

多品種小ロットの精密板金加工における MFCA

—— テイ・エス・コーポレーションにおける事例

小倉 礁

富士通エフ・アイ・ピー株式会社環境システム部
(エコステージ主任評価員)

テイ・エス・コーポレーション(株) (以下、TSC とする) は精密板金・プレス加工の会社であり、これまでも環境経営への取組みとして、第三者認証環境マネジメントシステム (EMS) であるエコステージを認証取得し、環境保全・対策へ積極的な活動を展開してきている。TSC は、昨今の他社との競争激化や原材料・原油価格高騰に対し、企業体力を強化する目的で、EMS の継続的改善ツールとしてマテリアルフローコスト分析 (MFCA) の導入を行った。

事業の主要原材料であるステンレス鋼に着目した MFCA の導入は、会社としての数値目標が明確となり改善活動のきっかけとなったこと、検討過程において従業員の共通認識の場が提供されたこと、部署を超えた改善活動提案がなされたことなど、従来より一層従業員の取組み意欲が増進され、ロスの改善によるコスト削減・利益創出だけではない効果が得られた。

はじめに

現在、精密板金加工業をめぐる社会情勢は厳しさを増してきており、納入先となる大手企業からの注文は、低価格・高品質・短納期が前提条件であり、他社との競争が激化している。

低価格については、昨今、大手企業工場の中・東南アジア等への海外進出に伴い、国内生産では太刀打ち不可能な低価格大量生産が実現してきているため、大ロット製品は大半が海外生産へと移行している。そのような中、TSC は国内企業の生き残り戦術として、小ロット多品種・短納期という大手企業の注文に即時対応していくという方法を選択している。価格面ではさらに、国内企業間の競争も存在する。首都圏近郊に立地するのは時間的には有利な面はあるものの、人件費から見ると地方よりも割高となってしまう、競争が激しくなるにつれ受注単

価も抑えられ厳しい状況が増している。さらに、この1～2年における原材料価格や原油価格の高騰により、コスト面で会社経営が非常に圧迫されてきている。これらの悪条件に対し、従業員の効率化努力などにより対処しているのが現状である。

このような状況の中、EMS による全社活動をさらに活性化させ、従業員全員で取り組む改善活動のきっかけとして、数値目標の明確化が可能となる MFCA の導入を行った。この結果、検討過程において従業員の共通認識の場が提供され、部署を超えた改善活動提案など、従来より一層従業員の取組み意欲が増進され、ロスの改善によるコスト削減・利益創出だけではない企業体力強化の効果が得られ、MFCA が EMS の継続的改善に対し有効なツールとなることが示唆された。

1 会社概要

TSC は栃木県小山市に生産工場を有し、精密板金・プレス加工を中心事業とする従業員数約 50 名の会社である。通信機器を中心とした精密板金部品、機械加工部品の加工から機構・装置組立までの一貫製造をしており、小ロット多品種生産への対応を強化するために、先進的に数値制御（NC）化・自動化を進めながら精密板金加工分野の高度化を進めてきている。また、環境経営への取組みとして、エコステージを 2006 年 6 月に認証取得しており、環境保全・対策へ積極的な活動を展開している。

MFCA の観点からみた TSC の事業の特長は表 1 に示す通りである。特に、小ロット多品種の受注生産というところが、大きな特長であるといえる。

表 1 マテリアルフローコスト分析の観点からみた事業の特長

- (1) 工場では、精密機械のフレーム類などの板金プレス加工と、それらの組立を実施
- (2) メッキ、塗装等の工程は外注
- (3) 顧客からの受注は、小ロット多品種のものが主
- (4) 受注から納品までの期間が短く、中長期的な生産計画が立てにくい状況
- (5) 使用する原材料のステンレス鋼・鉄板・アルミ板は、各々に複数の材質と板厚が存在し、材料種類が数十種以上になる

