

環境マネジメントのためのライフサイクルアセスメントとマテリアルフローコスト分析の統合に関する研究
(事例分析とリーガルインパクト)

諏訪東京理科大学大学院博士後期
工学・マネジメント研究科
奈良研究室
趙 小儀

目 次

第1章 序論

1.1 研究の背景	4
1.2 研究目的	5
1.3 研究の理論的背景	6
1.4 論文の構成	12

第2章 ライフサイクルアセスメント(LCA)

2.1 LCA の考え方と背景	13
2.2 LCA の実施について	13
2.2.1 LCA の手順	13
2.2.2 具体的な実施方法	15

第3章 マテリアルフローコスト(MFC)手法及びこれとLCA手法との連結

3.1 マテリアルフローコスト会計	20
3.2 マテリアルフローコスト会計の計算の考え方	20
3.3 MFCA の実施	22
3.4 MFCA と LCA の統合	22
3.5 データ収集について	23

第4章 LC-MFCA(Life Cycle- Material flow cost Analysis)計算の事例研究

4.1 事例分析における手順	25
4.2 LC-MFCA を用いた A 社の事例分析	26
4.2.1 MFCA による A 社の分析	27
4.2.2 LIME による A 社分析	33
4.2.3 A 社における LC-MFCA 分析結果のまとめ	44
4.3 LC-MFCA を用いた B 社の事例分析	46
4.3.1 MFCA による B 社の分析	46
4.3.2 LIME による B 社分析	51
4.3.3 B 社における LC-MFCA 分析結果のまとめ	60
4.4 LC-MFCA を用いた C 社の事例分析	62
4.4.1 MFCA による C 社の分析	62
4.4.2 LIME による C 社分析	68
4.4.3 C 社における LC-MFCA 分析結果のまとめ	73

4.5 総合的考察	76
4.5.1 環境パフォーマンスによる比較検討	76
4.5.2 MFC 値と LIME 値との間のキャリブレーション	78
第 5 章 LC-MFCA を用いた環境関連法律の改正が企業に与える影響評価	
5.1 エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）	81
5.1.1 背景	81
5.1.2 電力需要の平準化の推進	81
5.1.3 トップランナー制度の建築材料等への拡大（平成 25 年 12 月 28 日施行）	84
5.2 LC-MFCA を用いた法令改正に対する適応シミュレーション(インパクト評価)	85
5.2.1 省エネ法改正による電気需要の平準化導入によるインパクト評価	85
5.2.2 省エネ法改正による太陽光パネル導入によるインパクト評価	88
5.2.3 省エネ法改正に準拠した断熱材導入によるインパクト評価	90
5.2.4 エネルギー利用におけるトップランナー方式導入のインパクト評価	98
5.2.5 資源有効利用促進法の改正によるインパクト評価	100
5.3 A 社を対象とした省エネルギー対策検討シミュレーション	110
5.3.1 A 重油から他の燃料へ変更する場合	111
5.3.2 射出成形用の温度調節機器を新型機械への変更	113
5.3.3 射出成形機器コンプレッサーの新型機械への変更	114
5.3.4 環境経営的な判断	114
5.4 まとめ	115
第 6 章 総括	117
参考文献	
付録	

1.1 研究の背景

近年、気象記録を塗り替える大雨、大雪、洪水、あるいは台風の発生など異常気象に関するニュースを聞くことが多くなった。地球環境問題も地球温暖化やオゾン層破壊などの影響について実感する機会が少ないが、気候は地球規模で変化していることを実感することができる。環境問題は、戦後まもなく社会に認識されたイタイタイ病や水俣病を生み出した公害に始まり現代の地球環境問題まで、長い間大きな社会的な問題であった。市民も企業も行政も、これらの環境問題を解決するために多大の犠牲を払ってきた。しかし現在、公害に対する対策が徹底され、その発生件数は極めて少なくなった、しかし気候変動などの地球環境問題の解決はまだ十分な解決の見通しが立っていないのが現状である。われわれ人間は、どうも目に見える脅威に対しては力を尽くして問題解決にあたるが、目に見えない、実感できない驚異に対しては問題の解決を先送りにする性向があるようである。企業も人間が経営する組織体であるから、この性向にしたがい、目に見えないリスクのマネジメントに対する投資は極力控えられてしまう傾向にある。すなわち、企業は地球温暖化などの目に見植えない、実感できない地球環境問題の解決に資するような投資をすることは稀である。もちろん、実感できない環境問題を真剣に考えている企業も多数あることも事実であるがマクロに見れば、市民も企業も行政も目に見えない地球環境問題の解決には消極的であるように感じられる。また、問題の解決に取り組んだとしても、その成果が見えないことも大きな問題である。環境に関する意識が高い人々が、環境問題の解決に尽力してきたが、その効果が見えない状況では、人々のモチベーションは徐々に低下することになる。モチベーションの低下はマスコミによる情報戦略に依存する点も大きい。やはり自分の努力が目に見えて報いられない場合、そのモチベーションが下がり、活動も停滞することになる。図 1.1 は日本における ISO 14001（環境マネジメントシステムの国際規格）の認証取得組織数の時系列変化を示した。ISO 9001（品質マネジメントシステムの国際規格）と ISO 14001 の両方とも、2006 年頃から認証取得する企業（組織）の数が減少しており、現在も減少傾向は変わっておらず、今後も減少が続くと考えられる。また、これまで ISO 14001 の認証を取得し、世界に誇れる環境マネジメントシステムを運用していた企業（組織）が認証を辞退（取り消す）動きも生まれている。

このように、最近、大衆の地球環境問題への関心が薄れてきた原因は、そのリスクが目に見えないこと、そして自分の努力の効果で目に見えないことであることは容易に推測される。

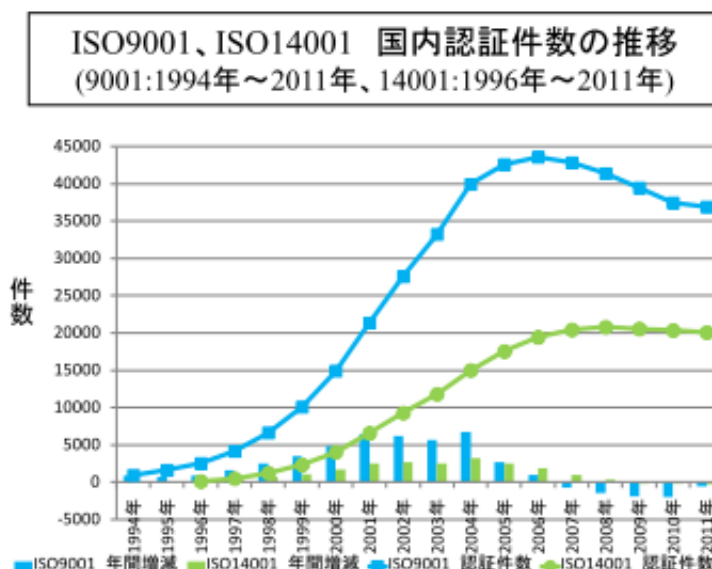


図 1.1 ISO9001、ISO14001 国内認証件数の推移 (9001:1994 年～2011 年、14001:1996 年～2011 年)

日本工業標準調査会 標準部会・適合性評価部会、管理システム規格専門委員会、事業競争力ワーキンググループ、中間取りまとめより引用。

“ <http://www.meti.go.jp/press/2013/04/20130430002/20130430002-3.pdf>” ⁽¹⁾

このような現状において地球環境問題に積極的に取り組むという大きなベクトルを作り出すためには、気候変動による大災害という物理的な現象は目に見えていと仮定すれば、あとは環境保全対策の効果が現れるようにすることである。多くの企業では、すでに環境マネジメントを実施しており、ISO 国際規格にしたがった環境マネジメントシステムの活用されており、環境保全への努力が成されている。しかし、このような企業でも同様に、環境活動の効果が見えないため、その活動が停滞したり、あるいは万全の公害対策を実施して環境保護活動も終了したと考えたりする気配が感じられる。個人レベルで考えると企業の環境担当者にとっても、その仕事を評価する方法がなければ、自分の仕事のパフォーマンスが定量化できないことになり、人事評価にも関連して、モチベーションが低下する。このように企業にとっては、環境保全のための経営資源の投入に対する見返り（メリット）がなければ、例えばコストダウン、付加価値の増加、あるいは社会的信用の確保など、その活動は停滞あるいは停止する。個人にとっては、自分の仕事の成果が提示できない場合、その個人に対する評価が低下することから、やはり活動へのモチベーションは低下あるいは消失する。⁽²⁾

1.2 研究目的

以上のような論点に鑑み、本研究では企業全体あるいは個人レベルにおいて、環境保全活動の効果が現れるように定量化するための方法を開発することを目的とした。本来、企業は利潤を追求あるいは確

保することが第一の目的であることから、コストというキーワードを含む見える化、コストを軸とした評価手法を開発することに重点を置いた。因みに、企業の環境保全活動を評価するための方法としてライフサイクルアセスメント分析（LCA）⁽³⁾があるが、これには企業内部におけるコスト分析は含まれていない。他方、企業の内部におけるコスト（内部経済及び内部不経済）分析の方法でありながら、物量という環境側面も評価することができる管理会計手法としてマテリアルフローコスト会計（MFCA）⁽⁴⁾がある。しかし、この手法には環境に与える影響をコスト（外部不経済）として評価する方法は含まれていない。そこで、これら2つの手法を統合することにより企業内部のコスト可能となると同時に、企業が環境に与える影響（外部コスト）の分析もできるようになると考えた。ある活動を行った場合、LCAにより企業活動が環境に与える影響を被害額（コスト）として計算し、併せてMFCAによりその活動が生み出す企業の利益と損失（コスト）を計算することにより、企業は環境に適切な配慮を行いながら、利益を確保するという環境と経済を両立させ得る経営戦略を構築することができる。本研究で提案している方法をLC-MFCA（Life Cycle- Material Flow Cost Analysis）と呼ぶことができる。

本研究は、LC-MFCAの分析方法を用いることにより、企業あるいは個人が自ら行っている環境保護活動が、企業にとってどれだけのメリットを生み出しているのか、その効果を内部経済及び外部経済の両方の観点から評価できることを示すと同時に、実在の企業におけるデータを用いたLC-MFCAの事例解析を行うことにより、その有効性を確認することが目的である。最小の投資（コスト）で最高の環境保全効果が得られるようになる。また、環境保全活動が経済価値として評価できるようになることにより、担当者にモチベーションを与えることにもなると考えた。本法は、リスクとメリットの両方が見える化されるので、われわれの環境意識の改革にも役立ち、環境マインドの育成に寄与する。企業の環境マネジメントに限らず、一般の市民にも環境保全効果を実感してもらうことができることから、今後の地球環境問題の市民による解決の場においても役立てたい。

1.3 研究の理論的背景

各手法の特徴について説明する。例えば我々はよく使用している紙のライフサイクルについて評価してみる。紙の製造は木から原材料を採取して、チップにして、加工して、洗浄して、分解してから漂白などで紙が作られている。紙製品はトラックで運送され店で販売される。私たちは使用目的に応じて紙を購入する。使用後、使用済みの紙はゴミとして処理される。この一連の活動はライフサイクルと呼ばれる。イメージ図は図1.1に示した。

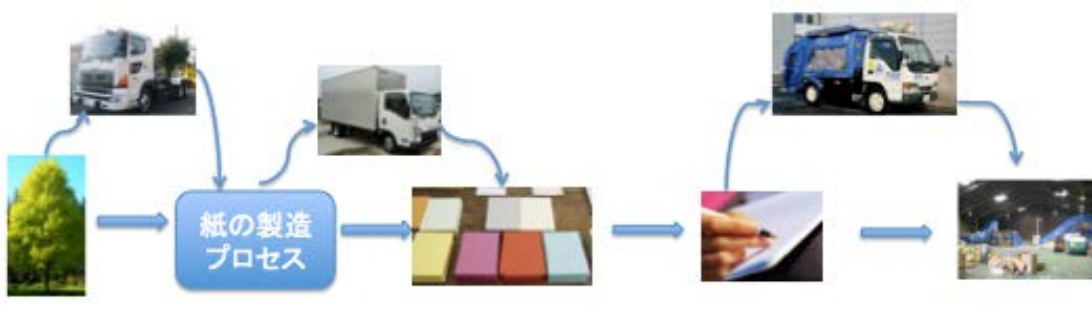


図 1.1 紙のライフサイクルイメージ図

LCA(Life Cycle Assessment)は、1969 年アメリカのコカ・コーラ社が製品容器の選択に関する研究としてミッドウェスト研究所へ委託し実施したことから始まった⁽⁵⁾。その内容は原材料の採集から製造、使用および廃棄まで全ての過程を通して、製品が環境に与える負荷の大きさを定量的に整理、評価する方法である。アルミ缶のライフサイクルの評価結果は図 1.2 に示した。

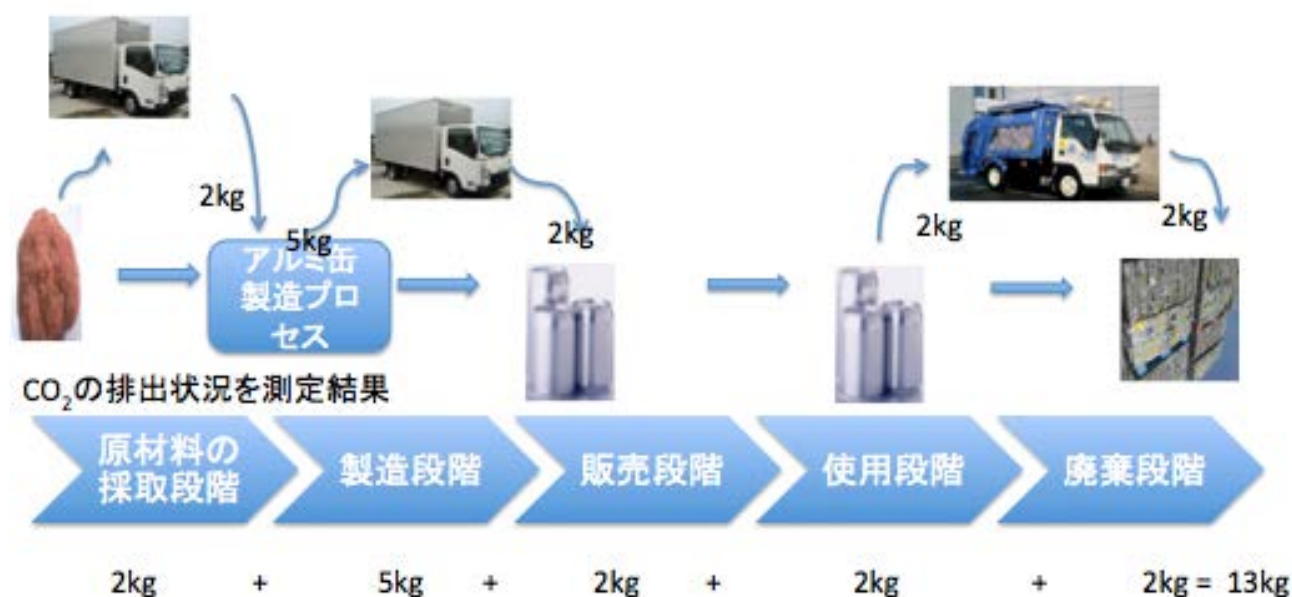


図 1.2 アルミ缶の LCA 評価結果（ここで示したデータは実際のデータと異なる）

図 1.2 で示したように、地球温暖化の問題を評価するため、1000kg のアルミ缶のライフサイクル全体の CO₂ 排出量を算出できる。この結果で 1000kg のアルミ缶のライフサイクルに渡って地球温暖化への影響を評価できる。LCA 手法を用いて、ライフサイクル全体で使用した資源や排出したガスなどの環境負荷物質ごとに算出できる。ライフサイクル全体の環境負荷状況が確認できる。しかし、LCA 手法だけでは環境負荷の測定ができるが、経済的な評価ができない。コストを評価するため、LCC という手法

がある。

ライフサイクルコスト (Life Cycle Cost)とは製品は製造・使用・廃棄まで全ての費用を総合的に考えるものである。前述の例の中では、紙の原材料である木を採取することのコスト、製造段階のコスト、販売コスト、回収コスト、処理コストなどが総合的に考えて評価することができる。紙のライフサイクルコストの計算結果は図 1.3 に示した。LCC は製品などのライフサイクルの全てのコストを計上する手法である。LCC の実施によって、全体的コスト状況を把握することができる。



図 1.3 1000kg 紙のライフサイクルコスト計算結果（ここで示したデータは実際のデータと異なる）

しかし、ライフサイクルコストは製品のライフサイクルの費用状況しか表示できない、環境負荷面に関しては、適切な評価ができない。また、全般のコスト状況を把握するためには、多業種間の情報提供をしなければならない。企業だけ測定対象するになる場合 MFCA 手法がある。

マテリアルフローコスト会計 (Material Flow Cost Accounting、は、製品を正の製品と負の製品に分けて考え、負の製品を物質やエネルギー利用における損失コスト (Loss) とみなし、そのコストを可視化することによりロス削減に結びつける手法である⁶⁾。紙製造の例では、紙製造用の原材料どのくらい使用している、いくら費用発生している、また製造段階では、どんな物質がどこで何になったかを把握することによって、製造段階での物質コストの流れを明らかにすることができる。紙製造に関するマテリアルフローコスト結果は図 1.4 に示した。

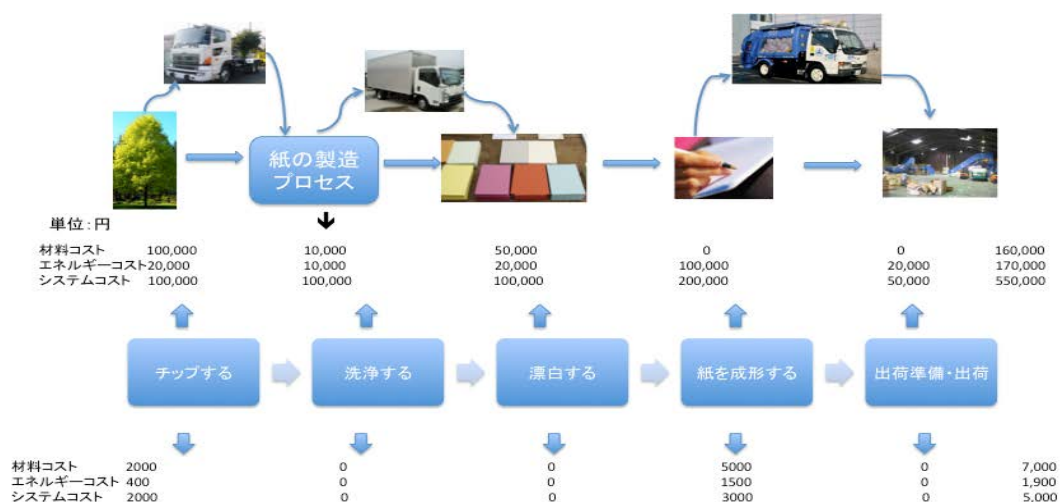


図 1.4 紙の製造プロセスにおける MFCA 分析結果

(ここで示したデータは実際のデータと異なる)

図 1.4 に示したように、紙マテリアルフローコスト会計を実施すれば、企業が改善すべき非効率な場所が相対的に示されるだけでない。その金額も一緒に表示されるので、それを改善するためにどれだけの投資を行えばよいかも合わせて明示できるのである。

しかし、マテリアルフローコスト評価手法は環境面に関しては、適切な評価ができない。コスト低減という経済性の向上と環境負荷の低減の両方を同時に評価することはできない。

今まで述べた手法のまとめた結果については表 1.1 に示した。

表 1.1 LCA、MFCA そして LC-MFCA が包括する範囲 (○印は計算対象を示す)

手法	範囲 (スケール)		時間軸 (タイムスパン)	
	経済性評価	環境影響評価	企業内部	ライフサイクル
LCA		○		○
MFCA	○		○	
LCC	○			○
LC-MFCA (新提案)	○	○	○	○

前述したように、各評価手法は環境面での評価また経済面での評価片方しか評価できないことがわかった。現在、ドイツの研究者 Daniela Schrack はライフサイクルの各段階で MFCA を実施することも提案されている⁷⁾。MFCA の展開の方向として、企業単位ではなく、サプライサイド全体を考えたサプライチェーン MFCA や、さらにコンシューマサイドと廃棄まで考えたライフサイクル MFCA (LC-MFCA) が提案されている。これらの手法は、MFCA の取り扱う境界を拡大するという点で有意義であるが、MFCA 手法の一つである。本文で述べている LC-MFCA は、ライフサイクルアセスメント手法と MFCA

手法の統合を行うものであり、MFCA の延長線上にあるものではない。勿論、LCA 手法を利用するので、MFCA の時間軸もライフサイクルで検討を行っている。したがって、MFCA の延長洗淨にある LC-MFCA（これを狭義とよぶとすれば）に対して本法は広義の LC-MFCA であるということもできる。図 1.6 に示した。

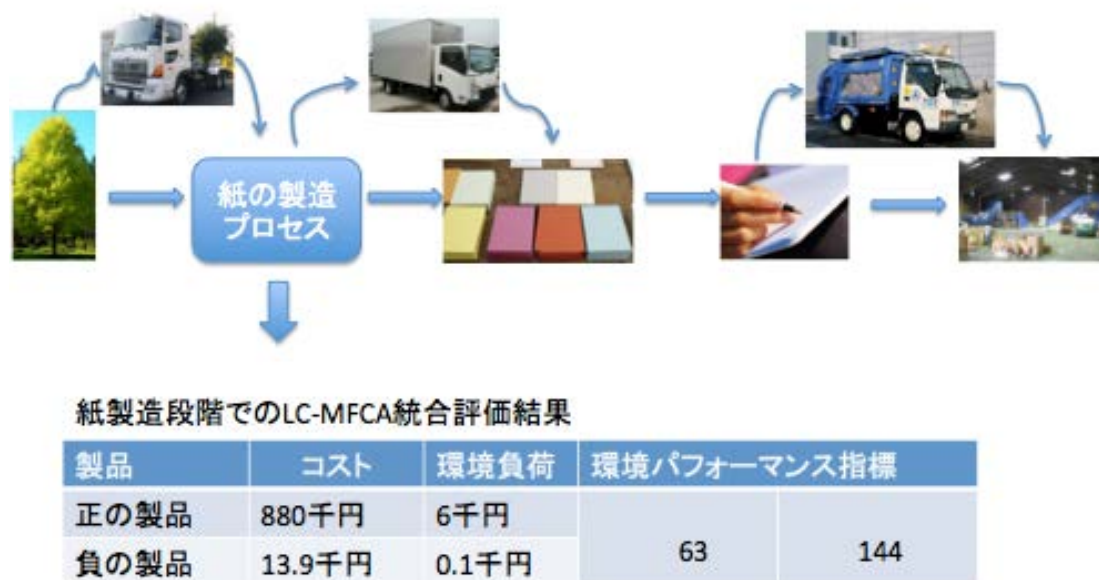


図 1.6 LCA と MFCA の統合評価イメージ図

以上、企業活動による生じる環境影響及び企業の経済性評価の手法について外観した。その結果、現状では企業の活動による環境影響とその利益率の向上などの経済性を同時に評価できる手法は確立されていないことがわかった。そこで本研究では企業経営にとって重要な情報である環境影響と経済性を同時に評価できる方法として、LC-MFCA を提案した。本手法は、企業が十分な環境配慮を行いながら、本来の目的である利益も確保することができるような経営戦略を構築するための強力な支援ツールとなると考えている。

図 1.6 は、LCA と MFCA 手法の統合のイメージを示した。本手法を簡単に説明する。まず、製造プロセスにおいて正の製品と負の製品に分けて、その正の製品と負の製品のコストを計算する。そして、正の製品と負の製品に投入した材料とエネルギーの使用量によって環境負荷量を按分する。環境への負荷や環境保全の成果をより正確に把握するため、環境パフォーマンスという評価するための指標が必要になる。世界環境経済人協議会（WBCSD）は環境効率として、「資源消費および環境負荷を最小にし、サービスを最大化することにより生態系や資源への影響を地球の環境許容水準まで減少させつつ、人間の需要を満足させ、生活の質向上をもたらす競合可能な価格の製品およびサービスを提供する社会を構築すること」と定義している。本研究で、環境パフォーマンス指標とは内部経済と内部不経済の比として考え、製品として販売された金額と製品として販売できなかった金額で表すことである（式(1.1)）。また同様に、内部経済と外部不経済との比と考えられる。後者の場合が本来の環境パフォーマンスであ

ると考えた（式(1.2)）。次式に2つの環境パフォーマンス指標の求め方を示した。

$$EP_1 = \frac{IE}{ID} \quad (1.1)$$

$$EP_2 = \frac{IE}{ED} \quad (1.2)$$

ここで、IE：内部経済（Internal Economy）、ID：内部不経済（Internal Diseconomy）、ED：外部不経済（External Diseconomy）である。

ID は企業が廃棄物として処分した金額であるから、経済的な損失額あたりの売上金額に相当する。また、ED は環境影響（被害）金額であるので、環境における損失額あたりの売上金額となる。独自の環境パフォーマンス指標によって、より利益大きく、環境負荷少ない製品の評価することが可能になった。環境パフォーマンス指標の結果で収益性の改善また環境保全の考慮する上での情報を提供することができる。すなわち、企業における環境負荷低減のための活動（技術開発、サービス、社会貢献など）の実行可能性を定量的に予測できることになる。

つぎに、LC-MFCA の有効性を検証するために、環境関連法律の改正に対して 環境的及び経済的に最も効率的に対応するための情報を与えることを目的として、LC-MFCA 手法を利用してその有効性を検証した。例えばエネルギーの使用の合理化に関する法律の改正により、企業へどんな影響を与えるのか、法律に従うための投資コストと省エネルギー効果を定量化するために LC-MFCA の方法を用いて試算した。また、資源有効利用促進法の改正に対する遵法シミュレーションも行った。このケースでは、リサイクル材料の利用率が企業の環境経済に及ぼす影響に関する検討を行った⁽⁸⁾。

地球環境問題が深刻化している現代において、企業（組織）は環境に十分配慮した活動を行わなければならないことは自明の理である。しかしながら、企業は環境対策と利潤追求を別々の視点からマネジメントしてきたのが現状である、そのため経済的な余裕がある時には環境保全に積極的であっても、余裕がなくなると環境保全活動はトーンダウンあるいはフェードアウトしていくという問題があった。すなわち、環境保護には賛成であっても、実際の活動は企業の利益を損なわない範囲に限定されている。このような状況が生まれた原因は、環境保全効果を貨幣価値として換算できなかったため、換言すれば、環境が企業の経済システムの中に取り込まれていなかったからであると考えた。そこで、本研究では企業の管理会計手法である MFCA と工学的な環境影響評価手法である LCA を同時に採用し、これらの結果を統合的に評価するための手法である LC-MFCA を開発した。そして、本手法の有効性を事例研究により検討した。事例の中で統合評価の尺度として環境パフォーマンスを定義し、企業の環境経済に資する統合的評価手法の有用性を明らかにした。さらに企業のコンプライアンス（遵法性）が重視される現状に鑑み、LC-MFCA 手法を用いた企業の環境法対策に関する検討を行った。環境関連法の改正に対する企業戦略シミュレーションを行った結果、コンプライアンス活動の中で環境保護と遵法コストの両方の観点から最適な方法を模索するための新しい知見を提示することができた。

1.4 論文の構成

1 章は序論として、研究の背景、目的、そして研究における理論的背景について述べており、論文全体の方向性を示す内容である。2 章はライフサイクルアセスメント (LCA) の理論について概述し、本文中で利用する LCA 手法の位置づけと順位について述べている。LCA は、目的と検討範囲の決定に始まり、インベントリ分析、影響評価、そして結果の解釈という要素で構成されている。本文では、影響評価に重点を置いて、環境への影響を金額として表すことができる被害算定型影響評価手法である LIME を採用した。LIME の特長は、特性化、被害評価、そして統合化の 3 ステップを経ることにより、日本の環境条件や環境思想を反映したインベントリ分析を実施できることであり、この統合化の結果は日本円で表示される。3 章はマテリアルフリーコスト会計 (MFCA) の手法を利用したマテリアルフローコスト (MFC) の計算手法について理論的な検討を行っている。本研究では、MFC の計算アウトプットである負の製品コストを企業の内部不経済として把握し、環境パフォーマンスを算出するための基礎データとしている。さらに、次章以降で展開される LCA 手法と MFCA 手法を同時に利用することを可能とする LC-MFCA 手法の概要を述べる。この LC-MFCA 手法が本研究における主たる研究対象となっている。4 章は、LC-MFCA 手法を用いて製造業に属する 3 社について LC-MFCA 解析を行ったものである。事例とした 3 社は、樹脂部品の押出成形加工、熱間表面処理、そして鋼製建材の製造を業務としている。実際に製造の現場において当該プロセスに係わる会計データと環境インベントリデータを収集した後、LC-MFCA の計算を行う。そして、LC-MFCA を導入することにより、環境に配慮すると同時に経営効率を改善するための提案を行う。5 章では、法律が改正された場合に発生する企業リスクを LC-MFCA によって試算する。その結果より、法の改正という企業へのインパクト（リーガルインパクト）に対応するための最適な対策を策定する際に利用可能な新しい知見を提示している。6 章は 1 章から 5 章までに述べた研究により得られた結果を総括している。

第2章 ライフサイクルアセスメント(LCA)

2.1 LCA の考え方と背景

LCA(ライフサイクルアセスメント：Life Cycle Assessment)とは、原材料の採集から製造、使用および廃棄まで全ての過程を通して、製品が環境に与える負荷の大きさを定量的に整理、評価する手法である。製品のライフサイクルを通して環境への影響を評価することと同時に、環境負荷を低減するためでも、より確実のデータ提供が可能になる⁽⁵⁾。製造者にとっては、製品製造時、実際どんな環境負荷発生しているかが明確化できる。製造プロセスの改善によって環境への負荷変化が分かる。製造材料の選択、変更、調達などについては、より確実な情報提供ができる。また、一般市民への情報提供と環境関連法律の対応をするため、化学的な情報を得られる手法である。LCA の特徴は評価する製品やサービスが使用される時点だけの環境影響を考えるのではなく、ライフサイクル全体をシステムとして捉えることにある。原材料の採取から最後処分するまで全体の環境側面を体系的に取り扱う音ができる。様々な環境負荷を計量し、包括的に評価しようとすることができる。LCA 実施することによって、製品の環境への影響を把握、製品開発・製造プロセスの改善の利用ができる。測定結果を公表することによって、社会へ環境保全の努力をアピールすることができる^(5,9,10,11)。

LCA の発展背景としては、飲料会社コカ・コーラは 1969 年に飲料容器がライフサイクルを通して環境に与える負荷の強化から始めた。具体的には、使い捨て容器とリターナブルビンの環境負荷評価という視点から研究が始めた⁽⁵⁾。

アメリカ環境保庁(United State Environmental Protection Agency: US EPA)などによって、LCA に関する研究が続けられ、多くの製品の資源環境プロファイル分析がまとめられた。環境問題の深刻化によって、環境影響に関する評価への需要が出て、環境に与える影響を明確に評価することの必要性はさらに強くなった。1992 年のリオデジャネイロでの地球環境サミットの結果を受け、1993 年に環境マネジメントの国際標準規格化が開始され、ライフサイクルアセスメントという名称が国際的になった。1992 年から日本の LCA 研究が始まった。1993 年、ISO/TC 207 による LCA 標準化の作業が開始された。1994 年、第 1 回エコバランス国際会議が開催された。1995 年、日本 LCA フォーラムが設立された。同年、Eco-Indicator95 が発表され、環境影響の統合評価手法が公開された。1998 年、LCA 国家プロジェクトが開始され、日本初の LCA に関するデータベース構築を開始した。最近では、2004 年、日本 LCA 学会が設立された⁽⁵⁾。

2.2 LCA の実施について

2.2.1 LCA の手順

1993 年 6 月にトロントで環境マネジメントの国際標準規格として発行する環境マネジメントシステムとそれを支援する手法が決定された。LCA の国際標準規格は、事業所の環境マネジメントシステムの国際標準規格(ISO)として知られる ISO14001 と同じ「環境マネジメント」に関する技術委員会(ISO/TC207)で議論され、発行されている。2006 年 7 月に新しい ISO 14040 と ISO 14044 の二つ新規格が

発行された。新しい ISO 14040 は LCA 初心者にもわかりやすく LCA の考え方と枠組を示した規格。

ISO 14040 では製品・サービスの原材料の採取から製造、輸送、使用及び廃棄に至るライフサイクルを通しての環境側面と潜在的環境影響を次の事項に従って分析、評価するよう規定されている。

ここで、ISO 規格において示されている LCA 理解のポイントとなる LCI、機能単位およびシステム境界の用語の定義を以下に示した⁽¹²⁾。

“ 3.3

ライフサイクルインベントリ分析，**LCI** (life cycle inventory analysis)

製品に対する，ライフサイクルの全体を通してのインプット及びアウトプットのまとめ，並びに定量化を行う LCA の段階。 ”

3.20

機能単位 (functional unit)

製品システムの性能を表す定量化された参照単位。

3.32

システム境界 (system boundary)

単位プロセスが製品システムの一部であることを規定する一連の基準。

注記 システム境界という用語は，この規格では LCIA に関連して使用されていない ”

製品システムに関連する入力と出力のインベントリをまとめる（ライフサイクルインベントリ分析（LCI、以下「インベントリ分析」という）段階）。インベントリ分析とは、決定されたシステム境界内の製品のライフサイクルにおいてエネルギーや材料などがどれだけ投入され、また排気ガスや廃棄物がどれだけ放出されたかを分析することである。

それらの入力と出力に付随する潜在的環境影響を評価する（影響評価段階）。影響評価とは、様々な環境負荷（二酸化炭素などの温室効果ガス、窒素酸化物などの大気汚染物質、油などの水質汚濁物質）を、環境影響に換算（これを特性化という）することである。設定された目的と、評価範囲の投入排出項目をみて、適切に環境影響領域を選択することが必要である。定量化された複数の環境影響に重み付けを行った上で足し合わせ、統合化することもある。重み付けをどのようにするかは立場や考え方によって異なるため、ISO 規格において重み付けは必須要素に含まれていない⁽⁵⁾。

上述の各段階において、LCA 実行者とステークホルダーが情報の共有と意思疎通を行うことが要求される。

インベントリ分析段階及び影響評価段階の結果を調査の目的に応じて解釈する（解釈段階）。解釈が行われ、それぞれで、LCA を行うことの理解と、製品・サービスにかかわる環境負荷への理解が深まり、より適切な意思決定が目指される。

ISO で規定された LCA 技法の枠組を図 2.1 に示した。

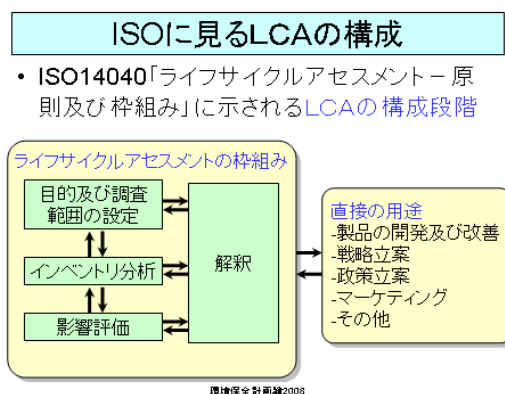


図 2.1 ISO14040 における LCA の考え方

出典) 環境保全計画論 2008

2.2.2 具体的実施方法

LCA の国際標準規格では、目的には：意図する用途、実施する理由、結果を伝える相手を明確に記載することとされている。

そして、その目的に従って計量すべき排出物を決め、それを収集する範囲を定める。LCA の国際標準規格では、調査範囲としては、以下の項目について記述しなければならないとされている⁵⁾。

①調査対象の製品システム ②製品システムが持つ機能(比較調査の場合は複数の製品システムが持つ機能) ③機能単位 ④システム境界 ⑤配分方法 ⑥選択された影響領域、影響評価の方法、解釈の方法 ⑦データに必要とされる要件 ⑧前提条件 ⑨限界 ⑩初期のデータ品質要件 ⑪実施される場合はクリティカルレビューのタイプ ⑫報告書の様式

調査対象の製品システムについては、対象とする製品のライフサイクルを構築するプロセスの集合体である。原材料の採取、製品製造、運送など必要となる電力の生産プロセスなどを含んでいることになる。製品システムに含まれるプロセス、通常は物質とエネルギーの流れを基準に設定される。LCA 調査で対象とするプロセス全体を含む自然界との境界を「システム境界」という。システム境界の設定で行うのは、ある対象製品の全ライフサイクルの内、実施目的に従ってその一部を浄化対処として切り出すことである。システム境界を通過し自然界から製品システムに入る物質の流れ、または製品システムから自然界に出る物質の流れを「基本フロー」と呼ぶ。自然界から製品システムにはいる基本フローは、実際資源を表示する。製品システムから自然界に出るのは二酸化炭素などの環境への排出物である。LCA 調査では対象としなかった部品や消耗品のことも明確に記入されなければならない。システム境界設定については、LCA で設定した目的に基づき、中心となるプロセス、必要となるプロセスを対象とする。LCA を実施する場合、対象とした各段階、各プロセスを明記しておく必要がある⁵⁾。

機能と機能単位については、LCA の調査では明確に定められなければならない。一般に消費者が製品に求めるのはその製品そのものというよりは、それによってもたらされるサービス、機能である。LCA の調査委範囲とするべき部品やプロセスを明確にするために、製品の持つ機能から特定機能を選択する。また、機能単位とは、対象とする製品の機能を定量化するための基準単位のことである。定められた機能単位を実現するための製品を「基準フロー」と呼ぶ。LCA では、製品間の比較は同一の機能単位に基

