



GRADUATE SCHOOL OF BUSINESS ADMINISTRATION
KOBE UNIVERSITY
ROKKO KOBE JAPAN

2009-15

石灰鉱山におけるマテリアルフローコスト会計

静 俊二郎

Current Management Issues



専門職学位論文

石灰鉱山における
マテリアルフローコスト会計

平成 21 年 8 月 22 日

神戸大学大学院経営学研究科
現代経営学専攻

所属研究室	三矢裕研究室
学籍番号	089B230B
氏名	静 俊二郎

目次

第1章はじめに.....	1
1.1 本研究の問いとその意義.....	1
1.2 本論文の構成.....	2
第2章 鉱山業における環境会計の現状.....	3
2.1 日本における環境会計の普及.....	3
2.2 鉱山における環境会計の現状.....	4
2.3 小括.....	6
第3章 MFCA の発展とサプライチェーンへの展開.....	7
3.1 MFCA の概要.....	7
3.2 MFCA の計算原理と有用性.....	7
3.3 有用性の判断.....	9
3.4 MFCA の日本での展開.....	10
3.5 MFCA とサプライチェーン.....	11
3.6 資源採取段階での MFCA の理論的考察.....	13
3.7 小括.....	16
第4章 本研究で用いた MFCA の計算手順と作成資料.....	17
4.1 マテリアル物量・フローチャート.....	17
4.2 マテリアルコスト・フローチャート.....	17
4.3 システムコスト・フローチャート.....	18
4.4 廃棄物処理コスト・フローチャート.....	20
4.5 フローコスト・マトリックス.....	20
第5章 石灰鉱山における MFCA の計算結果.....	22
5.1 対象とする石灰鉱山.....	22
5.1.1 工程と物量センター.....	22
5.1.2 使用したデータ.....	24
5.2 全体モデルでの MFCA 計算結果.....	25
5.2.1 全体モデルのマテリアル物量・フローチャート.....	25
5.2.2 全体モデルのマテリアルコスト・フローチャート.....	27
5.2.3 全体モデルのシステムコスト・フローチャート.....	27
5.2.4 全体モデルの廃棄物処理コスト・フローチャート.....	28
5.2.5 全体モデルのフローコスト・マトリックス.....	29
5.3 分離モデルの MFCA 計算結果.....	30
5.3.1 分離モデルの物量センターとマテリアルフロー.....	30
5.3.2 分離モデル上流のフローコスト・マトリックス.....	30
5.3.3 分離モデル下流のマテリアル物量・フローチャート.....	31
5.3.4 分離モデル下流のマテリアルコスト・フローチャート.....	32
5.3.5 分離モデル下流のシステムコスト・フローチャート.....	33
5.3.6 分離モデル下流の廃棄物処理コスト・フローチャート.....	33
5.3.7 分離モデル下流のフローコスト・マトリックス.....	34
5.4 小括.....	35
第6章 MFCA 計算結果の考察.....	36
6.1 上流における両モデルの比較.....	36
6.2 下流における両モデルの比較.....	37
6.3 結論.....	39
第7章 結び	41
7.1 研究結果の総括.....	41
7.2 本研究の貢献と含意.....	42

7.3 本研究の限界と今後の課題.....	43
謝辞.....	45
【参考文献】.....	46
【参考ホームページ】.....	47

第1章 はじめに

1.1 本研究の問いとその意義

マテリアルフローコスト会計(MFCA)は、鉱山業においても廃棄物削減案の考案に有用な情報を提供するのか。これが本研究の問いである。なぜこの問いをたてたのかを説明するには2つの質問に答える必要がある。ひとつはなぜ鉱山業を対象とするのかであり、もうひとつはなぜ改めて有用性を議論する必要があるのかである。

この質問に答える前に、MFCAを簡単に説明する。MFCAは、工程内におけるマテリアル(原材料)のフロー(流れ)を物量単位と金額単位で測定する管理会計手法である。そして、マテリアルロス(廃棄物コスト)を算出することにより、廃棄物削減策の考案に役立つ情報を提供することが目的である。MFCAはドイツで誕生し、日本では経済産業省が中心に実証研究を行い普及が始まった。実証事例は確実に増えて、1社単独ではなくメーカーが原材料の供給業者にもMFCAを導入して廃棄物の削減を実現させたというサプライチェーンへの展開の可能性を示す事例も出ている(東田,2008)。また、MFCAをISO14000ファミリーのひとつとして国際標準化することが進められている。その活動の中で、各国から多様な業種へのMFCA導入事例を増やすべきという意見が多数聞かれている(経済産業省,2009)。このようにMFCAは実証研究段階が終わり、普及段階に入っている。

さて先の質問にもどる。まずひとつめの質問は、なぜ鉱山業を対象とするのかである。その理由は、鉱山業におけるMFCAを研究することは、MFCAのサプライチェーンへの展開に役立つからである。MFCAをサプライチェーンへ展開するには、資源の採取という段階から、製造、販売、消費、廃棄まで製品のライフサイクル全体への展開が望まれる。しかし、今までのMFCA導入事例は、多くの業界があるものの製品のライフサイクルで考えるとすべて製造にあたる。それに対して鉱山業は資源の採取段階にあたる。そのため鉱山業を対象とすることは、サプライチェーン全体への展開を一步前進させることになる。また、鉱山業での事例は、同じ資源の採取段階にあたる農林水産業にMFCAを導入する際にも参考になる。

もうひとつの質問は、なぜ改めて有用性を議論する必要があるのかである。MFCAの導入により廃棄物削減に成功した事例が多く公表されているにもかかわらず、なぜ改めて有用性をここで議論する必要があるのか。その理由は、鉱山業ではマテリアルロスが低く計算されてしまう可能性があるからである。鉱山業は

MFCAにおいて、主原料の購入がないという点で特殊である。MFCAではマテリアルロスに、(1)廃棄物に対する原材料コスト、(2)廃棄物に配賦する加工費等、および(3)廃棄物処理コストを含める。ところが鉱山業では主原料は自然から採取するので購入をしない、つまり原材料コストがない。それならば、(1)の廃棄物に対する原材料コストも発生しないことになる。これではマテリアルロスが低く計算されてしまうかもしれない。もしそうであれば、鉱山業ではMFCAは廃棄物削減案を考案するのに役に立たないかもしれない。そのため、鉱山業でのMFCAの結果が廃棄物削減の方策を考案するのに有用であるかどうかを検証する必要がある。

このような理由から鉱山業においてMFCAは有用かという問いをたてた。そして本研究では、鉱山業でMFCAを導入しその結果が廃棄物削減の方策を考案するのに有用かどうかを検証する。

1.2 本論文の構成

本論文では以下のような構成で研究を行う。

第2章では、石灰鉱山における環境会計について整理する。まず日本での環境会計の普及にふれ、続いて日本の石灰鉱山における現状を各社のCSR報告書から述べる。

次に第3章ではMFCAの発展とサプライチェーンへの展開について整理する。まず、MFCAの概要と計算原理を整理する。そして、MFCAの有用であるかどうかをどう判断するかを述べる。続いて、MFCAの日本での発展について、サプライチェーンへの展開を中心に先行文献を整理する。また、資源採取段階でのMFCAを理論的に考察している論文にもふれる。そして発展させ、鉱山においては工程を2つに分離してMFCAを導入することが有用である可能性を示す。

第4章では本研究で用いる計算方法についてのべ、第5章で実データを用いて鉱山にMFCAを導入する。導入にあたっては全工程を対象とした全体モデルと、工程を2つに分けた分離モデルの2種類の計算を行う。

続いて第6章では、第5章の結果を考察し、結論を述べる。

最後に第7章では、研究結果を総括し、本論文の含意と限界、残された課題を議論する。

第2章 鉱山業における環境会計の現状

本章では鉱山業における環境会計の現状を整理する。まず日本で環境会計がどのように普及しているかを述べる。次に、鉱山業での環境会計の普及状況をみるため、鉱山をもつ企業のCSR報告書にふれる。

2.1 日本における環境会計の普及

環境会計には企業外部へ情報開示を行うための外部環境会計と、企業内部の経営管理に活用するための環境管理会計(内部環境管理会計)がある。これは、会計学の領域では、情報を外部に開示する財務会計(外部会計)と、内部管理に役立てる管理会計(内部会計)が存在することと同様である。外部会計と内部会計は機能を混同せずに、それぞれの目的にあった手法を利用すべきである。

日本では、環境省(当時は環境庁)が1999年に環境会計に関するガイドラインドラフトを発表して以来、外部環境会計が普及した。ガイドラインは2000年に正式に公表された後に改定が加えられ、最新は2005年版(環境省,2005)である。このガイドラインでは、環境保全コストとその効果である環境保全効果をできるだけ包括的に捉えて対比して示す。

一方、環境管理会計はそれに遅れて2002年に経済産業省が「環境管理会計手法ワークブック」(経済産業省,2002)を公表したことで、普及が始まった。その中では、環境配慮型設備投資決定手法、環境コストマトリックス、環境配慮型原価企画、マテリアルフローコスト会計、環境配慮型業績評価、ライフサイクルコストイングの6つの環境管理会計手法が紹介されている。

日本での環境会計の普及状況を調べたものに國部(2004)がある。國部(2004)では、環境会計の目的についてアンケートを実施している。それによると、内部管理を重視している企業は38.5%であったのに対し、外部情報開示を重視している企業は61.0%であった。これは、外部情報開示目的を重視している企業が多いことを示している。ただ以前の調査に比べると内部管理目的を重視するという企業は増えており、環境管理会計が徐々にではあるが普及し始めていると指摘している。またあわせて経済産業省(2002)に紹介されている6つの環境管理会計手法についてのアンケートも実施している。その中では、MFCAの認知度が最も高く約8割の企業がMFCAを知っていた。経済産業省(2002)が公表されてから2年しか経過していない時点でのアンケートであることを考えると、企業のMFCAへの関心は当初から高かったといえる。その後、MFCAは多くの企業に

導入され、その事例は2008年に経済産業省が「マテリアルフローコスト会計(MFCA)導入事例集(Ver.1)」(経済産業省,2008a)として公表している。その中では約50の事例が公表されている。

このように、日本ではまず外部環境会計が、続いて環境管理会計が普及した。そして環境管理会計手法の中ではMFCAが最も関心を集め、普及が進んでいる。

2.2 鉱山における環境会計の現状

続いて、鉱山における環境会計の現状について整理する。

日本は鉱物資源に乏しく多くの資源を輸入に頼っている。その中で石灰石は国内に豊富に存在しており自給率はほぼ100%を誇る。そのためここでは日本の石灰鉱山について述べる。ただし、石灰鉱山における環境会計についての統計資料が見当たらなかった。そのため、石灰鉱山を持つ企業が公表しているCSR報告書等の外部報告資料から環境会計の現状を整理する。

石灰鉱山を持つ企業の多くは日本石灰石鉱業協会に入会している。その中でCSR報告書などで環境への取組を外部へ公表しているものは数社あった。その中で最も環境に関する内容が充実していた企業の1つである太平洋セメント株式会社のCSRレポートを詳細にみる。

太平洋セメント株式会社の「CSRレポート2008年版」(太平洋セメント,2008)では、「環境保全の取り組み」という章で、環境への取り組みについて記述している。その章は、「環境マネジメント」、「環境パフォーマンス」、「環境保全に向けた取り組み」、「鉱山における環境保全の取り組み」という4つの節にわかれている。

まずはじめの環境マネジメントという節では、環境保全コストと環境保全効果を金額および数量で示している。このように環境保全コストと環境保全効果を対比することは、環境省(2005)に記載されている。これは外部環境会計である。

次に、環境パフォーマンスという節では、エネルギー、原料、材料、用水のインプット、製品としてのアウトプット、大気への排出、水域への排出、廃棄物等の排出としてのアウトプットの総量が記載されている。これらについては単年度の数量だけでなく、過去5年の推移もある。例えば、二酸化炭素の排出量は過去4年間1600万トン台だったものが、2007年度には1500万トン台に減少していることなどがわかる。

続いて、環境保全に向けた取り組みという節では、地球温暖化防止、大気汚染・水質汚濁・土壌汚染の防止、廃棄物の削減、化学物質の適正管理、環境苦情・

環境事故について述べている。

最後に、鉱山における環境保全の取り組みという節で、石灰石の採掘時における環境保全や騒音・粉塵・水質汚濁などの公害防止や災害防止の取り組みについて記載している。また、バイオ技術や緑化などによる鉱山の環境修復に関する取り組みについても記載している。

どの節でも環境保全への取り組みやその効果について触れており、外部情報開示のための情報が多い。そして、環境に関する情報を経営内部に活用しているという記載はない。唯一、今後の組みとして、「CSRレポートで開示している環境負荷データや環境会計データの信頼性を確保し、外部報告だけでなく内部活用できる体制を作る」(太平洋セメント,2008,29頁)とある。つまり、内部活用つまり環境管理会計への取り組みは今後の課題となっている。

もちろん、CSR報告書等は外部への情報開示が目的である。そのため、内部管理目的の環境管理会計については記載をしないということもありうる。しかし、環境管理会計の取り組みもCSR報告書等に記載する企業が多い。例えばMFCAについては、以前から取り組んでいる日東電工株式会社やキヤノン株式会社だけでなく、最近では、オムロン株式会社やウシオ電機株式会社でもCSR報告書などの外部報告資料で取り組みについて述べている¹。

以上のことから、太平洋セメント株式会社では内部管理目的の環境管理会計は行われていないと考えられる。そのため、環境管理会計手法の1つであるMFCAもまだ導入されていないと考えられる。

太平洋セメント株式会社のほかにも、石灰石鉱業協会の会員企業で環境への取り組みを公開している企業はある。これらについても同様に外部環境会計として環境保全コストや環境保全効果などのデータは公開しているが、環境管理会計への記述はない。日本の石灰鉱山においては、環境への取り組みに積極的な企業でもまだ外部環境会計の導入のみである。そして、環境管理会計を用いて環境情報を内部で利用しようとする取り組みは行われていないといえる。これは前節で述べたように、日本では外部環境会計がまず普及し、その後、環境管理会計の普及がはじまったということと合致する。

また、経済産業省(2008a)にはMFCAの導入事例が50例ほど記載されているが、その中には鉱山業は1つもなかった。

また、海外においても鉱山における環境管理会計は導入が唱えられている段

1 日東電工株式会社(2009)、キヤノンマーケティングジャパングループ(2009)、オムロン株式会社(2009)、ウシオ電機株式会社(2009)

階である。Moehr-Swart *et al.*(2008)では、南アフリカの金鉱山における環境会計を論じている。そこでは、南アフリカの金鉱山は、環境面、労働者管理面、経済面において解決すべき多くの問題を抱えており、継続的な発展のためにクリーンプロダクションおよび環境管理会計への導入が必要であると唱えている。しかし、具体的な事例はなく、実証はこれからという段階であると言える。