2 MFCA 導入対象

MFCA の対象は、原材料に着目しステンレス鋼板とした。その理由は、TSC は小ロット多品種での受注生産が中心であり、製品数が非常に多く、恒常的に量的に優先する製品を特定することができないため、ある製品で MFCA を実施した結果をそのまま他製品に適用することが難しいからである。さらに、原材料となる金属板の違いによる工程の違いはほとんどないこと、通常 1 枚の板から複数種類の製品を抜いて加工するため、製品一つあたりの原材料量を特定することが難しいことが、主要原材料となるステンレス鋼単位で MFCA を実施した理由である。

対象としたステンレス鋼の一般的な製品製造工程の概要を図 1 に示す。

各々の工程の特長は表 2 の通りである。

表 2 に示した一連の製造工程から、ロス量の発生が多いと予測される板金外形・成形加工、曲げ加工を MFCA 対象とした。MFCA で設定した物量センターの範囲を図 2 に示す。

このうち、マテリアルロスが多いと考えられる「抜き加工」のマテリアルフローを図 3 に示す。

「抜き加工」では、原材料板へ製品図面を割り当てるレイアウト作業（ネステイング）が非常に重要であり、設計図面の引き方により材料 1

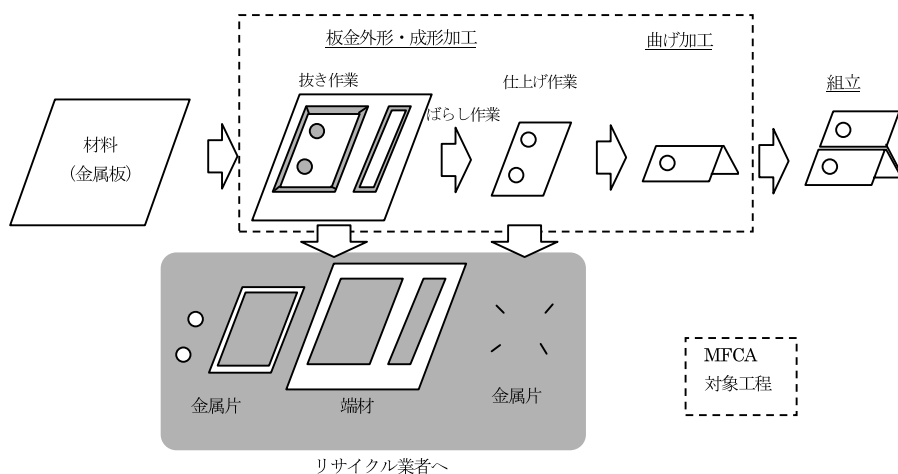


図 1 製品製造工程の概要

表2 各工程の特長

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

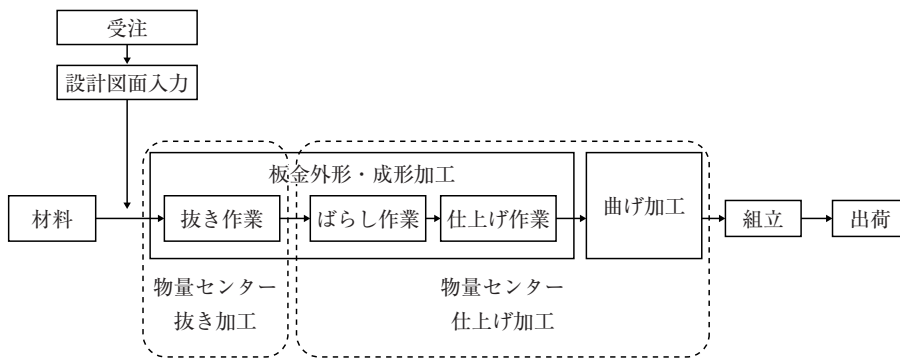


図2 製造工程と物量センターの範囲

物量ステージ：抜き加工

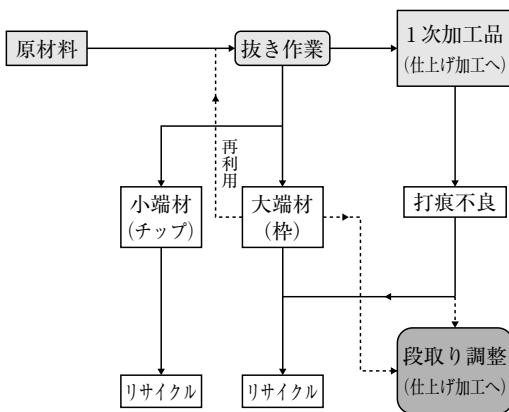


図3 抜き加工のマテリアルフロー

枚ごとの歩留り率が決まる。抜き作業における原材料と部品及び端材との関係を図4に示す。

抜き加工では、端材1～4と4種類の端材が発生する。各端材の特長を表3に示す。

3 計算の基本的な考え方

本調査では、ロス軽減の効果が高いと考えられる端材1、2の発生量を把握するために、調査期間中のNCタレットパンチ機械への設計指示書ごとのデータを整理し、インプットとなる原材料投入量とアウトプットとなる製品生産重量を求めた。

