 月分データ

### ③ データ収集の方法

- ・アルミ材については、鋳造から加工、組付けまでの重量遷移は重量を実測した。アルミインゴットの投入量、各工程の完成数は生産月報から収集した。またリターン材投入量については次式にて算出した。

$$\text{リターン材投入量} = \text{成型後の重量} \times \text{ショット数} - \text{インゴット投入重量}$$

また、リターン材は、投入量=発生量となる。

- ・補助材料については投入実績が分からないものは購入実績より算出し、また他の製品と共通品については生産数量で按分した。
- ・エネルギーコストは電気、ガスについても工場全体の使用量しかデータが無いために、他製品と生産数量で按分した。
- ・今回は溶解炉の熱勘定も検討した。
- ・システムコストは人件費、設備償却費について経理データを使用し、処理費用は殆ど発生しない（有価売却となっている）ので除外した。

### ④ 鋳造 QC におけるマテリアルの INPUT と OUTPUT 及びロスの発生状況

鋳造 QC におけるマテリアルフローチャートを図 5-2 に示す。

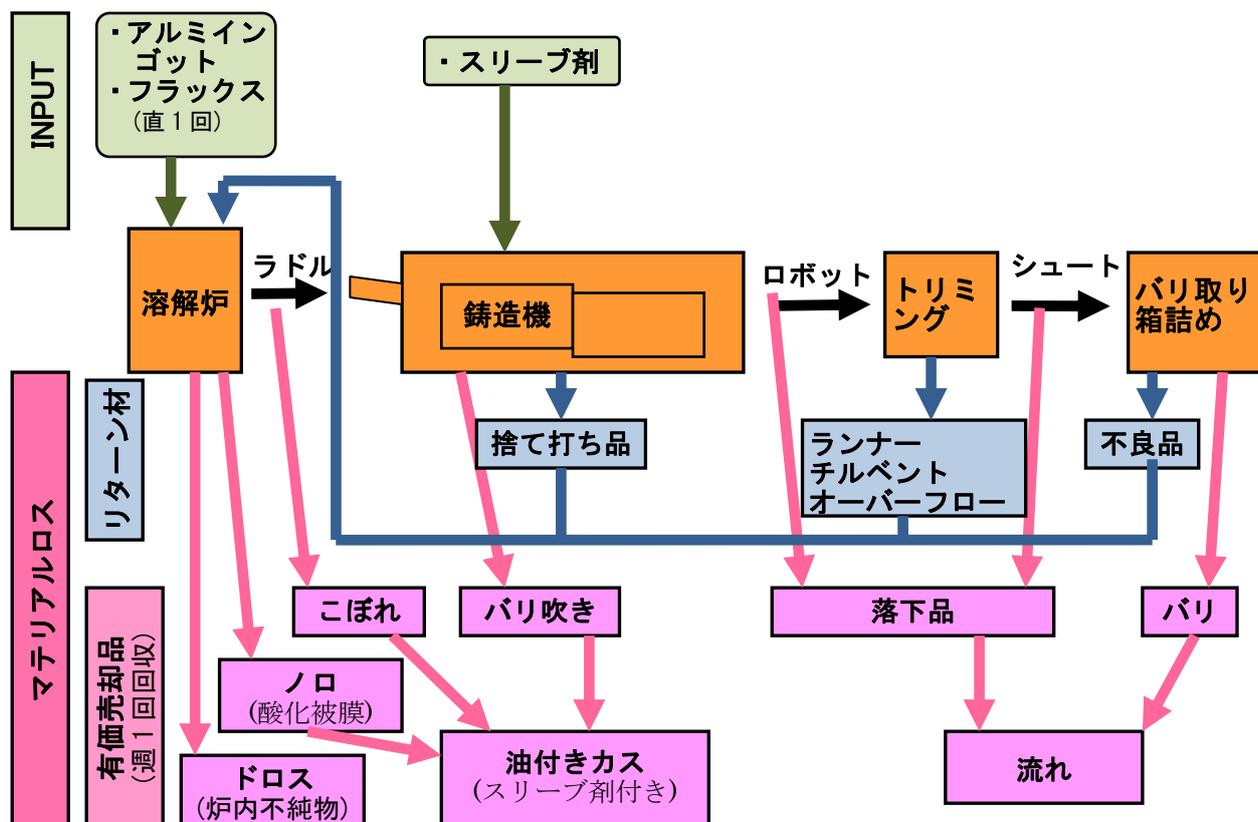


図 5-2 アルミダイカスト鋳造工程(鋳造 QC)のマテリアルフローチャート

1) INPUT について

- ・投入マテリアルとしては、主要材料のアルミニウムと各工程で使用する補助材料である。
- ・アルミニウムは、新規購入のインゴットのほかに、鑄造工程において発生するリターン材が投入される。このリターン材については、MFCA において物量は計上するが、金額は計上しないこととした。

2) OUTPUT 及びロスについて

- ・鑄造 QC において発生する、ランナー、チルベント、オーバーフローなどのリターン材は、工程内を循環し廃材とはならないが、このリターン材に関するエネルギーやシステムコストはロスとして集計するために負の製品とした。リターン材そのものについては、これも物量のみ評価し金額評価はしないこととした。
- ・投入される補助材料は、ロスの物量が測定できないが次工程へ持ち出しされないため、使用した分をそのまま負の製品とした。
- ・アルミの廃材は、全て有価売却されている。そのために処理費用は殆ど発生していない。この有価売却価格は廃材の状態によって価格に差異がある。

(4) MFCA 計算結果とその考察

MFCA 集計結果を表 5-1 に示す。なお金額は公表しない。

表 5-1 MFCA バランス集計表

	INPUT			OUTPUT (対投入金額比)						
	(対合計金額比)			正の製品			負の製品			
	物量	金額	%	物量	金額	%	項目	物量	金額	%
<b>合計</b>	—	****	100	—	****	67.7	—	—	****	32.3
<b>マテリアルコスト計</b>	—	****	37.2	—	****	94.1	—	—	****	5.9
・アルミ材計	192,063 kg	****	36.5	99,862 kg	****	96.0	計	92,201 kg	****	4.0
・インゴット	104,068 kg	****	36.5	—	—	—	不良品・他	4,206 kg	****	4.0
・リターン材	87,995 kg	—	—	—	—	—	リターン材	87,995 kg	—	—
・補助材料	—	****	0.7	—	—	0	—	—	****	100
<b>エネルギーコスト</b>	—	****	6.6	—	****	52.0	—	—	****	48.0
・電気	91,043 kwh	****	2.4	—	****	52.0	—	—	****	48.0
・ガス	34,705 m3	****	4.2	—	****	52.0	—	—	****	48.0
<b>システムコスト</b>	—	****	56.2	—	****	52.0	—	—	****	48.0
・人件費	—	****	23.0	—	****	52.0	—	—	****	48.0
・償却費	—	****	33.2	—	****	52.0	—	—	****	48.0

① INPUT について

- ・マテリアルコストは 37% でアルミが大部分を占める。アルミ投入物量 192 トンのうち新規インゴットは 104 トン (54%) であり、リターン材が 88 トン (46%) と非常に大きな割合を占める。
- ・システムコストは 56% で人件費は 23%、償却費は 33% である。

## ② ロスの発生状況について

- ・負の製品コストは 32%を占めている。
- ・マテリアルのロス率は 6%であるが、アルミ材がそのうち 3分の 2 を占める。重量では 4 トンあまりで、有価売却により 22 万円/月得ているが、そのマテリアルコストは 85 万円である。これに掛ったエネルギーコスト、システムコストは 38 万円でありこれを加味すると、回収率は 18%に過ぎない。
- ・リターン材は、廃棄物としないために金額評価はしていないが、物量的には正の製品の 88%にも上る。この影響によりエネルギーコスト、システムコスト、の負の製品への配賦が大きくなっている。

## ③ エネルギーコスト、システムコスト

エネルギー、システムコストのロスはリターン材を加味したアルミ材のロス率で評価したので、全て 48%である。

## ④ ダイカスト工程の熱勘定

ダイカスト溶解炉・保持炉・給湯機の熱勘定を表 5-2 に示す。

表 5-2 ダイカスト工程熱勘定

INPUT			OUTPUT			
熱源	使用量	熱量(MJ)	項目	物量	熱量(MJ)	構成比%
ガス	34,705m <sup>3</sup>	1,509,668	アルミ溶解	192, 063	190, 208	12.6
			・インゴット	104, 068	103, 063	6.8
			・リターン材	87,995	87,145	5.8
			昇温熱	20°C→68°C	76, 249	5.1
			溶解熱		113, 959	7.5
			インゴット	104, 068	103, 063	6.8
			正の製品	99,862	98,898	6.6
			負の製品	4, 206	4, 165	0.3
			リターン材	87,995	87,145	5.8
			熱損失		1,319, 460	87.4
			排気	内75%と仮定	989, 595	65.6
			放熱	内25%と仮定	329, 865	21.9

・熱効率は 12.6%  
 ・しかし、正の製品となった熱量はわずか 6.6%

入熱量の 12.6%がアルミ溶解に使われ、正の製品には 6.6%しか使われていない。リターン材には 5.8%使われているが、これもロスである。熱損失は 87%となっている。なお排気と放熱については、排熱温度等のデータがないため一般の排熱割合（70%～80%）を参考にして、75%対 25%と仮定した。（図 5-3）

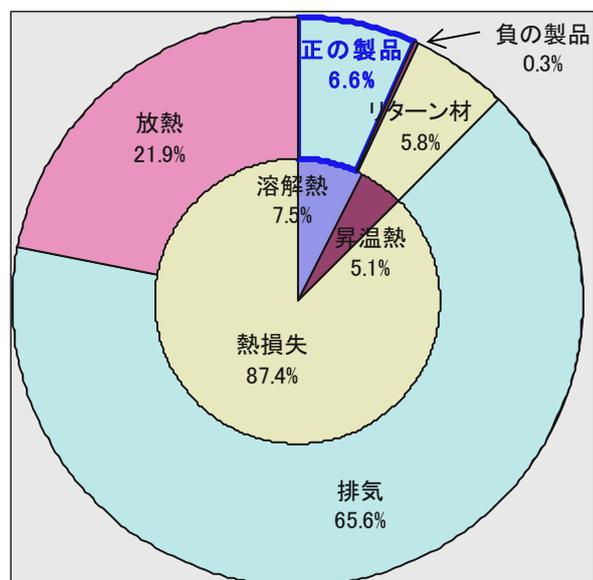


図 5-3 OUTPUT 熱量(投入材料別)

なお、計算に使用した各物性値を以下に示す。

アルミニウムの物性値	比熱(KJ/kg・K)	0.899	国産天然ガス(MJ)	43.5
	溶融熱(KJ/kg)	397		
	常温	20		
	融点	680		

## (5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

### ① アルミ材について

#### 1) 有価売却としている廃材

発生抑制→リターン材化→より有価価格の高い廃材化を検討する。

**INPUT熱量=1,509,668MJ**

発生抑制を検討する。

#### 3) インゴット

削り代の削減←成型製品の形状、薄肉化を検討する。これについては既に取り組んだテーマであり技術的なハードルが高く今回は考えない。

以上の具体的な改善取組み課題を表 5-3 に示す。

表 5-3 アルミ材の改善課題

ロスの発生状況	改善の方向性・テーマ	改善目標	担当	期待効果
フラックス処理(1回/直)によりロドスが発生	定期処理→生産量を基準に変更	1/3	生技	・アルミ投入量削減 ・フラックス使用量削減 ・稼働率向上
ラドルからのタレ、こぼれ発生 ラドル交換(1回/週)	コーティング剤見直し	1/2	生技	・アルミ投入量削減 ・稼働率向上
バリ吹き発生 (バリが排熱風で飛散)	型保全(精度合わせ) バリ吹き原因調査・対策	1/2	製造 保全	・アルミ投入量削減 ・品質/稼働率向上
捨て打ちによりリターン材が発生する	型の余熱化/保温化により回数削減	1/3	生技	・省エネ ・稼働率向上
ロボットからの落下が発生	型への食付き改善 バケット移動の制御調整 バケット形状改善	0	生技 保全	・捨て打ち減 ・稼働率向上 ・有価物→リターン材
リターン材の落下が発生				
成型都度発生するリターン材 (ランナー、チルベント、オーバーフロー)の量が多い	型設計の見直し	30% 削減	生技	・リターン材削減 ・省エネ

## ② 補助材料について

補助材料については、使用量の削減と、処理費用の削減が課題となる。具体的な改善取組み課題を表 5-4 に示す。

表 5-4 補助材料の改善課題

検討項目	改善の方向性・テーマ	改善目標	担当	期待効果
離型剤の削減	塗布方法改善 油性化、ハイブリッド化	0 に近づける	生技	・廃液削減 ・処理費用削減
廃液削減	濃縮減容化	80%削減	生技	・廃液削減
作動油漏れ対策	型温度管理・配管洗浄 受け皿検討	今後テーマ 80%削減	生技 保全	・処理費用削減

## ③ 熱エネルギーについて

熱エネルギーについては、熱損失の削減と排熱の利用が課題となる。具体的な改善取組み課題を表 5-5 に示す。

表 5-5 熱エネルギーの改善課題

項目	検討対象	改善の方向性・テーマ	改善目標	担当	期待効果
熱損失の削減	開口部からの放熱	蓋設置検討	30%削減	生技	ガス使用量削減
	効率化追求	リターン材削減		生技	
	保持槽温度維持熱	槽の小型化		生技	
	非生産時の削減	稼働率向上		製造	
排熱利用		インゴットの余熱 リターン材の余熱 T7 へ利用		生技	

#### ④ システムコストについて

システムコストについては、上記マテリアルロス削減に伴う稼働率向上などにより、改善されることもあるが、これはわずかである。当社は、現在トヨタの協力会社として TPS に積極的に取り組んでおり、この活動の主要なテーマの一つがまさにシステムコストの削減である。具体的な改善取組み課題については TPS の課題として取り組んでいる。

#### (6) 成果と今後の課題

- ・当社が推進している TPS 活動に今回新たに MFCA を加えたことで、コストダウン活動の幅及び成果実現の可能性が大きく拡大された。
- ・特にアルミ材については、不良品に対する活動が主であった。本事業で MFCA により、工程内リサイクルの物量の大きさが非常に大きいことが分かり、これに関わる大きなロス、また有価売却廃材についても大きなロスがあることが、物量とコストで明らかになった。ロスの具体的な発生源、発生原因などが明らかになり、そこから具体的な活動の課題が明確になった。
- ・リサイクル材は、仕掛り品が工程内をぐるぐる回るものであり、TPS で削減に取り組むべき重要な対象の一つである。しかもこれが工程内を循環する度に大きなコストも発生している。これを削減することは当社にとって重要な課題である。今回このことが明らかになった。
- ・工程で使用する補助材料などのマテリアルロスについても、今まであまり意識していなかったが、これにもメスを入れることができ、ここでも具体的な活動の課題が明確になった。
- ・今回新たに熱勘定を導入し、エネルギーの効率を見える化し、あらためて熱損失の大きさが認識できた。当社は第一種エネルギー管理指定事業所であり、これからの省エネ活動における具体的な活動の課題を明らかにできた。
- ・管理面においては、今まで完成実績に重点を置いてきたが、MFCA により、投入の重要性が明らかになった。マテリアルバランスを徹底することで確実な管理が可能になる。今後は現場自身で管理を行う仕組みの構築が課題となる。
- ・今回は対象製品を絞って MFCA を導入した。今後ダイカスト工程全製品全体で MFCA を実施す

れば、会社レベルでのロスの大きさや改善活動による成果の大きさなどの実態が明らかになり、当社にとっては非常に有意義である。

- ・また、共通補助材料や、エネルギーなどは生産量などで配賦にて集計を行ったため、必ずしも実態を表し切れていなかった。全体で集計すれば配賦は不必要である。

## (7) 実施企業、インターンの所感

- ・ MFCAの活動を通して漠然と感じていたロスが物量とコストで把握でき、改善活動の動機付けとなった。
- ・ これまでのアウトプット情報が主の管理からマテリアルフローとしてインプット情報の重要性が理解できた。
- ・ 再利用品は物量的には効率が高まるが、エネルギー面からは大きなロスとなっている。
- ・ 今までコスト改善は工数、不良中心だったが毎日投入、廃棄しているロスが大きいと判明した。
- ・ ロスの改善がコストとして成果が見えモチベーションがアップした。
- ・ 今後もMFCAを改善手法として水平展開したい。

以上

## 第6章 武田鑄造株式会社における MFCA 導入実証事業報告

### (砂型鑄造による銑鉄鑄造業を対象にした MFCA 導入事例)

報告書作成者：

大木悦郎（武田鑄造株式会社）

仲井俊文（株式会社サンキョウ - エンビックス）：インターン

公募採択事業者：武田鑄造株式会社

#### (1) 武田鑄造株式会社の概要

武田鑄造株式会社は、岡山県内で3つの鑄造工場を持っている。各工場の特徴をいかした鑄造システムと、永年培った技術蓄積によって、顧客の複雑化する仕様、要求に適合できる安定した品質と低コストを実現してきた。また、3D/CAD 及び湯流れ解析システムの活用による開発体制強化を進め、試作品のデザイン・インから量産品着工までの納期短縮と迅速な生産対応を可能としている。

このたび、MFCA 手法を活用してロス削減・省資源の取組みを実現することを目的として、MFCA 導入実証事業に参加し、本社工場の鑄造工程に MFCA を導入した。

社名	武田鑄造株式会社
所在地	岡山県倉敷市中島 1001
業種	金属加工（銑鉄鑄物製造）
資本金	30 百万円
従業員数	200 名
主な製品	自動車用部品、農機具部品、産業機械用部品、プレス型素材
業歴	創業昭和 2 年

#### (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

##### ① 対象商品

武田鑄造株式会社は、砂型を使った鑄鉄鑄造製品を製造している。砂型を使った鑄造法は、非常に歴史の古い製造法である。写真は当社の製品の一例であるが、この製造法の特徴は、複雑な形状のものを、制約なしに、ほぼニア・ネット・シェイプで成形できることである。



自動車のエンジンや工作機械、ポンプなどの主力部品は、鑄造品で製造されており、基盤産業にお

ける鑄造品の役割は、非常に重要である。今回は本社工場で製造される鑄鉄鑄物製品全般を対象として MFCA を実施した。

## ② 対象工程

対象工程の概略を図 6-1 に示す。鑄物製品の主原料となる鑄鉄は電気炉で溶解され、高温の溶湯を砂型に注湯し、砂型と一緒に冷却された後、バラシ、引き抜きにより砂型から製品が分離される。製品はさらに冷却され、ショットブラスト、仕上げ、検査工程を経て出荷となる。一方、分離した砂は回収され、ミル、コンデンスによって再生処理を行ったあと、砂型造型用砂として再利用される。

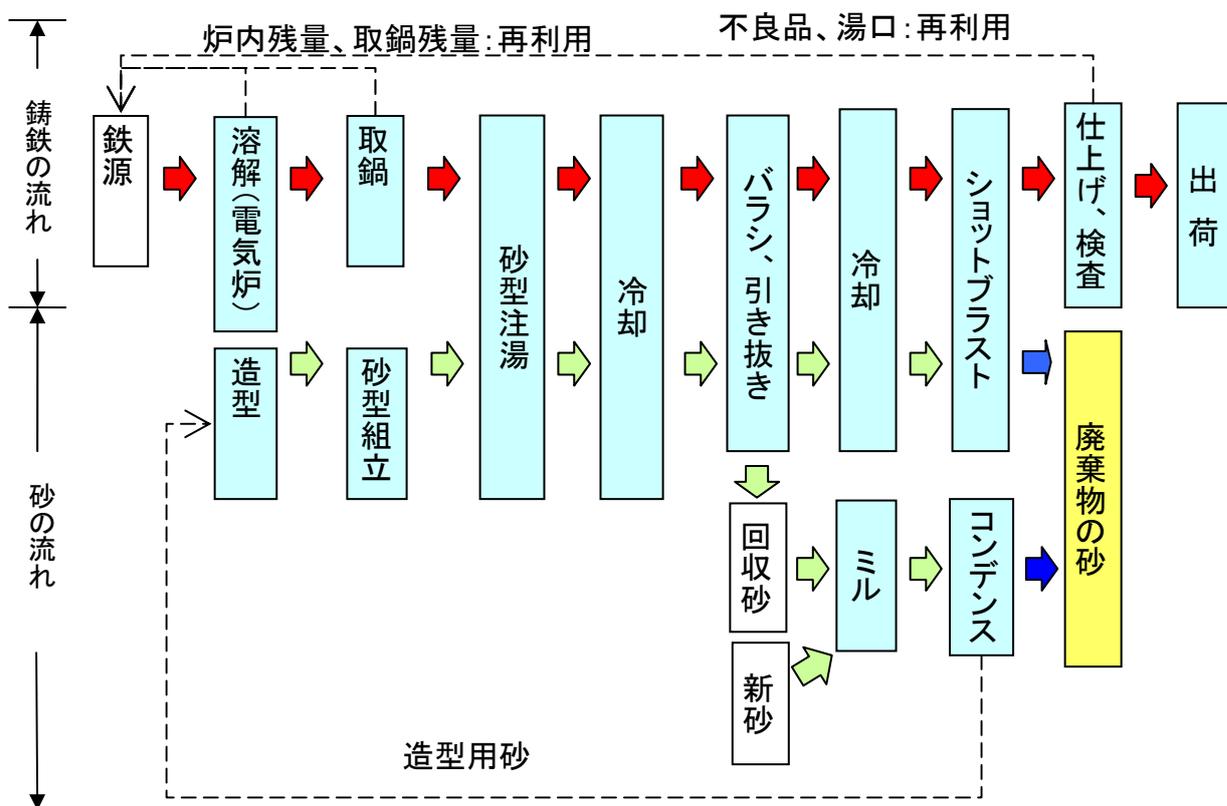


図 6-1 対象工程概略図

## ③ 製造工程の内容

主な工程内容を以下に記述する。

- ・ 溶解工程：製品の原材料となる鑄鉄原料、補助材料を電気炉内へ投入し、高温で加熱、溶解する
- ・ 取鍋、砂型注湯工程：溶解した原材料を取鍋に分取し、砂型内へ流し込む。砂型内の原材料は自然冷却され、中間製品となり次工程に送る
- ・ 型バラシ、引抜工程：冷却固化された中間製品は、振動により砂と分離され次工程に送られる。分離した砂は回収され、再生処理を行う

- ・ ショットブラスト工程：中間製品にショット玉を吹きつけ、表面に付着した砂を完全に除去する
- ・ 仕上げ、検査工程：中間製品のバリ取り、外観検査を行い完成品となる
- ・ ミル、コンデンス工程：回収された砂に新砂、補助材料を加え、攪拌し砂の状態を整える
- ・ 造型、砂型組立工程：砂により砂型の各部分（上型、下型）を製作し、製作した砂型部分と中子を組み合わせて注湯用の砂型を組み立てる

#### ④ マテリアルの投入とロス

対象工程におけるマテリアルフロー図を図 6-2 に示す。

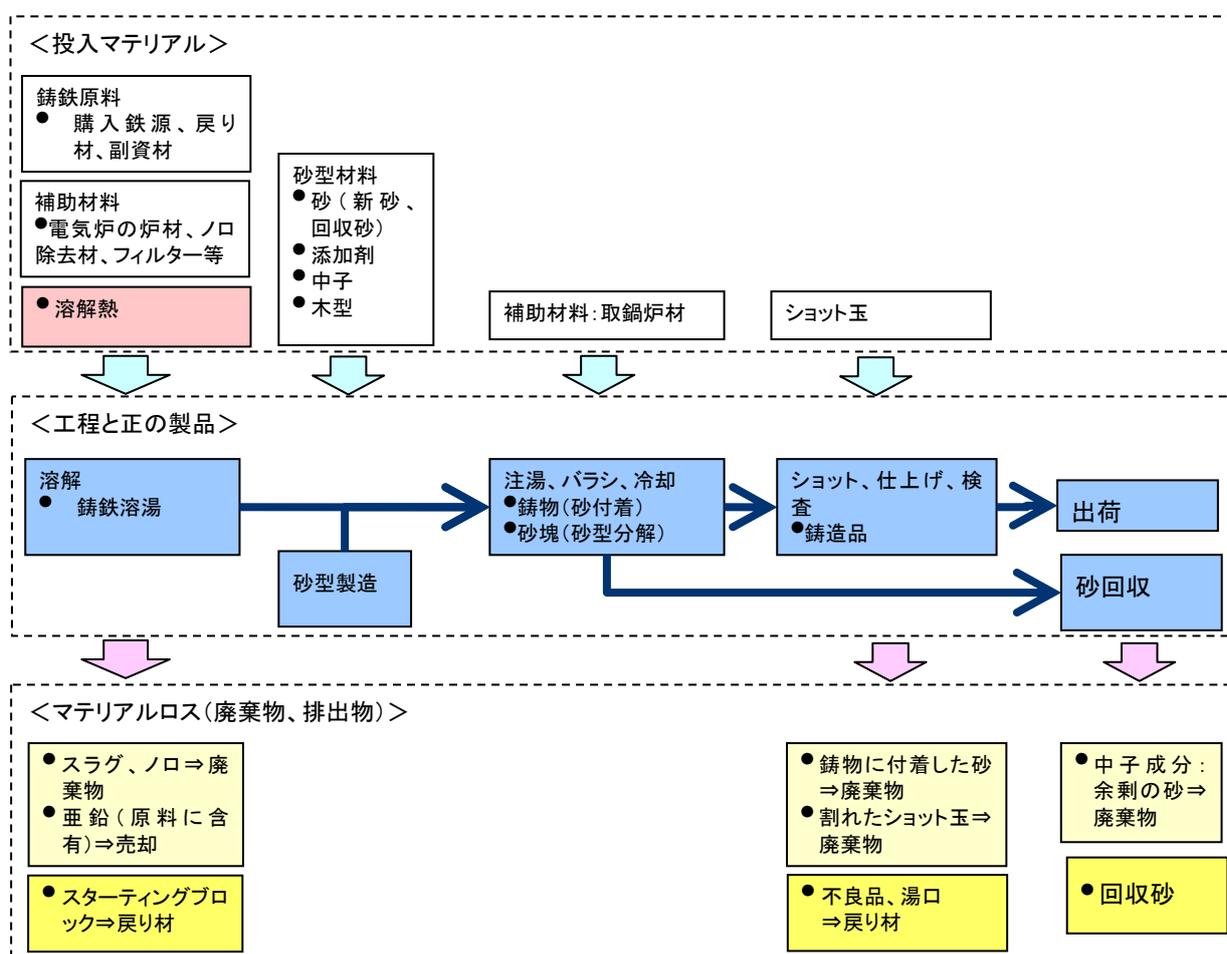


図 6-2 マテリアルフロー図

図を見ると投入マテリアルについて主なものは、溶解工程の鑄鉄原料、補助材料および砂型製造での砂型材料である。また鑄鉄原料を溶解するのに必要な溶解熱を投入マテリアルとして捉えた。

