

**マテリアルフローをベースにした
コストと環境負荷の削減**

**日本環境効率フォーラム
環境経営評価手法研究WG**

平成20年3月

1. 適用範囲 / 目的

本内容は、製品の開発製造プロセスを検討の対象としている。主な目的は、製品の製造プロセスにおいてマテリアルフロー(原材料フロー)に焦点をあてる。そこで、使用される原材料が製品とならない廃棄物に注目し、それをいかに削減するかの事例集である。その削減の結果として

- ・ 製造活動での環境負荷の低減
- ・ 製品自体の資源生産性を目指したコスト低減

を同時に実現することが出来る。これにより、コストダウンと同様に各社間での環境負荷低減度(環境効率)を数値化することができる。これによって、各社間にて競い合うことが出来ることを目指したい。その結果として、各企業の成長とともに温暖化対策も推進でき、持続可能な社会を追求する。

製造工程におけるマテリアルフローを分析する管理手法の代表格はマテリアルフローコスト会計(以下、MFCA)であり、本報告書でも MFCA を中心に解説している。MFCA は日本が ISO 規格化を提案し、現在作業が進行中でもある。

2. 工程におけるマテリアル(原材料)の流れ (マテリアルフローコスト会計)

MFCA は、工程内のマテリアル(原材料)の実際の流れ(フローとストック)に応じて、原材料の物量数値を計算し、それに単価を乗じることでコスト計算を行う手法である。ここでは、原材料が製品の一部を構成するのか、それとも廃棄物となって処分されるのかについて厳密な区分が必要とされる。一方、通常の前価計算においては、支出された原価が売上高から回収されるか否かが第一義的に重要であるため、いったん購入した原材料が製品になっても、廃棄物として捨てられても、コスト発生という点では同一であり、原材料の物質としての流れを厳密に追跡する必要はなかった。

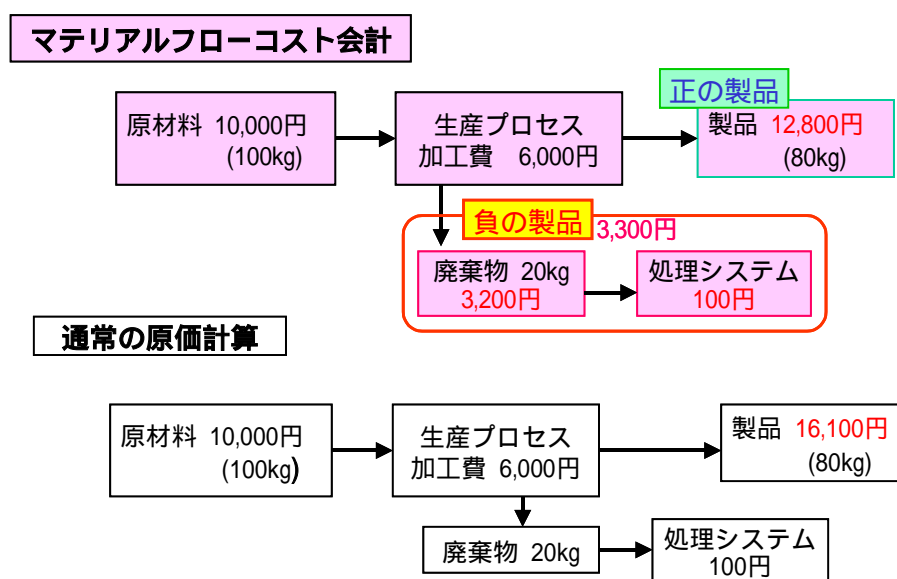


図 1 通常の原価計算とマテリアルフローコスト会計の違い¹

¹ 正の製品：通常の製品，負の製品：廃棄物や不良品などの意図しない生産物

3. マテリアルフローコスト会計によるCO₂を含む環境負荷低減のメカニズム

製造プロセスでのマテリアルフローコスト会計と環境負荷の関係を図2に示す。

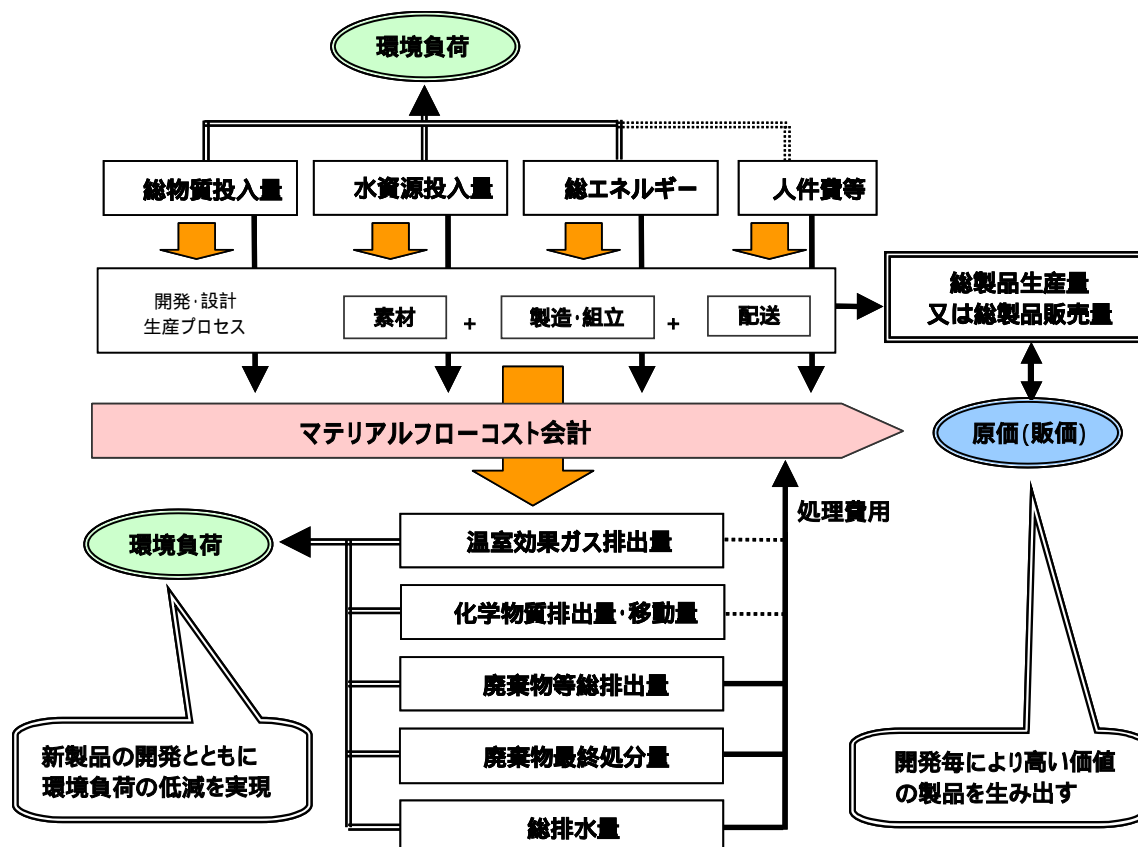


図2 製造プロセスでのマテリアルフローコスト会計と環境負荷の関係

図2に示すように、MFCAにより、負の製品を削減することは、廃棄物等総排出量を削減することになり、廃棄物最終処分量も削減される。そしてそれは、総物質投入量を削減することになる。それによって、その物質をコントロールする総エネルギー、水資源投入量が削減されてくる。その結果、CO₂や他の温室効果ガスの排出量、化学物質排出量・移動量、総排水量が削減されることになる。

特にCO₂については、上記製造時の総エネルギーだけではなく、総物質投入量の削減はこれよりもずっと大きいCO₂の削減となっているのである。というのは、投入されるそれぞれの材料は、天然資源の採掘から色々なプロセスを経て、投入される姿になっている。その間多くのエネルギーが使用されており、CO₂を非常に多く排出している（エコリユックサック）。このようにMFCAは、CO₂削減に二重に効果がある。

今までの環境への取り組みは、出たものをどう処理するかに重点が置かれてきた。つまり無害化、減容化、リサイクル、有価化、埋立てゼロなどのいわばエンドオブパイプの活動が中心である。そして、その活動は、環境部署が中心となって進められている。また、省エネルギーや有害物質の排除についても、それらの改善については、環境部署や設備関係部署が中心となり、

大きな投資による大きな改善、つまりトップダウンの活動である。

これに対し MFCA は、生産プロセスが環境活動の場であり、生産プロセスに投入した原材料からなぜロスが生じるのか？投入した原材料はすべて製品にならないのか？つまり「もったいない」活動であり、いわばインプロセスの活動である。製造現場がイニシアチブを取った活動となる。生産プロセスでのムダ取りをベースとした、地道な改善でいわばボトムアップの活動である。

従来からの法規制や社会のニーズが起点のトップダウンの活動と、生産プロセスをベースとした MFCA のボトムアップの活動との両方で、より強力な環境活動が実現できる。

4 . MFCA とコストダウンのメカニズム

4 . 1 製造原価低減ツールとしての MFCA

今までの製造原価低減の取組みは、品質の向上、労働生産性や設備生産性の向上が中心であった。マテリアルに関しては、仕損品の削減や材料歩留の向上などに取組んでいる。仕損品については品質の側面から各企業とも重要なテーマとして取組んでいる。また、材料歩留は変動費である主要材料を中心に取組んでいる。しかし、一旦標準使用量として認定されるとその標準から乖離した時は改善に取組むが、その標準使用量そのものは改善の対象から外され、継続的体系的な取組みとはなっていない。また補助材料や消耗品などは、経費削減の一環として、過去の使用実績を基準に云々されているに過ぎない。

一方 MFCA は、投入されたマテリアルが製造プロセスを通して、完成品である「正の製品」と、廃棄物を含む、製品とならなかったマテリアルである「負の製品」を、物量とコストで計算集計する。これにより、通常の前価計算では無価値とされていた廃棄物を MFCA により負の製品としてその製造原価が明らかになってくる。つまり、無価値なもの（廃棄物等）に材料費を掛けて、人件費償却費を掛けて、エネルギーを使ってまじめに一生懸命作っている姿が明らかになってくる。

この負の製品（ロス）を削減することにより 廃棄物の処理費用が削減される。また、投入マテリアルを同じ量削減されることになり、 購入費が削減される。そして、マテリアルをコントロールする製造プロセスに投入マテリアルが少なくなってくると、そのプロセスが小さくて済むようになる。つまり、システムコストやエネルギー、水などの 加工コストも下がってくることになる。

このように MFCA は、今までの手法が扱っていなかった、そして非常に大きな改善の可能性のある新しい製造原価低減ツールである。

4 . 2 製造原価構成と各生産性向上手法との関係

製造原価低減は経営の重要なテーマである。この原価低減については、今まで色々な手法が開発され、多くの企業で導入展開され、今なお進化発展を続けている。企業は自社の状況に応じて、各種の手法を単独で或いは組合わせて、またカスタマイズしながら原価低減活動を進めている。それぞれの製造原価構成に対応する代表的な手法を図 3 に示した。

これらの手法は、それぞれの切り口（品質、能率、稼働率、リードタイムなど）で生産プロセスの中に不効率を見出し、「ロス」、或いは「ムダ」として見える化するものである。また、これらのロスを削減、極小化する道筋を示すものである。

MFCA は、今までの手法とは違った切り口で、マテリアルの不効率、すなわち「負の製品」

とその「コスト」を見出し、見える化する手法である。「負の製品コスト」は原価構成全ての中に存在し、したがって原価構成全てに関わる手法である。

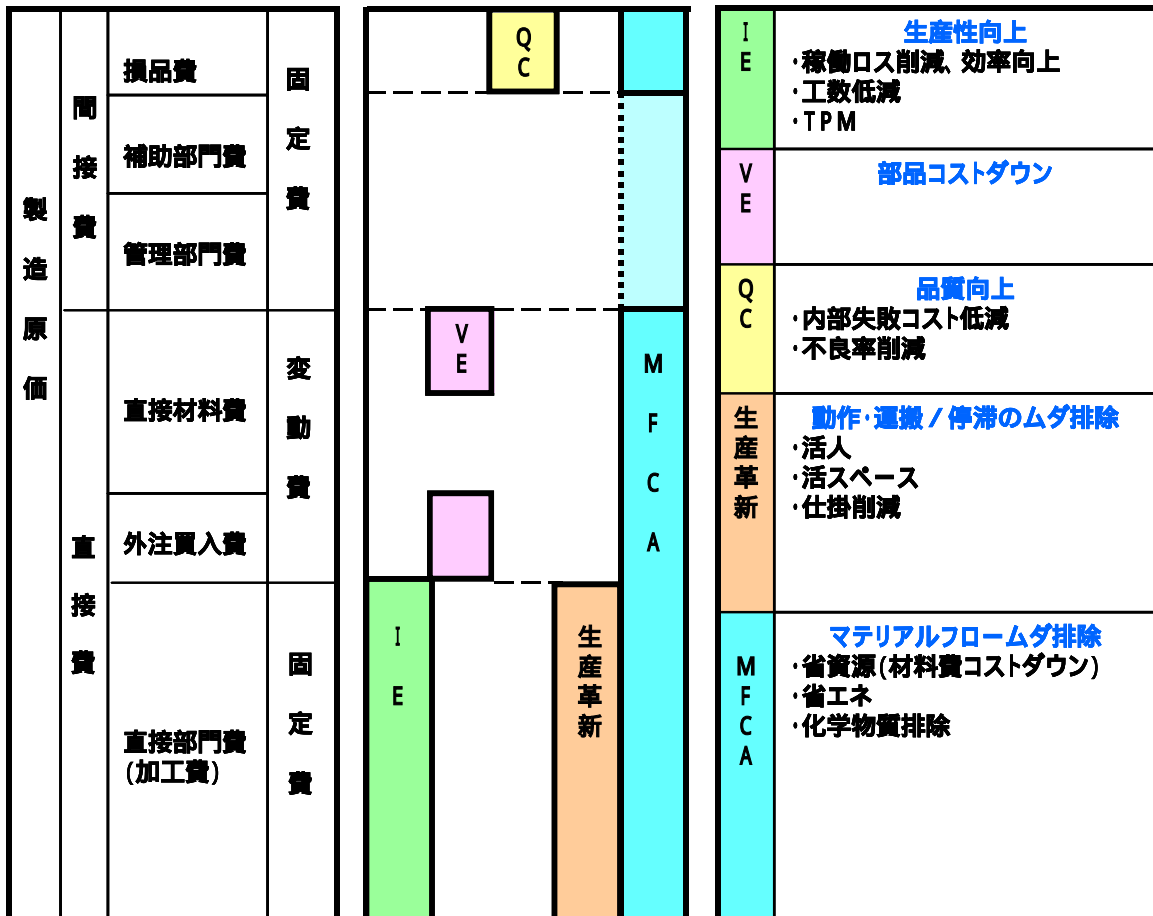


図3 製造原価構成に対応する代表的な手法²

5. 製造業における MFCA 導入の意義

5.1 製造業における MFCA 導入の意義

(1) 環境面から

製造業でエネルギーを使い、材料を使い、さらに廃棄物を出して、環境負荷が最もかかっているのは製造現場である。今までのトップダウンの環境部門主体の活動に加えて、製造現場主体のボトムアップの活動をこの MFCA を導入することで、環境に対する改善に現場の知恵が生かされ、より大きな環境負荷の低減と、現場の環境に対する意識改革が実現できる。