これらから、鉱山業においては、MFCAの導入はまだ行われていないと考えられる。

2.3 小括

本章では鉱山業における環境会計の現状を整理した。日本では、まず環境省のガイドラインの公表により外部への情報開示を目的とした外部環境会計が普及した。それに対して、経営内部への活用を目的とした環境管理会計は遅れて普及が始まった。普及には経済産業省が環境管理会計手法ワークブックが貢献した。また環境管理会計手法の中ではMFCAが最も関心を集め、多くの事例が公表されている。

そして鉱山業についても同様に、外部環境会計が中心である。そのため環境管理会計の利用は今後の課題であり、MFCAの導入もまだ行われていないと考えられる。

次章では、環境管理会計手法の中で最も関心を集めているMFCAが日本でどのように普及したかを、サプライチェーンへの展開を中心に、先行論文を整理する。

第3章 MFCAの発展とサプライチェーンへの展開

本章では、まず MFCA の概要を述べ、続いて MFCA が廃棄物削減にどのように有用なのかを整理する。そして日本での発展についてふれ、近年注目されているサプライチェーンへの展開について述べる。

3.1 MFCAの概要

MFCA は、ドイツでアウグスブルグ大学の B. Wagner と経営環境研究所 (IMU) の M. Strobel によって開発された手法である。MFCA の内容は、Strobel and Redmann (2002) で解説されている。Strobel and Redmann (2002) は、典型的な製造業では製造原価のうち半分以上をマテリアルコストが占める。そのためマテリアルとエネルギーのフローが、始点から終点まで透明であれば、環境への負荷を低減させ、コストを削減するための統合的生産手段や容易に体系的に実施できると主張している。それを実現するためのツールが MFCA である。

そして、MFCA の目的を、最も重要なコストドライバーとしてマテリアルフローの全システムを確認し分析することとしている。それにより、1. より少ないマテリアルでできる製品の開発、2. より少ないマテリアルでできる製品包装の開発、3. マテリアルロス (たとえば不良品、スクラップ、裁断屑) の削減、そしてこの結果生じる廃棄物 (例えば固形廃棄物、排水、排ガス) の削減などの活動を奨励する効果があるとしている。

3.2 MFCAの計算原理と有用性

MFCA の計算原理を通常原価計算との比較で説明しているものに、國部 (2007) と中畠・國部 (2008) がある。それらでは、1 種類の原材料を投入して 1 つの加工プロセスを経て、1 種類の製品が生産される単純な製造プロセスを例としている。その例を用いて、ここで MFCA の計算原理と伝統的原価計算との違いを整理する。製品を 1 個生産するのに、1 Kg が 10 円の原材料が 100Kg、労務費や減価償却費などの加工費が 600 円とする。そして、加工により 20Kg の廃棄物が発生し、20Kg の廃棄物処理に 100 円がかかるとする。この場合、伝統的原価計算においては図 3.1 のようになる。

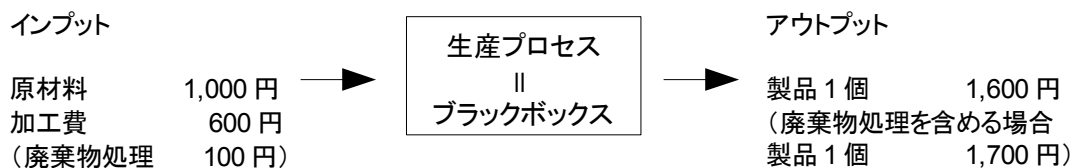


図 3.1:伝統的原価計算の基本パターン

(中畠・國部,2008,69 頁 図 3-4 に廃棄物に関する記述を加筆)

伝統的原価計算では、廃棄物が 20Kg 出ているのにもかかわらず、そのロスは計算されない。そして投入された原材料費 1,000 円すべてが製造原価として計上される。加工費についても同様に 600 円すべてが製造原価となる。その結果、製品の製造原価は 1,600 円となる。

このように原価を計算することは、伝統的原価計算の目的がいくらで売れば投下したコストを回収できるかを計算することだからである。その目的から考えると廃棄物にかかる原材料費も原価に含めることは合理的である。しかしこれでは廃棄物に関する情報が全く抜け落ちる。そのため廃棄物を減らそうというインセンティブが働かず、また廃棄物を減らそうにも廃棄物削減策にどれだけの費用をかけてもよいのかが分からない。

なお廃棄物処理費用については、この例のように単純な場合は製造原価に含まれるであろうが、複数工程で複数の製品を製造している複雑な場合は単純に製造原価に含めないであろうから図中には括弧で表記した。複雑な場合は工程や製品などへの関連は無視して工場経費などの間接費に含めるであろう。そして、どの工程やどの製品で廃棄物が発生しているのかとはまったく関係のない方法で製品または工程に配賦されるであろう。これも廃棄物を減らそうというインセンティブが働かない一因となる。

それに対し、MFC A ではマテリアルロス、つまり廃棄物に関するコストが明確にわかる。MFC A では原材料の流れに応じてコストを計算するため、投入原材料 1,000 円は、製品 80Kg と廃棄物 20Kg に重量に応じて、製品の原材料費に 800 円、マテリアルロスに 200 円が配賦される。加工費についても同様に重量に応じて配賦されるので、投入された 600 円の加工費が、製品に 480 円、マテリアルロスに 120 円が配賦される。ここで、原材料費をマテリアルコスト、加工費をシステムコスト、廃棄物の処理にかかる費用を廃棄物処理コストと呼ぶと、図 3.2 のようになる。

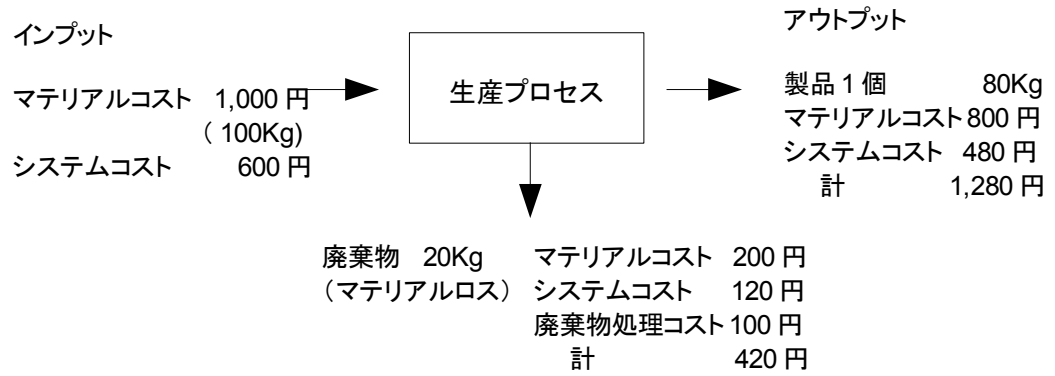


図 3.2:材料フローコスト会計の基本パターン

(中嶋・國部,2008,71 頁 図 3-5 に廃棄物に関する記述を加筆し、一部名称変更)

MFCA では廃棄物のコストが材料ロスとして金額で表示される。材料コスト、システムコスト、廃棄物処理コストで合計 1,700 円かかっているが、そのうちの 420 円が材料ロスであることが明示される。このため経営者に一層の注目を促し、廃棄物削減のインセンティブとなる。また、金額が明示されるので、廃棄物削減にどれだけの費用をかけられるのか、つまり廃棄物削減策の許容投資額がわかる。この例では製品 1 個あたり 420 円のコストが許容投資額となる。

また、MFCA では廃棄物の処理にかかる費用は、廃棄物を発生させる工程に直接配賦される。その点も伝統的原価計算と異なる。伝統的原価計算では廃棄物処理の費用は間接費に埋もれがちである。MFCA のように環境に関するコストを間接費勘定から区分して直接配賦することは、経営者の注目を促するのに重要であると USEPA(1995)も指摘している。

3.3 有用性の判断

このように MFCA は、伝統的原価計算では構造的に見落とされてきた廃棄物に関するコストを材料ロスとして明示する。そして材料ロスがあらわす金額は、廃棄物削減策にかけられる許容投資額の目安になる。そのため MFCA は廃棄物削減策の考案に有用なのである。

本研究の目的は、鉱山業に MFCA を導入し、その結果が廃棄物削減策の考案に役立つかを検証することである。そのためここで MFCA の結果が有用かどうかをどのように判断するかについてまとめる。

前節の結果では製品 1 個当たり 420 円が廃棄物削減策の許容投資額であった。これが妥当な金額であれば有用であり、妥当でなければ有用でないと言える。妥

当かどうかはもし仮に廃棄物を削減することができた場合を考えて判断する。

前節の例で、生産プロセスを改善してまったく廃棄物が発生しなくなった場合の改善効果を考える。まず、原材料については、今までは製品 80Kg に対して 20Kg を廃棄していたため 100Kg が原材料費であった。廃棄を完全になくしたら、インプットは 80Kg だけとなり、200 円の改善となる。これはマテリアルロスの中のマテリアルコストの値と等しい。続いてシステムコスト、つまり加工にかかる費用であるが、廃棄物を削減することによりシステムコストが実際にどれだけ削減できるかは分からない。システムコストには固定費的な費用もあれば、変動費的な費用もあるからである。システムコストをすべて変動費としてみた場合の削減効果はマテリアルロスの中のシステムコストに示されている 120 円である。これが上限であり、これ以上削減されることは考えにくい。また下限はすべてが固定費と考えた場合で、その場合はシステムコストがまったく削減できない。最後に廃棄物処理コストであるが、これはすべて削減される。マテリアルロスの中の廃棄物処理コスト 100 円が削減できる。これらをあわせると、廃棄物を完全に削減することによる改善効果は 320 円から 420 円の間となる。この値はマテリアルロスの合計が示している 420 円と近く、廃棄物削減策の許容投資額は妥当であると考えられる。

そこで本研究では、MFCA の計算結果が有用かどうかは、MFCA がマテリアルロスによって示した廃棄物削減策の許容投資額が、仮に廃棄物を削減した場合の改善効果と近似しているかどうかで判断し、近い場合は有用であり、遠い場合は有用でないとする。そして、同じデータを用いていくつかの計算方法を検討した場合は、計算結果が仮に廃棄物を削減した場合の改善効果とより近いものを、より有用であるとする。

3.4 MFCA の日本での展開

MFCA はこのように廃棄物削減策を考案するのに有用な手法であるが、発祥の地ドイツと日本とは指向しているものが異なる。國部ほか(2008)では、ドイツでは情報システムの構築を指向していたのに対し、日本では経営意思決定の改善を指向していることを指摘している。ドイツでは MFCA は、工程や工場の物質の流れを物量と金額で追跡するシステムであり改善手法を備えているわけではないと認識されているのに対し、日本では企業実務への有効性が強調されている。この違いは情報の取り扱いに対する考えについても違いを生み出している。ドイツではより正確で広範囲な情報が必要であるとされ、Strobel and

Redmann(2002)ではMFCAをうまく実行するにはSAP R/3のような情報システムが利用されなければならないとしている。それに対して日本では実現性を重視してできることから取り組む姿勢が強い。中畠・國部(2008)では、MFCAの導入には、まず手作業によるデータ収集に基づくテストプロジェクト段階があるとしており、本格的な情報システムがなくてもMS-Excelでデータ処理することがある程度可能であるとしている。また、データについても正確性を厳密にはもとめず、紹介されている事例では「工場に既にあるデータで、かつ情報収集のための新たな投資はしない」ことが前提となっている。そのため、実測値がないものには理論値で代用したり、細かいデータがなく詳細に配賦できないものについては対象から除外している。また、対象とする範囲も全社または工場全体ではなく、一製品郡一製造ラインと小規模な導入から始まっている。

このように日本ではMFCAに用いるデータは、正確でなくても入手できるものを使うという姿勢が強い。

3.5 MFCAとサプライチェーン

日本での普及の初期段階では、一製品や一製造ラインなど試験的な導入が多かったMFCAであるが、廃棄物削減策の考案に有用であることがわかると範囲を拡張することでより廃棄物削減の効果が得られる可能性があるという指摘が出てきた。

例えば國部ほか(2007)では、環境負荷の削減という点からみれば、原材料の採取から製品の廃棄までのライフサイクル全体をMFCAの対象とすることが望ましく、サプライチェーン全体でMFCAを実施することが期待されているとしている。しかし同時にその障害として、コスト情報の共有をあげている。サプライチェーン全体を1つのシステムとしてMFCAを導入するにはコスト情報の共有が不可欠である。ところが自社のコスト情報は重要な情報であるため、それを取引先に開示することはその取引先と資本関係がないと難しい。ただ國部ほか(2007)は、コスト情報の共有が難しい場合は、物量情報のみの共有でも効果があるかもしれないことも指摘している。

また、東田(2008)では、取引企業とともにMFCAを導入して成果をあげた具体例として、キヤノンの宇都宮工場の例と、田辺製薬とその子会社である吉城工場株式会社取引企業の例を挙げている。

まず田辺製薬とその子会社である吉城工場株式会社の事例であるが、そこで

は吉城工場株式会社に情報システムを導入し、それを通じて田辺製薬が吉城工場株式会社の MFCA 情報を把握し、それにより両社の協力で廃棄物の削減を実現した。廃棄物の削減により捻出された利益は、1 年間は吉城工場株式会社の利益となり、2 年目以降は田辺製薬への販売価格を引き下げるというインセンティブの仕組みを採用している。これはこの 2 社が親会社と子会社の関係にあり、すべてのコスト情報が共有されているからこそできたことである。

続いて、カメラ用レンズを製造しているキヤノンの宇都宮工場の事例であるが、同工場では、硝材(ガラス玉)を購入し、荒研削、精研硝、研磨、芯取り、コーティングなどの工程を経てカメラ用のレンズを作っている。

この工場に MFCA を導入したところ、マテリアルロスが 32%にもなっていることが分かった。主な原因はガラスの削りカスであった。この結果を踏まえ、キヤノンでは硝材メーカーと協力し、従来よりも削りしろの少ない硝材(ニアシェイプ)を開発し、スラッジの削減に成功した。図 3.3 の灰色部分が削りしろである。