マテリアルロスについては排出物のうち、スターティングブロック、不良品、湯口は戻り材として、また回収砂は再度砂型材料として工程内で循環しており、その他のものが産業廃棄物または有価物と

して社外へ排出されている。

### (3) MFCA 適用の考え方、方針

#### ① 物量センターの設定

工場全体を一つの物量センターとして計算した。その理由を以下に記述する。

- ・ “鑄造の鑄鉄原料投入量＝購入量”とみなせる。
- ・ “正の製品物量＝出荷重量”とみなせ、出荷重量は管理できている。
- ・ “負の製品（鑄鉄原料のロス）物量＝購入量－出荷重量”で、容易に計算可能。
- ・ 工程は戻り材を除けばシンプルであり、投入マテリアル及びマテリアルロス全体を集計しても工程の把握が容易である。

#### ② データ収集の範囲、期間と方法

MFCA の測定期間の範囲は、直近の会計単位の 1 年間（09 年度）とした。それにより、在庫量も管理された数値を用いることができ、次のように使用量を計算できた。

- ・  $\text{材料の使用量} = \text{期初在庫量} + \text{購入量} - \text{期末在庫量}$

マテリアルとマテリアルコストの測定対象は次の通りとした。

- ・ 鑄鉄原料：鉄源として購入したもの（自動車鋼板の端材等）、及び副資材（鑄鉄の特性を出すための、炭素等の添加剤）
- ・ 砂型材料：新砂、粘結材等、砂型を作る材料
- ・ 中子：砂型の中子は、他社で製造した購入品
- ・ 補助材料：消耗品である炉材（電気炉、取鍋）、ノロ除去材、フィルター、CE カップ、ショット玉等
- ・ 鑄鉄の溶解熱：電気炉で使用した電力量とし、その他エネルギーと区別した

システムコスト（労務費、償却費）と、鑄鉄の溶解熱の電気以外のエネルギーコストも、MFCA 計算のコストに含めた。システムコスト、エネルギーコストの正負の配分は、マテリアルコストの正負の比率で按分した。

### (4) MFCA 計算結果とその考察

MFCA バランス集計結果を表 6-3 および図 6-4 に示す（コスト情報の一部は、機密事項のため、非公表とする）。それによると正の製品コストは 56%、負の製品コスト比率が 44%と算出された。さらに負の製品コストの中でも電気炉投入熱量コストが大きいことが分かる。電気炉の熱損失は、下記の方法で計算した。

電気炉熱量総計＝電気炉の電力使用量×電力の熱量原単位（3.6MJ/kwh）

良品溶解熱量＝良品重量×鑄鉄を溶解させる熱量原単位（1500℃：907MJ/ton）

熱損失総計＝電気炉熱量総計－良品溶解熱量

つまり、他のエネルギーコストと違い、良品（鋳鉄）を溶解させるのに必要な熱量を熱量原単位より計算し、それを正の製品に対する熱量へのコストとし、それ以外の熱量はロスであるという定義で負の製品コストへ計上することにより熱量のロスを見ることができるようになった。

改善検討に際しては、負の製品コストのうち、システムコスト、エネルギーコストは、物量によって按分されているため直接的改善に関わる対象からは除外し、電気炉投入熱量、中子、砂型材料、補助材料、および産業廃棄物排出量について改善の対象とした。

表 6-3 MFCA バランス集計表

Input				Output					
投入コスト合計	947百万円			正の製品コスト	528百万円 56%		負の製品コスト	420百万円 44%	
材料と材料費	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト
鋳鉄原料	8,137	ton		8,020	ton		117	ton	
中子	1,036	ton					1,036	ton	
砂型材料	1,426	ton	20				1,426	ton	20
補助材料	269	ton	36				269	ton	36
電気炉投入熱量	32,593	GJ	131	7,274	GJ		25,318	GJ	102
						56.6%			43.4%
廃棄物処理	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト
産廃排出量	2,944	ton	16				2,944.0	ton	16
その他エネルギー	使用量	単位	コスト			コスト			コスト
コンプレッサ電力	1,367	Mwh	20	774.4	Mwh	11.2	593.0	Mwh	9
その他設備電力	4,555	Mwh	66	2,579.5	Mwh	37.4	1,975.3	Mwh	29
システムコスト			コスト			コスト			コスト

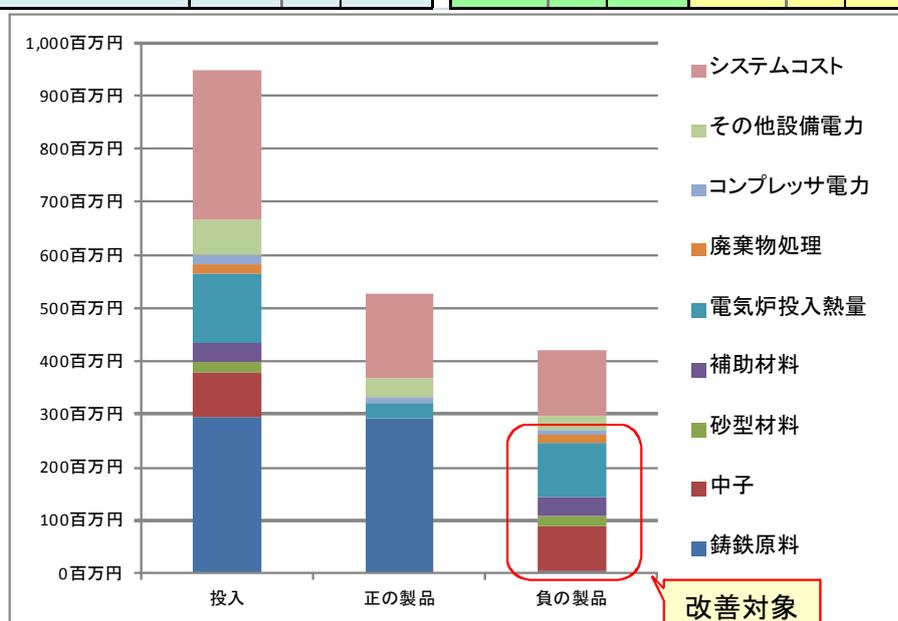


図 6-4 MFCA バランス集計表のグラフ

改善対象のマテリアルロスと熱損失、廃棄物処理のコストの内訳を図 6-5 に示す。そのコストに占める割合でみると、電気炉投入熱量に関わるものが最も大きく、逆に製品原料である鑄鉄原料は、戻り材として工程内を循環しているということもあり、その割合は非常に小さいことが分かった。

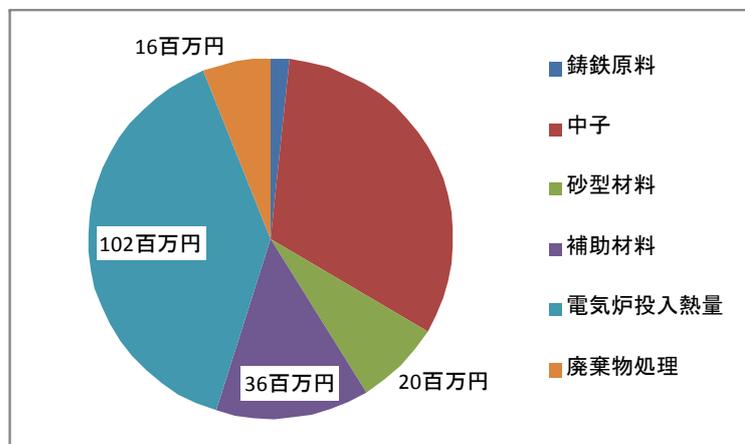


図 6-5 改善対象のマテリアルロスと熱損失、廃棄物処理のコスト

次に、電気炉に投入した熱量の出熱（使われ方）を図 6-6 に示す。投入熱量のうち、良品、戻り材、不良品といった製品に関わる熱量よりもその他の熱損失の熱量が非常に大きな割合であるということが分かった。その他の熱損失としては、例えばコイル水冷、集塵、立上（週 1 回）、稼働時の放熱、稼働停止時の放熱、稼働休止時の放熱（夜間）が挙げられる。

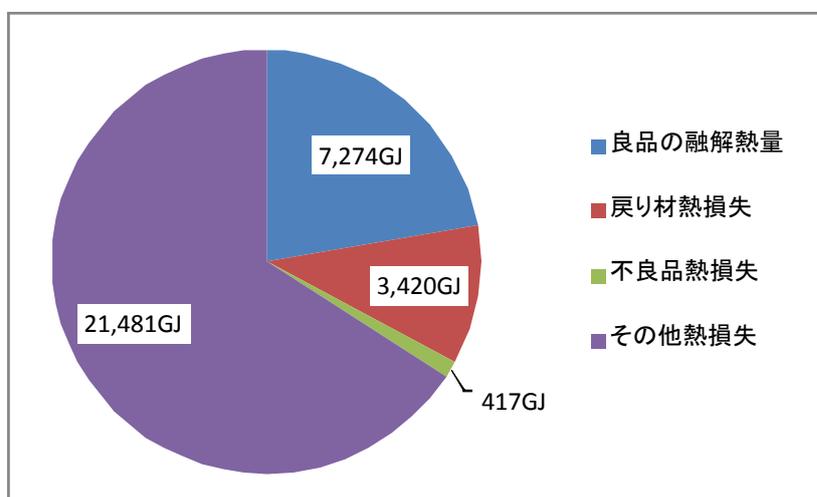


図 6-6 電気炉投入熱量の出熱

## (5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

負の製品 MC と廃棄物処理費用を対象として、改善の検討を行った。

表 6-7 改善課題一覧表

マテリアル・エネルギーロス		物量	改善課題、方策、着眼点
溶解炉の省エネ	コイル水冷の排熱	(測定中)	温排水の再利用、冷却能力の最適化
	集塵に伴う熱損失	19,125GJ	集塵モーターのインバーター化、集塵センサー、稼働停止炉からのダクトシャッター
	炉の立上時必要熱量	1,085GJ	休日に常温に下がった炉本体を再度昇温させるために必要な熱量、休日に炉を高温で維持する熱量と比較・評価する必要がある。
	稼働時の放熱（溶解部輻射熱）	(計算不可)	
	夜間稼働休止時の放熱	1,546GJ	溶解炉の中蓋の運用徹底、集塵停止
	溶解炉の熱損失合計	21,481GJ	(推計計算誤差のため、上記数値の合計と一致しない)
砂型材料の廃棄		2,462ton	鑄造後の劣化していない砂の回収率向上
産廃処理量		2,944ton	砂の回収率向上による産廃処理量削減
補助材料	ショット玉	160.0ton	砂の回収率向上によるショット使用量削減
	炉材（電気炉、取鍋）	64.0ton	(検討せず)
	ノロ除去材	38.4ton	(検討せず)
	フィルター、CE カップ	6.6ton	(検討せず)

この中で具体的な対策検討を行ったのは以下の 4 点である。

### ① コイル水冷の排熱対策

- ・ 電気炉コイルの冷却水、クーリングタワー仕様の見直しを行い、季節変動による熱損失を抑えるとともに、消費電力の削減を行う。

### ② 集塵に伴う熱損失対策

- ・ 集塵ダクトから吸上げる空気量を制御し、モーターのインバーター化等により運転条件を見直すことで過剰な熱損失を抑える。

### ③ 夜間稼働休止時の放熱対策

- ・ 操業日の夜間停止時に炉内に中蓋をすることで電気炉からの過剰な放熱を抑える。

### ④ 砂型材料の廃棄対策

- ・ ショットブラスト工程前のラインの見直し（回収ピット等）を行い、製品からバラされた砂の回収率を上げる。

これらの対策については今後、詳細な仕様の確認、実施するにあたっての問題点の解決を検討しな

がら進めていく。

## (6) 成果と今後の課題

今回、MFCA を適用し、負の製品の物量とコストを見ることで、これまでと異なる改善の着眼を得ることができた。中でも熱損失に対する省エネルギーの取り組みに関するものは改善効果が高いと思われる。

- ・ MFCA の概念で熱損失を物量とコストで見える化することにより、冷却水、集塵が熱損失になっていることに気づくことができ、省エネルギーの取り組みに、新しい改善の着眼を得ることができた。
- ・ 砂型からの廃棄物に対する認識はこれまでも高かったが、MFCA によって、その廃棄物削減の物量的な効果と、コスト削減効果の両方が見えることで、今後とも、取り組みを継続することが重要と再認識できた。
- ・ 今後の課題として、熱損失に関しては、まだ十分な精度で分析できたのではない。今後、その精度の検証と、まだ測定できていない部分の解明などが必要である。
- ・ 当社には他に高梁工場、福井工場があり、MFCA の手法、及び熱損失の測定を展開する必要がある。

## (7) 実施企業、インターンの所感

今回の MFCA 導入において、既存のデータを活かして、見えていないマテリアルロス、熱損失を見えるようにすることが重要であると分かった。

今までも鉄源材料、砂型材料、補助材料なども、年間の購入量、使用量も、製品出荷量も、重量のデータがあり、金額も分かっており、不良は、熱源、工数、中子等の補助材料のロスであると認識し、不良率、不良損費を低減する取り組みをしてきた。

しかし、砂型の砂は、回収する必要は認識していたが、そのコストの見える化はしていなかった。また電気炉のエネルギーの熱損失は見えていなかった。今回の MFCA によって省エネルギーの取り組み上も、熱損失の見える化の必要性が高いことが認識できた。

電気炉の電力量と、鑄鉄溶解量を結びつけて、溶解原単位はみていたが、熱損失量を計算することはできていなかった。溶解原単位だけでは、その削減に結びつきにくい。

ロスを見える化するための基礎的なデータは、ほとんど管理データとして持っている。よって既存の管理データを用いて、マテリアルのロス、エネルギーのロスを評価することの重要性を認識した。今後もさらに MFCA を活用し、省資源、廃棄物削減の取組みを継続していく。

以上

## 第7章 株式会社リバースにおける MFCA 導入実証事業結果報告

### (回収古紙原料の製紙プロセスを対象にした MFCA 導入事例)

報告書作成者：

澤田好幸 (株式会社リバース)

高松郁介 (株式会社リバース)

有岡義洋 (株式会社ジームス・アソシエイツ)：インターン

公募採択事業者：株式会社リバース

#### (1) 株式会社リバースの概要

株式会社リバースは、難処理古紙・機密書類を原料にして、トイレットペーパーを製造している企業である。平成 16 年に工場が竣工し製造を開始した若い会社であるが、平成 17 年には ISO 14001 認証を取得する等、環境保全の重要性を深く認識して事業活動におけるエネルギー及び資源の効率的利用と廃棄物削減に取り組んでいる。

社名	株式会社リバース
所在地	大阪府泉南市男里 4-33-3
業種	パルプ・紙
資本金	1,000 万円
従業員数	69 名 (平成 23 年 1 月 1 日現在)
売上高	29 億 7,900 万円 (平成 21 年度)
主な製品	トイレットペーパー
業歴	平成 14 年 8 月 会社設立 平成 16 年 2 月 工場竣工・製造開始 平成 17 年 5 月 ISO 14001 認証取得

#### (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

##### ① 対象製品と工程範囲

同社は、100%の古紙原料からトイレットペーパーを製造しており、芯の有無や紙幅・長さ、梱包数量の違い等から最終製品のトイレットペーパーとして、合計 50 種類以上の製品を生産している。

今回の MFCA では、最終製品の全品種について、その原料の受け入れから出荷までの全工程を対象とした。



## ② 対象工程

同社では、難処理古紙・機密書類等の古紙を原料としているが、その原料から純粋な紙の原料部分だけを精選する原質工程、そこで作られた古紙パルプから製品の原紙となるジャンボロールを製造する抄紙工程、ジャンボロールを裁断し、個々の製品規格に合わせたトイレットペーパーにする加工工程に分かれる。

MFCA の導入に当たり、工場全体を抄紙までの工程と加工工程の2つの物量センター（以下 QC と表記）に分離して、マテリアルバランス、MFCA の計算を行った。この QC の設定は、以下に述べる製造工程の特性を考慮したものである。

- ・ジャンボロールができるまでの抄紙工程は連続している。大量の水、蒸気を循環利用しており、その改善検討の単位となる。また工場の管理単位としても一つになっており、1つの QC として管理するのが妥当である。
- ・加工工程は、他社からもジャンボロールを購入して加工することもあり、QC として分離している。

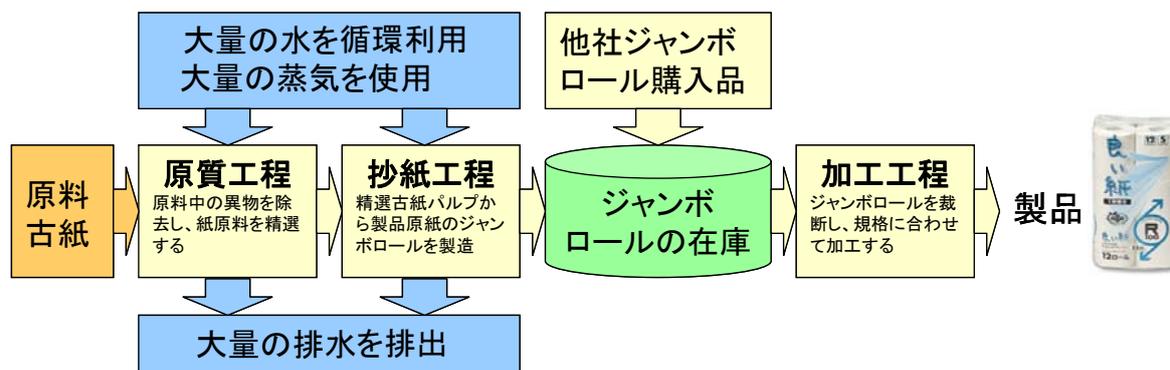


図 7-1 製造工程説明図

## ③ マテリアルの投入とロス

図 7-2 に示すように、原質工程では、原料を大量の水に溶解して不純物等を除去する。その際、脱墨、滅菌、漂白等のために多くの補助材料も使用する。そこから出る排水には短い紙繊維分が含まれており、排水処理施設で水とスラッジに分離する。スラッジ等、この工程の廃棄物の多くは、社内のボイラーで助燃材として使用する。

抄紙工程では、原質工程で作られた古紙パルプと大量の水からジャンボロールを製造するが、紙を乾燥させるために、大量の蒸気等のエネルギーを使用する。

加工工程では、自社、他社のジャンボロールを裁断して、トイレットペーパーを製造し、包装した上で出荷する。裁断の際には端材が生じるが、それは全量、原質工程に戻され、原料として再利用する。

工程区分	原質工程 投入した原料の中の異物をすべて除去し、トイレットペーパーとなる純粋な紙の原料部分だけを精選する工程	抄紙工程 精選された古紙パルプからジャンボロールを製造する工程 1,000m/分以上のスピードで、50トン/日の抄紙を製造	加工工程 抄紙されたジャンボロールを裁断し、トイレットペーパーに加工する工程
	投入 <ul style="list-style-type: none"> <li>原料(牛乳パック、機密書類)</li> <li>戻り材(抄紙、加工工程から)</li> <li>各種補助材料(脱墨、滅菌、漂白等)する)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原料パルプ:前工程良品</li> <li>粘剤、接着剤、剥離剤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジャンボロール(前工程良品+購入品)</li> <li>紙管材料</li> <li>包装資材等</li> </ul>
ロス	<ul style="list-style-type: none"> <li>短い紙繊維成分⇒スラッジ燃料</li> <li>金属異物(機密書類のクリップ、ホチキス等)⇒金属屑(売却)</li> <li>廃プラ(牛乳パックのラミネートフィルム等)⇒RPF燃料</li> <li>インキ成分⇒スラッジ⇒燃料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原紙ロス⇒原質工程へ</li> <li>短い紙粉(紙繊維)⇒スラッジ燃料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>裁断ロス⇒原質工程へ</li> <li>包装資材ロス⇒RPF燃料、廃棄物(耳)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水、白水</li> <li>蒸気(水を温水にする)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水、白水</li> <li>蒸気(抄紙時の乾燥用)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>水⇒白水タンク(循環再利用)、排水処理施設(処理後、排水)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水⇒白水タンク、排水処理</li> <li>放蒸蒸気、使用済み蒸気(ドレン水)</li> </ul>	

図 7-2 製造工程と資源(マテリアル、エネルギー)ロス

### (3) MFCA 適用の考え方、方針

同社は、操業開始当初から環境経営システムの導入を目指した活動を展開し、約1年後にISO14001の認証を取得した。それ以降、環境負荷の低減対策を通じて製造コスト削減を図ってきた。MFCA導入に当たって、以下の方針でシステムの構築と適用を進めることにした。

- ・ 製造工程における具体的な改善課題を抽出できること。
- ・ 改善対策の達成度やコスト削減効果を明確に把握できること。
- ・ 製造担当職員が使用するコスト管理ツールとして利用できること(簡単に使えること)。

#### ① 物量センターの設定

原料投入から抄紙までの工程と、加工工程の二つに分離した。

#### ② データ収集期間と方法

データ収集期間は、2010年9月度の1か月間とし、マテリアルフロー分析で整理した物量計算のデータは、日々の稼働管理データから求めた。システムコストについては、工場全体の労務費、償却費を、投入コストとした。

なお、抄紙までの工程で大量に使用する水や、その排水処理の扱い、蒸気については、以下の理由から物量センターを切り分けて行う必要があると考えた。

- ・ 水、工程内ロスの廃棄物、蒸気等は、非常に複雑なフローになっている。

- ・ 水は、地下水をくみ上げ、工場内の各工程で使用後回収し、再利用しながら、汚れた水（原排水と呼ぶ）は、浄化処理して排水する。
- ・ 紙原料から取り出した廃プラは、RPF 燃料にして、ボイラーで使用する。
- ・ 原排水の浄化処理で発生するスラッジ（短い紙繊維分、インキ成分）は、ボイラーで使用する。
- ・ ボイラーでは、主燃料の木質チップに、RPF 燃料、スラッジを混ぜて燃焼させ、蒸気を発生させる。
- ・ 同社では、水、蒸気のフロー解析、マテリアルバランス測定に関して、熱勘定の測定、計算を2年前より取り組んでおり、そのデータを活用できる状態になっている。

そこで、抄紙までの工程の MFCA 計算では、その物量、熱量、コストの総量情報だけを活用することにした。

#### (4) MFCA 計算結果とその考察

抄紙段階までの工程では、負の製品が非常に多く、表 7-1 や図 7-3 に示すように負の製品コストも 61%とかなり大きな数値となった。なお、電力エネルギーコスト及びシステムコストは固定費とみなし、今回は改善検討の対象外とした。

表 7-1 MFCA バランス集計表(原料投入～抄紙)

MFCA バランス集計表(原料～抄紙)															
Input				Output											
投入コスト合計	73,763千円			正の製品	29,105千円			負の製品	44,658千円						
					39%				61%						
材料と材料費	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト				
回収古紙	1,004.664	kg		ジャンボロール	1,436.453	kg		回収古紙を縛っている番線	1.859	kg					
機密原料	888.160	kg						機密原料中の金属異物	2.230	kg					
後工程からの戻り材	106.971	kg						原料中の廃プラ成分	67.523	kg					
粘材-1	1.065	kg						スラッジになった紙繊維屑	396.387	kg					
粘材-2	290	kg		回収ロス合計	17.603	kg		原料ロス小計	547.094	kg					
紙原料	2,001.150	kg			1,454.056	kg									
補助材料(13種類)	79.567	kg							79.567	kg					
熱風炉の天然ガス	62.743	m3							62.743	m3					
蒸気	5.855	ton		ドライヤー使用蒸気	3.210.7	ton		蒸気のロス(放蒸、熱損失)	2.644	ton					
ドライヤーの蒸気とガス			15.182				6.209				8.973				
地下水	126.684	ton	798					原水⇒排水処理	126.684	ton	798				
材料の物量とコスト小計			39.107				46.6%	18.219			53.4%	20.888			
廃棄物処理	物量	単位	コスト		物量	単位	コスト		物量	単位	コスト				
排水処理合計	126.843	ton	11,289					排水処理合計	126.842.7	ton	11,289				
原料中の廃プラ成分	67.523	kg	0								0				
スラッジになった紙繊維屑	396.387	kg	0								0				
廃棄物処理合計	463.910	kg	0								0				
廃棄物処理物量とコスト小計			11,289								11,289				
その他エネルギー	使用量	単位	コスト				コスト				コスト				
電力	1,233.049	kwh	13,000		574.445	kwh	6,056		658.604	kwh	6,944				
エネルギーコスト小計			13,000				6,056				6,944				
システムコスト			コスト				コスト				コスト				
システムコスト小計			10,366				4,829				5,536.9				

マテリアルロスと排水処理のコストを図 7-4 に示すが、この結果から次のことが判った。

- ・ 紙原料のロス量は 547 トンであるが、そのうち紙原料のロス量は 400 トン弱である。残りは、金属、廃プラ等の原料中の不純物、及び水分である。400 トンの紙原料のロス量は、紙繊維として短

すぎて使えないものである。古紙リサイクルの現在の製造技術では、これ以上の発生量削減は不可能と思われる。これは、工場内でスラッジとして回収し、ボイラー助燃料として利用している。

- ・ 補助材料は、抄紙までの工程で使用する苛性ソーダ、消泡剤、脱墨剤、剥離剤、接着剤等の薬品類である。ここに関しては、これまでも使用量の低減の取り組みを図ってきた。しかし、今回の MFCA で、負の製品の中で、これだけ大きな比率を占めていると置いていなかった。また、まだ改善の余地があることも判った。
- ・ ガス、蒸気及び水、及び排水処理に関して、負の製品コスト全体の 65%になっている。これはエネルギーの使用量、排水の排出量と密接に関連し、同社のモノづくりの環境配慮の取り組みで、最も重要な分野である。MFCA により、それがコスト面でも最重要であることが明確になった。