² IE:Industrial Engineering(生産工学), VE:Value engineering(価値工学), QC:Quality Control(品質管理)

(2) 製造原価面から

従来の原価計算では無価値とされ、その価値が見逃されていた正規作業で発生するロスの価値を MFCA を導入し、重量と金額で表すことで、その重要性を再確認し、ロス削減の改善を実行してコストダウンすることができる。このロス削減は、そのまま購入量の削減となり、購入費の削減となるので、直接コストダウンになる。MFCA を導入しなくても、主材の大きなロスは認識して改善策を講じている場合も多いが、ロスを重量と金額で明確にすることで、現場のみんなの認識をレベル合わせできて、強力なコストダウンの原動力とすることができる。

5.2 MFCAを生産現場の改善活動と環境活動から見た位置付け

生産性活動と環境活動における MFCA の位置付けをまとめると図 4 のようになる。

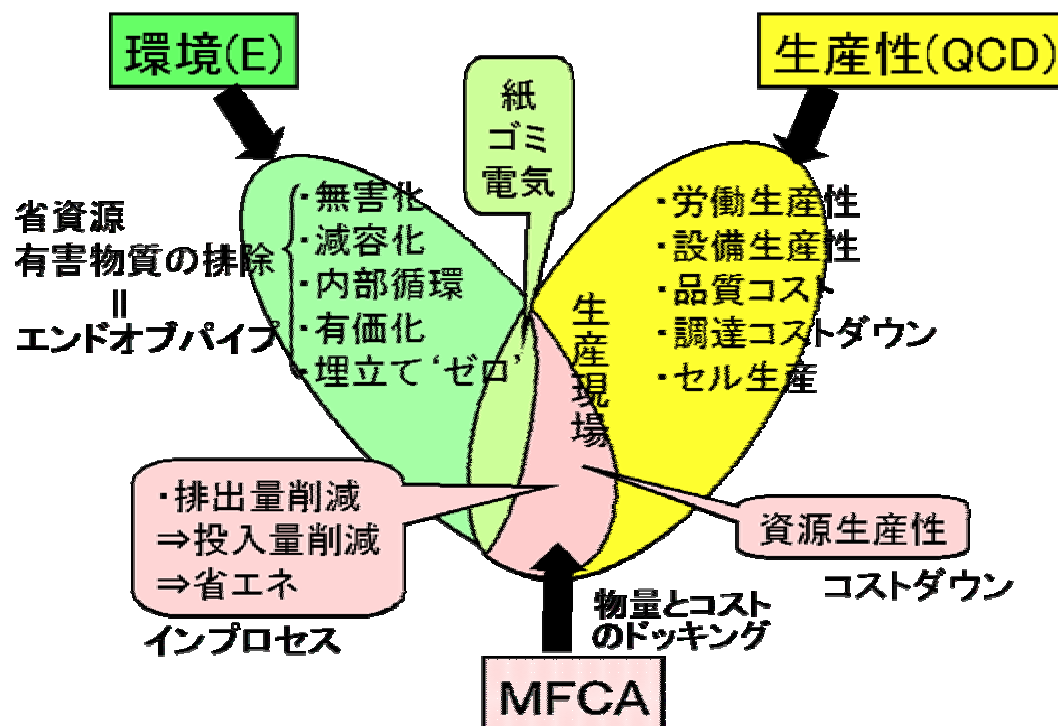


図 4 生産性活動と環境活動における MFCA の位置づけ

(1) MFCA導入前の生産性と環境活動

生産性向上の活動は従来から色々な手法で、コストダウンやリードタイムの短縮として、生産現場が中心となって活動を展開してきた。

一方、環境活動は、省資源や有害物質の廃除のために、環境担当部門が中心で、排出された物をいかに処理するかの活動であった。つまりエンドオブパイプの活動で、製造現場では、いわゆる紙・ゴミ・電気の域を脱していなかった。

省エネに関しても、設備導入担当部門が主体となって、省エネ設備を導入し、製造現場ではその装置を使用するだけに終わっている場合が多かった。

(2) MFCA 導入による生産性と環境活動の融合

MFCA は、従来の出た物の処理（エンドオブパイプ）から、工程内で排出物を出さないようにする（インプロセス）手法である。環境活動を生産性活動と同様に、製造現場主体で Plan-Do-Check-Act のサイクルを回す活動にするものである。

また、正規工程から出る排出物を削減すると、その分の投入量を削減でき、コストダウンが実現できる。これは、資源生産性として、生産性活動に新たな視点を提供する。製造現場における生産性活動と、環境活動の融合で新たな視点で、遣り残されていた改善活動が見つかったということである。パズルの求めていた最後のピースが見つかった様に。

(3) MFCA 導入による経済効果

従来の環境活動では、処理装置の導入に大きな投資が必要で、削減される費用は廃棄物処理費程度で、「環境対策 = お金がかかる」というイメージであった。しかし MFCA の導入で、投入量の削減によるコストダウンが非常に大きく、環境負荷低減とコストダウンが同時に実現できるようになり、「環境対策 = コストダウン」というイメージができた。

また、排出量が減るので、処理装置を導入するにしても小型の装置で済み、投資も抑えることができる。さらに投入量が減ることで、その分加工量も減り、加工に使用するエネルギーや補材も削減できる。又、新たに製造装置を導入する場合も小型化でき、投資を抑えて省エネが可能となる等、多くの経済効果が期待できる。

6. 大企業における取組み

6.1 レンズ加工工程への MFCA の導入と CO₂ 削減事例(キヤノン株式会社)

6.1.1 社内工程への導入事例

一眼レフ用レンズ加工工程導入事例について紹介する。

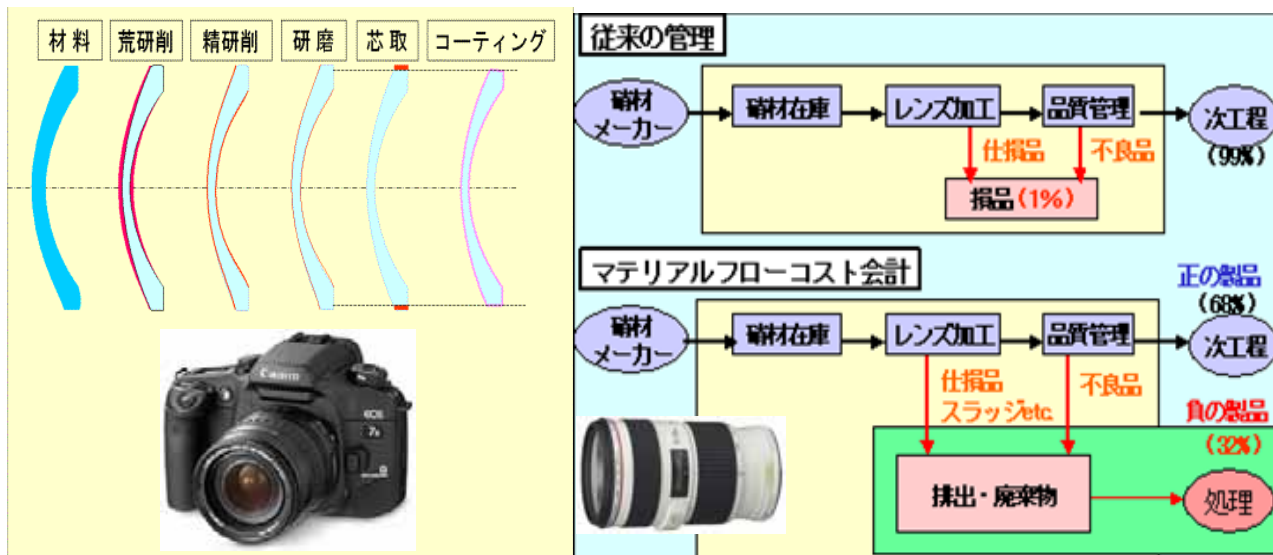


図5 レンズ加工工程における MFCA 分析結果

(1) MFCAで分析の結果

投入したプレス材料の約 1/3 が「負の製品」として廃棄されていた。特にその大部分が荒研削工程で発生していることが明らかになった。「負の製品コスト」のほとんどは、荒研削工程で発生したスラッジによる材料ロスコストとその処理コストであった。

(2) 改善とその効果

改善策はプレス材料をニアシェイプしてより製品形状に近づけ、荒研削の削りしろを削減する。ニアシェイプへの取り組みにより、4つの効果が実現された(図6)。

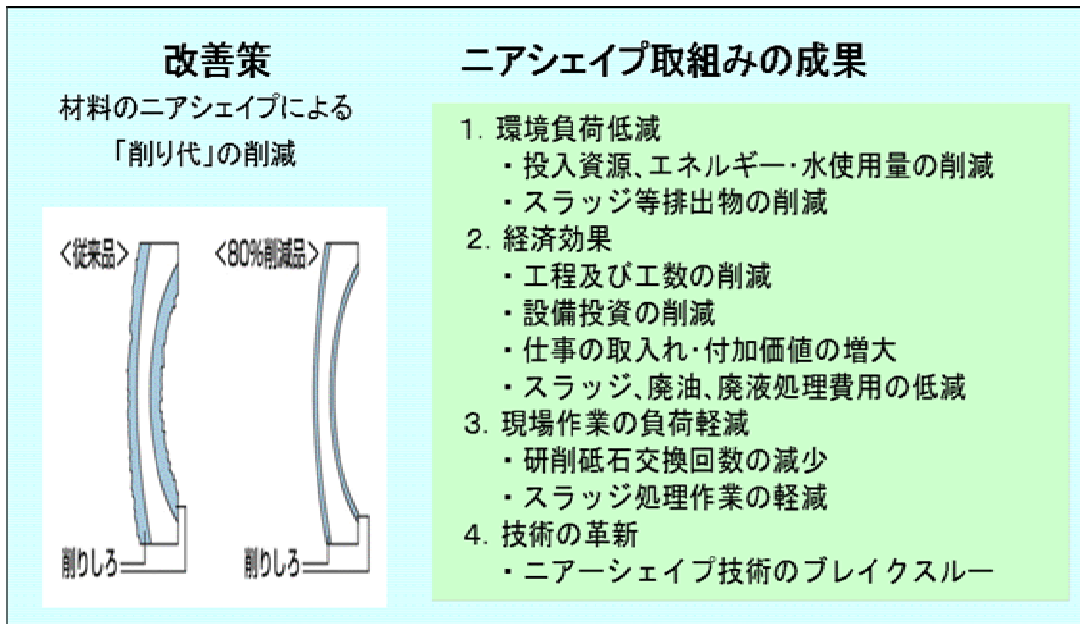


図 6 MFCA 分析から導き出した改善策とその取組み成果

6.1.2 サプライチェーンへの展開事例

放送用TVカメラレンズの製造をサプライチェーン上流から MFCA を一貫導入した事例を紹介する(図 7)。

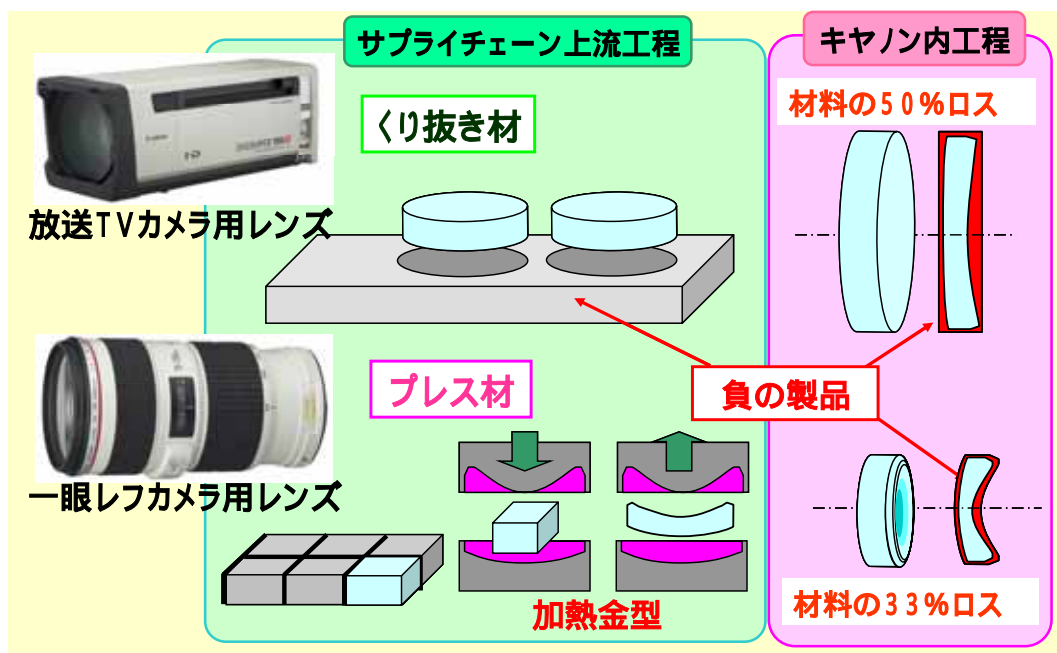


図 7 MFCA 導入事例

放送 TV カメラ用レンズの製造を、サプライチェーン上流の材料メーカーからキヤノン内加工まで一貫して分析し、ロスの発生状況を把握して、改善策を材料メーカーと協力して検討し、その結果 Win - Win の関係を実現することが出来た。

(1) MFCA分析結果

放送 TV カメラ用レンズはそのサイズが大きく、生産数が非常に少ないことから、レンズ材料は「くり抜き材」を使用している。「くり抜き材」は材料メーカーで、投入の 90% がロスとして廃棄される。さらにキヤノンに入ってから、その 50% が研削されスラッジとして廃棄される。トータルで投入の 95% が「負の製品」となっている。

サプライチェーン上流での「放送 TV カメラ用レンズ」と「一眼レフカメラ用レンズ」の違いは図 7 で示すように「くり抜き」と「切断プレス」であるが、それぞれの主な加工工程を下記に示す(図 8)。