づいて行われなければならないとされている⁽⁵⁾。

配分方法については、一つのプロセスから二つ以上の製品が生産されるときは、プロセスへ投入される物質やエネルギー、そして、プロセスから排出される物質をそれぞれの製品に分ける必要がある。実際にインベントリ分析で行われる⁽⁵⁾。

影響領域は例えば：地球温暖化、オゾン層破壊、天然資源の枯渇などと考えられる。ライフサイクル影響評価(life cycle impact assessment: LCIA)はインベントリデータと環境影響量との定量的関係付けを行うものを指す。LCIA は環境負荷の影響を評価する段階である。LCIA は、環境影響統合化を行って単一指標を得ることができる。近年の LCIA 手法は以下の手順で構成される⁽¹³⁾。

- ①影響領域を選択する。どの環境問題に対して、どの手法を利用して評価する事が決める。
- ②分類化：ライフサイクルインベントリ分析で得られたデータを関連する領域に振り分ける。
- ③特性化：影響領域内における潜在的環境影響の評価を行う。ここでは、影響領域ごとに設定された特製係数を利用する。
- ④被害評価：環境の変化を通じてエンドポイントが受け得る被害量について評価する。
- ⑤統合化：影響領域間の重み付けを行って単一指標化を行う。

ここで、ISO14040 に定義されているエンドポイント及び特性化係数の用語を以下に示した⁽¹²⁾。

” 3.36

影響領域内エンドポイント (category endpoint)

着目されている環境関連事項を特定する自然環境，人の健康若しくは資源の属性又は側面。

3.37

特性化係数 (characterization factor)

LCI 結果を、領域指標の共通の単位に換算するために適用する特性化モデルから導かれる係数。

注記 共通の単位によって、結果として得られる領域指標の計算が可能となる。 ”

日本では、1998 年から 2003 年まで LCA プロジェクトを立ち上げ、日本の環境条件を反映した LIME を開発した。図 2.2 は LIME の構成概念を示した⁽¹³⁾。

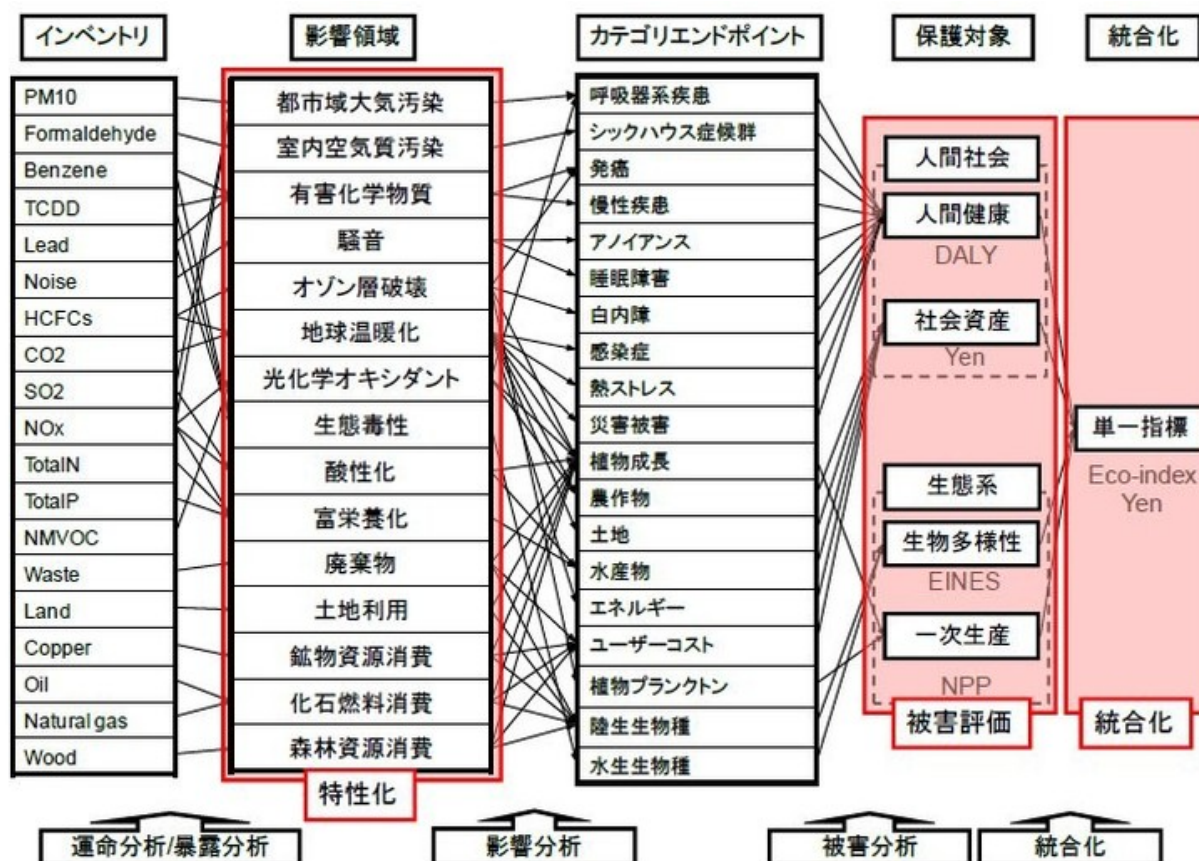


図 2.2 LIME の構成概念図

出典) ライフサイクル環境影響評価手法⁽¹³⁾

LIME 手法は特性化、被害評価、統合化の 3 種類の段階がある。特性化は、国際標準機構(ISO)において LCA の必須要素として規定されているように、ほぼ全ての製品 LCA において実施される。評価に利用される特性化係数は自然科学的知見に基づいており、評価結果の信頼性はほかの段階に比べて高いと考えられる。特性化による評価結果は影響領域ごとに得られるので、評価結果の数は 10 項目以上に及ぶ。そのため、複数製品の比較評価の場合はトレードオフの関係が発生する可能性が高い。図 2.3 は有害化学物質の特性化係数算定までのフロー⁽¹³⁾。

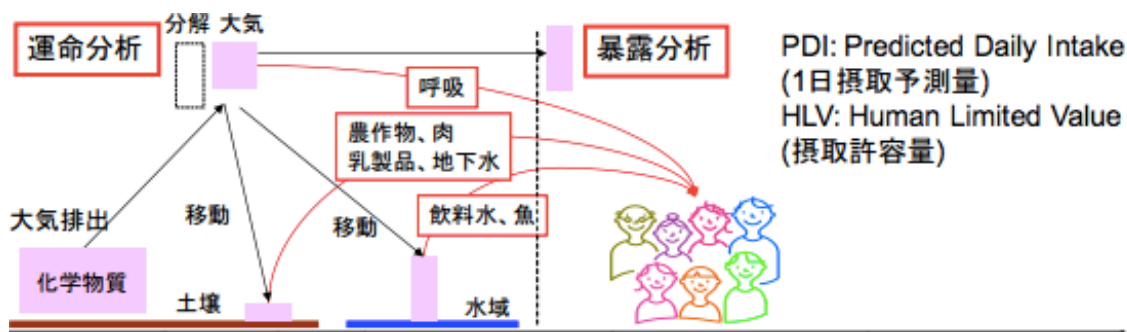


図 2.3 有害化学物質の特性化係数算定までのフロー

出典) LCA 日本フォーラム⁽¹⁵⁾

被害評価は、自然科学の試験を最大限に活用して、共通するエンドポイントが被る被害量に集約するもので、特性化都統合化の真ん中に当たる。エンドポイントに評価結果が集約されるため、4 項目まで削減することができる。その評価は自然科学における知見が基礎となっており、個人の価値判断を極力避けることができる。図 2.4 は有害化学物質における被害係数の算定フロー^(13,15)。

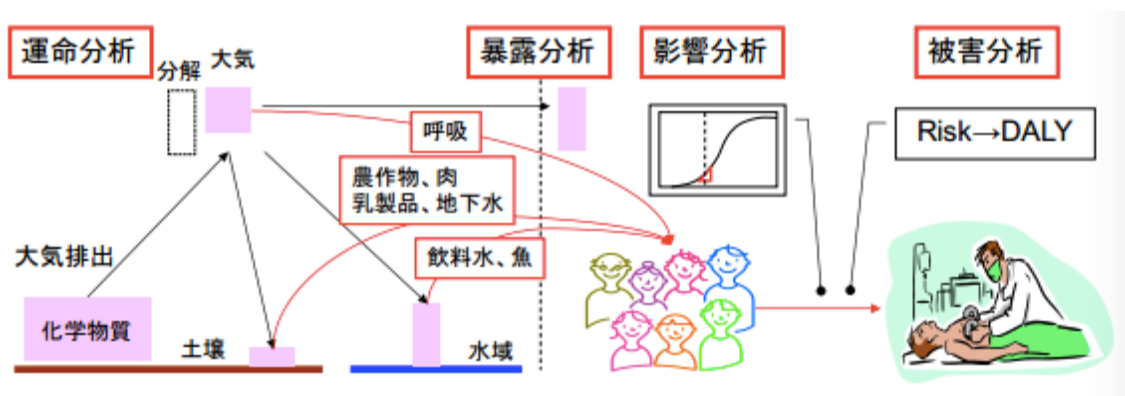


図 2.4 有害化学物質における被害係数の算定フロー

出典) LCA 日本フォーラム⁽¹⁵⁾

統合化係数リストは外部費用、無次元（計 2 種類）。

また、リストの利用方法は大きく二つに分けられる。一つは代表値を利用した線形計算で、もう一つは統計値を利用したシミュレーションである。

代表値を利用した LCIA は、インベントリデータとそれに対応する影響評価係数をリストから抽出して、これらの積和を行うことで簡便に実施することができる。図 2.5 は有害物質における統合化係数の算定フロー^(13,15)。

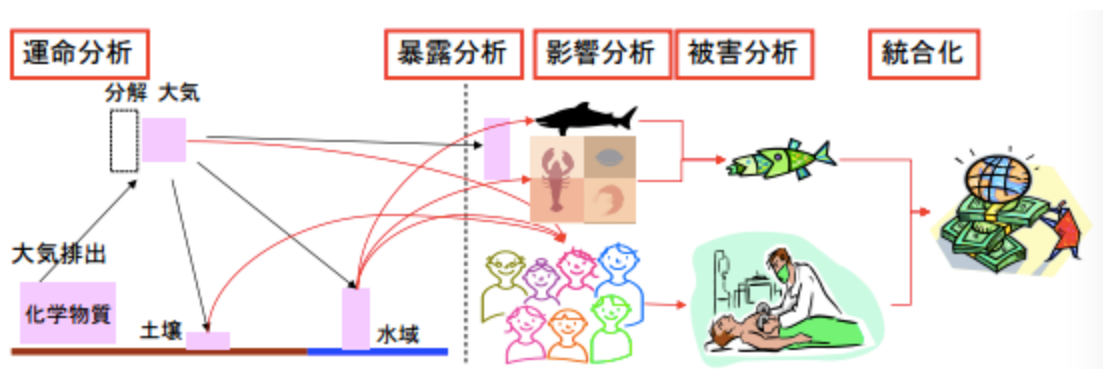


図 2.5 有害物質における統合化係数の算定フロー

出典) LCA 日本フォーラム⁽¹⁵⁾

第3章 マテリアルフローコスト(MFC)手法及びこれとLCA手法との連結

3.1 マテリアルフローコスト会計

マテリアルフローコスト会計（Material Flow Cost Accounting、以下 MFCA という）は、製品を正の製品と負の製品に分けて考え、負の製品を物質やエネルギー利用における損失コスト（Loss）とみなし、そのコストを見える化することによりロスの削減に結びつける手法である⁽⁶⁾。

マテリアルフローコスト会計は、ドイツのアウグスブルグにある民間の環境経営研究所（Institut für Management und Umwelt:以下 IMU とする）が開発した環境管理会計手法である。ドイツの企業に対して環境会計や監査など環境経営コンサルティングを中心に活動している⁽⁶⁾。

マテリアルフローコスト会計は物質収支の観点から発展した。物質収支(マスバランス)とは、企業や工場への原材料やエネルギーの投入と産出を物量算定で把握するため、主にヨーロッパで開発された手法である。この方法は企業に入る物質と企業から出る物質を、物質の種類ごとに物量で測定・表示する方法であり、企業による物質面での生態系への負荷関係を明らかにしようとするものである。しかし、物質収支という手法から企業経営面の補助が不十分である。企業にとって物量的なデータしか入手できなく、経済的のデータがないので、経営面の役たつことが難しい。IMU が企業製造プロセスなどの改善で運用できるため、関与会社と連携で、経済指標を作成した。経済環境指標具体的には、図 3.1 のような「環境全部原価比率」を設定している^(6,17)。

エネルギーコスト/ユニット（製品）
廃棄物コスト/ユニット（製品）
原材料コスト/ユニット（製品）
補助コスト/ユニット（製品）

図 3.1 環境全部原価比較における分析項目

出典)「マテリアルフローコスト会計」から引用⁽⁶⁾

材料コストと廃棄物への注目のきっかけで、マテリアルフローコスト会計の展開が始まった。廃棄物の流れに着目するのは、製造プロセスの中からどこから廃棄物が産出し、どんな材料が使用していたかと廃棄物量のことを示している⁽⁶⁾。

3.2 マテリアルフローコスト会計の計算の考え方

一般に、マテリアルフローコスト会計（MFCA）の目的は：マテリアルフロー構造が見えること、各製造段階での物量と金額情報を把握すること、通常の前価計算より細かく表示してから企業の経営者に改善などの活動を行う際に情報提供することと経済的にコストを削減すると同時に環境負荷も削減すること⁽⁶⁾。

この目的を実現するためには、企業の製造プロセスの投入と産出物質量を把握しなければならない。
簡単な事例を設定してから説明する。

ここに簡単なマテリアルフローコスト計算方法を図 3.2 に示した⁽¹⁶⁾。

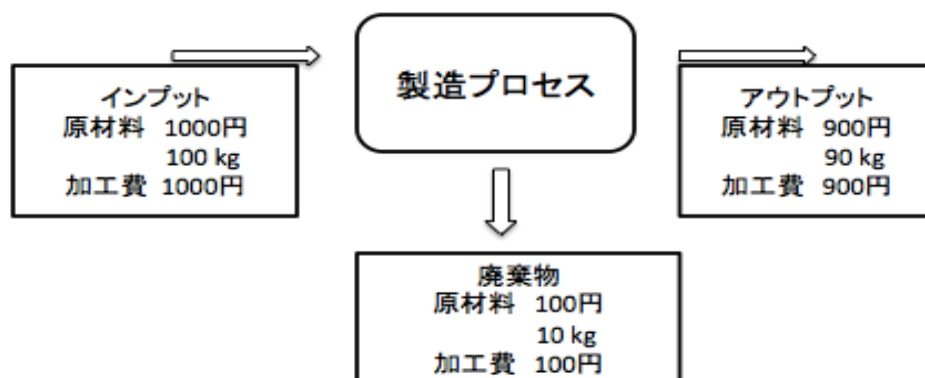


図 3.2 マテリアルフローコスト会計の基本計算方法

1 種類の原材料を投入して、1 つの加工プロセスで、1 種類の製品が生産される単純な製造プロセスを想定する。原材料 100 kg を投入して、製品 1 個が生産されるとき、加工費が 1000 円とすると、伝統的原価計算では、投入されたコストは、原材料費の 1000 円と加工費の 1000 円であるから、合計 2000 円である。

マテリアルフローコスト会計は、マテリアルの流れに応じて価値計算する方法であるから、投入原材料が 100kg なのに製品が 90kg であれば、製品の原材料費も 100kg に対応する 1000 円ではなく、90kg に対応する 900 円であると考え。残りの 100 円は廃棄物の価値になるのである。廃棄物の価値も製品と同じ計算する。

マテリアルフローコスト会計では、製品は販売されるものだけではなく、廃棄物も加工過程を経て産出されるものであるため、加工費も計算されなければならない。上記のような事例では製品と廃棄物の重量で分配する方法で考え、製品が 90kg で廃棄物が 10kg なので、加工費 1000 円は、製品へ 900 円（9 割）、廃棄物へ（1 割）分配されることになる。

マテリアルフローコスト会計における製品の製造原価は

$900 \text{ 円} + 900 \text{ 円} = 1800 \text{ 円}$ となり、廃棄物原価は $100 \text{ 円} + 100 \text{ 円} = 200 \text{ 円}$ となる。

マテリアルフローコスト会計では、廃棄物の価値が 200 円と計算されるので、廃棄物を削減するためにどの程度の投資を行えばよいかを検討するための情報として利用できるのである。

マテリアルフローコスト会計の結果は、企業の製造プロセスの改善、より正確現状の把握、今後の計画の策定について具体的な情報提供ができる。企業活動を行い際に有利な管理手法であることが分かった^(16,17,18,19)。

3.3 MFCA の実施

製造プロセスにおける原材料、エネルギー、システムコスト、排出物、廃棄物などの物量及びエネルギー使用量を測定し、以下の手順で MFCA を計算する。事前準備として対象の製品、ライン、工程範囲を決定した。対象工程のラフな分析、物量センター（MFCA 計算上の工程）の決定、分析対象の品種及び期間の決定、そして分析対象の材料とその物量データの収集方法（測定、計算）を決定した。つぎに、工程別の投入材料の種類および物量ならびに排出される廃棄物量のデータ、そしてシステムコスト（加工費）およびエネルギーコストのデータを考え、システムコストとエネルギーコストの間の按分ルールを決定した。最後に、工程別の稼働状況データ（オプション）などのデータを収集し、これらの整理を行った。

工場の現場において、MFCA 計算のモデルの構築を行った後、各種データの収集を行った、ここで得られた実測あるいはヒアリングデータを基に MFCA の計算を実施した。計算結果については妥当性の確認を念頭に、工程別の負の製品コストとその要因などに関する原因分析等を実施した。以上のワークにより得られた MFCA の結果より当該工場における改善すべき課題の抽出を行った。改善課題では材料ロスの削減やコストダウンに係る課題が抽出されることが多く、これらの課題とその課題が発生する原因の整理を行った。

次のステップとして、改善計画の立案を行った。材料ロスの削減余地、可能性検討、材料ロス削減のコストダウン寄与度計算などについての改善が多かった。これら改善項目に関する評価並びにその優先順位の設定などについての検討を行い、最終的な改善計画を策定した。改善計画は企業の経営層における意思決定を経て、改善が実施された。改善計画のパフォーマンスを測定するためにその効果に関するフォローアップ調査を実施した。改善後の材料投入物量、廃棄物量調査などデータを基に、改善後の MFCA の再計算を行い、その結果を総合的にレビューした。一般的に、改善後の総コスト及び負の製品コストの計算結果は改善効果の評価に有効である^(6,16)。

3.4 MFCA と LCA の統合

本研究では、企業が出荷するまでの環境負荷と製品コストの現状を把握するため、全ての範囲を実施することではなく、製品の製造プロセスを対象として、計算する予定。LCA は LIME 手法を用いて製造段階における活動によって生じる環境被害推定額の計算を実施した。分析の目的は、製品とシステムの環境負荷発生源の特定、製品とシステムのライフサイクルステージごとの現状把握と課題抽出、生産工程ユニットプロセスごとの現状把握と課題抽出を行うことにより生産プロセスの変更等による改善対策効果を把握することであった。機能単位の設定では、製品製造または加工の 1 ヶ月の製造量を機能単位とした（毎日の製造量は変動する）。また、調査範囲・システム境界の設定は、製品製造段階を調査範囲と設定し、出荷するまでの工程データを調査した。そして、インベントリ分析及びインパクト評価を行った。ここで重要なポイントは、MFCA と LCI の結果を統合的に評価することであったので、両者のアウトプットである算定金額の妥当性についての影響評価を行う必要があった。LIME では、排出物を環境側面ごとに分類化した後、各々の排出物質の環境側面に対する寄与度が異なることを勘案

し、その寄与度に応じて基準となる物質に換算するという方法を用いて特性化を行った。

MFCAで算出した正の製品と負の製品のコスト、そして LCI で計算した被害算定コストを統合することにより、環境性と経済性という両側面から対象の分析を行うと同時にシステムの得失に係る評価を行った。まず MFCA で正の製品の物量、負の製品の物量並びに使用したエネルギー量は、投入材料、エネルギー、廃棄物、及び排出物のデータをもとに算出を行った。一方、同一のシステムに対して LCA に基づくインベントリ分析を行い、その環境影響は LIME 統合化係数を用いて定量化した。このようにして得られた MFCA 及び LCI の計算結果を金額という同一の尺度を用いて総合的に比較評価することが可能となる⁶⁾。

さらに、環境法の改正が企業に与える影響を定量化することにより企業継続性の向上に資する知見を提供することを目的として影響シミュレーションを行った。その方法は、改正された法律に対応するために企業にとって追加的に必要となる物質やエネルギー、およびシステムコスト（作業）などを調査し、これら追加的処置のために必要となった MFCA の値の変動量を算定することにより評価した。すなわち、法律改正の前後において各々計算された MFCA の値の差異が企業へのリーガルインパクト（影響）であると考えた。

3.5 データ収集について

LC-MFCA 計算を行う時、詳細なデータが必要である。製品製造のプロセスを確認してから、どんな製品調査を行うのか、どの製造ライン調査を行うのか、またどこまで調査を行うのかことを決める。その方法としては工場見学・現地調査で製造プロセスを把握。また工場内部測定の場合は担当者から製造プロセスを確認する。ここで、第 4 章で説明した事例研究 A 社のデータ収集を説明する。原材料のデータは当月分の原材料購入伝票から入手した、原材料の重量と金額を表 3.1 で示した。

表 3.1 原材料重量と金額

原材料重量	金額
2416kg	241,600 円

また、各製造プロセスの電気使用機械を確認し、機械規格と使用時間を記入した。製造プロセスごとの電気使用量を入手した。電気使用量と金額を表 3.2 で示した。

表 3.2 電気機械の電気使用量と金額

製造段階	使用機械	規格	使用時間	金額
材料乾燥	乾燥機	0.8kWh	528 時間	6,336 円
金型温調	温度調整機	1.85kWh	528 時間	14,652 円
射出成形	成形機	3.8kWh	528 時間	13695 円
	コンプレッサー	2.9kWh	528 時間	10380 円

LPG ガスの使用状況は当月分のガス料金表から入手した。製造プロセスのガス使用段階を確認し、担当者から使用状況を直接確認し各製造段階の使用量を記入した。LPG ガスの使用状況を表 3.3 で示した。

表 3.3 ガスの使用状況

使用段階	使用量	金額
材料乾燥	98m ³	34,300 円
温度調整	49m ³	17,150 円

材料の廃材になる状況については、廃材処理会社から廃材の重さを入手した。また、工程検査の工場記録から不良品の重さを入手した。前述の処理会社から入手した廃材重量から工程検査で不良品になった材料の重さの差を用いて、工程中での廃材料を入手した。廃材状況は表 3.4 で示した。

表 3.4 廃材状況

製造段階	廃材料
射出成形	274kg
工程検査	22kg

人件費については、製造プロセスごとの労働人数と労働時間を確認してから入手した。人件費の使用状況は表 3.5 で示した。

表 3.5 人件費の出費状況

工程内容	労働人数	費用
材料投入	3 人	600,000
材料乾燥	3 人	600,000
金型温調	4 人	800,000
射出成形	3 人	600,000
工程検査	3 人	600,000
梱包	5 人	1,000,000

以上のデータを入手して、事例分析を行った結果の説明を次の第 4 章で行う。

第4章 LC-MFCA(Life Cycle- Material flow cost Analysis)計算の事例研究

マテリアルフローコスト（MFC）及び環境コスト（LIME）の両方を統合的に評価するための手法である LC-MFCA を用いて、事例分析を行った。企業活動の中で生じるマテリアルフローコストは内部コストであり、ライフサイクル分析から得られる環境への影響（被害額）は外部コストであるから、企業活動の内外にわたる影響をコストの観点から俯瞰することができる。このような環境情報を得ることにより、企業の経営者は隠れたリスクを把握できると同時に、環境マネジメントのパフォーマンス改善に役立てることができる。本研究では、長野県内の機械部品製造会社（A 社）、熟練加工会社（B 社）と栃木の製造会社 C 社を対象として、3 社における生産データを現場にて調査し、LIME 及び MFCA の計算を行った。

4.1 事例分析における手順

事例分析を行うため、事前に明確にしなければならないことがある、これらを以下に列挙した。

(1) 調査目的の設定

企業経営コストと環境コストの現状を把握するため、企業内部製造プロセスの改善、新しい器械導入のためなどの調査目的を設定する。

(2) 対象の製品、ライン、工程範囲の決定

どんな製品調査を行うのか、どの製造ライン調査を行うのか、またどこまで調査を行うのかことを決める。

(3) 調査期間の設定

企業において実際に製造を行う時、製造プロセスの変化、投入材料の変化によって、経済コストと環境コストが変わることがあるので、結果をより正確に表示できるため、調査期間を記入しなければならない。

(4) 調査対象のデータ

データ収集にあたり、まずは製造プロセスを把握しなければならない。その方法としては工場見学・現地調査で製造プロセスを把握。また工場内部測定用の場合は担当者から製造プロセスを確認する。表 4.1 に調査に用いるデータ収集用のシート事例を示した。列の方向に、マテリアルコスト、システムコスト、エネルギーコストが配置されており、各コスト項目における使用内容、投入量、産出量、廃棄物量、そして金額を記入する形式になっている。

表 4.1 調査用データシート

コスト分類	使用内容	投入量	産出量	廃棄物量	金額
マテリアルコス	原材料				

ト	材料				
	材料				
システムコスト	器械金額				
	使用年数				
	労務人数				
	労務費				
エネルギーコスト	電力				
	ガス				
	重油				
	水				
	消耗品				
	排水				
	廃棄物処理費用	-	-	-	
製造用機器規格（電気）					
製造用機器運転時間					

一つの製造プロセスに対して、これら一式のデータを収集しなければならない。表 4.1 を用いて各製造段階での材料投入の状況を記入した。主材料だけでなく、補助材料、副材料、製造の中入れる物質の状況を全て記入した。そして、ここで記載された材料の費用はマテリアルコストとして計算されることになる。また、製造プロセスの労務費と減価償却費などの加工費用はシステムコストとして計算されることになる。電力・ガスなどのエネルギー費用はエネルギーコストとして計算されることになる。同様に、廃棄物の処理費用は廃棄物処理コストとして計算される。

表 4.1 に記入したデータは製造プロセスによって、使用原材料やエネルギーの内容が異なっている。最後に、工程で正の製品に投入した費用である正のコストと廃棄物やリサイクルされた物質に投入した費用である負の製品のコストの二つに分類した。

4.2 LC-MFCA を用いた A 社の事例分析

機械部品製造の A 社は 1947 年創業し、資本金 4000 万、現在の主要作業は樹脂材料の射出成形である。主な製品は立体的な機械部品の成形品であり、温熱器の密封容器や洗い容器、バケツ、コンテナ、パレットのような大型製品まで広く利用される。事例分析は以下の手順にしたがって行った。

(1) 実施目的

会社の製造コストを明確するため、また環境への負荷を把握するため、LC-MFCA を実施した。

(2) 調査範囲と実地調査期間

設備対象は、J180ELⅡ(180t)を用いた製造プロセスであり、調査した期間は2011年9月分であった。

製造プロセスの実際の稼働状況を確認し、設備 J180ELⅡでの製造プロセスについて前述した調査用データ表を記入した。

(3) 調査方法

原材料の使用については工場の記録と材料回収会社からの処理伝票を調べて、投入した材料の内容と廃棄物になった材料の重さが記入した。エネルギーの使用量については機械

の電気使用規格と稼働時間を調査して、電気量の使用量を記入した。そのほかのエネルギーの使用については、当月分のガス料金と重油料金を調査し、使用量と金額を記入した。

4.2.1 MFCA による A 社の分析

A 社の使用している設備は J180ELⅡと呼ばれる射出成形機であり、プラスチック原料を熱間で処理し、給湯器等の加熱部分に使用される耐熱部品を生産している⁽²⁰⁾。

表 4.1 設備 J180ELⅡによる 1 ヶ月での使用状況（同一材料で成形、24 時間稼働）

投入内容	使用量	金額(円)
原材料	2416kg	241,600
システムコスト	20 万円/月人	892,500
電力	14,104kWh	211,562
A 重油	3142kg	251,361
LPG	145.2m ³	50,820

当該生産プロセスにおける 1 ヶ月での材料、資源・エネルギー、及びシステムの使用状況を表 4.1 に示した。射出成形とは、注射器で注射するように溶けた樹脂を、射出機から金型の中に射出・圧入して成形する方法である。立体的な成形品を作るのに適しており、密封容器や洗い容器、バケツ、コンテナ、パレットのような大型製品まで広く利用されている。

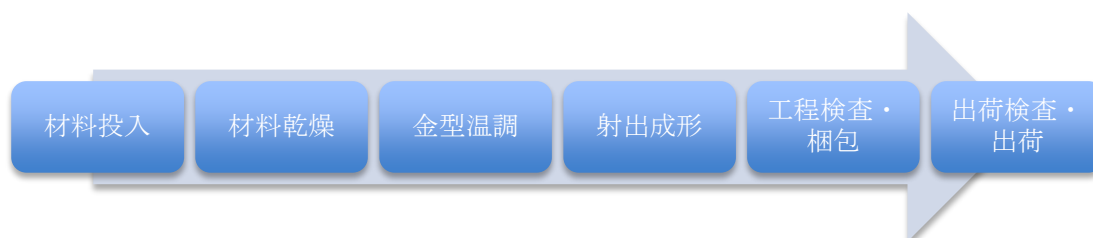


図 4.1 A 社における製造プロセス

A 社の製造プロセスを図 4.1 に示した。製造プロセスは、材料の投入に始まり、材料肝臓、金型の温度調整、射出成形の順に進行する。ここで、金型の温度調整は重要な因子であり、温度のムラや高温あるいは低温化により製品の歩留まりが低下することになる。成形された製品は、工程検査を受けた後、梱包され、出荷される。当該ラインで生産する成形製品の多くは、湯沸かし器の部品である。

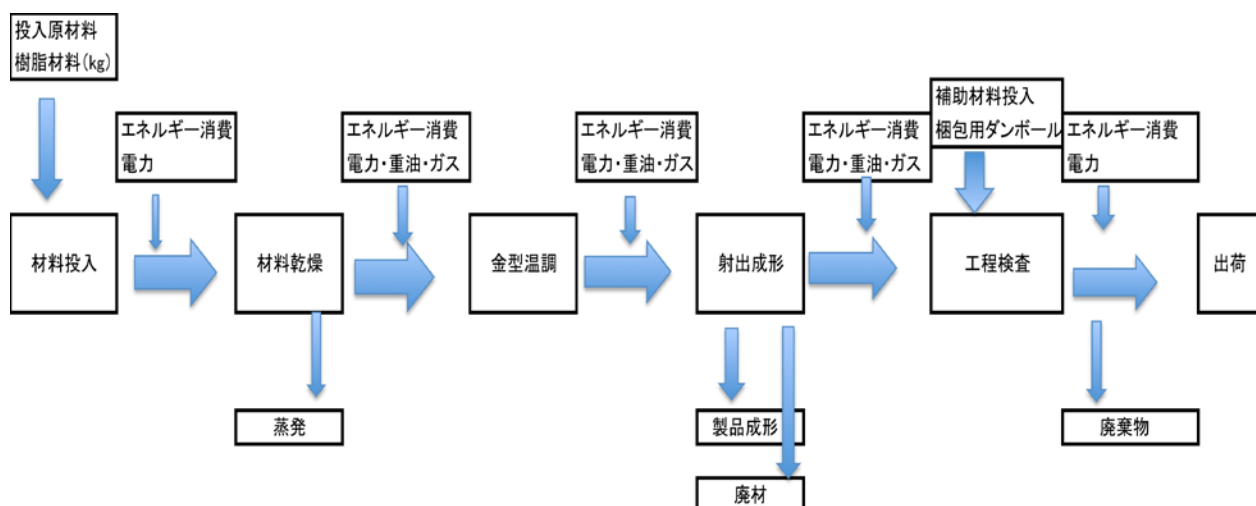


図 4.2 A 社の製造プロセスに関するマテリアルフロー分析

図 4.2 は、製造プロセスの各段階での材料使用状況によって、マテリアルフローのイメージ図を作成した。製造プロセスのフローにしたがって、具体的な作業を記入した。製造工程では、材料投入の段階で射出用樹脂材料を投入する。また材料を成形するため、乾燥させる。射出用金型を温度調整して、高温させる。射出成形の段階で材料を設定された形で成形する。工程検査の段階では、製品の不良品を検査して、箱詰めする。最後が完成して、出荷待ちの状態となる。この製造工程における材料の投入状況、エネルギーの使用状況を示した。ここで、エネルギー（電気）、重油およびガスの消費に関する時期が記載されており、ここに示されたタイミングでエネルギーコストが発生していることがわかる。MFCA において、エネルギーコストは分類としてマテリアルコストに含まれている。また、乾燥工程における蒸発および射出成形工程における不良品（検査不合格品）が廃棄物として発生する。廃棄物は、梱包の作業においても発生しており、これら合わせた量が負の製品（廃棄物）として計算される。

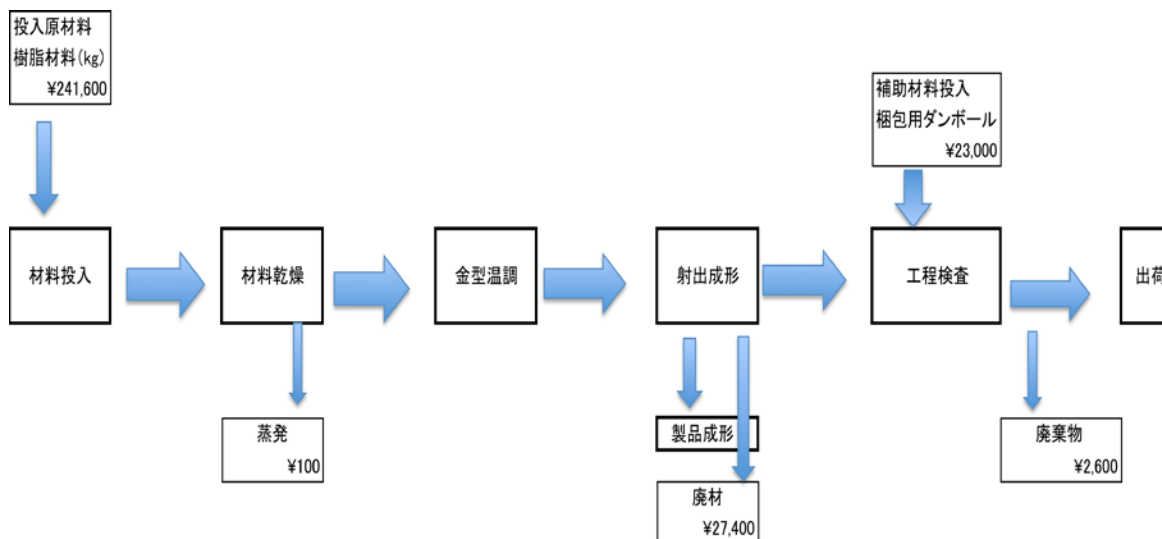


図 4.3 製造工程における廃棄物のマテリアルフローコスト

図 4.3 は製造工程で発生するマテリアルフローコストを示した。図 4.2 のフローに実際にかかった費用を調査し、記入した結果である。製造プロセスに調査によって得られたマテリアルコストの情報が追加されている。これにより経済的な得失に関する情報が把握しやすくなるという利点がある。

ここで、廃棄物（廃材）の負担するロスコストは、投入した材料の重さに対する廃棄物の重さで按分して、ロスとなるコストを計算した。図 4.3 で示したように、最初材料投入の段階で樹脂材料の投入コストが 241,600 円であった、材料乾燥の段階では蒸発で 100 円の材料を損失していた。金型温調、射出成形では、ここで廃材のロスが産出され、金額は 27,400 円となった。また、工程検査と梱包の段階でダンボールなどを導入し、そのコストは 23,000 円であった、不良品などの廃棄物ロスが 2,600 円生じたことになる。

本事例においては射出成形でのロスが一番大きいことがわかった。合計では、製造プロセスで全部投入した材料の費用は 264,600 円となる。

次の段階でシステムコストの配分額を算定し、記載した。システムコストは減価償却費など期間的に発生しているコストも含んでいる。ここでは、まず発生場所ならびに良品とロスそれぞれの金額を把握することが重要である。