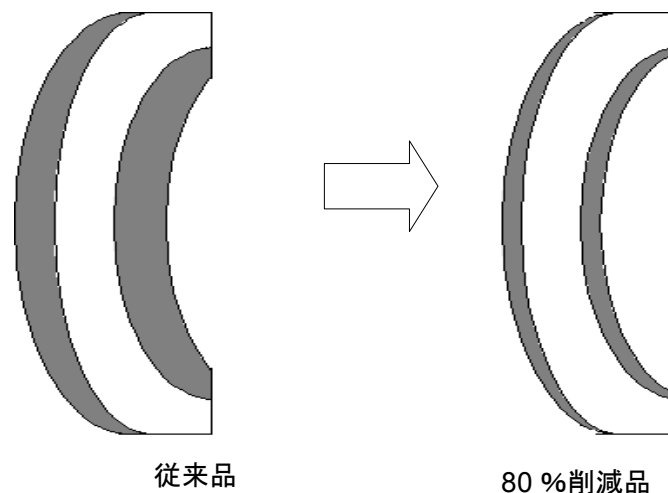


図 3.3:硝材のニアシェイプ化

経済産業省(2008a) 31 頁より筆者作成

これにより、キヤノンの宇都宮工場では、スラッジ発生量を 50%、研硝油使用量を 40%、研硝砥石使用量を 50% 削減でき、また、硝材メーカーでも原材料使用量を 85%、使用エネルギーを 85%、廃棄物を 92% 削減することができた(経済産業省, 2008a)。

硝材メーカーの株式はキヤノンが 10% 程度所有しており、取引は長期継続的となっている。しかし、コスト情報の共有は行われず、物量情報のみ共有をした。コ

スト情報の共有を行わなくても複数社の取り組みでMFCAにより廃棄物削減を実現した例であると言える。

この2つの事例は、自社だけではできなかった改善を取引先にもMFCAを導入することにより実現した例である。このことは、サプライチェーン全体にMFCAを広げることでより大きな改善ができる可能性を示している。また、キャノンの例ではコスト情報を共有しなくても廃棄物の削減を実現したので、東田(2008)は、たとえ貨幣評価を行わなくとも、まずはマテリアルフローを企業間にわたって一貫して捉えることが重要であると指摘している。

國部ほか(2007)および東田(2008)をまとめると次のようになる。まずMFCAをサプライチェーンに展開するにあたっては、コスト情報の共有が望ましい。しかし、企業間でコスト情報を共有することは難しい。そこで、せめて物量情報だけでも共有することが重要で、実際、物量情報の共有だけで成果を挙げている例もある。つまり、MFCAをサプライチェーンに展開するにあたってはコスト情報の共有が望ましいが、実際には物量情報だけでも共有することが重要である。

しかし、コスト情報の共有をせずに取引企業にMFCAを導入して成果をあげている事例があるということは、そもそもコスト情報の共有は必要ないのかもしれない。連携にあたりどのような情報の共有が必要かはわかっていないといえる。

また、東田(2008)の事例は、サプライチェーン全体を考えると小さな範囲であるといえる。なぜなら、資源の採取から製造、販売、消費、廃棄という製品のライフサイクル全体でみると、製造における2社の連携でしかないからである。今後は、資源の採取や、販売、消費、廃棄など製造以外の段階でのMFCAの事例が求められる。本研究で対象とする鉱山業は、資源の採取段階にあたる。このことはMFCAをサプライチェーンへの展開することを一歩前進させるといえる。

3.6 資源採取段階でのMFCAの理論的考察

資源の採取段階におけるMFCAの事例はまだないが、理論的に考察している研究として大西(2005)がある。大西(2005)では、マテリアルコストがマテリアルの購入価格で評価されるなら、マテリアルコストはサプライヤー企業における材料費、直接労務費、間接費に利益を加えたものである。そして、さらにさかのぼれば資源を自然から採取する時点ではマテリアルコストは発生しないと論じている。

材料を購入する企業から見るとその費用はすべてマテリアルコストであるが、材料を販売する企業からみるとそれは材料費と経費や利益を加えたものであるということは、両社を1つの枠組みでMFCAを適用した場合に問題が生じる可能性

がある。これを単純な事例で説明する。

まず A 社が資源を採取し、それを B 社に単価 100 円で 100Kg 販売する。それを B 社は加工して単価 200 円で販売する。それを C 社がさらに加工をする。廃棄は C 社でのみ 50Kg 発生するとする。この場合の C 社のマテリアルロスを考える。この場合の原材料のフローは図 3.4 のようになる。

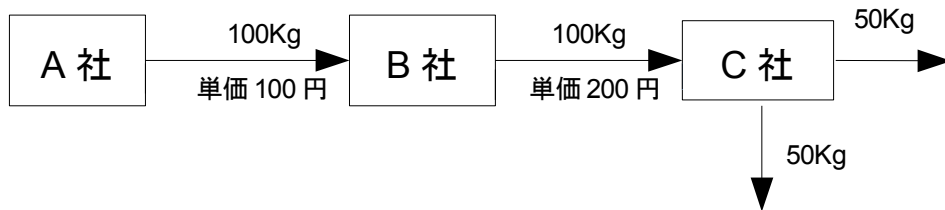


図 3.4:資源の採取段階からの原材料のフロー

まず、C 社単独で考える。その場合は、単価 200 円で購入したものを 50Kg 廃棄しているのでロスは 1 万円となる。

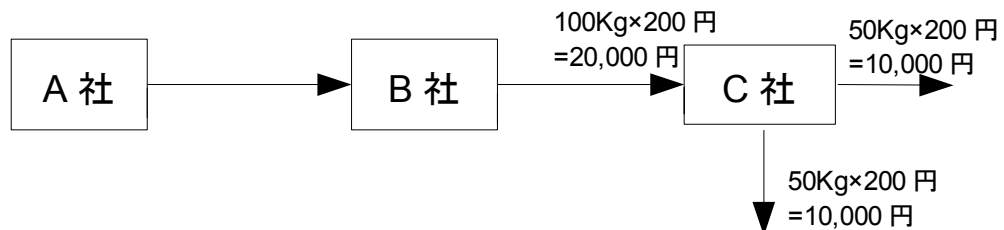


図 3.5:C 社単独の場合のマテリアルロス

次に、B 社と C 社の連携を考える。極端な例として C 社が B 社を買収し、両者の工程がともに C 社になったとすると図 3.6 になる。この場合、材料の購入単価は 100 円になる。そのため廃棄のロスも単価 100 円に 50Kg をかけた 5,000 円となる。これは C 社単独で考えた場合よりも少なくなっている。

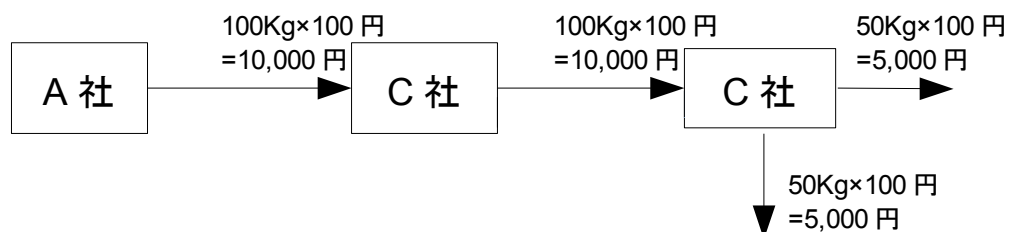


図 3.6:B 社と C 社を 1 社とみなした場合のマテリアルロス

さらに、A 社まで含めて考える。同様に C 社が A 社も買収したとすると図 3.7 に

なる。この場合、材料は自然界から採取するため購入が発生しない。そのためマテリアルコストは発生しない。マテリアルコストが発生しない以上、廃棄物のロスも発生しない。

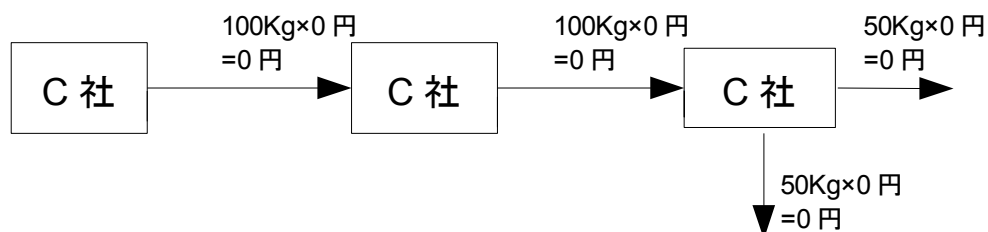


図 3.7:全社を1社とみなした場合のマテリアルロス

C社単独の場合、B社と連携した場合、そしてA社まで連携した場合で廃棄物のコストが異なっている。前工程が自社か他社か、つまり同一範囲とみなすかどうかで廃棄物のコストが変わってしまうことになる。特に、資源採取の段階まで含める場合、原材料のコストがまったく発生しなくなる。これではマテリアルロスが低く計算されてしまう可能性がある。

このことを鉱山業に適用して考察する。鉱山業においてもいくつかの物量センターが考えられる。そしてそれは、図3.7のようになっていると考えられる。それならば、鉱山業においては下流の物量センターにおいてマテリアルロスが低く計算されてしまう。また逆に、図3.6のように、対象を2つに分けると下流の物量センターで、マテリアルロスが低く計算されることを防げるかもしれない。つまり鉱山業においては物量センターを2つに分け、別々にMFCAを計算するのが適しているのかもしれない。

理論的な考察からこのようなことが導かれる。しかし、ここでは原材料の費用のみ、つまりマテリアルコストのみを考えており、加工費などシステムコストについては考察していない。そのため、システムコストを含めると異なる考察となるかもしれない。さらに考察を進めることもできるが、架空の数字を用いたまま条件を複雑にすると現実的でない誤った考察となる危険がある。やはり、実存する企業の実存するデータを用いて考察するのが好ましい。

そこで、本研究では実データを用いて鉱山業でのMFCAを検証する。計算は2種類行う。まずは全工程を対象として計算する。次に、工程を2つに分けて別々にMFCAを計算する。この2つの計算方法を比較することで、本節で考察したことを実データで検証することができる。なお、以下では全工程を対象にしたものを全体モデル、分離したものを分離モデルと呼ぶことにする。

3.7 小括

本章では MFCA の発展とサプライチェーンへの展開について述べた。

まず MFCA が伝統的原価計算では構造的に見落とされてきた廃棄物に関するコストを明示する手法であり、その結果が廃棄物削減案を考案するのに有用である。そして、本研究では MFCA が有用かどうかは、マテリアルロスで示した金額が廃棄物削減効果と近いかどうかで判断する。

続いて日本での展開について、主にサプライチェーンへの展開を中心に整理した。MFCA をサプライチェーンへ展開することは、1社ではできない改善を実現できるとして期待されている。しかしそれにあたり企業間でのコスト情報の共有が障害となる可能性が指摘されている。ただし、コスト情報を共有せずに廃棄物削減に成功している例もあるため、どのような情報の共有が必要かはまだわかっていない。また、導入事例については範囲がせまい。製品のライフサイクル全体で考えると製造段階だけの事例しかない。他の段階への展開がもとめられ、鉱山業の事例はそれに貢献できる。

また、資源採取段階での理論的考察を発展させた。そして、資源採取段階ではマテリアルコストが発生しないため、マテリアルロスが低く計算される可能性があることを考察した。このことを反転させると、鉱山業においては逆に、工程を分離することでマテリアルロスが低く計算されることを防げる可能性があることを論じた。

そのため本研究では、実際の鉱山のデータを用いて、鉱山業の MFCA を計算する。計算は、全工程を対象にする全体モデルと、工程を2つに分離する分離モデルで行う。第4章で計算方法について述べ、第5章で実際に計算を行う。

第4章 本研究で用いた MFCA の計算手順と作成資料

MFCA はまだ発展段階の手法であり、計算手順は事例により異なる。そこで本章では、本研究で用いる計算手順と作成する資料を、単純な例を用いて説明する。

4.1 マテリアル物量・フローチャート

MFCA ではまず、対象とする工場または工程の始点から終点までの各物質の流れを把握する。そのために、工程を廃棄物の有無や物質のインプット・アウトプットが分かりやすい区分けに分ける。これを物量センターと呼ぶ。そして、各物量センターにおける物質のインプット、アウトプット、廃棄を測定し、物量の流れを整理する。これをマテリアル物量・フローチャートと呼ぶ。マテリアル物量・フローチャートではマテリアルの流れを重量で把握する。

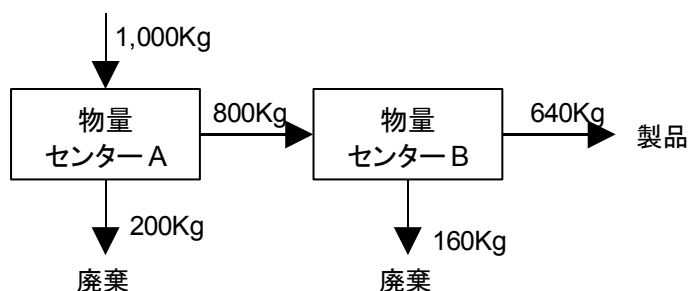


図 4.1:マテリアル物量・フローチャート(計算例)

この例では、物量センターを A と B の 2 つとして、物量センター A では、1,000Kg の材料投入に対して、次工程には 800Kg が渡り、200Kg を廃棄している。物量センター B では、前工程から 800Kg が投入され、640Kg が製品となり、160Kg が廃棄されている。

なお、矢印であるが、インプットは物量センターの左または上から、アウトプットは右または下になる。左からのインプットは前物量センターからの投入を表し、上からのインプットはその物量センターで新たに投入されたことを表す。また、右へのアウトプットは次物量センターまたは製品としてのアウトプットを表し、下へのアウトプットは廃棄を表す。

4.2 マテリアルコスト・フローチャート

マテリアル物量・フローチャートはマテリアルのフローを重量単位で把握したものであるが、これを金額に換算したものをマテリアルコスト・フローチャートという。

マテリアルコストは、購入単価に数量をかけたものとする。上記の例で原材料の単価を1Kgで1000円とすると、マテリアルコスト・フローチャートは図4.2のようになる。

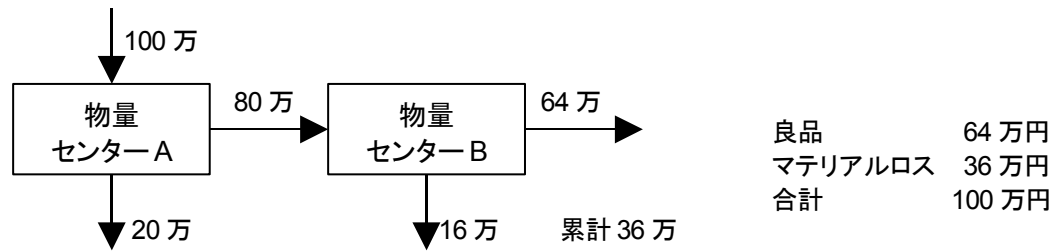


図 4.2:マテリアルコスト・フローチャート(計算例)

100 万円投入されたもののうち、64 万円分が良品となり、36 万円分が廃棄されている。製品または中間品として次の工程または社外へ送られたものを良品といい、廃棄されたものをマテリアルロスと呼ぶ。