- ・くり抜き材の主な工程は、原材料の溶融・板材の作成・くり抜き
- ・プレス材の主な工程は、同じく原材料の溶融・板材の作成・切断/プレス

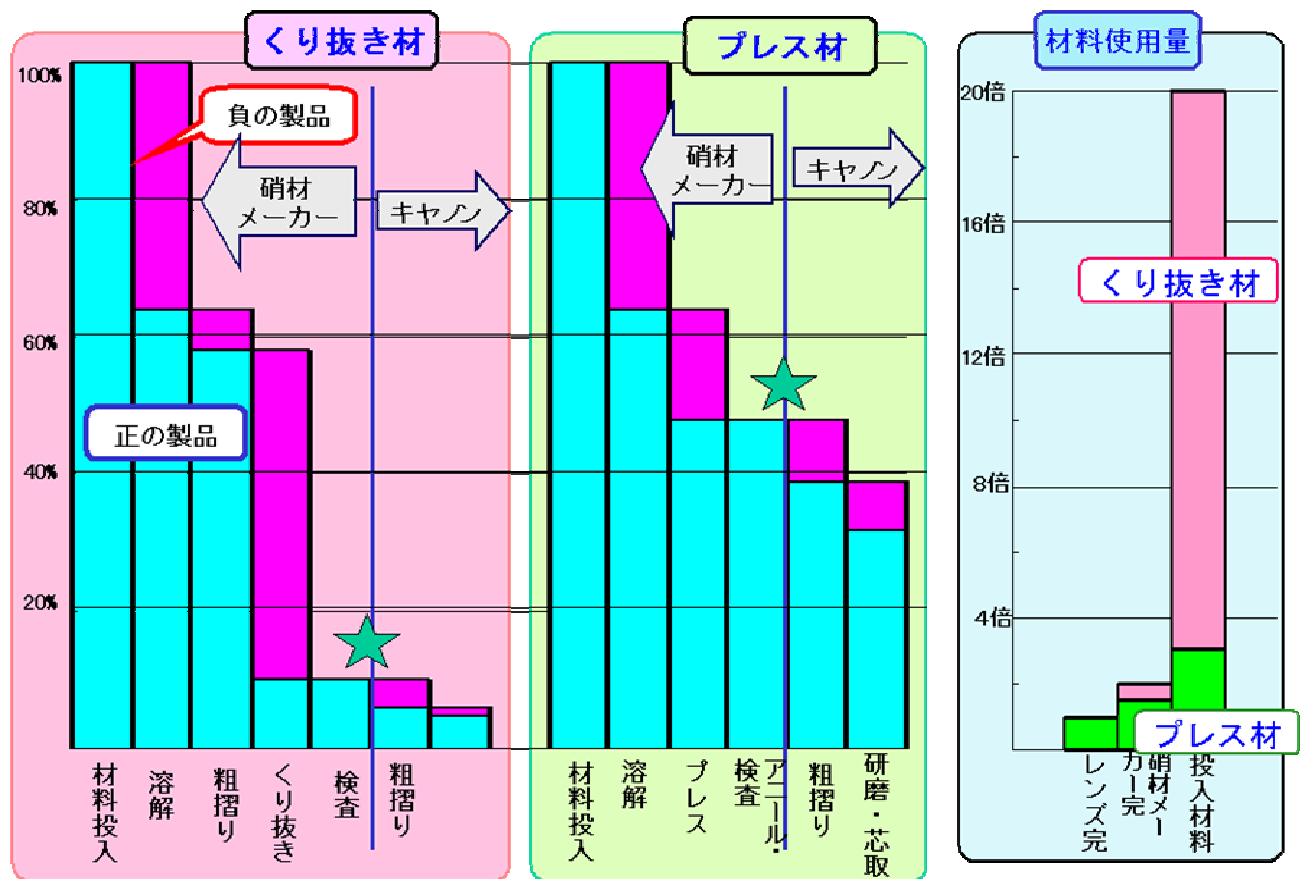


図 8 くり抜き材とプレス材の主な加工工程

- ・硝材の製造には膨大なエネルギーを使用する。

まず粉末の原材料を高熱で素熔解し一旦冷却して、粉碎してさらに本熔解し高熱炉で徐冷して板状のガラスとする。レンズの材料のガラスは多量のエネルギーを必要とする。(詳細はキヤノンのホームページのカメラミュージアムの中のバーチャルレンズ工場で見ることができる。 http://www.canon.co.jp/Camera-muse/tech/l_plant/f_index.html)

(2) 改善とその効果

[改善]

- ・材料を「くり抜き材」から、一眼レフカメラ用レンズと同じ「プレス材」に変更する。「くり抜き材」の場合「正の製品」は投入の5%しかなかったが、「プレス材」の場合は35%が「正の製品」となる。つまり同じ数の製品を作るために「くり抜き材」の場合は20倍の投入が必要であるが、「プレス材」の場合は3倍の投入で済むことになる。

この改善は技術的な問題はもちろん、発注ルールなど両者が協力して改善に必要な知恵を出し合って実現できた。

[効果]

- ・材料メーカーでは原材料の投入量を85%削減でき、その分のマテリアルコストのコストダウンとエネルギーの削減が出来る。キヤノンでは切削加工を50%削減でき、その分の加工エネルギーの削減が出来る。材料メーカーの利益の増加は当社への納入コストを大幅にコストダウンしても、なお十分に確保でき、競争力の強化が図れた。このように、MFCAの導入でWin - Winの関係が実現できた。
- ・さらに材料メーカー内の詳細なMFCAの分析結果から、材料メーカーが独自に自社内のロスの改善計画を立て、更なる廃棄物の削減とコストダウン実施して、体質の強化を図っている。
- ・ロス削減した分の投入を削減するということは、その分の加工を削減することであり、加工が減った分、装置能力が向上したことになる。その分の仕事の取り込みが可能になる。同じ仕事量であれば稼働時間を削減できる。

6.1.3 ロス削減の生産プロセスに及ぼす効果

材料ロスの削減は、投入量の削減や廃棄物の処理量の削減によるコストダウンだけではなく、生産プロセスにも良い影響をもたらす。

- ・投入量を削減することで、従来「負の製品」を加工していた分の製造装置を「正の製品」の加工に使用できるので、その分増産が可能となる。増産により新ラインの導入が検討されている場合など、従来のラインでまかなえ、新たな投資は必要でなくなる可能性がある。
- ・改善後、生産量が変わらないのであれば、製造装置の稼働時間の短縮が可能である。連続運転で製造を続ける場合や、増産で新ラインの導入が必要な場合は、製造装置のダウンサイジングが可能となる。その場合はダウンサイジングによるエネルギーの削減や溶剤等の補材の削減や、増設時の装置導入のための投資額の削減にも効果を及ぼす。

6.1.4 マテリアル削減によるCO₂削減モデル

ある事業所での MFCA 改善によるマテリアル削減効果を重量と CO₂ 換算重量と金額で表したモデルを紹介する（ただし数字は公表のために加工を施した）(図 9)。

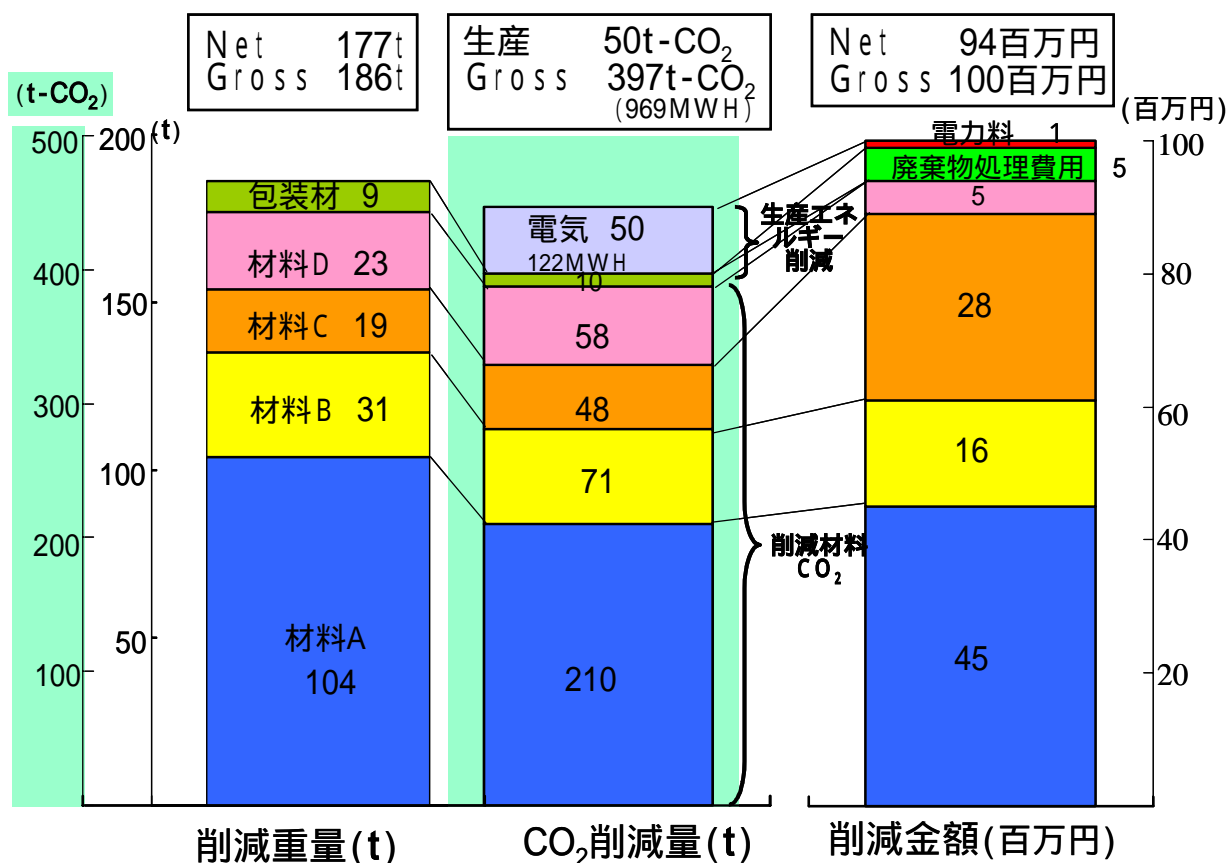


図 9 ある事業所の MFCA 改善による投入量・CO₂・コストの削減効果

(1) 投入材料の削減重量

材料 A・B・C、補材 D について、合計 177t の削減を行った。削減内容は材料によりさまざまであるが、大きな効果の削減内容を紹介しますと、「成型時のロスショットの削減」、「端材の削減」、「切削しろの削減」などである。材料の投入削減に伴いそれら材料の梱包材も削減される。その削減重量が 9t で、総合計では 186t の削減となった。

(2) CO₂換算の削減量

削減物質を物質別に CO₂ 換算した合計は梱包材も含めて CO₂ 347t に相当する。さらに、投入材料を削減した分、それぞれの材料の加工が減り、加工エネルギーが削減された。その電力量 122MWh を換算すると、CO₂ で 50t に相当する。削減の総量は CO₂ で 397t となった。

(3) 削減金額

材料 177t の削減による金額の削減は 94 百万円になるが、削減金額はその他にも、材料を削減した 177t 分の廃棄物が減少して、その処理費用の削減金額が 5 百万円となり、さらに加工エネルギー 122MWh の削減分は金額で 1 百万円となる。したがって削減金額の総額は 100 百万円となった。

6.2 カーエアコン用コンプレッサー部品加工への MFCA の導入事例 (サンデン株式会社)

6.2.1 対象としたカーエアコン用コンプレッサー部品

カーエアコン用コンプレッサーは、その圧縮の方式により数種類のタイプに分かれる。今回、MFCA を導入したタイプは、スクロールコンプレッサータイプの部品である。

スクロールコンプレッサーは、固定スクロールと可動スクロールの回転により吸入した冷媒を圧縮するため、スクロール部品の加工は高い精度が要求される。また、駆動源、容積の違いにより多品種が存在するため、今回の導入は、一機種を限定（可動スクロールの一機種）して行った。

図 10 に、対象とした部品と加工工程を示す。工程は大きく鍛造工程と加工工程に分かれる。鍛造工程では、材料として購入したアルミ製の連鋳棒（直径約 100mm、長さ約 2500mm）を鋸刃にて切断し、円柱状（直径約 100mm、長さ約 20mm）の部材とする。その後、鍛造工程・熱処理工程を経て、鍛造品とする。次の加工工程では、背面切削、マシニング工程で、鍛造品全体を加工し、その後加工の済んだ部品を検査・洗浄し、組み立てを行う別の工場へと出荷する。

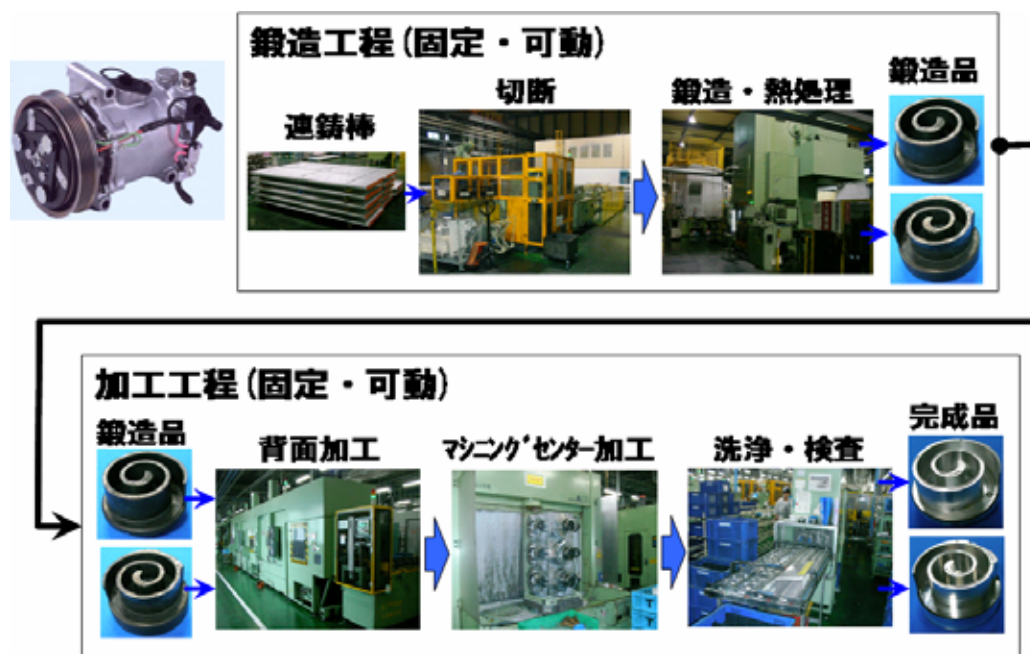


図 10 MFCA 実施機種の生産工程

(1) MFCAでの分析

本事例では、対象とする部品を一貫加工する工場であることと、TPM³ 活動等従来より行ってきた活動のデータを有効活用するために、図 10 で示した各工程をそれぞれ物量センターとして定義した。なお、分析に使用したデータは、半期分のデータを用いた。

本事例の工程の特徴として、アルミ連鋳棒よりアルミを切り出し、その後加工していき、その工程内で、副材料（工程内で付加され、次工程へまわされる材料）がないことにある。そのためマテリアルコストとして、主材料であるアルミ材のみを対象とした。また、切削剤等の補助材料は、システムコストとして取り扱った。

³ TPM(Total Productive Maintenance): 全員参加の生産保全

廃棄物として排出されるアルミ屑（切削屑・不良品・鍛造工程での試しうち品等）は、分別し有価物として処理しているため、廃棄物の処理コストがマイナスとして計算されるため、全体のロスコストを薄めてしまう危険性があったため、本 MFCA の分析とは別に計算を行った。エネルギーコストは、工場内で使用している電力と LPG(液化石油ガス)を対象とした。電力は、各加工機毎に一定時間の消費電力量を実測し、半期分のデータを推測した。また、工場内で共通に使用しているエアコンプレッサーや照明・空調での電力使用量は、MFCA 分析期間内での対象製品の生産重量でアロケーションを行った。

システムコストには、労務費、設備償却費をはじめその他の全ての経費（例えば、消耗工具費や修繕費など）を含めた。経費の中で、特定の設備への割り振りが困難な場合は、エネルギーコストと同様の方法で、アロケーションを行った。

MFCA の計算は、(株)日本能率協会コンサルティングより無償で配布されている「MFCA 簡易計算ツール」(<http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/07.php>)にて行った。

(2) MFCA分析結果

MFCA の計算結果としてデータ付フローチャートを図 11 に示す。それぞれの数値は、対象とした部品の一つあたりのコストを示しているが、本事例の計算では、一部材料投入量やロスの物量、及び材料・エネルギー類の単価は公表のために加工を施した。