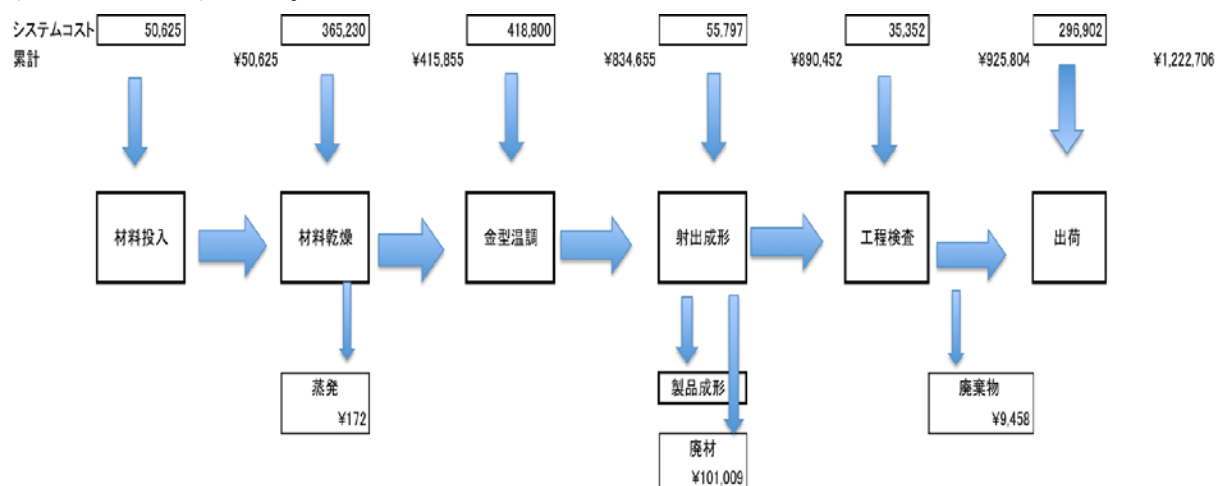


図 4.4 A 社におけるマテリアルフローにおけるシステムコスト分析

図 4.4 は、A 社におけるマテリアルフローコスト分析のうち、システムコストに関する部分を抽出して示した。システムコストの算定については、各工程での労働人数と労働時間を調査した結果に基づき計算を行った。また、減価償却費用については 1 年分を 1 ヶ月分に均等に割り振り、1 か月分のシステムコストとした。材料投入として計上された人件費は、その金額が 50,625 円となった。これに材料乾燥及び減価償却費用を含めて、システムコストの合計は 365,230 円が得られた。なお、材料の一部は蒸発するため、蒸発分のシステムコストも計算した結果、当該コストは 172 円であった。他方、金型温調でのシステムコストの調査結果は 418,800 円であり、射出成形でのシステムコストは 55,797 円であった。ここでは廃材ロスによるシステムコストでは前工程のコストも含めることとしたので、101,009 円となった。工程検査のシステムコストは 35,352 円であり、梱包などの出荷までのシステムコストは 296,902 円であり、不良品に関連したシステムコストは 9,548 円であった。システムコストの内訳を見ると、主たる作業である金型温調のコストが最も大きいことわかる、一方、材料乾燥工程におけるシステムコストもシステムコスト合計の約 30%を占めていた。経営的な判断からすれば、前処理段階である材料乾燥工程のコストダウンに注目すべきであるという情報が得られたことになる。

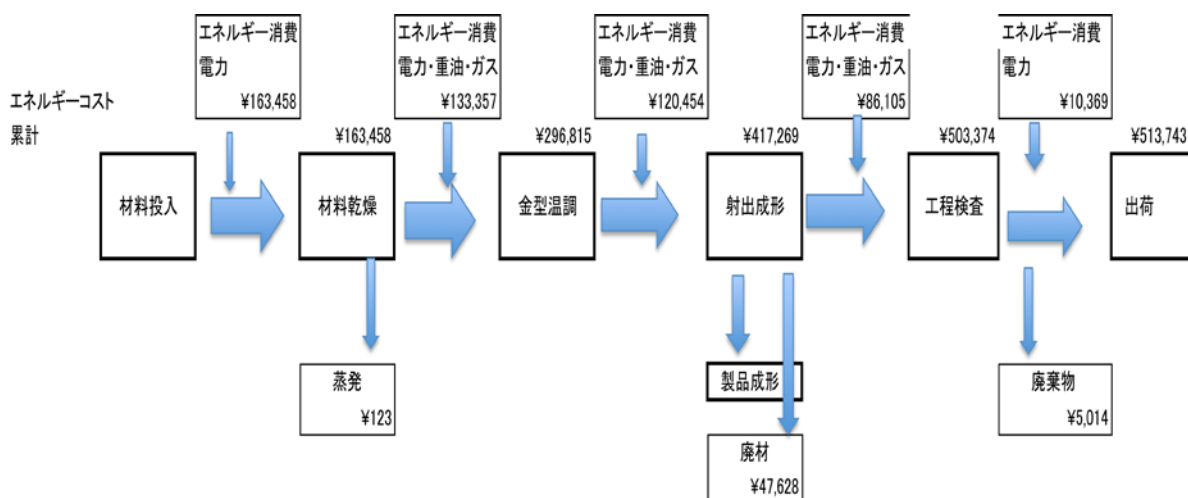


図 4.5 A 社におけるマテリアルフローにおけるエネルギーコスト分析結果

次は工程ごとにエネルギーコストを計算した結果を図 4.5 に示した。材料投入から材料乾燥に至るプロセスにおけるエネルギーコストは 163,458 円であり、材料乾燥から金型温調に至るプロセスで投入したエネルギーコストは 133,357 円であった。ここで、材料乾燥工程における蒸発によるエネルギーロスコストは 123 円であった。つぎに、金型温調から射出成型に至るプロセスにおけるエネルギーコストは 120,454 円であり、射出成形から工程検査の部分で生じたエネルギーコストは 86,105 円であった。射出成形の工程における、廃材ロスのエネルギーコストはエネルギーコストの合計を重量比で案分して計

算した結果、47,628 円となり、同様に、最終段階の出荷検査におけるエネルギーコストは 10,369 円となった、出荷検査により生じた不良品のエネルギーコストはエネルギーコストの合計から案分計算することにより 5,014 円を得た。

正の製品のために消費したエネルギーコストの合計は 460,942 円、そして正の製品及び負の製品を合わせたエネルギーコストの合計は 513,707 であったことから考えると、材料投入におけるエネルギーコストの同コストの総合計に占める割合が 31.8%となっており、最も大きなコスト負担比率となっていた。また、材料投入及び乾燥工程を合わせたエネルギーコストは全体の 57.8%となっていた。なお、製品を成形する本来工程である射出成形のためのエネルギーコストの全エネルギーコストに対する割合は、16.8%である。このことから経営者にとって材料搬入及び乾燥工程の見直し、例えば、搬入経路の見直し、搬入機材の再選定、熱源の変更、乾燥装置の断熱性強化、あるいは乾燥温度の見直しなどの製造プロセスの構成要素の再考が必要であるという情報を提供している。

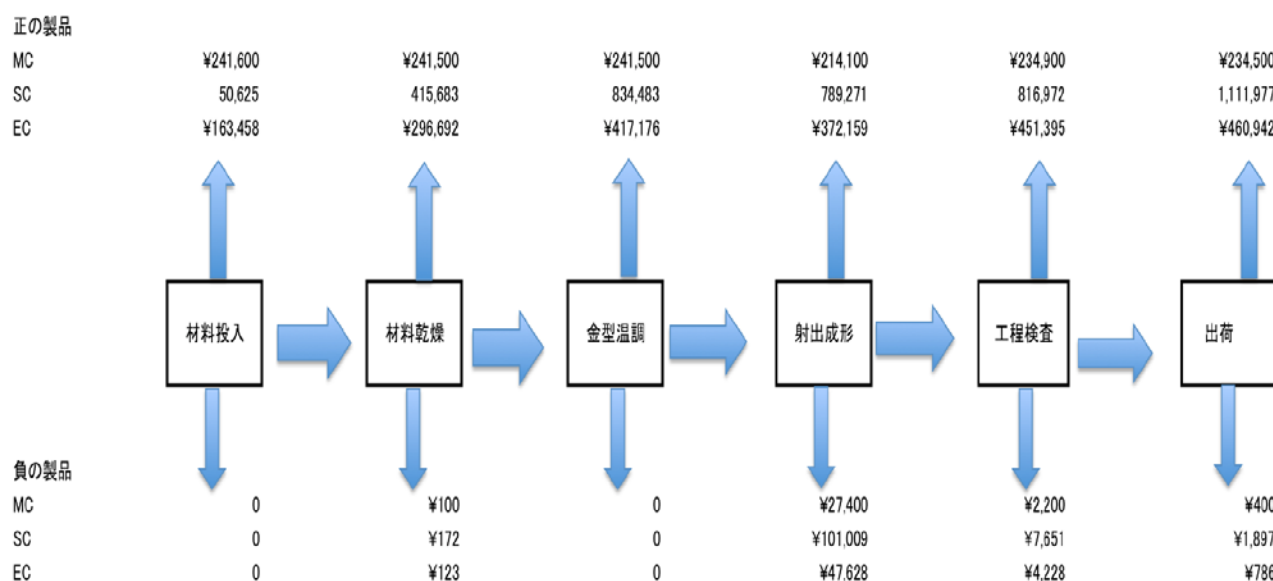


図 4.6 A 社の MFCA におけるロスの発生状況分析結果

これまでの分析結果を整理することにより、図 4.6 に示したようなマテリアルフローコスト分析の全体像を提示できた、この図から各種のロス（負の製品）の発生に関する情報を得ることができるので、これらの情報を経営改善に活用することができる。

図中、上段では正の製品に関する情報をマテリアルコスト（MC）、システムコスト（SC）、そしてエネルギーコスト（EC）に分類して示した。同様に、同図の下段では、負の製品における MC、SC、及び EC の値を示した。どのようなコストがどの工程で発生しているか、そしてそのコストは合理的な額であるか、などの検討を行うことにより、製造システムの改善活動が可能となる。例えば、コスト負担の高い工程を選定し、このコストを低減させるための対策を行う場合、このコスト低減活動によるパフォーマンスを単一の数値ではなく、全体システムの中に位置づけて判断することができる。このように全体の中で問題点を明確に浮かび上がらせるということは、問題解決を早める効果があることは明白で

ある。

コスト項目	材料投入	材料乾燥	金型温調	射出成形	工程検査	出荷
新規投入コスト						
MC	¥241,600				¥23,000	
SC	¥50,625	¥365,230	¥418,800	¥55,797	¥35,352	¥296,902
EC	¥163,458	¥133,357	¥120,454	¥2,641	¥83,464	¥10,369
各工程の前工程コスト計						
引き続きMC	0	¥241,600	¥241,500	¥241,500	¥24,100	¥234,900
引き続きSC	0	¥50,625	¥415,683	¥834,483	¥789,271	¥816,972
引き続きEC	0	¥163,458	¥296,692	¥417,146	¥372,159	¥451,395
工程毎の投入コスト計						
投入MC	¥241,600	¥241,600	¥241,500	¥241,500	¥237,100	234900
投入SC	¥50,625	¥415,855	¥834,483	¥890,280	¥824,623	¥1,113,874
投入EC	¥163,458	¥296,815	¥417,146	¥419,787	¥455,623	¥461,728
正の製品コスト計						
正の製品MC	¥241,600	¥241,500	¥241,500	¥214,100	¥234,900	¥234,500
正の製品SC	¥50,625	¥415,683	¥834,483	¥789,271	¥816,972	¥1,111,977
正の製品EC	¥163,458	¥296,692	¥417,146	¥372,159	¥451,395	¥460,942
負の製品コスト						
負の製品MC	0	¥100	0	¥27,400	¥2,200	¥400
負の製品SC	0	¥172	0	¥101,009	¥7,651	¥1,897
負の製品EC	0	¥123	0	¥47,628	¥4,228	¥786

図 4.7 MFCA における各コストの追跡計算プロセス

MFCA における各コスト項目毎のフロー分析を行うための計算過程を図 4.7 に示した。新規投入コスト、各工程の前工程におけるコスト、工程毎の投入コスト、正の製品コスト、そして負の製品コストがどのように成立しているか、順を追って追跡することができる。各コスト項目の要素のトレーサビリティを確保するために重要な情報であり、製造全体のネットワーク的な管理が容易になる。トレーサビリティが得られるという点は、これまでの工程管理手法の中でも重要なことであった。個々の情報がいかに充実していても、システム全体を最適化するために役立つ確率は低い、これら個々の情報が構築している潜在的なネットワークを明らかにすることにより、最も効率的な解が得られる。

表 4.2 A 社における MFCA のまとめ（単位：千円）：

	マテリアルコスト	システムコスト	エネルギーコスト	合計
正の製品	234.5	1,112	460.94	1,807.4
負の製品	30.1	110.7	52.8	193.6
合計	264.6	1,222.7	513.7	2,001

表 4.2 は、これまでの計算結果をまとめて、マテリアル製品製造プロセスにおける正の製品のコストと負の製品のコストを示したものである。

正の製品の材料コストは 234,500 円、システムコストは 1,111,977 円、エネルギーコストは 460,942 円。負の製品（ロス）の材料コストは 30,100 円、システムコストは 110,729 円、エネルギーコストは 52,765 円。正の製品の合計コストは 1,807,419 千円、負の製品の合計コストは 193,594 円であった。正の製品の合計に対する、マテリアルコストの率は 13%、システムコスト率は 62%、そしてエネルギーコスト率は 26%（これらは正の製品の総コストに占める比率）であり。システムコストの比率が一番高いことがわかった。システムコストとは人件費や設備等の減価償却費を示しており、A 社の製造プロセスでは人件費の割合が高いことがわかる。経営的には、高比率の人件費に対する対策として、作業の自動化、無人化などによって達成されることが多いが、作業の内容によっては自動化できないものがあるので単純に解決策を提示することはできない。しかし、システムコストの比率に係る情報及び負の製品の発生率に関する情報は、経営改善に有用である。また、負の製品（マテリアルロス）は総コストの中、10%を占めることがわかった。この値の平均的な数値は業種により異なるが、その内容は歩留りに近く、負の製品の比率が製品の歩留りであると考えて、今後の戦略を策定することが望まれる。

4.2.2 LIME による A 社の分析

A 社の活動により生起される環境影響を評価するために、環境への被害算定まで推定することが可能な LCA 分析手法の一つである LIME を用いて製造プロセスに分析を行った。前述した MFCA の分析結果と本節で述べる LIME により得られる分析結果を総合的かつ統合的に評価することにより、これまで隠されていた新しい情報を発掘できると考えている。

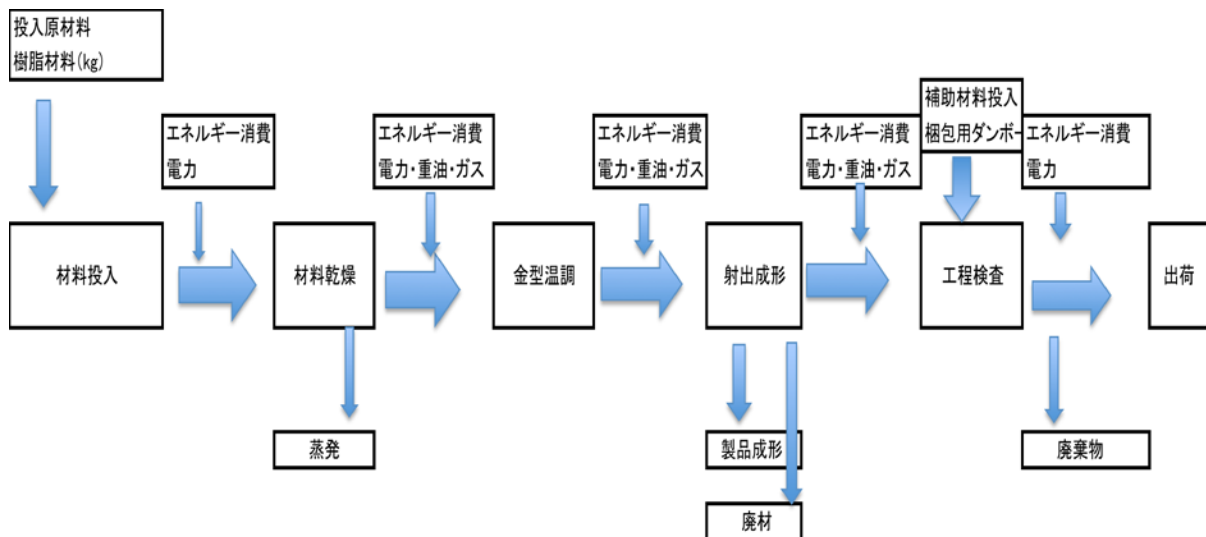


図 4.8 A 社の製造プロセスにおける Input-Output フロー図

製造プロセスを再掲し、投入した物質と産出した物質を明確にするために図 4.8 を作成した。本 LCA におけるシステム境界は製造プロセスに限定した、すなわち適用範囲である。

図 4.8 には製造プロセスの各段階における、材料の樹脂の投入、エネルギーの投入、梱包、そして廃棄物の発生などの要素が組み込まれている。

表 4.3 A 社の LIME におけるインプット・アウトプット一覧

工程内容	投入材料・エネルギー
材料投入	商品原材料・電力
材料乾燥	電力・A重油・LPGガス
金型温調	電力・A重油・LPGガス
射出成形	電力・A重油
工程検査	電力・A重油
出荷	電力・A重油

LCA に計算で用いた材料搬入から出荷までの各工程における材料やエネルギーなどのインプットとアウトプットをまとめて表 4.3 に示した。使用されていたエネルギーは電力、A 重油及び LP ガスの 3 種類であった。

次に、材料やエネルギーのインベントリ分析、インパクト分析（LCIA）を実施した。その結果を元に、その特性化係数リスト、被害係数リスト、統合化係数リストのデータを引用し、材料種類ごとの“LIME 統合化係数（円/kg）”を算出した。本研究では、産業環境管理協会が開発された LIME 用の分析ソフトウェアである“Milca”に含まれているインベントリデータを用いて、計算を実施した⁽²⁵⁾。

ライフサイクルインベントリ分析（Life Cycle Inventory Analysis: LCIA）の実施手順は ISO 14044 に規定されており、環境影響の統合化は LCIA の最終段階となる。統合化手法は、大きく分類して、物質比較型、問題比較型、そして被害算定型がある。本研究では被害算定型を用いた。物質比較型の代表的な DtT（Distance to Target）法では環境影響評価のために重み付け係数にインベントリデータを乗じて計算する。

$$I = Inv_s \times WF_s = Inv_s \times \left(Flow_s \times \frac{TFlow_s}{Flow_s} \right) \quad (4.1)$$

ここで、 Inv_s ：環境負荷物質 s のインベントリデータ、 WF_s ：環境物質 S の重み付け係数、 $Flow_s$ ：環境負荷物質 s の目標値（フロー）、 $TFlow_s$ ：環境負荷物質の現状値である。

図 4.9 投入原材料に係るインベントリデータ（付録）

図 4.9 は、投入した原材料に関して LIME の計算で使ったインベントリデータを示したものである。このデータベースにはすべての物質のインベントリデータが網羅されているわけではなく、汎用性の高いデータが準備されている。データの利用者は、計算対象としているイベントに最も適したデータを利用することになる。インベント分析の手法として以下に示す方法がある。

問題比較型の方法では、環境問題ごとに目標値と現状値の比を求め、これを重み付け係数として利用する。代表的な方法として、エコインディケータ 95 の手法があり、以下の算定式が提案されている。

$$\begin{aligned} I &= Inv_s \times CF_{impact,s} \times \frac{1}{NV_{impact}} \times WF_{impact} \\ &= E_{impact} \times \frac{1}{NV_{impact}} \times \frac{NV_{impact}}{T_{impact}} \end{aligned} \quad (4.2)$$

ここで、 Inv_s ：環境負荷物質 s のインベントリデータ、 $CF_{impact,s}$ ：環境影響領域 $impact$ における環境負荷物質 s の特性化係数、 NV_{impact} ：環境影響領域 $impact$ における規格値、 WF_{impact} ：環境影響領域 $impact$ における重み付け係数、 T_{impact} ：環境影響領域 $impact$ の目標値である。

また、被害算定型の方法では統合化に手段としてアンケート調査に基づくコンジョイント分析により重み付け係数を決定している。本研究で用いた LIME はこの被害算定型の手法を採用した。最終的な意

思決定パラメータである統合化係数 SI （環境負荷単位量あたりの社会的費用）は、被害係数とコンジョイント分析から得られた重み付け係数の積和によって求められる。

$$SI = \sum_c \sum_s (Inv_s \times IF_{s,c}) = \sum_c \sum_s (Inv_s \times \sum_e (DF_{s,e} \times WF_e)) \quad (4.3)$$

ここで、 Inv_s ：環境負荷物質 s のインベントリデータ、 $IF_{s,c}$ ：統合化係数、 $DF_{s,e}$ ：保護対象 e 及び環境負荷物質 s の被害係数、 WF_e ：コンジョイント分析より得られた重み付け係数である。ただし、被害量は保護対象によって異なる。人間健康の場合は DALY（年）という障害調整損失年数を用いる、これは死亡や損害等により失われた余命を示している。

表 4.5 樹脂材料が各環境要素に及ぼす被害の算定結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	7.39×10^{-7}
社会資産	円	6.15
一次生産	kg	7.07×10^{-3}
生物多様性	EINES	2.85×10^{-14}

A 社に関して、被害算定型の LIME により計算された（環境に与える）被害額を評価した結果を表 4.5 に示した。ここでいう保護対象とは、有害物質などの人間の健康に対する影響であり、社会資産とは自然やインフラや財産などの社会システムに与える影響、一次生産とは農業、漁業、林業などの食糧にかかる生産への影響、そして生物多様性とは遺伝子資源や種の絶滅など人間以外の生体に対する影響である。

以下に使用した原材料毎に、これらが環境へ与えた被害の推定を行った結果を統合化結果として提示した。

表 4.6 A 社における射出原材料利用に伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.80×10
地球温暖化	7.69
光化学オキシダント	1.48×10^{-2}
資源消費	3.42
酸性化	3.72×10^{-1}

廃棄物	1.92
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	4.22×10^{-5}
生態毒性（大気）	2.39×10^{-1}
生態毒性（水圏）	1.15×10^{-3}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	4.34
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.81×10^{-2}
人間毒性（水圏）	4.62×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

A 社で使用している樹脂（プラスチック）材料による環境被害を推定した結果を統合化結果として表 4.6 に示した。樹脂材料の全領域における LIME 統合化結果は、18 円/kg となることが示された。

統合化係数（円で表示）を影響領域別にみると、表 4.6 の上段からピックアップすれば、地球温暖化が 7.69 円、資源消費が 3.42 円、廃棄物が 1.92 円、そして都市域大気汚染が 4.34 円となっており、樹脂の使用により最も大きな影響を受ける環境は地球温暖化であった。つぎに都市域における大気汚染、そして資源消費（この例では石油資源）、そして廃棄物の増加の順であった。樹脂材料が石油製品であることを考えれば、石油（原油）の利用による影響評価結果として把握することができる。経営的には、樹脂の種類により環境負荷の大きさが変化することを勘案すれば、使用する樹脂の種類を再選定したり、新しい樹脂材料を開発したり、などの活動を行うことにより地球温暖化の抑制につながることを知ることになる。経営者にとって樹脂の製造時に発生する二酸化炭素が地球温暖化に影響を与えることは容易に予想されるが、都市域の大気汚染にも影響を与えていることの認識は低いと考えられる。都市域の大気汚染の原因は自動車からの排気ガスが主体ではあるが、工学的には石油を原料とした材料は大気汚染に寄与していることを定量的に知ることができることは重要である。

図 4.10 は電力のインベントリ結果を示したものである(付録)。

次に、投入した各エネルギーの統合化結果を計算した。使用されたエネルギーはほとんど電気であったので、ここでは電力に関する LIME を算出したものを示した。

表 4.7 A 社の製造プロセスによる環境被害の算定結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	8.47×10^{-8}
社会資産	円	4.63×10^{-1}
一次生産	kg	9.54×10^{-4}
生物多様性	EINES	9.65×10^{-15}

表 4.7 は、LIME により計算された A 社の製造プロセスによる環境被害の算定結果である。電気の使用により最も環境被害が大きいと計算された保護対象は、社会資産であった。ここで社会資産とは、農作物、森林、水産物、資源などの多岐にわたる構成要素が受ける影響を包括的に評価したものであり、単位は円で表示される。他方、電力使用が生物多様性に与える影響は最も小さくなっていた。ここで注意したい点は、発電の方法である、原子力発電（これは未解明であるが）や火力発電は生物多様性に影響を与える確率が低い、水力発電の場合、自然を破壊して建設することが多いので、生物多様性への影響は大きくなる。この算定結果は、発電のために従来の方が用いられた場合であり。発電方式が変更されれば、結果も異なる。エネルギー利用に関する経営的な判断を行う場合、このような計算結果は有用である。

表 4.8 影響領域ごとに得られた LIME 値算定結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.95
地球温暖化	1.29
光化学オキシダント	7.71×10^{-3}
資源消費	3.14×10^{-1}
酸性化	2.61×10^{-2}
廃棄物	1.18×10^{-2}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	2.00×10^{-5}
生態毒性（大気）	1.24×10^{-1}
生態毒性（水圏）	5.52×10^{-4}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.59×10^{-1}

室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	9.42×10^{-3}
人間毒性（水圏）	2.20×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

表 4.8 は、影響領域ごとに環境被害に係る統合化結果（LIME）を示した。エネルギー使用による環境影響に係る総合的な判断材料となる電力の LIME 統合化結果は 1.95 円/kWh が得られた。ここで影響領域ごとに被害算定額である統合化結果を見てみると、全影響領域では 1.95 であったが、地球温暖化では 1.29、資源消費では 0.314、生態毒性（大気）では 0.124、都市域大気汚染では 0.159 を得た。統合化結果の数値は、電力は樹脂よりも小さい値となっているが、使用量や生産方式の相違もあり、これらを直接比較することはできない。ただし、全領域に対する各領域に寄与率をみることにより、影響領域の特性について考察することができる。地球温暖化の寄与率は 66%、資源消費は寄与率 16%、同様に、都市域大気汚染は 8.2%、生物毒性（大気）は 6.3%の順位であった。電力消費は地球温暖化に最も影響を与えることが示されている。また、特徴的な点は、人間毒性（大気）に対する寄与が無視できないということである。樹脂の生産による環境影響には顕著でなかった人間毒性が電力消費の部分で現れるという結果は、経営者にとって新しい知見を与えることになる。

図 4.11 A 重油のインベントリデータ一覧（付録）

つぎに A 社の活動において使用されている A 重油に関するインベントリデータの一覧を図 4.11 に示した。

表 4.9 A 重油により環境被害算定額

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	7.56×10^{-7}
社会資産	円	4.74
一次生産	kg	8.52×10^{-4}
生物多様性	EINES	2.21×10^{-18}

同様に、A 重油について環境被害の評価に関する計算結果を表 4.9 に示した。環境被害算定額で最も大きな値は、社会資産に対するものであった。次点として、一次生産にも影響を与えているが、これは 4 桁小さな値となっている。社会資産とは、社会の受ける様々な損害であり、損害額（金額）で表示される。このことから、A 重油は、社会資産を形成するための利用されるものであるが、その反面、社会資産を減じる方向にも作用していることがわかる。この事実は、経営者だけでなく、これまで一般にも認識される機会が少なかった。資源の利用は、資源の残存量が減少するにしたがい、その社会における効用も変化する。今後、社会においてこの点を十分に考えた資源戦略が必要となる。

表 4.10 A 社における A 重油使用に関する LIME 統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.59*10
地球温暖化	8.37
光化学オキシダント	1.67*10 ⁻⁶
資源消費	3.11
酸性化	3.41*10 ⁻¹
廃棄物	3.16*10 ⁻⁵
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	4.35*10 ⁻⁹
生態毒性（大気）	2.68*10 ⁻⁵
生態毒性（水圏）	1.19*10 ⁻⁷
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	4.06
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	2.04*10 ⁻⁶
人間毒性（水圏）	4.76*10 ⁻⁹
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

A 重油の利用が環境に及ぼす影響（被害）に関する統合化結果を表 4.10 に示した。以上の計算によって得られた A 重油の LIME 統合化結果は 15.9 円/kg であった。

全影響領域に対する統合化結果の 15.9 に対して、地球温暖化では 8.37、都市域大気汚染では 4.06、

資源消費では 3.11、そして酸性化では 0.34 を得た。ここで、全影響領域の値に対する各影響領域の寄与率をみると、地球温暖化が 52.6%、都市域大気汚染が 19.6%、資源消費が 25.5%、酸性雨が 2.1% である。A 重油の利用において特徴的な部分は、酸性雨への影響が現れることである。A 重油の燃焼により、NO_x や SO_x そして粒子状浮遊物質（PM）などが排出されるからであり、大気汚染防止法で公害が発生した時期から高い環境リスクが指摘されている。経営者の環境マネジメントにおける判断として、大気汚染リスクの高い排気ガスを排出する A 重油に替わる燃料（エネルギー源）を探索すべきであることを示唆している。

図 4.12 LPG ガスによる LIME 算定に用いたインベントリデータ（付録）

つぎに、計算で使用した LPG ガスに関するインベントリデータの一覧を図 4.12 に示した。

表 4.11 A 社における LPG ガス使用により環境被害評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	5.77×10^{-7}
社会資産	円	5.11
一次生産	kg	5.19×10^{-4}
生物多様性	EINES	2.14×10^{-18}

LPG ガスによる環境被害の評価結果を表 4.11 に示した。保護対象別に環境被害を見てみると、社会資産における環境被害が最も大きく、その次に一次生産に対する環境被害が大きい。しかし、一次生産に対する環境被害は社会資産の対するそれよりも 4 桁小さい値になっている。LPG ガス利用による保護対象への影響、すなわち被害対象は社会資産について考慮すべきであることがわかる。

表 4.12 A 社における LPG ガス利用に伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.37×10
地球温暖化	8.74
光化学オキシダント	1.61×10^{-6}
資源消費	3.53
酸性化	2.08×10^{-1}

廃棄物	3.06×10^{-5}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	4.21×10^{-9}
生態毒性（大気）	2.60×10^{-5}
生態毒性（水圏）	1.15×10^{-7}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.21
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.97×10^{-6}
人間毒性（水圏）	4.61×10^{-9}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

ここで、LPG による環境被害推定における統合化結果を表 4.12 に示した。総合的に見れば、LPG の LIME 統合化結果は、13.7 円/kg であった。

得られた結果の内訳は、全影響領域が 13.7 であったのに対して、地球温暖化は 8.74、資源消費は 3.53、都市域大気汚染は 1.21、そして酸性化は 0.21 であった。同時に、全領域の環境影響に対する各環境影響領域による寄与率は、地球温暖化が 63.8%、資源消費が 25.8%、都市域大気汚染が 8.8%、及び酸性化が 1.5% であった。LPG ガスは A 重油と同様、枯渇型資源であることから、これらを比較すると地球温暖化について A 重油が 52.6% に対して LPG 63.8%、都市域大気汚染は A 重油が 19.6% に対して LPG は 8.8%、そして資源消費は A 重油が 25.5% に対して LPG は 25.8% である。そして、酸性化においては、A 重油が 2.1% に対して LPG は 1.5% である。この材料間比較によれば、LPG は A 重油に比較して地球温暖化への悪影響が大きいこと、逆に都市域大気汚染への悪影響が小さいことが示された。

つぎに、廃材（廃棄物）になったプラスチック（廃プラ）のインベントリデータを以下に示した。

入出力方向	フロー種別	物質UUID	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2
廃プラスチック類(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.00E+00	1.00E+00

表 4.13 廃プラスチックによる環境への影響評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	0.00
社会資産	円	3.38×10^1
一次生産	kg	5.58×10^{-2}

生物多様性	EINES	1.79*10 ⁻¹³
-------	-------	------------------------

そして、廃プラスチック（廃棄物）により生じられる環境被害に関する評価結果を表 4.13 に示した。通常、プラスチック材料はリサイクルされるケースが多いが、ここではリサイクルによる環境負荷の調整は行っていない。プラスチックの廃棄により最も影響を受ける保護対象は社会資産であり、33.8 円/kg であった。次に大きな影響を受ける保護対象は一次生産であった。

表 4.14 廃プラスチックが各環境因子に与える影響評価結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	4.58*10
地球温暖化	0.00
光化学オキシダント	0.00
資源消費	0.00
酸性化	0.00
廃棄物	4.58*10
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	0.00
生態毒性（大気）	0.00
生態毒性（水圏）	0.00
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	0.00
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	0.00
人間毒性（水圏）	0.00
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

環境領域毎に廃プラスチックが各環境因子に与える影響評価結果（統合化結果）を表 4.14 に示した。全影響領域にわたる廃材（プラスチック）の LIME 統合化係数は、45.8 円/kg であることがわかった。表 4.14 からわかるように、廃棄物の場合、全影響領域と廃棄物（影響領域種別）との値が同一の 45.8 である。廃棄物の取り扱いは今後の課題である。

4.2.3 A社における LC-MFCA 分析結果のまとめ

最後に、工程ごとに整理した材料別の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、購入単価を掛け算して、正の製品と負の製品の材料コストを算出した。また、投入した材料の正の製品の物量、負の製品の物量、そしてエネルギーの使用量に材料、エネルギーの環境影響統合化の LIME 値を掛け算して、環境影響強化統合値を算出した。これにより MFCA により得られた結果と LIME により得られた結果を統合的に評価することが可能となる。すなわち MFCA により計算された企業内部のコスト分析結果を見ただけではわからない、隠れた環境影響（環境コスト）が見えてくる。このように比較対照は、内部不経済と外部不経済を共に低減するための方策の発見を誘導することになる。

表 4.15 A 社の製造プロセスに係る経済的及び環境的な観点から見た総合評価

コスト種別	測定項目	材料	エネルギー(原油)	廃棄処理	計
正の製品	物量値(kg)	2,115	7kL	－	－
	MFC 値(千円)	211.5	461	－	672.5
	LIME 値(千円)	38.1	71	－	109
	EPIg=MFC/LIME	5.55	6.49		6.17
負の製品	物量値(kg)	301	1kL	－	－
	MFC 値(千円)	30.1	52	－	82.1
	LIME 値(千円)	5.42	10	－	15
	EPIg=MFC/LIME	5.55	5.2		5.47
廃棄物	物量値(kg)	－	－	301	301
	MFC 値(千円)	－	－	0	0
	LIME 値(千円)	－	－	13.8	13.8
合計	物量値(kg)	2416	8kL	301	－
	MFC 値(千円)	241.6	513	0	754.6
	LIME 値(千円)	43.52	81	13.8	137.8
	EPIg=MFC/LIME	5.55	－	－	5.48
EPIIn=正の製品／LIME 合計		4.86	5.69	－	4.88

ここで、環境負荷の低減効果と経済性の向上の両立という観点から、環境パフォーマンスを測定した。環境パフォーマンスは、次式に示した EPIg（グロス環境パフォーマンス指標）及び EPIIn（ネット環境

パフォーマンス指標) で表現することができる。

$$EPIg = \frac{MFCi}{LIMEi} \quad (4.4)$$

$$EPI n = \frac{PCOSTi}{LIMEi} \quad (4.5)$$

ここで、MFCi はコスト種別(i)におけるマテリアルフローコスト (円)、LIMEi は コスト種別(i)における LIME 分析により得られた環境被害統合化結果 (円)、PCOSTi はコスト種別(i)における正の製品コスト (円) である。

MFC 及び LIME の計算結果を比較対照するために表 4.15 を作成した。これは換言すれば、A 社の企業コスト管理並びに環境影響評価の両方の観点から見た総合評価となる。ここで 3 章に定義した環境パフォーマンスの概念を利用することができる。企業活動によって生じる環境負荷を LIME の値で代表し、企業の便益を MFC の値で代表するとすれば、MFC を LIME で除した値は環境パフォーマンスを表すとする可以考虑することができる。なお、ここでいう環境パフォーマンスは ISO 14000 シリーズに示されている環境目的・目標に対する達成度と同じ概念であるが、本文では環境パフォーマンスを具体的に数値化していることから環境パフォーマンス指標と呼ぶこととする。この環境パフォーマンス指標は表 4.15 において、EPIg (gross value for Environmental Performance Index) と表記した。正の製品において、マテリアルコスト、エネルギーコスト、及び合計の環境パフォーマンスは、それぞれ 5.55、6.49、及び 6.17 であった。また、負の製品についてみれば、マテリアルコスト、エネルギーコスト、及び合計の環境パフォーマンスは、それぞれ 5.55、5.2、及び 5.47 であった。得られた数値は 5 付近に分布していることから、この値が A 社の企業活動の環境パフォーマンスを示しているものと思われた。この値は単独で意味がある訳ではなく、企業における環境戦略を策定する際に、これまでと比較して環境性能が本当に良くなったのであろうか、という疑問に答えることができる一つのパラメータである。あるいは、同業他社の企業と環境配慮の程度を定量的に比較することができるので、これを企業の優秀さをアピールして差別化したり、CSR を高めたりするために利用することができる。

ここでは環境パフォーマンスを (MFC/LIEM) で定義したが、(物質/LIME) や (正の製品/LIME) などの指標により評価することもできる。正の製品は利益を生み出すものであるのに対して、負の製品は利益を生み出さないもので、企業の目的は正の製品 (の比率) を増加させることである。正の製品は企業の目的物、これに対して LIME の合計を環境に対する影響と考え、(正の製品/LIME 合計) の値を EPI n (net value for Environmental Performance Index) と定義した。A 社における EPI n は、4.88 (円/円) であった。

いずれにしても LC-MFCA 手法は、従来は会計学の分野で利用されてきた MFCA と工学の分野で利用されてきた LCA (LIME) から得られる情報を突き合わせ、これらの解析結果を統合的に評価することにより新しい情報を得ることができる、という点に価値がある。これは工学の経営の融合であり、新しい環境配慮経営 (環境マネジメントシステム) の始まりであるといえる。

以下の節では、A 社と同様に、B 社及び C 社について LC-MFCA を利用した事例分析結果について述べる。したがって、A 社と同一の考察を行うことは避け、A 社と比較して特徴的な結果についてのみ検討することとする。

4.3 LC-MFCA を用いた B 社の事例分析

熱練加工の B 社は昭和 47 年創業し、各種鋼材、アルミ、ステンレスなどの金属熱処理及び表面処理を事業としている。主な製品は、自動車の足回り、エンジンやトランスミッション、ノートパソコンのヒンジのキングなどである。