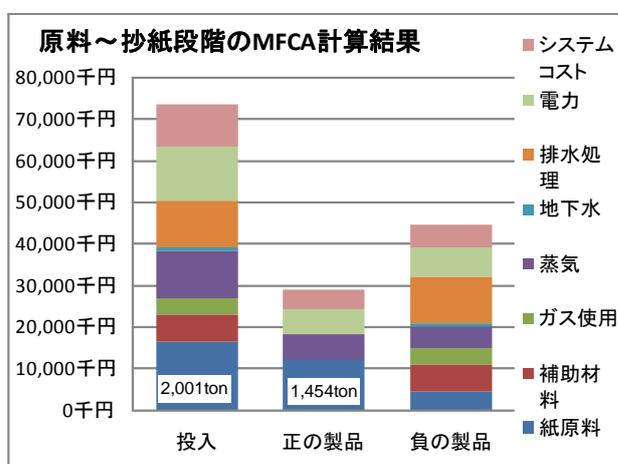


図 7-3 MFCA計算結果(原料投入～抄紙)

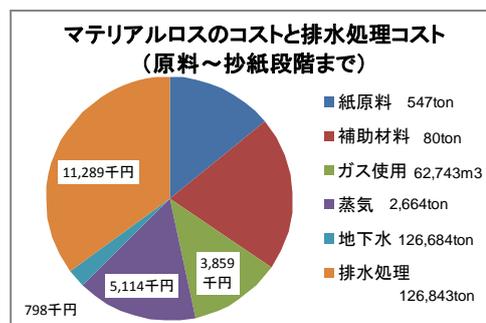


図 7-4 負の製品と排水処理のコスト

一方、製品加工工程では、ジャンボロールを裁断する際に表 7-2 で示すように 5%程度の裁断くずが発生する。しかしそれは原質工程に戻され、原料として再利用されるため、材料のロスにはならない。そのため表 7-2 や図 7-5 に示すように、負の製品コストも 2%とかなり小さい数値になった。マテリアルロスのコストを図 7-6 に示した。

製品加工段階のマテリアルロス、梱包材料のロスと、薬剤等の補助材料の使用によるものである。梱包材料については、梱包材料のロスがあるとは見ていたが、これまではそのロスを定量化し、コスト評価したことがなかった。しかし、MFCA によりコストを見ると、思った以上のロスであることが判った。

表 7-2 MFCAバランス集計表(加工)

Input				Output										
投入コスト合計	63,265千円			正の製品	62,260千円			98%	負の製品	1,004千円			2%	
材料と材料費	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト	種類	物量	単位	コスト			
有芯原紙使用量	1,165,399	kg		有芯正味生産重量	1,273,946	kg								
芯無原紙使用量	346,228	kg		芯無正味生産重量	331,546	kg								
有芯原紙(購入分)使用量	181,398	kg		製品重量(小計)	1,605,492	kg								
合計原紙使用量	1,693,025	kg		回収ロス	87,631	kg								
				製品になった紙管	62,655	kg								
紙管原紙使用量	64,392	kg		紙管原紙ロス⇒回収ロス	1,737	kg								
				合計正味生産重量	1,757,515	kg		物量差異(誤差)	-98	kg				
原料総計	1,757,417	kg		製品になった梱包材料			20,052	梱包材料ロス				769		
梱包材料(14種類)			20,821											
補助材料(3種類)	170	kg	117									170	kg	117
材料の物量とコスト小計			55,700				98.4%	54,816.0				1.6%	884.3	
総コストに対する構成比率														
廃棄物処理	物量	単位	コスト		物量	単位	コスト		物量	単位	コスト			
廃棄物処理(一般ごみ)	76.0	kg	0				0.0				0.0			
RPF燃料	174.1	kg	0				0.0				0.0			
廃棄物処理物量とコスト小計			0				0.0				0.0			
その他エネルギー	使用量	単位	コスト				コスト				コスト			
電力	178,051	kwh	1,879		175,224.2	kwh	1,849.5		2,826.8	kwh	29.8			
エネルギーコスト小計			1,879				1,849.5				29.8			
システムコスト			コスト				コスト				コスト			
システムコスト小計			5,685				5,594.6				90.3			

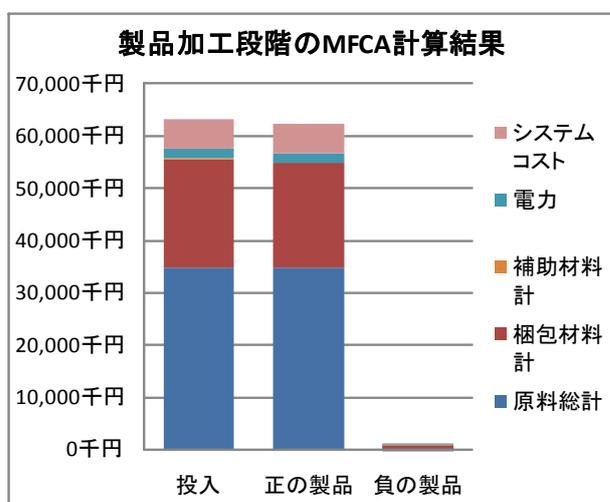


図 7-5 MFCA計算結果(加工段階)

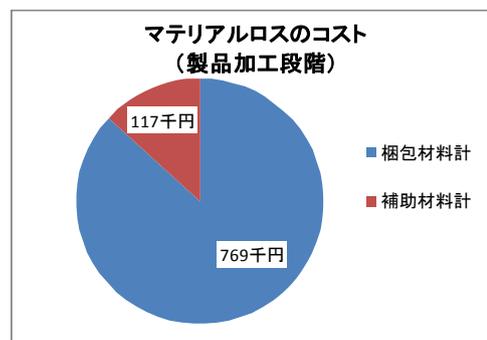


図 7-6 マテリアルロスのコスト(加工段階)

(5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

- 抄紙までの工程では、排水処理、薬品等の補助材料、蒸気等の熱損失が負の製品コストの大きな部分を占めている。この改善のためには、製造プロセスや設備を見直し、水の使用量を削減する必要がある。

- 水の排水処理費用は、月 1100 万円と大きなコストがかかっている。そのコストは、排水

処理のモーター等の電気代、薬剤、使用機器の消耗品である。排水量が削減できれば、この費用は少なくできる。

- ・ 原排水は、様々な工程から出ている。水を使用しなくてもよい工程・設備、水を過剰に使用している工程・設備があるものと考えられる。そのため、各工程・設備の使用量の削減実験を昨年12月より開始した。
- ・ 今後、その実験結果をもとに、各工程・設備の水使用の適正化のために、ポンプ等の機器を置き換える予定である。これは、排水処理設備だけでなく工程内の電力消費の削減にもつながるはずである。
- ・ 以前より、水の使用量を削減するという課題は認識し、その取り組みは進めてきた。MFCAによって、その取り組みの経営的な位置付けが明確になった。

② 抄紙までの工程における補助材料の改善

- ・ 薬剤の使用量の低減は、これまででも、その使い方の見直しを行ってきた。しかし、今回のMFCAにより、負の製品コストの中でも薬剤費がまだかなり大きいことが判った。
- ・ 特に、仕込み段階、抄紙段階で使用する薬剤の使い方の見直しが、今後の課題として残っている。

表 7-3 抄紙までの工程における補助材料の改善課題

対象		物量	対策(着眼点)	課題
補助材料	糊の分解剤	545kg	使用基準の見直し	製造の中で、最適条件を確認する
	歩留向上剤	1089kg		
	苛性ソーダ	17190kg	一般的な添加率を見直す	

③ 加工工程で使用するポリエチレン袋の耳ロスの改善

- ・ 包装用ポリエチレン袋は、ロール状になったフィルムで、1200~1600枚/1巻きとなっており、品種毎に印刷しているので各々で仕様が異なる。
- ・ 切断部のロスが平均9%程度でいた。
- ・ 梱包材のロスは、図7-7で示すような改善の可能性が、MFCAで見出された。同社では、梱包は主要な工程ではなく、これまでの効率向上の取り組みから見逃されていた部分である。

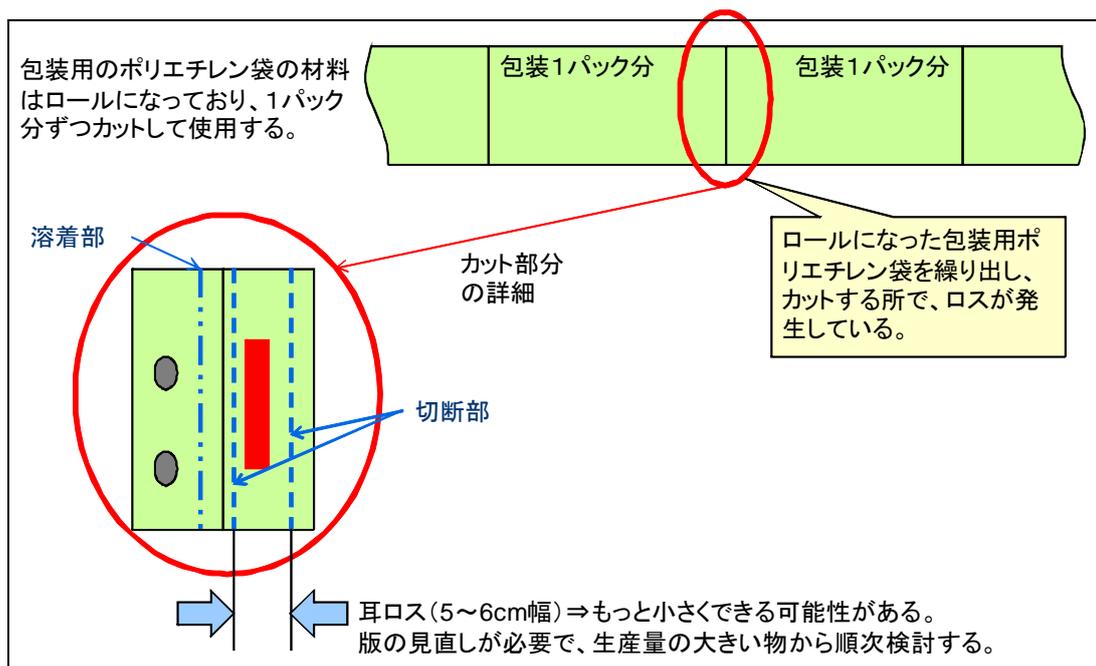


図 7-7 ポリエチレン袋の耳ロスの説明図

## (6) 成果と今後の課題

抄紙までの工程の負の製品コストが 60%を超えており、職員の認識より遙かに大きいことに驚いた。

その中で、排水処理のコスト的な重要性が非常に大きく、同社で取り組みを予定していた「水使用の見直し」の課題の、経営的な位置付けがはっきりした。

加工工程の梱包材の耳ロスは、これまで金額的な評価をしておらず、ロスと認識してこなかった。今後の新商品について、ポリエチレン袋の版の設計時には、耳ロスを最小限の設計にする予定である。

今回、明確になった改善点の取り組みを進め、その結果の評価に MFCA を活用するとともに、今後は、水、蒸気、熱風、圧縮空気等にも MFCA の考え方で、そのロスの見える化を行う予定である。

## (7) 実施企業、インターンの所感

- ・“見える化”の大切さを痛感した。実際、見えていないことがあった。
- ・これまで、材料の投入、良品出来高等の管理データを、日々詳細にデータを取り続けて、その結果、部分ごとに、最適化・ロス削減に取り組んできた。しかし、課をまたがった取り組みやコスト的な評価はできていなかった。
- ・MFCA を使い、日常の管理データ（月次集計データ）を、経営的な視点で使う方法が判かり、今後は、改善の取り組み効果をリアルタイムで確認できそうである。
- ・個々に持っていた問題意識が、マテリアルフローの整理、マテリアルバランス、MFCA の計算

をする中で共有化できたことにより、改善策、対策案が現実的に見えてきた。

- 梱包材の耳ロスの改善では、議論を進める中で、小さな事でも出来ることを探そうという姿勢に変化した。それは、想定していた以上にコストロスが大きいことを MFCA で見える化した効果だと思う。
- 水をいくらでもタダで使えるところでは、水の使用量を減らそうと思うはずがない。水のコストが大きいことに気づいたことは大きな前進である。

以上

## 第8章 医療法人社団まついクリニックにおける MFCA 導入実証事業報告 (血液透析における MFCA 導入事例)

報告書作成者：

天野輝芳（諏訪東京理科大学経営情報学部）：インターン

松井豊（医療法人社団まついクリニック まつい e-クリニック）

公募採択事業者：諏訪東京理科大学

### (1) 医療法人社団まついクリニックの概要

医療法人社団まついクリニックは、内科・脳神経外科外来と血液透析／腹膜透析を行っている。2002年1月に開設したまついクリニック（2009年に閉鎖）と、2006年1月に新たに開設したまつい e-クリニックがある。

医療は他のサービス業とは異なり、医学的な根拠に基づいて適切なサービスを供給する事業である。そのためには、最新の知識をふまえた正しい医療を安全に行う事が大切と考え、最先端の医療機器と IT を取り入れたシステムの整備や包括的医療をおこなう体制を整えている。

そうした医療にも、環境への配慮は必要である。当病院で行っている血液透析は、大量の水を消費するが、そこでの環境配慮への取り組みを検討するために、MFCA 導入実証事業に参加した。

MFCA を導入したのは、最新の血液透析のシステム、設備を導入したまつい e-クリニックである。なお、MFCA のマテリアルの投入量等の測定のために、当病院で使用している血液透析のシステム、設備のメーカーに、協力してもらった。

また、この MFCA の導入においては、資源効率の側面だけで分析、改善の検討を行ったが、上でも述べたように、医療では「最新の知識をふまえた正しい医療を安全に行う事が大切」である。この報告の中で述べている資源効率向上の改善を実施する際には、安全面、衛生面の検討も十分に行う必要があることは、言うまでもない。

社 名	医療法人社団まついクリニック まつい e-クリニック
所 在 地	兵庫県明石市大明石町一丁目 3-3 エスポア明石 3階 4階
業 種	医療サービス（血液透析）
診 療 科 目	血液透析（HD）、血液濾過透析（HDF）、腹膜透析（CAPD）
業 歴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ まついクリニック：2002年1月開設（2009年閉鎖）</li> <li>・ まつい e-クリニック：2006年1月開設</li> </ul>

## (2) MFCA 導入対象のサービス、業務とマテリアルフロー

### ① 対象のサービス

MFCA を適用したまつい e-クリニックでは、質の高い医療サービスを心がけ、安全な透析医療の提供が出来る様に他職種が緊密な連携をはかり、日々努力している。

同時透析 40 床の透析室の特徴は、複雑多様化する透析治療を受ける患者様をシステムの起点として、安全かつ快適な治療を受けられるように、



透析室中央監視システム：Future Net II（日機装社製）を導入し、透析装置および周辺機器を取りこんだトータルシステムで透析中の血圧や運転状態をリアルタイムに PC 端末でモニタリングし、集中監視を行うことができ、透析にかかわる様々な情報を管理することが可能である。

### ② 対象のプロセス

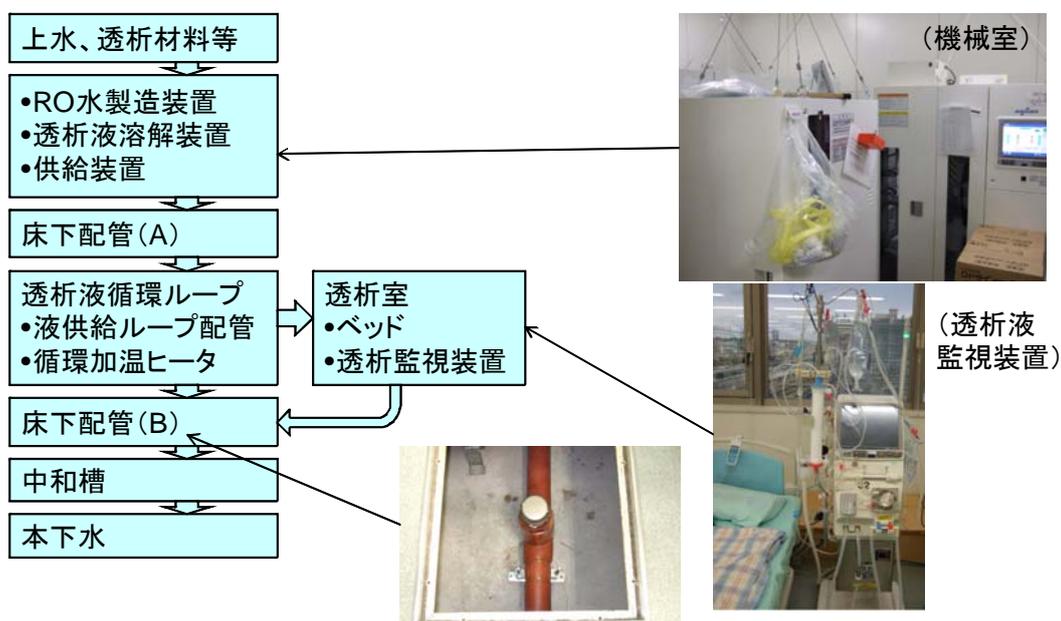


図 8-1 上水、RO 水、透析液等のフロー

本事例は、製造の MFCA 導入事例のように、作る製品はなくその製造工程もない。

しかし、血液透析を行うにあたり、多くの上水を使用して RO 水（逆浸透膜 Reverse Osmosis により濾過された水）を製造し、その RO 水に透析剤を溶解した透析液を用いて患者様の血液中の毒素を取り除くサービスをしている。また、システムの洗浄、消毒などには、多くの RO 水、薬剤を使用する。

そこでの上水、RO水、透析液等の概略フローを図8-1に示したが、このフローを製造工程と同様に考えると、このMFCA事例を理解しやすいと思われる。

上水から作られたRO水と透析材料から作られた透析液は、各ベッド横の透析液監視装置に送られ、血液の透析に使われる。透析後の液は、中和槽で中和処理した後、下水に排水する。

### ③ プロセスの内容と運用

このシステムでは、毎日、図8-2の、Mode-1：透析液の準備、Mode-2：血液透析の実施、Mode-3：システムの消毒、Mode-4：消毒液のページを繰り返している。

Mode-1の透析液の準備を始める時間は、朝7時30分ころからで、Mode-3のシステムの消毒、Mode-4の消毒液のページは、患者様への血液透析の終了後に行う。本システムでは、これらを自動的に集中制御して行っている。

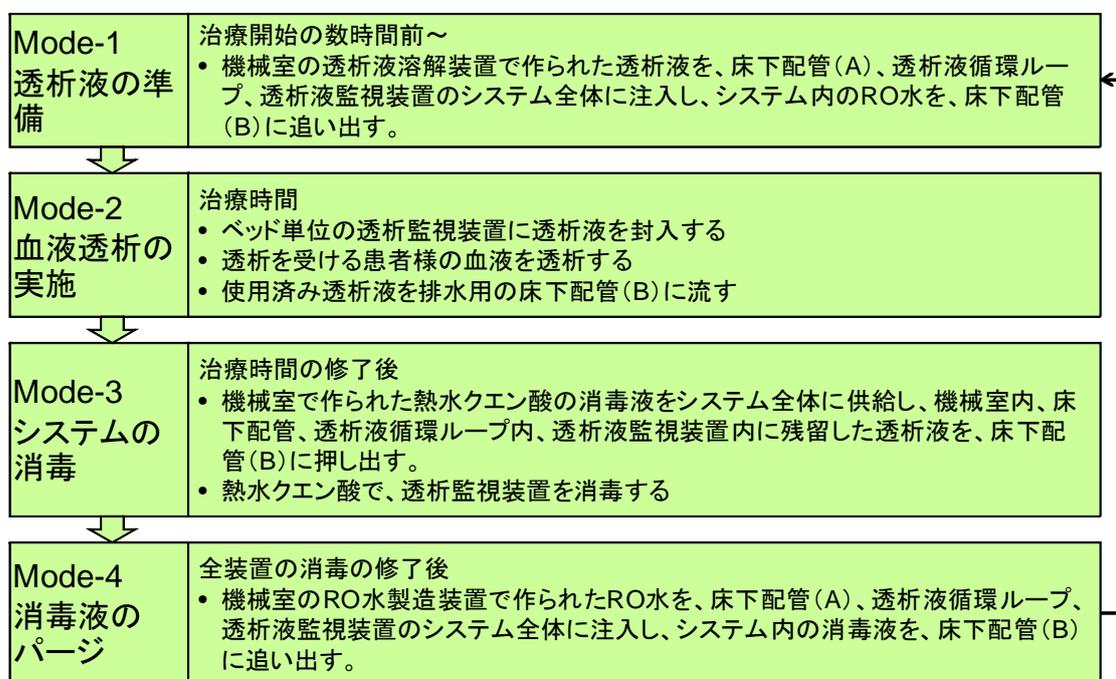


図8-2 血液透析システムの日々の運用

### ④ マテリアルの投入とロス

製造におけるMFCAでは、製品になったマテリアルを正の製品、製品にならなかったマテリアルを負の製品として、基本的なマテリアルロスを定義する。

しかし、血液透析に使用したマテリアルは、図8-3に示すように、すべて廃棄物、排水になる。製造におけるMFCAの定義のままこの事例に適用すると、すべての投入したマテリアルが負の製品である。

それでは逆に、この血液透析における資源効率余地の発見、その改善課題の発見に繋がりにくい。そのため、後に述べるように、本事例に限った正の製品、負の製品の定義を行い実施した。

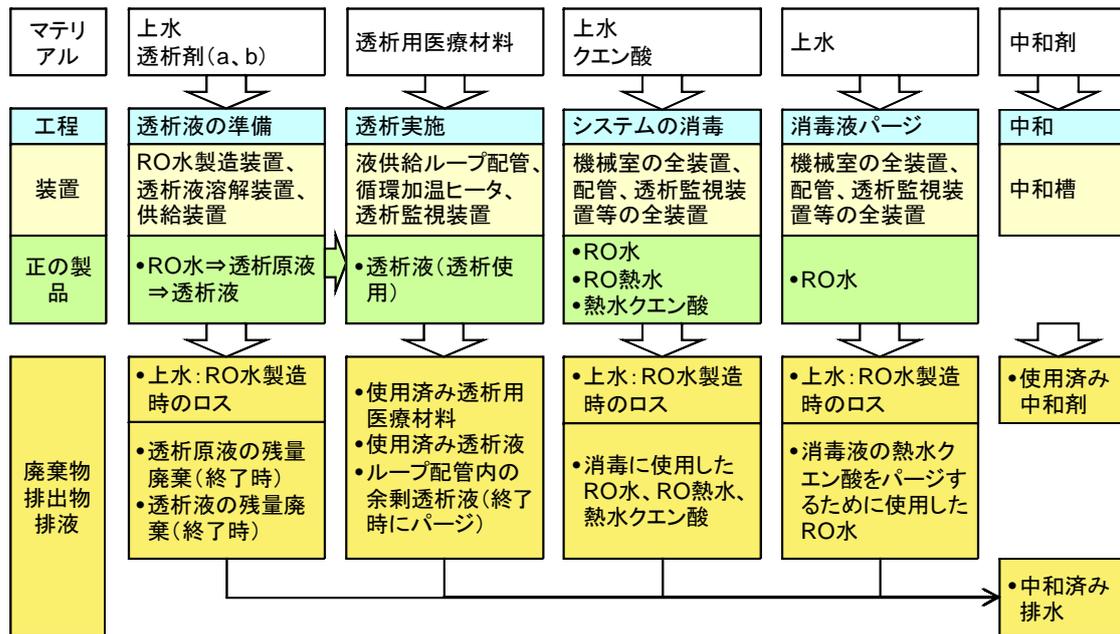


図 8-3 血液透析システムのマテリアルフローとロス

### (3) MFCA 適用の考え方、方針

#### ① 物量センターの設定

医療サービス全体をひとつの物量センターとして、MFCA の計算を行った。会計年度を計算単位にすることで、各種マテリアルの使用量全体が、容易に算定できるようにした。

ただし、その中のマテリアルバランスの測定、分析においては、上水、RO 水、透析原液、透析液の製造量、患者様への透析液の使用量等を、表 8-1 の (A) ~ (F) 区分で測定することにした。

表 8-1 マテリアルバランスの測定、分析の区分

血液透析のサービスにおける マテリアルバランス測定区分		月曜、水曜、金曜	火曜、木曜、土曜
		診療時間: ~pm11	診療時間: ~pm2
透析液の準備、透析実施	Mode-1, 2	(A)	(D)
システムの消毒	Mode-3	(B)	(E)
消毒液パージ	Mode-4	(C)	(F)

表 8-1 の区分別に、次の改善余地を計算し、全体の改善余地を推定することにした。

- ・ 1 日の終了時に装置内に残留して廃棄される、透析原液、透析液の量
- ・ 1 日の終了時にループ配管内に残留している透析液の量
- ・ 未使用の透析監視装置の消毒に使用した RO 水、RO 熱水、熱水クエン酸の量

また、この測定のため、このシステムのメーカーに協力してもらい、上水配管に水道の流量メーターを設置するとともに、システムの様々な制御データを表示できるように改良した。

## ② データ収集の範囲、期間と方法

MFCA の計算対象に設定したものを、以下に列挙した。

・ 上水使用量	・ 透析剤(A 剤、B 剤) 使用量	・ 医療材料 (一式) 使用量
・ RO 水製造量	・ クエン酸使用量	・ メンテナンス部品 (一式) 使用量
・ 透析液製造量		・ 廃棄物排出量
・ 下水の排水量		
・ 電力消費量		

測定期間は、2009 年 10 月～2010 年 9 月の 1 年の会計期間とし、その会計期間の各マテリアル等の購入量、電力、水道等の使用量と費用を、投入として計算した。なお、今回の MFCA を、環境負荷低減の課題抽出に絞るため、システムコストは、MFCA の計算対象から除外した。

## ③ マテリアルロスの定義と、その測定方法

この血液透析サービスの MFCA においては、製造業と異なり、製品として出荷する物がない。

ただし、血液透析サービスで使用する、RO 水、透析液、熱水クエン酸等のマテリアルに関しては、直接的に患者様の血液透析に使用するものと、間接的に使用するものがある。