4.3 システムコスト・フローチャート

続いて、各物量センターで、原材料の加工のために費やされた費用を計算する。これをシステムコストと呼ぶ。システムコストには、設備費用、人件費、減価償却費などが含まれる。電力などのエネルギーについては電力コストまたは用役関連コストなどと独立している事例もあるが、本研究ではシステムコストに含めた。

各物量センターでのシステムコストは、次工程へ進んだものと、廃棄されたものの重量の比率にあわせて良品と廃棄物に配賦する。この方法で各物量センターでの投入額、廃棄額を表したものをシステムコスト・フローチャートと呼ぶ。ここで、物量センター A で 20 万円、B で 30 万円のシステムコストが投入されたとすると、システムコスト・フローチャートは図4.3のようになる。

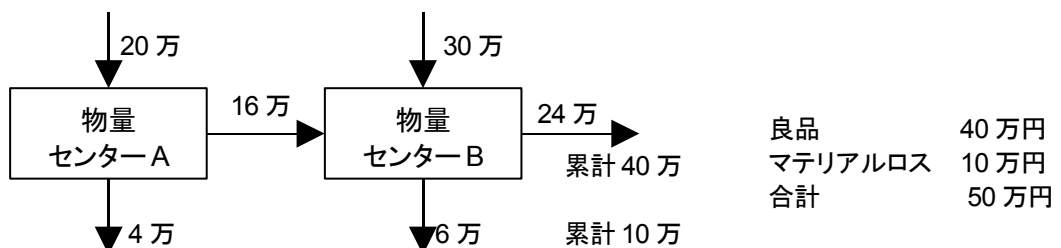


図 4.3:システムコスト・フローチャート(計算例)

物量センター A では、1,000Kg のうち 800Kg、つまり 80% が次工程へ進んでいる。そして 200Kg、つまり 20% が廃棄されている。そのため、システムコストは

投入 20 万円のうち 80%にあたる 16 万円を良品に配賦し、残りの 20%にあたる 4 万円をマテリアルロスに配賦している。同様に、物量センター B では投入された 30 万円のうち、24 万円を良品に、6 万円をマテリアルロスに配賦している。物量センター A,B の両方で合計 50 万円のシステムコストが投入されており、そのうち良品に配賦されるものが 40 万円、マテリアルロスが 10 万円となる。

なお、システムコストの計算方法は、今までの日本の事例では 2 種類ある。前物量センターからのシステムコストは引き継ぐ方法と、引き継がない方法である。ここで前者を累加法、後者を非累加法と呼ぶことにする。

両者の違いを上記の計算例で説明する。物量センター B では新たに投入された 30 万円のほかに、物量センター A からシステムコストが 16 万円投入されたと見ることできる。これを含めると合計 46 万円が物量センター B で使用されたシステムコストとなる。この 46 万円を重量に応じて良品または廃棄に配賦する方法が累加法である。それに対して非累加法では、前物量センターからのシステムコストは考えない。つまり物量センター B では新規に投入された 30 万円のみを使用されたシステムコストとみなす。そしてこの 30 万円のみを配賦する。図 4.3 は非累加法による計算となっている。

このようにシステムコストの計算方法には、累加法、非累加法の 2 種類がある。そして、公表されている事例ではそのどちらもが存在する。例えば、経済産業省(2002)では、紹介されている 4 事例のうち 3 事例が非累加法であると思われる。それは、各事例でのシステムコスト・フローチャートの数値から判断した。つまり、各物量センターでの新規投入システムコストが、良品システムコストと廃棄システムコストの合計と一致している。これは、前物量センターからの引継ぎを考慮しておらず、非累加法である²。

それに対して、経済産業省(2008b)では累加法を唱えている。経済産業省(2008b)では、日本能率協会コンサルティングが開発した MFCA 簡易計算ツールを紹介している。そして、経済産業省(2008b)および日本能率協会コンサルティング(2009)における簡易計算ツールの解説では、システムコストは前工程の良品のコストが、「前工程良品」として投入されるとしている。これは累加法であることを示している。そして、経済産業省(2008a) の事例のうちいくつかはこのツールを使用しており、累加法の事例である。

2 田辺製薬の事例は、SAP R/3 が導入され従来から計算方法が変更された。そのため従来との比較のためにシステムコストが調整されており、累加法、非累加法のどちらかが判別できなかった。

このように累加法、非累加法のどちらの事例もあるが、本研究では非累加法を採用する。理由は、経済産業省(2002)での事例は日本を代表する事例であり、それらが非累加法を採用しているからである。経済産業省(2002)での事例は、MFCAの日本での普及に貢献した事例であり、また、実際に廃棄物の削減を実現した好例である。そのため本研究もこれに従う。

そして、本研究では累加法と非累加法の比較は研究の対象外とする。なぜなら本研究はそれに適さないからである。両者の比較をするのであればまず一般的な事例での比較が望ましい。ところが本研究ではマテリアルコストが発生しないという特殊な例である。そのため本事例を両者の比較に用いるのは適さない。しかし両者の比較は、MFCAの普及のためには解決すべき問題である。なぜなら両者が存在すると、どちらを選択すべきかいつも悩まなければいけないからである。今後の研究が求められる。

4.4 廃棄物処理コスト・フローチャート

続いて、廃棄物処理や配送のコストを計算する。各物量センターで発生する廃棄物の処理や配送にかかるコストを表したものを廃棄物コスト・フローチャートと呼ぶ。ここで、物量センターAで20万円、Bで30万円の廃棄物処理コストが発生しているとする。その場合、廃棄物コスト・フローチャートは図4.4のようになる。

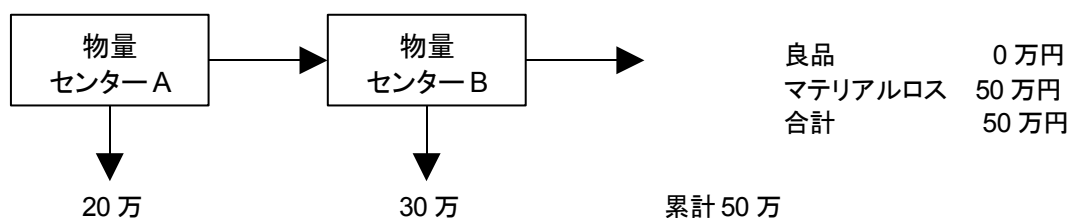
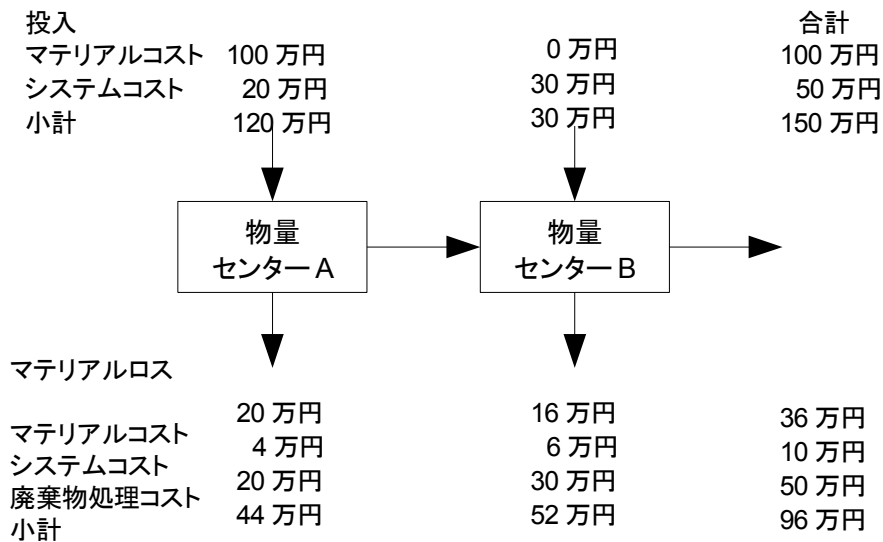


図 4.4:廃棄物処理コスト・フローチャート(計算例)

物量センターA、Bであわせて50万円が廃棄物処理に費やされている。これらは、良品には配賦せず、すべてマテリアルロスとする。

4.5 フローコスト・マトリックス

以上の結果をまとめたものをフローコスト・マトリックスと呼ぶ。今回の例では図4.5のようになる。



	マテリアルコスト	システムコスト	廃棄物処理・配送コスト	合計
良品	64	40		104
マテリアルロス	36	10	50	96
合計	100	50		200

図 4.5:フローコスト・マトリックス(計算例)

総費用 200 万円のうち、良品に配賦されるのが 104 万円、マテリアルロスに配賦されるものが 96 万円になる。これは、総コストのうち、マテリアルロスの比率が 48%となる。約半分の費用を廃棄していることがわかる。また、96 万円のマテリアルロスのうち、物量センター A でのロスが 44 万円、物量センター B でのロスが 52 万円ということもわかる。

第5章 石灰鉱山における MFCA の計算結果

本章では実データを用いて鉱山に MFCA を導入する。まず対象とする石灰鉱山と使用したデータについて述べ、その後 MFCA を導入する。その際、全工程を対象とした全体モデルと、工程を2つに分離させた分離モデルの2種類の計算を行う。

5.1 対象とする石灰鉱山

ここでは、対象とする鉱山における工程や使用したデータについて説明する。

対象とする鉱山は、足立石灰工業株式会社の足立鉱山で、岡山県にある年間の採掘量は数十万トンの小規模石灰鉱山である。鉱山の採掘方法には、主に2つの方法がある。ひとつは坑内採鉱と呼ばれる採掘で、鉱床が地表深くにあり鉱床まで水平坑、立坑、斜坑などで穴を掘り進む。もうひとつは露天採掘と呼ばれ、表土や被覆地層を除去し鉱体を地表から直接採掘する。石灰鉱山の多くは露天採掘で、同鉱山も露天採掘を行っている。

5.1.1 工程と物量センター

まず、鉱山における工程を説明する。そして、それらを MFCA を計算するために物量センターとしてまとめる。

足立石灰工業株式会社では石灰石の採掘だけでなく、石灰石の加工も行っている。石灰石の採掘は採鉱(さいこう)課が担当し、石灰石の加工は製造課が担当している。石灰石の加工とは、石灰石を焼成して炭酸カルシウムを製造する工程や、炭酸カルシウムを水と反応させ水酸化カルシウムを製造する工程などである。本研究では、鉱山における MFCA を対象としているため、MFCA の範囲は採鉱課のみとし、製造課は対象外とした。

次に、採鉱課の工程は社内管理として次の7工程に分類されている。

工程	概要
採掘(さいくつ)	石灰石鉱床を、火薬により崩し運搬できるようにする工程
運鉱(うんこう)	採掘での高品位石灰石を選鉱工程まで運搬する工程
剥土(はくど)	採掘での石灰石でない不純物を堆積場に堆積する工程
選鉱(せんこう)	高品位石灰石を数ミリから数十ミリの必要な大きさに粉砕して水洗する工程
脱水(だっすい)	選鉱で発生する排水をろ過し、沈殿物を堆積場へ堆積する工程
砕石(さいせき)	採掘での低品位石灰石を粉砕して工事用骨材を製造する工程
製砂(せいしゃ)	砕石製品をより細かくして砂を製造する工程

表 5.1:採鉱課の工程

MFCA では物量センターを設定する必要がある。物量センターは、マテリアルのインプット、アウトプット、およびロスを把握できる単位で工程を分離、または統合する。そこで上記の7工程をマテリアルロスのない工程、廃棄物処理とみなされる工程を他の工程と統合して物量センターを次の4つとした。

物量センター名	社内管理単位	説明
採掘	採掘、剥土	石灰石以外の不純物を廃棄物と考えると、剥土工程は廃棄物処理工程と考えられるので、採掘工程と統合した。
選鉱	運鉱、選鉱、脱水	選鉱工程ではマテリアルロスほとんど発生しないので選鉱と統合した。また脱水工程は、選鉱工程で発生する排水という廃棄物処理する工程なので、同様に選鉱と統合した。
砕石	砕石	社内管理単位の通り
製砂	製砂	社内管理単位の通り

表 5.2:物量センター

このように物量センターを定義すると、物量センター間の物量の流れ(マテリアルフロー)は、図5.1のようになる。

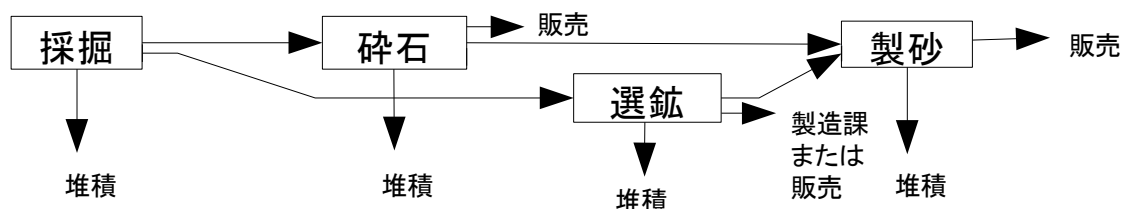


図 5.1:マテリアルフロー

まずはじめに採掘物量センターがある。そこで石灰石鉱床を火薬や重機により粉砕して運搬できる状態にする。この物量センターが資源の採取段階にあたる。採掘物量センターでの石灰石は、低品位のものは砕石物量センターへ送られ、高品位のものは選鉱物量センターへ送られる。そして不純物は堆積場に堆積される。

続いて砕石物量センターでは低品位の石灰石を粉砕し、その多くが販売され、一部が製砂へ送られる。ここでも発生する泥や粉砕くずは堆積場に堆積される。

また選鉱物量センターでは高品位の石灰石を粉砕する。粉砕されたものは製品として多くが製造課へ送られ、一部が販売され、一部は製砂へ送られる。選鉱

物量センターでは製品の水洗が行われる。それにより発生した泥水は脱水工程にて水分と沈殿物の分離される。沈殿物は堆積場に堆積される。

最後に製砂物量センターでは、砕石物量センターまたは選鉱物量センターからの製品をさらに細かく粉碎し、砂製品を製造する。製品はすべて販売される。そして粉碎くずは堆積場に堆積される。

5.1.2 使用したデータ

次に今回の分析で使用したデータについて説明する。今回の分析では、2008年12月の1ヶ月間の対象鉱山の採掘データを使用した。必要なデータは、「工場別管理表」、「生産管理表」、「在庫報告書」、「部門別損益計算書」という社内の管理表から取得した。工場別管理表には、工程毎の製品製造量、工程内の在庫量、および工程間での移動量が記載されている。生産管理表には各工程の生産量、燃料使用量が記載されている。在庫報告書には製品毎の在庫量や工程間移動量が、そして部門別損益計算書には、工程毎の費用が記載されている。