また、製品単位ではなく原材料単位でMFCAを実施することとしたため、会社全体

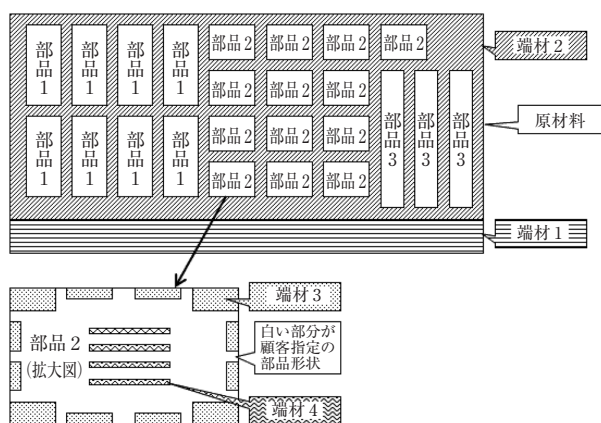


図4 抜き作業における原材料と部品との関係

表3 端材タイプ別の特長

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

でしか把握できない加工費データ（システムコスト、エネルギーコスト）の接分などは、以下の原材料全体に占める対象材料比率を用いて算出した。

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

4 計算結果

4.1 マテリアルフローコストマトリックス

計算結果を表4及び図5に示す。なお、この表・グラフは架空の数値を基にして作成した、材料板から各種製品を作るための1か月間のコスト計算結果である（単位は千円）。

MFCA 計算の結果、負の製品コストの発生は、マテリアルコスト、システムコストの順に多いことがわかった。

投入コスト全体に対し、負の製品コストが40%弱を占め、そのうち60%以上をマテリアルコストが占めており、マテリアルロスが大きいたことが明らかとなった。

4.2 データ付きフローチャート

MFCA 計算結果を1枚のシートでまとめたデータ付きフローチャートを図6に示す。

負のマテリアルコスト（マテリアルロス）は、抜き加工のマテリアルコストとシステムコストで大半を占めている（図中の点線枠①）。仕上げ加工の新規投入のシステムコスト（図中の点線枠②）は、直接労務費、直接労務費以外の直接費、間接費の合計値である。

計算結果をまとめると以下の通りである。

(1) マテリアルコストに関するロス

MFCA 計算の結果、ロス（負の製品コスト）

表4 マテリアルフローコストマトリクス

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

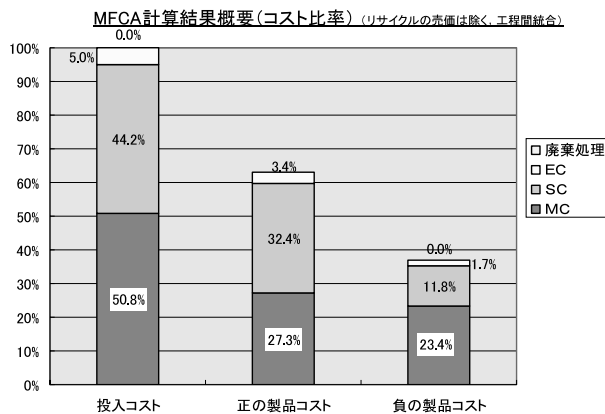


図5 MFCA 計算結果 (コスト比率)

は投入コストの約40%を占めており、そのうちの60%以上がマテリアルコストであった。また、マテリアルコストの大半は、抜き加工の段階で発生していることが明らかとなった。