(1) 実施目的

会社の製造コストを明確するため、また環境への負荷を把握するため、LC-MFCA を実施した。

(2) 調査範囲と調査時間

商品対象は、自動車部品 NGI 精錬機械を用いた製造プロセスであり、調査した期間は 2004 年 10 月分であった。

製造プロセスの実際の稼働状況を確認し、自動車部品 NGI の熱処理プロセスについて、前述した調査用データ表を記入した。

(3) 調査方法

原材料の使用については工場の記録と材料回収会社からの処理伝票を調べて、投入した材料の内容と廃棄物になった材料の重さが記入した。エネルギーの使用量については器械の電気使用規格と活動時間を調査して、電気量の使用量を記入した。そのほかのエネルギーの使用については、当月分のガス料金の伝票から調べた。システムコストについては、工場関係者のヒアリング調査から入手した。

4.3.1 MFCA による B 社の分析

B 社に関する MFCA 分析は、A 社と同様の方法で実施した。ただし、B 社において材料の購入行為は行われていなかった。当社の使用する材料の本体である自動車部品は、顧客からの支給品であり、B 社がマネジメントできる範囲ではなかった。

表 4.16 B 社の自動車部品 NGI の熱処理は 1 ヶ月での使用状況

(同一材料処理、8 時間/日稼働)

投入内容	使用量	金額(円)
材料	262 (1)	38,300
システムコスト	3,200 (円/H・人)	892,500
電力	2,835 (kWh)	36,855
ガス	87.5m ³	26,250

表 4.16 は、B 社の自動車部品 NGI の熱処理プロセスについては調査した結果を示した。使用材料は熱処理用の溶液であり、処理対象とする自動車部品は顧客支給品である。したがって、コスト評価には含まれない。処理方法は電気とガスを利用しており、電気は表面処理に用い、ガスは加熱用の燃料であった。



図 4.13 B 社における製造プロセス

B 社の製造プロセスを図 4.13 に示した。顧客支給品である自動車部品と処理溶液の受け入れ検査から始まり、部品の洗浄を行った後、保管する。生産スケジュールにしたがって部品の焼入れ、洗浄、そして焼き戻しの工程を連続して行う。工程内検査及び工程の最終検査を行った後、出荷準備のためストックヤードに保管する。出荷は顧客の要求に応じて実施する。

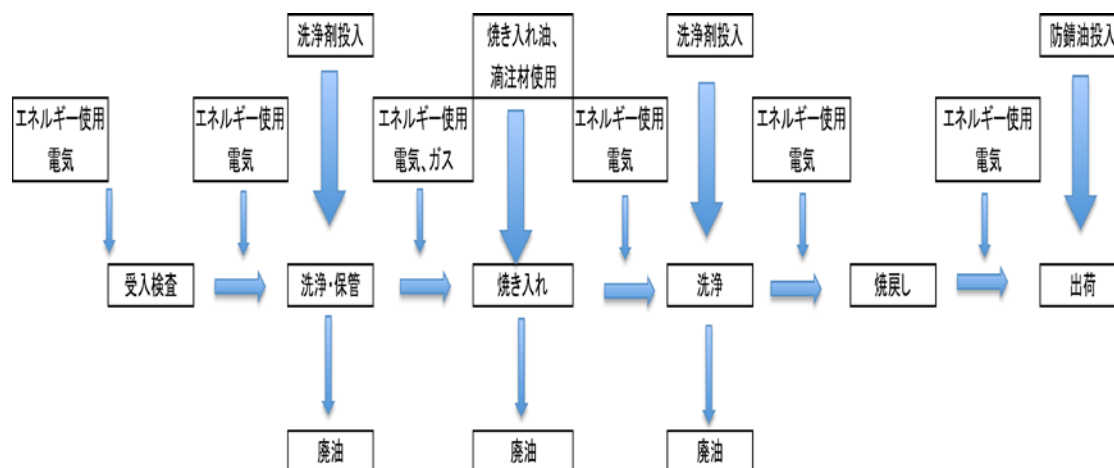


図 4.14 A 社の製造プロセスに関するマテリアルフロー分析

図 4.14 は、製造プロセスの各段階での材料使用状況にしたがって、マテリアルフローの概要を示し

たものである。具体的にその流れを見てみると、製造工程では、熱処理用の材料を受け入れ、内径検査する。そのあと、治具をセットし、洗浄材投入して洗浄する。一時保管してから、メッシュベルト式連続炉へ投入し、焼き入れをする。その後、洗浄機へ入れて、もう一回洗浄し、冷却してから、防錆油をつけて、箱詰、出荷待ちの状態となる。この製造工程においては材料の投入状況、エネルギーの使用状況を示した。

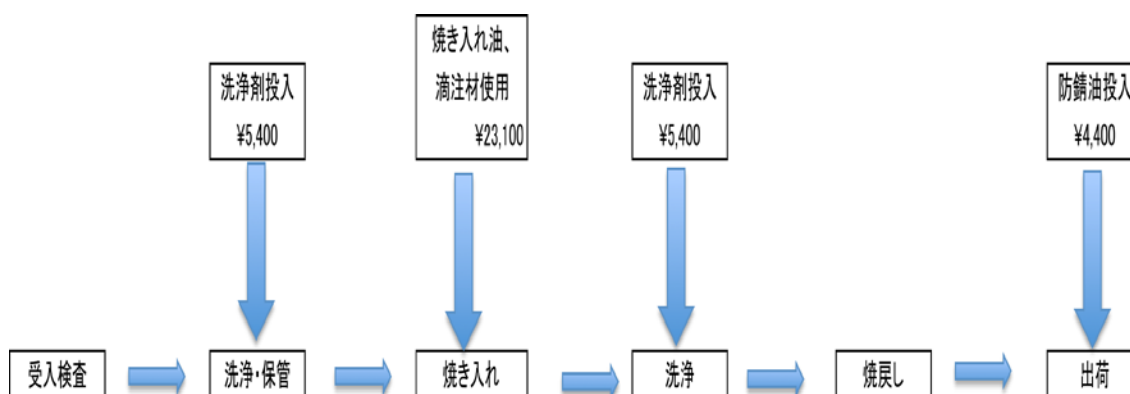


図 4.15 製造工程における使用材料のマテリアルフロー図

図 4.15 は使用材料についてのマテリアルフローを示したものである。ここではコストの発生を認識しやすくするために、製造プロセスにマテリアルコストの情報を導入して、金額情報で表示した。これにより経済的な得失に関する情報が把握しやすくなるという利点がある。なお、データの調査期間に不良品が発生していなかったため、補助剤の金額などを表示した。

つぎに、投入した補助材のコストを計算した。図 4.15 で示したように、最初の洗浄・保管の段階で洗浄剤の投入コストが 5,400 円であった。焼き入れの段階では、焼き入れ油と滴注材を使用して、合計金額は 23,100 円であった。また洗浄の段階で洗浄剤を投入し、金額は 5,400 円であった、最後出荷する前、防錆油を使用し、金額は 4,400 円であった。

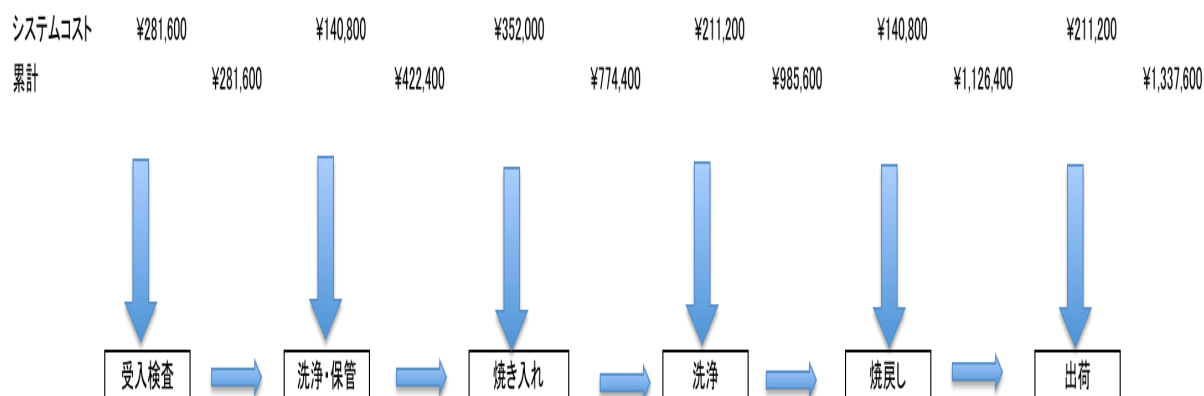


図 4.16 B 社におけるマテリアルフローにおけるシステムコスト分析

次の段階として図 4.16 は、B 社におけるマテリアルフローコストのうち、システムコストに関する部分を示したものである。システムコストの算定については、各工程での労働人数と労働時間を調査し、これらのデータから計算した。受け入れ検査工程での人件費は 281,600 円であった。洗浄・保管工程での人件費は 140,800 円であった。焼き入れ工程での人件費は 352,000 円であった。そして、最後の洗浄工程における人件費は 211,200 円であった。焼戻しでの人件費は 140,800 円であった、最後に、出荷準備などの人件費は 211,200 円であった。以上のことからシステムコストとして、合計費用は 1,337,600 円となった。焼き入れ工程におけるシステムコストが最も高い値であった。

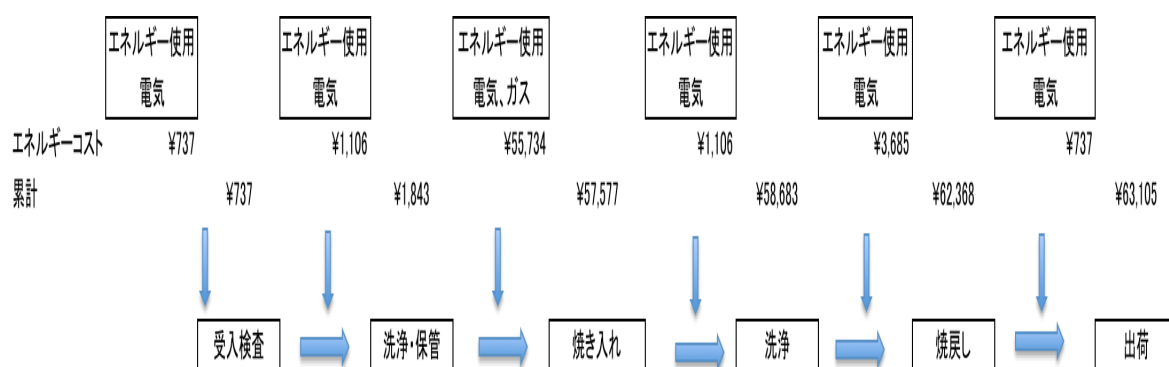


図 4.17 B 社におけるマテリアルフローにおけるエネルギーコスト分析結果

さらに、工程ごとのエネルギーコスト使用状況について計算した結果を図 4.17 に示した。製造プロセスについて、使用したエネルギーは電力とガスであった。受け入れ検査段階で 737 円の電力を消費しており、洗浄・保管の段階では 1,106 円の電力を消費しており、焼き入れの段階では、電力とガスの両方が消費されており、合計金額は 55,734 円となった。最後の洗浄工程では 1,106 円の電力を消費しており、焼戻しの工程では 3,685 円の電力を消費しており、最後の出荷準備の段階では 737 円の電力を消費していた。以上のことより、消費エネルギーの合計金額は 63,105 円となった。

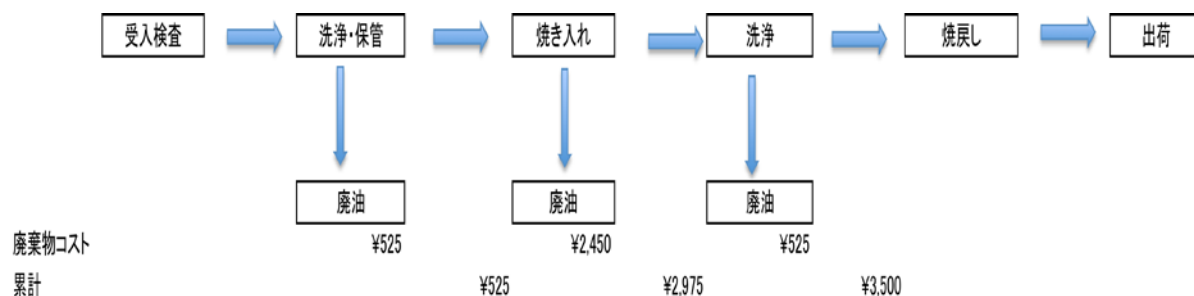


図 4.18 B 社におけるマテリアルフローにおける廃棄物処理コスト分析結果

廃棄物処理コストの計算した結果を図 4.18 で示した。製造プロセスの中、洗浄・保管の工程で廃油が排出され、525 円の処理費用が発生した。また、焼き入れの工程で廃油が排出されており、2,450 円の処理費用が発生した。最後の洗浄の工程でも廃油が排出され、525 円の廃油コストが発生していた。したがって、廃棄物処理コストの合計は 3,500 円となった。

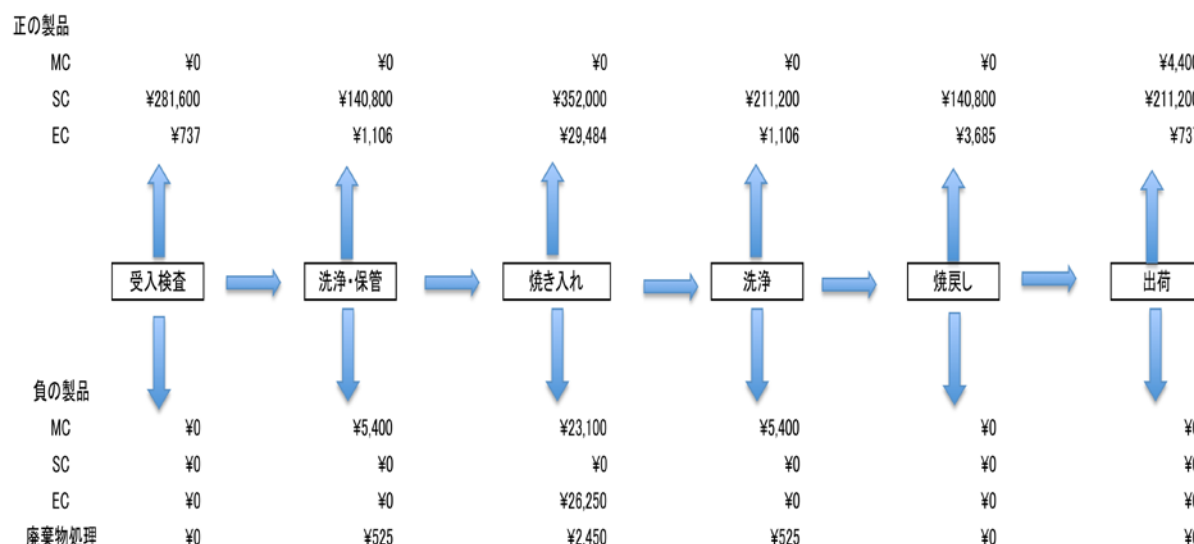


図 4.19 B 社の MFCA におけるロスの発生状況分析結果

これまでの分析結果を整理することにより、図 4.19 に示したようなマテリアルフローコストの全体の中で発生したロス（負の製品）に関する情報を得ることができた。上段に正の製品コスト、下段に負の製品コストを記入した。コストの内訳は、マテリアルコスト（MC）、システムコスト（SC）そしてエネルギーコスト（EC）に分類されており、コストが発生しない工程及びコスト項目が存在する。このような全体のコストフローを鳥瞰することにより、生産ラインのコスト管理上の問題点を明らかにすることができる点がメリットである。

表 4.17 B 社における MFCA のまとめ（単位：千円）：

	マテリアル コスト	システムコ スト	エネルギー コスト	廃棄物処理 コスト	合計
正の製品	4.4	1,337.6	36.9	0	1,378.9
負の製品	33.9	0	26.2	3.5	63.7
合計	38.3	1,337.6	63.1	3.5	1,442.6

表 4.17 は、これまでの計算結果をまとめて、製品（この場合、加工品）の加工プロセスにおける正

の製品のコストと負の製品のコストを一覧にしたものである。今回の調査期間において、不良品が発生していなかったため、補助材のロスについて計算した。なお、補助材は防錆油である。正の製品におけるマテリアルコストは 4,400 円であった。同システムコストは 1,337,600 円であり、電気使用したエネルギーコストは 36,855 円であった。ここまでで正の製品に投入したコストは合計して、1,378,855 円であった。負の製品は補助剤のロスであり、補助剤は、洗浄剤と焼き入れ油のコストの金額であり、33,900 円であった。焼き入れ油を燃焼させるためにガスを使用しており、このためのエネルギーコストは 26,250 円であった。洗浄剤などの廃油の処理費用は 3,500 円であったので、負の製品(マテリアルロス)の合計コストは 63,650 円であった。製造プロセスを通しての合計コストは 1,442,505 円であった。マテリアルロスは全コストの 4.4%を占めている。また、全てのコストの中、システムコストが一番高く、総コストの 93%を占めていることがわかった。

4.3.2 LIME による B 社の分析

B 社の生産活動による環境影響を推定するために LIME の手法にしたがって計算を行った。すでに述べたように B 社は自動車部品の加工処理を業務としており、部品自体に起因する環境負荷は B 社において発生していないとした。部品は顧客支給品であるので、これらにより発生する環境負荷は B 社の顧客に属する。

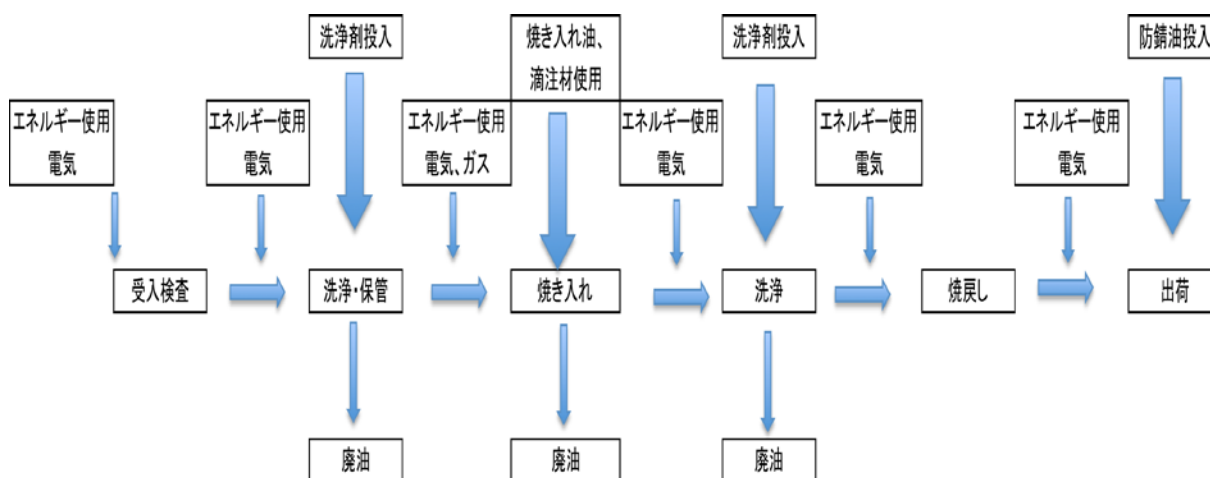


図 4.20 B 社の製造プロセスにおける Input-Output フロー図

まず、製造プロセスの中、投入した物質と産出した物質を明確にするために図 4.20 にインプット・アウトプットを記入したプロセスフローを示した。材料のインプットは洗浄剤の投入工程まで発生しない、その後、焼き入れ油、滴注材、洗浄剤、そして防錆油が投入されている。加工された製品は表面処理済みの自動車部品であるが、この事例では表面の皮膜層がアウトプットである。負のアウトプット（製品）は、廃油であった。

表 4.18 B 社の LIME におけるインプット・アウトプット一覧

工程内容	投入材料・エネルギー
受け入れ検査	電力
洗浄保管	洗浄剤・電力
焼き入れ	焼き入れ油・滴注材・ガス・電力
洗浄	洗浄剤・電力
焼戻し	電力
出荷	防錆油・電力

加工・処理のプロセスの各工程において発生するインプット及びアウトプットの項目の内訳を表 4.18 に示した。ここで、投入材料は洗浄剤、焼入れ油、滴注材、および防錆剤であった。これらの材料のリユースは行われていなかった。リユースあるいはリサイクルが行われることにより環境負荷の低減が望めるが、その決定は今後の課題である。

エネルギーの利用については、電力とガスが該当した。電力は、受入検査の工程、洗浄保管の工程、焼入れの工程、最終洗浄の工程、焼戻しの工程、および出荷の工程で使用されており、その使用量の多く、環境への負荷の主たる要因になっていた。

次に、材料およびエネルギーに関するインベントリデータを収集し、これらを用いたインベントリ分析を行った。インベントリデータは、材料やエネルギーの使用・消費による環境影響を決定するための基本的な特性値であり、解析結果はインベントリデータの種類（出处）によって変動することが知られている。

さらに、インベントリ分析に続いて、これらの環境負荷が環境に対してどの程度の被害を与えているのか、インパクト分析（LCIA）を実施した。インパクトとは、解析対象となっている活動が環境に与える影響を定量化した結果であり、その結果を元に、LIME のデータベースから、与えられた特性化係数リスト、被害係数リスト、及び統合化係数リストのデータを引用し、材料種類ごとの“LIME 統合化係数（円/kg）”を算出した。

なお、本研究では、産業環境管理協会が開発された Milca ソフト中のデータベースを用いて計算することとした。

図 4.21 投入した洗浄剤に係るインベントリデータ（付録）

洗浄剤の主要成分はトリクロロエチレンであったので、トリクロロエチレンのインベントリデータが掲示された図 4.21 を示した。

表 4.19 B 社の製造プロセスで使用した洗浄剤の環境要素に及ぼす被害の算定結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	5.50×10^{-7}
社会資産	円	3.54
一次生産	kg	5.18×10^{-3}
生物多様性	EINES	2.12×10^{-14}

以上の準備の後、LIME によって計算された環境に与える被害推定額の結果を表 4.19 に示した。環境に与える被害推定値で最も大きかったのが、社会資産に対するものであった。B 社の熱間加工という作業は、A 社のプラスチックの射出成形の作業に比較して、人間健康及び社会資産へ与える被害額は少ないが、一次生産及び生物多様性へ与える被害額が大きいことがわかった。B 社は洗浄剤に代表される化学物質を取り扱い業容であることから、食糧生産や生物多様性という自然生態系に与える影響が大きくなっていることが確認された。一般的には、化学物質を扱い B 社は樹脂の成形を行う A 社より自然環境への影響が大きいことが予想されるが、この事例解析のように具体的な数値で表示されるということは、具体的な対策の構築に役立つだけでなく、経営者が具体的なアクションを起こすための重要な情報となり得る。

表 4.20 B 社における洗浄剤利用に伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.24×10
地球温暖化	5.98
光化学オキシダント	1.30×10^{-2}
資源消費	2.23
酸性化	2.74×10^{-1}
廃棄物	6.61×10^{-1}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	3.62×10^{-5}
生態毒性（大気）	2.10×10^{-1}
生態毒性（水圏）	1.04×10^{-3}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	3.02

室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.59×10^{-2}
人間毒性（水圏）	4.16×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

表 4.20 は B 社における洗浄剤利用に伴う環境影響の統合化結果を示した。洗浄剤の LIME 統合化結果は、12.4 円/kg となった。その内訳をみると、地球温暖化に対する統合化結果は 5.98（円）であり、資源消費に対しては 2.23（円）、そして都市域大気汚染に対しては 3.02（円）となっており、これらが受ける影響が大きな保護領域になる。地球温暖化への影響が最も大きい、さらに都市大気汚染、そして資源消費が続いている。また、これらに続き、廃棄物における統合化結果が 0.66 円となっており、B 社の場合、廃棄物に関する配慮も不可欠であると考えられた。

また、投入した各エネルギーの統合化結果を算出した。使用されたエネルギーはほとんど電気であったので、電力に関する LIME を算出した。

図 4.22 電力のインベントリデータ（付録）

図 4.22 は、電力に関するインベントリデータを示したものである。。

表 4.21 B 社の製造プロセスに使用した電力による環境被害の算定結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	8.47×10^{-8}
社会資産	円	4.63×10^{-1}
一次生産	kg	9.54×10^{-4}
生物多様性	EINES	9.65×10^{-15}

電力に関して LIME により計算された B 社の製造プロセスによる環境被害の算定結果を表 4.21 に示した。

表 4.22 影響領域ごとに得られた LIME 値算定結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.95

地球温暖化	1.29
光化学オキシダント	7.71×10^{-3}
資源消費	3.14×10^{-1}
酸性化	2.61×10^2
廃棄物	1.18×10^{-2}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	2.00×10^{-5}
生態毒性（大気）	1.24×10^{-1}
生態毒性（水圏）	5.52×10^{-4}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.59×10^{-1}
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	9.42×10^{-3}
人間毒性（水圏）	2.20×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

影響領域ごとに環境被害額を推定した結果を統合化結果として表 4.22 に示した。これは影響領域ごとに被害算定額を示したものであるが、エネルギー使用による環境影響に係る総合的な判断材料となる電力の LIME 統合化結果として 1.95 円/kWh が得られた。ここで特徴的な点は、地球温暖化に対する影響が全影響領域の値に占める割合が 66%と大きいことであり、電力の環境影響の特性を示していた。

次は、使用したガスの 90%以上はプロパンガスであったことから、ここでは LPG ガスの環境影響値を計算した。

図 4.23 LPG ガスのインベントリデータ一覧（付録）

LPG ガスに関するインベントリデータを図 4.23 に示した。

表 4.23 B 社における LPG ガス使用により環境被害評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	5.77×10^{-7}
社会資産	円	5.11
一次生産	kg	5.19×10^{-4}

生物多様性	EINES	2.14×10^{-18}
-------	-------	------------------------

ここまでで得られた、LPG ガスによる環境被害評価結果を表 4.23 に示した。電力と LPG の結果を比較すると、LPG は電力に比較して人間健康、社会資産のポイントが大きく、一次生産及び生物多様性のポイントが小さくなっている。

表 4.24 B 社における LPG ガス利用に伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	1.37×10
地球温暖化	8.74
光化学オキシダント	1.61×10^{-6}
資源消費	3.53
酸性化	2.08×10^{-1}
廃棄物	3.06×10^{-5}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	4.21×10^{-9}
生態毒性（大気）	2.60×10^{-5}
生態毒性（水圏）	1.15×10^{-7}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.21
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.97×10^{-6}
人間毒性（水圏）	4.61×10^{-9}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

また、LPG ガスによる環境被害推定における統合化結果を表 4.24 に示した。その結果、LPG ガスの LIME 統合化結果は、13.7 円/kg となった。地球温暖化が全影響領域の値に占める割合は 63%であった。

図 4.24 メチルアルコールによる LIME 算定に用いたインベントリデータ（付録）

また、滴注材の主成分はメチルアルコールであるので、メチルアルコールのインベントリデータを図 4.24 に示した。

表 4.25 B 社における滴注材使用による環境被害評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	2.67×10^{-7}
社会資産	円	2.07
一次生産	kg	1.09×10^{-3}
生物多様性	EINES	1.72×10^{-15}

ここまでで得られた、滴注材による環境被害評価結果を表 4.25 に示した。電力や LPG などのエネルギー消費による環境影響と比較すると、化学物質である滴注剤の一次生産及び生物多様性に与える影響が大きい結果となった。

表 4.26 B 社における滴注材利用に伴う環境影響の統合結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	6.00
地球温暖化	3.63
光化学オキシダント	8.22×10^{-4}
資源消費	1.30
酸性化	1.33×10^{-1}
廃棄物	3.30×10^{-3}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	2.17×10^{-6}
生態毒性（大気）	1.32×10^{-2}
生態毒性（水圏）	6.21×10^{-5}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	9.17×10^{-1}
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.01×10^{-3}
人間毒性（水圏）	2.48×10^{-6}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

滴注材（メチルアルコール）による環境被害推定における統合化結果を表 4.26 に示した。メチルアルコールであるから生態毒性（大気）や人間毒性（大気）及び（水圏）に対する環境影響が大きいのではなかという予想であったが、生態毒性（大気）への影響が認められたが、その影響は顕著ではなかった。

つぎに、焼き入れ油と防錆油に関する計算を行うことになるが、これらのデータが入手できなかったため、潤滑油について LIME の計算を実施した。

図 4.25 潤滑油のインベントリデータ（付録）

焼き入れ油と防錆油のデータが入手困難のため、潤滑油のインベントリデータを図 4.25 で示した。

表 4.27 B 社における潤滑油使用により環境被害評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	2.16×10^{-7}
社会資産	円	4.46
一次生産	kg	6.91×10^{-4}
生物多様性	EINES	1.87×10^{-15}

潤滑油の使用による環境被害の評価結果を表 4.27 に示した。滴注剤であるメチルアルコールと潤滑油による環境への被害を比較すると、潤滑油は社会資産のポイントが大きくなっている一方、一時生産への影響は小さくなっていた。

また同様に、潤滑油による環境被害推定における統合化結果を表 4.29 に示した。

表 4.29 B 社における潤滑油利用に伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	7.58
地球温暖化	2.27
光化学オキシダント	1.07×10^{-3}
資源消費	3.79
酸性化	1.23×10^{-1}
廃棄物	9.45×10^{-2}
オゾン層破壊	0.00

富栄養化	3.31×10^{-6}
生態毒性（大気）	1.73×10^{-2}
生態毒性（水圏）	7.76×10^{-5}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.27
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.31×10^{-3}
人間毒性（水圏）	3.10×10^{-6}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

ここで潤滑油の LIME 統合化結果は 7.58 円/kg となり、電力や LPG による環境被害額よりも小さい値となった。また、全影響領域の値に対する割合では、資源消費が最も大きく 50%を占めていた。

つぎに、廃油による環境被害額を算定した。ここで、廃油のインベントリデータは以下の通りであった。

入出力方向	フロー種別	物質UUID	基本フロー	単位	カテゴリ
廃油(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.00E+00

表 4.30 廃油による環境への影響評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	0.00
社会資産	円	2.03×10
一次生産	kg	3.17×10^{-2}
生物多様性	EINES	1.02×10^{-13}

廃油による環境被害に関する評価結果を表 4.30 に示した。通常、廃油はリサイクルされるケースが多いが、ここではリサイクルにより環境負荷の調整は行っていない。

油の廃棄による人間健康への影響はないという点は注目される。廃油は、社会資産へ及ぼす悪影響が大きいことがわかった。廃油が一次生産に与える影響は予想されていた。

表 4.31 廃油が各環境因子に与える影響評価結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	2.46*10
地球温暖化	0.00
光化学オキシダント	0.00
資源消費	0.00
酸性化	0.00
廃棄物	2.46*10
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	0.00
生態毒性（大気）	0.00
生態毒性（水圏）	0.00
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	0.00
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	0.00
人間毒性（水圏）	0.00
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

また、廃油が各環境因子に与える影響評価結果を表 4.31 に示した。計算結果より、廃油の LIME 統合化係数は、24.6 円/kg であることがわかった。廃油における特徴は、それにより影響が生じる影響領域が廃棄物のみである点である。実際には廃油の処理あるいは処分の段階でいくつかの環境被害が生じることは容易に予測される。このあたりは、常識的に判断すべきであろう。

4.3.3 B 社における LC-MFCA 分析結果のまとめ

最後に、工程ごとに整理した材料別の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、購入単価を乗じて、正の製品と負の製品の材料コストを計算した。また、投入した材料の正の製品の物量、負の製品の物量、エネルギーの使用量を各材料・エネルギーの環境影響統合化の LIME 値に乘じて、環境影響に係る総合的な評価を行った。

ここで、環境負荷の低減効果と経済性の向上の両立という観点から、環境パフォーマンスを測定した。環境パフォーマンスは、次式に示した EPIg（グロス環境パフォーマンス指標）及び EPI_n（ネット環境

パフォーマンス指標) で表現することができる。

表 4.32 B 社の製造プロセスに係る経済的及び環境的な観点から見た総合評価

		材料	エネルギー	廃棄処理	計
正の製品	物量値(1)	22	2835kWh	—	—
	MFCA 値(千円)	4.4	36.855	—	46.655
	LIME 値(千円)	0.138	5.52	—	5.658
	EPIg=MFC/LIME	31.9	6.68		8.25
負の製品	物量値(1)	240	87.5m ³	—	—
	MFCA 値(千円)	33.9	26.250	—	60.15
	LIME 値(千円)	2.272	2.61	—	4.882
	EPIg=MFC/LIME	14.9	10.1		12.3
廃棄物	物量値(1)	—	—	100	—
	MFCA 値(千円)	—	—	3.5	3.5
	LIME 値(千円)	—	—	2.46	2.46
	EPIg=MFC/LIME			1.42	1.42
合計	物量値(1)	262	2835kWh 87.5m ³	100	—
	MFCA 値(千円)	38.3	63.105	3.5	104.9
	LIME 値(千円)	2.41	8.13	2.46	13
	EPIg=MFC/LIME	15.9	7.76	1.42	8.07
EPIIn=正の製品/LIME 合計		1.83	4.53	—	3.59

ここで、環境負荷の低減効果と経済性の向上の両立という観点から、環境パフォーマンスを測定した。環境パフォーマンスは、前節と同様に(4.4)式及び(4.5)式で示した EPIg (グロス環境パフォーマンス指標) 及び EPIIn (ネット環境パフォーマンス指標) で表現することができる。

これらの計算結果を表 4.32 に示した。これは換言すれば、B 社の環境経済並びに環境影響評価の観点から見た総合評価となる。EPIg は、正の製品、負の製品、廃棄物、及びこれらの合計値について各々、8.25、12.3、1.42 及び 8.07 であった。A 社における EPIg は同様に、各々、6.17、5.47、不明、及び 5.48 であったことより、B 社の環境パフォーマンスは、総体的に A 社よりも高いことがわかる。勿論、業務内容、製造している製品が異なるので直接比較することはできないが、製品とその製造プロセスが環境パフォーマンスと関係があることがわかる。

また、EPI_n の値について、A 社が 4.88 であったのに対して、B 社は 3.59 であり、ネットの環境パフォーマンス指標は、グロス環境パフォーマンス指標の結果とは逆転して、A 社は B 社よりも高い値を得ていた。このような指標間で評価結果に差が生じる原因は、グロス指標が負の製品コストを含んでいるのに対して、ネット指標はこれを含んでいないからである。企業の内部コストを考える場合、その段階のコストを採用するかで、その評価結果が異なってくることを示している。本研究では、ネット環境パフォーマンス指標が本当の環境パフォーマンスを表していると考えているが、今後の検討課題でもある。

4.4 LC-MFCA を用いた C 社の事例分析

総合建材メーカー C 社は 1955 年創業し、資本金 15,051 百万円、事業内容は各種シャッター、住宅建材、ビル用建材の製造及び販売する。事例分析は以下の手順にしたがって行った。

(1) 実施目的

会社の製造コストを明確するため、また環境への負荷を把握するため、LC-MFCA を実施した。

(2) 調査範囲と調査期間

設備対象は、重量シャッター製造機械を用いた製造プロセスであり、調査した期間は 2013 年 1 月であった。

製造プロセスの実際稼働状況を確認し、重量シャッターの製造プロセスについて、前述した調査用データ表を記入した。

(3) 調査方法

原材料の使用については工場の記録と材料回収会社からの処理伝票を調べて、投入した材料の内容と廃棄物になった材料の重さが記入した。エネルギーの使用量については機械の電気使用規格と稼働時間を調査して、電気量の使用量を記入した。

4.4.1 MFCA による C 社の分析

C 社の製造する製品のうち、重量シャッターの製造プロセスを取り上げて調査を行った。1 ヶ月間にわたり、当該プロセスにおける設備等の使用状況を調査した結果を表 4.33 に示した。

表 4.33 重量シャッター製造機械の 1 ヶ月における経営資源使用状況

投入内容	使用量	金額(円)
スチール	529,320kg	52,932,000
システムコスト	50 万/月	1,771,367
電力	9471kWh	142,065

クーラント油	201	6,000
補助材	5,940 個	1,056,660

表 4.33 において、主たる投入材料はスチール（薄板鋼板）であることがわかる、エネルギーは電力だけであった。これらの他に、クーラント油及び補助材が利用されていた。これまでの事例（A 社及び B 社）と異なり、システムコストが高くなっていることがわかる。



図 4.26 C 社における製造プロセス

ここで、C 社の製造プロセスを図 4.26 に示した。材料は使用するまで倉庫にて保管されており、在庫管理が行われていた。当該プロセスに投入された材料は、まず設計図にしたがって成形され、次の切断工程に進む。適当に切断された鋼材は所定の形状に組み立てられ、形状検査が行われる。その後、出荷準備のためストックヤードに仮置きされ、出荷されていた。

図 4.27 は、製造プロセスの各段階での材料使用状況によって、マテリアルフローのイメージ図を示したものである。

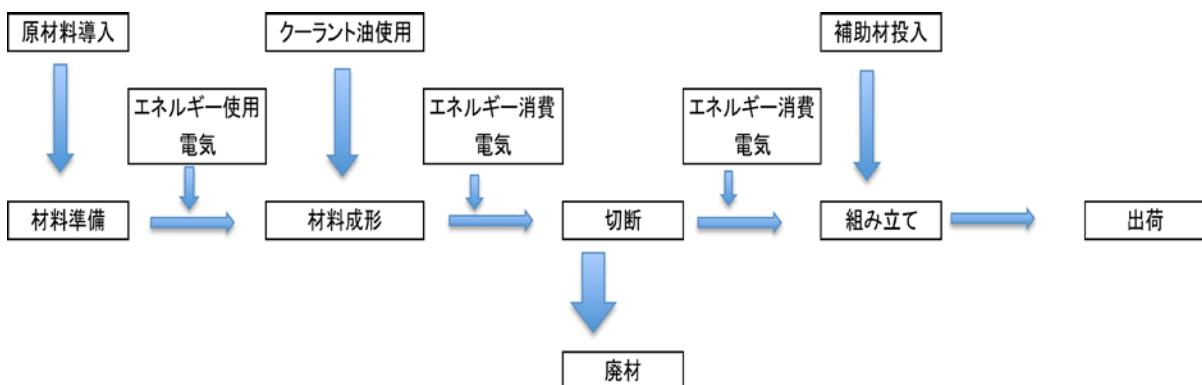


図 4.27 C 社の製造プロセスに関するマテリアルフロー分析

製造工程では、シャッター用材料を準備して、機械へ導入する。機械を通して、クーラント油を使用しで成形する。成形した材料を受注されたサイズへ切断され、また機械を通して組み立て、出荷準備して、出荷まじの状態となる。この製造工程においては材料の投入状況、エネルギー（電気）の使用状況を示した。