各帳票の物量データにおけるフロー（流れ）の数値は、3種類の方法で計量されている。まずひとつは、計量器による計量、そしてベルトコンベアの稼働時間による計算値、最後に社内トラックの運搬回数による計算値である。計量器による計量は誤差がないが、後者2つには誤差が含まれる。計量器による計量は、製品出荷時に行われる。製品を積載する前と後にトラック総重量を計量し、その差から数量を計算する。そのため、誤差はないと判断できる。しかし、ベルトコンベアの稼働時間による計算には誤差が含まれる。それはベルトコンベアの稼働時間に、時間あたりの標準運搬量をかけて計算する。しかし実際には標準値よりも少量しか運搬されないことがある。そのため誤差がありうる。また、社内トラックの運搬回数による計算は、トラック標準積載量と運搬回数から計算される。例えば、32トントラックで10回運搬したら、320トン運搬したと計算する。しかし、実際には標準積載量よりも多いこともあれば少ないこともある。定期的に実際のトラック積載量を測定しているが、それによると1割程度の誤差がありうる。

また、物量データにおけるストック（在庫）の数値の測定方法は、タンク内の在庫と屋内外に野積みされている在庫で異なる。タンク内在庫は在庫レベル計による測定値である。これには誤差が少ない。しかし、野積み在庫の測定は、運搬時のトラック運搬回数による計算値か、目視により行われる。そのため野積み在庫にある程度の誤差がある。

このように、物量情報のフローおよびストックにおいて誤差が含まれる。そのた

め、今回のデータを取得するにあたり、誤差のないデータを測定することを検討した。しかし、業務に支障をきたすために断念した。まず、社内トラックを計量器により計量することを検討した。けれども、計量器は鉱山のふもとにあり、運搬毎に採掘現場から計量器までを往復するのは時間や燃料費が通常の倍以上かかる。このため断念した。また、野積み在庫をすべて計測して計算しなおすことも手間や時間が多くかかる。そのため誤差のないデータの測定は行っていない。

そこで今回は、発生した誤差については在庫数量の誤差と判断した。また、在庫は中間在庫ではなく製品出荷前の在庫なので、工程からは切り離し、工程からは良品としてアウトプットされたものとみなした。誤差を含むデータや、データがない場合に理論値を使うことは3.4でふれたように、日本での事例でも行われている。

また、各工程のコスト情報は、企業にとって重要な情報であり公開することができない。そのためコストについては数値を加工して使用した。加工にあたりMFCAの結果の意味が変わってしまうことのないように配慮した。

5.2 全体モデルでのMFCA計算結果

このデータを用いてMFCAの計算を行った。本節では全工程を対象にした全体モデルの結果を示す。作成したものは、マテリアル物量・フローチャート、マテリアルコスト・フローチャート、システムコスト・フローチャート、廃棄物処理コスト・フローチャート、およびそれらをまとめたフローコスト・マトリックスの5つである。

5.2.1 全体モデルのマテリアル物量・フローチャート

全体モデルのマテリアル物量・フローチャートは図5.2になる。単位はトンである。対象とする物質は石灰石だけとした。Strobel and Redmann(2002)では、すべての物質をマテリアルと考え、燃料や電力などもマテリアルコストとすべきとしている。しかし、日本の事例の多くは、燃料や電力などをシステムコストとしているため、今回はそれに従った。また、火薬をマテリアルとして考えることもできるが、製品にはまったく含まれないのですべてが廃棄となってしまう。また、使用後の重量も測定できないため計算上どのように扱えばよいのかが難しい。そこで今回は火薬もシステムコストに含めた。そのため、対象とする物質は石灰石だけとした³。

3 なお、石灰石を高品位のものと低品位のもので別の物質と考えることはできないのか、また、廃棄は不純物なので別の物質ではないのかという議論もありうるが、ここではすべて同じ物質とした。宮崎(2003)では、投入した物質から複数の物質ができる場合は計算方法が明確でないと指摘している。

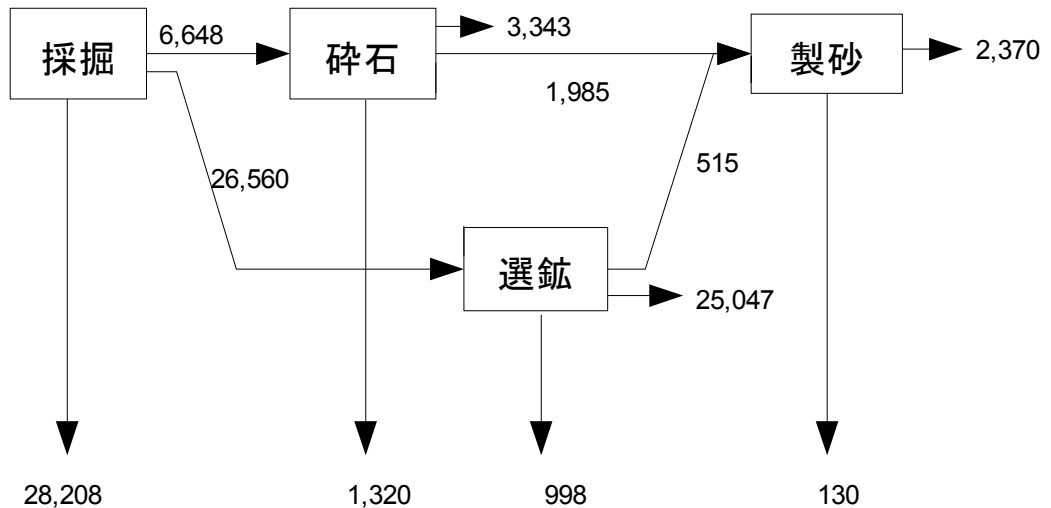


図 5.2:全体モデルのマテリアル物量・フローチャート

まず、採掘物量センターを見てみると、採掘された岩石は、6,648トンが砕石物量センターへ、26,560トンが選鉱物量センターへ、そして28,208トンが堆積場へ廃棄されている。廃棄されているのは表土、雑石および低品位の岩石である。総採掘量が61,416トンなので約46%が廃棄されている。この値はとても高く、同鉱山での大きな問題となっている。総採掘量のうちの廃棄量は鉱山や採掘場所により大きく異なる。他の鉱山ではほぼ100%純度の高い石灰石が採掘できる鉱山もあれば、そうでない鉱山もある。同鉱山は、以前に比べて品位が落ちており、廃棄の割合が増えている。また、低品位の岩石の需要が減っていることも原因である。低品位の岩石は土木工事用骨材として利用できる。そのため、土木工事関連の需要が多ければ、品位が悪くても出荷できる。しかし昨今の公共工事の減少により土木工事需要が減少している。そのため低品位岩石の出荷が少ない。これも廃棄を増やす原因となっている。

続いて砕石物量センターでは、3,343トンが出荷され、1,985トンが製砂物量センターへ、そして、1,320トンが廃棄されている。また選鉱物量センターでは、25,047トンが出荷または製造課へ、515トンが製砂物量センターへ送られている。そして998トンが廃棄されている。廃棄は、岩石を水洗した際の沈殿物である。最後に、製砂物量センターでは、2,370トンが出荷され、130トンが廃棄されている。

採掘物量センターでの廃棄が多いのが一番の特徴である。

5.2.2 全体モデルのマテリアルコスト・フローチャート

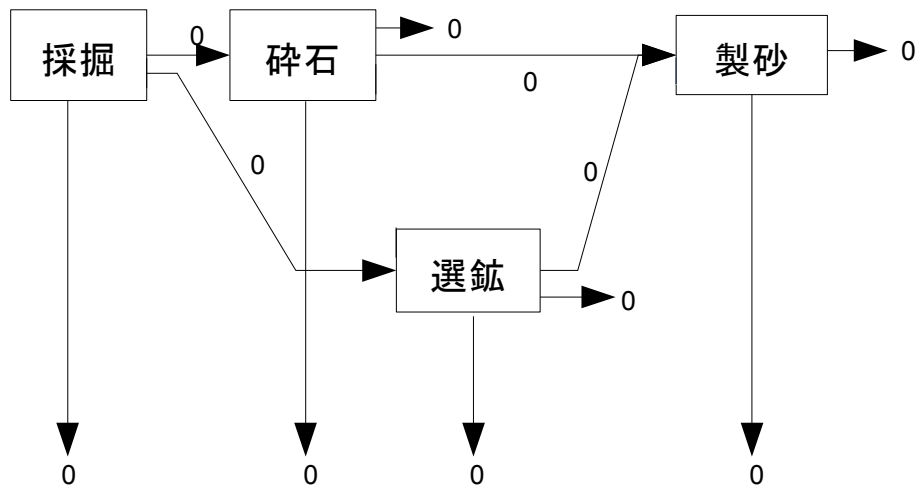


図 5.3:全体モデルのマテリアルコスト・フローチャート

続いて、マテリアル・フローコストチャートは図 5.3 になる。単位は千円である。以降のチャートにおいても金額の単位はすべて千円である。

マテリアルコストは、全物量センターで 0 となっている。これは、購入単価がないのが原因である。なぜならマテリアルコストは数量に購入単価をかけたものである。ところが原材料はすべて自社鉱山より採掘したものであるため購入をしていない。つまり購入単価が 0 である。そのためマテリアルコストも 0 となる。

物量センター間に流れる物量は 0 ではないが、購入単価が 0 であるためマテリアルコストが 0 になる。すべての値が 0 となっているため、マテリアルコスト・フローチャートは有益な情報をまったく提供していない。どの物量センターで廃棄が多いのかがまったく分からない。このように、マテリアルコストがまったく発生しないことは、鉱山における MFCA の特徴であると言える。

5.2.3 全体モデルのシステムコスト・フローチャート

次に、システムコスト・フローチャートは図 5.4 になる。

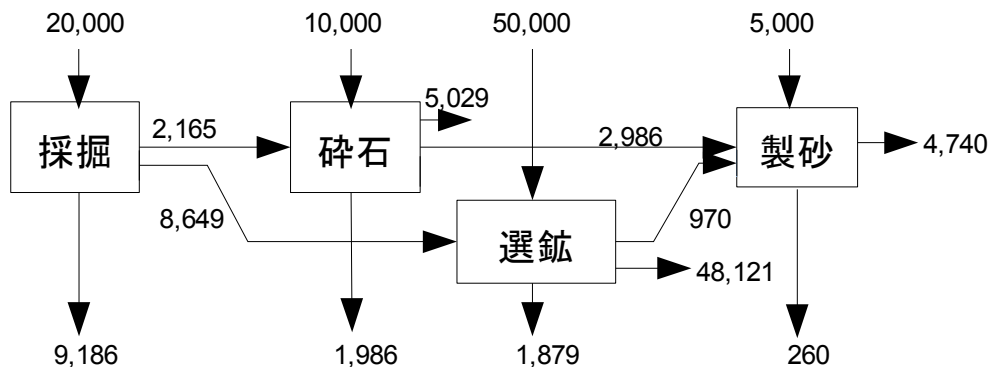


図 5.4:全体モデルのシステムコスト・フローチャート

システムコストには、軽油、火薬、電力、人件費、減価償却費、一般材料、油脂類、修繕費などがある。軽油については工程毎に重機が決まっており、各重機の軽油使用量を各工程での使用量としているが、時々、工程間で重機の貸し借りがあるため多少の誤差を含む。電力については、工程毎に測定されている。人件費については、複数工程を受け持つ従業員もいるが、1時間単位でどの工程に従事したかを記録している。

なお、水については、隣接する河川からポンプでくみ上げており会社全体での使用量しか把握できていない。また、ポンプなどの設備費用はかかるが、水の使用そのものに費用はかからないので今回は対象外とした。今後、より正確に測定をするのなら、各工程毎に水の使用量を測定できるメータを取り付けるなどの対応が必要である。

システムコストは、それぞれの物量センターで投入された金額を、次物量センター、または廃棄へ、送られたトン数の割合で配賦している。例えば、採掘物量センターでは、20,000千円のシステムコストが投入されている。これを、砕石、選鉱、廃棄へ送られたトン数の割り合いで配賦する。そうすると、砕石物量センターへ2,165千円、選鉱物量センターへ8,649千円、廃棄へ9,186千円と配賦される。同様に、砕石物量センターでは投入された10,000千円を、次物量センターへの数量および廃棄の数量の割合で配賦している。

コストを重量で配賦しているので、システムコスト・フローチャートを見ると、どこで廃棄が多く発生しているのかがわかる。採掘物量センターで9,186千円と多くのロスが発生しているのがわかる。

5.2.4 全体モデルの廃棄物処理コスト・フローチャート

続いて廃棄物処理コスト・フローチャートは図5.5になる。廃棄物コストが発生する物量センターは2つある。採掘物量センターでの剥土工程と、選鉱物量センターでの脱水工程である。剥土工程ではトラック運搬の燃料、トラックの修繕費、人件費などが廃棄物処理コストとなり、25,000千円であった。なお、堆積場は社内にあるので社外への費用は発生していない。また、選鉱物量センターでの脱水工程では、選鉱工程で岩石を水洗した際の排水から沈殿物を取り除き、ろ過した水を河川へ流す。脱水工程にかかる費用は、電気代や人件費などで、10,000千円であった。

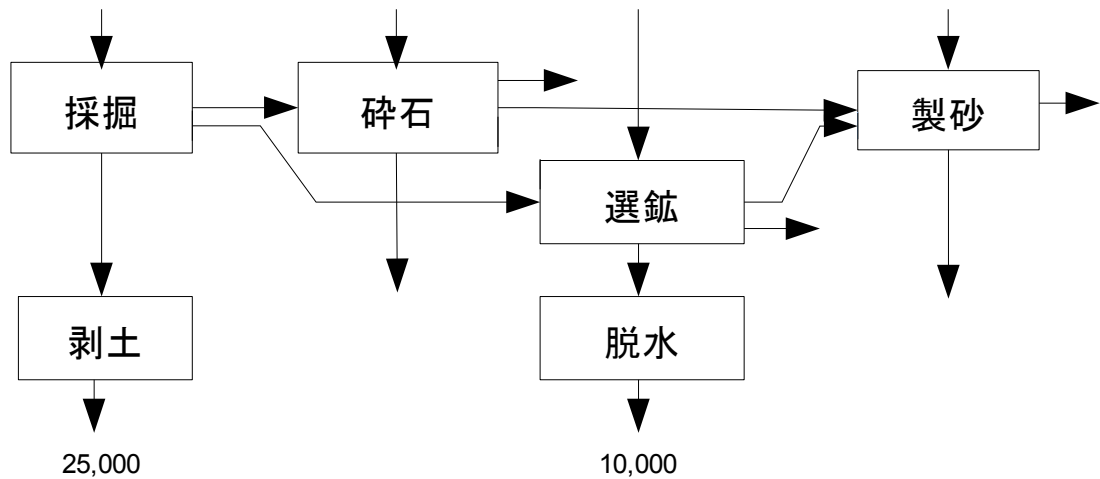


図 5.5:全体モデルの廃棄物関連フローチャート

5.2.5 全体モデルのフローコスト・マトリックス

そして、これらのチャートをまとめたフローコスト・マトリックスを見る。各フローコストを各物量センター単位で表すことで、全体を俯瞰することができる。

投入					合計
材料コスト	0	0	0	0	0
システムコスト	20,000	10,000	50,000	5,000	85,000
小計	20,000	10,000	50,000	5,000	85,000