そのため、製造業における“正の製品”の代わりに、このサービスにおいては、正＝“直接的利用”、負＝“間接的利用”として、正・負の物量とコストの計算を行った。

ただし、そのために、間接的に利用したマテリアルの用途、量の測定が必要である。現在の RO 水製造装置、透析液溶解装置、透析液の監視装置等のシステム、機器は、このサービスに使用するマテリアルの品質管理のために、逐次、そうしたマテリアルの量を測定している。しかし、その測定データの蓄積、管理はしていなかった。また、RO 水の原料の上水についても、それに合わせた使用量のデータがなかった。

そのため、新たに、RO 水製造装置に入る上水の配管に流量計を設置するとともに、RO 水製造量の積算値を、システム運用のモードの切り替わりタイミングで読み取るために、RO 水製造装置の制御モニターの前にビデオカメラを設置する等により、測定することにした。

## (4) MFCA 計算結果とその考察

### ① マテリアルバランスの測定

当病院では、月水金は 23 時までの 3 シフト、火木土は 14 時までの 1 シフトで透析を行っており、トライアルとして、それぞれ 1 日分を測定し、それを元に、年間のマテリアルロスを推定した。

表 8-2 に、今回の MFCA におけるマテリアルバランスを集計した表 (月水金の場合) を示す。

表 8-2 マテリアルバランス集計表(月水金)

Input				Output(廃棄物、排出物、廃液)			分析、改善のための情報			
番号	mode	材料名	物量値 (a)	正の製品		負の製品	負の製品Outputの内訳			
				分類	物量値 (b)	物量計算 (c=a-b)	ロスの内容	物量値		
1	Mode-1 透析液準備	上水	36,000.0%	RO水製造量	14,700.0%	21,300.0%	RO水製造時上水ロス	21,300.0%		
		繰越RO水	300.0%							
		製造RO水	14,700.0%	RO水	15,000.0%					
	Mode-2 透析実施	透析剤投入数量	45セット							
		透析剤(A剤)重量	120.2kg							
		希釈比率	2.554							
		RO水-A投入	306.9%	透析原液(A)製造量	405.0%					
		透析剤(B剤)重量	29.8kg							
		希釈比率	16.240							
		RO水-B投入	483.5%	透析原液(B)製造量	510.3%					
		透析原液(A)	405.0%	透析原液(A)	395.0%	10.0%	透析原液(A)残量	10.0%		
		透析原液(B)	510.3%	透析原液(B)	500.3%	10.0%	透析原液(B)残量	10.0%		
		RO水-AB	13,259.7%	透析液製造量	14,175.0%					
							未使用監視装置内残量	0.0%		
							液置換量	525.0%		
							溶解装置内残量	0.0%		
							循環ループ内残量	0.0%		
					その他	0.0%				
					RO水残量廃棄	0.0%				
					透析液製造量	14,175.0%				
					透析液使用/分	0.500%/分				
					透析液実使用量	10,800.0%				
					次モードに繰越	949.9%				
					RO水残量	949.9%				
3	Mode-3 システムの消毒	上水	4,750.0%	RO水製造量	1,900.0%	2,850.0%	RO水製造時上水ロス	2,850.0%		
		繰越RO水	949.9%							
		製造RO水	1,900.0%	RO水	2,849.9%					
		クエン酸投入箱数	0.65箱							
		クエン酸1箱の重量	18.0%							
		RO水	292.5%	熱水クエン酸の製造量	304.2%					
		熱水クエン酸製造量	304.2%	監視装置の使用数	40台		未使用監視装置	0台		
				熱水クエン酸流量(監視装置1台)	0.500%/分					
				熱水クエン酸を通す時間(監視装置1台)	10分					
				使用監視装置の消毒に使用した熱水クエン酸	200.0%	104.2%	未使用監視装置の消毒に使用した熱水クエン酸	0.0%		
							循環ループから直接排水された熱水クエン酸	104.2%		
				RO熱水製造量	300.0%	RO熱水流量(監視装置1台)	0.500%/分			
						RO熱水を通す時間(監視装置1台)	10分			
						使用した監視装置の消毒に使用したRO熱水	200.0%	100.0%	未使用監視装置の消毒に使用したRO熱水	0.0%
								循環ループから直接排水されたRO熱水	100.0%	
				RO水残量	2,257.4%	次モードに繰越	2,257.4%	0.0%	RO水残量廃棄	0.0%
4	Mode-4 消毒液のページ(毎日)	上水	2,743.0%	RO水製造量	1,125.0%	1,618.0%	RO水製造時上水ロス	1,618.0%		
		繰越RO水	2,257.4%							
		製造RO水	1,125.0%	RO水	3,382.4%					
		RO水ページ使用量	1,125.0%	使用した透析液監視装置数	40台		使用しなかった透析液監視装置	0台		
				RO水ページ流量(監視装置1台)	0.500%/分					
				RO水ページ時間(監視装置1台)	45分					
				使用した透析液監視装置をページするためのRO水	900.0%	225.0%	使用しなかった透析液監視装置のページに使用したRO水	0.0%		
							循環ループ内のページだけに使用したRO水	225.0%		
		RO水残量	3,382.4%	次モードに繰越	3,382.4%	0.0%	RO水残量廃棄	0.0%		

## ② MFCA の計算

マテリアルバランスの測定結果をもとに、1年間の表 8-3 の MFCA バランス集計表を作成した。また、MFCA 計算結果のグラフを図 8-4 示す。

表 8-3 MFCA バランス集計表(年間)

Input					Output					
投入コスト合計					正:直接的利用			負:間接的利用		
88,718千円					61,165千円			27,553千円		
					69%			31%		
材料と材料費	材料単価	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト
上水(使用量総計)	0.306	12,130	m3	3,706						
上水(RO水製造推計)		(10,489)	m3		(4,345)	m3		6,144	m3	1,877
上水(上記以外の使用)		(1,641)	m3		1,641	m3	501			
RO水		(4,345)	m3		2,693	m3	823	1,651	m3	504
透析剤	4.800	9,176	セット	44,045	6,693	セット	32,124	2,483	セット	11,920
クエン酸	8.500	185	箱	1,573	114	箱	969	71	箱	603
メンテナンス部品			1式	2,500				1式		2,500
消耗品(ダイヤライザー)	1.400	17,000	本	23,800	17,000	本	23,800			
材料の物量とコスト小計				75,623	77.0%		58,218	23.0%		17,405
廃棄物処理	処理単価	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト	物量	単位	コスト
下水(排水)	0.292	12,130	m3	3,542			0	12,130	m3	3,542
産業廃棄物				5,724			0			5,724
廃棄物処理物量とコスト小計				9,266			0			9,266
エネルギー	単価	使用量	単位	コスト			コスト			コスト
電力		254,761	kWh	3,829	196,125	kWh	2,948	58,636	kWh	881
エネルギーコスト小計				3,829			2,948			881

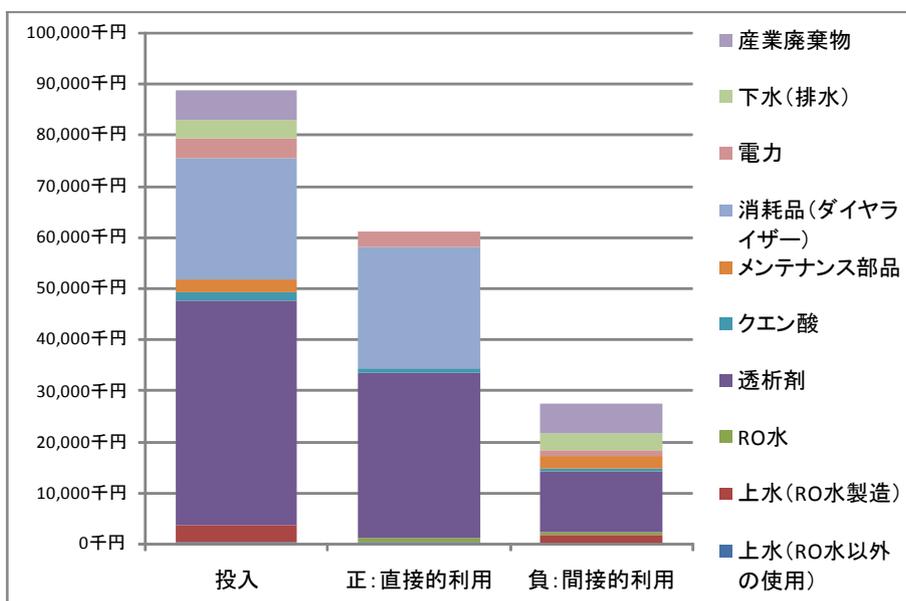


図 8-4 血液透析の MFCA 計算結果(MFCA バランス集計表のグラフ)

表 8-3 の MFCA バランス集計表の中で、負（間接的利用）に位置付けた部分のうち、下記の部分を、改善対象の検討とした。

- ・ 上水（RO 水製造推計）の RO 水製造時のロス（6,144m<sup>3</sup>、1,877 千円）
- ・ RO 水の使用時のロス（1,651m<sup>3</sup>、504 千円）

- ・ 透析剤のロス (2,483 セット分、8,275kg、11,920 千円)
- ・ クエン酸 (71 箱分、1,277kg、603 千円)
- ・ 透析剤、クエン酸の溶解した下水 (排水) 処理量 (12,130m<sup>3</sup>、3,542 千円)

### ③ MFCA 計算結果の考察

MFCA 計算結果のうち、マテリアルロスと廃棄物処理コストのグラフを図 8-5 に示す。

透析剤のロスが金額的に最も大きいですが、これは RO 水に溶解した状態でロスになっている。これはクエン酸のロスも同様である。下水 (排水) は、正 (直接的利用) も含めた処理費用であるが、RO 水製造時の上水のロス、RO 水のロスは、下水費用も含めてコスト評価する必要がある。

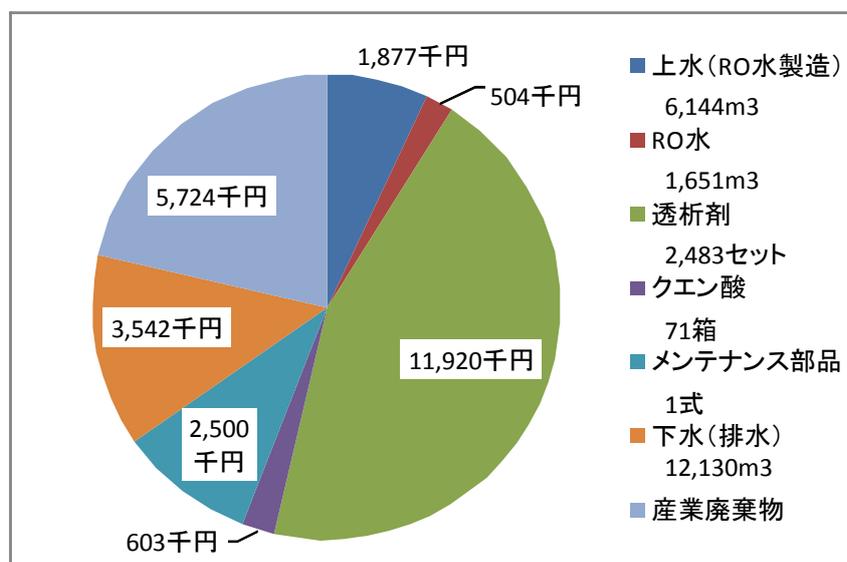


図 8-5 マテリアルロスと排水、廃棄物処理のコスト

### ④ 水のフローとそのコスト評価

3)において、この血液透析においては、水の管理が重要であることが分かった。

今回の MFCA 分析の中では、表 8-2、表 8-3 に示したように、実際に水の使用とそのフローを 2 日間測定した。その水のフローの集計結果を図 8-6 に示すが、年間で、上水使用量の 10,489m<sup>3</sup> が RO 水製造に用いられたと推定される。そのうち、患者様の血液透析と、その後の洗浄、消毒に使用された RO 水は、2,693m<sup>3</sup> (使用量の 26%) であった。

図 8-6 に示した水のロス量を、コスト評価したものが図 8-7 である。

RO 水製造時の上水のロスは、6,144m<sup>3</sup> (ロス率 59%) であるが、それは上水料金、下水料金のコストにすると年間、3,671 万円にもなっている。

また、RO 水の利用時とは、透析液による血液透析の実施、熱水クエン酸や RO 熱水による消毒、RO 水による洗浄、及び透析開始前の消毒液のパージにおいて使用する RO 水のことである。その際のロスとは、間接的な利用として、使用されなかった透析監視装置、或いは配管、透析液循環ループ等に投入された量と定義したが、年間 911m<sup>3</sup> になり、その上水料金、下水料金のコストは年間、544

千円である。

しかしこれには、透析剤、クエン酸等が溶解されており、その材料費がそれぞれ 11,920 千円、603 千円になっている。また熱水クエン酸、RO 熱水として利用する際には、95℃程度まで加温して使用するため、その電力費用が加わっている。(今回は、システム、装置の電力消費量の測定までではできなかったため、このコストは計算できていない。)

それと、RO 水使用時のロスとした 740m<sup>3</sup> (上水料金、下水料金で 422 千円) は、今回の測定を行った中で、RO 水製造量と、実際の使用量の差異として出てきたものである。その使用用途の分析までできていないが、今後、更に分析を行う必要があると思われる。

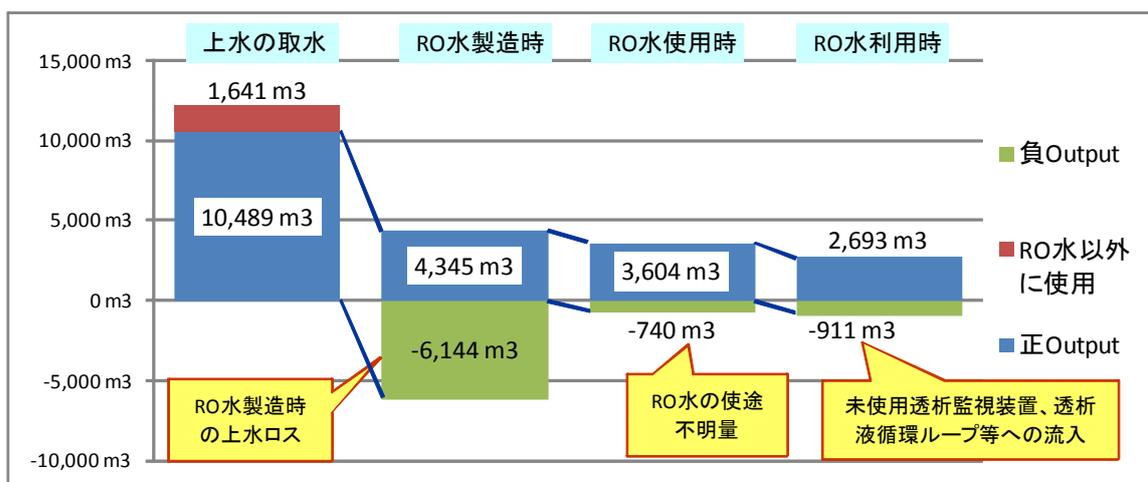


図 8-6 年間の水のロスの推定結果

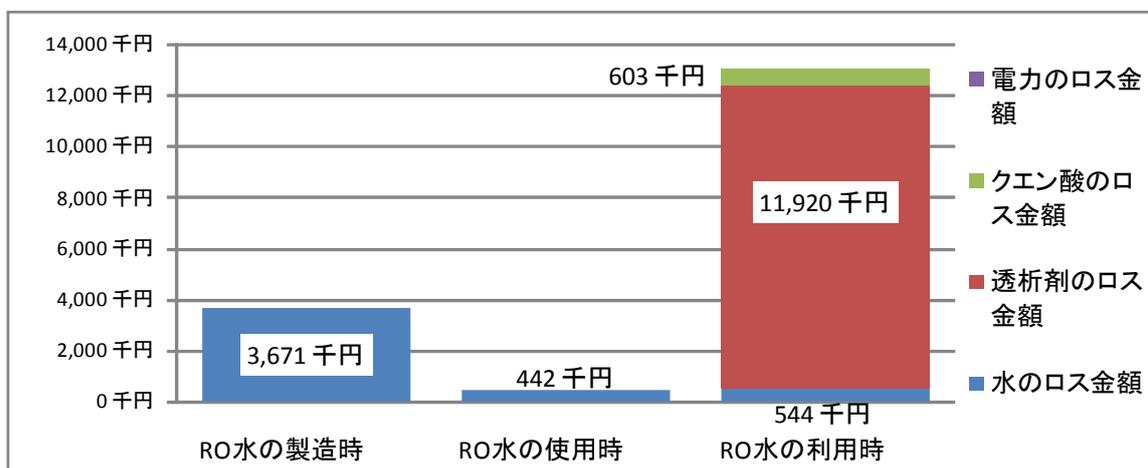


図 8-7 年間の水のロスのコストの推定結果

### (5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

このプロセスでのマテリアルロス、大きく、次の三つのタイプに分かれる。なお、ここでのロス①～ロス⑦は、図 8-8 のマテリアルロスの分類区分を参照のこと

- ・ RO 水製造時の歩留ロス：ロス①
- ・ 製造された RO 水（加工 RO 水）の未使用廃棄ロス：ロス②～ロス⑤
- ・ システム配管、循環ループ配管、未使用透析監視装置に封入：ロス⑥、ロス⑦

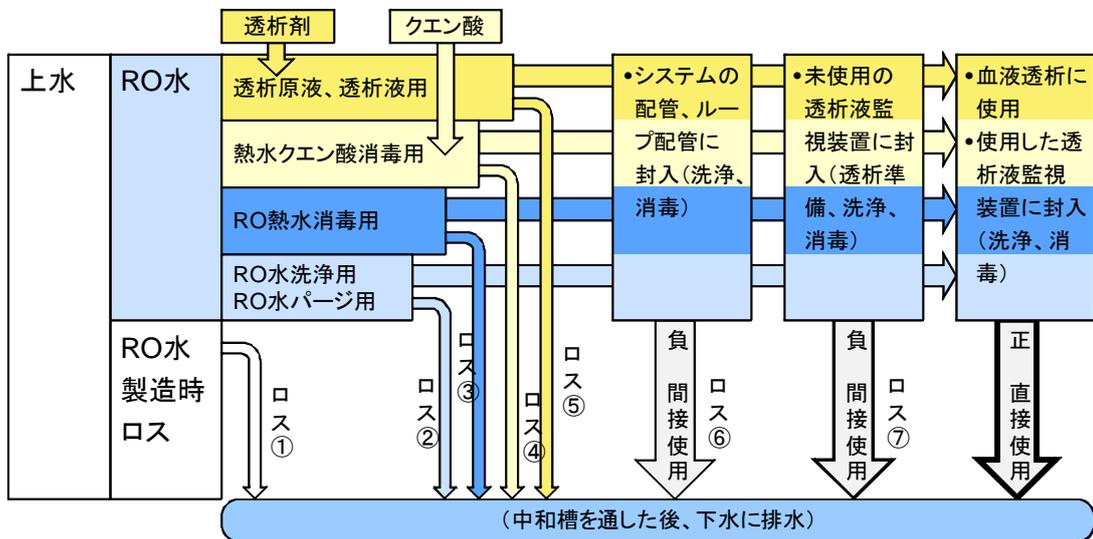


図 8-8 マテリアルロスの分類区分

### 1) RO 水製造時の歩留ロス：ロス①

RO 水とは、逆浸透膜（Reverse Osmosis）により、濾過された水である。上水には様々な不純物が含まれており、それに圧力をかけて、水分子だけを逆浸透膜を通過させる。そのため、必然的に、不純物の濃縮された水が残る。現在は、これを、再利用せずに排水している。

実測した結果、RO 水製造時の上水のロスは 60%を超えている。年間 6,144m<sup>3</sup>、上水費、下水費合計で、年間 3,671 千円のコストになっている。

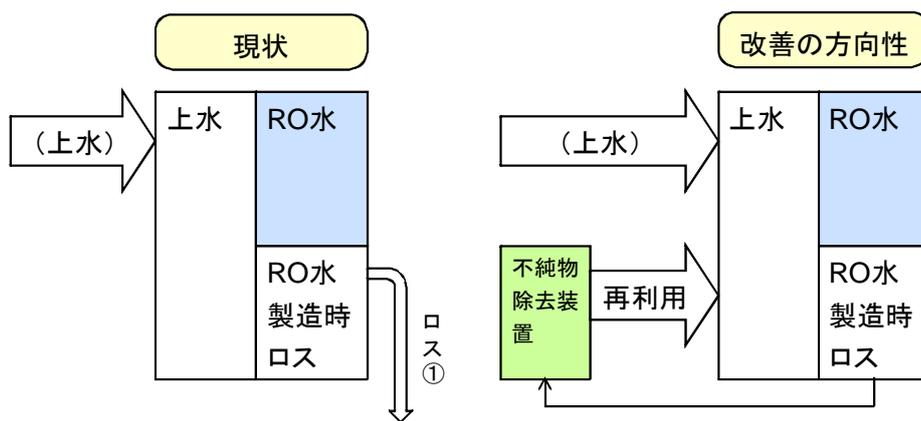


図 8-9 RO 水製造時の上水のロスを回収し再利用

改善の方向性としては、図 8-9 のように、RO 水製造時のロスは、回収し、濃縮された不純物を除去し、再利用するということがある。そのためには、回収した水の不純物除去装置が必要である。

しかし現在は容量の大きい装置しかなく、病院としては投資回収ができない。血液透析市場に多い20床クラスの容量の装置の開発が必要。であるが、それはRO水の装置メーカー、及び水処理装置メーカーの開発課題と考えられる。

## 2) 製造されたRO水(加工RO水)の未使用廃棄ロス:ロス②～ロス⑤

RO水の用途は、「RO水洗浄用」、「RO水パージ用」、「RO熱水消毒用」、「熱水クエン酸消毒用」、「透析原液、透析液用」等である。その中でも、「熱水クエン酸消毒用」、「透析原液、透析液用」は、RO水に透析剤、クエン酸等を溶解したものであるが、そのうちの未使用廃棄のロスが比較的大きいと思われる。

これは、1日の血液透析終了時に余った透析原液、透析液が、自動的に廃棄処分されることにより起こるが、このロスは、透析剤溶解装置で自動的に溶解する透析原液、透析剤の溶解単位が大きすぎるために起こることであり、その単位を小さくすることで、ロス量を小さくすることが可能と思われる。

これらは、病院ではメーカーから供給される物を使用せざるを得ないため、透析剤の材料メーカー、及び透析剤溶解装置メーカーで連携して取り組むべき課題と思われる。

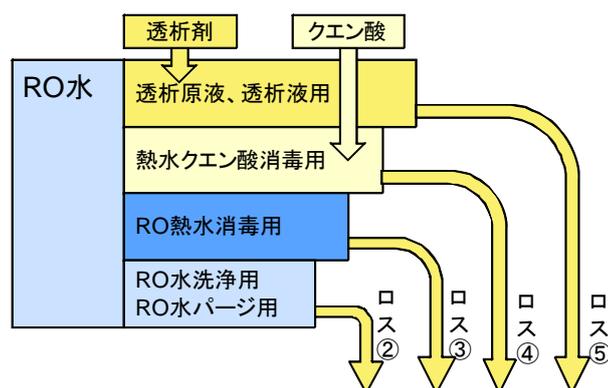


図8-10 RO水(加工RO水)の未使用廃棄ロス

## 3) システム配管、循環ループ配管、未使用透析監視装置に封入:ロス⑥、ロス⑦

現在の血液透析のシステム設計の仕様では、透析液監視装置が未使用であっても、毎日、透析液を封入し、洗浄、消毒を行っている(図8-11、ロス⑦)。

また、システムの配管、循環ループ等の配管径が太いほど、また配管長が長いほど、間接使用である図8-11のロス⑥が増加する。未使用の透析液監視装置の部分も、ロス⑥の量を増加させる要因になっている。

このように、システムで患者様の血液透析に使用する以外にも、間接的な透析液、消毒液の使用がある。これは、システム設計の考え方を見直す必要があるが、個別の病院毎にシステムを設計する際の設計上の課題と考えられる。

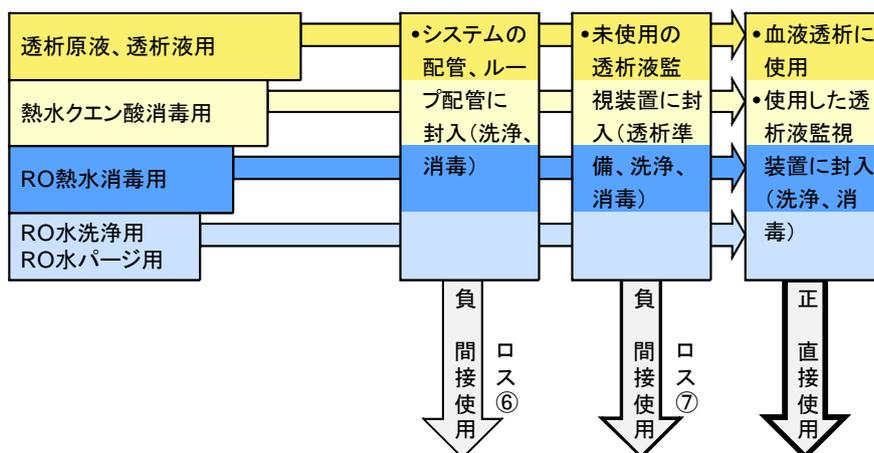


図 8-11 システムの間接的な部分での透析液消費と、消毒、洗浄

#### 4) 未使用透析監視装置に封入:ロス⑦

現在、当病院では、血液透析用の 40 床全部を一つの単位で制御している。しかし、40 床のうち常時 5 床は、リスク対応のため、稼働させていない。また残り 35 床も、100%の稼働状態ではない。

しかし、これらの透析液監視装置が使用しない日も、透析液を封入し、RO 水洗浄、熱水クエン酸洗浄を行っている。

これは、透析液監視装置の稼働状態に即応した、柔軟なシステムの運用ができないことによる。

例えば、図 8-12 のように、40 床を A、B、C の三つのグループに分けて、透析液封入、透析使用、洗浄、消毒を制御する設計にすれば、未使用の透析液監視装置のための透析液、RO 水、熱水クエン酸の使用は削減が可能になる。