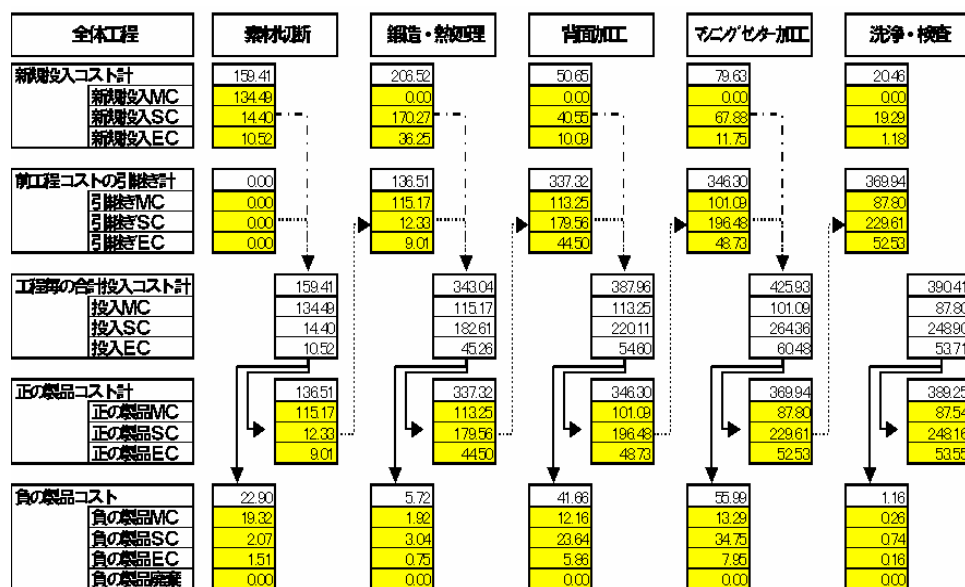


図 11 データ付フローチャート

データ付フローチャートは、MFCA 分析の対象とした機種全体のコスト構造を明らかにし、そのロスの大きさを共有する上で役立った。このフローチャートの結果より同じ廃棄物（切粉）でも、工程の最初の部分で廃棄されるものと、後半で廃棄されるものでは、その経済的な価値に違いがあることも理解できた。つまり、後半の工程で廃棄される廃棄物は、前工程でのシステムコスト、エネルギーコストを含んでいるために経済的な価値が高くなる。

次に、投入コストと正の製品コスト、負の製品コストとの比率を図 12 に示す。製品全体としてみると、負の製品コストが投入コストの 24%を占めている。コスト別に見てみると、投入コストの 26%がマテリアル、65%がシステムで占められ、エネルギーは 9%であった。システ

ムコストのウェイトが高いのは、MFCA を導入した工場が、新規に立ち上げた工場であるため、設備の減価償却費が大きなウェイトを占めるためである。

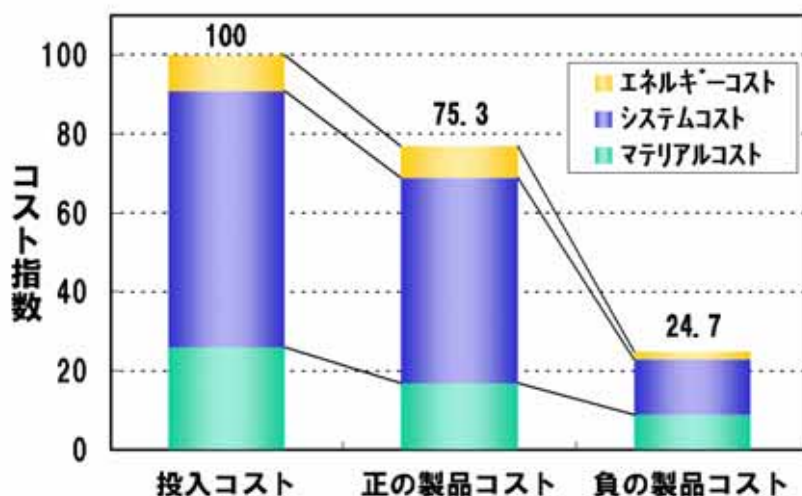


図 12 MFCA 分析結果

(3) コスト改善のターゲット

MFCA の分析結果とデータ付フローチャートより抽出したロス大きさより、コスト改善のターゲットを検討した。検討は、改善を行うための技術的な課題、及び実施するための制約条件も合わせて行った。その結果の一部を表 1 に示す。

表 1 コスト改善ターゲットと対応策³

工程	コスト改善ターゲット	分類	対象ロス	ロス現状	検討の方向性	改善の制約条件
素材切断	素材切断の切粉削減	MC	連铸棒の切断切粉	材料ロス %	切断鋸刃の最薄化 センター深さの短縮	鋸刃剛性不足による 曲がりや重量不良
鍛造	鍛造歩留り EC 削減	MC SC EC	不良廃棄 立上げ電力	不良率 %	設備停止時間短縮 立上げ時間短縮	生産シフトと復帰要 員の確保
背面加工	背面加工の切粉削減	MC	切削切粉	歩留り %	旋削面切削代削減	渦巻巻き終わりの鍛 造肌化に向けた設計 変更提案
マシン ング 加工	渦巻加工の切粉削減	MC	切削切粉		壁側面切削代削減	一次旋削での渦巻き 壁の切削代調整の 短縮

表 1 に示す通り、代表的なコスト改善のターゲットは、各工程での切粉の削減と鍛造機の運転管理改善に集約された。切粉の削減は、従来より各工程で改善が進められてきたが、MFCA を導入し全工程を俯瞰した結果、各工程での切粉を減らし、結果としていかに素材切断時にア

³ EC(Energy Cost):エネルギーコスト, SC(System Cost):システムコスト, MC(Material Cost):マテリアルコスト

ルミ連铸棒より、材料を切り出すかという課題につながることを確認できた。

切粉を削減する改善の方向としては、鍛造後の製品形状をいかに最終製品の形状に近づけるかという鍛造型の問題と、現在切削している部分の切削が本当に必要なかという問題が抽出された。切削箇所の見直しにおいては、設計部門の協力が必要であり、製造部門からの VA/VE⁴案を実施した（図 13）。

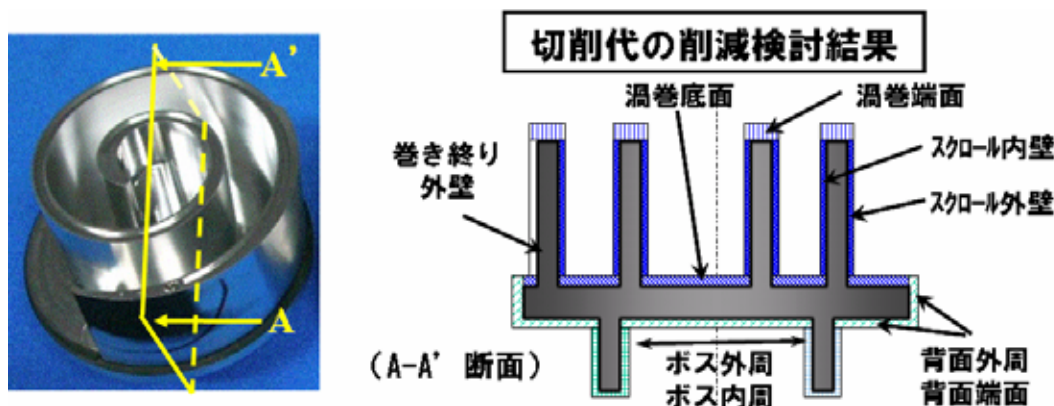


図 13 コスト改善のターゲット

また、上記の改善を含め、連铸棒からの材料切り出し個数の改善では、材料を切断する際に使用する鋸刃の最薄化も検討された（図 14）。連铸棒は、その製造上中心部に芯だし用のくぼみがある。連铸棒の切断では、棒の片端を機械的に固定し、くぼみの部分を切断する。切断されたものは廃棄物となる。その後規定の重量になるように厚さを調整しながら切断を繰り返す。機械的に固定した部分は切断ができないため、そのまま廃棄となる。

そこで、切断用の鋸刃の厚さを限界まで薄くすることと、結果として最後の固定部をどれくらいまで短くできるかが検討された。固定部は、機械の構造上 30mm より薄くすることができなかった。

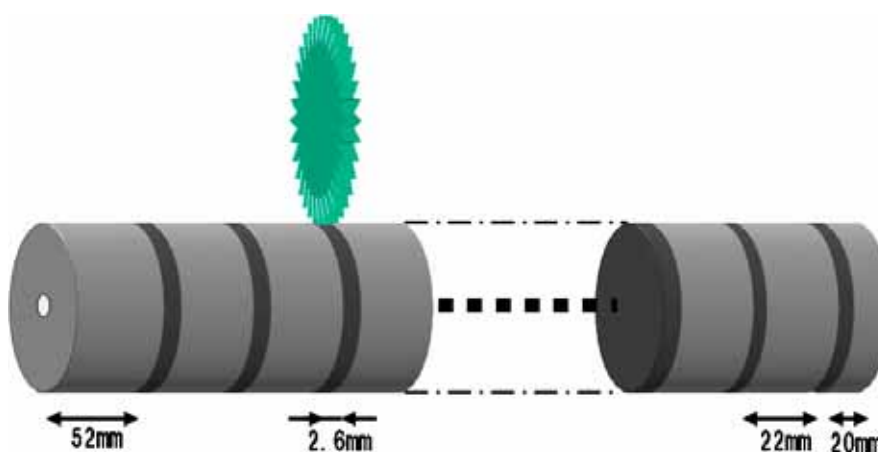


図 14 コスト改善のターゲット

鍛造熱処理工程では、過去に TPM 活動の一環として、不良の発生と設備の温度との関係が分析されていた。設備の立ち上がり時（始動時、頻停後、休憩後）に不良品が発生することが確認できた。これらを改善するために設備停止時間の短縮、立ち上げ時間の短縮などが検討さ

⁴ VA: Value Analysis（価値分析）, VE: Value Engineering（価値工学）

れた。そのなかには、生産時間のシフトや、鍛造製品の安定領域での運転時間の継続などシステムコストとエネルギーコスト削減に繋がる改善が含まれた（図 15）。

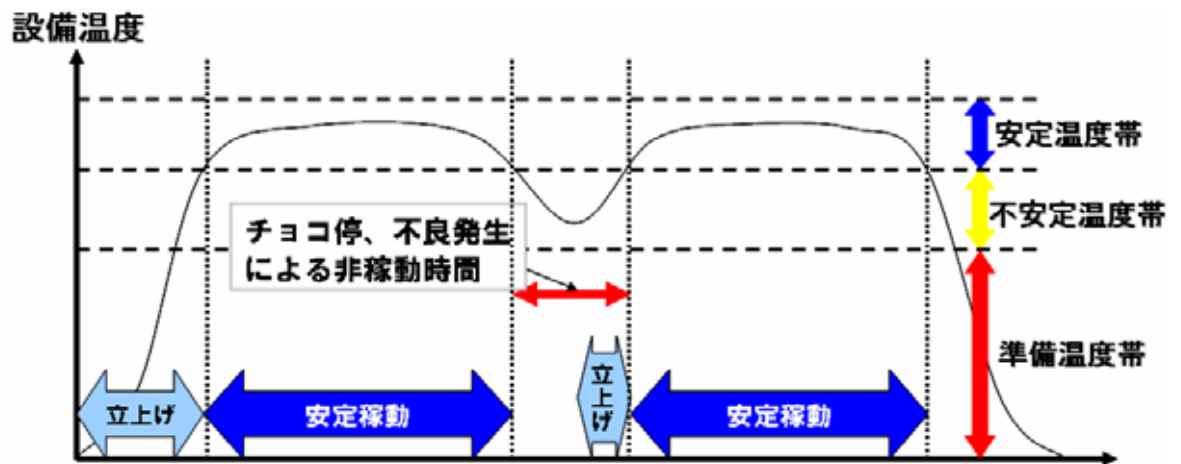


図 15 コスト改善のターゲット

(4) 改善の効果

これらの改善については、従来から進めている TPM 活動や個別改善活動などにテーマアップし、改善を進めている。コスト改善効果を図 16 に示す。今回 MFCA を導入した工場は、2004 年 1 月に既存の工場から一部設備を移設し、新規に稼動した工場で、SC に占める減価償却費の比率が非常に高い。また、改善の期間中に世界的な材料の高騰があった。MC に着眼したコスト削減活動の効果を示すため、図 16 では MFCA を導入した時点での材料費を固定値として用いた。さらにコスト削減活動によらないコストの低減（例えば、SC の減価償却費等）も、材料費と同じく固定値を用いた。

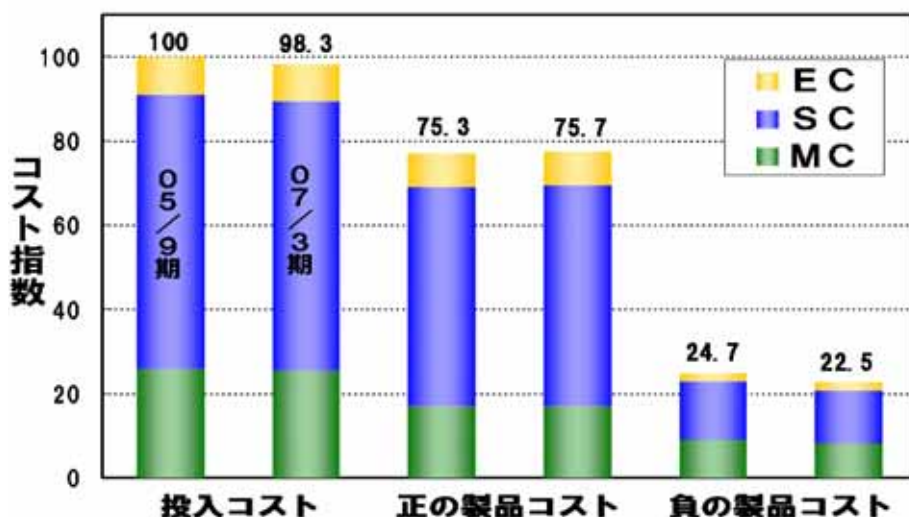


図 16 コスト改善効果

(5) 環境負荷の低減

MFCA では、MC・SC・EC のように工場での物の流れをコストで統一し、かつマテリアルを中心に工程でのロスを見える化する手法であるため、前述した効果もコストで表される。一

方企業では、環境保全活動の成果指標として環境負荷（一般的には CO₂）をとっているのですが、今回の結果を環境負荷指標 CO₂ で評価することを試みた。

なお、本事例では、主材料がアルミニウム 1 種類で、その他の材料は全て補助材料として取り扱っているため、CO₂ の算出もアルミニウムと製造段階で使用している電力、LPG を対象とした。SC に含まれる労務費、減価償却費等は、CO₂ 変換が困難なため除いた。それぞれの原単位は、今後の社内展開も考慮に入れ、産業技術総合研究所、ライフサイクルアセスメント研究センターが開発した“Simple - LCA”のデータベースを用いた。用いた原単位を表 2 に、CO₂ で計算した結果を表 3 に示す。

表 2 使用した原単位

	原単位
アルミニウム二次地金	2.80kg - CO ₂ / kg
電力	0.417kg - CO ₂ / kwh
LPG 燃焼	3.17kg - CO ₂ / kg

表 3 CO₂ で表したマテリアルフローマトリックス

(単位：g-CO₂ / 個)