投入					合計
材料コスト	0	0	0	0	0
システムコスト	9,186	1,986	1,879	260	13,310
廃棄物処理コスト	25,000	0	10,000	0	35,000
小計	34,186	1,986	11,879	260	48,310

	材料コスト	システムコスト	廃棄物処理コスト	小計
良品	0	71,690	0	71,690
材料ロス	0	13,310	35,000	48,310
小計	0	85,000	35,000	120,000

図 5.6:全体モデルのフローコスト・マトリックス

総コストが 120,000 千円であるのに対し、材料ロスが 48,310 千円であるので、総コストに占める材料ロスの比率は、40%である。これは、投入された費用のうち、40%が廃棄のために使われているということである。この比率が高

いのは、採掘物量センターでの廃棄量が多いことが一番の原因である。マテリアルロス合計は48,310千円であるが、採掘物量センターでのロスが34,186千円とその約7割を占めている。フローコスト・マトリックスにより、廃棄物削減の方策を考えるにあたっては、採掘物量センターにおける廃棄を減らすことに注目すべきということがわかる。

5.3 分離モデルのMFCA計算結果

続いて、分離モデルでの計算結果を示す。図5.1のマテリアルフローから考え、採掘物量センターと、それ以降の3つの物量センターを分離して計算を行う。

5.3.1 分離モデルの物量センターとマテリアルフロー

分離モデルのマテリアルフローは図5.7になる。全体モデルとは異なったフローになっている。

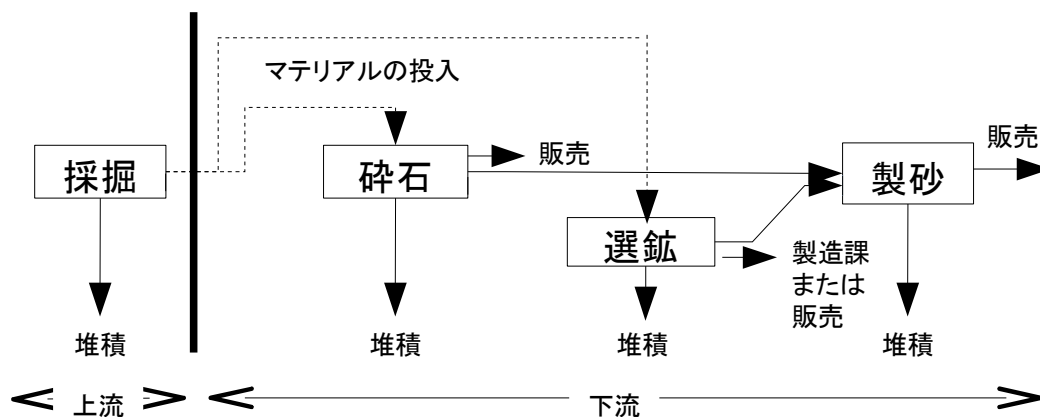


図 5.7:分離モデルの物量センターとマテリアルフロー

まず、採掘物量センターを切り離している。ここで切り離した採掘物量センターを上流、それ以降の物量センターを下流と呼ぶことにする。上流、下流を別々にMFCAを導入する。上流、下流を分けたとしても両者に物量のやり取りはある。それは3.6の考察をふまえると、企業間の取引に類似させる必要がある。そこで、上流と下流は、原材料の売買を行ったとみなした。販売単価は、上流の総コストを下流への販売数量で割ることで導いた。

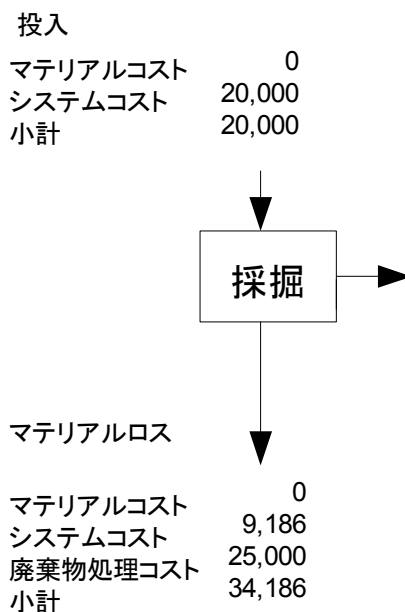
このため、図5.7では、採掘物量センターから後工程への矢印は、前物量センターからの投入ではなく、マテリアルの新規投入となっている。

5.3.2 分離モデル上流のフローコスト・マトリックス

分離モデルの上流は、全体モデルの採掘物量センター部分と全く変わらない。そのため、各チャートは省略し、フローコスト・マトリックスのみを図5.8に示す。

投入した費用、マテリアルロスともに全体モデルとかわらない。なお、採掘物量

センターだけを見ると、総コストが 45,000 千円であるのに対し、マテリアルロス
 は 34,186 千円となっている。そのためマテリアルロスの比率は 76% ととても高い。



	マテリアルコスト	システムコスト	廃棄物処理コスト	小計
良品	0	10,814	0	10,814
マテリアルロス	0	9,186	25,000	34,186
小計	0	20,000	25,000	45,000

図 5.8: 分離モデル上流のフローコスト・マトリックス

5.3.3 分離モデル下流のマテリアル物量・フローチャート

続いて下流についての結果を示す。下流については全体モデルとは数値が異なるため、全てのチャートを示す。

まず、マテリアル物量・フローチャートを見る。下流のマテリアルの物量は、全体モデルとくらべて違いはない。碎石および選鉱物量センターにおいて、マテリアルが前工程から送られるのではなく新規の投入となっている点だけが異なっている。

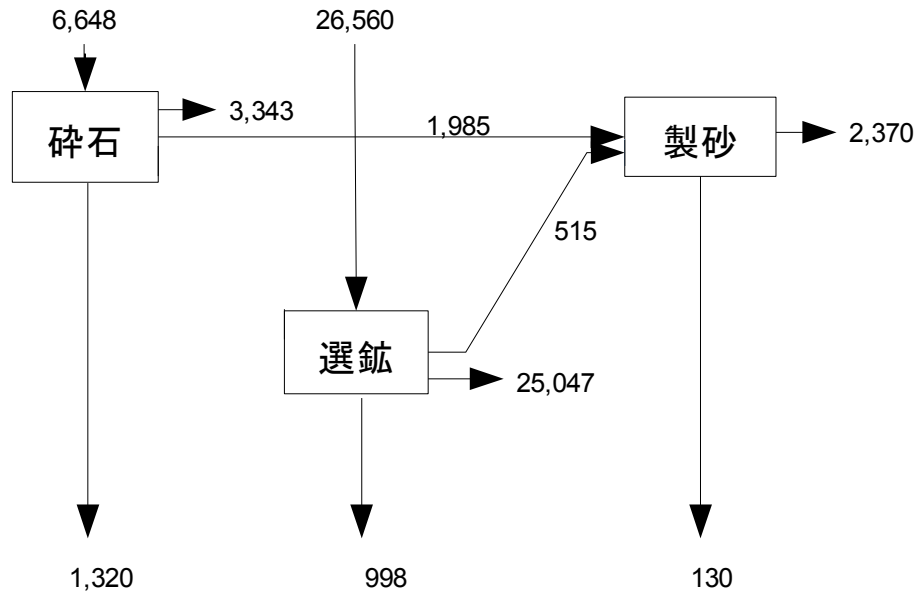


図 5.9:分離モデル下流の MATERIAL 物量・フローチャート

5.3.4 分離モデル下流の MATERIAL コスト・フローチャート

続いて MATERIAL コスト・フローチャートは図 5.10 になる。全体モデルでは MATERIAL コストはすべて 0 であったのに対し今回は MATERIAL コストが発生する。なぜなら原材料は購入しているとみなしているからである。

原材料の購入単価は、採掘物量センターにかかった総費用を後工程へ投入した数量で割ることで算出する。図 5.8 を見ると、採掘物量センターでは総費用が 45,000 千円がかかっている。そして、下流への販売は、砕石物量センターへ 6,648 トン、選鉱物量センターへ 26,560 トンの合計 33,208 トンである。上流の総費用を下流への販売数量で割ると、1 トン当たりの単価は 1,355 円となる。これを購入単価とする。

この変更による計算結果、MATERIAL コスト・フローチャートは次のようになる。

全体モデルでは MATERIAL コストがすべて 0 であったのに対して、今回は MATERIAL コストが発生している。また、廃棄した物量においても MATERIAL コストが発生しているので、どこで廃棄が多く発生しているのかがわかる。

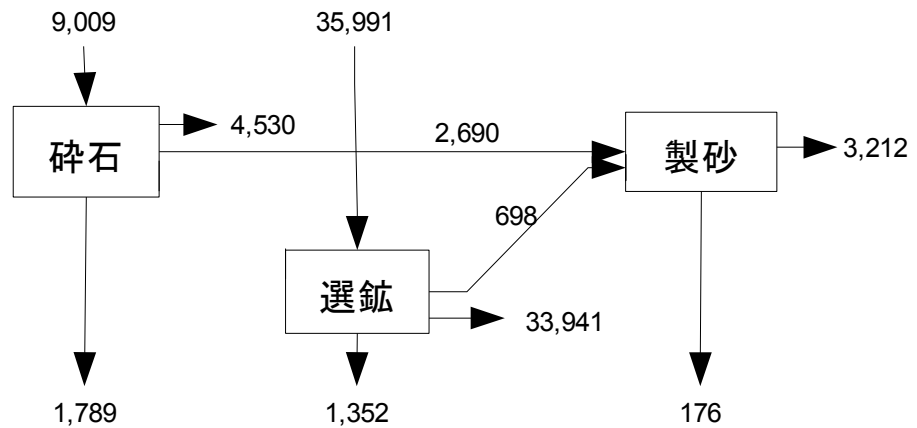


図 5.10:分離モデル下流のマテリアルコスト・フローチャート

5.3.5 分離モデル下流のシステムコスト・フローチャート

システムコスト・フローチャートは図5.11になる。採掘物量センターを対象外とした以外は、全体モデルとの違いはない。砕石、選鉱、製砂物量センターでのシステムコストの投入、廃棄は全体モデルとまったく同じ数値となっている。

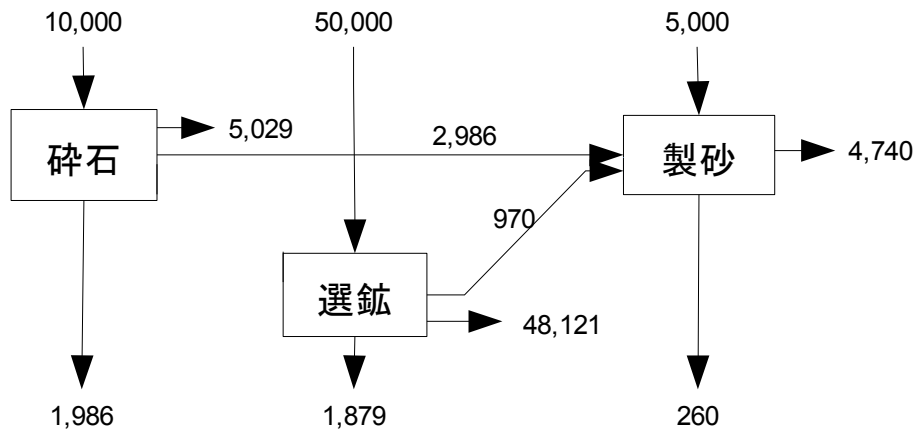


図 5.11:分離モデル下流のシステムコスト・フローチャート

5.3.6 分離モデル下流の廃棄物処理コスト・フローチャート

廃棄物関連フローチャートは図5.12になる。これも全体モデルと全く違いはない。ただし、全体モデルでは採掘物量センターでの廃棄物関連コストも含まれていたが、分離モデルでは採掘物量センターが上流に含まれ、下流では対象外となっている。そのため、採掘物量センターでの廃棄物関連コストは含まれていない。

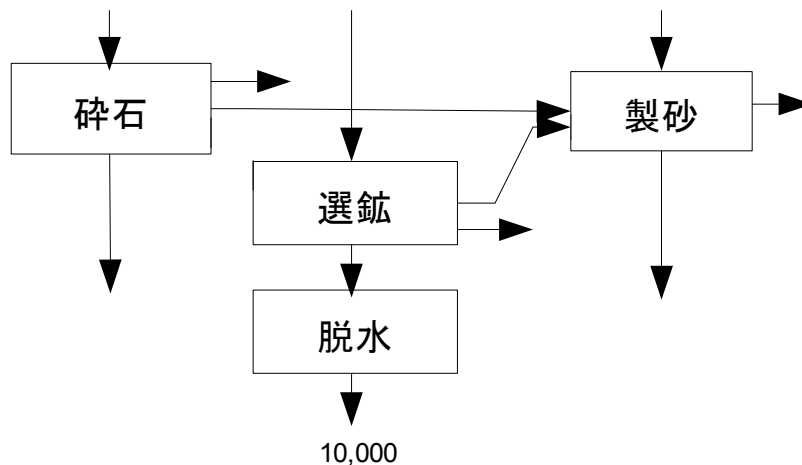
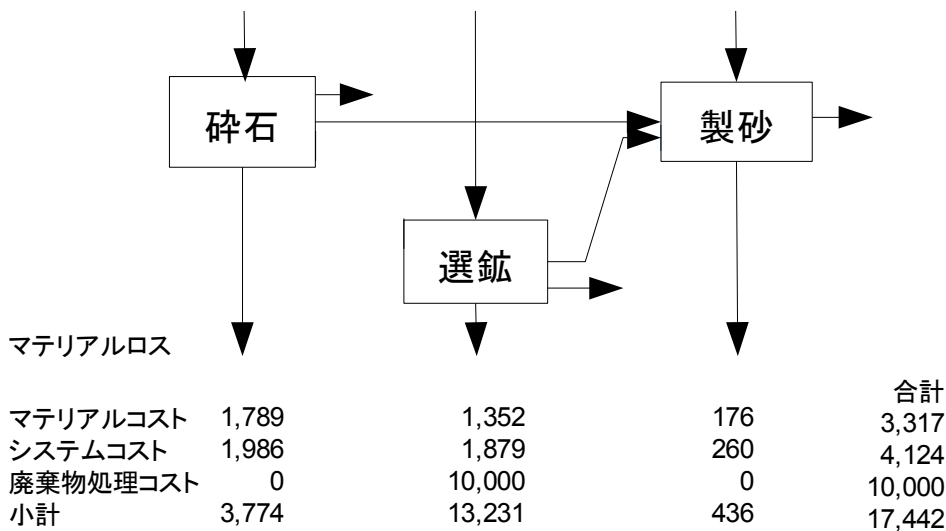