A：リスク対応のため空ける 5 床

B：稼働状況が低い場合は使用しない 15 床

C：常時、使用する 20 床

これには、設計対象機器（床下配管、液供給ループ配管、循環加温ヒータ）と、透析液溶解装置、透析液供給装置の制御ソフトの設計を、こうした運用が可能になるように変更する必要がある。

ただし、この制御設計の変更には、安全性の検証が必要であり、慎重に行う必要があることも付け加えておく。

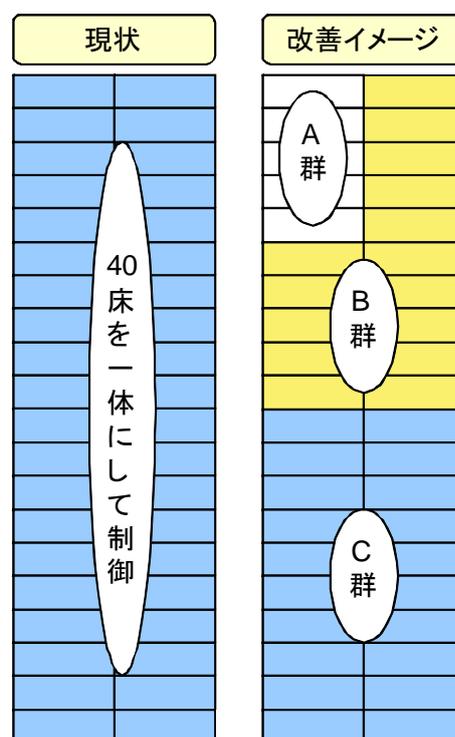


図 8-12 透析監視装置の管理区分イメージ

## (6) 成果と今後の課題

RO 水製造時の水のロスが、60%もあることが驚きであった。メーターをつけ、水使用量、RO 水製造量を測定して初めて分かったことである。しかも、そのコストは、上水、下水費用だけで年間 400 万円を超えていると思われる。

透析液、熱水クエン酸の直接的使用を正として見たときに、負の比率が透析液で 20%、クエン酸で 40%程度になっており、これも今回、測定することで初めて分かった。

こういう測定は、マテリアルのロスを、物量と金額で表そうとしなければ、測定をしておらず、ずっと分からないままであったと思われる。

今回、発見できた課題は、病院ですぐに改善できるものではなく、システムや装置の仕様を見直す必要のあることがほとんどであった。メーカーとしては、この結果を、開発設計の技術者に伝え、顧客の使用段階で省資源、省エネにつながる新しい技術、製品の開発につなげたい。それは、省資源、省エネ製品の開発というだけでなく、より顧客満足度の高い製品開発に繋がるものと思われる。

今回は、実際のロス測定がトライアルであったため、正確さに欠ける面があることは否めない。もう少し、長期的に測定を行うとともに、電力消費も加えた測定と、システムコストも加えた MFCA 計算を行い、計算精度の検証、向上を図る必要もあると思われる。

また、今回の測定結果をもとに、環境影響評価も加えることで、今回取り上げた改善課題や、現在のシステムの環境影響度を、CO2 換算し、その環境面の価値の評価も行いたい。

## (7) 実施企業、インターンの所感

MFCA は実際の物量データを押さえており、問題を間違いなく共有化できる。

当病院では、品質を第一に考えているが、MFCA で見えた水のロスを少なくすることで、サービスの質を落とすことなく、システムのメーカーも病院も患者もすべてがメリットを得られる技術革新につなげたい。マテリアルの流れ（当病院では水の流れ）を追うことで、医療サービスの質をより改良できるのではないかと考えている。

MFCA の情報は、経営者として、見直し（改善）の対象金額が分かり、その取り組み課題が明確になった。今までロスとして見えていないことが、ロスとして理解でき、そのロスが品質を脅かしているリスクに関連していることが理解できた。今後は、システムコストも含めて再解析して、品質改善とコストマネジメントを同時に完成できることを目標に、システムや業務を見直したい。

また、今回の MFCA では、病院等のサービス分野でも、マテリアルを大量の消費する分野では、MFCA の導入、そのためのマテリアルバランスの測定が、資源効率向上に非常に効果的であることが分かった。

ただし、マテリアルバランスの測定に当って、年間の総使用量に関して言えば、会計情報等を使用することにより、容易に計算できるものの、マテリアルロスについては、データ収集にネックがあることも明確になった。

この事例のように、透析液製造量や透析延べ時間等の運用データが蓄積できていれば、透析液等のロス総量は計算可能である。

- ・ 透析に使用した透析液の量 (m<sup>3</sup>)  
= 単位時間の透析液使用量 (500ml/分) × 透析延べ時間 (hr) × 60 (分/hr) ÷ 1000
- ・ 透析液のロス総量 (m<sup>3</sup>) = 透析液製造量 (m<sup>3</sup>) - 透析に使用した透析液の量 (m<sup>3</sup>)

しかし、マテリアルを制御する装置等、現在のシステムのデータ管理状態は、RO 水製造量、透析原液製造量、未使用廃棄量等のデータを、制御のために測定していても、そのデータ蓄積、管理していない。そのため、マテリアルロスの測定には、多大の労力、もしくは設備の改造等が必要である。

この事例に限らず、システム、装置のメーカーにとって、顧客使用時のマテリアルロスの測定、MFCA 計算を行うことは、そのシステムや装置の、資源生産性の向上課題を明確にする。また MFCA から導かれる改善は、システム、装置のユーザーのメリットに直結する。システム、装置のメーカーは、顧客満足度向上のためにも、そして更には、環境負荷を低減するためにも、測定しているデータの蓄積、管理、活用を図ってもらいたい。

以上

## 第9章 日本フィルコン株式会社における MFCA 導入実証事業報告 (銅箔+PET 複合フィルムを原料とするエッチング加工を対象とした MFCA 導入事例)

報告書作成者：

林 千宏 (日本フィルコン株式会社)

尾上久実 (日本フィルコン株式会社)

公募採択事業者：日本フィルコン株式会社

### (1) 日本フィルコン株式会社の概要

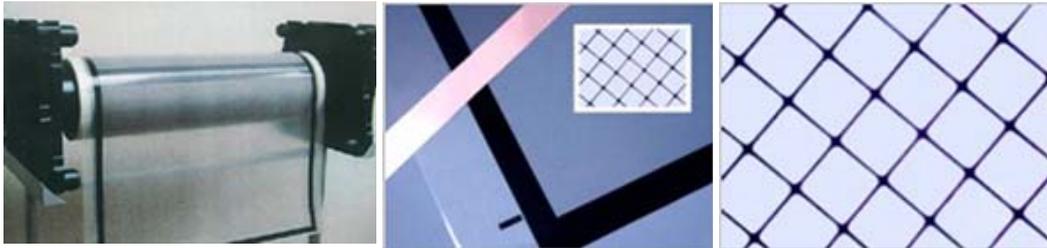
日本フィルコン株式会社は、それまで欧米からの輸入に依存していた紙・板紙生産に必要な不可欠な資材である抄紙用金網を国内で自給すべく、主要製紙会社などの出資により 1916 年に創業した企業である。現在、当該製品の原材料はブロンズ製からプラスチック製にと進化しているが、当時のブロンズ金網に微細な凹凸模様をつけるために取り入れた、フォトファブリケーション技術をベースとしたエッチング（金属を溶かす）加工を柱として精密金属製品の製造を行うマイクロ製品事業部（現エレクトロニクスソリューション事業部）を 1973 年に設立した。廃棄物量が非常に多いと考えており、MFCA 導入によってその改善を図りたく、本事業への募集に至った。

社名	日本フィルコン株式会社
所在地	東京都稲城市大丸 2220
業種	金属製品製造業
資本金	2,685 百万円 (2009 年 11 月 30 日現在)
従業員数	642 名 (2009 年 11 月 30 日現在)
売上高	15,661 百万円 (2009 年 11 月期)
主な製品	製紙用プラスチックワイヤー、精密金属製品
業歴	1936 年 3 月設立 (1916 年 4 月創業)

### (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

#### ① 対象商品

対象商品は 10  $\mu$  m (0.010mm) 厚の銅箔を PET フィルムに貼合した複合フィルムが原料で、必要な部分の銅箔を残して他の部分を溶かすというエッチング加工により精密なパターンを形成したフィルムである。今回の MFCA の適用範囲となる対象製品は、当社の主力製品である「プラズマディスプレイ用電磁波シールドメッシュ（以下、PDP メッシュと略する）」とした。



## ② 対象工程

当社のPDPメッシュ製造ラインは、ドライフィルムレジスト（DFR：感光剤）ラミネート工程、露光工程、現像工程、エッチング（ET）・剥離工程、保護フィルム（P-film）ラミネート・検査工程の5工程からなる。同ラインの製品占有率はほぼ100%がPDPメッシュであり、他製品の製造は無いものとして考えることが出来る環境である。

また、原料の複合フィルムは「LPDS材」という名称であり、銅箔、接着剤、PET、粘着剤、セパレータフィルムの5層からなるが、本ラインでの加工は銅箔部のみが対象となる。（セパレータを剥した貼合 etc.は顧客にて行われる）

なお、工程およびフィルム構成の全体イメージを図9-1に示す。

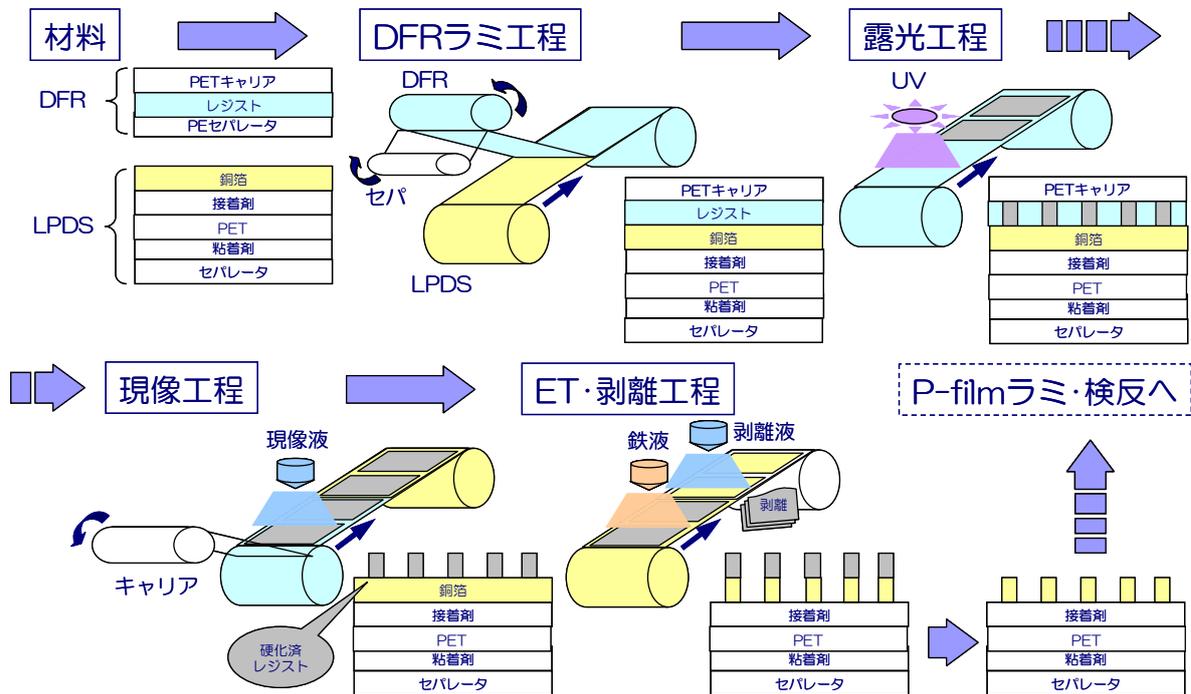


図 9-1 PDP 製造ライン工程およびフィルム構成概略

### ③ 製造工程の内容

#### 1) ドライフィルムレジスト (DFR) ラミネート工程

原料の銅箔面に 3 層からなるドライフィルムレジスト (DFR) を貼合する工程、ドライフィルムレジスト (DFR) は、粘着性のあるレジスト層がセパレータフィルムとキャリアフィルムに挟まれた構成であり、セパレータフィルムを剥しながらレジスト層を原料の銅箔面に貼り合わせる。

#### 2) 露光工程

ドライフィルムレジスト (DFR) 貼合済の原料に、メッシュパターンを持つマスクを挟み影絵の要領で紫外線 (UV) 感光する工程。UV 照射された箇所のレジストは硬化し、遮光箇所のレジストは初期状態のままとなる。

#### 3) 現像工程

露光工程での非硬化部レジストを除去する工程。工程投入時にドライフィルムレジスト (DFR) 表層のキャリアフィルムを剥してレジスト層を露にし、アルカリ系の現像液を吹き掛けてレジストを溶解させる。このとき溶解されるのは非硬化部のレジストのみであり、硬化済のレジストはそのまま残留する。

#### 4) エッチング (ET) ・剥離工程

エッチングとドライフィルムレジスト (DFR) 剥離を同一設備で行う工程。現像工程でレジストが溶解され剥き出しになった銅箔面に塩化第二鉄や塩酸を吹き掛けて銅箔を溶かすエッチングを設備の前半で行い、硬化済レジストをアルカリ系剥離液に浸し除去する剥離を後半で行う。本工程で最終製品のメッシュ形状になる。

#### 5) 保護フィルム (P-film) ラミネート・検反工程

エッチング・剥離工程にて形成されたパターンを外的要因 (接触・異物付着 etc.) から保護するためのフィルムを貼合する工程、および外観不具合を検知するための工程。保護フィルム (P-film) は PE 層と粘着層の 2 層からなるためドライフィルムレジスト (DFR) の様なセパレータフィルムは存在せず、顧客が製品を使用するまで剥されることは無い。外観検査は人的目視検査である。

#### 6) 廃液処理工程

現像工程、エッチング・剥離工程で発生した洗浄廃水を排水するために行う中和処理工程。pH 調整、凝集、沈殿、中和により近隣の多摩川へ排水を行う。沈殿された物質は濃縮・乾燥後にスラッジとして産業廃棄物回収される。

### ④ マテリアルの INPUT、OUTPUT 状況

マテリアルフローチャートを図 9-2 に示す。

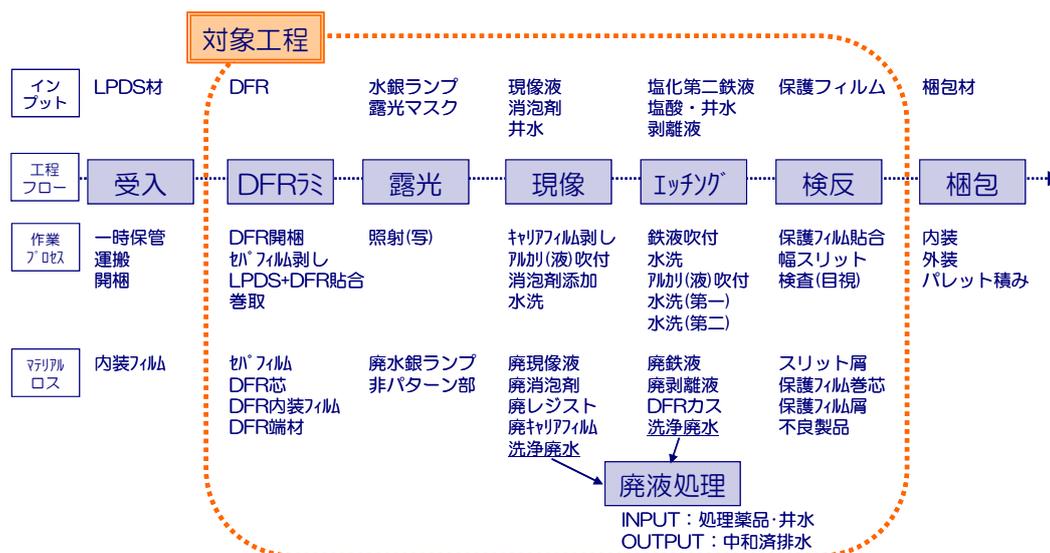


図 9-2 マテリアルフローチャート

1) ドライフィルムレジスト (DFR) ラミネート工程

本工程で発生する主なマテリアルロスにはドライフィルムレジスト (DFR) の端材が挙げられる。これは、原料の長さ (250~500m のランダム) に対して長めのドライフィルムレジスト (DFR) を貼合することにより発生する。原料が製造原価の約半数を占める程高価であることから、これの最大限使用を目的としているが、1 ロットにつき数 m~数十 m のロスが発生する。

また、貼合直前に剥されるドライフィルムレジスト (DFR) のセパレータフィルムは厳密に言えばマテリアルロスになるが、その影響は限りなく小さく今回のロスには含めないものとする。

2) 露光工程

本工程では物理的なマテリアルロスは発生しないが、ここで露光されたパターン以上の製品が出来ることは無いいため、先端部・終端部の端材、原料幅とパターン間の端材、各パターン間の端材 etc.の非パターン部をロスとして計上する。

3) 現像工程

本工程でのマテリアルロスはレジスト溶解後の現像液であり、産業廃棄物として回収される。洗浄廃水も発生するが、これは社内処理した後に排水するためロス計上は行わない。

また、ドライフィルムレジスト (DFR) 溶解量は測定困難であり、これについてもロス計上対象外とする。

4) エッチング (ET) ・剥離工程

マテリアルロスには使用済の塩化第二鉄液と剥離液が挙げられる。廃鉄液は単純に産業廃棄物回収となるためロス計上に問題は無いが、廃剥離液は同一事業所内の別工場で発生する同系廃液と混入回収されるため数量把握が困難であり、今回はロス計上を行わないものとする。

廃鉄液に含まれる溶解後の銅、廃剥離液に含まれるドライフィルムレジスト (DFR) 成分、剥離にて生じるドライフィルムレジスト (DFR) カス、厳密に言えばこれらもロスとして生じるが、測定困難だったり影響度が極僅かだったりとの理由からロス計上対象外とする。

また、現像工程と同様にエッチング (ET) 部・剥離部共に洗浄廃水が発生するが、こちらについても社内処理後に排水されるためロス計上の対象としない。

#### 5) 保護フィルム (P-film) ラミネート・検反工程

本工程におけるマテリアルロスには保護フィルム (P-film) と検査不良とされた製品の2つとなる。後者は文字の通りのロスであるが、前者のロスはドライフィルムレジスト (DFR) 端材と同じ理由で発生する端材ロスや非パターン部を覆うロス etc.がある。特に、パターンに合せた幅の保護フィルム (P-film) を用いるよりも、原料の幅に合せた幅の保護フィルム (P-film) を用いるケースが多いため、端材よりも送りサン部のロスの方が多い。

#### 6) 廃液処理工程

本工程でのマテリアルロスは処理に要する薬剤のみを対象とする。排水に関しては前述の通り、スラッジについても全体へ与える影響は極僅かであるためロス計上の対象外とする。

図 9-2 の通り、本ラインにおけるマテリアルは各種あるが、これらより、原料、ドライフィルムレジスト (DFR)、保護フィルム (P-film) を主要材料と、現像液、塩化第二鉄、塩酸、剥離液を補助材料と定義し MFCA の対象とする。前者は投入面積から良品面積を減じたものがロスとなり、後者は投入重量全てがロスとなる。

### (3) MFCA の適用の考え方、方針

#### ① 物量センターの設定

製造工程では各工程—ドライフィルムレジスト (DFR) ラミネート工程、露光工程、現像工程、エッチング (ET) ・剥離工程、保護フィルム (P-film) ラミネート・検反工程—をそれぞれで 5 物量センターとし、これに廃液処理工程を加え 6 つの物量センターとした。なお、製造 5 物量センターにおいては、エネルギーコスト、システムコストは累加法により集計を行った。廃液処理の物量センターのコストは最終 MFCA バランス集計表上では、処理費用として計上している。

#### ② データ収集の範囲、期間と方法

2010 年 10 月度の稼働実績を元に原材料投入量、製造量、ロス発生量の把握を行った。エネルギーコストである電気使用量については、設備電力を各工程の稼働実績より、空調電力を建屋全体使用量から各工程の面積比率により算出した。システムコストについては、人件費を各工程の人員配置実績より、償却費を月割概算額より計上。また、包装資材 etc.は全体への影響度が極小のため除外した。

#### (4) MFCA 計算結果とその考察

MFCA 集計結果を表 9-1 に示す。また、金額は非公表とし、考察項目を以下に述べる。

表 9-1 MFCA バランス集計表

	INPUT			OUTPUT					
				正の製品			負の製品		
合計	千円			千円			千円		
	****	—		****	73.3%		****	26.7%	
マテリアル計	****	70.7%		****	72.4%		****	27.6%	
●主要材料	m <sup>2</sup>	千円		m <sup>2</sup>	千円		m <sup>2</sup>	千円	
	165,689	****	69.3%	118,113	****	73.9%	47,576	****	26.1%
LPDS	52,699	****	58.3%	39,371	****	74.7%	13,328	****	25.3%
DFR	57,314	****	6.6%	39,371	****	68.7%	17,943	****	31.3%
P-film	55,676	****	4.3%	39,371	****	70.7%	16,305	****	29.3%
●補助材料	kg	千円		kg	千円		kg	千円	
	78,410	****	14%	0	0	0.0%	78,410	****	100.0%
NaCO <sub>3</sub>	1,000	****	0.2%	0	0	0.0%	1,000	****	100.0%
FeCl <sub>3</sub>	69,720	****	1.0%	0	0	0.0%	69,720	****	100.0%
HCl	5,990	****	0.1%	0	0	0.0%	5,990	****	100.0%
NaOH	1,700	****	0.0%	0	0	0.0%	1,700	****	100.0%
処理費用		千円			千円			千円	
		****	2.5%		0	0.0%		****	100.0%
エネルギー		千円			千円			千円	
		****	2.8%		****	80.2%		****	19.8%
人件費		千円			千円			千円	
		****	19.5%		****	83.2%		****	16.8%
償却費		千円			千円			千円	
		****	4.5%		****	81.8%		****	18.2%

- ・ 全体の正の製品比率は 73.3%、負の製品比率は 26.7%であり、品質管理上の歩留 91.9%と比べ乖離する。(当社の歩留は露光工程でのパターン総数に対する検査工程での良品数の割合である)
- ・ INPUT を見るとマテリアルコストが 70.7%、システムコストが 24.0%を占める。
- ・ マテリアルコストの 82.5%を原料が占め、全体に対しても 58.3%を占める。
- ・ 補助材料の 88.9%が塩化第二鉄液だが、処理費用と合せても全体の 3.5%以下である。

また、フルフローコスト一覧を表 9-2 に示す。こちらも金額は非公表とし、考察項目を次述する。

- ・ ドライフィルムレジスト (DFR) ラミネート時のロスが投入量に対して 8.1%発生している。
- ・ 露光工程での非パターン部が投入面積比率で 18.4%発生している。
- ・ 検反工程で選別される不良製品の面積比率は 8.5%である。
- ・ 保護フィルム (P-film) のロス 16,305 m<sup>2</sup>は不良製品分 3,656 m<sup>2</sup>と純ロス 12,649 m<sup>2</sup>に分類され、後者は投入量の 22.7%にあたる。

なお、廃液処理工程に掛かるコスト一覧表を表 9-3 に示す。(参考：金額非公表)

表 9-2 フルフローコスト一覧表

【主要材料】	単価 円/㎡	受入		フミネート		露光		現像		E-剥離		検反・梱包		計	
		面積	金額	面積	金額	面積	金額	面積	金額	面積	金額	面積	金額	面積	金額
LPDS	投入	52,699	***,***	52,699	***,***	52,699	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***
	正の製品	52,699	***,***	52,699	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	39,371	***,***	39,371	***,***
DFR	投入	0	0	0	0	9,672	***,***	0	0	0	0	3,656	***,***	13,328	***,***
	正の製品			57,314	***,***	52,699	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	57,314	***,***
P-film	投入														
	正の製品			52,699	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	43,027	***,***	39,371	***,***	39,371	***,***
小計	投入	52,699	***,***	110,013	***,***	105,398	***,***	86,054	***,***	86,054	***,***	141,730	***,***	165,689	***,***
	正の製品	52,699	***,***	105,398	***,***	86,054	***,***	86,054	***,***	86,054	***,***	118,113	***,***	118,113	***,***
【補助材料】	単価 円/kg	重量	金額	重量	金額	重量	金額	重量	金額	重量	金額	重量	金額	重量	金額
	NaCO3 炭酸ナトリウム	投入					1,000	***,***					1,000	***,***	
FeCl3 塩化第二鉄	投入									69,720	***,***		69,720	***,***	
	正の製品									69,720	***,***		69,720	***,***	
HCl 塩酸	投入									5,990	***,***		5,990	***,***	
	正の製品									5,990	***,***		5,990	***,***	
NaOH 苛性ソーダ	投入									1,700	***,***		1,700	***,***	
	正の製品									1,700	***,***		1,700	***,***	
小計	投入	0	0	0	0	0	0	1,000	***,***	77,410	***,***	0	0	78,410	***,***
	正の製品	0	0	0	0	0	0	1,000	***,***	77,410	***,***	0	0	78,410	***,***
マテリアル コスト総計	投入		***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***
	正の製品		***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***
	正比率		100.0%		99.2%		81.6%		99.6%		97.8%		89.9%		72.4%
	負比率		0		0.8%		18.4%		0.4%		2.2%		10.1%		27.6%
処理費	投入							88,380	***,***	79,760	***,***			168,140	***,***
	正の製品														
エネルギー	投入														
	正の製品														
人件費	投入														
	正の製品														
償却費	投入														
	正の製品														
フローコスト 総計	投入		***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***
	正の製品		***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***	***,***

表 9-3 廃液処理コスト一覧表

	廃液引取・薬剤etc.				廃液処理システム・エネルギーコスト				廃液処理 総費用
	重量(kg)	kg単価	金額(円)	割合 (対総費用)	内訳	金額(円)	割合 (対総費用)		
【現像】アルカリ液	88,380	3.1	***,***	11.3%	システム	***,***	49.6%	***,***	
【ET】塩化第二鉄	79,760	2.0	***,***	6.6%	コスト	***,***	18.8%		
【廃液】処理用薬剤	20,000	-	***,***	12.3%	エネルギーコスト	***,***	1.5%		
小計	188,140		***,***	30.2%		***,***	69.8%	***,***	

(5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

前述の考察から改善点を抽出すると、

- 原料長に合せたドライフィルムレジスト (DFR) を購入して端材の発生を抑える。
- 露光工程での非パターン部、特に原料の先端部・終端部の端材やトラブル時の空送りを低減す