	マテリアル起因	エネルギー起因	計
良品 (正の製品)	700.3 25.9%	1314.1 48.7%	2014.5 74.6%
マテリアロス (負の製品)	366.5 13.6%	318.9 11.8%	685.4 25.4%
小計	1066.9 39.5%	1633.0 60.5%	2699.8 100.0%

コストで見ると、エネルギー起因の CO₂ 負荷が大きい。これは、今回検討したアルミニウムと電力の単価あたりの CO₂ 負荷が、電力の方が数倍大きいことに起因していると考えられる。

また、図 16 で示した改善による CO₂ 負荷の削減は、約 20g / 個であり、仮に 10 万台を対象にした場合には、製造工程での CO₂ 負荷低減は、2ton-CO₂ になる。

このように、コストと環境負荷の両側面から結果を分析できることと、MFCA のシミュレーション機能を使えば、工場での新規設備導入の際、コスト低減、環境負荷低減の両側面から最適な設備導入の指針を与えることが期待できる。

(6) MFCA を導入したメリット

- ・新しい手法であるが、使用するデータのほとんどは、従来から活動している“TPM 活動”で管理されていたことと、MFCA 簡易計算ツールが無償配布されていたことで、容易に MFCA の計算、分析ができた。
- ・個々の工程での歩留まり改善を実施していたが、MFCA で全工程での歩留まり、また重量での歩留まり（従来は、個数による歩留まり）を見ることで、新たなロスが発見できた。
- ・個々の TPM 活動（小集団活動）の結果が、全工程としてどれくらいのコスト削減効果に繋がっているか見えるようになった。
- ・材料の物量整理表とエクセルシートを使用して分析した結果、改善のシミュレーションができ、改善施策の抽出と期待効果が容易に算出できた。
- ・MFCA を適用することで、モノづくりの段階でのコスト低減として、設計・生産技術への VA/VE 提案ができた。
- ・MFCA を適用することで、従来の廃棄物削減活動が、SC・EC も含めたコスト低減活動として、明確になった。
- ・アルミ廃棄物は有価物として処理していたため、分別に主眼が置かれていたが、マテリアルロスの低減がより効果があると認識できた。
- ・下流工程で発生する不良廃棄・切粉（廃棄物）には、上流工程でのコストが含まれており、工程ごとに廃棄物の価値が違うことが認識できた。
- ・個々の管理項目である“歩留まり”“不良率”“設備稼働率”などが、全て金額で評価できるようになり、部門でのロスの共有化ができるようになった。

6.3 MFCAの全社展開事例(積水化学工業株式会社)

6.3.1 概要

積水化学グループでは、「環境創造型企業」をめざし、環境経営の強化を目標に、2010年を最終年度とする、新・環境経営ビジョン「環境トップランナープラン」を策定した。2010年度の環境パフォーマンスに対する数値目標は以下の通りとした。

(2005年4月公表)

環境貢献製品比率を全製品の40%以上とする。

CO₂排出量を1990年度比10%削減とする。

廃棄物発生量を1998年度の3分の1以下とする。

廃棄物削減に関しては、生産工程における徹底した効率的生産を目指し、2004年度からモデル事業所を中心にマテリアルフローコスト会計の考え方を取り入れる検討を始めた。

2005年度から、国内全34の生産事業所へマテリアルフローコスト会計の導入を図った。生産現場とカンパニースタッフ或いは経営層との共通言語として、生産事業所の廃棄物削減に寄与するテーマの進捗度合いを測る物差しとしている。

6.3.2 マテリアルフローコスト会計の全社導入について

(1) マテリアルフローコスト導入の目的

積水化学工業株式会社概要(2007年3月末)

1. 設立	1947年 3月 3日	
2. 資本金	1,000億 200万円	
3. 従業員数	約20,000名	(連結ベース)
4. 売上高	9,262億円	(連結ベース)
5. 営業利益	452億円	(連結ベース)
6. 事業	住宅事業 環境・ライフライン事業 高機能プラスチック事業	

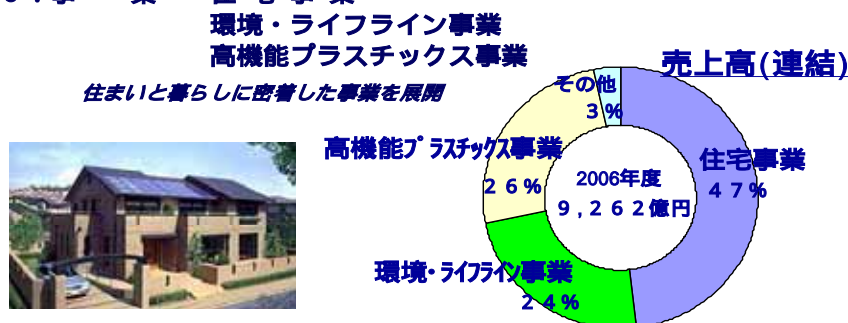


図 17 会社概要と売上高

積水化学グループの会社概要、売上高表は図 17 に示す通りである。環境を経営の基軸に置き、環境取り組みは企業経営における重要な要素であるとの認識に立ち事業を進めている。積水化学グループのマテリアルフローコスト活動の考え方を図 18 に示す。

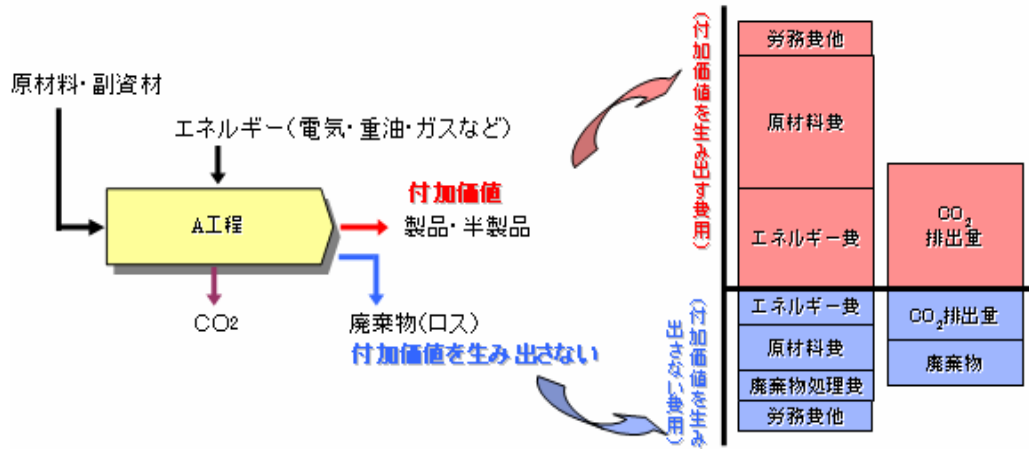


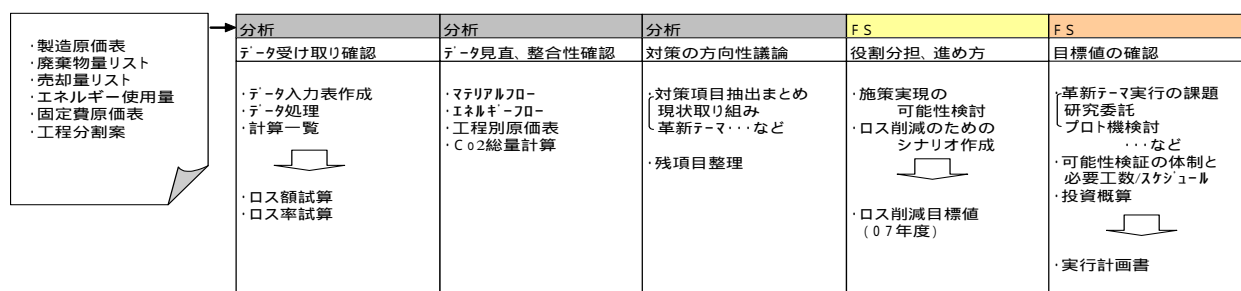
図 18 積水化学グループのマテリアルフローコスト活動の考え方

製造における廃棄物及び廃棄物製造に由来する CO₂ 排出は、付加価値を生み出さない費用として明確にし、廃棄物をつくるために使った費用の全てが削減の対象として活動を進めることにした。即ち環境と経営の両立をねらいに、生産工程、住宅の施工現場から出る廃棄物、CO₂ 等の排出に伴うコストを把握し、その削減の方向性を明確化することにより、トータルコスト削減を図ることを目的としている。

マテリアルフローコスト会計の考え方としては、従来型の原価計算情報に加えて、良品、廃棄物（ロス）のマテリアル量データと生産管理情報を用いることにより次の原価構成を明らかにする。

- 良品に結びつく原価
- ロスに結びつく原価

(2) マテリアルフローコスト会計の導入の進め方



工数

コーポレート: 3 ~ 4人
 カンパニー : 3人
 事業所 : 30 ~ 40人

全員参加
 (モノづくり人員: 約8千人)

図 19 マテリアルフローコスト会計導入のステップ

図 19 の様なステップでマテリアルフローコストの分析から生産改善の検討(フィジビリティスタディ)を行う。実行計画書を作成するまでの作業を「マテリアルフローコスト活動」と名付け、全社活動として活動を進めている。

製品に結びついたコスト(正の製品のコスト)、結びつかなかったコスト(負の製品のコスト)を対象製品について把握するためのベンチマークづくりを実施した。

事務局のメンバーは分担して、マテリアルフローコストの目的、目標、実施方法について各生産事業所を説明して回った。説明を受けた生産事業所は対象製造部で製造原価表、廃棄物量リスト、売却量リスト、エネルギー使用量、固定費原価表などから各生産事業所の製造を工程毎に分割して整理し、生産事業所内でワーキンググループを結成し、事務局と共に分析を行う。この洗い出しについては、工場改善部門も参加して実施する。生産事業所毎に多少差はあるが、分析 から分析 完了までに約 2~3 ヶ月を要する作業量である。分析のためのデータ入力フォーマットを作成し、フォーマットに従って、対象の生産事業所のデータを入力し、事務局メンバーがフォローしながら分析作業を行う。

ここまでにかかる工数としては、図 19 に示すとおり、コーポレート担当が 3~4 名、カンパニー担当 3 名、事業所担当 30~40 名程度である。分析結果の代表例として、ある生産事業所の樹脂押出成型の製品を例にとると図 20 の通りである。図中では省略しているが、分析にはシステムコスト(労務費、減価償却費等)も含む。分析結果から Y 円のコストが廃棄物製造に係っていることがわかる。図 21 は複数の製造ラインにおけるロス要素を分類した例である。図 22 は生産における、あるプロセスにおいてロス要因を分類した一例である。

図 23 は全社のロスコスト内訳表である。個別に各製造部の数値を集計し、各カンパニー及び全社集計として纏めている。集計は年 2 回行い、ロスコスト削減の進捗状況を計っている。

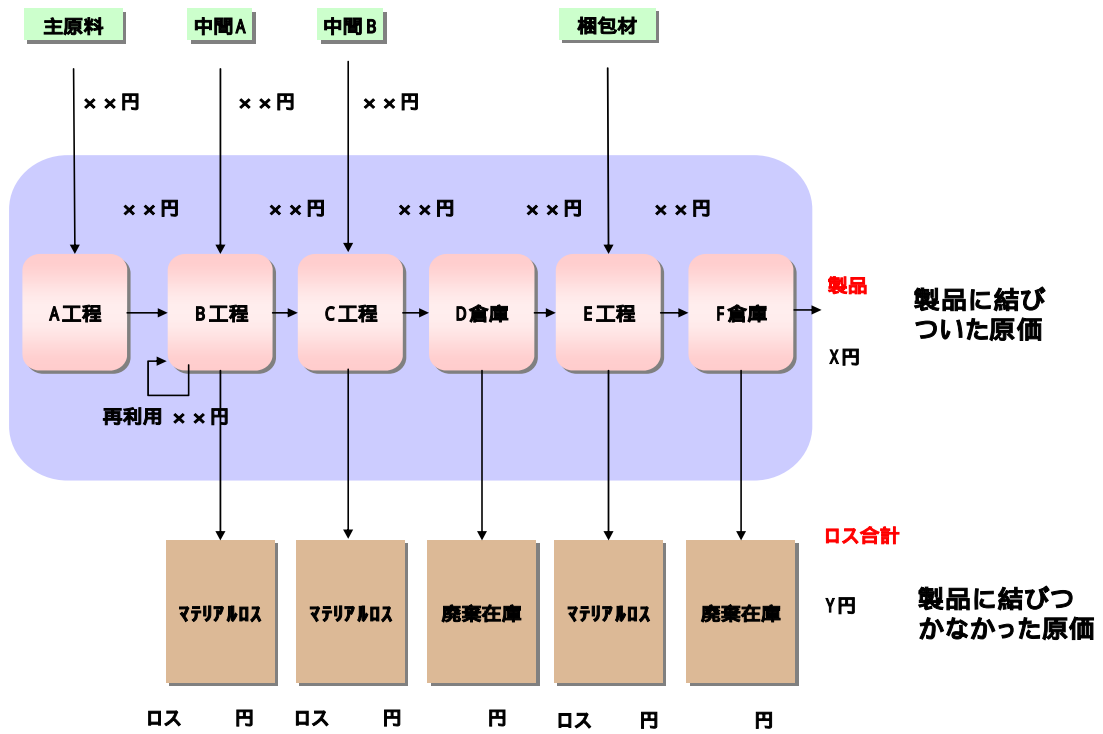


図20 A製造部MFC A分析結果事例

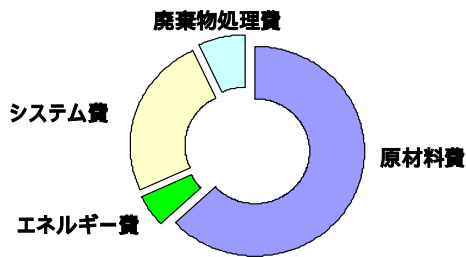


図21 製造ライン総コスト比率

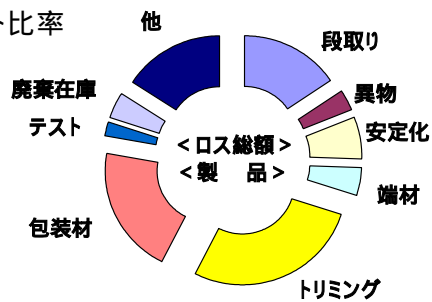


図22 プロセスロスコスト比率

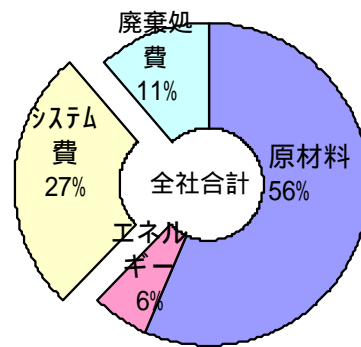


図 23 全社ロスコスト集計

これらの分析結果を元に、廃棄物由来コスト削減に向けての改善、革新テーマ抽出の検討を各生産事業所単位で行い、ロスの内訳、内容、削減のための課題、具体的対策を一覧表にまとめ、生産改善、革新に向けた詳細検討を実施するための諸条件を整理する。

分析完了後に分析結果を工場長以下、生産事業所の関係者と事務局との間で報告会を開催し、製造におけるロスコスト削減のテーマ会議を個別の事業所で行う。これにより中期実行計画書を作成してロスコスト削減のテーマ推進を図る。この中期実行計画書のフォーマットを図 26 に示す。それぞれの工程において、ロスの削減課題に対して具体的対策を立て、年度毎に目標値を設定し、最終的な良品の原価と廃棄物の原価の目標を達成するために活動をスタートする。廃棄物由来のコスト削減に向けての係る現場工数としては、モノづくり人員として約 8 千人である。