図 5.12:分離モデル下流の廃棄物処理コスト・フローチャート

5.3.7 分離モデル下流のフローコスト・マトリックス

これらをまとめた結果、分離モデル下流のフローコスト・マトリックスは図 5.13 になる。

投入				合計
材料コスト	9,009	35,991	0	45,000
システムコスト	10,000	50,000	5,000	65,000
小計	19,009	85,991	5,000	110,000



	材料コスト	システムコスト	廃棄物処理コスト	小計
良品	41,683	60,876	0	102,558
材料ロス	3,317	4,124	10,000	17,442
小計	45,000	65,000	10,000	120,000

図 5.13:分離モデル下流のフローコスト・マトリックス

総費用が120,000千円であるのに対し、マテリアルロスには17,442千円であり、マテリアルロスの比率は15%となっている。全体モデルではマテリアルロスの比率が40%であったにのり、大きく異なっている。それは、採掘物量センターでのマテリアルロスが最も多いためである。変更後の結果では、採掘物量センターでのマテリアルロスコストが後工程の物量センターのマテリアルコストに含まれているためロスとして認識されていない。

また、ロスの多い物量センターは選鉱物量センターであった。これは廃棄物処理コストが大きいためである。

5.4 小括

本章では、対象とする鉱山でのMFCAの結果を示した。結果は、全工程を対象とする全体モデルと、分離モデルの2種類を示した。

まず全体モデルではマテリアルロスの比率は40%であった。ロスは採掘物量センターで多く発生していることがわかった。また、マテリアルコスト・フローチャートは、マテリアルコストがまったく発生しないため有用な情報にはならないことがわかった。

続いて分離モデルでは、上流でのマテリアルロスの比率が76%、下流が15%であった。そして下流では選鉱物量センターでのロスが大きいことがわかった。

この結果について次章で考察する。

第6章 MFCA 計算結果の考察

前章では対象鉱山で MFCA を導入した結果を示した。結果は、全工程を対象とする全体モデルと、採掘物量センターを切り離す分離モデルの2種類を示した。本章では、この結果から、全体モデルと分離モデルのどちらがより有用であるかを考察する。

3.3 では、本研究での MFCA の有用性の判断基準を示した。つまり、MFCA の計算結果が有用かどうかは、MFCA がマテリアルロスによって示した廃棄物削減策の許容投資額が、仮に廃棄物を削減した場合の改善効果と近似しているかどうかで判断する。そして近い場合は有用であり、遠い場合は有用でないとする。この判断基準に照らし合わせて両モデルを比較する。

分離モデルでは、工程を資源採取段階の前後で上流と下流に分離した。そこで、両モデルの比較は、上流と下流でわけて行う。上流、下流のそれぞれについて、両モデルのマテリアルロスを比較し、どちらが有用かを考察する。

6.1 上流における両モデルの比較

最初に上流、つまり採掘物量センターにおける両モデルの結果を考察する。両モデルのマテリアルロスを比較して、その後、その有用性を考える。

まず両モデルのマテリアルロスであるが、図5.6の全体モデルのフローコスト・マトリックスにおける採掘物量センターのマテリアルロスと、図5.8の分離モデル上流におけるマテリアルロスはまったく同じ数値になっている。採掘センターにおいては両モデルともまったく同じ計算をしているためである。そのため、両モデルに有用性の違いはない。

次に両モデルが示した結果の有用性を考える。それには、マテリアルロスで示した金額を、廃棄物削減が実現した場合の効果と比べる。採掘物量センターで廃棄物の削減が実現しても、その他の物量センターへの影響はないため、採掘物量センターだけを考える。マテリアルロスは34,186千円であるが、その内訳は、システムコストが9,186千円、廃棄物処理コストが25,000千円である。廃棄物削減が実現した場合、廃棄物処理コストはそのすべてが削減できる。廃棄物が発生しなければ廃棄物処理のコストも発生しないからである。一方、システムコストがどれだけ削減できるかはわからない。なぜならシステムコストのうち、変動費的な費用は削減できるが固定費的な費用は削減できないからである。そのため廃棄物削減が実現した場合のシステムコストの削減額は、上限が9,186千円で、下限が0

円である。これらから、廃棄物削減が実現した場合の効果は、上限が 34,186 千円であり、下限が 25,000 千円である。マテリアルロスが示す金額はこれに近い
ため、この MFCA 結果は有用であるといえる。

これらから、上流部分、つまり採掘物量センターにおいては、全体モデルと分離モデルの MFCA 計算結果に違いはなく、ともに有用であるといえる。

6.2 下流における両モデルの比較

続いて、下流、つまり砕石、選鉱、製砂の3つの物量センターにおける両モデルの結果を考察する。

まず、両モデルのマテリアルロスと比較する。図 5.6 と図 5.13 における下流の3物量センターでのマテリアルロスは、それぞれ表 6.1、表 6.2 になる。

	砕石	選鉱	製砂	小計
マテリアルコスト	0	0	0	0
システムコスト	1,986	1,879	260	4,124
廃棄物関連コスト	0	10,000	0	10,000
小計	1,986	11,879	260	14,124

表 6.1:全体モデルにおける下流の物量センターでのマテリアルロス

	砕石	選鉱	製砂	小計
マテリアルコスト	1,789	1,352	176	3,317
システムコスト	1,986	1,879	260	4,124
廃棄物関連コスト	0	10,000	0	10,000
小計	3,774	13,231	436	17,442

表 6.2:分離モデル下流でのマテリアルロス

全体モデルでは、下流の3つの物量センターでのマテリアルロスは 14,214 千円であるのに対し、分離モデルでは 17,442 千円と増えている。その原因はマテリアルコストである。全体モデルでは、原材料の購入がないため全物量センターでマテリアルコストは発生していない。そのため、廃棄したものについてもマテリアルコストがなく、マテリアルロスにおけるマテリアルコストが発生していない。一方、分離モデルでは、採掘センターを切り離し、そして原材料は採掘センターから購入したとして計算している。そのためマテリアルコストが発生しており、マテリアルロスに対するマテリアルコストが発生している。このため両モデルで違いが発生している。なお、システムコストおよび廃棄物処理コストについては両者に違いはない。

続いて、どちらのモデルがより有用かを考える。それには、マテリアルロスが示す金額と、廃棄物削減が実現した場合の効果をくらべる。例として、砕石物量セン

ターをとりあげる。そして仮に採掘物量センターで廃棄物が削減できた場合に改善効果はどれだけになるのかを考える。砕石物量センターで廃棄物が削減できた場合、当然、砕石物量センターでのロスが削減できる。砕石物量センターでは、廃棄物処理コストが発生していないため、システムコストが削減できる。システムコストについては、前節で採掘物量センターでのシステムコストを検討したのと同じように、削減額がわからない。システムコストには変動費的な費用と固定費的な費用が含まれるからである。マテリアルロスの中のシステムコストは両モデルとも1,986千円であるため、廃棄物削減における砕石物量センターでの改善効果は、上限が1,986千円であり、下限が0円である。この上限金額は、全体モデルでの砕石センターでのマテリアルロスの金額と一致する。

しかし、改善効果はこれだけではない。なぜなら、砕石物量センターで廃棄物が削減できた場合、その上流である採掘物量センターでも廃棄物が削減されるからである。砕石物量センターで廃棄物が削減されると、その分だけ採掘物量センターから砕石物量センターへの投入量が減る。砕石物量センターへの投入量が減ると、採掘物量センターで採掘量が減る。採掘量が減ると採掘に伴い発生する廃棄量も減り、採掘物量センターで廃棄が減ることになる。このように、砕石物量センターでの廃棄物削減は、採掘物量センターでの廃棄物削減につながる。つまり、下流での廃棄物削減は、上流での廃棄物削減に波及する。

この波及効果について、分離モデルでは考慮されるが、全体モデルでは考慮されない。分離モデルではマテリアルコストがこれを考慮する役割となっている。分離モデルでは、砕石物量センターのマテリアルロスに、1,789千円のマテリアルコストが含まれている。これは砕石物量センターでの効果ではなく、原材料の購入元である採掘物量センターでの削減を表す。分離モデルでは、砕石物量センターでのマテリアルロスはマテリアルコストも含めて3,774千円となっている。この値の方が、全体モデルでの砕石物量センターでのマテリアルロス1,986千円よりも、廃棄物削減が実現した場合の効果により近いといえる。このことは、砕石物量センターだけでなくほかの物量センターでも同様である。そのため、分離モデルの方が全体モデルよりもより有用である、つまり廃棄物削減策を考案するのにより有用な情報を提供しているといえる。

前節と本節の結果をあわせると次のようになる。まず上流部分については全体モデル、分離モデルに違いはなく、ともに有用であった。次に下流部分については、分離モデルの方が有用であった。その原因は、マテリアルコストを発生させる

ことで、下流での廃棄物削減の上流への波及効果を認識させられるからである。これらから、今回の結果では分離モデルの方が全体モデルよりも有用であると言える。

6.3 結論

このように、全体モデルと分離モデルを比較した結果、分離モデルの方が有用であることを示した。このことを、本研究の問いから立ち返りまとめる。

本研究の問いは、鉱山業においてMFCAは有用であるかであったが、研究の結果から有用であると言える。また、鉱山への導入にあたり、資源採取段階の前後でわけてMFCAを導入する分離モデルがより有用であることを示した。

本研究の問いを立てた理由として、鉱山業ではマテリアルコストが発生しないので、マテリアルロスが低く計算される可能性を確かめることを挙げた。それについては、資源採取段階まで含めた全体モデルではその通りであったと言える。全体モデルではマテリアルコストが発生しないため下流でのマテリアルロスが低く計算されると言える。しかし、この問題については、資源採取段階を切り離す分離モデルにより解決できる可能性を3.6で示し、実際に解決できることを実データで確認した。分離モデルでは、資源採取段階で上流と下流に分離し、下流は上流から原材料を購入するように考える。そのため下流ではマテリアルコストが発生する。このような分離モデルではマテリアルコストが発生するため、マテリアルロスが低く計算されるということを回避できる。

本研究の問いのもうひとつの意義として、サプライチェーンへの展開を一步前進されることを挙げた。資源の採取、製造、販売、消費、廃棄という製品のライフサイクルで考えると、今までのFMCAの事例は製造段階だけである。そのため資源の採取段階である鉱山業での事例を研究することは意義があることを述べた。これについては鉱山業での事例により、資源採取段階での事例を増やすことができた。今回の研究により分離モデルが優れていることを示したことは、石灰以外の鉱物鉱山および、同じく資源の採取にあたる農林水産業でMFCAを導入するにあたって参考になるであろう。

また、サプライチェーンへの展開にあたっては、企業間でコスト情報の共有が障害となる可能性が指摘されていることを3.5で示した。しかし、本研究の結果は、MFCAをサプライチェーンへ展開するにあたっては、コスト情報の共有が不要であるかもしれないことを示唆している。鉱山では、資源採取段階を含めると下流で

マテリアルロスが低く計算された。そのため資源採取段階を分離するモデルが有用であった。このことをサプライチェーン全体で考えると、同様に、資源の採取段階を含めて1つの範囲でMFCAを導入すると、下流の企業でマテリアルロスが低く計算されることになる。それを防ぐには資源の採取段階を切り離して二つの範囲で別々にMFCAを導入したほうが良いとなる。もしそうであれば、上流の企業と下流の企業でそれぞれの内部のコスト情報を共有する必要はない。そしてそのことは、MFCAをサプライチェーンに展開するにあたり障害になると思われていたことが障害でないということにつながる。しかし、本研究は1社での事例であり、これをどこまで一般化できるかには注意が必要であり、MFCAをサプライチェーンに展開するにあたってはコスト情報の共有は不要かもしれないという可能性を指摘するだけにとどめる。

第7章 結び

本章では、結びとしてまず研究結果の総括を述べ、次に本研究の含意と限界について述べる。

7.1 研究結果の総括

第1章では、本研究の問いとその意義を述べた。本研究の問いは、MFCAは鉱山業においても有用であるかであった。その意義は、MFCAをサプライチェーンに展開することを一歩前進されること、また、鉱山業ではマテリアルコストが発生しないためロスが低く計算される可能性を確かめることであった。

第2章では、石灰鉱山における環境会計について整理した。まず日本での環境会計の普及にふれた。日本では、企業外部へ情報開示を行うための外部環境会計が先に普及した。それに対して、企業内部の経営管理に活用するための環境管理会計はそれに遅れて普及が始まった。そして、日本の石灰鉱山を持つ企業においても環境管理会計は導入が遅れていて、MFCAの導入事例もまだないことを示した。

次に第3章ではMFCAの発展とサプライチェーンへの展開について整理した。まず、MFCAの概要と計算原理を述べた。そして本研究ではMFCAの有用性を、マテリアルロスで示す金額が、廃棄物削減が実現した場合の効果と近似しているかどうかで判断することとした。

続いて、日本でのMFCAの発展にふれた。近年は1社だけでなくサプライチェーンへMFCAを展開することが期待されているが、取引先とのコスト情報の共有が障害となる可能性があることが指摘されている。しかし、コスト情報を共有せずに廃棄物削減を実現させた例もあり、コスト情報の共有が必要かどうかはまだ分かっていない。また、いくつかの事例が出ているものの、サプライチェーン全体で考えるとまだ範囲が狭い。資源の採取という段階から、製造、販売、消費、廃棄まで製品のライフサイクル全体を考えると製造という段階の事例しかない。このように、MFCAをサプライチェーンへ展開することはまだこれからの取り組みであることを示した。

また、資源採取段階ではマテリアルコストが発生しないという大西(2005)の指摘を発展させ、資源採取段階までをMFCAの範囲に含めるとマテリアルロスが低く計算される可能性があることを述べた。そこから鉱山においては、逆に工程を2つに分離してMFCAを導入することが適している可能性を論じた。

第4章では、本研究で用いる計算方法について述べた。

第5章では、鉱山における実データを用いてMFCAを導入した。計算は、資源採取段階も含めた全体モデルと、資源採取段階を切り離し、下流は上流から原材料を購入するとした分離モデルで行った。