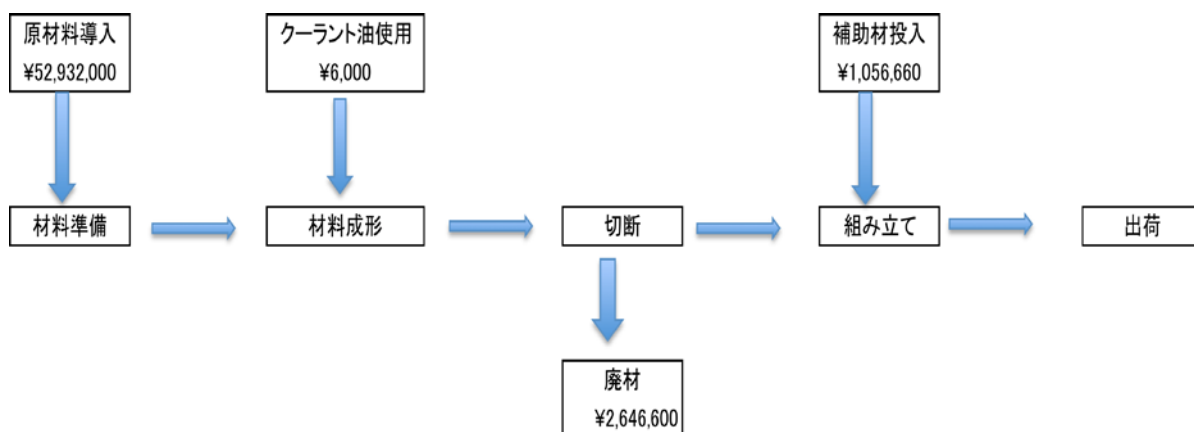


図 4.28 製造工程における原材料のマテリアルフロー

図 4.28 は投入材料についてのマテリアルフローを示した。製造プロセスの中にマテリアルコストの情報を表示した、各イベントにおいて消費される金額の情報である。これにより経済的な得失に関する情報が把握しやすくなるという利点がある。

ここで、廃材のロスコストは材料の重さで按分してロスとなるコストを計算した。最初の材料準備の段階でシャッター用原材料の投入コストが 52,932,000 円であった。材料成形の段階では、クーラント油の使用コストは 6,000 円であった。材料切断の段階では、廃材のロスが発生しており、その金額は 2,646,600 円であった。最後に、組み立ての段階では、補助材を投入しており、そのコストは 1,056,660 円であった。本事例においては、切断の段階のみにおいでロスコストが発生していた。製造プロセスで投入したすべての材料の費用合計は 53,994,660 円であった。

次の算定プロセスでは、システムコストの配分額を計算した。ここで、システムコストは減価償却費など期間的に（ある期間に集中して）発生しているコストを含んでいる。発生場所と正の製品及び負の製品コストなどを算定するプロセスとは別にその金額を計算した。

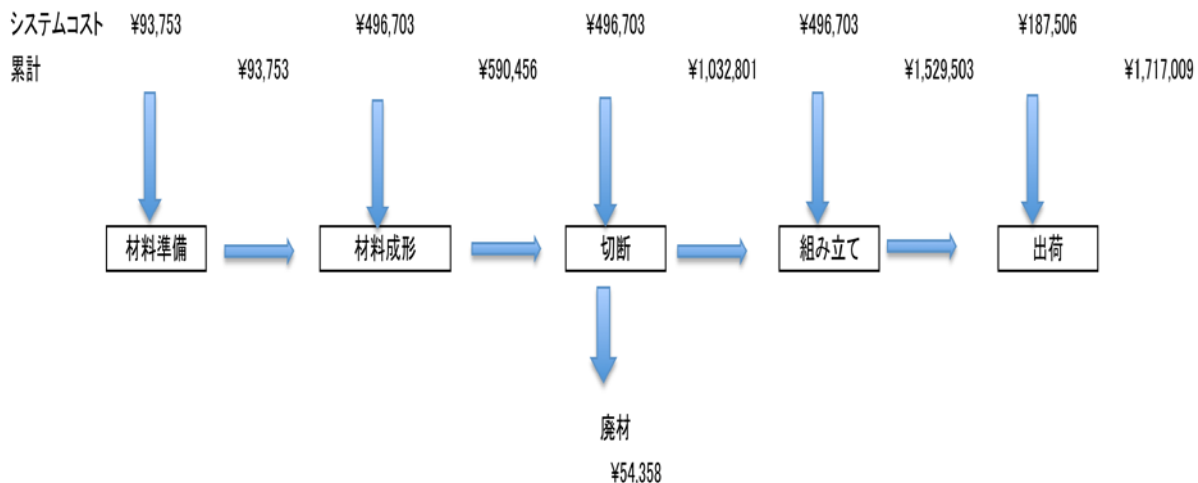


図 4.29 C 社におけるマテリアルフローにおけるシステムコスト分析

図 4.29 は、C 社におけるマテリアルフローコスト分析のうち、システムコストに関する部分だけを示した。システムコストの算定については、各工程での労働人数と労働時間を調査した結果に基づき計算を行った。また、システムコストの構成要素である減価償却費用については 1 年分の金額を 1 ヶ月分に換算し、システムコストとして算定した。

材料準備の段階で人件費が計上され、その金額は 93,753 円であった。また、材料成形においては減価償却費用も含めて、システムコストの合計は 496,703 円であった。切断でのシステムコストは 496,703 円であり、ここでの廃材の発生によるロスが発生しており、このシステムコストには前工程のコストも含めたので、54,358 円となった。さらに、組み立てのシステムコストは 496,703 円であり、出荷準備のコストは 187,506 円であった。

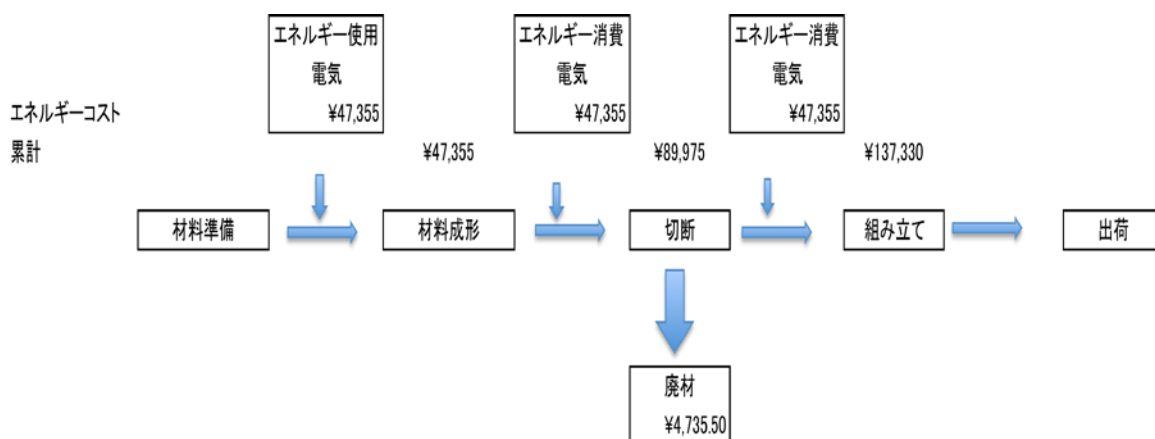


図 4.30 C 社におけるマテリアルフローにおけるエネルギーコスト分析結果

次に、工程ごとのエネルギーコストの発生状況について計算を行った結果を図 4.30 に示した。材料成形、切断、組み立ての段階において、電力を消費しており、各段階での電力消費コストは同一で 47,355

円であった。ここで、切断工程では廃材が発生しており、このための電力消費により発生した費用は4735.5円であった。

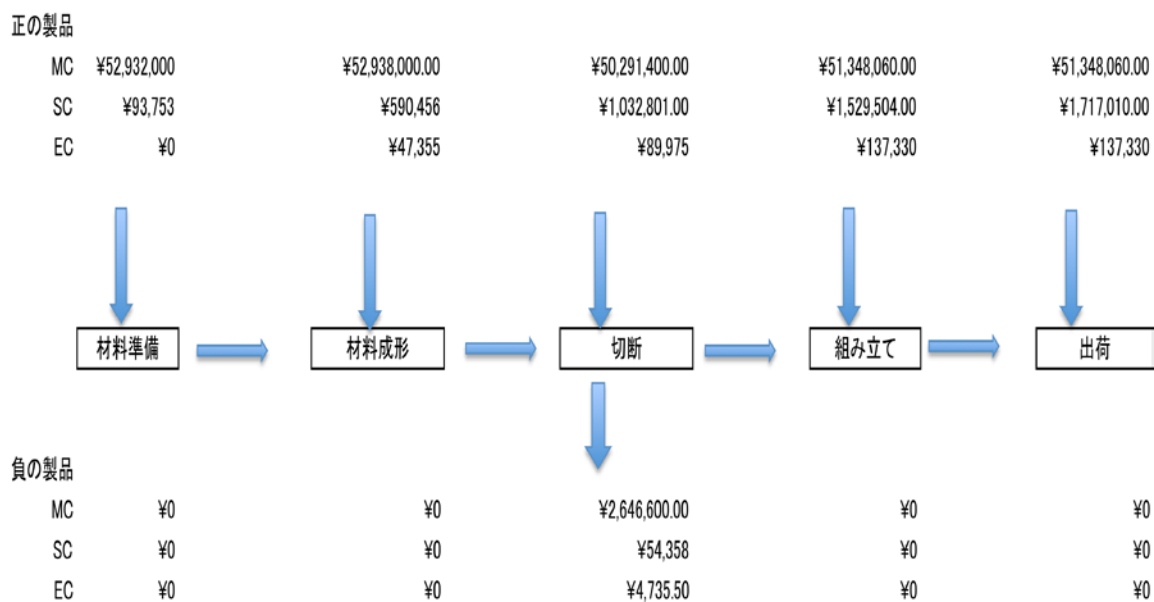


図 4.31 C 社の MFCA におけるロスの発生状況分析結果

これまでの分析結果を総合すると、図 4.31 に示したようなマテリアルフローコスト分析におけるロスコストの発生に関する情報を得ることができる。工程別に上段に正の製品と下段に負の製品に関する情報を提示した。これらは、投入した材料コスト、システムコスト及びエネルギーコストについて算定結果を示したものである。このような図で表示された情報は、管理者や経営者にとって理解しやすい情報となっており、適正な判断を下すための重要な情報となる。

コスト項目	材料準備	材料成形	材料切断	材料組み立て	出荷
新規投入コスト					
MC	¥52,932,000	¥6,000	¥0	¥1,056,660	¥0
SC	¥93,753	¥496,703	¥496,703	¥496,703	¥187,506
EC	¥0	¥47,355	¥47,355	¥47,355	¥0
各工程の前工程コスト計					
引き続きMC	¥0	¥52,932,000	¥52,938,000.00	¥50,291,400.00	¥51,348,060.00
引き続きSC	¥0	¥93,753	¥590,456	¥1,032,801.00	¥1,529,504.00
引き続きEC	¥0	¥0	¥47,355	¥89,975	¥137,330
工程毎の投入コスト計					
投入MC	¥52,932,000	¥52,938,000	¥52,938,000.00	¥51,348,060	¥51,348,060.00
投入SC	¥93,753	¥590,456	¥1,087,159.00	¥1,529,504	¥1,717,010.00
投入EC	¥0	¥47,355	¥94,710	¥137,330	¥137,330
正の製品コスト計					
正の製品MC	¥52,932,000	¥52,938,000.00	¥50,291,400.00	¥51,348,060.00	¥51,348,060.00
正の製品SC	¥93,753	¥590,456	¥1,032,801.00	¥1,529,504.00	¥1,717,010.00
正の製品EC	¥0	¥47,355	¥89,975	¥137,330	¥137,330
負の製品コスト					
負の製品MC	¥0	¥0	¥2,646,600.00	¥0	¥0
負の製品SC	¥0	¥0	¥54,358	¥0	¥0
負の製品EC	¥0	¥0	¥4,735.50	¥0	¥0

図 4.32 MFCA における各コストの追跡計算プロセス

また、MFC の計算過程において各コスト項目の算定に利用した分析図の全体イメージを図 4.32 に示した。図中の各セルを適切な調査値で埋めていくことにより、最終的な計算結果が得られることがわかる。

表 4.34 C 社における MFCA のまとめ（単位：千円）

	マテリアル コスト	システム コスト	エネルギー コスト	合計
正の製品	51,348	1,717	137.3	53,202
負の製品	2,646.6	54.4	4.7	2,705.7
合計	53,994.7	1,771.4	142	55,908

表 4.34 は、これまでの計算結果をまとめて、製品の製造プロセス全体における正の製品コスト及び

負の製品コストについて、各々マテリアルコスト、システムコスト及びエネルギーコストに分類して示したものである。

正の製品のマテリアルコストは 51,348,060 円、システムコストは 1,717,010 円、そしてエネルギーコストは 137,330 円であり、負の製品（ロス）のマテリアルコストは 2,646,600 円、システムコストは 54,358 円、エネルギーコストは 4735.5 円であった。正の製品の合計コストは 53,202,400 千円、負の製品の合計コストは 2,705,694 円であり、負の製品コストは正の製品コストの約 5.1%に相当することがわかる。正の製品について、マテリアルコスト率は 96.7%、システムコスト率は 3%、及びエネルギーコスト率は 0.2%（正の製品総コストに占める比率）。正の製品の中でも、マテリアルコストの比率が一番高いことがわかった。また、マテリアルロスコストは総コストに対して約 4.7%を占めることがわかった。

4.4.2 LIME による C 社の分析

C 社は薄板鋼板の加工を業務としていることから、環境負荷の大部分が投入材料である鋼材の環境影響に依存しているものと予想された。これまでの A 社及び B 社と同様に LIME を用いた環境影響を計算し、環境被害の統合化のための貨幣換算を行うことにより、環境被害の統合化を実施した。

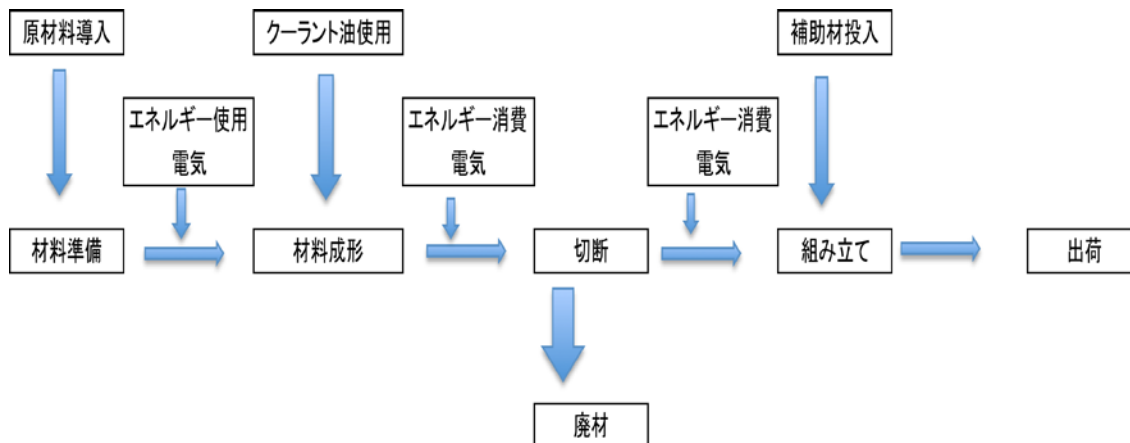


図 4.33 A 社の製造プロセスにおける Input-Output フロー図

製造プロセスにおいて発生する環境影響を概観するために、投入した物質と産出した物質のマテリアルフローを明確にするために図 4.33 を示した。生産プロセスを示した主軸に向かった矢印で示された項目が環境影響を生じる原因となっている。これらは物質だけでなく、エネルギーも含まれているが、人間活動（労働）に伴う環境影響は含まれていないことに留意したい。

表 4.35 A 社の LIME におけるインプット・アウトプット一覧

工程内容	投入材料・エネルギー
材料準備	商品原材料
材料成形	クーラント油、電気
切断	電気
組み立て	電気
出荷	補助材

各工程におけるインプットとアウトプットの項目をまとめて表 4.35 に示した。これは MFCA の分析において示したものと同様である。

環境影響評価における手順は、材料やエネルギーに関するインベントリデータの調査に始まり、インベントリ分析を実施、さらにこれらの計算結果を受けてインパクト分析（LCIA）を実施した。インパクト分析により得られたデータをもとに、LIME のデータベースから、その特性化係数リスト、被害係数リスト、及び統合化係数リストのデータを引用し、材料種類ごとの“LIME 統合化係数（円/kg）”を算出した。

本研究では、産業環境管理協会で開発された Milca ソフト中のインベントリデータ等を用いて、計算した。

まず、投入したエネルギーによる統合化結果を算出した。本プロセスで使用されていたエネルギーはほとんど電気であったので、電力に関する LIME を算出した。

図 4.34 電力による LIME 算定に用いたのインベントリデータ（付録）

表 4.36 C 社の製造時の消費電力が各環境要素及ぼす被害の算定結果

保護対象	単位	結果
人間健康	DALY	8.47×10^{-8}
社会資産	円	4.63×10^{-1}
一次生産	kg	9.54×10^{-4}
生物多様性	EINES	9.65×10^{-15}

LIME により計算された環境に与える被害額である評価結果を表 4.36 に示した。ここで得られた値は A 社における環境被害算定結果と類似したことから、A 社のプラスチック成形と B 社の鋼材成形は成形する材料は異なっても、その作業内容が同じ場合、環境被害（影響）算定結果もほぼ同等になるのではないかと考えられた。

表 4.37 C 社における電力利用に伴う環境影響の統合化結果

ケーススタディ	統合化結果（円）
全影響領域	1.95
地球温暖化	1.29
光化学オキシダント	7.71×10^{-3}
資源消費	3.14×10^{-1}
酸性化	2.61×10^{-2}
廃棄物	1.18×10^{-2}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	2.00×10^{-5}
生態毒性（大気）	1.24×10^{-1}
生態毒性（水圏）	5.52×10^{-4}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.59×10^{-1}
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	9.42×10^{-3}
人間毒性（水圏）	2.20×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

また、電力による環境被害推定における統合化結果を表 4.37 に示した。ここで、エネルギー使用による環境影響に係る総合的な判断材料となる電力の LIME 統合化結果は 1.95 円/kWh が得られた。

影響領域別にその特徴をみると、地球温暖化への影響は全体の 66%、資源消費への影響は全体の 16%、都市域大気汚染への影響は全体の 8%、そして生態毒性（大気）への影響の全体に占める割合は 6%であった。

図 4.35 製造原材料のインベントリデータ一覧（付録）

表 4.38 C 社における鋼材による環境被害評価結果

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	2.03×10^{-7}
社会資産	円	1.61
一次生産	kg	4.79×10^{-3}
生物多様性	EINES	1.56×10^{-14}

同様に、鋼材について環境被害の評価に関する結果を表 4.38 に示した。社会資産に対する影響（被害）予測では、1.61 円が得られた。

表 4.39 C 社におけるシャッター製造用鋼材の利用に係る LIME 統合化結果

影響領域	統合化結果（円）
全影響領域	5.32
地球温暖化	2.57
光化学オキシダント	7.51×10^{-3}
資源消費	8.63×10^{-1}
酸性化	8.50×10^{-2}
廃棄物	8.36×10^{-1}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	3.14×10^{-5}
生態毒性（大気）	1.21×10^{-1}
生態毒性（水圏）	8.37×10^{-4}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	8.19×10^{-1}
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	9.18×10^{-3}
人間毒性（水圏）	3.35×10^{-5}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

シャッター製造における原材料である鋼材の使用が環境に及ぼす影響（被害）に関する統合化結果を表 4.39 に示した。以上の計算によって得られたシャッター製造原材料の LIME 統合化結果は 5.32 円/kg であった。影響領域別に全影響領域の統合化係数に対する割合は、地球温暖化は 48%、資源消費は 16%、廃棄物は 16%、都市域大気汚染は 15%、そして生態毒性（大気）は 2% であった。A 社及び B 社に比較して C 社の特徴は、保護領域が廃棄物において、これが全体影響領域に及ぼす影響が大きいということであった。

図 4.36 潤滑油のインベントリデータ一覧（付録）

次に、クーラント油の分析に用いたインベントリデータを図 4.36 に示した。

表 4.40 潤滑油により環境被害算定額

保護対象	単位	全体
人間健康	DALY	2.16×10^{-7}
社会資産	円	4.46
一次生産	kg	6.91×10^{-4}
生物多様性	EINES	1.87×10^{-15}

潤滑油について計算された環境被害の評価に関する結果を表 4.40 に示した。

表 4.41 C 社における潤滑油二伴う環境影響の統合化結果

影響領域	統合化結果：円
全影響領域	7.58
地球温暖化	2.27
光化学オキシダント	1.07×10^{-3}
資源消費	3.79
酸性化	1.23×10^{-1}
廃棄物	9.45×10^{-2}
オゾン層破壊	0.00
富栄養化	3.31×10^{-6}
生態毒性（大気）	1.73×10^{-2}
生態毒性（水圏）	7.76×10^{-5}
生態毒性（陸域）	0.00
土地利用	0.00
都市域大気汚染	1.27
室内空気汚染	0.00
人間毒性（大気）	1.31×10^{-3}
人間毒性（水圏）	3.10×10^{-6}
人間毒性（陸域）	0.00
騒音	0.00

潤滑油使用による環境に及ぼす影響（被害）に関する統合化結果を表 4.41 に示した。ここで、潤滑油の LIME 統合化結果は 7.58 円/kg の値が得られた。ここで、C 社における全影響領域における統合化

結果を電力、鋼材、そして潤滑油についてみると、それらの値はそれぞれ、1.95、5.32、及び 7.35 円/kg となっており、潤滑油利用による環境負荷が最も大きいことがわかる。経営者のイメージとしては、潤滑油の利用は電力や鋼材の使用料が多いことからこれらの環境影響が大きいと考えられるが、この予想は妥当ではないことがわかった。このようにわれわれのイメージと推定結果が異なるということは、今後の戦略展開において重要な情報となることは明らかである。

4.4.3 C 社における LC-MFCA 分析結果のまとめ

最後のまとめとして、工程ごとに整理した材料別の投入物量、正の製品物量、負の製品物量に、購入単価を乗じて、正の製品と負の製品の材料コストを算出した。また、投入した材料の正の製品の物量、負の製品の物量、そしてエネルギーの使用量を各材料・エネルギーの環境影響の推定結果である LIME 値に乘じて、環境影響強化統合値を算定した。

表 4.42 C 社の製造プロセスに係る経済的及び環境的な観点から見た総合評価

		材料	エネルギー (kWh)	廃棄処理	計
正の製品	物量値(kg)	502,855	8,997	—	
	MFCA 値(千円)	50,291	135	—	50,426
	LIME 値(千円)	2,675	18	—	2,693
	EPI _g =MFC/LIME	18.8	7.5		18.7
負の製品	物量値(kg)	26,466	473.55	—	
	MFCA 値(千円)	2,647	7.1	—	2654.1
	LIME 値(千円)	141	0.9	—	142
	EPI _g =MFC/LIME	18.8	78.9		18.7
廃棄物	物量値(kg)	—	—	—	—
	MFCA 値(千円)	—	—	—	—
	LIME 値(千円)	—	—	—	—
	EPI _g =MFC/LIME				
合計	物量値(kg)	529,321	9,471	—	538,792
	MFCA 値(千円)	52,938	142.1	—	53080.1
	LIME 値(千円)	2,816	18.9	—	2,835
	EPI _g =MFC/LIME	18.8	7.5		18.7
EPI _{in} =正の製品/LIME 合計		17.9	7.14		17.8

これらの計算結果を表 4.42 に示した。同表に示唆する情報は、換言すれば、C 社の環境経済並びに

環境影響評価の観点から見た総合評価であるといえる。正の製品コストについて EPIg の値をみると、マテリアルコストが 18.8 であるのに対して、エネルギーコストは 7.5 であったことから、エネルギー利用における環境負荷低減の必要性があることがわかる。この場合、C 社で環境対策を考える場合、材料よりもまずエネルギー利用に関する改善を実施する必要があることがわかる。このような情報は、適切な環境マネジメントを推進する上で重要である。

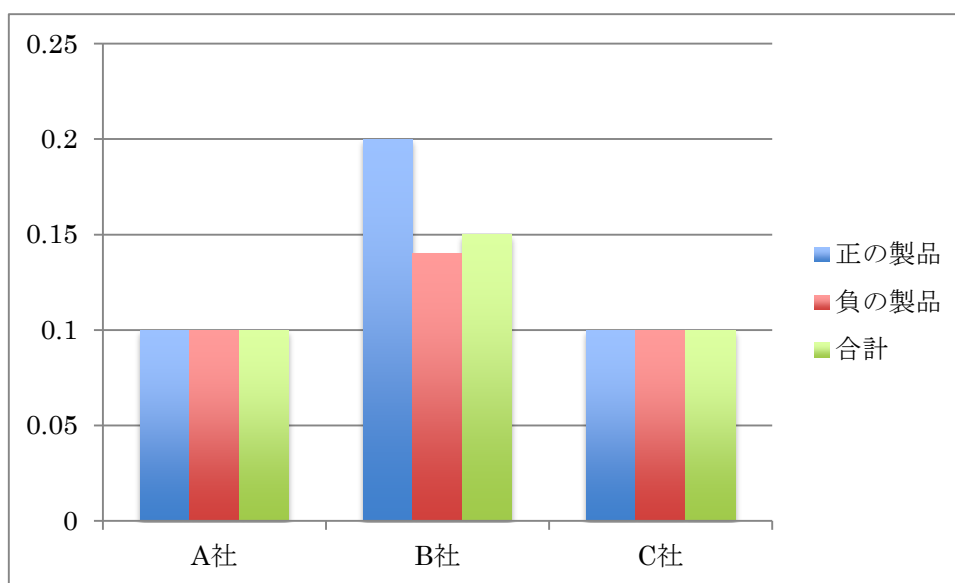


図 4.37 3 社における MFC の値を材料の重量（物量）で除した値（MFC/Material）

図 4.37 は MFC の値を材料の重量（物量）で除した値（MFC/Material）を、各 3 社について示したものである。この値は、材料重量単位量あたりに発生したマテリアルフローコストであり、材料の効率的な利用に関するパラメータとなる。特に、投入材料の量に対して負の製品コストは少ない方が良い。また、正の製品におけるこの値が大きいほど、利益率の向上に結びつくことがわかる。3 社の中で総じて B 社の値が高くなっており、内部経済の観点から B 社の業種は他の 2 社の業種よりも利益獲得の上で優位であることがわかった。

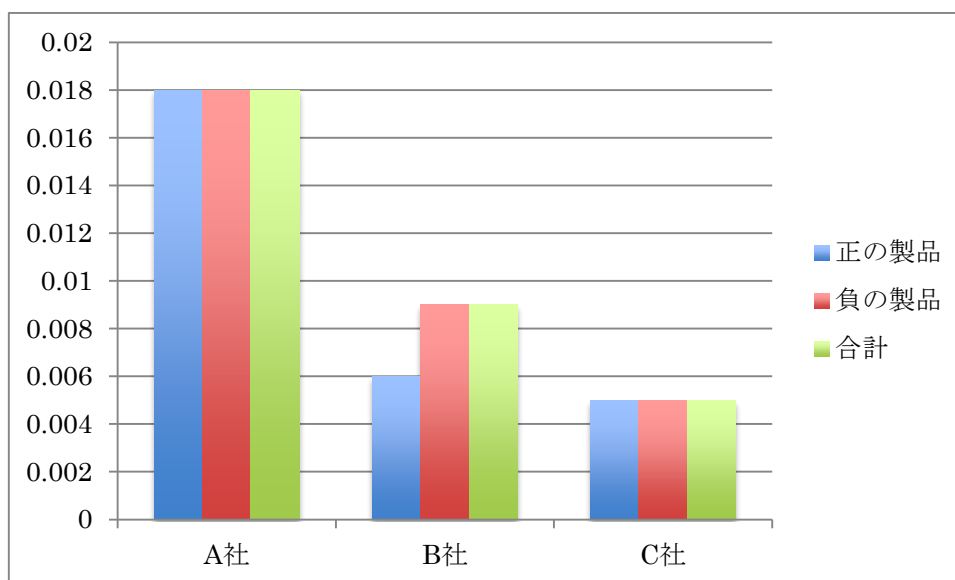


図 4.38 3社における LIME の値を材料の重量で除した値 (LIME/ Material)

図 4.38 は、事例とした 3 社における LIME の値を材料の重量で除した値を示したものである。当該の値について 3 社間の比較をすれば、A 社が最も高く、B 社、そして C 社の順であった。この値は、使用した材料の単位重量あたりの製造活動によって発生するであろう環境の被害額を計算したものである。この値はできるだけ小さい方が、環境にやさしいということがいえる。ただし、実際には 3 社で購買している材料はそれぞれ異なっていることより、材料の相違による影響を除かなければならないが、目安としてはこれで十分であろう。業種的には、樹脂成形加工業は、表面加工業や薄板加工業よりも材料重量あたりの環境負荷が大きいことが考えられた。正の製品と負の製品を比較した場合、B 社は正の製品の単位材料重量あたりの環境負荷が負の製品よりも小さいことが特徴であった。これは同社の負の製品である廃棄物処理にかかる費用の比率が他の 2 社よりも大きいことに起因すると思われた。

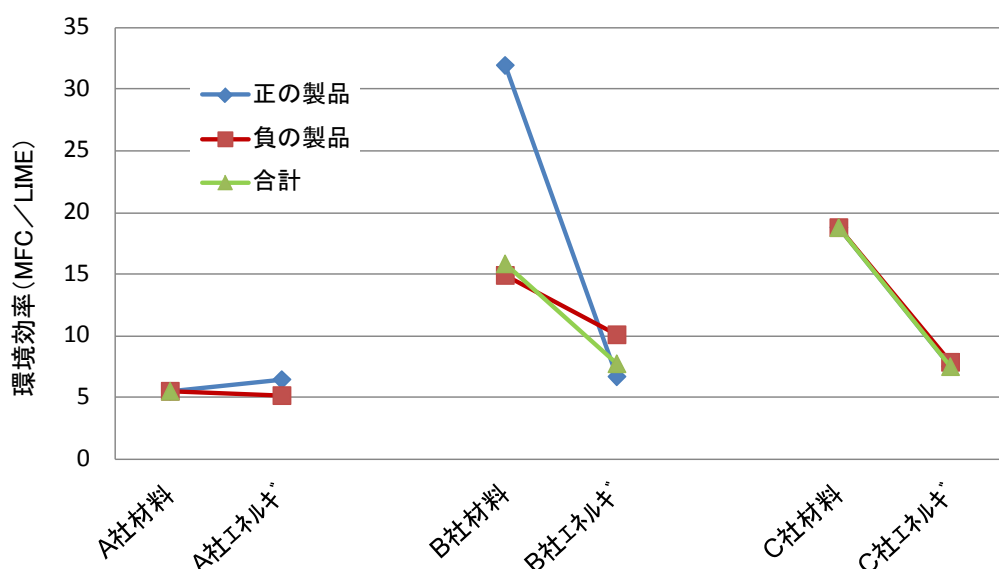


図 4.39 事例の3社におけるマテリアルフローコスト（MFC）を環境被害額（LIME）で除した値

図 4.39 は、事例の3社におけるマテリアルフローコスト（MFC）を環境被害額（LIME）で除した値を示した。この値は環境効率を示す形になっている。同じ環境被害額を生じる活動であっては、できるだけ利益が大きい方が経済的にメリットがあると考えられるものである。正の製品における環境効率は、ある製品の売上額を獲得するために環境に与えた被害額の正味の値を示すものである。環境効率の観点から3社を比較すれば、A社に比較してB社およびC社の環境効率は高といえる。ここで、B社のマテリアルコストにおいては高い環境効率を得ていることから、環境負荷の小さな製造プロセスであることが推定される。また、B社とC社においては、マテリアルコストにおける環境効率はエネルギーコストにおける環境効率より高くなる傾向が認められた。このことは、当該2社については、材料に比較してエネルギー利用による環境負荷が小さくなる業種であることがわかる。他方、A社は、マテリアルコストおよびエネルギーコストによる環境効率がほぼ同一の値であり、かつ環境効率は低いことがわかった。A社およびC社はともに製造業であるが、A社は樹脂成型、C社は鋼材成型であることから考えると、樹脂成形の製造業は鋼材成型のそれよりも環境負荷が高くなる傾向があることが示された。

4.5 総合的考察

4.5.1 環境パフォーマンスによる比較検討

これまでに得られたA社、B社、そしてC社のLC-MFCA分析の結果をもとに、3社の相互比較を行った。

MFCAは企業内部における不経済（損失）であるのに対して、LIMEは企業には直接関係ない環境に

おける不経済（損失）であることから、これらの比、 MFCA/LIME の金額の比を計算することにより、環境パフォーマンスを推定することができる。

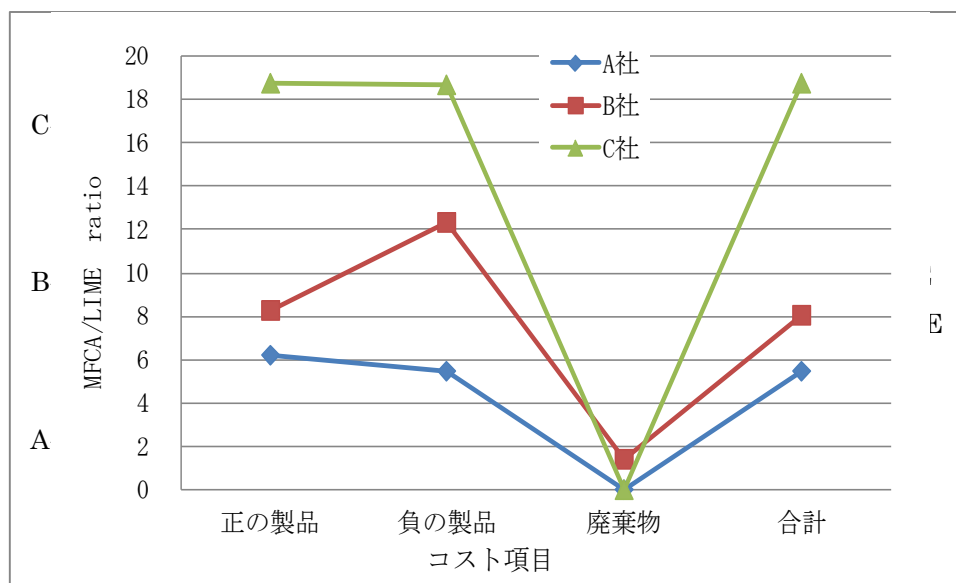


図 4.40 A 社、B 社および C 社における MFCA/LIME (ML 比)

図 4.40 は、A 社、B 社および C 社における MFCA/LIME (ML 比とよぶ) をプロットしたものである。正の製品に対する ML 比を見ると、C 社が最も高いことから、売上金額と等価である正の製品あたりの環境影響が最も小さいことがわかった。また、負の製品は製造段階で製品にならなかった原材料であり、内部不経済に相当する。したがって ML 比は内部不経済と外部不経済との比を表していることになる。両方とも不経済であるので、分子も分母も小さくすることが望まれる。企業が負担している内部不経済（損失）の $1/6$ から $1/18$ が外部不経済に相当していることが明らかになった。

廃棄物コストについては、3 社ともほぼ同じ値を示しているが、これは A 社および C 社では廃棄物処理コストが発生していなかったことが原因である。廃棄物が発生している B 社においても廃棄物コストが少ないことから、最近の製造業の現場では廃棄物が発生しないように、原材料の無駄が発生しないように企業努力しているからであると思われる。

また、 MFCA と LIME の値（金額）の合計で見ても、C 社の ML 比は他の 2 社よりも高く、環境負荷の小さな企業であることが示された。このように、 MFCA と LIME の両分析手法を併用することにより、これまで見えていなかった内部経済、内部不経済そして外部不経済の間の関係が見えるようになることが示された。今後、これらの解析手法を活用することにより企業の環境保全活動を推進させることが可能であり、その結果として持続可能な社会を構築するためにも寄与できると考えている。

また、A 社、B 社および C 社における $\text{MFC}/\text{MFC}+\text{LIME}$ と $\text{LIME}/\text{MFC}+\text{LIME}$ の比は図 4.41 二なる。