具体的な内容は割愛するが、「マテリアルフローコスト革新シナリオ」として、マテリアルフローコスト活動から見てきた課題を改善テーマ毎に具体策、効果性の評価（金額）、ロス量削減（廃棄物、CO₂）、実行するための投資金額を整理し、この中から各カンパニーで実行の優先順位付けを行い、実行計画書を作成する。実行計画書は革新テーマ実行のマスタープランである。

このような進め方でカンパニー単位の中期実行計画書にマテリアルフローコスト分析からの廃棄物由来コスト削減目標盛り込み、PDCA を回す仕組みを構築した。廃棄物由来コスト削減に向けた生産プロセス見直しの検討を対象とする事業所全てで実施した。

図 24 は製造部の廃棄物由来コスト削減の方針展開の事例である。



図 24 廃棄物由来コスト削減活動(製造部事例)

(3) CO₂削減について

MFCA 分析結果の中で、エネルギーロスコストの分析も行っている。廃棄物由来のロスコストを削減することにより、ムダなエネルギーも削減されることになる。2007 年度 1 年間でエネルギーコスト削減率は約 10%となった。

グループ全体で CO₂ 排出量については、「2010 年度に 1990 年度比 10%削減」という目標を掲げており、2007 年度の実績は 1990 年度比約 9%削減となった(図 25)。

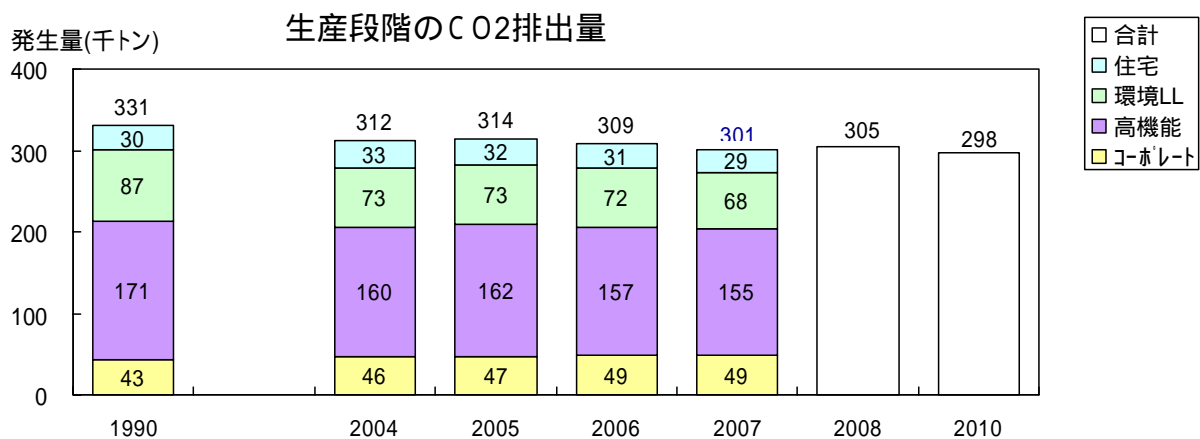


図 25 生産段階の CO₂ 排出量の推移

テーマ名		製品群の製造のロス削減		2007年9月1日付内		種水化学工業(株) OQ工場 製造部	
MFC分析対象		2006年BM		2005年度改善(BM)		2006年度改善(BM)	
【全体】		原価時間	百万円/年	2005年度改善(BM)	百万円/年	2006年度改善(BM)	百万円/年
【工程別】		工程	百万円/年	2005年度改善(BM)	百万円/年	2006年度改善(BM)	百万円/年
【ロス削減課題と対策の方向】		ロス内訳	内容	改善(ロス削減)	2004年	2005年度改善	
【中期検討項目】		項目および内容	2006年	改善量	改善額	設備投資	内 容
【ロス削減課題と対策の方向】		ロス内訳	内容	改善(ロス削減)	2004年	2005年度改善	
【中期検討項目】		項目および内容	2006年	改善量	改善額	設備投資	内 容

図 26 MFCA ロスコスト削減実行計画書フォーマット

(4) まとめと今後の課題について

企業が環境に優しいモノづくりを志向するという意味では、当然ながら工場は廃棄物発生量、CO₂発生量の極小化を狙わなければならない。このような環境に配慮された工場で製造し、社会環境も含めて環境に貢献する製品を世の中に出さなければならないと認識している。しかもそれが経営として成り立たないといけない、経営に負担をかけるような環境取り組みはサステナブルではないと考える。

積水化学グループでのマテリアルフローコスト会計は、全社に導入することにより、環境配慮と経営の同軸化を目指す活動そのものとなったと認識している。すなわち、

環境配慮を行うことにより、新しく利益機会を見出すことができる。

見えていなかったコストを環境配慮という視点で顕在化させ、新しくコスト削減目標を設定する。

環境配慮をしなかったことによる利益機会の損失を顕在化させ、新たな利益向上となる目的を設定する。

などの情報を経営層に提供できる活動となった。活動の成果として、製造現場と経営層がマテリアルフローコストという同一言語で情報を共有化することができるようになり、意志決定の迅速化に寄与できたと考える。

モノづくりの現場において、マテリアルフローコスト会計を環境と経営の同軸化を目指したモニタリング手法として用い、生産の個々の課題に対しては、品質工学、IE、VE、グループ改善活動等の個別の技術、手法を適用することにより、最適且つ効果的なモノづくり革

新活動を進めることが出来るものと考えている。

マテリアルフローコスト会計導入から廃棄物由来コストの削減を実現させる一連の活動の中で意志決定された製品やサービスが、サステナブルな製品・サービスとして市場で評価され、その結果、企業競争力、企業価値向上に貢献するものと期待したい。

6.4 環境影響度を軸にしたマテリアルフローの取組み事例(富士通株式会社)

6.4.1 富士通グループにおけるグリーンプロセス活動

グリーンプロセス活動の仕組み

各製造プロセスごとに投入する材料、化学物質、エネルギーなどについて環境負荷から見た削減のための評価基準および総合的な合格ランクを設定して、継続的に削減努力を行う。

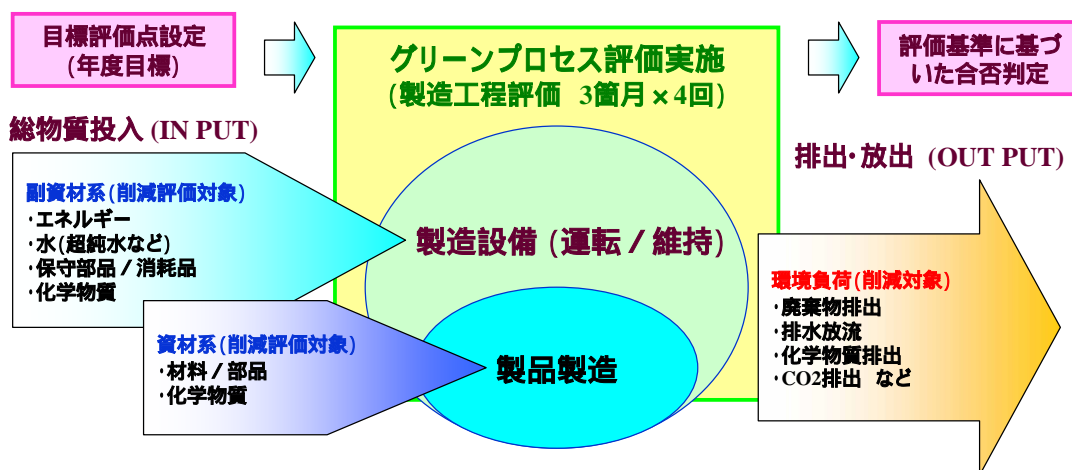


図 27 富士通グループにおけるグリーンプロセス活動の仕組み

6.4.2 半導体製品製造工程での活動事例

(1) 半導体製品製造工程

半導体製品の製造は図 28 のように同様の手順を数十回繰り返すことにより行われ、使用物質も 68 物質にのぼる。

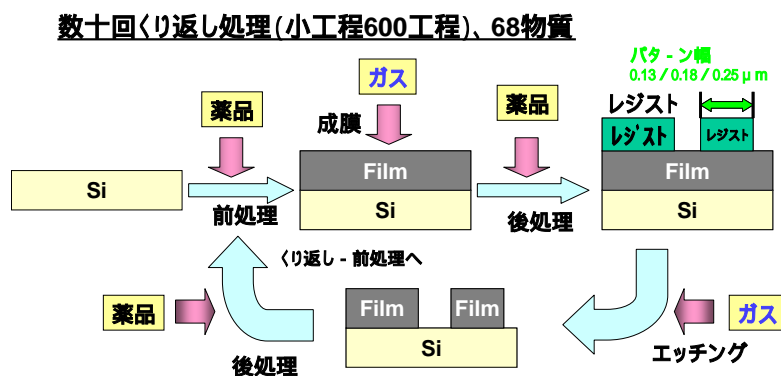


図 28 半導体の製造工程フロー

(2) グリーンプロセスでの削減対象抽出

グリーンプロセス活動では、製造で使用する資材（この例では薬品、ガス）をコスト・環境への影響を考慮してランキング順に並べ、施策対象を決める。ランキング順に並べるにあたっては、半導体製品の各製造工程で使用する薬品・ガスの単位製品あたりの量を調べ、さらに成分化学物質ごとに集計し全工程を通じた化学物質の使用量を把握した。そして、当社独自に開発した評価指標（Cost Green 指標）を用いてランキングを行った。Cost Green 指標は、コストとグリーンの頭文字を取った指標で、薬品やガス、部材等の単価と単位製品当たりの使用量と環境影響度を掛け算した数値である。式で表現すると、以下のようになる。

$$\text{CG (Cost Green)指標} = (\text{投入量/製品単位}) \times \text{単価} \times \text{環境影響度}$$

環境影響度は表 4 に示すように化学物質の発がん性、人体影響、地球環境等への影響を考慮してランク付けをしている。

表 4 環境影響度(薬品・ガス)

環境影響度(薬品・ガス)

ランク	影響	影響分類2	備考(関連法規)
5	人体影響	発癌性	ACGIH EPA EU IARC 日本産業衛生会
5	人体影響	事業所外への人体影響	環境ホルモン PRTR法対象物質 FJ自主規制品
4	環境影響	地球環境(オゾン層破壊)	ODP
4	環境影響	地球環境(地球温暖化)	GWP
3	環境影響	地域環境(水質汚濁)	水質汚染防止法
3	環境影響	地域環境(大気汚染)	大気汚染防止法
2	人体影響	作業環境影響	LD50 労働安全衛生法
1	その他	省エネ等	

ある半導体製品の工程で、使用する薬品・ガスの単位製品あたりの量を最初に調べる。その結果を元に薬品ごとに全工程で使用する量を求める。その求めた使用量の合計値（Kg）と材料単価、各資材の化学物質をランク付けした環境影響度をそれぞれについてCG指標を求める。さらに同一の資材分類ごとに合計したCG指標を計算する。

表 5 に、物質分類ごとにCG指標(分類計)の大きい順に並べかえたランキング表を示す。(但し、詳細な数字は公表できないために未記入とした。)

表 5 CG 指標ランキング表

ガス、薬品名	資材分類	合計使用量(kg)/ 製品単位	材料単価 (1kg当たり)	環境影響度	CG指標	CG指標 (分類計:一般薬品を 100とした相対値)	優先順
フッ素系ガスA	フッ素系ガス	M1	C1	K1	CG1	871	1
フッ素系ガスB	フッ素系ガス	M2	C2	K2	CG2		
アミン系薬品A	アミン系薬品					686	2
アミン系薬品B	アミン系薬品						
シリコン系薬品A	シリコン系薬品					286	3
シリコン系薬品B	シリコン系薬品						
特殊ガスA	特殊ガス					248	4
特殊ガスB	特殊ガス						
有機系薬品A	有機系薬品					129	5
有機系薬品B	有機系薬品						
有機系薬品C	有機系薬品						
一般薬品A	一般薬品					100	6
一般薬品B	一般薬品						
一般薬品C	一般薬品						
一般ガスA	一般ガス					26	7
一般ガスB	一般ガス						
一般ガスC	一般ガス						
塩素系ガスA	塩素系ガス					14	8
塩素系ガスB	塩素系ガス						
塩素系ガスC	塩素系ガス						

各資材について集計 (CG指標)
Kg (製品単位当り)
材料単価
環境影響度

CG1=M1 × C1 × K1
CG2=M2 × C2 × K2

優先順位付け
物質種類に分類
CG指標(分類計)でソート

ある半導体製品の製造で使用する資材をランキング順に並べた結果、図 29 に示すようにフッ素系ガス、アミン系薬液、シリコン系薬液が上位を占めていることが分かった。

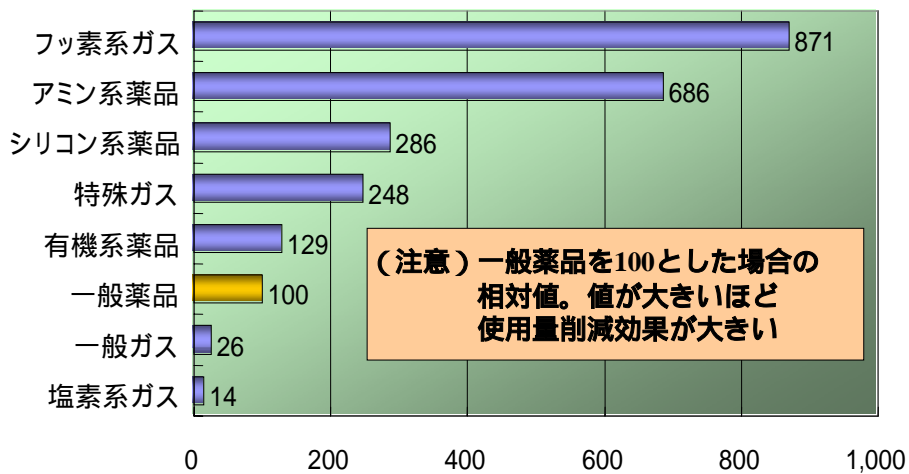


図 29 半導体製品製造工程での使用物質ランキング表

(3) 改善事例及び環境会計効果

[改善事例]

ランキング順に並べた結果で上位となったガス、薬液の代表的な改善例

- ・フッ素系ガス（フッ化系クリーニングガス）の削減（約 9 %削減）
成膜装置について FTIR⁵によって分析を行い、排ガスの分析結果によりクリーニング時間を 240sec から 220sec（代表値）へ変更することにより、フッ化系クリーニングガスの使用量を従来と較べて約 9%削減した。
- ・シリコン系薬品（絶縁膜用研磨液）の削減（約 35%削減）
研磨液流量を 200cc/min から 130cc/min へと変更することにより、研磨液の使用量を従来と比べて約 35%削減した。

[環境会計効果]

環境会計の資源循環効果として、当社の半導体製品製造工場である三重工場では、トライアルを開始した 2002 年度は 0.74 億円であったのに対し、活動が本格化した 2003 年度は 3.46 億円、特に化学物質削減効果は 2002 年度が 0.4 億円に対し 2003 年度は 3.35 億円と約 8 倍の成果となった。