る。

- ・ パターンの配置・設計や原料の幅を調整してパターンに対する原料幅とパターン間の端材を極小化する。
- ・ パターンに合わせて保護フィルム（P-film）の幅を変更する。また、長尺化により端材ロスを低減する。

などが挙げられる。

## **(6) 実施企業、インターンの所感**

今回の MFCA 導入実証により、当社の従来指標とは異なる尺度で生産性を測ることが出来た。具体的成果までは至らなかったが、これまでの品質管理で 91.9%と考えていた歩留りに対し、本手法では負の製品（ロス）が 26.7%も発生しているという衝撃的な数値を見ることができた。工程別ロスの発生を数量・金額で算出することができ、当然減らさなければならないロスに対して、具体的尺度を提示できたことはそれだけでも十分意義がある。

MFCA とは従来の原価概念よりもロスに対する重み付けを行うことで、そのロスの影響をより大きく表現する手法と考える。これまでの抽象的なロス低減目標より、具体的な尺度となり得る点について非常に有意義な手法であると感じた。マネジメントにおいて目標・尺度の設定は極めて重要な要因となるため、この手法はマネジメント向上にも寄与するものと考えている。

以上

## 第10章 株式会社光輝社における MFCA 導入実証事業報告

### (自動車部品の塗装に関する MFCA 導入事例)

報告書作成者：

藤田米章（川崎市 UNEP 連携プロジェクト支援事務所）：インターン

芹田正義（株式会社光輝社）

中根恭広（株式会社光輝社）

公募採択事業者：川崎市

#### (1) 株式会社光輝社の概要

株式会社光輝社は、レンズコーティングを主業務として昭和 26 年に設立した会社である。川崎と焼津に工場を有しており、従業員は両工場あわせて約 100 名である。

初期は真空蒸着技術を活かして蛍光灯のソケットやプラモデルなどへの蒸着をしていたが、現在では自動車用リフレクターの真空蒸着に特化し業務展開している。リフレクターとは自動車のヘッドライトやテールランプに付いている、おわん形をした銀色の反射器のことである。リフレクターは自動車生産に連動した量産型の製品であるが、中小企業の足回りのよさを活かして、試作品や修理・保守部品の生産も行っている。

社名	株式会社 光輝社
所在地	〒211-0053 川崎市中原区上小田中 7-13-24
業種	自動車部品製造（塗装部品）
従業員数	約 100 名
主な製品	自動車用リフレクターの真空蒸着と塗装

#### (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

##### ① 対象商品

リフレクターは自動車生産に連動した量産型の製品である。

リフレクターは部品メーカーによってバルブ(光源)やレンズと組み合わせてヘッドランプやテールランプとして組み立てられた後、自動車の部品として供給される。

リフレクターは鋳物やプラスチックの生地に下塗り塗装を施した上に、アルミを真空蒸着して製造する。わずかな傷や汚れ、塗りムラも認められない厳しい要求品質に応える必要がある。



図 10-1 製品の写真

## ② 対象工程

アルミダイカスト素材（生地）にアルミニウムを真空蒸着と塗装を施す、自動車用ランプのリフレクターの製造工程を対象とする。

## ③ 製造工程の内容

製造工程は、図 10-2 のとおり。

真空蒸着工程の他、下塗り、上塗りの 2 度の塗料の吹き付けによる塗装工程と、その前後で、合計 3 回の乾燥工程がある。

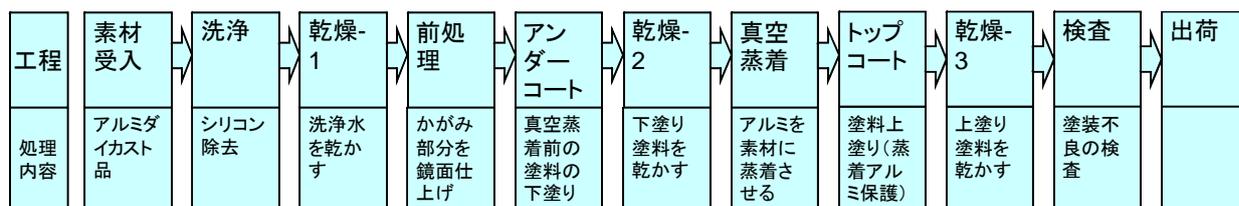


図 10-2 リフレクターの製造工程

真空蒸着装置の外観を図 10-3 に示したが、以下に、真空蒸着の仕組みを説明する。

下塗りされた素材を蒸着装置の中に多数牽架し、真空中で加熱溶解されたアルミニウムを蒸着するものである。なお蒸着用のアルミニウム片は、真空槽内に設置された多数の通電加熱用タングステン線に架けられ、加熱・溶解される。

溶解したアルミニウム片は、タングステン線上に伝って広がり、さらに加熱されて蒸発する。

真空蒸着装置内で蒸発したアルミニウムが、タングステン線から拡がって、素材に付着する。

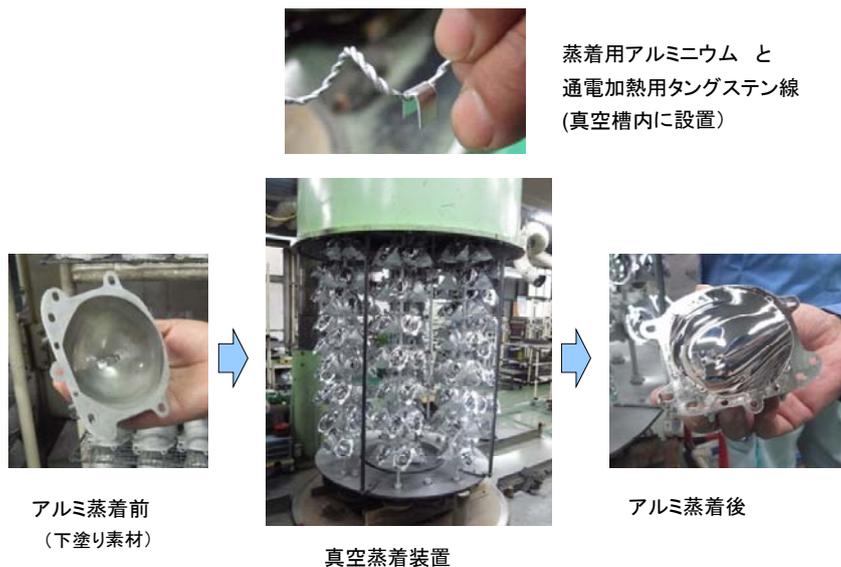


図 10-3 真空蒸着装置

## ④ マテリアルの投入とロス

マテリアルの投入とロスを、工程を追って図 10-4 に示す。

アンダーコート、真空蒸着、トップコートにおいて、マテリアルロスが多い。また、3 回行う乾燥では、エネルギーを大量に消費する。品質基準が厳しい部品であり、不良品もかなり多い。不良には、素材原因、塗装原因の両方があるが、最終工程まで検出できないことが多い。



図 10-4 マテリアルの投入とロス

### (3) MFCA 適用の考え方、方針

#### ① 物量センターの設定

この工場では工程順に、素材に塗料や真空蒸着させるアルミを付加させていく。

100 品種を超える素材があるが、素材により、大きさ、形状がまちまちである。形状も複雑であり、均一に塗料、アルミが付着しているのではない。そのため、個別の品種毎に、使用した塗料、真空蒸着材料を測定することが難しい。

また、この工程で、素材そのものがロスとなるのは、不良品だけであり、それ以外は、塗布する塗料やアルミの材料と、補助材料である。

以上のことから、MFCA の計算単位は、次のようにした。

- 全工程を、ひとつの物量センターにして、MFCA の計算を行う
- 全ての素材の品種を一括して、MFCA の計算を行う

MFCA 全体のコスト計算を行う物量センターを一つにすることで、材料の使用量のデータとして、年間使用量として管理しているデータをそのまま使用でき、容易に MFCA に取り組める、また継続的に実施しやすいというメリットがあると思われる。

## ② データ収集の範囲、期間と方法

1) MFCA の対象マテリアル：生地（素材）は数量で物量を測定、それ以外は重量で測定

1. 生地（素材）
2. アンダーコート用塗料材料 3 種類（1 剤、2 剤、3 剤）を配合して使用
3. トップコート用塗料材料 1 種類
4. シンナー 1 種類
5. 真空蒸着材料（アルミ）
6. 真空蒸着の補助材料（タングステン）

2) MFCA の計算期間：2009 年 10 月度～2010 年 9 月度までの 1 年間

- 当社の会計年度の単位のため、材料の在庫量、購入量等のデータが整理されており、年間使用量の計算が容易

3) MFCA 負の製品物量の測定方法：

- 生地（素材）、アルミ：生地は不良品数量で把握、アルミは製品の不良率で計算
- 塗料：使用量と塗布前廃棄量を、2 週間、現場で測定
- 補助材料のシンナー、タングステンの使用量は負の製品物量とする

4) システムコスト（労務費、償却費）：マテリアルロス of 改善に特化するため、計算対象から除外

5) エネルギーコスト：乾燥炉のガス、電気を計算、正負の MC 比率で配賦

## (4) MFCA 計算結果とその考察

計算結果の MFCA バランス集計表を表 10-1 に記す。

年間 1,931 千個のアルミダイキャスト（生地）を投入、約 7%が不良品として負の製品となる。

一方、塗料については、アンダー、トップとも投入材料のうち、正の製品の約 2 倍が負の製品となっている。その他の材料では、洗浄用のシンナーや蒸着時に用いるタングステンなどが負の製品となる。

年間のエネルギー使用量は、ガス乾燥炉のガス、86,121m<sup>3</sup>、5,670 千円、電気乾燥炉 212,910kWh、3,715 千円とした。乾燥させる素材重量が不明であるため、乾燥炉の熱損失の計算ができないため、マテリアルコストの正負の比率で配賦した。

廃棄物処理費については、油付着ゴミ処理費が大きい。廃塗料、廃シンナーの処理にもコストがかかっている。一方、売却できる廃棄物として、アルミスラッジなどの発生がある。

表 10-1 MFCA バランス集計表

Input				Output					
投入コスト合計	380,646千円			正の製品コスト	333,858千円		負の製品コスト	46,840千円	
					88%			12%	
材料と材料費	物量	単位	コスト(千円)	物量	単位	コスト(千円)	物量	単位	コスト(千円)
生地 数量	1,931,020	個		1,784,548	個		146,472	個	
アンダー用-1剤	1,584	kg	4,153				2.5	kg	7
アンダー用-2剤	4,400	kg					16.1	kg	
アンダー用-3剤	174	kg					3.2	kg	
アンダー用 配合剤				1,983.2	kg		4,153.0	kg	
アンダー配合塗料	6,158	kg		1,983.2	kg		4,174.8	kg	
トップ塗料	3,757	kg		1,245.1	kg		2,511.9	kg	
シンナー	5,680	kg	1,296				5,680.0	kg	1,296
アルミ	76	kg		70.3	kg		5.7	kg	
タングステン	96	kg					95.9	kg	
材料の物量とコスト小計			369,549		88%	325,591		12%	44,010
廃棄物処理(1,2課計)	物量	単位	コスト(千円)	物量	単位	コスト(千円)	物量	単位	コスト(千円)
油付着ゴミ	8,540	kg	1,366				8,540	kg	1,366
廃塗料	1,536	kg	221				1,536	kg	221
廃シンナー	1,936	kg	121				1,936	kg	121
廃油	64	kg	4				64	kg	4
廃プラスチック	856	kg	0				856	kg	0
廃棄物処理物量とコスト小計	12,932	kg	1,712				12,932	kg	1,712
エネルギー	使用量	単位	コスト(千円)			コスト(千円)			コスト(千円)
ガス	86,121	m3	5,670	75,866	m3	4,995	10,255	m3	675
電気	212,910	kwh	3,715	187,558	kwh	3,272	25,352	kwh	442
エネルギーコスト小計			9,385			8,268			1,118
売却廃棄物	物量	単位	金額						
鉄くず(塗料缶)	2,770	kg	33						
非鉄くず(アルミスラッジ)	12,919	kg	1,744						
使用済みタングステン	96	kg	96						
リサイクル売却物量と価格小計			1,873						

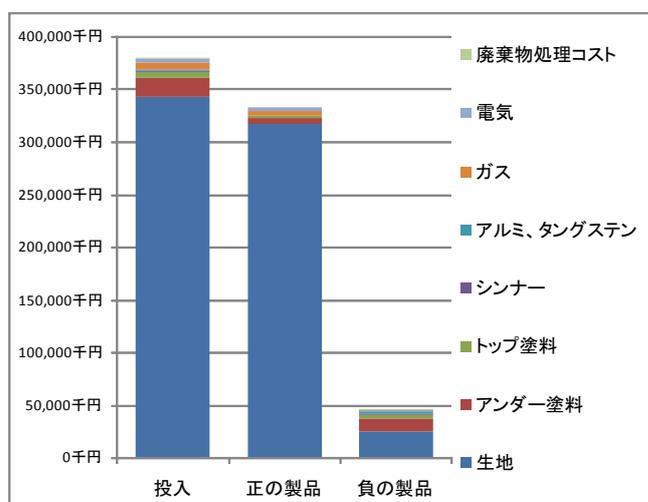


図 10-5 MFCA コスト集計グラフ

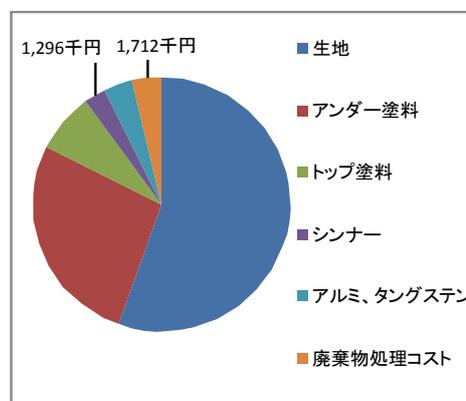


図 10-6 MFCA 負の製品コスト

図 10-5 の MFCA 計算結果のコスト集計グラフでは、生地のコストが大半を占めている。また、正の製品コストでも、生地のコストがほとんどである。

図 10-6 の負の製品コストでも、生地（素材）のロスが最も大きい。ロスのほとんどは不良であるが、生地要因（ピンホール等）と塗装要因の 2 種類がある。但し、生地不良の対策は従来も最大の課題として継続的に取り組んでいることから、今回の改善検討対象からは除外することとした。

生地以外では、アンダー、及びトップの塗料と、洗浄等で使用するシンナーの負の製品コストが非常に大きい。これらは、従来、十分に検討してこなかった分野であり、今回の改善検討対象の中心とした。

### (5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

MFCA により、新たに具体的な改善課題と、その着眼点が、表 10-2 のように整理できた。以下に、いくつかの項目について、具体的な改善の方向性を説明する。

表 10-2 MFCA による改善課題と着眼点

対象	ロス物量	ロスコスト	現状と問題点	改善課題、着眼
アンダー配合容器内の残量廃棄ロス	186.6kg		<ul style="list-style-type: none"> <li>一日の最後の配合時に、生産必用量よりも多めに配合⇒残量廃棄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>配合容器を最後まで使用できるように改良</li> </ul>
吹き付け無効ロス(アンダー、トップ)	時間	2,974.8kg	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続噴射のため、吹き付け範囲に生地が来ていない間も塗料を噴射</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生地が吹き付け範囲にいないときは、噴射を止めるように制御する</li> </ul>
	空間	991.6kg	<ul style="list-style-type: none"> <li>生地の約1.5倍の範囲の面積に吹き付けている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>品質と密接な関係があり、検討から除外</li> </ul>
シンナー	355缶 5,680kg	1,296千円	様々な用途で使用 <ul style="list-style-type: none"> <li>ペイントポンプ洗浄</li> <li>空缶廃棄時洗浄</li> <li>ジグ洗浄槽補充</li> <li>手洗い、ホース洗浄等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別用途ごとに、改善の検討が必要</li> </ul>
乾燥炉(6炉)用のガス	年間使用量 86,121m <sup>3</sup>	年間料金 5,670千円	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾燥炉の熱が、蒸着室、塗装室に流出</li> <li>年間を通し冷房が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾燥中の乾燥炉の熱(熱風)の流出防止</li> </ul>
タングステン	95.9kg		<ul style="list-style-type: none"> <li>レアメタルであり、節約がしたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消耗しにくい材料</li> <li>仕様の見直し</li> </ul>

#### ① アンダー塗料の配合容器内の残量廃棄ロスの削減

現在の容器はフィルター等の制約で、底部に使いきれない部分が残る。缶底に残る配合塗料は、経時劣化するため翌日には使用できないため毎日、廃棄ロスが発生している。検討の結果、フィルターは必要なく（別途濾過済み）、容器を傾けることで、必要最小量での配合が可能になり、廃棄ロスを低減できることが判明。容器を傾けて安定して置ける台を制作することとした。（図 10-7 参照）

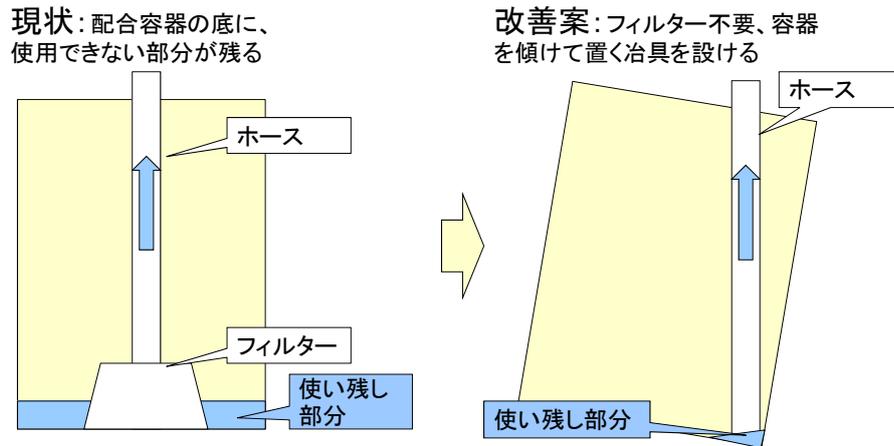


図 10-7 アンダー塗料配缶内の使い残り削減方法

### ② アンダー、トップ塗料の、吹き付け無効ロスの削減

現状は、塗装ガンが塗料を連続噴射しているところを、生地が自転しながら次々に通過（回転）してゆくことにより塗装されている。設備としては、間欠噴射が可能だが、センサー、チェーン等の劣化により、連続噴射せざるを得なくなり、現在までそのままになっていた。

今回の検討で、塗料のロスがきわめて大きいことに気づき、再度間欠噴射にトライすることになった。チェーンをメンテナンスするとともに、新しいセンサー、制御に改造し、生地がないときには噴射を止めるようにする。ただし、間欠噴射のためには、噴射ピッチの合わせ方法などを教育、訓練する必要がある。

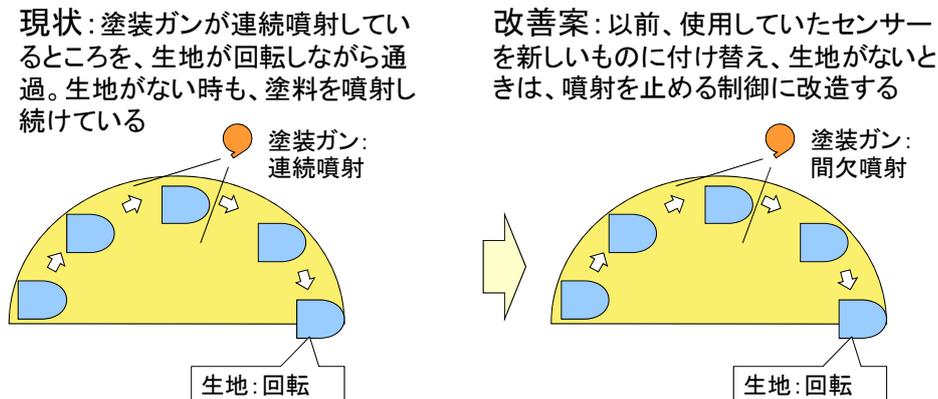


図 10-8 塗料吹き付け時の無効ロスの削減

### ③ シンナーの使用量削減

シンナーの使用量の内訳を、今回の期間内に分析した結果、表 10-3 のように整理できた。一度の使用で廃棄することが多いため、できるだけ再利用をして、使用量の削減を図ることが有効である。

具体的には、ペイントポンプ洗浄に使用したシンナーを回収しジグ洗浄槽の補充にあて、ジグ洗浄槽のシンナー交換、補充に用いていた新規シンナーの使用量を削減することを目指す。但し、現在ガ

ン洗浄時にはシンナーを噴霧して使用しているため、今後、回収ジグを具体的に作成する必要がある。  
 なお、シンナーについては表中にもあるように用途不明分が多く、今後さらに解析が必要である。

表 10-3 シンナー使用量の内訳

対象	用途	量/年間	現状と問題点	改善課題、着眼
シンナー	ペイントポンプ洗浄	701kg	• 洗浄に使用したシンナーが大気に排出	• 使用したシンナーを回収し、治具洗浄槽の補充に充当 • ガンから霧状にして噴霧するため、回収の工夫が必用
	空缶廃棄時ロス	6kg	• 現時点では最小限	
	ジグ洗浄槽交換	745kg	• 3ヶ月に1度 • 新規シンナーで交換	• 交換頻度はもっと多い可能性があり、再調査必用 • 他の用途で使用済みの、汚れの少ないシンナーは使用可能
	ジグ洗浄槽補充	888kg	• 新規シンナーの補充分だけで888kg	• 他で使用したシンナーを再利用すべき
	手洗い、ホース洗浄、皿、ジグ洗い用	803kg	• 治具洗浄槽の補充に使用している	• 現時点では、再利用中
	その他不明	2,538kg	• 用途が未解明	• 更に、現場確認、分析が必要

④ 乾燥炉(6 炉)用のガスの使用量削減(熱損失防止)

現状は、乾燥炉の入口、出口の下部から、乾燥時の熱風が吹きだす等、断熱性向上の改善課題が多いことが分かった。今回、図 10-9 の写真のように、熱風炉の吹き出し防止の鉄板製のカバーを設置した。

また、今回は検討しなかったが、カバーにグラスウール等の断熱材を貼り付ける等、他の熱損失の防止についても検討が必要と思われる。

従来: 出口の下部から熱風(100℃超)が吹きだしている



改善案: カバーを取り付けることで、熱風の吹き出しが防止できる



図 10-9 乾燥炉の熱風吹きだし防止

⑤ タングステンの使用量節約

川崎工場と焼津工場で、設備仕様が同一にもかかわらず、表 10-4 に示すように、タングステンの仕様が異なることから、仕様の確認、見直しを検討した。

表 10-4 タングステン線の比較

工場	メーカー	長さ	状況	改善課題、着眼
川崎工場	A社製	120mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>以前からA社製使用</li> <li>川崎では購入単価を下げている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調達先をA社製に共通化</li> <li>長さを110mmに統一</li> </ul>
焼津工場	B社製	110mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>B社製の方が安価なため採用</li> <li>持ちが悪く交換頻度が多い</li> <li>A社製に比べ使いにくい</li> </ul>	

焼津工場では、当初単価の違いから、安価なB社製を使用してきた。しかし川崎工場では、現在A社製、B社製とも同じ価格であり、品質が良く長持ちするA社製に統一し、さらに長さを110mmに短くすることで、レアメタルであるタングステンの省資源化とコストダウンを狙うこととした。

また、真空蒸着装置の仕様を見直せば、より短いタングステン線に変更できる可能性がある。しかし、装置の改造費用の投資がかなり見込まれるため、可能かどうかも含めて、装置の改修時期に検討する。

## (6) 成果と今後の課題

### ① 成果

- 従来は、ロス削減の取り組みとして、不良の低減だけで見ていた。MFCAの分析により、これまであまり注目していなかった塗料、シンナーのロスが量的に見え、改善の着眼が得られた。また、レアメタルであり、貴重な資源であるタングステンに関しても、その仕様の見直しによる使用量の削減の方策が分かった。
- また、このプロセスでは、生地を乾燥させる3回行いが、その乾燥炉の熱損失にも目を向けるようになり、実際に改善の手がつけられ始めた。
- シンナーに関しては、その用途が多岐にわたり、すべて分析できたわけではない。しかし、大気に排出しているシンナーについて、その回収、再利用の改善の方策が検討できた。このことは、単に、コストダウンというだけでなく、環境負荷の低減にも大きな意義がある。(なお、シンナー等揮発性物質の大気中への排出量は、PRTR法に従い、報告している。)

### ② 今後の課題

- シンナーの用途不明部分が多く、その用途、使い方の分析を行う。
- 今回の分析で得られた課題について、改善を実施し、改善効果を確認する。
- 乾燥炉については、排熱の再利用（電気炉の補助熱源等）を促進する。

## (7) 実施企業、インターンの所感

- ・ MFCA の活動開始後、朝礼等でマテリアルのロスについて発言する機会が増え、ロスに対する改善意識が高まってきた。
- ・ ロスについて、個別のロスの要素ごとに、その削減、改善を現場の担当者等と議論すると、スムーズに改善方策、課題の検討が行えるのがいい。
- ・ マテリアルロスを定量化、金額化することで、ロスの大きさに気が付き、改善する意欲が湧いてくるところがすばらしい。
- ・ 社内の他部門、他社でも適用すると、大きな効果が得られると思われる。
- ・ 今年度は、改善課題の見えた部分の改善の実施、及び、分析不足の部分の調査を行うとともに、今後の経営における指標のベースを構築したい。
- ・ 来年度は、年間目標や計画に、MFCA を活かすことを、是非考えたい。

以上

## 第11章 株式会社ファッションキャンディにおける MFCA 導入実証事業報告 (小麦粉を主原料とした焼き菓子を対象にしたMFCA導入事例)

報告書作成者：

上地一成（環境コンサルタント有限責任事業組合）：インターン

鈴木修一（環境コンサルタント有限責任事業組合）：インターン

名嘉光男（NPO 法人 環境管理技術センター）：インターン

公募採択事業者：NPO 法人 環境管理技術センター

### (1) 株式会社ファッションキャンディの概要

株式会社ファッションキャンディは、琉球王朝時代から伝わる小麦粉を主原料とする焼き菓子「ちんすこう」に、チョコレート进行コーティングした「ちんすこうショコラ」をメインに、「おもろ」、「各種チョコレート菓子」、「生菓子」を製造・卸・販売をしている企業である。