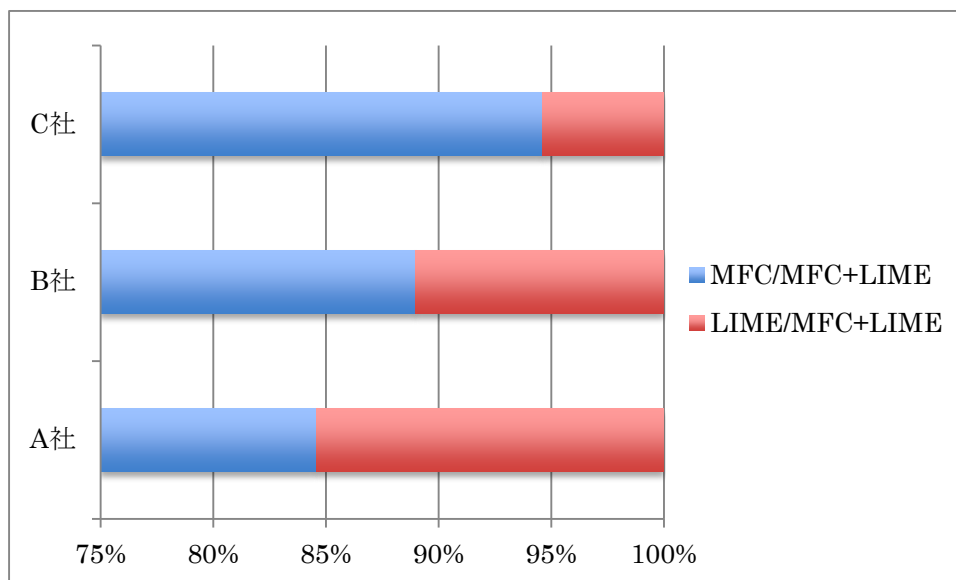


図 4.41 A 社、B 社および C 社における MFC/MFC+LIME と LIME/MFC+LIME

A、B、C 社の中 MFC/MFC+LIME の比を見ると、一番大きいのは C 社、一番小さいのは A 社。LIME/MFC+LIME の比を見ると、一番大きいのは A 社、一番小さいのは C 社。C 社の環境負荷の小さな企業であることが示された。

4.5.2 MFC 値と LIME 値との間のキャリブレーション

MFC と LIME の値の間には何らかの関係が存在することが予測された。MFC と LIME の値の間に特定の関係が存在するのであれば、LIME の値を MFC の値に換算することも可能となる。例えば、企業活動で発生する負の製品コストは廃棄物やリサイクルに要するコストであることから、これらの値と LIME の間にはより強い関係性が存在すると思われた。

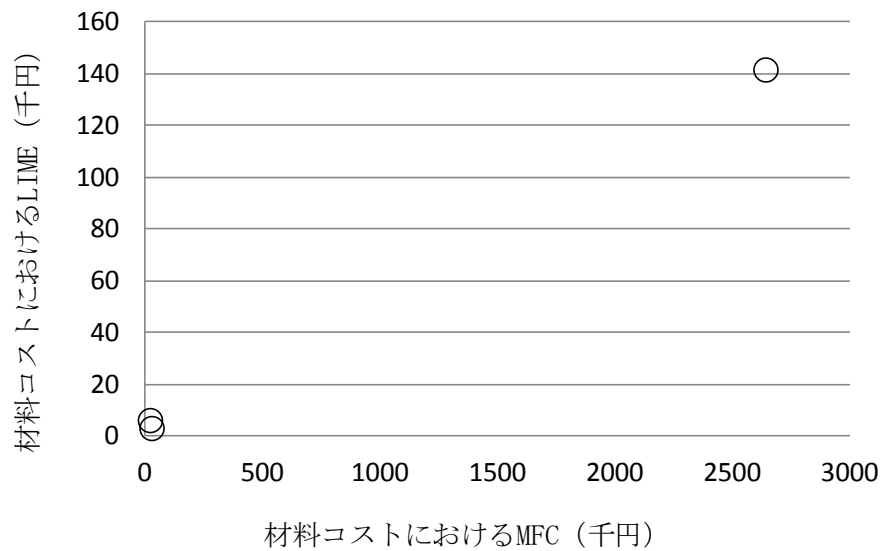


図 4.42 材料コストにおける負の製品に係る MFC と LIME との関係

図 4.42 は、LC-MFCA によって分析した結果を材料コストについて、負の製品に係る MFC と LIME の値をプロットした結果である。値の小さい、図の原点付近にデータが 2 つ集中しており、これら 3 つのデータの間にある関係は特定することはできなかった。

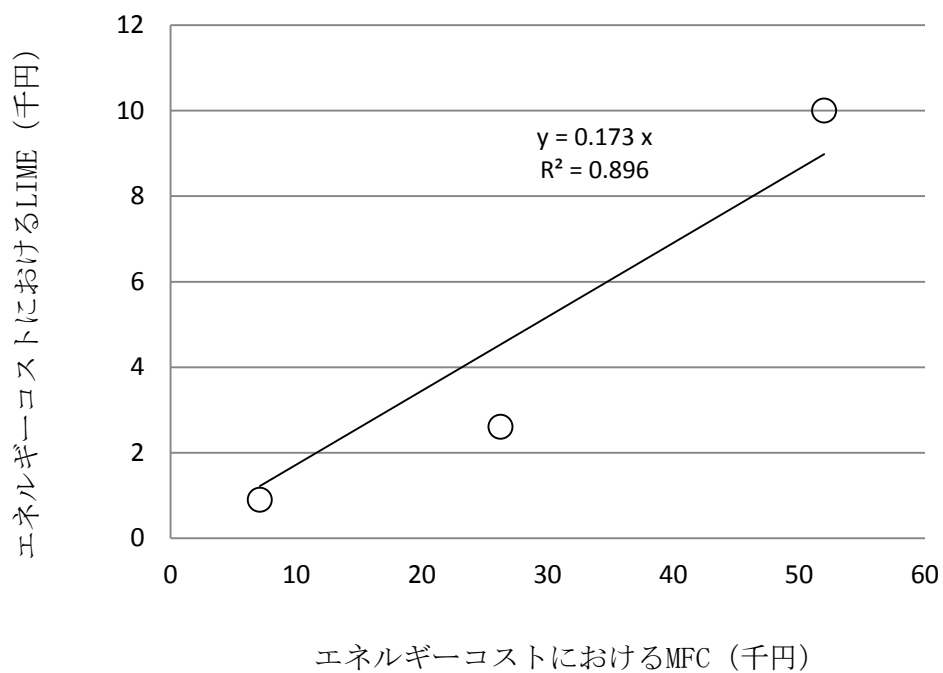


図 4.43 エネルギーコストにおける負の製品に係る MFC と LIME との関係

図 4.43 は、LC-MFCA によって分析した結果をエネルギーコストについて、負の製品に係る MFC と

LIME の値をプロットした結果である。MFC と LIME の間には線形な関係が認められ、MFC と LIME の値を関係付けるキャリブレーションカーブとして利用することができると思われた。線形回帰を想定した場合の回帰式は以下の通りであった。

$$\text{LIME} = 0.2074 \times \text{MFC} - 1,3966 \quad (\text{相関係数 : } 0.97) \quad (4.6)$$

この線形回帰式の相関係数は 0.97 となっており、MFC と LIME との間に十分に高い相関があることがわかる。この線形式によれば、今回事例解析した 3 社だけのデータによる結果ではあるが、負の製品のエネルギーコストを考えた場合、MFC の値の約 $1/5$ から 1.4 を減じた値が LIME の値となることが示された。

より多くのデータを蓄積することにより、この関係式の妥当性が確認された場合、従来すでに計算されていた企業の内部環境会計である MFC の値から環境に与えていると思われる被害額を推定することができる。この方法によれば、LIME の計算を行わなくても、従来から計算している MFC の値から LIME を推定できることになる。経営者にとっては、コストのかからない軽便な環境影響評価手法であると同時に、環境保全の観点からは、企業の適正な環境対策の推進に寄与するものと思われる。

第5章 LC-MFCA を用いた環境関連法律の改正が企業に与える影響評価

環境問題が深刻化する中、将来にわたり社会・経済が持続的に発展するためには、環境問題解決のために企業や組織が自主的な努力をおこなわなければならない。また、自主的な活動だけでなく、環境事故や環境汚染が深刻になると環境保護に関する法律が改正され、厳しく活動が制限されることになる。特に企業活動に大きな影響を与える環境関連法による規制の強化に関する動向に注目しなければならない。これまでも、環境規制における規制値は繰り返し強化されているが、これまでは規制の対象ではなかった新しい環境側面に関する規制が増加している。企業はこのような様々な環境法による規制に対応するため、抜本的かつ戦略的な対策が求められている。

企業は環境に係わる法律が改正されると、遵法性の観点から改正内容に対応した製造を行わなければならないので、その生産プロセス自体を見直さなければならない場合も少なくない。これまでは遵法という観点から、罰金等の法的な懲罰意外に環境経済学的な分析を行うことは少なかった。そこで、本研究では既述した LC-MFCA の手法を用いて環境関連法が改正されることにより企業への要求事項が変化した場合、企業はどのように対応すべきなのか、その経済的な側面に注目し、企業に生じる変化について検討を行った。以下では「エネルギーの使用の合理化に関する法律」と「資源有効利用促進法」の改正について検討した結果について述べる。

5.1 エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）

5.1.1 背景

高度成長により、1960年代には石油に関する大量生産・大量消費が進んだが、1970年代には2度にわたるオイルショックがあり、石油価格が高騰した。エネルギーコストの増大を抑えるため省エネルギーが重要な問題となった。1979年6月に「エネルギー使用の合理化に関する法律」が制定され、10月から施行された。それに伴い、「熱管理法」が廃止された。その後、世界的に地球温暖化問題の認識が高まり、1994年3月に「気候変動枠組条約」が発効し、1997年12月に法的拘束力のある「京都議定書」が第3回締約国会議で採択された。それを受けて、「エネルギー使用の合理化に関する法律（省エネ法と略称する）」は1998年6月に大幅改正され、「第二種エネルギー管理指定工場」と「トップランナー方式」が導入された^(21,22)。

5.1.2 電力需要の平準化の推進

平成25年の通常国会において、電気の需要の平準化の推進及びトップランナー制度の建築材料等への拡大等に関する措置を追加した省エネ法の改正案が成立（平成25年5月31日公布）この法律は、内外におけるエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保に資するため、工場等、輸送、建築物及び機械器具等についてのエネルギーの使用の合理化に関する所要の措置、電気の需要の平準化に関する所要の措置その他エネルギーの使用の合理化等を総合的に進めるために必要な措置等を講ずることとし、国民経済の健全な発展に寄与することを目的としている⁽²¹⁾。

(1) 電気の需要の平準化の推進（平成 26 年 4 月 1 日施行）

東日本大震災後、日本は電力需給の逼迫を経験した。今後は、従来の省エネ（すなわち、エネルギー効率の改善、化石燃料の使用の低減等）の強化だけでなく、電力需給バランスを意識した（ピーク対策など時間の概念を含んだ内容）エネルギー管理を行うことが求められることが予想されている

「電気の需要の平準化」とは、「電気の需要量の季節又は時間帯による変動を縮小させること」をいう。（法第 2 条第 3 項） 具体的には、国全体の夏期・冬期の昼間の電気需要を低減すること。あくまで「国全体」の夏期・冬期の昼間の電気需要を低減させる取組であるため、例えば昼間よりも夜間の電気使用量が多い個々の主体に対し、夜間から昼間への電気の使用のシフトを求めるものではない。

需要家が、従来の省エネ対策に加え、蓄電池や自家発電の活用等により、夏期・冬期の昼間の電気の使用量を削減する取組を行った場合に、取組を行った事業者が省エネ法上、不利な評価を受けないように、これをプラスに評価できる体系にしている。これにより、国の電気の需要の平準化の推進を図ることができる。

(2) 事業者が取り組むべき措置に関する指針の策定

改正省エネ法では、工場等において電気を使用して事業を行う者による電気の需要の平準化に資する措置の適切かつ有効な実施を図るため、事業者が取り組むべき措置に関する「指針」を定める。（法第 5 条第 2 項）

工場等における具体的な指針は、工場等における電気の需要の平準化に資する措置に関する事業者の指針（平成 25 年経済産業省告示第 271 号）

このほか、荷主、貨物輸送事業者、旅客輸送事業者が取り組むべき措置に関する指針についても制定された。

- 荷主における電気の需要の平準化に資する措置に関する事業者の指針（平成 25 年経済産業省・国土交通省告示第 9 号）
- 貨物の輸送に係る電気の需要の平準化に資する措置に関する電気使用貨物輸送事業者の指針（平成 26 年経済産業省・国土交通省告示第 2 号）
- 旅客の輸送に係る電気の需要の平準化に資する措置に関する電気使用旅客輸送事業者の指針（平成 26 年経済産業省・国土交通省告示第 3 号）

本指針は、事業者が電気の需要の平準化に資する措置を実施するに当たり、「特に重要かつ共通的な事項」と、具体的な「電気需要平準化に資する措置」を定めている。

(3) 特に重要かつ共通的な事項

① 電気の需要の平準化とエネルギーの使用の合理化の関係性

国全体でのエネルギーの使用の合理化を阻害しない範囲内で電気の需要の平準化に資する措置の実施

を図るとしている。

② 電気需要平準化時間帯

全国一律で7～9月（夏期）及び12月～3月（冬期）の8～22時を設定した。地域の需給状況に応じて適切に対応することとしている。（例えば、冬の北海道の総需要は、終日ほぼ一定の高さで推移。）

- ・ 労働環境の悪化や従業員の負担増加への配慮。
- ・ 具体的な電気需要平準化に資する措置
- ・ 電気需要平準化時間帯における電気の使用から燃料又は熱の使用への転換（チェンジ）
- ・ 電気需要平準化時間帯から電気需要平準化時間帯以外の時間帯への電気を消費する機械器具を使用する時間の変更（シフト）
- ・ その他事業者が取り組むべき電気需要平準化に資する措置（カット等）

などの、規定を設けた。

(4) 電気需要の平準化に資する措置

指針に定めた具体的な電気の需要の平準化に資する措置は、以下のとおり。

設備更新や運用改善による従来のエネルギーの使用の合理化の取組も電気の需要の平準化に資する措置に該当する。

実施した対策は、定期報告において評価項目として報告できる。

① 電気の使用から燃料又は 熱の使用への転換（チェンジ）

自家発電設備の活用

- ・ コージェネレーション設備

- ・ 発電専用設備

空気調和設備等の熱源変更

- ・ 空気調和設備

- ・ 加熱設備

② 電気を消費する機械器具を 使用する時間の変更（シフト）

電気を消費する機械器具の 稼働時間の変更

- ・ 業用機械器具
- ・ 民生用機械器具

蓄電池及び 蓄熱システムの活用

- ・ 電池
- ・ 蓄熱システム

③ その他事業者が取り組むべき措置（カット等）

- ・ エネルギーの使用の合理化に関する措置
- ・ エネルギーの使用の合理化の徹底
- ・ 電気の使用量の計測管理の徹底

- ・電気需要平準化に資するサービスの活用

(5) 電気需要平準化評価原単位（新たな原単位の策定）

電気の需要の平準化に資する措置を実施した事業者が、省エネ法上不利な評価を受けないよう、新たな原単位が策定された。

ここで新たな原単位として、電気需要平準化評価原単位が策定された。「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」から抜粋すれば、エネルギーの使用の合理化の基準(略)、及びエネルギーの使用の合理化の目標及び計画的に取り組むべき措置がある。

事業者は、エネルギー使用の合理化に掲げる諸基準を遵守するとともに、その設置している工場等におけるエネルギー消費原単位及び電気の需要の平準化に資する措置を評価したエネルギー消費原単位（以下「電気需要平準化評価原単位」という。）を管理し、その設置している工場等全体として又は工場等ごとにエネルギー消費原単位又は電気需要平準化評価原単位を中長期的にみて年平均1パーセント以上低減させることを目標として、技術的かつ経済的に可能な範囲内で、1及び2に掲げる諸目標及び措置の実現に努めるものとしている。

「電気需要平準化評価原単位」とは、電気需要平準化時間帯における電気使用量を削減した場合、これ以外の時間帯における削減よりも原単位の改善率への寄与が大きくなるよう、電気需要平準化時間帯の電気使用量を1.3倍して算出するものである。これにより、電気需要平準化時間帯の電気使用量の変化に伴う原単位の変動が、エネルギー消費原単位に比べ大きく評価されることとなる。

(6) 電気需要平準化評価原単位とエネルギー消費原単位

- ・電気需要平準化評価原単位とエネルギー消費原単位の両方の原単位を算出して管理しなければならない。
- ・どちらか一方で年平均1%以上低減することを目指すこと（互いに独立した指標であり、二つを組み合わせるためのもではない）。

5.1.3 トップランナー制度の建築材料等への拡大（平成25年12月28日施行）⁽²¹⁾

(1) トップランナー制度の概要

国においては機械器具分野においてトップランナー制度を導入し、その効率の改善に大きな成果をあげてきた。トップランナー制度とは、エネルギー消費機器の製造・輸入事業者に対し、3～10年程度先に設定される目標年度において最も優れた機器の水準に技術進歩を加味した基準（トップランナー基準）を満たすことを求め、目標年度になると報告を求めてその達成状況を国が確認する制度。1998年の改正省エネ法に基づき、自動車や家電等についてトップランナー方式による省エネ基準を導入している。現在、乗用自動車、貨物自動車、エアコンディショナー、テレビジョン受信機、ビデオテープレコーダー、蛍光灯器具及び電球形蛍光灯、複写機、電子計算機などの28機器が対象となっている。

(2) 建築材料等に係るトップランナー制度

これまでのトップランナー制度は、エネルギーを消費する機械、器具等が対象となっていた。今般、自らエネルギーを消費しなくても、住宅・ビルや他の機器のエネルギーの消費効率の向上に資する建築材料等を新たにトップランナー制度の対象に追加された。これにより、企業の技術革新を促し、住宅・建築物の断熱性能の底上げを図る目的がある。ロックウール断熱材については、「現行製品のトップランナー値」に「目標年度までの性能改善予測」を加味した値を目標基準値として設定した。押出法ポリスチレンフォーム断熱材及びグラスウール断熱材については、「普及品」及び「高付加価値品」の2つの市場があることを踏まえ、以下によって目標基準値を設定した。

5.2 LC-MFCA を用いた法令改正に対する適応シミュレーション（インパクト評価）

5.2.1 省エネ法改正による電気需要の平準化導入によるインパクト評価

電気需要の平準化に係る法改正に対応する場合を想定してシミュレーションを行った。企業ごとに対策を設定し、これを実施するためのマテリアルコスト、システムコストそしてエネルギーコストを試算した。

(1) A 社

射出成形用の温度調節機器を新型機械へ変更することを検討した。

計算のための条件は以下の通りである。

A 社現在の温調機の仕様は：1.85kW

市販の最新型温調機の仕様は：0.2kW

新しい温調機の市販価格は：200 万前後（企業へ電話で確認した結果）

減価償却費（20 年間として）：毎年の投資額は 20 万円

電気代：15 円/kWh， LIME 値：1kWh=1.95 円

1 年間で、（毎年 250 日間を 24 時間運転の場合）：

旧型温調機の電気代は：166,500 円

新型温調機の電気代は：18,000 円

温調機導入に関する MFC-LCC 分析結果(一年間)

ただし、外部資金調達による金利負担は考慮していない。

表 5.1 平準化策導入による A 社のインパクト評価

A 社	導入前（円）	導入後（円）
MFC 結果	166,500	118,000

LIME 結果	22,100	2,390
---------	--------	-------

これらの条件下における LC-MFCA による計算結果を表 5.1 に示した。導入効果を金額で評価する場合、規模の大きさによって影響されるので、ここでは導入前後の金額の比率を用いて検討した。導入後の MFC は 0.71 であり、LIME は 0.11 であった。このことから A 社においては省エネ方の温調機を導入することにより、LIME で表示される環境影響が約 1/10 となることがわかった。この変更はコストダウンにも有効であるが、環境負荷低減に大きい効果を持つという情報が得られることとなり、環境マネジメントのための情報として極めて重要である。

(2) B 社

製造過程で使用している窒化炉の温度保障の実施を検討した。

窒化炉の温度保障については、断熱材を取り付ける（温度を保って、エネルギーコスト削減）。窒化炉に断熱材カバーを付けて、放熱を抑える事でエネルギーコストを目指す。

断熱材取り付け費用 100,000 円で試算した。計算条件は以下の通りである。

- ・使用年数：10 年間
- ・電気代：15 円/kWh, LIME 値：1kWh=1.95 円
- ・エネルギー（電気代）10%減らす目標となる。
- ・現在窒化炉の年間電力消費量は 34,020kW。
- ・断熱材を取り付け後、MFC-LCC の年間変化は以下になる

ただし、外部資金調達による金利負担は考慮していない。

表 5.2 平準化策導入による B 社のインパクト評価

B 社	導入前 (円)	導入後 (円)
MFC 結果	510,300	459,274
LIME 結果	66,339	59,705

これらの条件下における LC-MFCA による計算結果を表 5.2 に示した。導入後の MFC 及び LIME の値は、共に導入前に比較して 10%低減された。電力需要の平準化は、内部不経済及び外部不経済の低減に役立つことが示された。

(3) C 社

シャッター製造用機器コンプレッサーを新型機械へ変更することを検討した。

C 社現在のコンプレッサーの仕様は 37kW であるのに対して、市販の最新型温調機の仕様は 22kW で

ある。ここで、新しい温調機の市販価格は、530 万前後（企業へ電話で確認した結果）であるとした。計算条件は以下の通りである。

- ・減価償却費（20 年間として）：毎年の投資額は 26.5 万円
 - ・1 年間で、（毎年 250 日間で 8 時間運転の場合）：
 - ・電気代：15 円/kWh, LIME 値：1kWh=1.95 円
 - ・旧型コンプレッサーの電気代は：1,110,000 円
 - ・新型コンプレッサーの電気代は：660,000 円
 - ・新型コンプレッサー導入に関する MFC-LCC 分析結果(一年間)
- ただし、外部資金調達による金利負担は考慮していない。

表 5.3 平準化策導入による C 社のインパクト評価

C 社	導入前 (円)	導入後 (円)
MFC 結果	1,110,000	925,000
LIME 結果	144,300	85,800

これらの条件下における LC-MFCA による計算結果を表 5.3 に示した。平準化対策を実施することにより、MFC の値は導入前の 83% となり、LIME の値は導入前の 59% となった。ここでも、電力需要平準化によるコストダウン効果が認められた。一般に平準化の方法は最新の省エネ技術を導入することになるので、電力使用量を減少させることになることがコストダウンの理由である。

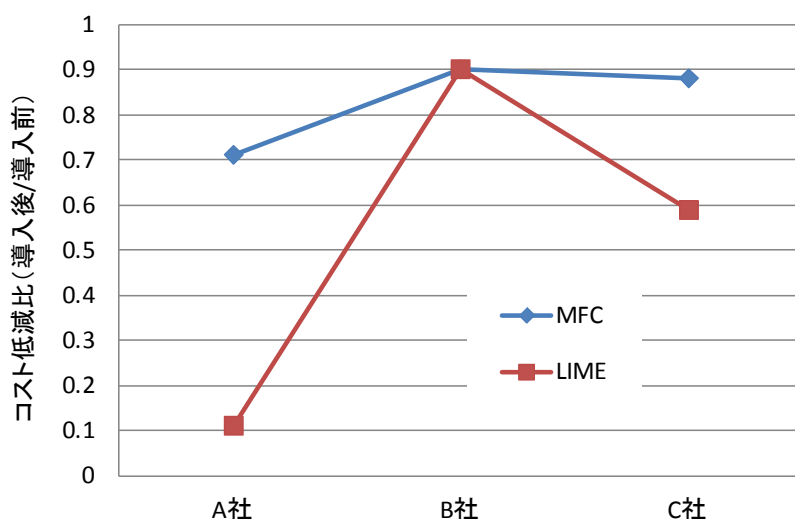


図 5.1 省エネルギー法改正に伴う電力需要平準化対策実施後の MFC 及び LIME のコスト変化(A、B、及び C 社間の比較)

図 5.1 は、A 社、B 社、及び C 社の電力需要平準化対策を実施した場合のコスト低減比 (D) を計算した結果を MFC 及び LIME について、それぞれ示した。平準化対策の導入による企業の内部経済の変化を表す MFC の値には大きな変動は認められなかった。しかし、LIME の値において、A 社及び C 社では顕著な環境負荷 (外部不経済) の減少効果が認められた。この結果から、環境法を改正して電力需要の平準化を図ったことは、環境政策として成功しているものと考えられた。環境法改正の目的は達成できている。

5.2.2 省エネ法改正による太陽光パネル導入によるインパクト評価

500kW の太陽光発電設備を設置する場合、150,000,000 円の材料コストを発生することになる。年間の予測発電量の計算方法については、NEDO (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) が発行している太陽光発電導入ガイドブックを参考にすると、下記のように概算した。

$$E_p = H \times K \times P \times 365 \div 1$$

ここで、 E_p = 年間予想発電量 (kWh/年)、 H = 設置面の 1 日あたりの年平均日射量 (kWh/m²/日)、 K = 損失係数・・・約 73% (モジュールの種類、受光面の汚れ等で多少変わります。) である。この場合、以下の条件も設定した。

- 年平均セルの温度上昇による損失・・・約 15%
- パワーコンディショナによる損失・・・約 8%
- 配線、受光面の汚れ等の損失・・・約 7%

さらに、 P = システム容量 (kW)、 365 = 年間の日数、 1 = 標準状態における日射強度 (kW/m²) とした。

日照時間によって発電量が変わることに着目し、A、B および C 社について各社ごとに試算した。ここで、3 社の気候的な相違および LIME 値をまとめると以下のようになった。

(1) A 社 (長野県茅野市)

年間発電量 : 5.2 時間 (気象庁のデータ) * 73% * 500kW * 365 ÷ 1 = 692,770kWh/年間

LIME 値 : 692770kWh * 1.95 円/kWh = 1,350,902 円

(2) B 社 (長野県伊那市)

年間発電量 : 4.7 時間 (気象庁のデータ) * 73% * 500kW * 365 ÷ 1 = 696,158kWh/年間

LIME 値 : 696,158kWh * 1.95 円/kWh = 1,357,508 円

(3) C 社 (栃木県小山市)

年間発電量 : 5.9 時間 (気象庁のデータ) * 73% * 500kW * 365 ÷ 1 = 789,580kWh/年間

LIME 値：789,580 kWh＊1.95 円/kWh=1,539,681 円

この場合、500kW 太陽光パネル製造時の LIME 値を試算した（このケースでは、中国の太陽光パネルメーカーと確認した）。パネル 1 枚 250w であり、2000 枚のパネルが必要になる。1 つのパネルは 60 枚の多結晶シリコンが必要で、1 枚あたり多結晶シリコンは 0.0125kg 必要であるから、その合計重量は 1,500kg となる。

他方、1kg の多結晶シリコンの LIME 値は 6200 円/kg で与えられており、LIME 値の合計は 9,300,000 円となった。また、製造プロセスにおける電力消費量は 11,515kWh であったので、電力の LIME 値は 1.95 円/kWh であり、LIME 値の合計は 22,455 円であった。

また、使用したアルミニウム材はおよそ 230m²で、合計は約 6,187kg になる。アルミニウムの LIME 値は 153 円/kg であるので、合計では 946,611 円となった。

・以上の推算より、太陽光パネルの製造プロセスで発生した LIME の合計値は、9,300,000 + 22,455 + 946,611 = 10,269,066 円であるとした。

表 5.4 A 社の結果(百万円)：

項目	金額
設備投入コスト	150
電気料金節約/年間(15 円/kWh)	10.4
発電量の LIME 値	1.4
太陽光パネル製造の LIME 値	10.3

以上の条件のもとに計算した投入コストおよび LIME の変化に関する結果を表 5.4 示した。LIME の合計は、11,619,968 円となった。

表 5.5 B 社の結果(百万円)

項目	金額
設備投入コスト	150
電気料金節約/年間(15 円/kWh)	10.4
発電量の LIME 値	1.4
太陽光パネル製造の LIME 値	10.2

同様に、以上の条件のもとに計算した投入コストおよび LIME の変化に関する結果を表 5.5 に示した。LIME の合計は、11,626,574 円となり、A 社の LIME 合計値とほぼ等しい結果となった。

表 5.6 C 社の結果(百万円)

項目	金額
設備投入コスト	150
電気料金節約/年間(15 円/kWh)	11.8
発電量の LIME 値	1.5
太陽光パネル製造の LIME 値	10.3

同様に、以上の条件のもとに計算したコストおよび LIME の変化に関する結果を表 5.6 に示した。LIME の合計は、11,808,747 円となり、A 社及び B 社の LIME 合計値とほぼ等しい結果となったことから、LIME 総額に対する変動幅は小さいことが示された。

設備コスト及び LIME 値において、A 社、B 社、及び C 社の各社間に数値的に大きな際は認められないようであるが、企業の立地条件や初期条件の LIME 値が異なることから、その差違を拡大してみた。

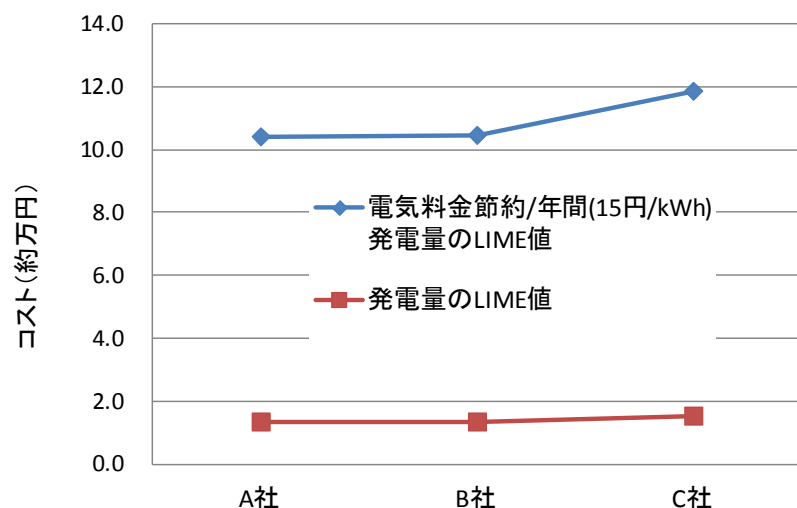


図 5.2 太陽光パネル導入による内部コストと外部コスト（LIME）の変化

図 5.2 は、3 社に太陽光パネルを導入することにより生じる影響を内部コスト（電気料金の節約効果）と発電による LIME を比較した結果を示した。3 社を比較すれば、C 社における電気料金節約効果が最も大きいことが示された。同様に、LIME 値の増加量も C 社が最も大きかった。しかし、料金節約の増分に比べて、LIME の増分は小さいことがわかる。環境パフォーマンスは C 社（立地条件）が最も高い結果となる。

5.2.3 省エネ法改正に準拠した断熱材導入によるインパクト評価⁽²²⁾

(1) 断熱材の種類と特徴

断熱材とは、熱を遮断するために用いる材料で、一般に繊維系、発泡プラスチック系、その他に大別される。繊維系には、グラスウール、ロックウール、セルローズファイバー等がある。発泡プラスチック系には、押出法ポリスチレンフォーム、硬質ウレタンフォーム、高発泡ポリエチレン、ビーズ法ポリスチレンフォーム、フェノールフォーム等がある。断熱材の性能などによって使用される環境も違う。表 5.7 に住宅・建築用断熱材の種類別の主な用途・部位についてまとめた。

表 5.7 住宅・建築用断熱材の種類別の主な用途・部位

断熱材種類	主な用途・部位
繊維系断熱材	戸建住宅の床・外壁（充填断熱工法）・天井・屋根 発泡プラスチック系
発泡プラスチック系断熱材	戸建住宅の床・外壁（外張り断熱工法）・屋根 集合住宅（RC 造）や業務用ビル等の床・外壁・屋根・天井

(2) 熱抵抗と熱伝導率

断熱材の断熱性能は、一般に熱抵抗値または熱伝導率で表わされる。断熱材の熱抵抗値は、断熱材の厚さを断熱材の熱伝導率で除すことで求められる。熱伝導率は材料の厚みによらず材質によって決まるが、熱抵抗値は熱伝導率と厚みによって決まる。特に繊維系断熱材の場合、繊維径や充填密度によって熱伝導率が異なることから、熱抵抗値による性能表示が一般的に採用されている。

$$R=d \div \lambda \div 1,000$$

R:熱抵抗値 [m²・K/W] d:厚さ [mm] λ:熱伝導率 [W/(m・K)]

法に定められた断熱材の目標基準値（目標年度（2022 年度）に達成すべき性能）と各区分における性能改善率を表 5.8 に示した。

表 5.8 断熱材の目標基準値および性能改善率

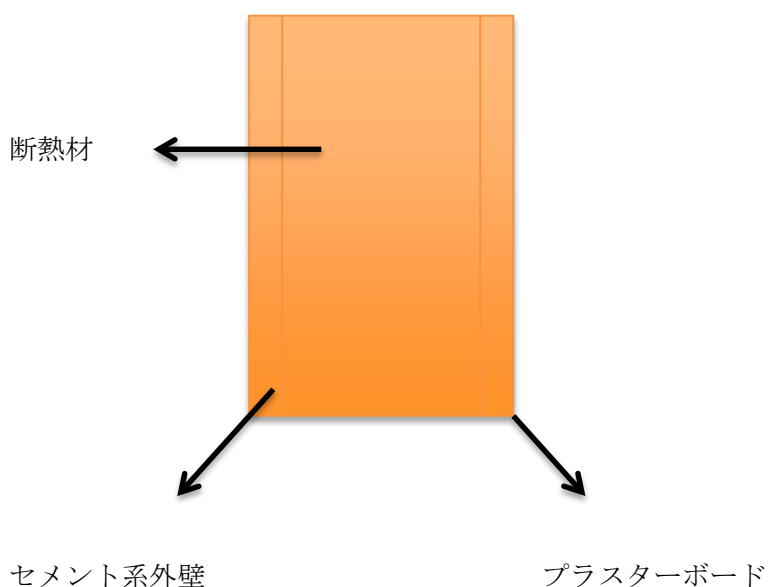
品種	現状の加重平均値 (W/m・K)	目標基準値 (W/m・K)	性能改善率
グラスウール断熱材	0.04407	0.04156	6.04%

ロックウール断熱材	0.03800	0.03781	0.50%
押出法ポリスチレン フォーム保温材	0.03432	0.03231	6.19%

出所) 経済産業省ホームページ

(3) 断熱材の交換による伝熱量計算

断熱材の現状平均値と目標基準値に従って、3社の工場の断熱材交換を試算した。



変更前

セメント系外壁：d=25mm，熱伝導率=1.5 W/m・K(一般的)

内壁（プラスターボード）：d=18mm 熱伝導率=0.22W/m・K(一般的)

断熱材（グラスウール）：100mm，熱伝導率：0.04407 W/m・K

熱抵抗値合計：0.025/1.5+0.1/0.04407+0.018/0.22= 2.3676 W / m²・K

壁全体の厚さ：143mm

壁全体の熱抵抗率は：0.143/2.3676=0.0604 W/m・K

熱電量：1689.51W

変更後

断熱材（グラスウール）：d=100 熱伝導率=0.04156 W/m・K（目標値）

熱抵抗値合計： $0.025/1.5+0.1/0.04156+0.018/0.22=2.5047\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

壁全体の厚さ：143mm

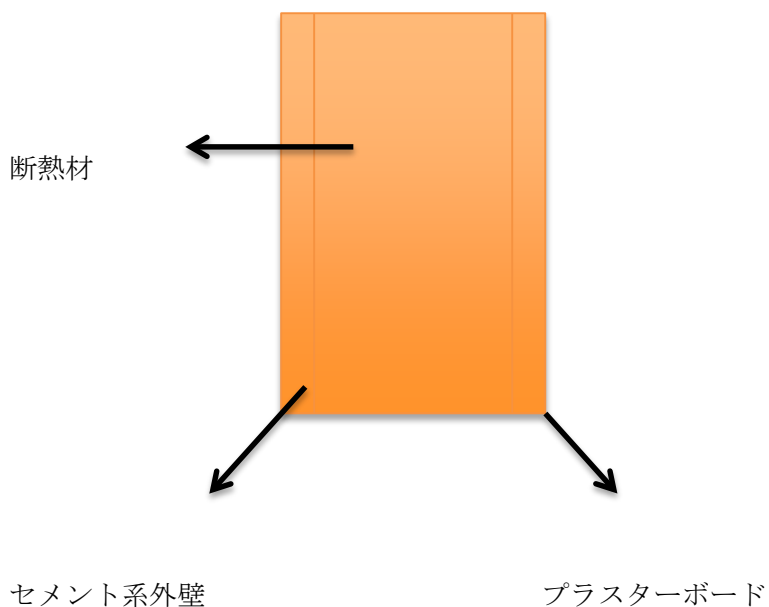
壁全体の熱抵抗率は： $0.143/2.5047=0.0571\text{ W/m}\cdot\text{K}$

熱伝導計算：工場全体壁面積： $20\text{m}\times 8\text{m}\times 5=800\text{m}^2$

温度差 5 度に設定して

伝熱量：1597.2W

以上のことから、断熱材交換の前後における伝熱量の差異は、92.31W となった。



変更前

セメント系外壁：d=25mm，熱伝導率=1.5 W/m・K(一般的)

内壁（プラスターボード）：d=18mm 熱伝導率=0.22W/m・K(一般的)

断熱材（押出法ポリスチレンフォーム保温材）：

d=100mm、熱伝導率：0.03432 W/m・K(一般的)

熱抵抗値合計： $0.025/1.5+0.1/0.03432+0.018/0.22=3.0122\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

全体の厚さ：143mm

壁全体の熱抵抗率は： $0.143/3.0122=0.0475\text{ W/m}\cdot\text{K}$

熱電量：1328.67W

変更後：断熱材（押出法ポリスチレンフォーム保温材）：

d=100mm、熱伝導率：0.03231 W/m・K(一般的)