⁵ FTIR(Fourier Transform InfraRed spectro photometer) : フーリエ変換赤外分光分析計

7. マテリアルフロー分析手法を使った中小製造業における生産効率改善を通じた環境負荷低減プログラム

- PIUS-Checkの中部地域におけるパイロットプロジェクト -

7.1 PIUS-Checkとは

PIUS-Check は、自社内で効率化に取り組むことが困難な中小企業への支援プログラムとしてドイツ、ノルトラインヴェストファーレン（NRW）州の効率化エージェンシー（EFA）により開発され、活用されてきた。EFA は、製品・生産プロセスに統合された環境保護を意味する PIUS（Produktionsintegrierter Umweltschutz）という考え方を基盤に置いたサービスを行っている中小企業向け効率化コンサルティング機関である。

この内容は、マテリアルフロー分析手法を用いて、生産工程における物質の流れを洗い出して数値化することにより、どの工程でどれだけのムダが出ているのかを経験値や予測ではなく数値として把握し工程の効率化を図るというものであり、以下の4つのステップで構成されている。

初期ミーティング：EFA スタッフが中小企業を訪問し、PIUS による改善ポテンシャル（有効性、妥当性）を把握する。

マクロ分析：企業が選定した専門コンサルタントが、企業内で対象となる製造工程全体のマテリアルフロー分析（マクロ分析）を実施する。この段階で中間ミーティングを行い、効率改善の可能性が高そうな工程を2~3選り、ミクロ分析の検討工程を決定する。

ミクロ分析：効率改善可能性の高そうな2~3の工程について更に詳細なマテリアルフロー分析を行い、代替製造工程コンセプトを作成する。具体的な解決策や他部門への影響を評価する。

コンセプトプラン：ミクロ分析の結果から、生産プロセスの改善策を開発する。改善策を含めた代替製造工程とその費用対効果を経営層に報告する。

企業にとっての PIUS-Check 参加のメリットは次のようなものが挙げられる。PIUS-Check を通じて、省エネルギー、節水、排水の減少、廃棄物の発生抑制などによりコスト削減が実現し、投入資源が減るなど資源効率が向上する。導入前は積極的でなかった企業も、実施後は概ね満足し、継続的に EFA との共同プロジェクトを行っている企業が多い。

顧客企業は、実施に際して社内のプロジェクトマネージャーを選任し、内部資源データを採取する。EFA は、技術コンサルタント事務所の選任とコンサルティングプログラム全体の品質保証を行い、技術コンサルタントは、マテリアルフローの解析、顧客の製造工程改善策の策定コンサルティングを担う。

2008 年現在、ドイツでは 400 件を超える PIUS-Check 実施の実績があり、環境負荷の軽減と共に、企業の競争力を高めることに成功している。対象の業種は、金属加工、印刷、食品、化学、機械製造等、多岐に渡る。ドイツ国内のみならず EU 諸国でもその実績は高く評価されており、ドイツ国内やヨーロッパ各国で、EFA との共同プロジェクトや同様のプログラムが実施されはじめている。

日本でも 2005 - 06 年の「日本におけるドイツ年」をきっかけに NRW 州政府と EFA の支援の下、パイロットプログラムが 4 件実施された。この内、中部地域で行われた 3 件については、株式会社フルハシ環境総合研究所が日本側の窓口・技術コンサルタントを務めた。

7.2 中部地域での事例

事例 三惠工業株式会社（パイプ椅子製造業）

企業概要

資本金：約 5,000 万円

従業員数：約 80 名

取扱製品：オフィス用イス、折りたたみイス、等各種イスの製造販売

ISO14001、ISO9001 取得済み

三惠工業はパイプ椅子を中心とした製品を製造する売上高約 23 億円、従業員 80 名余りの中小製造業である。中小ながら OEM 生産が中心で全国有数のシェアを有している。三惠工業では粉体塗装工程、塗装焼付けの廃熱（排ガス）利用、脱脂洗浄水処理工程が検討された。

塗装工程では、廃棄物削減・コスト削減のため、粉体塗料の回収は 4 種類（ライトグレー、ダークグレー、グレー、シルバーメタリック）の色が可能となっていた。しかし、塗装色の段取り替えに要する時間を削減することを優先し、現在では単価の高いシルバーメタリックしか回収せず、残る色は吹き捨てしている。単価は安いですが、使用量が安定的に多いライトグレーの回収条件を強化し回収率を高めることで、粉体塗料の使用量と廃棄量を削減することができ環境面からも改善が期待できることがわかった。

また、塗装焼付け炉の廃熱を再利用することで炉内雰囲気温度を常温から設定温度まで加熱する LPG の使用量を理論上減らすことが出来、年間約 12 万円のコストダウンが見込めた。

さらに、脱脂洗浄水の排水ルートでは数年前に行われた塗装工程の見直し後、排水処理設備は従来のものがそのまま残されていた。新しい工程からの排水を処理する上で生分解処理がされていたが、水質検査をしたところそのまま放流しても問題ない水質であった。24 時間稼働の排水処理設備を止めることにより、年間約 37 万円の電気料金が削減できることが見込めた。



事例 金属加工メーカー A 社

企業概要

資本金：約 6 億円

従業員数：約 1,600 名

取扱製品：金属加工製品等の設計・製造・販売等

工場：全国 4 工場

対象事業所（工場）

従業員数：約 700 名

ISO14001、ISO9000 取得

金属加工製品等の設計・製造・販売等を行う企業 A 社の工場では、ISO14001、ISO9001 を取得しており、これまでも環境取組みや生産効率改善のための活動に積極的に取り組んでいた。

工場全体における、資源及びエネルギー投入量（インプット）と、製品及び廃棄物、排出物

(アウトプット)の情報整理を行いマテリアルフロー図(図30参照)を作成し、マクロ分析を行った後、塗装工程及びメッキ工程について、具体的な改善の可能性を探るミクロ分析(図31参照)を実施した。

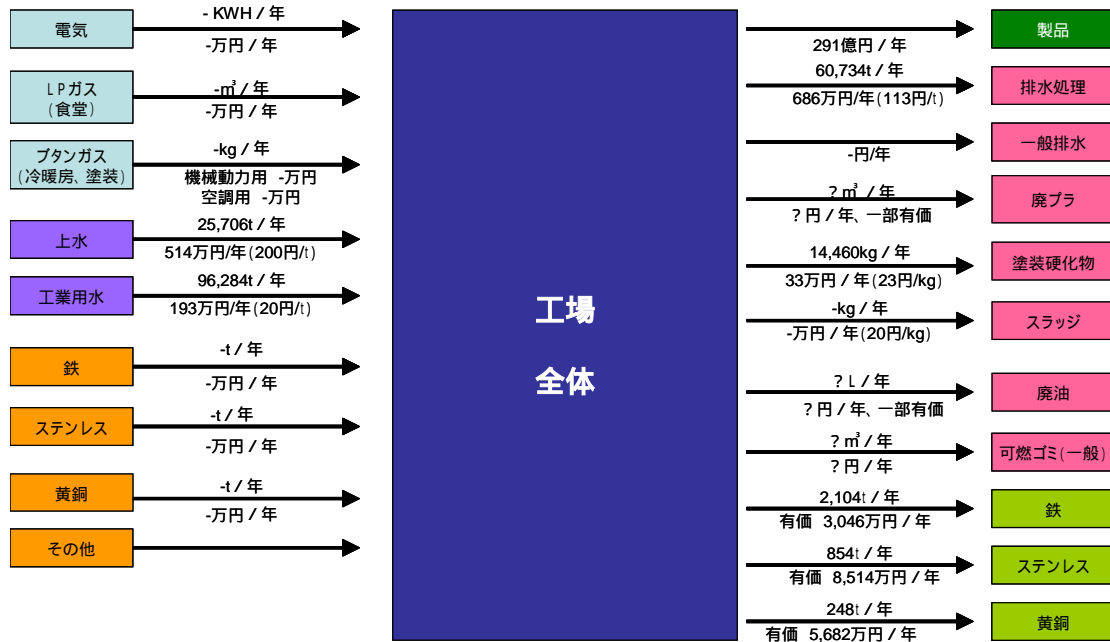


図30 マテリアルフロー図(マクロ分析)

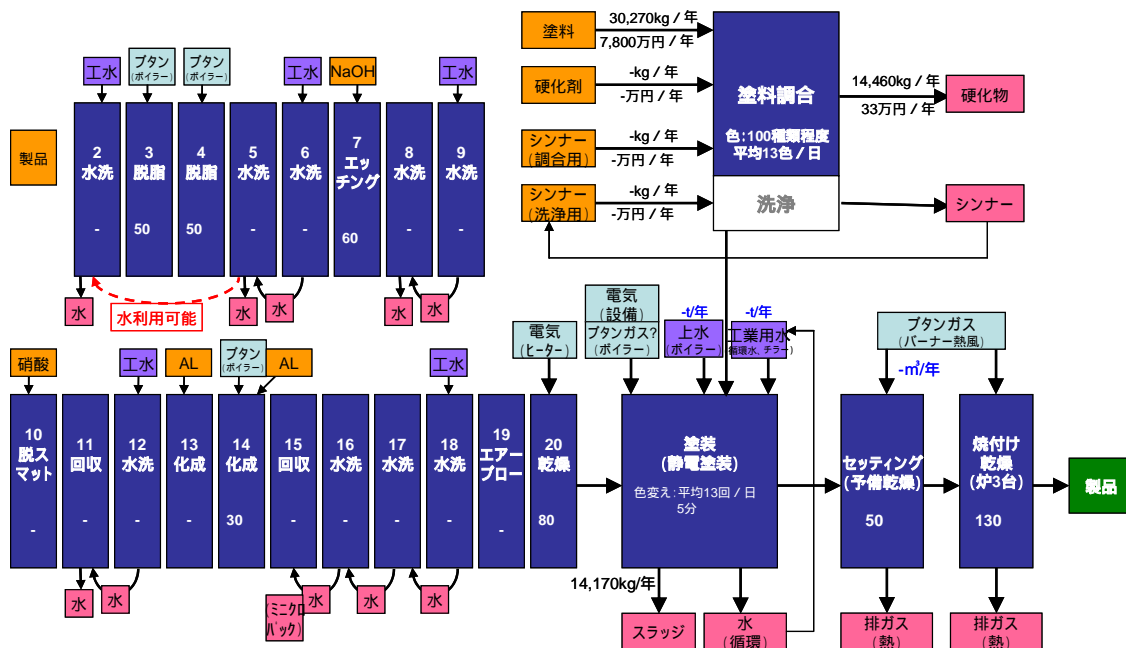


図31 マテリアルフロー図(ミクロ分析)

ISO 認証取得などの経験から、エネルギー使用量等のデータは社内に蓄積されていたが、工程ごとにブレークダウンすると、資源やエネルギー利用の詳細が把握されていない部分も多く見られた。

PIUS-Check 導入以前は、企業内でマテリアルフローが十分に把握されておらず、社内で収集しているデータも資源効率改善のためには十分に活かされていなかった。以下、分析の結果、明らかになった課題のうち2点を紹介する。

分析結果 : 水のコスト意識

マテリアルフロー分析の過程で、水の使用量が多いことが指摘されたが、企業側の認識は、「工業用水を安く使っているので、水はタダみたいなもの。あまりコストがかかっていないので、水使用量削減に力を入れてもコストメリットはでないだろう。」ということであった。水に関するコスト意識は他の企業でも同様の物が多かった。しかし、マテリアルフロー分析で工場内・工程内での水の流れとそれにまつわるコストを洗い出していくと、排水処理に関するコストが、水にかかわるコストとしては認識されていなかったことが明らかになった。

「見えていたコスト」:

上水 + 工業用水購入費用 700 万円 (/年)

「見えていなかったコスト」:

排水処理にかかる費用 700 万円 (/年)

コストを「見える化」した結果として、節水意識が向上した。

分析結果 : 硬化廃棄物

現場の担当者は、塗装工程で硬化物が大量に出ているということを社内の改善課題として挙げていた。しかし、硬化廃棄物にまつわるコストとして、廃棄処理の委託コストのみが認識されていた。硬化した塗料（廃棄物）は、塗料、硬化剤、及び溶剤の購入費用に換算すると塗料使用量全体の 38.8%、売上の 1.5% を占めることが明らかになった。つまり、マテリアルフロー分析を通じて、コストの「見える化」が行われたのである。

資源のムダやそのコストを数値化することにより、どれくらいの費用をかけて対策を講じ、どれくらいの節約が可能になるかを明確にすることができた。

当初、2 コートの塗装の、1 コート目の塗料を 2 コート目の塗料に合わせていたため、その都度段取り替えが発生していた。このため 1 コート目の塗料の種類を限定し、高価な塗料を減らすとともに段取り替えを減らすことで 1,000 万円相当の塗料削減効果が見込めることがわかった。

A 社は優良企業であるが、塗装工程、めっき工程等は周辺工程であり、20 年以上前に工程設置を外注し、社内では通常のメンテナンスに限定し、あまり改善の取組みが行われてこなかった。PIUS-Check を契機にそうした部門にも光を当てた取組みが行われつつある。

事例 製麺業B社

企業概要

資本金：約 6,000 万円

従業員数：約 70 名

取扱製品：麺類（生めん、ゆで麺、蒸し麺、調理麺）の製造・卸売業

ISO9001、ISO14001 取得なし

B社は麺を中心とした食品を製造する売上高約 33 億円、従業員約 80 名の中小製造業である。生麺やゆで麺、焼きそばの蒸し麺などをはじめ、調理麺も製造し、大手スーパー、コンビニエンスストア、学校給食にも供給している。製造工場の中は室温 15 度以下に保たれ、24 時間稼働のラインはコンピューターで制御している。

B社では、水の使用量が多く地下水の汲み上げ量が多い反面、各工程における詳細な水の使用量は定量化されていなかった。水に関しては、段取り替えの際にも必要のない水を追加投入しているため、バルブコントロールを自動化することによって水の使用量を削減できることが見込まれた。バルブコントロールの投資額約 90 万円に対し費用削減額年間約 80 万円で償却年数は約 1.1 年と計算される。

ゆで麺工程では、ゆでこぼしの熱水を熱回収し、釜に投入する水道水を余熱することでボイラー燃料の使用量を削減することが見込まれた。熱交換器の投資額約 230 万円に対し年間費用削減額約 250 万円で償却年数は約 0.9 年となる。

7.3 導入の成果

中部地域で行われた3社のパイロットプロジェクトの結果、年間約 2,400 万円のコスト削減、約 16.3 t の CO₂ 排出削減の可能性が明らかになった。環境負荷低減及びコスト削減という観点からの改善見込みは表 5 の通りである。

PIUS-Check を実施した結果明らかになった各社共通の課題は以下の通りである。

いずれの企業も ISO14001 等でエネルギー使用量の全体把握は行っていたが、どの工程でどれだけ使われているか、という把握はできていなかった。

材料の調達・製造には品質・コストに気を配っているが、廃棄・廃熱のコスト（ムダ）には意識がまわっていない傾向が多数見られた。（例えば、水はタダ同然と思っていたが、排水コストを考えると大きなコストがかかっていた。）

全体そして工程ごとのマテリアルフロー、エネルギーフローが作成されていない。エネルギー使用量の把握は行っていたが、違う目的で管理しているため、フローに落とし込むことが難しかった。

これまで、日々の業務に追われて、目に見える問題に対しての対処療法的改善が多かった。課題意識を持っている工程について PIUS-Check を実施したにも関わらず、専門家および第三者の視点で見ると「当たり前でない」ことが、企業内では「当たり前」になっており改善が進んでいなかった。