同社はもともとチョコレートをメインにした小売業であったが、地元のお客様だけでなく、広く県外のお客様にも沖縄の伝統的なお菓子「ちんすこう」をアピールしたいという思いから、「ちんすこうショコラ」を考案・商品化した。これを機に卸売りと店舗での小売りをスタートさせた。

また、生産効率化や人材育成、安全衛生・環境管理活動も積極的に進めており、その活動が認められ、日本プラントメンテナンス協会より、沖縄で初めて TPM チャレンジ賞（2008 年度）を授与された。今回これらの活動を更に進化・発展させることを目的に本事業に応募した。

社名	株式会社ファッションキャンディ
所在地	沖縄県宜野湾市大山 2-21-22
業種	菓子製造卸・小売業
資本金	8,000 万円
従業員数	113 人（工場人員 62 人）
売上高	7 億 5000 万円（2010 年 6 月）
主な製品	ちんすこう、チョコレート菓子、ケーキ、ちんすこうショコラ、おもろ
業歴	1975 年 5 月 創業 1979 年 3 月 有限会社設立 1991 年 8 月 現住所へ新社屋建設 1999 年 8 月 浦添工場新設 2002 年 10 月 株式会社へ組織変更
その他	1995 年 1 月 「琉舞ちんすこう」那覇市長賞最優秀賞受賞 2001 年 12 月 事業性評価企業に選定 2002 年 2 月 沖縄県ビジネスオンリーワン賞受賞 2008 年 4 月 TPM チャレンジ賞受賞

## (2) MFCA 導入対象の製品及び工程とマテリアルフロー

### ① 対象製品

主力商品である「ちんすこうショコラ」と「おもろ」の2製品とした。



「ちんすこうショコラ」



「おもろ」

### ② 対象工程

#### ②-1「ちんすこうショコラ」

生地原料の計量・混合、成型、焼成を経て「ちんすこう」が完成する。これに別ラインにて溶解・テンパリングしたチョコレートを、コーティング・冷却固化、個包装までを系列ラインにて行い、最終箱詰めで商品となるまでの全ての工程を対象とした。

今回は、図 11-1 のように、生地原料の計量・混合、成型、焼成の工程を「ちんすこう製造 QC」、チョコレートの溶解・テンパリング、コーティング、個包装の工程を「チョコレートコーティング QC」、箱詰め工程を「箱詰 QC」とし、3つの物量センターを設けた。

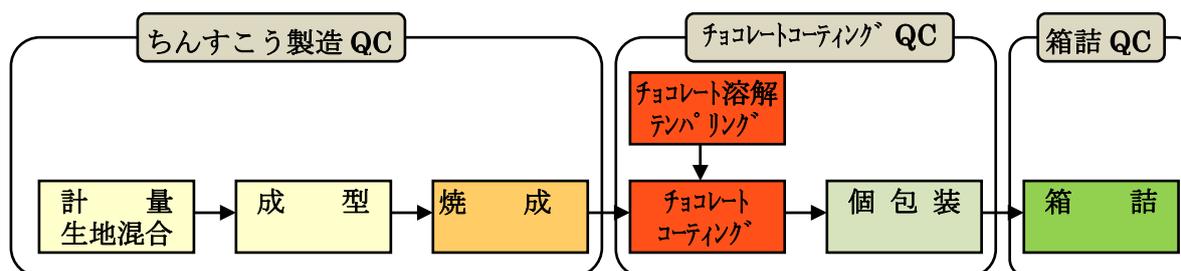


図 11-1「ちんすこうショコラ」工程フロー

#### ②-2「おもろ」

トレーにパイシートとクリームチーズをセットし、これに生地原料を計量・混合したものを充填成型して焼成を行ない「おもろ」が完成する。次に個包装を行い最終箱詰めで商品となるまでの全ての工程を対象とした。

今回は、図 11-2 のように、パイシート敷き・クリームチーズ絞り、生地原料の計量・混合、

充填成型、焼成の工程を「おもろ製造 QC」、個包装、箱詰めを「包装箱詰 QC」とし、2つの物量センターを設けた。

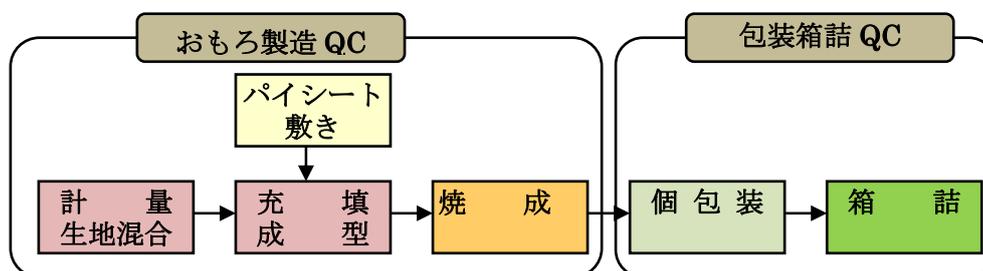


図 11-2「おもろ」工程フロー

### (3) データ収集期間と方法

#### ① MFCA データ

測定期間は、2010年11月1か月分とした。各データの収集方法は以下のとおりである。

1) マテリアル物量データ：基幹システムの月報より

- ・生地：小麦粉、砂糖などの原材料の総和（重量）  
INPUT：重量（チャージ数×1チャージ当たりの重量）  
OUTPUT：重量（個数×1個当たり規格重量）
- ・チョコレート、チーズ  
INPUT：重量（投入重量）  
OUTPUT：重量（個数×1個当たり規格重量）
- ・パイシート、脱酸素剤  
INPUT：枚数／個数（投入枚数／個数）  
OUTPUT：枚数／個数（完成個数）
- ・個包装フィルム  
INPUT：長さ（投入長さ）  
OUTPUT：長さ（完成個数×1個当たりの長さ）
- ・化粧箱、トレー、包装紙、カートン  
INPUT：枚数／個数（投入枚数／個数）  
OUTPUT：枚数／個数（完成個数+入り数）

2) マテリアル金額単価データ

- ・生地：
$$\frac{1 \text{ チャージの材料費合計} \sum (\text{各材料} \times \text{重量} \times \text{単価})}{1 \text{ チャージ重量 (g)} \sum (\text{各材料} \times \text{重量})}$$
- ・チョコレート、チーズ：
$$\frac{\text{購入単価}}{\text{購入単位重量 (g)}}$$

- ・パイシート、脱酸素剤：購入単価
- ・個包装フィルム： $\frac{\text{購入単価} \times 1 \text{ 個当たりの長さ}}{\text{購入単位長さ}}$
- ・化粧箱、トレイ、包装紙、カートン：購入単価

3) 人件費：直接作業者の分のみとし、下記により集計した。

- ・1日当たり投入時間×日数×\*\*\*円（沖縄最低賃金+α）

4) 償却費：経理のデータから、生産に直接関与するものだけに限定し集計した。

- ・一部償却済物件あり。
- ・リース物件はリース料を計上した。

5) エネルギー（LPG、電力）物量&コスト：経理支払いデータ（工場全体の分しかない）から、今回の製品に関与する分を使用状況等を加味して按分にて計上した。

- ・LPG：焼成回数にて按分（焼成オープン2台）
- ・電力：各設備の稼働時間、定格電流値などで按分（ミキシング2台、成型2台、焼成オープン1台、エンローバー1台、個包装機3台）

6) 処理費用：ほとんど発生しないため今回は除外した。

## ② マテリアルの INPUT、OUTPUT 状況及びロスの発生状況

### ②-1「ちんすこうショコラ」

マテリアルフローチャートを図 11-3 に示した。

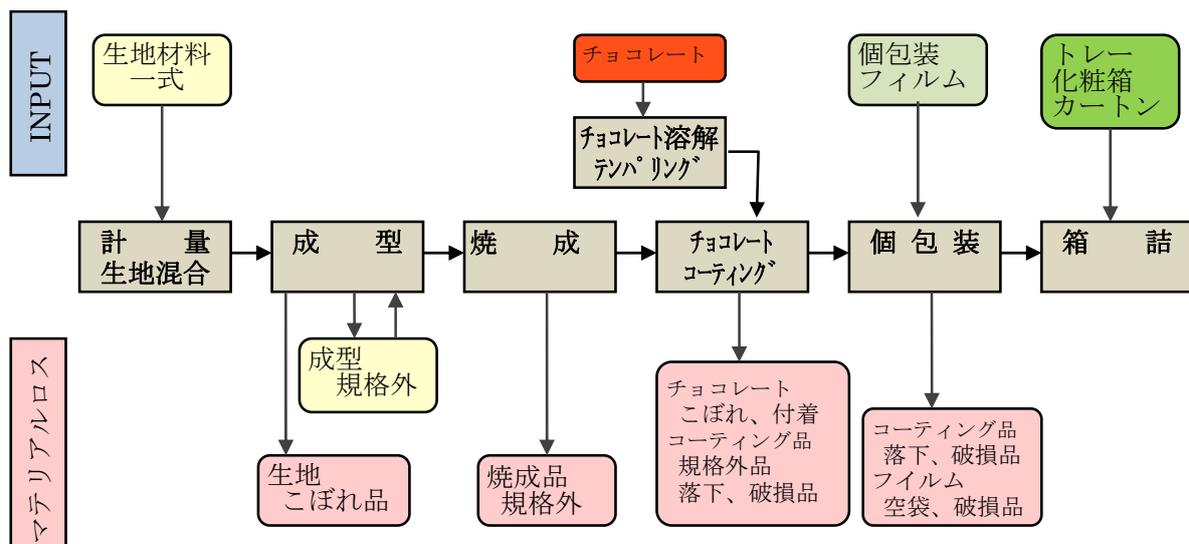


図 11-3「ちんすこうショコラ」マテリアルフローチャート

製造工程におけるマテリアルロスの発生状況は下記のとおりである。

・ 成型工程

生地こぼれ品：装置からわずかであるが床にこぼれるものがあり、これは廃棄される。

成型規格外品：成型において、規格外品が発生する。これは、成型機に再投入されるためマテリアルのロスとはならない。しかし作業効率（稼働率）の低下と、トレーに対して歯抜けが発生するため、後工程の焼成工程での焼成回数増加をもたらす。

・ 焼成工程では重量及び形状での規格外不良品が検出される。

・ チョコレートコーティング工程：コーティング装置へ投入する際、あるいは稼働時にチョコレートのこぼれが発生する。また終業時や、製品替え時に装置に付着した分は回収するがそれでも残留し除去されるものがある。

・ コーティング品：コーティング時に、チョコレートの付き具合や量の規格外品が発生する。また、装置や搬送コンベアからの落下品や、破損品が発生する。

・ 個包装工程

コーティング品：装置や搬送コンベアからの落下品や、破損品が発生する。

フィルム：段取り時の条件出しやトラブル復旧時の空送りによる空袋や、コーティング品の破損品を包装した分がロスとなる。

②-2「おもろ」

マテリアルフローチャートを図 11-4 に示した。

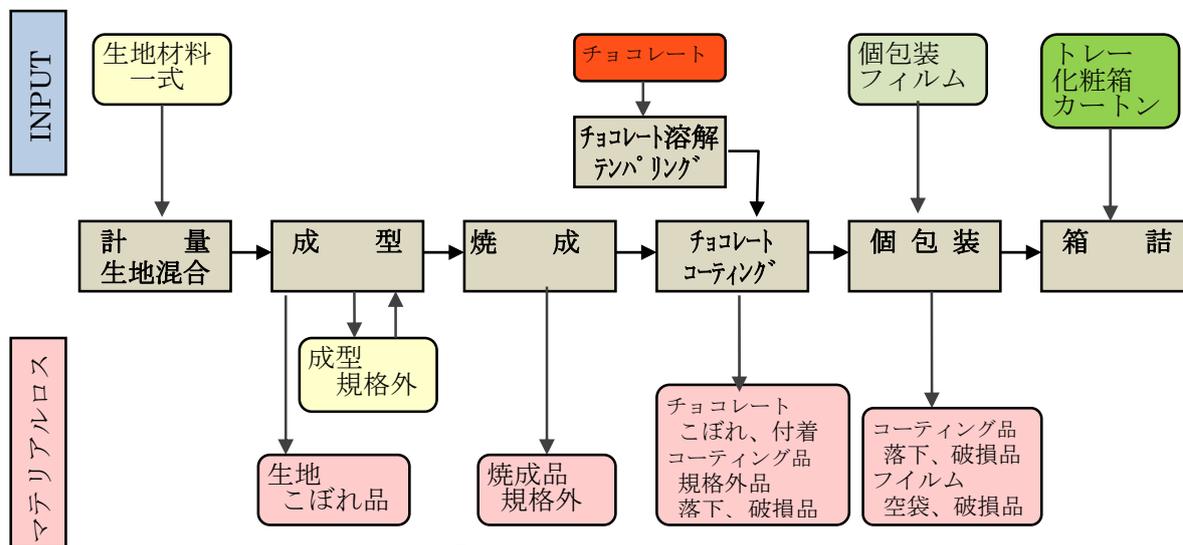


図 11-4「おもろ」マテリアルフローチャート

製造工程におけるマテリアルロスの発生状況は下記のとおりである。

・ 焼成工程：量目、焼色、形などの規格外品や破損品が検出される。

・ 個包装工程、フィルム：段取り時の条件出しやトラブル復旧時の空送りによる空袋や、破損品が発生する。

・ 脱酸素剤：稼働中に落下品や、装置での噛み込み品が発生する。

#### (4) MFCA 計算結果とその考察

##### ① 「ちんすこうショコラ」の MFCA 計算結果

「ちんすこうショコラ」の MFCA 計算結果を表-1 に示す。なお金額は公表しない。

表 11-1 「ちんすこうショコラ」MFCA バランス集計表

	INPUT (%:対合計金額比)			OUTPUT(%:対投入金額比)								
	物量	金額	%	正の製品			規格外成型品・再投入 (ちんすこう生地)			負の製品		
				物量	金額	%	物量	金額	%	物量	金額	%
合計		*****	100		*****	99.0		*****	0.2		*****	0.7
マテリアル計		*****	82.0		*****	99.2		0.0	0.0		*****	0.8
ちんすこう生地一式	11,428 kg	*****	14.5	11,297 kg	*****	99.9	1,143 kg	—	10	131 kg	*****	0.1
原料チョコレート	5,504 kg	*****	29.3	5,447 kg	*****	99.0				57 kg	*****	1.0
個包装フィルム	138,100 m	*****	9.4	133,180 m	*****	96.5				4,920 m	*****	3.5
外包装資材		*****	25.0		*****	100					*****	0.0
カートン		*****	3.8		*****	100					*****	0.0
エネルギーコスト		*****	1.7		*****	95.0		*****	4.8		*****	0.2
電気	8,763 kwh	*****	1.2	8,484 kwh	*****	96.8	263 kwh	*****	3.0	16 kwh	*****	0.2
ガス	276 m <sup>3</sup>	*****	0.5	250.7 m <sup>3</sup>	*****	90.8	25 m <sup>3</sup>	*****	9.1	0.3 m <sup>3</sup>	*****	0.2
システムコスト		*****	16.3		*****	98.5		*****	1.0		*****	0.5
人件費	2,124 h	*****	12.1	2,019.9 h	*****	99.0	15.9 h	*****	0.7	6.2 h	*****	0.3
償却費・リース料		*****	4.2		*****	97.2		*****	1.7		*****	0.1

##### ② 「ちんすこうショコラ」の MFCA 計算結果に対する考察

###### 1) INPUT (全体のコスト構造) について

- マテリアルコストが 82% を占める。
- 包装材のコストが非常に大きい。全体の 38% (マテリアルコストのうち 47%) あり、外包装資材とカートンが 29% (マテリアルコストのうち 35% : 3分の1以上) である。
- エネルギーコストは非常に小さい。
- 人件費は 12% である。

###### 2) ロスについて

- 負の製品コストは 0.7% であるが、成型工程での規格外品 (再投入品) に対するロスを加えると 1.0% となる。
- マテリアルのロス率は 0.8% である。しかし、外包装資材とカートンは全て正の製品となっているため過小評価となっている。外包装資材とカートンを、分母、分子から除くと 1.2% となる。
- ロスの中では個包装フィルムが際立っている。
- 生地へのロス率は 0.1% と小さいが、成型工程で再投入される規格外品は 10% に上ることが追加調査

査で判明した。マテリアルのロスとはならないが、この影響は下記のように全体の生産性やエネルギー使用量などに大いに悪影響を及ぼしていることが分かった。

- i) 成型工程の稼働率 10%低下
- ii) 成型工程のムラは、前後工程（計量・ミキシング工程及び焼成工程）に手待ちが発生
- iii) 焼成トレー上に歯抜けが 10%発生しているため、焼成回数が 10%増加
- iv) したがって、焼成オーブンの扉の開閉回数も 10%増加し、エネルギーの損失

### ③ おもろ」の MFCA 計算結果

「おもろ」の MFCA 計算結果を表 11-2 に示す。これも金額は公表しない。

表 11-2 「おもろ」MFCA バランス集計表

	INPUT (%: 対合計金額比)			OUTPUT(%: 対投入金額比)					
	物量	金額	%	正の製品			負の製品		
	物量	金額	%	物量	金額	%	物量	金額	%
<b>合計</b>		*****	100		*****	98.5		*****	1.5
<b>マテリアル計</b>		*****	85.8		*****	98.3		*****	1.7
おもろ生地一式	4,948 kg	*****	44.3	4,923 kg	*****	99.5	25 kg	*****	0.5
クリームチーズ	585 kg	*****	5.6	582 kg	*****	99.4	3 kg	*****	0.6
パイシート	168,206 枚	*****	11.8	164,124 枚	*****	97.6	4,082 枚	*****	2.4
個包装フィルム	22,914 m	*****	5.8	19,695 m	*****	85.8	3,219 m	*****	14.2
脱酸素剤	167,033 個	*****	4.3	164,124 個	*****	98.2	2,909 個	*****	1.8
外包装資材		*****	12.2		*****	100		*****	0.0
カートン		*****	1.9		*****	100		*****	0.0
<b>エネルギーコスト</b>		*****	1.5		*****	99.4		*****	0.6
電気	6,658 kwh	*****	1.2	6,624 kwh	*****	99.5	34 kwh	*****	0.5
ガス	118 m <sup>3</sup>	*****	0.3	117 m <sup>3</sup>	*****	99.3	1 m <sup>3</sup>	*****	0.7
<b>システムコスト</b>		*****	12.7		*****	99.4		*****	0.6
人件費	1,470.3 h	*****	11.2	1,465.7 h	*****	99.5	7.3 h	*****	0.5
償却費・リース料		*****	1.4		*****	98.7		*****	1.3

### ④ 「おもろ」の MFCA 計算結果に対する考察

1) INPUT (全体のコスト構造) について

- ・ マテリアルコストが 86%である。
- ・ 包装材のコストが大きい。全体の 24% (マテリアルのうち 28%) あり、外包装資材とカートンで 14% (マテリアルのうち 16%) である。
- ・ エネルギーコストは非常に小さい。
- ・ 人件費は 12%である。

2) ロスについて

- ・ 負の製品コストは 1.5%である。
- ・ マテリアルのロス率は 1.7%である。しかし、外包装資材とカートンは全て正の製品となっているため過小評価となっている。外包装資材とカートンを、分母、分子から除くと 2.0%となる。
- ・ ロス率の大きい、パイシート、個包装フィルム、脱酸素剤のロスは、工程で発生している不良品（データ管理されている）よりも、マテリアルバランス上での不明が非常に大きいことが分かった。

(5) MFCA 導入結果からの改善の着眼点

① 「ちんすこうショコラ」の改善の着眼点

「ちんすこうショコラ」の改善課題を表 11-3、表 11-4 にまとめた。

表 11-3 「ちんすこうショコラ」の改善課題(成型～コーティング)

工程	ロスの発生状況	改善の方向性・テーマ	改善目標	期待効果
成型	再成型品が10%発生 →生地の品質への影響 →作業効率の悪化 →トレーの歯抜けにより、焼成回数が増加 →前後工程への悪影響	・設備のメンテナンス ・作業方法の見直し	第一段階 3%以下	・作業効率UP ・前後工程の効率化 ・作業者のモチベーションUP
	生地のこぼれ ←再成型作業による	・再成型品投入方法の改善		
焼成	エネルギー改善の余地がある ←トレーの歯抜け(成型工程) ←始業時に3台一斉起動	・成型工程の改善 ・オープンの起動を1台ずつずらす ・扉の開閉時間を最少にする	・オープン 1台撤去 (停止)	・省エネ ・作業スペース改善
チョココーティング	製品の不良品が 0.4%発生 ・くっつき ・コーティング量のばらつき	・ワイヤーネットの管理 ・チョコレート温度管理 ・工場内の温度管理	0.1%以下	・チョコレートのロス 低減
	チョコレートのロスが発生 ・エンローバー投入時のこぼれ ・段取り換え時の装置内付着 残留	・投入方法の見直し ・段取り方法の見直し		・チョコレートのロス 低減

表 11-4 「ちんすこうショコラ」の改善課題(包装、全般)

工程	ロスの発生状況	改善の方向性・テーマ	改善目標	期待効果
包装	<b>個包装フィルムのロス3.5%</b> ・再包装 ←噛み込み ←絵柄のズレ ・空送り ←包材切替 ←条件出し	・包装機の調整 ・停止モードの見直し ・段取り方法の見直し	0.5%以下	・包装フィルムロスの削減 ・稼働率の向上
	←移動中の抜け	・コーティング工程の改善		
	・不明品(1ロール)	・在庫管理方法の再構築		
全般	・日々の生産実績が基幹システムにて収集されているが結果のフォローが不十分 →誤差の発生	現場ベースで、確認できる仕組みを構築する。		・管理体制の改善

② 「おもろ」の改善の着眼点

「おもろ」の改善課題を表 11-5 にまとめた。

表 11-5 「おもろ」の改善課題

工程	ロスの発生状況	改善の方向性・テーマ	改善目標	期待効果
パイシート	<b>パイシートのロスが2.4%発生</b> ・不明品が約75%	現品管理の再構築 ・柵設置	管理ロス0	
	<b>クリームチーズの充填量がバラついている(規格内ではある)</b> ←作業員により作業方法が異なる ←カン・コツ作業である	チーズ充填方法の改善 ・絞り→プレカット		・充填量の規格外品発生未然防止 ・作業性向上
焼成	<b>製品の不良品が 0.5%発生</b> ・規格外 ←生地充填量のばらつき ・菓子クズ、コゲの付着	・成型機のメンテナンス ・鉄板表面加工 テフロンまたはエンボス	0.1%以下	・原料のロス低減 ・品質向上
包装	<b>個包装フィルムロス14.2%発生</b> ・不明品が約75%	現品管理の再構築	管理ロス0	
	・タック発生	・包装機のメンテナンス ・トラブル対処法の改善 早期発見、早期対応		・個包装フィルムのロス低減
	<b>脱酸素剤のロス1.8%発生</b> ・不明品が約90%	現品管理の再構築	管理ロス0	

## (6) 成果と今後の課題

まず第一に、上記の改善課題を具体的な活動計画に落とし込み活動をスタートすることにある。今回の MFCA データは、今までの生産性のデータに比べると、マテリアルという実際に物理的に理解し易いものである。現場の作業者とも共有化を積極的に行い、3 現（現物、現場、現実）をベースに具体的な成果を上げて行く。また、ここに上がったテーマは全て取り組まなければならないものであり、優先順位などを設ける必要はない。時間的なスケールで見たときの順位だけである。一部投資が必要なテーマもあるが、殆どは投資が不要であり、スピード感を持って活動に取り組んでゆく必要がある。

次に、今回修得した MFCA 手法を早くほかの製品に水平展開を行うことである。自力で水平展開することにより、一層理解が深まり、身につく、そしてさらにいろいろなケースに応用ができるようになるなどワンランク上になることが期待できる。そして成果も一層大きくなっていく。

その上で、今までの時間軸での生産性と統合したトータルの生産性活動へと展開を拡大し、また、現在実施している各種管理データの見直しや管理業務の効率化へと結び付けて行くことが重要である。

## (7) 実施企業、インターンの所感

### ① 実施企業所感及び決意

- ・ 負の製品という今まで無かった概念がとても興味深く感じた。今まで把握していたロス(ムダ)よりも大きい物量、金額が浮き彫りにされることで、はじめは驚きを隠せなかったが改善への取り組み意欲が高まった。
- ・ 各工程ごとに、INPUT、OUTPUT を分析し、深く掘り下げて行く中で様々な問題点が顕われ、気付かなかった点、見過ごしていた点が表面化して行く MFCA 手法に新鮮さを感じた。
- ・ 今回主力 2 商品を対象に指導を受けた中で、多くの改善ポイントの指摘がなされた。これらの改善を実施することで、大きな改善効果が得られることに大きな期待を持った。
- ・ ロス量の算出方法、概念が変わってきたことで製造過程における生産効率向上を今まで以上に取り組んでゆく。また、順次ほかの商品にも MFCA を展開する。

### ② インターン所感

- ・ MFCA は「コスト削減と環境負荷低減の両面を達成できる手法である」と聞かされ、大変興味を持った。
- ・ 製造業での効率 UP といえば「稼働率を上げる」、「ロスを減らす」という漠然とした目標でしかないが、MFCA では「物量 (INPUT→OUTPUT)」、「正の製品」、「負の製品」という新しい概念を持つことで、「不良品」、「規格外品」、「廃棄物」それぞれに素材原料や人件費、エネルギーコストを背負っていることを体系的に理解することができる。(より精度の高い原価管

理意識が醸成される)

- ・ MFCA に取り組むことにより、工程ごとの改善や全体の改善を意識するようになる。また、設備メンテナンスや配置、作業動線などコスト的に見えづらいところにまで改善意識が生まれる。
- ・ 会社の代表者、役員、役職者が参加されることで、継続的に取り組みが期待でき、また将来的に全社員参加型のシステムにまで発展して行く可能性が大きい。
- ・ 事前に前年度報告書を読み込んだだけでは、今ひとつ理解できなかったが、今回のインターンシップ参加により MFCA の重要なポイントが見えてきた。
- ・ 今後は MFCA を広報し、多くの事業所が取組めるように、インターンシップで学んだことを生かして行きたい。