熱抵抗値合計：0.025/1.5+0.1/0.03231+0.018/0.22= 3.1935 W / m²・K

全体の厚さ：143mm

壁全体の熱抵抗率は：0.143/3.1935=0.0448 W/m・K

熱電量：1253.15W

以上のことから、断熱材交換の前後における伝熱量の差異は、75.52W となることがわかった。

(4) コスト分析

断熱材の交換により生じるコスト変動に関する分析を行った。ここで、以下の条件を仮定した。

- ・ グラスウール断熱材 760 円/m²
- ・ 押出法ポリスチレンフォーム板 3300 円/m²

① A 社のケーススタディ

a. 材料損耗なしで試算した結果

A 社の工場面積は 20m×20m×8m である、壁面全体にわたり断熱材を取り付ける方法を採用した。計算により得られた投入コストと設置のシステムコストを表 5.9 に示した。

表 5.9 A 社における材料コスト 単位：千円

	グラスウール断熱材	押出法ポリスチレンフォーム板
投入コスト	790	3,432
システムコスト	1,115	1,716

注) 鉄骨鉄筋コンクリート造・鉄筋コンクリート造のもの

工場用の場合は：原価償却年数 38 年（国税庁データ：

https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34354.php)

工場エアコン 8 馬力×4、冷房の場合は:22.0kW(エアコン情報：

http://www.1981airconsohonten.jp/aircon/hp080_aircon05s.html)

b. 断熱材を設置した場合

ここでは毎日 8 時間使用を想定した。1 ヶ月 22 日、電気料金単価 15 円として、1 ヶ月電気料金は 232,320 円である。

以上の条件でコストシミュレーションを行った結果を表 5.10 に示した。

表 5.10 A 社で断熱材を設置したケースにおける結果 月/ (千円)

材料	材料コスト	効果	MFC	LIME
グラスウール	0.76/m ² 790 (全体)	-846kWh	M 1.732	29.1
			E 219.63	
			S 2.445	
押出法ポリスチレンフォーム板	3.3/m ² 3,432 (全体)	-880kWh	M 7.526	29.2
			E 219.12	
			S 3.763	
なし	0	0	M 0	30.9
			E 232.32	
			S 0	

② B 社のケーススタディ

B 社の工場面積は 24.8m×24.8m×8m である。壁面全体にわたり断熱材を取り付ける方法を採用した。ここで、投入コストと設置システムコストを表 5.11 に示した。

表 5.11 投入コストおよびシステムコスト 単位：千円

	グラスウール断熱材	押出法ポリスチレンフォーム板
投入コスト	1,071	4,650
システムコスト	1,511	2,325

注) 鉄骨鉄筋コンクリート造・鉄筋コンクリート造のもの

工場用の場合は：原価償却年数 38 年 (国税庁データ：

https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34354.php)

工場エアコン 8 馬力×5、冷房の場合は:22.0kW(エアコン情報：

http://www.1981airconsohonten.jp/aircon/hp080_aircon05s.html)

設置した場合では：

毎日 8 時間使用、1 ヶ月 22 日、電気料金単価 15 円：1 ヶ月電気料金は 290,400 円。

以上の条件で断熱材利用による LC-MFCA の変化に関するシミュレーションを行った結果を表 5.12 に示した。

表 5.12 B 社で断熱材導入によるコスト分析結果：月/ (千円)

材料	材料コスト	効果	MFC	LIME
グラスウール	0.76/m ² 1,071（全体）	-1,000kWh	M 2.349	36.5
			E 275	
			S 3.314	
押出法ポリスチレンフォーム板	3.3/m ² 4,650（全体）	-1,067kWh	M 10.197	36.4
			E 274	
			S 5.099	
なし	0	0	M 0	38
			E 290	
			S 0	

③ C社のケーススタディ

C社の工場面積は198m×198m×8mである。壁面全体にわたり断熱材を取り付ける方法を採用した。

a. 材料損耗なしで試算した結果

C社について、投入コストと設置のためのシステムコストを計算した結果を表5.13に示した。

表 5.13 投入コストと設置システムコスト 単位：千円

	グラスウール断熱材	押出法ポリスチレンフォーム板
投入コスト	34,718	150,751
システムコスト	48,994	75,375

注) 鉄骨鉄筋コンクリー1ト造・鉄筋コンクリート造のもの

工場用の場合は：原価償却年数38年（国税庁データ：

https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34354.php)

工場エアコン8馬力×25、冷房の場合は:22.0kW(エアコン情報：

http://www.1981airconsohonten.jp/aircon/hp080_aircon05s.html)

b. 断熱材を設置した場合

毎日8時間使用して、1ヶ月は22日とすれば、電気料金単価を15円として、1ヶ月の電気料金は1,452,000円となる。以上の条件の下でコストシミュレーションを行った結果を表5.14に示した。

表 5.14 C社で断熱材設置によるシミュレーション結果：月/（千円）

材料	材料コスト	効果	MFC	LIME
グラスウール	0.76/m ² 790（全体）	-5,289kWh	M 76	178.7
			E 1373	
			S 107	
押出法ポリスチレンフォーム板	3.3/m ² 3,432（全体）	-5,502kWh	M 331	178.2
			E 1376	
			S 165	
なし	0	0	M 0	189
			E 1,452	
			S 0	

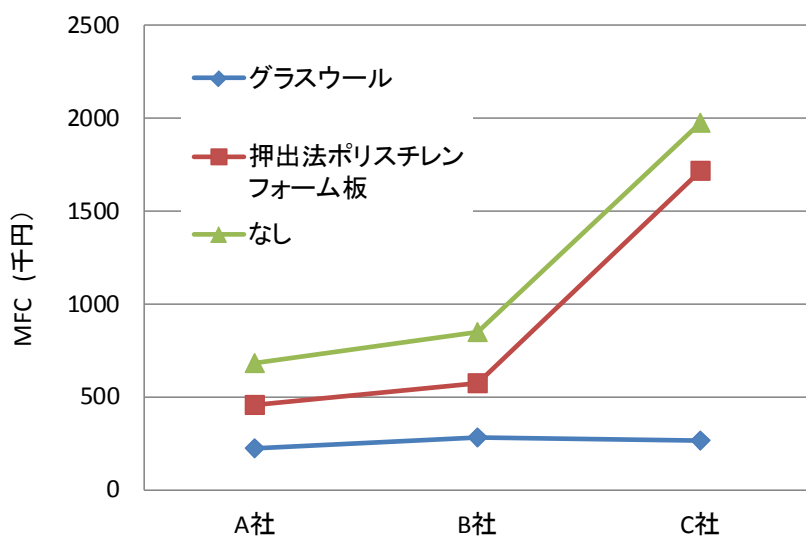


図 5.3 断熱材設置が内部コスト（MFC）に及ぼす影響

工場内に断熱材を設置することにより冷暖房負荷を低減することによって電力使用量及び電気料金などの低減を図ることを計画した。図 5.3 は、断熱材設置が内部コスト（MFC）に及ぼす影響を計算した結果を示したものである。グラスウールの設置は、3 社すべてにおいて MFC の値を低減する効果あった。特に、C 社ではグラスウールの MFC 低減効果は大きかった。押出ポリスチレンフォームボードの設置では、各 3 社とも断熱材なしの場合に比較して同程度 MFC 値が減少した。

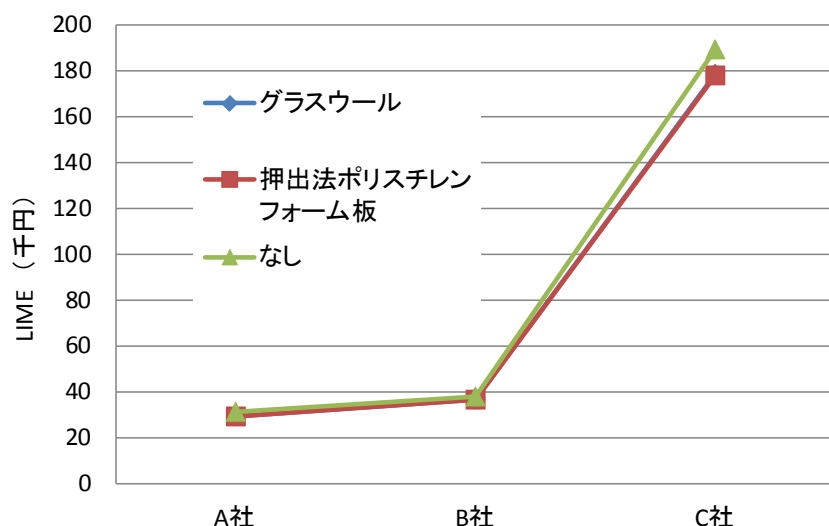


図 5.4 断熱材設置が外部コスト（LIME）に及ぼす影響

断熱材を設置することにより冷暖房負荷を低減することによって電力使用量及び電気料金などの低減を図ることによりコストダウンを図った。図 5.4 は、断熱材設置が外部コストの外部不経済（LIME）に及ぼす影響を計算した結果を示したものである。まず、C 社の LIME の値は他の 2 社に比較して大きいことがわかる。そして、断熱材設置により効果は 3 社すべてにおいて若干の低減が行われただけであった。これは断熱材の導入により冷暖房負荷が低減され電気使用量が減少し、もって発電の環境負荷が低減される。しかしその反面、断熱材製造の環境負荷が増加することとなり、これら両者のバランスで最終的な LIME の変化を生じさせる。このケーススタディでは、電気使用量削減による LIME 低減と断熱材使用による LIME 増加が互いに相殺されたと判断される。

5.2.4 エネルギー利用におけるトップランナー方式導入のインパクト評価⁽²²⁾

2013 年 11 月、政令・省令・告示を改正し、トップランナー制度に三相誘導電動機と電球形 LED ランプを追加した。LED 電球の導入目標は、以下の通りである。

＜目標年度＞平成 29 年度（2017 年度）

＜改善見込み＞は 2011 年度実績からのエネルギー消費効率の改善率は約 50%。

ここで、A,B,および C 社において調査した結果、現在工場使用している電球は LED 電球ではなく、通常電球であることがわかった。したがって、これらに替り LED 電球導入することによって、変化する内部コスト（MFC）と外部コスト（LIME）の変化を試算した。

なお電球の使用量は 10 畳＝100w として計算を行った。また、一般的な 20 型 18w の蛍光灯から LED ライトへ変更するケースを想定した。また、3 社の計算を行った際の条件を以下に列挙した。

(1) A 社の設定条件

- ・ 400m² の工場面積で、必要な蛍光灯数は 135 本であった。
- ・ LED ライト購入コストは 2000 円/本（市販価額）で、合計コストは 270,000 円である。
- ・ 設置費用は 1148 円/本で、システムコストは 155,000 円である。
- ・ 1 日点灯時間 8 時間と試算し、一ヶ月の電気量金は： $18\text{w/本} \times 135 \text{ 本} \times 15 \text{ 円/kWh} \times 8 \text{ 時間} \times 22 \text{ 日} = 6315.2$ 円、
- ・ LIME 値は： $421\text{kWh} \times 1.95 \text{ 円/kWh} = 821$ 円
- ・ LED ライトへ変更する場合、電気消費量は半分と考え試算した結果：
- ・ 毎月の電気消費量は 210kWh で、電気代は 3158 円、LIME 値は 411 円。

(2) B 社の設定条件

- ・ 615m² の工場面積で、必要な蛍光灯数は 207 本。
- ・ LED ライト購入コストは 2000 円/本（市販価額）で、合計コストは 414,141 円である。
- ・ 設置費用は 1148 円/本で、システムコストは 237,636 円である。
- ・ 1 日点灯時間 8 時間と試算し、一ヶ月の電気量金は： $18\text{w/本} \times 207 \text{ 本} \times 15 \text{ 円/kWh} \times 8 \text{ 時間} \times 22 \text{ 日} = 9836.64$ 円
- ・ LIME 値は： $421\text{kWh} \times 1.95 \text{ 円/kWh} = 1279$ 円
- ・ LED ライトへ変更する場合、電気消費量は半分と考え試算した結果、毎月の電気消費量は 328kWh で、電気代は 4,918 円、LIME 値は 640 円。

(3) C 社の設定条件

- ・ 39,346m² の工場面積で、必要な蛍光灯数は 13,249 本。
- ・ LED ライト購入コストは 2000 円/本（市販価額）で、合計コストは 26,495,623 円である。
- ・ 設置費用は 1148 円/本で、システムコストは 15,209,852 円である。
- ・ 1 日点灯時間 8 時間と試算し、一ヶ月の電気量金は： $18\text{w/本} \times 13,249 \text{ 本} \times 15 \text{ 円/kWh} \times 8 \text{ 時間} \times 22 \text{ 日} = 629,592.48$ 円、
- ・ LIME 値は： $15,899\text{kWh} \times 1.95 \text{ 円/kWh} = 31,002.66$ 円
- ・ LED ライトへ変更する場合、電気消費量は半分と考え試算した結果：毎月の電気消費量は 7,949.5kWh で、電気代は 314,796 円、LIME 値は 15,501.33 円であった。

以上の条件をもとに、施設使用年数を 20 年として、3 社に対するコストシミュレーションを行った。

表 5.15 蛍光灯から LED に交換した場合のコストシミュレーション（千円）

会社	材料コスト/ システムコスト	効果	MFC		LIME
A 社	270/155	-210kWh	M	1.1	0.411
			E	-3.2	
			S	0.7	
B 社	414/238	-328kWh	M	1.7	0.64
			E	-4.9	
			S	0.99	
C 社	26,496/15,210	-7949.5kWh	M	110	15.501
			E	-314.8	
			S	63.3	

MFC 及び LIME の計算により得られた結果を表 5.17 にまとめた。

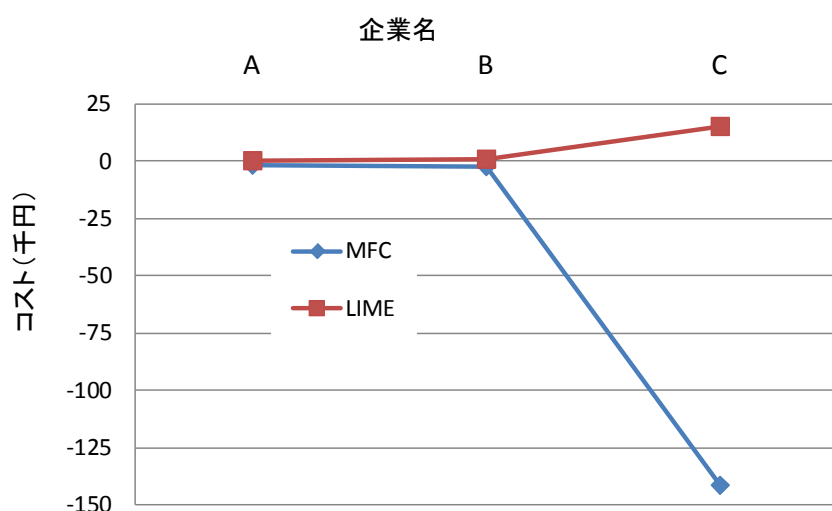


図 5.5 照明設備の蛍光灯を LED 灯に替えることによるコストへの影響

図 5.5 は、工場の照明設備として使用されている蛍光灯を LED 灯に変更することにより電力使用料の削減及びこれによる環境負荷の低減を目的としている。エネルギーコストがマテリアルコストとシステムコストの合計値を超えて削減されたため、MFC の値は負になった。特に、C 社の場合にこの傾向が顕著に現れていた。また、LIME についても LED 灯への変更の効果は大きく、LIME の合計値は A 社及び B 社では 1000 円以下であった。

5.2.5 資源有効利用促進法の改正によるインパクト評価

(1) 法改正の背景⁽²²⁾

近年、廃棄物の排出量が増大し、既存の処理能力が限界になっている。そのため平成 2 年 12 月、通商産業省産業構造審議会が「今後の廃棄物処理・再資源化対策のあり方」を示した。それに基づいて、「再生資源乗り用の促進に関する法律（リサイクル法）案」が作成され、平成 3 年 3 月通常国会に提出されて、10 月 25 日から実施された。しかし、社会経済活動の拡大に伴い増大する廃棄物の排出による環境への影響が深刻になった。平成 11 年 7 月、産業構造審議会が報告書「循環型経済システムの構築に向けて」を公表し、これまでの大量生産、大量消費、大量廃棄の経済社会から脱却し、環境と資源の制約のもとで持続的成長を達成するためには、従来の廃棄物・リサイクル対策を抜本的に変革することが必要であると提案した。これを踏まえて、循環型社会形成推進基本法で示された 3R(リデュース（ごみの発生抑制）、2.リユース（再使用）、3.リサイクル（ごみの再生利用）)の取り組みを導入し、法律の名称も「資源の有効な利用の促進に関する法律」として、平成 13 年 4 月 1 日に実施された。

(2) 法律の概要⁽²²⁾

国が持続的に発展していくためには、環境制約・資源制約が大きな課題となっており、大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済システムから、早急に循環型経済システムに移行せねばならない。これまで「再生資源利用促進法」により紙やガラスびん等の再利用（リサイクル）、再利用配慮設計、分別回収を容易にする識別表示等の対策が行われた。

本法は①事業者による製品の回収・再利用の実施等リサイクル対策を強化するとともに、②製品の省資源化・長寿命化等による廃棄物の発生抑制（リデュース）、③回収した製品からの部品等の再利用（リユース）のための対策を新たに行うことにより、循環型経済システムの構築を目指すものである。

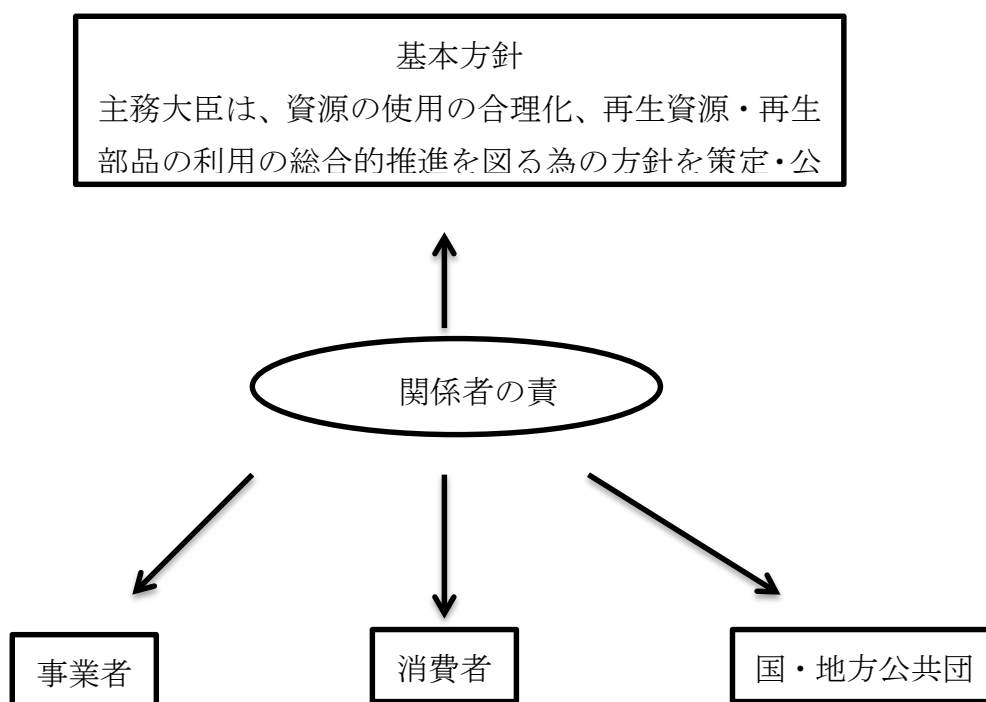


図 5.6 循環型経済システムの構築

事業者は環境への影響を低減する製品やサービスを社会に提供できる立場にあり、また 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) を行う技術や、製品の環境情報を消費者に提供できる立場にある。また、技術的・経済的に可能な最大限の環境対策を講じることが求められる。環境対策としてどのような対策を行っているか、それが技術的・経済的に最大限可能なものであるのか常に検証し、環境報告書、環境会計、ホームページ等を通じて社会に対して情報を発信して、消費者や国民から正当な評価を受けるべきであるとされている。使用済物品及び副産物の発生抑制のための原材料の使用の合理化・再生資源・再生物品の利用・使用済の物品、副産物の再生資源、再生物品としての利用の促進を義務つけられた。消費者は事業者とともに社会を形成する消費者の役割は重要である。消費者がどのようなニーズを持つかによって、事業者の生産・販売活動も変わってくる消費者が環境への負荷の少ない製品を率先して購入すること等が、結果として環境に配慮した製品の開発を促すことになる。消費者は、環境対応には費用がかかることを正しく認識し、環境に配慮した製品や事業者を積極的に評価し選択することにより、メッセージとして発信していく積極的な役割を果たすことが期待されている。製品の長期間使用・再生資源を用いた製品の利用、分別回収への協力など再生資源の利用などの促進・国、地方公共団体及び事業者の実施する措置への協力などを義務つけられている。国、地方公共団体は国や地方自治体においては、3 Rを進める上での環境整備を図ることを基本に進むべき方向性を提示し、市場の整備と創出を支援し基盤整備等を図ることが必要であるとされ、資源の確保などの措置・物品調達における再生資源の利用などの促進・科学技術の振興・国民の理解を深める努力などを義務つけられた。

平成 12 年 6 月 7 日の改正により、これまでのリサイクルのみを対象にした法律に、循環型社会形成推進基本法で示された 3R の基本原則が導入された。これまで 3 業種・30 品目だったものが、10 業種・69 品目となり、一般廃棄物と産業廃棄物の 5 割をカバーすることになった。該当業種、製品に係る事業者には努力義務が課されている。命令違反などには、罰則があり、すべて両罰則規定である。各事業を行う者の具体的な促進に関する判断基準は省令で定められている。指定再利用促進製品に関する判断基準省令が平成 18 年 4 月 27 日に改正され、パソコンなど 7 機種について、対象製造事業者、輸入販売事業者は、部品などに含有される有害物質の種類及び含有率の把握、情報の提供などが定められている。

こうした背景の中で、ごみの量を減少させるため、省エネルギーのため、あるいは環境負荷低減のため等、いろいろな理由からリサイクルが推進されている。この法律に準拠することを目的として、A,B, および C 社、各々のケースについてリサイクル材料の使用に関する効果を試算した。

水平リサイクルを検討する場合、リサイクルの繰り返しは(5.1)式で表されるとした^(23,24)。

$$S_R = \theta_0(1 - R)M_0 + \theta_p R M_0 y_0 F_a \quad (5.1)$$

ここで、 S_R ：リサイクル材料による変化値、 θ_0 ：オリジナル材料環境影響値、 M_0 ：オリジナル材料

値、 M_p はリサイクル材料値、 y_o ：材料の歩留まり率、 F_a ：性能率、 θ_p ：リサイクル材料の環境影響値で、 R ：リサイクル率である。

(1) A 社におけるインパクト評価

現在使用している樹脂材料を再生樹脂に変更した場合についてシミュレーションを行った。

A 社の廃材量は 301kg で、廃材から 10%を抽出して水平リサイクル結果は以下の表で示した。回数は 5 回が最大になっているが、これは 5 回以上計算しても得られる値の変化は無視できる程度であったからである。5 回以上では、変化（差分値）は飽和していた。リサイクル率 10%の場合に得られた計算結果を表 5.16 に示した。

表 5.16 リサイクル率 10%の場合 (単位：円)

回数	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
1	211,161.105	42,212.317	253,373.422	51,296.15409
2	211,160.0766	42,212.60701	253,372.6836	51,294.97814
3	211,160.073	42,212.60803	253,372.681	51,294.97397
4	211,160.073	42,212.60804	253,372.681	51,294.97395
5	211,160.073	42,212.60804	253,372.681	51,294.97395

A 社の廃材量は 301kg であるので、この廃材から 30%を抽出して水平リサイクル結果を表 5.17 に示した。

表 5.17 リサイクル率 30%の場合 (単位：円)

回数	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
1	210,441.715	42,415.191	252,856.906	50,473.51507
2	210,430.9684	42,418.22162	252,849.19	50,461.22611
3	210,430.854	42,418.2539	252,849.1079	50,461.09524
4	210,430.8528	42,418.25424	252,849.107	50,461.09384
5	210,430.8527	42,418.25425	252,849.107	50,461.09383

A 社の廃材量は 301kg であるので、この廃材から 50%を抽出して水平リサイクル結果を表 5.18 に示した。

表 5.18 リサイクル率 50%の場合 (単位：円)

回数	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
----	----------	-------	------	--------

1	209,722.325	42,618.065	252,340.39	496,50.87605
2	209,691.6449	42,626.71705	252,318.3619	49,615.79261
3	209,691.1003	42,626.87063	252,317.9709	49,615.16988
4	209,691.0906	42,626.87335	252,317.964	49,615.15883
5	209,691.0905	42,626.8734	252,317.9639	49,615.15863

同様に、A 社の廃材量は 301kg であるので、この廃材から 80%を抽出して水平リサイクル結果を表 5.19 に示した。

表 5.19 リサイクル率 80%の場合 (単位: 円)

回数	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
1	208,643.24	42,922.376	251,565.616	48,416.91752
2	208,563.5058	42,944.86172	251,508.3675	48,325.7396
3	208,561.2413	42,945.50031	251,506.7416	48,323.15015
4	208,561.177	42,945.51845	251,506.6955	48,323.07661
5	208,561.1752	42,945.51896	251,506.6942	48,323.07452

A 社における廃材量は 301kg であったので、廃材から 100%を抽出して水平リサイクル結果を表 5.20 に示した。

表 5.20 リサイクル率 100%の場合 (単位: 円)

回数	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
1	207,923.85	431,25.25	25,1049.1	47,594.2785
2	207,798.6439	43,160.55918	250,959.2031	47,451.10241
3	207,794.1991	43,161.81265	250,956.0117	47,446.01966
4	207,794.0413	43,161.85715	250,955.8984	47,445.83923
5	207,794.0357	43,161.85873	250,955.8944	47,445.83282

オリジナル材料と再生材料の使用の割合が変化することによる内部コストと外部コストに及ぼす影響について計算を行った。オリジナル材料と再生材料の使用割合による影響に関する計算結果を表 5.21 に示した。

表 5.21 オリジナル材料と再生材料の使用割合による影響 (単位: 円)

再生材料の使用割合	マテリアルコスト	負のコスト	総コスト	LIME 値
10%	208,633.68	42,925.072	251,558.752	134,000
20%	205,746.56	43,739.264	249,485.824	130,000
30%	202,859.44	44,553.456	247,412.896	127,000
40%	199,972.32	45,367.648	245,339.968	124,000
50%	197,085.2	46,181.84	263,267.04	121,000
60%	194,198.08	46,996.032	241,194.112	117,000
70%	191,310.96	47,810.224	239,121.184	114,000
80%	188,423.84	48,624.416	237,048.256	111,000
90%	185,536.72	49,438.608	234,975.328	107,000
100%	182,649.6	502,52.8	232,902.4	104,000

(2) B 社におけるインパクト評価

A 社と同様に、B 社における焼き入れ油を再生油へ変更した場合のインパクトを計算した結果の内、を表 5.22 に示した。

表 5.22 焼き入れ油を再生油へ変更した場合のインパクト

リサイクル率	回数	オリジナル油使用量	再生油使用量	廃棄物量	総コスト	LIME値
Recycle Rate 10%	0	70	0	70	17850	2252.6
	1	66.5	7	73.5	17797.5	2328.62
	2	66.325	7.35	73.675	17794.875	2332.421
	3	66.31625	7.3675	73.68375	17794.74375	2332.61105
	4	66.3158125	7.368375	73.6841875	17794.73719	2332.620553
	5	66.31579063	7.36841875	73.68420938	17794.73686	2332.621028
	6	66.31578953	7.368420938	73.68421047	17794.73684	2332.621051
	7	66.31578948	7.368421047	73.68421052	17794.73684	2332.621053
	8	66.31578947	7.368421052	73.68421053	17794.73684	2332.621053
Recycle Rate 30%	0%	70	0	70	17850	2252.6
	1	59.5	21	80.5	17692.5	2480.66
	2	57.925	24.15	82.075	17668.875	2514.869
	3	57.68875	24.6225	82.31125	17665.33125	2520.00035
	4	57.6533125	24.693375	82.3466875	17664.79969	2520.770053
	5	57.64799688	24.70400625	82.35200313	17664.71995	2520.885508
	6	57.64719953	24.70560094	82.35280047	17664.70799	2520.902826
	7	57.64707993	24.70584014	82.35292007	17664.7062	2520.905424
	8	57.64706199	24.70587602	82.35293801	17664.70593	2520.905814
		57.6470593	24.7058814	82.3529407	17664.70589	2520.905872
		57.64705889	24.70588221	82.35294111	17664.70588	2520.905881
		57.64705883	24.70588233	82.35294117	17664.70588	2520.905882
		57.64705883	24.70588235	82.35294117	17664.70588	2520.905882
Recycle Rate 50%	0	70	0	70	17850	2252.6
	1	52.5	35	87.5	17587.5	2632.7
	2	48.125	43.75	91.875	17521.875	2727.725
	3	47.03125	45.9375	92.96875	17505.46875	2751.48125
	4	46.7578125	46.484375	93.2421875	17501.36719	2757.420313
	5	46.68945313	46.62109375	93.31054688	17500.3418	2758.905078
	6	46.67236328	46.65527344	93.32763672	17500.08545	2759.27627
	7	46.66809082	46.66381836	93.33190918	17500.02136	2759.369067
	8	46.66702271	46.66595459	93.33297729	17500.00534	2759.392267
Recycle Rate 80%		46.66675568	46.66648865	93.33324432	17500.00134	2759.398067
	0	70	0	70	17850	2252.6
	1	42	56	98	17430	2860.76
	2	30.8	78.4	109.2	17262	3104.024
	3	26.32	87.36	113.68	17194.8	3201.3296
	4	24.528	90.944	115.472	17167.92	3240.25184
	5	23.8112	92.3776	116.1888	17157.168	3255.820736
	6	23.52448	92.95104	116.47552	17152.8672	3262.048294
	7	23.409792	93.180416	116.590208	17151.14688	3264.539318
	8	23.3639168	93.2721664	116.6360832	17150.45875	3265.535727
	9	23.34556672	93.30886656	116.6544333	17150.1835	3265.934291
	10	23.33822669	93.32354662	116.6617733	17150.0734	3266.093716
	11	23.33529068	93.32941865	116.6647093	17150.02936	3266.157487
	12	23.33411627	93.33176746	116.6658837	17150.01174	3266.182995
	13	23.33364651	93.33270698	116.6663535	17150.0047	3266.193198
	14	23.3334586	93.33308279	116.6665414	17150.00188	3266.197279
	15	23.33338344	93.33323312	116.6666166	17150.00075	3266.198912
	16	23.33335338	93.33329325	116.6666466	17150.0003	3266.199565
	17	23.33334135	93.3333173	116.6666586	17150.00012	3266.199826
	18	23.33333654	93.33332692	116.6666635	17150.00005	3266.19993
	19	23.33333462	93.33333077	116.6666654	17150.00002	3266.199972
Recycle Rate 100%		70	0	70	17850	2252.6
		35	70	105	17325	3012.8
		17.5	105	122.5	17062.5	3392.9
		8.75	122.5	131.25	16931.25	3582.95
		4.375	131.25	135.625	16865.625	3677.975
		2.1875	135.625	137.8125	16832.8125	3725.4875
		1.09375	137.8125	138.90625	16816.40625	3749.24375
		1.09375	137.8125	138.90625	16816.40625	3749.24375
		0.546875	138.90625	139.453125	16808.20313	3761.121875
		0.2734375	139.453125	139.7265625	16804.10156	3767.060938
		0.13671875	139.7265625	139.8632813	16802.05078	3770.030469
		0.068359375	139.8632813	139.9316406	16801.02539	3771.515234
		0.034179688	139.9316406	139.9658203	16800.5127	3772.257617
		0.017089844	139.9658203	139.9829102	16800.25635	3772.628809
		0.008544922	139.9829102	139.9914551	16800.12817	3772.814404
		0.004272461	139.9914551	139.9957275	16800.06409	3772.907202
		0.00213623	139.9957275	139.9978638	16800.03204	3772.953601
		0.001068115	139.9978638	139.9989319	16800.01602	3772.976801
		0.000534058	139.9989319	139.9994659	16800.00801	3772.9884
		0.000267029	139.9994659	139.999733	16800.00401	3772.9942
		0.000133514	139.999733	139.9998665	16800.002	3772.9971
		6.67572E-05	139.9998665	139.9999332	16800.001	3772.99855

表 5.22 からリサイクル率 100%の場合を取り出して、リサイクルの繰り返し回数による影響を図 5.6 に示した。リサイクルの繰り返しが 5 回以上になると、総コストおよび LIME はほとんど変化しないことがわかる。このことから、水平リサイクルを行った場合、リサイクル回数が増加しても、そのリサイクル効果は飽和してしまうことがわかった。これまでは、リサイクルを行えば行うほど、内部不経済である企業の内部コストも外部不経済である環境被害額が減少するわけではない。

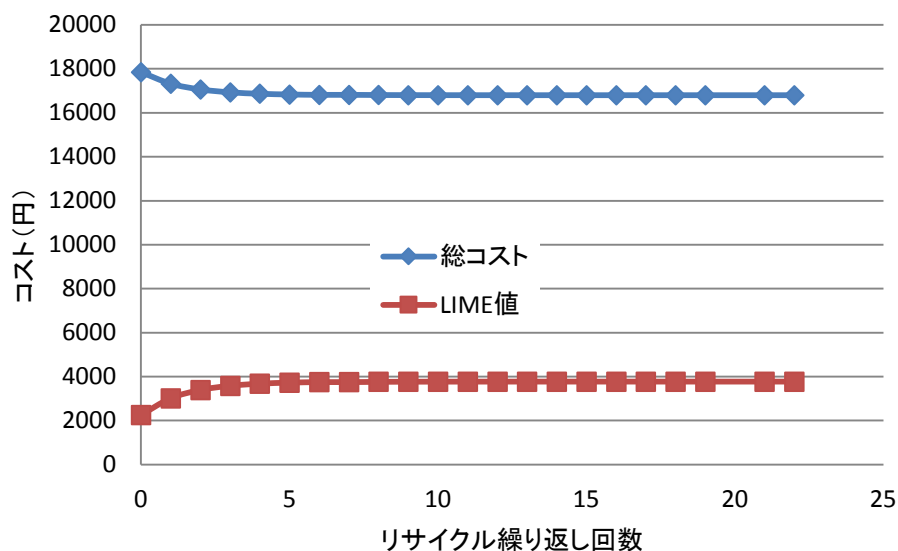


図 5.6 リサイクルの繰り返しによりインパクトの変化

(3) C 社におけるインパクト評価

C 社は薄板鋼板を用いて製品を製造している企業である。ここで製品の性能向上を目的として使用する材料を替える場合に生じる環境インパクトについて検討を行った。もちろん、法令の改正により製品の性能向上が必要となったものとする。

①鋼材からアルミニウムへの変換

図 5.7 は、鋼材の一部をアルミニウムに替えた場合の、交換率とコストの変化を調べてものである。交換率が増加するにしたがい、正のコストと LIME コストが比例して増加した。一方、負のコストはほとんど増加しなかった。このことから、鋼材をアルミニウムに替えることにより総コストが単調に増加することがわかり、LC-MFCA 的には推奨できない変更と判断される。

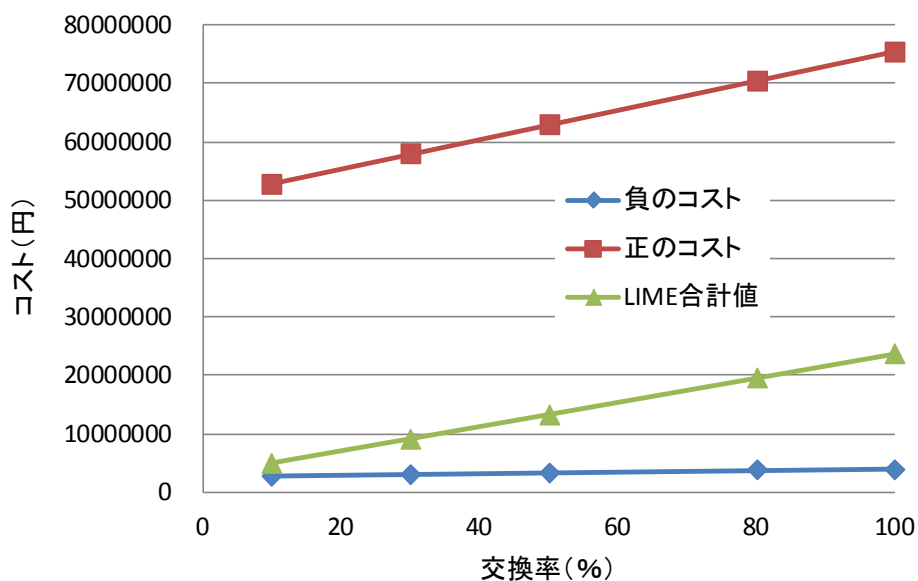


図 5.7 製品製造のための材料を鋼材からアルミニウムに転換した場合のインパクト評価結果

② 鋼材からステンレス鋼への転換によりインパクト分析

図 5.8 は、製品製造のための材料を鋼材からステンレス鋼に転換した場合のインパクト評価結果を示した。使用する材料を鋼材からステンレス鋼に転換した場合、廃棄物コストが主体を占める負のコストには何ら影響を与えなかった。他方、正のコストおよび LIME コストは転換率の増加にしたがい線形に増加した。特に、LIME コストの上昇は著しい傾向を示した。インパクト分析による以上の結果より、鋼材をステンレス鋼に変換することは、企業内部での損失よりも、企業外部における環境負荷を急激に増加させることがわかった。