(2) システムコストに関するロス

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

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

(3) エネルギーコストに関するロス

負の製品コストのうち、エネルギーコストが多く発生するのは抜き加工における電力使用量

分である。これもシステムコスト同様、マテリアルコストの正・負の製品物量比率を用いて按分し、エネルギーコスト全体の50%弱が負の製品コストと算定されたことによる。

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

5 考 察

TSCでは、今回のMFCA計算結果を受けて、社内全体で負の製品コスト削減に向けて改善の検討に着手した。検討では、マテリアルロスの改善のみならず、業務効率の改善も視野に入れた部署を超えた共同の改善提案もみられている。以下に、改善に向けた基本的な考え方を示す。

(1) 抜き加工におけるマテリアルロスの改善 ステンレス鋼のMFCA計算の結果、負の製

コスト項目	抜き	仕上げ
新規投入コスト計	386.0	96.9
(廃棄処理コストを除く)		
新規投入MC	245.1	0.0
新規投入SC	123.6	90.0
新規投入EC	17.3	6.9
前工程コストの引継ぎ計	0.0	208.2
引継ぎMC	0.0	132.2
引継ぎSC	0.0	66.7
引継ぎEC	0.0	9.3
工程毎の投入コスト計	386.0	305.1
(廃棄処理コストを除く)		
投入MC	245.1	132.2
投入SC	123.6	156.6
投入EC	17.3	16.3
正の製品コスト計	208.2	304.8
正の製品MC	132.2	132.1
正の製品SC	66.7	156.5
正の製品EC	9.3	16.2
負の製品コスト	177.8	0.3
負の製品MC	112.9	0.1
負の製品SC	56.9	0.2
負の製品EC	8.0	0.0
廃棄処理コスト	0.0	0.0
副製品、リサイクル材料売上		
売却価格	17.0	0.0

図6 データ付きフローチャート

品コストの多くをマテリアルコストが占めていることが明らかとなった。投入したマテリアルコストの半分近くが負のコストとして算定されたことは、予想以上であり、ほかの材料に対しても共通のコストが発生していると考えられる。このことから、「抜き加工」におけるマテリアルロスの改善波及効果は非常に大きいものであり、最優先で検討すべきテーマであるとの共通認識が得られた。

使用する材料板はNC タレットパンチプレス機にセットするために最低 10 cm 程度の糊しを必要とし、歩留り率は最大でも 90%程度が上限となるが、現状の平均歩留り率は 60%弱であった。

ネスティングにおいて、製品間の幅をある程度確保する必要があるが、歩留り率を 90%とすることは不可能であるが、現状の 60%弱という数値は改善の余地があると共通認識されることとなった。

これまで歩留り率は、ネスティングの設計指示書ごとには把握されていたが、総量で改善していくという発想がなかった。それが MFCA の結果を受け、トータルの歩留り率を向上させ

るという明確な目標を設定することが可能となった。

現在は、ネスティングに対するチェック体制、リピート品の先行作成、複数製品をどのまとまりでネスティングするのが効率的か、受発注とのタイミングで作成スケジュール調整がどこまで可能かなど、業務全般にわたる検討が進められている。

(2) ロス量、端材再利用量の把握

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

おわりに (EMS と MFCA)

TSC はエコステージを取得しており、環境マネジメントシステムを実践する下地が整っている。以下に、特に中小企業に着目して、EMS をより効果的に環境経営に結び付けていくための手段としての MFCA について考察する。

(1) 中小企業における MFCA 導入について

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

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

MFCA 導入の難しさは、ツールの使い方ではなく、上記の通り、どこのプロセスに対して MFCA を適用するかの見極めと、いかに少ない時間と手間ですべてデータ収集するかにかかっていると考え（中規模、中小規模企業では、MFCA

で利用できるデータの保有は少ない。それゆえに、導入企業にかなりの負荷がかかるため）。

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

(2) EMS との関係について

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

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

このような観点から、EMS と MFCA が車の両輪として機能していくことが、企業の環境経営を推進する上での望ましい姿の一つと考えられる。