以上

## 第12章 本年度の MFCA 導入実証事業の成果と今後の課題

### (1) 本年度の MFCA 導入実証事業の事例構築の意義

本章では、今後に向けて、本年度の本実証事業を総括する。

本年度の 8 事業所における本実証事業について、第 1 章で整理した適用分野と特徴を再度示すとともに、及びその事例構築の意義を以下に整理した。

表 12-1 MFCA 導入事例の意義

No	本実証事業の MFCA 導入企業	MFCA の適用分野	MFCA 導入事例としての特徴	MFCA 事例構築の意義
1	群馬合金株式会社	アルミダイカスト(鑄造による成形加工)	アルミ原料を溶解し、ダイカストマシンで成形加工するプロセスでの MFCA。アルミ溶解熱の熱損失を測定、計算し、熱損失のエネルギーコストを負の製品コストとした事例。	この2つの事例は、鑄造に投入した熱量と熱損失の計算、及び MFCA によるコスト評価が、エネルギーを大量の消費するプロセスの省エネの取り組みに有効であることを示した。
2	株式会社オティックス西尾			
3	武田鑄造株式会社	砂型を使った鋳鉄鑄造による成形加工	鉄源を溶解し、砂型で成形加工するプロセスでの MFCA。鉄源溶解熱の熱損失を測定、計算し、熱損失のエネルギーコストを負の製品コストとした事例。また、本事例では、再利用している砂型材料の砂の廃棄物量の計算、廃棄処理コストにも注目した事例。	この事例は、鑄造に投入した熱量と熱損失の計算、及び MFCA によるコスト評価が、エネルギーを大量の消費するプロセスの省エネの取り組みに有効であることを示した。 このプロセス特有の、砂型の砂の産業廃棄物排出量削減に、MFCA が有効であることを示した。
4	株式会社リバース	原紙製造(抄紙)と、トイレットペーパーへの裁断加工	原料の紙パルプを抄いて原紙を製造するまでの工程では、大量の水とエネルギーを消費するのが原紙製造であり、その水の利用と排水処理、及び蒸気のコストに注目した事例。	水を大量に消費するプロセスにおいて、その水の使用量、排水量の削減には、水の使用とフローの解析、及び MFCA によるコスト評価が有効であることを示した。
5	医療法人社団 まついクリニック まつい e-クリニック	水を大量の消費する医療サービス	血液透析を行う病院では、院内で、RO 水(※ <sup>1</sup> )、透析液、消毒液等を作り、使用するが、それらの水と溶解する材料の流れを測定し、そのロスを分析した事例。	病院等のサービス分野でも、この事例のように大量の水の使用や、それを溶媒にしたマテリアルの使用がある分野では、その資源効率の向上の取り組みに、MFCA によるマテリアルロスの分析、コスト評価が有効であることを示した。
6	日本フィルコン株式会社	フィルムのエッチング等の加工	フィルム材料に、エッチング、粘着剤塗工、ラミネート等の加工を施すプロセスに MFCA を適用した事例。また製造工程で発生する洗浄廃水の中和処理工程の MFCA の計算も行った。	品質管理指標である歩留率と、実際のマテリアルロスを表す MFCA の正の製品比率と乖離していることはよく見られるが、それを端的に表した。
7	株式会社光輝社	ランプ用リフレクターの塗装とアルミ真空蒸着	吹き付け塗装に使用する塗料の、塗装対象の素材に付着するまでのロスを測定、分析した事例。	吹き付け塗装の塗料のように、マテリアルの物量測定が難しいと思われる領域でも、簡易的な測定と計算をすることで MFCA の適用が可能であり、有効であることを示した。
8	株式会社ファッションキャンディ	食品製造	菓子製造(原料の成形、焼成、デコレートするプロセス)のプロセス全体で、マテリアルロスを測定、分析した事例。	負の製品比率、コスト比率が比較的小さくとも、これまで管理しているロスと、MFCA や、その際に行うマテリアルバランス分析で、新たなロスに気づき、MFCA が有効であることを示した。

注記 ※<sup>1</sup>:RO 水とは、逆浸透膜 Reverse Osmosis により濾過された水のこと

## (2) 本年度の MFCA 実証事業の適用方針の実施結果

第 3 章「本年度の MFCA 導入実証事業における MFCA 適用の考え方」に記載したように、本年度の本実証事業においては、その適用において、いくつかの点で従来と異なる方法を試行した。

MFCA をより効果的に、かつ効率的なものに進化させるために、その結果と今後の課題を整理する。

### ① MFCA キットによる MFCA の実施の結果

第 3 章 (1) で紹介したが、本年度の本実証事業で適用した“MFCA キット”において、その計算の考え方は、次のようになっている。

- ・ 物量センター単位で、マテリアルバランス集計表を使って、マテリアルの種類毎の投入量、正の製品物量、負の製品物量を計算する。
- ・ マテリアルバランス集計表では、マテリアルロスの総量を集計するだけでなく、その内訳を明確にする。これにより、改善の検討対象とその切り口、改善の効果等の改善ストーリーが見えてくる。
- ・ MFCA バランス集計表において、システムコスト、エネルギーコストを、正の製品、負の製品へ配賦する。重要なことは、配賦された金額でなく、投入された金額の大きさである。MFCA バランス集計表の Input 部分には、原価の状況（原価の構成要素、金額、マテリアルの使用状況等）が浮き彫りになっている。

その考え方は、実施した企業、参加したインターンに、「シンプルであり非常に分かりやすい」と好評であった。また、マテリアルバランスの計算において、マテリアルロスの内訳を明確にすることは、MFCA の適用効果を生み出す上で、非常に有効と思われる。

マテリアルロス削減のために改善すべき課題を抽出、設定するためには、負の製品物量の内訳を明確にする必要がある。そのため、物量センターを 1 つにした場合においても、マテリアルのロスの発生している工程や設備の単位で、その物量の測定、計算を行った。従って、マテリアルごとの物量を測定、計算する単位は、マテリアルバランス集計表と MFCA バランス集計表で MFCA 計算を行う物量センターと設定した工程の単位と同じか、もしくはそれよりも細かい。

また、マテリアルの物量の単位系を、重量 (kg) に統一せず、マテリアル別に、その企業で管理している単位系（数量、面積、容積等）を用いたことも、改善ツールとして現場が活用する上では、分かりやすいと好評であった。

その際、システムコスト、及びエネルギーコストは、マテリアルの正の製品コストと負の製品コストの比率で、それぞれの正の製品コスト、負の製品コストを配賦して計算した。（ただし、②で述べる鑄造の熱エネルギーを除く。）

### ② MFCA キットを使った MFCA の実施に関する今後の課題

今回、マテリアルの物量の単位系を、重量 (kg) に統一せず、マテリアル別に、その企業で管理

している単位系（数量、面積、容積等）を用いた。

この方法は、MFCA 導入後の運用上の課題として、次のことがあると思われる。

廃棄物の発生量の情報と関連させる、或いは LCA（Life Cycle Assessment）と関連させる上で、マテリアルの物量情報として重量（kg）の情報に統一することが望ましい。これは、環境部門が廃棄物削減対策等の環境管理の手法として用いる際、或いは企業が環境経営指標として用いる際等に、必要になると思われる。

改善ツールとして現場が活用すること、及び環境管理ツールとして環境部門や経営が用いることの両方を満足するためには、現場が重量以外の単位系でその投入や出来高等の物量を管理しているマテリアルについて、重量以外の物量情報を重量の情報に変換する仕組みを持つことが必要と思われる。

### ③ 熱損失の測定と、それによる MFCA 計算の結果

図 12-1 のように、鑄造のプロセスでは、材料の金属を溶解し、溶湯と呼ばれる非常に高温の金属の液体を型に注ぎ込み、金属が冷却して固体に戻った段階で型から取り外すという手順で成形加工を行う。型から取り外した後、成形加工の歩留ロス部分（湯口、ランナー、オーバーフロー等）は、製品になる部分から切り離される。回収ロス材（歩留ロス部分、及び試打品、不良品等）は、溶解炉に戻され、原料として再利用される。

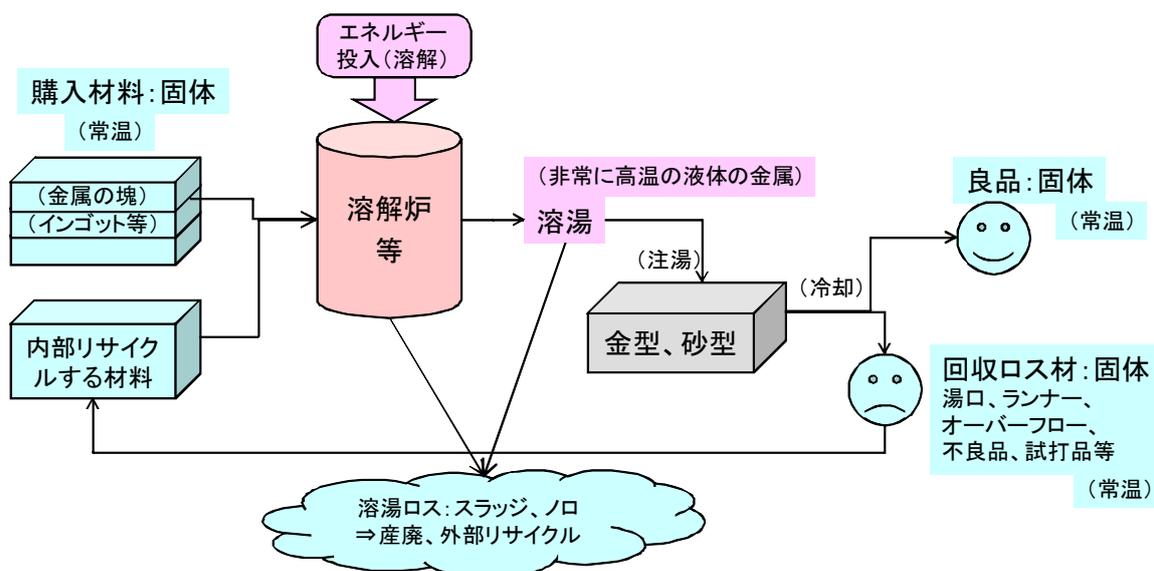


図 12-1 鑄造における金属のマテリアルフロー

ここで回収ロス材は、材料として内部リサイクルされるため材料のロスにはならないため、回収ロス材は材料費のロスとはならない。ただし、材料に戻されたとしても、それを溶解したエネルギーはロスになっている。

従来の MFCA の事例では、材料のロスだけに注目し、次のように計算を行っていた。

- ・ 回収ロス材は、負の製品に位置づける。
- ・ エネルギーコストは、正の製品物量と負の製品物量の比率で、正の製品エネルギーコスト、負

の製品エネルギーコストを配賦して計算する。

この方法で計算を行い、マテリアルコストとエネルギーコストだけを計算した MFCA バランス集計表の仮想事例を表 12-2 に示した。この仮想事例では、正の製品物量 95,000kg に対し、負の製品物量は戻り材（内部リサイクルされるロス）、補助材料も含めて 106,000kg となる。その物量比率でエネルギーコストを正と負に配賦すると、負の製品エネルギーコストは投入コストの 53%となる。

ただし、こうした溶解炉等の設備は熱損失が大きいと言われているにもかかわらず、この計算方法では溶解炉等の熱損失のコストを正確に表せないという問題があった。

なお、表 12-2 の MFCA の計算において、回収ロス材のコストはゼロとした。これに関しては、次の④の中で、課題の一つとして述べる。

表 12-2 鑄造の MFCA バランス集計表(熱損失を考慮しない仮想計算結果)

Input					Output							
投入コスト合計					22,600千円							
材料と材料費					20,182千円			2,418千円				
材料単価					89%			11%				
材料(1)	0.200	100,000	kg	20,000	正の製品物量	95,000	kg	19,000	負の製品物量	5,000	kg	1,000
原材料(1)戻り材		100,000	kg						100,000	kg		
補助材料	0.100	1,000	kg	100		0	kg	0	1,000	kg	100	
材料の物量とコスト小計					95,000 kg, 19,000			106,000 kg, 1,100				
エネルギー					47%			53%				
エネルギー単価					1,182			1,318				
エネルギーコスト小計					2,500							

今回、群馬合金株式会社、株式会社オティックス西尾、武田鑄造株式会社で行った MFCA の導入事例は、いずれも、原料の金属を高温で溶解しエネルギーを大量に消費する鑄造のプロセスを対象としたものである。この 3 事例では、第 3 章 (2) で紹介した方法で、熱量を測定、計算したが、その正の製品の材料を溶解する熱量は、投入した熱量の 9%、7%、8%であった。

表 12-2 の仮想事例において、そのエネルギーコストの 60%が原料の金属の溶解に投入した熱エネルギーで、かつ溶解に投入した熱エネルギーのうち正の製品の材料を溶解する熱量の比率が 10%と仮定した MFCA バランス集計表が表 12-3 である。表 12-3 では、原料の金属の溶解に投入した熱エネルギーの 90%が負の製品コストになることで、負の製品コストの中で最も大きい項目になった。

表 12-2 鑄造の MFCA バランス集計表(熱損失を考慮した仮想計算結果)

Input					Output							
投入コスト合計					22,600千円							
材料と材料費					19,623千円			負の製品			2,977千円	
材料単価					87%			コスト			13%	
物量	単位	コスト			物量	単位	コスト	物量	単位	コスト		
原材料(1)インゴット	0.200	100,000	kg	20,000	95,000	kg	19,000	5,000	kg	1,000		
原材料(1)戻り材		100,000	kg					100,000	kg			
補助材料	0.100	1,000	kg	100	0	kg	0	1,000	kg	100		
材料の物量とコスト小計		201,000	kg	20,100	95,000	kg	19,000	106,000	kg	1,100		
エネルギー					コスト			コスト				
単価	使用量	単位	コスト				コスト			コスト		
原料溶解のガス、電力	1,500	1,000	GJ	1,500	100	GJ	150	900	GJ	1,350		
溶解以外の電力消費	1,000	1,000	MWh	1,000	47%		473	53%		527		
エネルギーコスト小計				2,500			623			1,877		

実際に、群馬合金株式会社、武田鑄造株式会社では、MFCA バランス集計表に熱損失のコスト計算結果を織り込んだが、そうすると負の製品コストの中で熱損失のコストが最も大きいという結果になった。

また 3 事例とも、熱損失の内訳を分析したが、その結果、溶解炉等の設備における熱損失が大部分を占めていた。その結果、省エネルギーと負の製品コストの削減に向けて、溶解炉等の設備の断熱性の向上や、排ガスの排熱回収と再利用等の熱効率を向上する課題が、位置付けとして非常に大きいことが分かった。

これらのことから、鑄造のように大量の熱を使用する加工のプロセスでは、MFCA を実施する中で、熱損失の総量計算とコスト評価、及びその内訳の分析を行うことが、省エネルギーの視点で重要と思われる。

#### ④ 熱損失の測定と、それによる MFCA 計算を行う上での課題

③で述べた熱損失の測定、計算を織り込んだ MFCA を実施する上で、まず熱損失の測定、計算、分析をどのように行うかが課題になることが多い。

それは、工場全体のエネルギーの使用量合計しか管理していないことが多いためである。その場合にはまず、電気、ガス等のエネルギー使用量全体を、金属の溶解に投入したエネルギー使用量と、それ以外のエネルギー使用量とに分ける必要がある。

しかし短期間のプロジェクトの中では、電力計による測定結果を待つことができないため、仮定の数値で MFCA の計算をせざるを得ない。その場合は、MFCA 導入後に、正確なエネルギーの使用量のデータを取得するために、測定する必要が生ずることがある。

また、熱損失の改善に結びつけるためには、熱損失の分析のために、溶解炉等の設備の稼働状態と関連したエネルギーの使用量の測定、計算を行う必要がある。今回の本実証事業においても、例えば排ガスの排熱量の計算等、いくつか試みた方法があるが、その方法の検証を行うとともに、ノウハウを蓄積、整理し、共有化する必要がある。

ただし鑄造等のエネルギーを大量に使用する設備では、電力計等のメーターがついていても、測定しデータを記録していないだけのこともある。その場合には、定期的に電力計等を確認、記録し、金属の溶解に投入したエネルギー使用量の総量を管理できる管理ようにできる。

## ⑤ MFCA バランス集計表における内部リサイクルされるロス材料の扱い方の課題

表 12-2、表 12-3 の鋳造における MFCA の仮想計算では、MFCA バランス集計表において、内部でリサイクルされる回収ロス材を、次のように位置づけて行った。

A) 内部リサイクルされるロス材料は、“負の製品”に位置づける。

B) 内部リサイクルされるロス材料のコスト（材料費）を計上せず、コストをゼロとする。

まず A) に関しては、内部リサイクルされるロス材料は材料費のロスとはならない。そのため、“負の製品”ではないとする考え方もあり、その意味で“正の製品”に位置付けている事例もある。ただし出荷する製品以外は、負の製品とする従来からの考え方と矛盾する。

次に B) については、内部リサイクルされるロス材料の材料費を、MFCA バランス集計表に入れると、次の問題が生じる。

- ・ MFCA バランス集計表における投入コストが、会計上のコスト（実際に支払った金額）より大きくなる。（内部リサイクルされるロス材料の材料費分）

MFCA キットの MFCA バランス集計表において、内部リサイクルされるロス材料をどのように位置づけて行うかは、今後も検討し、整理すべき課題と思われる。今後の検討のために、その視点を以下に整理しておく。

A) 内部リサイクルされるロス材料の位置づけ（正の製品、負の製品）

- ・ 材料費のロスとはならないため、正の製品に位置づけるべきという意見、事例がある。
- ・ 内部リサイクルされるロス材料が多くなると、消費エネルギー、補助材料、加工費の増加に繋がるため、負の製品に位置づけるべきという意見、事例もある。ただしその場合、材料費の負の製品コストを計上しても、その部分はロスとして見ないことが必要。
- ・ また、正の製品、負の製品とは異なる位置づけにした例もある。（本年度のファッションキャンディの事例では、正の製品、負の製品以外に、「規格外成型品、再投入」の分類区分を設けた。）

B) 内部リサイクルされるロス材料のコスト

- ・ 投入コストと負の製品コストが相殺されるため、材料費のロスとはなっていない。（ただし熱損失を招いている）
- ・ MFCA バランス集計表に、その材料費を計上すると、投入コストが会計上のコストよりも大きくなる。

## ⑥ 水に関するマテリアルの物量測定、MFCA 計算の結果

今回、株式会社リバーズ、まつい e-クリニックの MFCA 導入実証事業は、いずれも水を大量に消費するプロセスを対象とした MFCA の導入事例である。

株式会社リバーズの事例では、材料費（水道料金）のかからない地下水を使用している。しかし MFCA の分析の結果によると、大量に使用した後の排水処理のコストが大きく、水の使用量や排水

量を削減することが、コスト削減のためにも非常に大きな課題であることが明確になった。

まつい e-クリニックの事例では、上水から RO 水（逆浸透膜 Reverse Osmosis により濾過された水）に加工され、様々な用途で使用した水がすべて排水になっている。しかし MFCA の分析の結果、次のことが分かった。

- ・ 上水から RO 水に加工する際に、消費した上水の 60%がそのまま排水となっていた。
- ・ その上水のまま排水になっている上水と下水の料金は、かなりの金額であった。
- ・ RO 水には様々なマテリアルを溶解して使用しているが、その溶液のロスを定義し、物量を測定すると、溶液のロスはかなり大きなコストになった。

このように、大量に水を消費するプロセスでは、水の流れと使い方に焦点を当てて MFCA を適用することで、環境負荷低減とコスト削減の両面に効果のある水の消費効率向上の課題が明確にできることが分かった。

また廃水処理は、工場全体の共通設備で行い、その廃水の処理コストが、間接費などと同様に各部門に配賦されることが多い。しかし、廃液処理工程で使用する電力、中和剤等の薬剤、廃液の外部処理等のコストは、製造工程で使用する薬剤、洗浄水の使用量等と関連する。そのため、製造工程における薬剤、洗浄水等の使用量が多い場合は、日本フィルコンの事例のように、工程で発生した洗浄廃水の処理工程を物量センターとして分離して、廃水処理のコストを評価することが望ましいと思われる。

## ⑦ 水に関するマテリアルの物量測定、MFCA 計算の課題

⑥で述べたような、水に焦点を当てた MFCA では、その物量測定に課題がある。

株式会社リバースでは、MFCA 導入以前より、水のフロー解析と、その測定をするための水量計の設置等を進めていた。まつい e-クリニックでは、対象とした血液透析に使用した上水の使用量、それを原料とした RO 水製造量を測定するために、水量計を設置すること等が必要であった。

このように、水に焦点を当てた MFCA を行うためには、水の用途や消費量を測定する機器の設置や、そのデータの記録、管理の仕組みを構築することが必要になる。

従って、通常の MFCA 導入よりも期間が必要であり、その取り組みのステップを工夫する必要があると思われる。

## (3) サービス業における MFCA を支援する、設備、装置、システムのメーカーの役割の重要性

前項(2)の⑥で述べたように、まつい e-クリニックで行った MFCA 導入実証事業においては、血液透析のシステム、装置のメーカーの担当者が参加し、水、RO 水の物量測定、解析を支援した。

この血液透析のシステム、装置は、血液透析、洗浄、消毒などに必用な RO 水、透析液等を自動で製造し供給する。そのシステムや装置の制御をするために、水、RO 水、溶解するマテリアルの物量を自動で測定している。しかしそのデータを蓄積し、そのシステムの資源効率を管理、評価するようにはなっていなかった。

製造業と異なりサービス業では、設備の管理やメンテナンスを自社で行うことが少ない。多くの場合は、メーカーが提供しているメンテナンスサービス等に依存している。そのため、この事例のようにシステム、装置が制御しているマテリアルの使用量、ロス量の測定や解析には、システム、装置等のメーカーの支援が求められる。また、マテリアルロスの改善には、システム、装置の仕様の変更や、開発が必要になることが多く、それはメーカーでないとできない。

従って、サービス業における MFCA では、システムや装置を供給しているメーカーの役割が非常に重要である。

この取り組みは、システムや装置のメーカーにとって、自社製品を使用する段階の環境配慮の取り組みとして重要である。さらに、顧客の使用段階のマテリアル消費の測定、解析を行うことは、顧客の使い方の特性と課題を知ることにつながる。これは、メーカーにとって、新たな製品や技術を開発するために、顧客を知る絶好の機会になり、顧客満足度の高い新製品の企画、開発を行う上でも重要である。

#### **(4) MFCA 進化のための今後の課題**

MFCA のような管理のための手法も、固有技術と同様に、新しい手法を開発するには実験が必要である。その手法のコンセプト、考え方を実験し、検証するには、企業の現場で実際に使う必要がある。また、企業の現場で実践すると、その手法に関する新しい知見や課題を発見することが多い。

1999 年に通商産業省（現在の経済産業省）の環境管理会計の調査研究プロジェクトが始まった。その中の日東電工株式会社における MFCA の調査研究以来、MFCA は企業における導入事例を蓄積しつつ、その考え方や手法の進化を遂げてきた。

その間、MFCA のモデル事業や、導入実証事業に多くの企業が参加し、MFCA を実際に適用する場を提供するとともに、その事例の公開が行われてきた。それらの事例は、この分野の研究者と実務者の間で共有され、課題が提起され、その進化の方向性が作られてきた。

MFCA は、ISO14051 という国際標準として発行される予定にある。それは、これまで日本における非常に多くの実践例をもとに、委員会等の場で、その考え方や方法等を共有化し、その課題が提起され、その結果を踏まえて次の実践が行われるという連続したプロセスにより、標準化できる技術の水準に達したと思われる。

しかし技術というものは、図 12-2 に示すように、標準化された段階である一定の技術水準に達しても、その瞬間から、新しい技術のノウハウが生まれ、次の技術的な課題が生まれるものである。

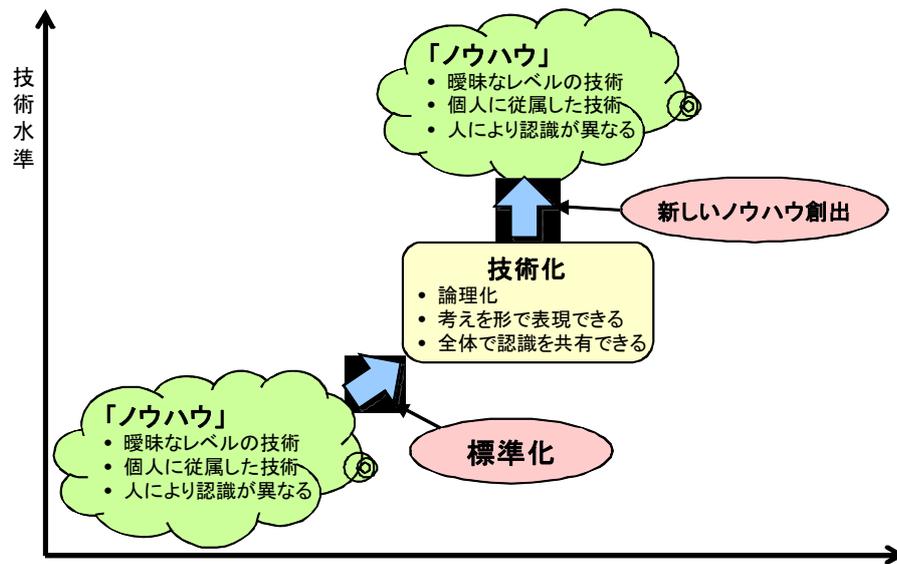


図 12-2 技術の進化と標準化

本年度の MFCA 導入実証事業における幾つかの事例のように、MFCA はまだ、様々な面で進化の余地がある。産業界の環境経営を支援する意味でも、この進化を促進させることは重要である。

ただし、ノウハウを生み出し、共有化する場がないと、その進化が遅くなったり、途絶えたりする可能性がある。

MFCA の進化を継続させるために、またその進化を促進させるためには、これまでのモデル事業、実証事業のように、新しい考え方、手法による MFCA を実践し、その結果を産業界で共有化するために、次のような仕組みが必要と思われる。

- ・ 新しい考え方、手法の MFCA を実践する場を提供する企業を募る
- ・ その実践結果を、MFCA の研究者や実務者間等で共有化する委員会等の場を設ける
- ・ そこで行われた新しい考え方、手法を検証し、その効果を確認すると同時に、新たな課題を抽出する