表 5 PIUS-Check 結果の削減見込み

	環境効果(削減量)内訳		削減コスト/年 (単位:千円)	CO ₂ 削減量 (kg/年)
三惠工業株式会社	ブタンガス (kg/年)	1,810	1,082	19,066
	塗料(資材) (kg/年)	223		
	塗料(硬化廃棄物) (kg/年)	223		
	電気量 (kWh/年)	29,618		
A社	塗料(資材) (kg/年)	7,760	20,467	878
	塗料(硬化廃棄物) (kg/年)	7,760		
	水 (t/年)	2,440		
B社	電気量 (kWh/年)	584	2,501	142,773
	重油 (L/年)	47,666		
	水 (t/年)	3,942		
3社合計			24,050	162,717

2006年8月～3月に実施したPIUS-Check、3社分のデータより計算
 CO₂削減量は、水、電気、重油、ブタンガス削減量を換算
 CO₂排出量換算係数は、全国地域別環境家計簿より愛知県のデータを使用
 数値はあくまでも概算

7.4 参加企業の声

PIUS-Checkに参加した企業2社の担当の方々から、PIUS-Checkに参加した成果及び感想を頂いた。

三惠工業株式会社 専務取締役 大森久男氏

PIUS-Check導入を検討した際には、社内での水・電気の消費量や廃棄物の量が増加傾向にあり、少なからず問題となっていました。また新倉庫が完成し、組立から出荷ラインのレイアウト変更を控えている時期でもありました。そこで、生産工程のさらなる効率化と、製品の品質向上を進めるにあたり、環境負荷低減を目標に活動する環境保全委員会が中心となりPIUS-Checkを受けました。

PIUS-Checkの主となるマテリアルフロー分析は材料、エネルギー、製品、廃棄物などすべての資源の流れを整理するものですが、従来の購買-出荷システムでは対応できず、集計に苦労しました。ただ、製品のLCA評価を進めるうえでもマテリアルフローを明らかにすることは重要ですので今後の課題として集計できる形態をつくる必要があると考えています。

PIUS-Checkを進める過程で、この集計作業が遅々として進まず、品質向上や不良品の削減につなげることが出来ませんでした。工程内不良が減れば、無駄な資源や労力を削減できるのでこの点は残念に思います。

今回のPIUS-Checkを通して得た3点の提案に対し実施を始めたものもあります。今回は、

品質の向上には直接つなげられませんでした。いくつか効果は見られます。PIUS-Check への参加をきっかけに改善活動が活発になってきた地盤もありますので、ここで学んだものを活かして、より良い製品づくりに挑戦しつづけたと思います。

金属加工メーカーA社

・PIUS-Check の指導を受けてみて感じたこと

当社は過去数十年に渡り改善活動に取り組んできました。これまで進めてきた改善活動以外にも KI⁶法などの改善手法も取り入れてきました。PIUS-Check の話があったとき、どの程度の効果があるか予測できなかったため、多少の不安がありました。結果的には我々が見落としていた点について発見する方法を教えていただいたこと、製造技術に関する知識が入手できたこと、即ち、勉強が足りなかったことを教えていただいたことについてメリットがあったと思っています。今後は、教えていただいたことを基に、マテリアルフローコストの考え方をいれた改善活動を進めていくと共に、製造技術についても勉強していかなければならないと考えています。

・今後の方向性

日本国内の改善活動は TQC を基にしたものが多いと思います。PIUS-Check と TQC の手法は矛盾するものではなく、補完するものと考えます。TQC もいろいろ変形したものがあるように、今までの改善活動の中に取り入れていけば良いのではないかと思います。そのためには、手法及び製造技術について優れた専門家を養成する必要があると思います。

⁶ KI : Knowledge Intensive Staff Innovation (知的専従スタッフに対する改革)
開発・設計・技術・品質等に従事するスタッフの仕事のやり方や意識の改革

8. よくある質問と回答

一般的に MFCA には向き・不向きのある工程があるか？

製造業、中でも加工業のように正規工程の中で廃棄物が出る業種や工程では非常に有効である事が確認されている。組立等、材料の廃棄物があまり排出されない場合でも、補材（溶剤や消耗品など）を多く使用している場合は、投入に対して製品になる割合が少ないので、分析してみると今まで見えなかったところが見えてくる。製造業以外の事例はあまりないが、応用範囲は広いと思われる。サービス業や、流通業などでも廃棄物の出ている業種、工程では有効と思われる。

材料廃棄物も補材の廃棄物も出ない、不良品だけが排出物の場合で、従来から損品管理や失敗コストの管理がしっかりされていれば、MFCA の分析結果も従来の管理の結果と同様になるので、新たに MFCA を導入する必要はなさそうである。

準備期間を含め（研修、データ収集など）、どれくらいの工数がかかるか？

初めて導入するときは、MFCA を理解してもらうために導入職場の工程の詳細な聞き取り調査をしてマテリアルフローを作成、マテリアルフローに沿ったマテリアルのデータ収集、エネルギーデータ、システムコストのデータ収集、収集したデータを整理して報告資料出しまで、現場の生産に支障をきたさないよう 1 日 1~2 時間の聞き取り調査を週に 2~3 回と改善計画検討期間を 2~3 週間を合わせて 3 ヶ月かかる。しかし、工程の大小・複雑さ・既存のデータ整備具合により変わってくる。

又、現場から工程やデータの詳しい専任者を出してもらって、MFCA にかかりきりで行えば改善計画前までで、2~3 週間有ればできる。しかし、これは現実的ではなく、初めての場合は不足データもあり、1 ヶ月間の不足データ採りも含めて約 3 ヶ月と見たほうが良い。集計フォーマットが出来て、データもそろってくれば、分析は数日でできるようになる。

MFCA が上手いいかないケースはあるか？

MFCA の導入の成否は、導入対象工程に対する十分な理解と、改善への見通しに依存する。導入工程に関しては、廃棄物が出ていたり、エネルギー多消費型のプロセスを選定することが重要である。また、改善に当たっても、製造ラインの方々や関係部署と協力関係を築くことが大切である。結果が出て、改善を担当する部署の協力がなければ MFCA の効果は実現されない。改善には、短期的に効果の出るものばかりでなく、中長期的に効果を追求すべき課題もあるので、製造ラインだけでなく、調達や販売、設計開発、品質管理などの部署との協力も重要になる。このような協力関係を構築するためには、MFCA の導入をできるだけ全社的な合意のもとで進めることが不可欠で、その意味でトップ経営層の関与が求められる。その意味で小さく導入するよりも、大きく導入したほうが効果が出る可能性は高まる。逆に言えば、このような条件がそろわない場合は MFCA が必ずしもうまくいくとは限らない。

データ収集のために追加コスト（設備、人的コスト）の発生はないか？

導入時どれだけデータがあるかによる。現場できちんと投入量や廃棄物量を記録し、品質管理がなされていれば、心配するほどのコストはかからない。スタッフが居れば日常作業の中でまかなえる範囲である。データが何も無ければ、データに収集をルーチン作業の中に入れておかなければならないので、工数が増える可能性はあるが、それは MFCA のためというより、

一般的に採るべきデータ（経営的に、品質的に必要なデータ）である。

MFCA をやらなくても問題点は始めから浮き彫りになっていたのではないか？

そのようなケースもある。ただし、漠然と「この材料のロスが多い」とイメージとして浮き彫りになっているだけで、その感覚は人によってさまざま、MFCA 導入により、そのイメージが物量と金額で定量的に見える化され、具体的に問題点が共有化される。

以後の活動の計画が同一ベクトル化して実施される。

MFCA を計算するポイント(物量センター)の決定に当たっては、工程を熟知しておかねばならず、その決定が難しいのではないか？

基本的には、その職場が主体になって分析するので、初期導入のときは現場の工程を熟知している人から聞き取り調査をしながら、工程を漏れなく書き出し、レベルを合わせてからスタートする。物量センターはその職場の人と相談して、インプットとアウトプットのデータの採れる範囲で、有効なデータが得られるように、複数の工程をまとめたりしながら決める。物量センターの決定により、その分析が改善に結びつく非常に有効なものになるか、ただデータをまとめただけで改善の方向性の掴みづらい物になるかが決まるので物量センターの決定は非常に重要である。ここでは、現場の責任者やスタッフと十分に話し合うことが必要である。

固形廃棄物のロスのみでの把握しかできないか？ 大気放出、水域への排出、VOC などの化学物質の取扱いはどうなるか？

MFCA は工程への物質のインプットとアウトプットを量と金額で把握する手法なので、固体以外の化学物質についても、投入して製品にならない分はすべてロスとしてカウントする。固体以外の物質についても工程からのアウトプットについて、できる限り測定したりして把握すると問題点が明確になる。例えば、回収して再利用される分。回収して化学処理して廃棄される分。吸着剤などで捕集して廃棄される分。ただ単に廃液として処理される分。残りは揮発して大気に放出される分として算出する。

MFCA は、サプライチェーンで適用できないか？

MFCA はサプライチェーンで導入する方が環境面から言えば効果が高くなる。逆に言えば、サプライチェーンで最も環境負荷の大きいところはどこか、その原因は何かを分析するツールとして MFCA を活用することができる。しかし、MFCA をサプライチェーンに適用するためには、企業の壁があるため難しい問題がある。特に、原価情報を共有することは異なる企業間ではほぼ不可能といってもよい。しかし、その場合でも、継続的な取引関係がある場合は、物量情報を共有するだけでも、どこに製造の非効率が存在していて、その原因は何かを理解することが可能になる場合がある。MFCA のサプライチェーンへの拡張は物量情報をベースに、相互に協力関係を持って進めることが重要である。

アッセンブリーではあまり廃棄物が出ないが、MFCA をやっても意味がないか？

MFCA では主要部品以外に、補材も扱うので、補材が多ければ、見てみる価値はある。補材も少なく、損品管理がしっかり出来ていれば、MFCA の結果も同様になるので、従来の管理でよい。ただし、工場から市場に出荷された製品が売れずに市場から除却される部分は、

通常は工場の廃棄物ではないため工場管理からは除外されているが、この部分までマテリアルのフローを拡張すれば、MFCAの適用可能性は大いに広がる。現在、この部分まで拡張したモデルはほとんどないが、今後の研究が期待される。

分析結果をもとに改善策を練る場合、どの部門が責任を持つべきか？

改善はまずは現場でできるところから手をつけて成功体験を積み重ねていくのが良い。大きな改善になれば、製造部門から声を出して、技術や設計、その他関係部門を巻き込んで進める。改善の内容により責任部門を分担して明確にする。現場責任者かまたは事務局が定期的に、進捗報告の場を設けて、それぞれの責任部門から報告してもらおうと良い。

9. 今後の方向

本ガイドラインでは、各社において製品製造に伴う廃棄物をいかにして少なくすることが実現できたかの事例を紹介した。このことは、製品へのコストダウンのみならず環境負荷の削減にもリンクしていることも示している。そのために今回は、環境負荷の削減を可能な限り数値で“見える化”を試みた。

このように MFCA は、環境負荷との密な関係のため ISO/TC207（環境マネジメント）にて規格作成検討が 2007 年から開始され、2008 年から正式にスタートした。日本から提案し、中心となって活動しており、2010 年度の規格発行を目標に進めている。

IPCC(気候変動に関する政府間パネル)やマスコミなどの報告でも、温暖化による地球の深刻な状況が報告されている。特に今年 2008 年から京都議定書の約束期間が開始され、温暖化対策の声がいつそう大きく聞かれる。今後は、次のステップとしてこの環境負荷を軸にした環境指標を生み出すことである。そのためには、今回の事例を参考にしていろいろな分野でマテリアルフローコスト会計を使っていただき、その結果として、生みだされた指標で各社が競いあうことを期待したい。このためにも MFCA の国際規格化は必須条件である。コスト削減と同時に環境負荷削減に貢献でき持続的な社会形成の実現に近づけるための第一歩としたい。

なお本報告書では、マテリアルフローをベースにした手法を幅広く取り上げる目的から、MFCA 以外の手法も紹介した。MFCA の国際標準化が進められているので、類似手法と MFCA の相違点の理解も今後は整理する必要があることを指摘しておきたい。

10. 参考文献

- ・『環境管理』社団法人環境管理協会
連載「実践マテリアルフローコスト会計」 平成 17 年 10 月号から
- ・『工場管理』日刊工業新聞社
連載「MFCA 入門」
平成 19 年 9 月号～平成 20 年 2 月号（計 6 回）
- ・『企業会計』平成 19 年 11 月号 中央経済社
特集「マテリアルフローコスト会計の実践：環境管理会計による原価低減と環境配慮」
- ・『マテリアルフローコスト会計～環境管理会計の革新的手法～』
國部克彦，中畠道靖 日本経済新聞社，2002
- ・小竹暢隆，船橋康貴，堀越哲美，「PIUS チェックと東海地域の中小製造業への展開」，
日本生産管理学会，第 26 回全国大会論文集，pp53-56，2007
- ・ Odake. N, Furukawa, and Funahashi, Enhancing the Competitiveness of SMEs through Environmental Approaches: a Case Study of Two European Programs, EFA and EBP. paper to be presented at the Eighth Asia Pacific Industrial Engineering and Management System and 2007 Chinese Institute of Industrial Engineers Conference, Kaohsiung, Republic of China, Dec. 2007

関連ホームページ

- ・ 経済産業省 http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/index.html
- ・ 大企業向け MFCA のホームページ <http://www.jmac.co.jp/mfca/>
- ・ 中小企業向け MFCA のホームページ <http://www.j-management.com/mfca/>
- ・ EFA ホームページ <http://www.cleanerproduction.info/>

環境経営評価手法研究 WG メンバー (五十音順、敬称略)

座長	栗原 清一	富士通(株)環境本部プロジェクト部長
メンバー	安城 泰雄	キヤノン(株)環境本部環境企画センター担当部長
"	川口 清二	富士通(株)環境本部環境技術統括部プロジェクト課長
"	上林 志朗	シャープ(株)環境安全本部グリーンプロダクト推進部副参事
"	木村 徹	キヤノン(株)環境本部環境企画センター環境評価部担当部長
"	國部 克彦	神戸大学大学院経営学研究科教授
"	斉藤 好弘	サンデン(株)環境推進本部部長
"	佐藤 明弘	日本電気(株)CSR推進本部環境推進部環境エキスパート
"	澤田 孝	日本電信電話(株)情報流通基盤総合研究所環境経営推進プロジェクト主任研究員
"	菅野 伸和	松下電器産業(株)環境本部環境渉外・企画担当部長
"	杉山 泰之	日本電信電話(株)環境推進室担当部長
"	中村 忠行	(株)東芝環境推進部
"	沼田 雅史	積水化学工業(株)R&Dセンターモノづくり革新センター部長
"	則武 祐二	(株)リコー環境本部環境経営企画室室長
"	前川 均	(株)日立製作所情報・通信グループ環境推進センター主任技師
"	牧 多恵	あずさサステナビリティ(株)(大阪)マネージャ

7章執筆 株式会社フルハシ環境総合研究所 古川智美

【本書に関するお問い合わせ先】

事務局：日本環境効率フォーラム事務局

〒110-0044 東京都千代田区鍛冶町二丁目2番1号

社団法人産業環境管理協会

製品環境情報事業センター 環境情報事業推進室

TEL / Fax: 03-5209-7708 / 03-5209-7716

E-mail: eco-efficiency@jemai.or.jp