続いて第6章では、第5章の結果を考察し、両モデルを比較した。その結果、分離モデルの方が有用であることを示した。その原因は、分離モデルではマテリアルコストを発生させることで、下流での廃棄物削減が上流での廃棄物削減に波及することを、マテリアルロスに勘案することができるからであった。最後に結論として、鉱山業においてもMFCAは有用であること、マテリアルコストがないために下流でマテリアルロスが低く計算されることについては分離モデルで解決できること、今回の結果がサプライチェーンへの展開にあたりコスト情報の共有が必要でない可能性があることを示したことを述べた。

7.2 本研究の貢献と含意

本研究の貢献と含意を、学術面および実務面に分けて述べる。

まず学術的な貢献は、資源採取段階でのMFCAを実証的に検証したことである。今まで資源採取段階におけるMFCAの事例はなかった。そのため資源採取段階ではマテリアルコストが発生しないということは理論的に考察されていただけである。このことを実証的に確認した。また、マテリアルコストが発生しなければ下流工程でマテリアルロスが低く計算されることも確認し、それは資源採取段階を切り離す分離モデルを採用することで解決できることを示した。

また学術的な含意としては、本研究で示した分離モデルから考察を展開すると、次のことが言える可能性がある。ひとつは、MFCAをサプライチェーンに展開するにあたりコスト情報の共有が必要ではないかもしれない。鉱山において資源採取段階を分離した方がよいのであれば、サプライチェーンにおいても、企業を分離した別々にMFCAを導入した方が良いかもしれない。そうであれば、サプライチェーンへの展開にあたり障害であると思われたコスト情報の共有が、そもそも障害でないかもしれない。また、もうひとつの可能性は、MFCAの新たな計算方法がありうることである。第4章では、システムコストの計算方法に累加法と非累加法があることにふれた。累加法は前物量センターのシステムコストを次の物量センターへ引き継いでいる。この、引き継ぐという視点でとらえると、分離モデルは違った解釈ができる。分離モデルは、前物量センターを分離して、前物量センターから原材料

を購入しているように計算した。それを引き継ぐという視点でとらなおすと、分離モデルは、前物量センターの総コストを、マテリアルコストにのせて次の物量センターへ引き継いでいると考えられる。このように考えると分離モデルは分離しているのではなく計算方法を変えていると言える。システムコストの計算に累加法、非累加法という2つの計算方法があるだけでなく、もうひとつ、前物量センターの総コストをマテリアルコストにのせるという計算方法が可能かもしれない。本研究の結果からこれら2つの可能性を示唆している。

次に実務的な貢献は、対象とした鉱山で廃棄物削減策を考案するのに役立つ情報を提供したことである。同鉱山では廃棄の多さは問題とされていたものの、それを金額で表したことはなかった。本研究により廃棄物削減策に投資できる限度額が分かったことで廃棄物削減の取組を検討することができるようになった。

また、本研究の結果は、石灰以外の鉱物や農林水産業などに MFCA を導入する際にも役立つ。特に、資源採取段階を分離すべきであることは参考になるであろう。例えば、魚の収穫からそれを缶詰する工程までを行っている企業に MFCA を導入する際には、魚の収穫工程は切り離して分離モデルによる MFCA が適しているかもしれない。このように本研究の結果は、自然界から資源を採取する鉱山業および農林水産業における MFCA の普及を促進する可能性がある。

これらが本研究の学術的また実務的な貢献と含意である。

7.3 本研究の限界と今後の課題

本研究の限界はまず、本研究によって得られた結果を一般化するには限界があることである。本研究では1企業の1鉱山を対象とした。今後は複数の石灰鉱山またはその他の鉱物鉱山での事例を重ねて、本研究と同様の結果が得られるかを検証し、一般化を行なっていくことが求められる。また、本研究で対象とした鉱山が廃棄物が多い点も一般化の際には注意が必要である。対象鉱山では採掘時に多くの廃棄物が発生しているが、これは一般的ではなく、まったく廃棄が発生しない鉱山もある。廃棄物が少ない鉱山でどのような結果となるかは本研究の結果からは推測できない。

また、本研究により MFCA をサプライチェーンに展開することを一步前進させたとはいえ、まだ十分ではない。資源の採取、製造、販売、消費、廃棄という製品のライフサイクルで考えると、MFCA は製造段階しか事例がなかったが、本研究により資源の採取段階の事例ができた。しかし、その他の段階での事例は不十分

である。今後は、販売、消費、廃棄段階における事例が求められる。例えば、一般家庭における MFCA や、リサイクル業や SPA と呼ばれる製造小売業における MFCA などの事例は興味深いであろう。また、本研究で資源の採取段階の事例ができたとは言え、本研究は1社内での事例であり、取引企業との連携は行っていない。そのため、資源の採取段階においても取引企業との連携にあたりどのような課題や障害があるかなどは本研究では分からない。

最後に、本研究では MFCA の計算方法にシステムコストを累加する方法と非累加する方法があることにふれたが、両者の比較は行わなかった。今後、新たに MFCA を導入しようとする企業が、その都度どちらの方法が良いかを検討しなければいけないのは好ましくない。そのためどちらの方法が優れているのか、または条件により優劣が異なるのかを解明する必要がある。これも今後の残された課題である。

謝辞

本論文作成にあたり以下の方々に感謝申し上げます。論文とは何かという基本から親身にご指導して下さった三矢裕教授、ご多忙にもかかわらず時間を割いて下さりMFCAの専門家として助言をして下さった國部克彦教授、ゼミの運営にご尽力下さった大浦啓輔先生、新井康平先生、鈴木新様、ゼミの時間を割いて議論して下さった國部ゼミの皆様および大西靖先生、切磋琢磨しながらも助けて下さった三矢ゼミの皆様、私の妻、そして子供たちに。

【参考文献】

- Moehr-Swart M, F. Coetzee and J. Blignaut(2008) “Sustainable Development in the South African Mining Industry: The Role of Cleaner Production and EMA”(S. Schaltegger et al. eds. *Environmental Management Accounting for Cleaner Production*, Springer Science + Business Media B.V,pp.165-191.)
- Strobel, M. and C. Redmann(2002) ”Flow Cost Accounting, an Accounting Approach Based on the Actual Flows of Materials” (M. Bennett et al. eds. *Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments*, Kluwer Academic Publishers,pp.67-82.)
- USEPA(1995) An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool, USEPA.(日本公認会計士協会編「企業経営のための環境会計」日経BP社 2000年).
- 大西靖(2005) 「マテリアルフローコスト会計の拡張可能性に関する研究」.
- 國部克彦(2004) 「環境会計実務の普及と展開:日本企業の動向」『国民経済雑誌』第190巻 第6号 53-65頁.
- 國部克彦(2007) 「マテリアルフローコスト会計の意義と展望」『企業会計』第59巻第11号,19-24.
- 國部克彦 伊坪徳宏 水口剛(2007) 『環境経営・会計』有斐閣.
- 國部克彦 大西靖 東田明 堀口真司(2008) 「環境管理会計研究の回顧と展望」『国民経済雑誌』第198巻第1号,95-112頁.
- 中畠道靖 國部克彦(2008) 『マテリアルフローコスト会計』日本経済新聞社..
- 東田明(2008) 「マテリアルフローコスト会計のサプライチェーンへの拡張」『企業会計』第60巻第1号, 122-129頁.
- 宮崎修行(2003) 「フロー原価計算の理論的考察」『會計』164巻第3号,15-25頁.

【参考ホームページ】

ウシオ電機株式会社(2009)「サステナビリティレポート2009」.

http://www.ushio.co.jp/documents/ir/library/sustainable/sustainable_2009_j.pdf

オムロン株式会社(2009)「企業の公器性報告書2009」.

http://www.omron.co.jp/corporate/csr/pdf_inquiry/pdf/report_2009.pdf

環境省(2005)『環境会計ガイドライン2005年度版』環境省.

http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=6396&hou_id=5722

キヤノンマーケティングジャパングループ(2009)「CSR報告書/情報セキュリティ報告書2009」.

<http://cweb.canon.jp/about/pdf/2009-2010/csr-all2009.pdf>

経済産業省(2002)『環境会計管理手法ワークブック』.

http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/kaikeiWB/contents1.htm

経済産業省(2008a)『マテリアルフローコスト会計(MFCA)導入事例集(Ver.1)』.

http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/mfca/MFCA-casestudy.pdf

経済産業省(2008b)『マテリアルフローコスト会計手法導入ガイド(Ver.2)』.

http://www.meti.go.jp/policy/eco_business/mfca/MFCA-guidever.2.pdf

経済産業省(2009)『「平成21年度低炭素型環境管理会計国際標準化事業(マテリアルフローコスト会計導入実証・国内対策等事業)」各地域の事業者団体等におけるMFCA導入実証事業の公募について』

<http://www.meti.go.jp/information/data/c90612aj.html>

太平洋セメント株式会社(2008)『CSRレポート2008年版』.

http://www.taiheiyo-cement.co.jp/csr/csrrp_fr.html

日東電工株式会社(2009)「CSR&アニュアルレポート2009」.

http://www.nitto.co.jp/company/environment/pdf/2009/2009_all.pdf

日本能率協会コンサルティング(2009)「マテリアルフローコスト会計手法導入ガイドVer.3」

http://www.jmac.co.jp/mfca/thinking/data/mfca_guide_ver3.pdf

これら参考ホームページについては平成21年8月22日時点で接続を確認している。

ワーキングペーパー出版目録

番号	著者	論文名	出版年
2008・1	石津 朋和 白松 昌之 鈴木 周 原田 泰男	技術系ベンチャー企業の企業価値評価の実践ーダイナミック DCF 法とリアル・オプション法の適用ー	5/2008
2008・2	荒木 陽子 井上 敬子 杉 一也 染谷 誓一 劉 海晴	医薬品業界と電機業界における M&A の短期の株価効果と長期 の利益率	5/2008
2008・3	堀上 明	IT プロジェクトにおける意思決定プロセスの研究 ークリティカルな場面におけるリーダーの意思決定行動ー	9/2008
2008・4	鈴木 周	M&A における経営者の意思決定プロセスと PMI の研究 ーリアル・オプションコンパウンドモデルによる分析ー	10/2008
2008・5	田中 彰	プロスポーツビジネスにおける競争的使用価値の考察 プロ野 球・パシフィックリーグのマーケティング戦略を対象に	10/2008
2008・6	進矢 義之	システムの複雑化が企業間取引に与える影響の研究	10/2008
2008・7	戸田 信聡	場の形成による人材育成	10/2008
2008・8	中瀬 健一	BtoB サービスデリバリーの統合～SI 業界のサービスデリバリ ーに関する研究～	10/2008
2008・9	藤岡 昌則	生産財マーケティングアプローチによる企業収益性の規定因に 関する実証研究	11/2008
2008・10	下垣 有弘	コーポレート・コミュニケーションによるレピュテーションの 構築とその限界：松下電器産業の事例から	11/2008
2008・11	小林 正克	製薬企業における自社品および導入品の学習効果に関する実証 研究	11/2008
2008・12	司尾 龍彦	マネジャーのキャリア発達に関する実証研究 管理職昇格前の イベントを中心として	11/2008
2008・13	石村 良治	解釈主義的アプローチによるデジタル家電コモディティ化回避	11/2008
2008・14	浅田 賢治郎	ソフトウェア開発における品質的欠陥発生要因と対策	11/2008

2008・15	小林 誠	原材料市況の変動が及ぼす企業投資行動への影響ー素材 4 産業のマイクロデータ実証分析ー	11/2008
2008・16	荒木 陽子	地域金融機関の再編効果とライバル行への影響	11/2008
2008・17	古市 正昭	非管理職のキャリアとモチベーションに関する実証研究	11/2008
2008・18	岩田 泰彦	事務系企業内プロフェッショナルのモチベーションに関する質的研究	11/2008
2008・19	鉤 忠志	高信頼性組織におけるリーダーシップに関する実証研究	11/2008
2008・20	中尾 一成	個人や組織のコア技術能力がイノベーション成果に及ぼす影響に関する実証研究	11/2008
2008・21	難波 正典	研究開発者のモチベーションに関する実証研究	11/2008
2008・22	筆本 敏彰	研究開発における規模の経済性の実証研究ー製薬企業の事例ー	11/2008
2008・23	上田 伸治	産業看護職のキャリア開発についての一考察	11/2008
2008・24	寺田 多一郎	プロフェッショナルとしての大学教員のモチベーション研究ー薬学教育改革に直面した薬学部教員のジレンマー	11/2008
2008・25	成岡 雅佳	製薬企業のハードルレートと事業ポートフォリオ（重点疾患領域）との関連性の分析	12/2008
2008・26	徳宮 太一	同族企業の後継者育成	12/2008
2008・27	那須 恵太郎	放送倫理の適用と推進における課題と対策ー民間放送を事例としてー	2/2009
2008・28	鈴木 康嗣	人事部門の役割と機能	2/2009
2009・1	福嶋 誠宣	日本企業のグループ経営におけるマネジメント・スタイルの研究	4/2009
2009・2	井上 敬子	特許の質と企業価値	6/2009
2009・3	竹内 雄司	メンタリングが職場に及ぼす影響ー個と組織の強さが両立する職場作りにかかわる研究ー	7/2009
2009・4	石津 朋和	IT 活用型在庫管理効果による ABL 普及の可能性	9/2009
2009・5	狗巻 勝博	NPO 法人における融資利用の決定要因	9/2009

2009・6	村元 正和	日本の未上場バイオベンチャーにおける知識資本と資金調達の 関連性	9/2009
2009・7	中川 清之	新規事業創造の要因に関する一考察ー日本の製造業における実 証研究ー	10/2009
2009・8	小池 宏	製造業におけるサプライヤー選定の最適化基準に関する考察 ー原材料及び部品サプライヤーと買い手企業間関係に基づく競 争優位の研究ー	10/2009
2009・9	迫田 和良	コーポレート・ベンチャーのマネージャーのモチベーションー 食品製造業の事例研究ー	10/2009
2009・10	松本 恭卓	IP0企業のディスクロージャーの質と株主資本コストー新興3市 場のデータに基づく実証分析ー	10/2009
2009・11	井上 貴文	金融機関における貸出手法の決定要因 なぜ地域金融機関でリ レーションシップバンキングが機能しないのか	10/2009
2009・12	栗山 淳	ブティック型ベンチャーキャピタルの投資行動ーバイオベンチ ャーの事例分析ー	10/2009
2009・13	丸谷 直之	敵対的買収に対するメインバンクの有効性ーメガバンク金融グ ループの潜在的機能ー	10/2009
2009・14	田中 俊一朗	不動産企業における効果的な有利子負債の活用ー新興不動産企 業を対象にした実証分析ー	10/2009
2009・15	静 俊二郎	石灰鉱山におけるマテリアルフローコスト会計	12/2009