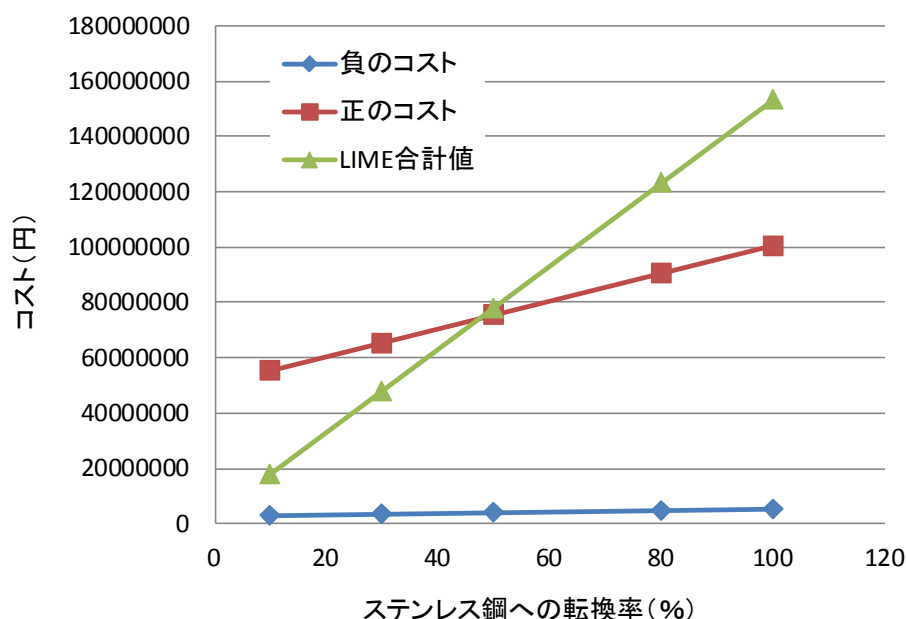


図 5.8 製品製造のための材料を鋼材からステンレス鋼に転換した場合のインパクト評価結果

③ 鋼材から再生鋼材への転換によるインパクト分析

鋼材には2種類あり、一つは高炉鋼材であり、もう一つは電炉鋼材であり、一般に電炉鋼材は鉄スクラップを原料として生産されるために、その環境負荷は低く設定されている。C社は製品の品質を確保するために高炉鋼材を使用しているのが現状である。しかし、法改正により環境負荷の削減が必要となれば、環境負荷の小さな電炉鋼材を使用することになる。ここで、高炉鋼材を鋼材とよび、電炉鋼材を再生鋼材とよぶとすれば、鋼材から再生鋼材への使用材料転換によりインパクト分析を行った。

図 5.9 は、横軸が鋼材から再生鋼材への転換率（再生鋼材の利用率）であり、縦軸はこれの伴うコストの変化を示したものである。再生鋼材利用率が向上しても負のコストおよび LIME コストにほとんど変化は認められなかった。これに対して正のコストは利用率の向上にしたがい大きく減少することがわかる。このことから、再生鋼材の利用促進は環境負荷の低減に効果があることというよりも、企業のコストダウン、すなわち利益の向上に貢献することがわかった。一般に再生鋼材を使用することにより環境負荷を低減する活動が盛んであるが、その効果のほどは期待されるほどではないことを示した。これは我々の環境負荷低減に関する先入観を取り除く必要の指摘している。

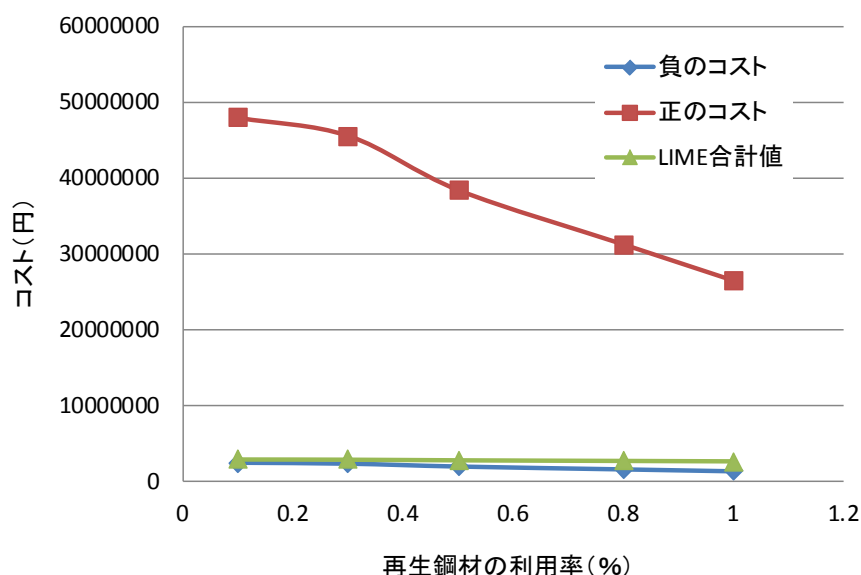


図 5.9 は、鋼材から再生鋼材への転換（再生鋼材の利用）によるインパクト評価結果

5.3 A 社を対象とした省エネルギー対策検討シミュレーション⁽²²⁾

リーガルインパクトとして、省エネ法が改正されることにより発生する企業への影響、コスト負担や環境側面の見直しなど、を考えた。省エネ法改正前の対象事業者は、燃料・熱・ガス・電気などのエネルギーを一定規模以上使用する工場や事業場。エネルギー使用量（原油換算値）が 3,000kL/年以上の場合、第一種エネルギー管理指定工場、1,500kL/年以上の場合、第二種エネルギー管理指定工場であった。その内容は、エネルギー管理指定工場ごとに、エネルギー管理者・管理員を選任し、エネルギー使用状況等の定期報告書や中長期計画書の提出、設備ごとのエネルギー管理などを、工場・事業場単位で行うことである。

省エネ法の改正（平成 22 年 4 月施行）後は、対象となる事業所は工場や事業場単位でなく、企業全体のエネルギー使用量が 1,500kL/年以上の企業。本社、工場、支店、営業所に加え、コンビニエンスストア等のフランチャイズチェーンも対象となった。また、エネルギー管理指定工場の指定については、現行法が引き継がれた。その規制内容は、法の対象となる企業は、国への届出を行い「特定事業者」の指定を受ける。フランチャイズチェーンの場合は、本部が「特定連鎖化事業者」の指定を受けることとなる。その上で、企業単位でエネルギー管理統括者とエネルギー管理企画推進者を 1 名ずつ選任し、定期報告書・中長期計画書の提出をすることが義務付けられる。エネルギー管理指定工場ごとの定期報告・中長期計画書の提出も、企業単位の提出となる。

これに伴い、企業全体でのエネルギー使用量の把握を、平成 21 年 4 月より行う必要があり、期間は平成 21 年 4 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日であった。その結果、エネルギー使用量が 1,500kL/年以上の場合は、平成 22 年度に経済産業局へ届け出ることが定められており、届出をしなかった場合、または虚偽の届出をした場合は、50 万円以下の罰金が科せられる。

また、エネルギー使用効率を毎年 1%以上改善するよう、努力義務が定められているため、毎年その

値を算定し、報告する必要がある。

ここで、省エネ法における事業者はエネルギー使用効率を毎年1%改善しなければならないという義務を遂行するというケースを取り上げ、LC-MFCAの観点から最適な環境経営戦略を決定するための方法を提案した。

5.3.1 A重油から他の燃料へ変更する場合

A社で現在使用している燃料であるA重油を他の燃料に変更することにより、環境負荷を低減させると同時に内部経済的にもメリットが生まれるような最適な燃料を選択しようとするものである。表5.22は、各燃料を採用した場合のコストとLIME値を計算した結果を示した。ここで、重油関係及びLPGガスは現在使用中の設備を使用するので設備コストがかからないとした。

表 5.22 A重油の変更（赤は現在値）

使用材料	使用量	使用コスト	LIME 値	設備コスト
A 重油	3653L	368953 円	49958 円	0
B 重油	3535L	307335 円	60802 円	0
C 重油	3425L	245589 円	68630 円	0
LPG ガス	2845kg	455200 円	38977 円	0
LNG ガス	2620kg	251909 円	33274 円	700,000 円

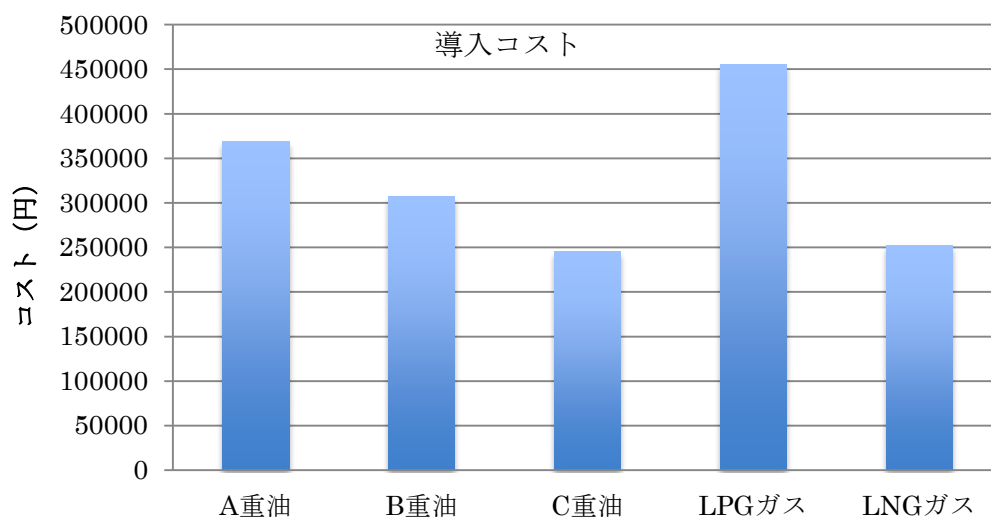


図 5.10 燃料変更に伴うコスト（内部不経済）の変化

図 5.10 は、燃料の種類ごとのコストを計算した結果を示した。A 重油に比較して、LPG だけがコストが上昇したが、他燃料はすべてこれが減少した。

図 5.11 は、燃料の種類ごとに LIME（環境被害額）を計算した結果を示した。LIME の値は、現在の A 重油に比較して、B 重油及び C 重油に変更した場合は上昇する、一方、LPG ガス、LNG ガスに変更した場合は減少する。コスト面から見れば、LNG を除いてどの燃料でもメリットがあり、LIME から見ればガス化が望ましい。これらのデータを見れば、コストと LIME の両方にメリットがある燃料は、LNG ガスであると考えられるが、どの程度の差異があるのか、明確な経営判断をすることは難しい。

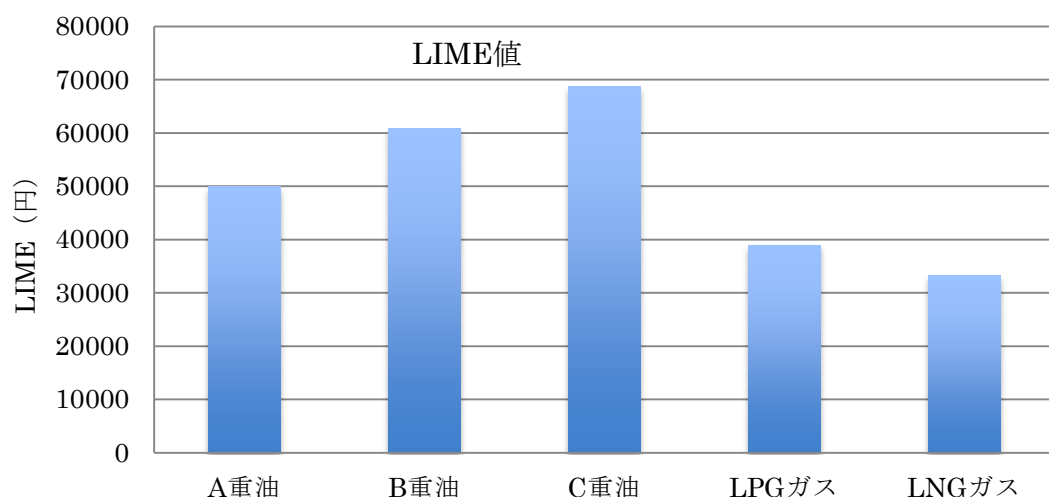


図 5.11 燃料の種類ごとの LIME 値（環境被害額）

表 5.23 は、燃料の変更により、現在の状態からコスト及び LIME がどのように変化するかを示したものである。MFC と LIME の値は、現状からの差分を示した。これらの値は現状から減少するものと増加するものが混在しており、これから経営判断をすることは難しい。

表 5.23 燃料変更によるコストと LIME の差分から見た環境パフォーマンス

	△MFC (円)	△LIME (円)	環境パフォーマンス
A 重油	0	0	7.39
B 重油へ変更	-61,618	10844	5.05
C 重油へ変更	-123,364	18672	3.58
LPG ガスへ変更	86,247	-10981	11.68
LNG ガスへ変更	-117,044	-16684	7.57

図 5.12 は、各燃料の環境パフォーマンスの A 重油のそれに対する比を示したものである。環境パフォーマンスを用いて経営コストと環境配慮（環境コスト）を同時に考慮した場合、A 重油から LPG への変更が最も好ましいことが判断される。このようなリーガルインパクトあるいはコンプライアンスを

考える場合、環境パフォーマンス指標は経営判断と環境経営の支援に有効であるといえる。

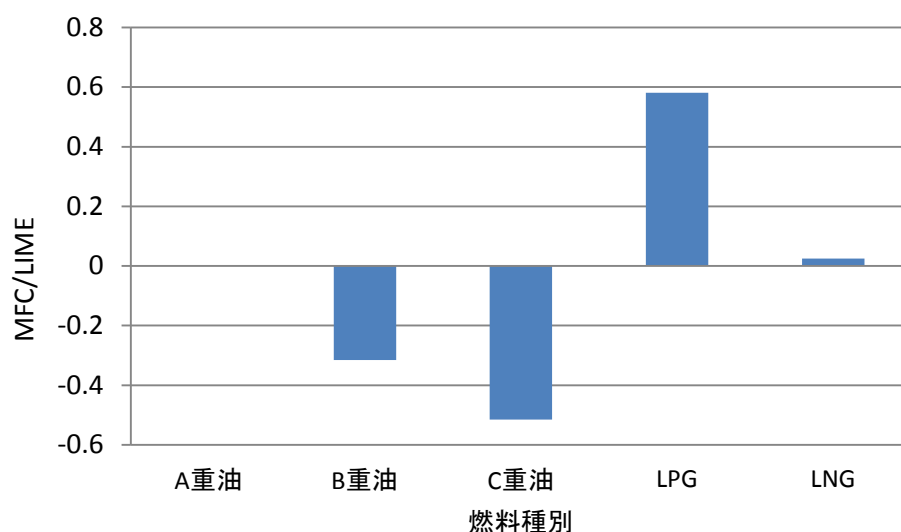


図 5.12 燃料の変更により得られた環境パフォーマンスの改善効果

5.3.2 射出成形用の温度調節機器を新型機械への変更

射出成形用の温度調節機器を新型機械への変更による省エネルギーの達成を考えた。ここで、計算のための条件は以下の通りであった。

- ・ A 社現在の温調機の仕様は：1.85kW
- ・ 市販の最新型温調機の仕様は：0.2kW
- ・ 新しい温調機の市販価格は：200 万前後（企業へ電話で確認した結果）
- ・ 減価償却費（20 年間として）：毎年の投資額は 20 万円
- ・ 電気代：15 円/kWh, LIME 値：1kWh=1.95 円

1 年間で、（毎年 250 日間を 24 時間運転の場合）：

旧型温調機の電気代は：166,500 円

新型温調機の電気代は：18,000 円

- ・ 温調機導入に関する MFC-LCC 分析結果(一年間)

ただし、外部資金調達による金利負担は考慮していない。

表 5.24 温度調節器導入による MFC 及び LIME の変化

温度調節器	導入前（円）	導入後（円）
MFC	166,500	118,000
LIME	22,100	2,390

環境パフォーマンス	7.53	49.4
-----------	------	------

表 5.24 は、省エネルギーのために新型の温度調節器を導入した場合の MFC と LIME の値の変化を計算した結果を示した。温度調節器導入前の環境パフォーマンスに比べて、導入後のそれは約 6.6 倍になっており、環境パフォーマンスが改善されたことがわかる。

5.3.3 射出成形機器コンプレッサーの新型機械への変更

A 社現在のコンプレッサーの仕様は 2.9kW であるのに対して、市販の最新型温調機の仕様は 1.5kW である。ここで、新しい温調機の市販価格は、180 万前後（温調機メーカー情報）であるとした。また、計算の条件は以下の通りである。

- ・ 減価償却費（20 年間として）：毎年の投資額は 9 万円
 - ・ 1 年間で、（毎年 250 日間を 24 時間運転の場合）：
 - ・ 電気代：15 円/kWh, LIME 値：1kWh=1.95 円
 - ・ 旧型コンプレッサーの電気代は：26.1 万円
 - ・ 新型コンプレッサーの電気代は：13.5 万円
 - ・ 新型コンプレッサー導入に関する MFC-LCC 分析結果(一年間)
- ただし、外部資金調達による金利負担は考慮していない。

表 5.25 コンプレッサーの新型機械への変更による MFC 及び LIME の変化

A 社	導入前（万円）	導入後（万円）
MFC 結果	26.1	22.5
LIME 結果	3.39	1.76
環境パフォーマンス指標	7.7	12.8

表 5.25 は射出成形機器コンプレッサーの新型機械への変更により省エネルギーを図った場合の環境パフォーマンスの改善を示したものである。環境パフォーマンスの値が 1.66 倍に改善されたことがわかる。

5.3.4 環境経営的な判断

以上、燃料の変更、新型温度調節器の導入、そして新型のコンプレッサーの導入の 3 つの遵法策についてシミュレーションを行った結果を環境パフォーマンスで評価した結果を図 5.13 に示した。

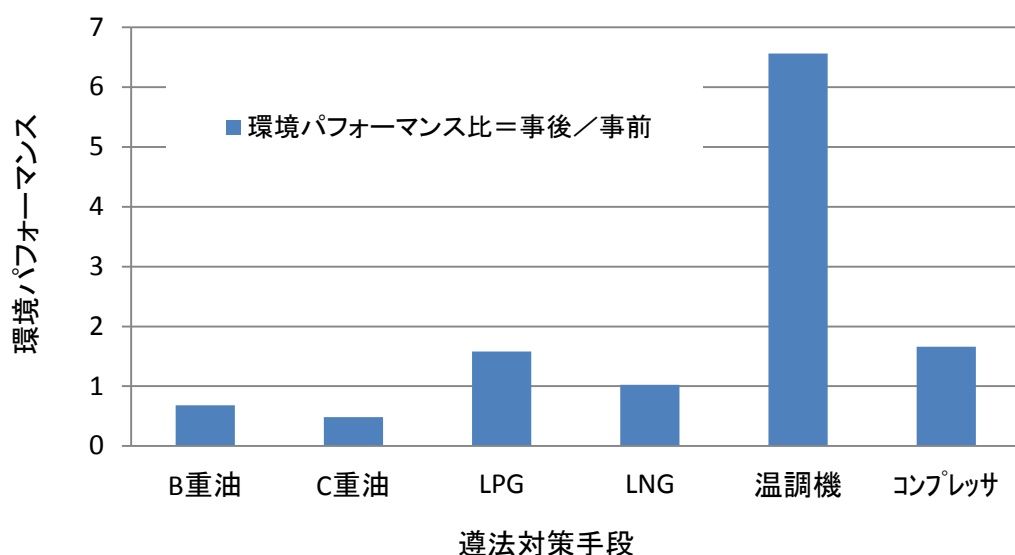


図 5.13 省エネルギー基準を達成するための方策（コンプライアンス）検討結果

省エネ法で要求される省エネルギーを達成するための方策として、燃料の変更 4 種類、温調機及びコンプレッサの新機種への入れ替えについて、各々の方策によって得られる MFC 及び LIME の値を計算し、経済性と環境性能を両立させるための指標として環境パフォーマンスを計算した。その結果、これまでの温調機を新型に変更することにより最も高い環境パフォーマンスの向上が期待できることがわかった。従来は、これらのコンプライアンス対策はコスト面あるいは環境面から別々に評価されてきたが、本研究で提案した環境パフォーマンス指標を用いることにより、コンプライアンスの問題（リーガルインパクト）に対しても経営者の意思決定の支援が可能であることを示すことができた。

5.4 まとめ

法律が改正された場合、企業は法律を守るという原則からその改正内容に対応した変化を起こさなければならない。それは企業にとってコスト負担を強いるものである例が多い、企業はできるだけ効率的な方法で遵法性を維持することになる。製造業においては、その製造プロセス自体も見直さなければならない場合も少なくない。これまでは遵法という観点から、罰金等の法的な懲罰及び CSR の観点から対応策を考えることが多く、環境経済学的な分析を行うことにより最小の内部及び外部コストによる方法を探索することは少なかった。そこで、本研究では既述した LC-MFCA の手法を用いて環境関連法が改正されることにより企業への法的要求事項が変化した場合、企業はどのように対応すべきなのか、その経済的な側面に注目し、企業に生じる変化について検討を行った。

まず省エネルギー法の改正に関する検討を行った。電力需要の平準化対策の導入による企業の内部経済の変化を表す MFC の値には大きな変動は認められなかった。しかし、LIME の値において、A 社及び C 社では顕著な環境負荷（外部不経済）の減少効果が認められた。

次に、同法の改正に関連して、事例研究の3社に太陽光パネルを導入することにより生じる影響を分析した。3社を比較すれば、C社における電気料金節約効果が最も大きいことが示された。同様に、LIME値の増加量もC社が最も大きかった。しかし、料金節約の増分に比べて、LIMEの増分は小さいことがわかる。環境パフォーマンスはC社（立地条件）が最も高い結果となった。

さらに省エネ法改正に関連して、断熱材の設置による影響評価を行った。まず、C社のLIMEの値は他の2社に比較して大きいこと、そして断熱材設置による効果は3社すべてにおいて若干のMFCの低減が成されたただけであった。これは断熱材の導入により冷暖房負荷が低減され電気使用量が減少し、もって発電の環境負荷が低減されたが、その反面、断熱材製造の環境負荷が増加することとなり、これら両者のバランスで最終的なLIMEの変化が生じた。このケーススタディでは、電気使用量削減によるLIME低減と断熱材使用によるLIME増加が互いに相殺されたと判断される。

省エネ法のトップランナー方式が導入された場合、蛍光灯からLED灯へと照明設備の変更を行ったケースについて検討を行った結果、エネルギーコストがマテリアルコストとシステムコストの合計値を超えて削減されたため、MFCの値は負になった。特に、C社の場合にこの傾向が顕著に現れていた。また、LIMEについてもLED灯への変更の効果は大きく現れることを示した。

最後に、資源有効利用促進法の改正に関連して、製造に用いる原材料を水平リサイクル利用する場合を想定して、これによる効果をMFC及びLIMEについて求めた。材料の鋼材を再生鋼材に変更した場合、再生鋼材の利用率が向上してもMFCの負のコストおよびLIMEコストにほとんど変化は認められなかった。これに対して正のコストは利用率の向上に比例して減少する傾向があった。このことから、再生鋼材の利用促進は環境負荷の低減に効果があることというよりも、企業のコストダウン、すなわち利益の向上に貢献することがわかった。一般に再生鋼材を使用することにより環境負荷を低減する活動が盛んであるが、その効果のほどは期待されるほどではないことを示した。これは我々の環境負荷低減に関する先入観を取り除く必要性を指摘した。

以上、環境関連法の改正が行われた場合、LC-MFCA手法を用いてMFC及びLIMEの変化をシミュレーションすることにより、法改正による企業へのインパクトを軽減するための情報が得られることを示した。特に、工場における使用材料やプロセスの変更を伴う場合、その変更率を段階的に変化させて感度分析を行うことにより、最適な経営資源の投入などの経営戦略の構築が可能となることを強調したい。

第6章 総括

本研究は環境問題の解決の最も重要な点は、環境を経済システムの中で考えることであるという認識に基づいている。現状では、環境は経営上の問題ではあるが、経営のために必要な要素ではない、環境は外力（外圧）ではあるが、経営を支援するものではない、という認識を持つ経営者は少なくない。21世紀の経営者は、環境問題を処理するという立場から、環境問題を経営の中で活用するという立場に変わる時代であると考えている。

環境が企業経営の良否の評価尺度として用いられるようにならなければならない。そのためには環境配慮が企業の経営システムの中に取り込まれることが不可欠である。本研究では、環境配慮をマネジメントの中に取り込むための環境マネジメント支援ツールとして、マテリアルフローコスト分析（MFCA）とライフサイクル分析（LCA）の同時解析法を提案した。

経済的に受容可能な環境戦略を見出すために、企業においてすでに活用されている経済性評価のための環境会計手法の一つであるマテリアルフローコスト会計（MFCA）と環境側面が社会環境システムに与える影響を評価するための被害算定型環境影響評価手法（LIME：Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）を複合的に活用することにより、経済性と環境負荷低減効果との関係を統合的に評価する方法を考えた。これにより環境保全活動が経済システムの中で適切に評価されると同時に、経営層にとっては環境経営上の判断を行う際の重要な情報となる。すなわち、企業における環境負荷低減のための活動（技術開発、サービス、社会貢献など）の実行可能性を定量的に予測できることになる。われわれは、LCAとMFCAを統合的に考えることにより、単一では見えてこなかった側面を見出すと同時に、環境経営のための新しい視点を提供することを目的に、LCAとMFCAとを統合した評価手法であるLC-MFCAに関する研究を行った。

1章では、LC-MFCA手法に関する背景を述べ、その重要性を指摘すると同時に、本研究の位置づけを明らかにした。特に、環境問題は経済システムの中で考えないと、環境問題解決の実効性が上がらないことを指摘した。企業は利潤の追求を目的としているので、コストが管理された状態においてはじめて、環境問題に取り組むことになる。また、CSR向上の観点からもLC-MFC手法の活用は有用であることを指摘した。

2章では、ライフサイクルアセスメント（LCA）の手法について概要を述べた。環境負荷の低減を効率的に推進するためには、製品の生涯にわたって考える必要があることを示し、単一の企業の活動範囲を越えたサプライチェーンや国際協力という形でグローバル化が進行している現状において、地球温暖化に対する二酸化炭素削減や、オゾン層破壊の防止のためのフロン規制などのような個々の環境因子だけをマネジメントするのではなく、すべての環境側面を保護対象とすべきであることを指摘した。そして、すべての環境保護領域の影響評価を金額として算出することができる被害算定型環境影響評価手法（Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint **modeling**：LIME）を採用すべきであることを述べた。LIMEは組織が環境に及ぼす影響（被害発生）を金額で表示することができる点が有用であり、この特性は経済システムへの適合性を高めていることを示した。

3章では、企業の会計システムとして採用されているマテリアルフローコスト会計（Material Flow Cost Accounting、以下 MFCA という）と呼ばれる環境管理会計手法の概要を述べた。MFCA は、製品を正の製品と負の製品に分けて考え、負の製品を物質やエネルギー利用における損失コスト（Lose）とみなし、そのコストを見える化することによりロス削減に結びつける手法であり、環境コストの概念が強く含まれている。特に MFCA は、マスバランスと原価計算を統合したシステムである。基本的なフレームは企業へのインプットを始点として様々な生産プロセスを経て、最後にアウトプットが得られるまでの企業内プロセスの間を、物質がどのように流れ、滞留するかを一定期間にわたりモニターする。ここでいうマスバランスとは、企業と外部との境目であるインプットとアウトプットとの間で物質の動きを記録し、測定し、集計したデータを指す。ただし、マテリアルフローコスト会計の場合、このマスバランスを企業生産プロセス内に導入することになる。このマスバランスの考え方は LCA における物質収支の概念と同じである。MFCA と LCA は同時に解析すること、そしてこれらの結果を統合的に評価することにより、これらを別々に評価する場合には得られない、マネジメントのための情報に関するシナジー効果が生まれることを指摘した。この方法を LC-MFCA（Life-Cycle Material Flow Cost Analysis）と呼ぶこととした。

4章では、前章までに提案した LC-MFCA の手法を用いた事例研究を行った。ここで、LC-MFCA の CA の部分は、Cost Accounting ではなく、Cost Analysis である。これは本研究が会計学に関する研究ではなく、会計学の手法を工学的な場で活用していることを示している。事例解析において、長野県内の機械部品製造会社（A 社）、熟練加工会社（B 社）と栃木の製造会社 C 社 3 社における生産データを現場にて調査し、MFCA 及び LCI の計算を行った。その結果、製造する製品が異なっても、MFC と LIME の間には線形な関係が認められ、MFC と LIME の値を関係付けるキャリブレーションカーブを得ることができた。得られた線形回帰式を利用することにより、ある活動における MFC が計算されれば、LIME を計算しなくても、環境被害額が推定できる。マテリアルフローコスト（内部経済）と環境コスト（外部経済）の両方を統合的に評価することにより、環境マネジメントにとって有用な知見が得られることを示した。

5章では、前章と同様の事例研究により、環境関連の法律が改正された場合、これへの遵法性を確保するための経営資源投入に係る意思決定の場において、LC-MFCA 手法が有効であることを示した。法の改正事例では、省エネルギー法及び資源有効利用促進法に関連する改正事例を用いて、これらに対応するための方法に関して感度分析に基づくシミュレーションを行った。その結果、従来の環境工学における知識によれば、リサイクルした材料を使用することにより、環境負荷が必然的に低減されるということが常識であった。しかし、本解析事例によれば、リサイクル材料を利用しても、環境負荷（環境被害額）はほとんど低減されず、企業の利益だけが増大する傾向があることを明らかにした。

6章は総括であり、1章から5章までに見出された、あるいは確認された新しい知見について纏めたものである。

本論文は、これまで独立に用いられてきた、会計学における物量とコストの流れを分析する手法である MFCA と工学分野で環境影響評価手法として開発された LCA を同時に計算し、評価することにより、

これまで見過ごされてきた、あるいは気がつかなかったような発見が得られることを示した点に新規性がある。このような発見は、経営者の環境経営の適切な舵取りを支援するための情報として極めて重要であると考えます。ただし、事例研究に関する件数を増やすことにより、本手法の信頼性を増やすことが今後の課題である。今後、本手法の検証と妥当性の確認作業をオーソライズすることにより、環境経営のための新しいマネジメントシステムの開発に寄与したいと考えています。

参考文献

- (1) <http://www.meti.go.jp/press/2013/04/20130430002/20130430002-3.pdf>
- (2) 宮本憲一, “環境経済学”, 岩波書店, 390p, 2007.
- (3) Jane C. powell, David W. Pearce, Amelia L. Craighill, “Approaches to Valuation in LCA Impact Assessment” 6th SETAC-Europe Meeting, 1997.
- (4) Michiyasu Nakajima “The New Management Accounting Field Established by Material Flow Cost Accounting(MFCA) ”, Kansai University Review of Business and Commerce, pp1-22, 2006.
- (5) 伊坪徳宏, 田原聖隆, 成田暢彦, “LCA シリーズ [第 1 分冊] LCA 概論, 一般社団法人産業環境管理協会, 305p, 2014.
- (6) 中畠道靖, 國部克彦, “マテリアルフローコスト会計”, 日本経済新聞社 254p, 2002.
- (7) Mag. a Daniela Schrack, “ Potentiale und Grenzen einer lebenswegbezogenen Materialflusskostenrechnung ” http://www.jku.at/uwi/content/e58575/e166386/6_SCHRACK.pdf.
- (8) 石川禎昭, “公害防止管理者のための環境保全関係法令早わかり”, 株式会社オーム社, 205p, 2003.
- (9) 稲葉敦, “LCA シリーズ LCA の実務”, 社団法人産業環境管理協会, 302p, 2010.
- (10) 稲葉敦, “カーボンフットプリントーLCA 評価手法でつくる、製品別「CO₂ 排出量見える化」の仕組み”, 工業調査会, 2009.
- (11) (社)日本機械工業連合会, (株)富士総合研究所環境・資源エネルギー研究部, “ISO14040 シリーズ 対応 企業のための LCA ガイドブック”, 日刊工業新聞社, 209p, 2001.
- (12) JIS Q14040:2010 <http://kikakurui.com/q/Q14040-2010-01.html>
- (13) 伊坪徳宏, 稲葉敦, “LIME2-意思決定を資源する環境影響評価手法”, 一般社団法人産業環境管理協会, 666p, 2010.
- (14) 國部克彦, 伊坪徳宏, 水口剛, “環境経営・会計”, 有斐閣, 323p, 2009.
- (15) LCA 日本フォーラム <http://lca-forum.org/>
- (16) 國部克彦, “実践マテリアルフローコスト会計”, 産業環境管理協会, 265p, 2008.
- (17) Christine Jasch, “ The use of Environmental Management Accounting(EMA) for identifying environmental cost ”, Journal of Cleaner Production 11, 2003.
- (18) Christine Jasch, “How to perform an environmental management cost assessment in one day”, Journal of Cleaner Production 14, 2006.
- (19) 古川芳邦, 立川博巳, 古川英潤, “ムダを利益に料理する, マテリアルフローコスト経営”, 日本経済新聞出版社, 243p, 2014.
- (19) 安城泰雄, 下垣彰, “図説 MFCA(マテリアルフローコスト会計)-マテリアル・エネルギーのロスが見えるかする ISO14051”, 株式会社 JIPM ソリューション, 157p, 2011.
- (20) 伊保内賢, “プラスチック活用ノート”, 公和図書株式会社, 196p, 1995.
- (21) 省エネルギーについて, 経済産業省資源エネルギー庁ホームページ, 入手先

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/

- (22) (株) 日本環境認証機構, “すぐ役に立つ ISO 環境法 (改訂第 7 版)”, 東洋経済新報書, 447p, 2010.
- (23) 奈良松範, 篠原嘉一, 村野昭人, 藤井実, “建設分野における鋼構造物の LCA 検討”一般社団法人日本鋼造協会, 2014, 128p.
- (24) 藤井実, 橋本征二, 南斉規介, 村上進亮, 稲葉陸太, 大迫政浩, 森口祐一, “マテリアルリサイクルの評価方法の整理と評価事例”, 日本 LCA 学会誌, 4(1), pp78-88, 2008.
- (25) 独立行政法人産業技術総合研究所, 社団法人産業環境管理協会, MiLCA LCI データベース IDEA, ver. 1. 0, 東京, 社団法人産業環境管理協会.

付録

入出力方向	フロー種別	物質UICD	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	5.46E-03	5.46E-03
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.24E-13	1.24E-13	CO2	kg	排出物	水圏	不特定	3.26E-06	3.26E-06
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.90E-06	3.90E-06	N2O	kg	排出物	大気	不特定	1.87E-04	1.87E-04
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	4.08E-04	4.08E-04	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.17E-17	1.17E-17
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.45E-01	1.45E-01	NH3	kg	排出物	大気	不特定	2.01E-09	2.01E-09
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.43E-06	6.43E-06	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.27E-09	4.27E-09
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	2.78E-06	2.78E-06	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.45E-03	1.45E-03
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.29E-06	9.29E-06	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.35E-15	4.35E-15
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	1.78E-05	1.78E-05	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.23E-09	6.23E-09	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.87E-17	4.87E-17
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.11E-04	1.11E-04	SF6	kg	排出物	大気	不特定	5.20E-12	5.20E-12
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.43E-05	2.43E-05	SO2	kg	排出物	大気	不特定	1.69E-03	1.69E-03
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.69E-05	3.69E-05	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.45E-18	4.45E-18
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.92E-08	1.92E-08	SOx	kg	排出物	大気	不特定	2.51E-04	2.51E-04
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.29E-08	6.29E-08	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	7.35E-14	7.35E-14
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.43E-14	7.43E-14	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	3.19E-14	3.19E-14
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	5.97E-11	5.97E-11	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	9.62E-10	9.62E-10
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.51E-08	2.51E-08	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	3.21E-13	3.21E-13
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	4.46E-02	4.46E-02	クロム	kg	排出物	大気	不特定	2.11E-08	2.11E-08
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.00E-06	3.00E-06	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	2.53E-13	2.53E-13
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.07E-05	3.07E-05	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.78E-12	1.78E-12
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.33E-13	8.33E-13	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	2.38E-08	2.38E-08
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.99E-03	2.99E-03	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	9.18E-11	9.18E-11
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.71E-05	1.71E-05	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	3.37E-12	3.37E-12
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	1.16E+00	1.16E+00	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	4.06E-09	4.06E-09
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	2.28E-01	2.28E-01	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	2.87E-04	2.87E-04
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	2.56E-01	2.56E-01	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	8.52E-08	8.52E-08
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.99E-01	2.99E-01	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	1.20E-08	1.20E-08
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.57E-04	6.57E-04	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	6.00E-12	6.00E-12
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	3.54E-06	3.54E-06	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	1.35E-13	1.35E-13
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.55E+02	1.55E+02	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	2.55E-11	2.55E-11
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.60E-08	5.60E-08	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.57E-11	1.57E-11
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.36E-07	6.36E-07	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.67E-11	1.67E-11
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	2.03E+00	2.03E+00	マンガニ	kg	排出物	水圏	不特定	3.52E-12	3.52E-12
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.68E-05	4.68E-05	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	1.72E-12	1.72E-12
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	2.32E-08	2.32E-08	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.98E-07	2.98E-07
雲石	kg	資源	陸域	非再生材料	7.05E-03	7.05E-03	鉛	kg	排出物	大気	不特定	5.57E-08	5.57E-08
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.89E-01	8.89E-01	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	6.26E-11	6.26E-11
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.11E-03	2.11E-03	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	4.25E-10	4.25E-10
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	8.91E-09	8.91E-09	塩素	kg	排出物	大気	不特定	5.21E-12	5.21E-12
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	6.04E-06	6.04E-06	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.34E-02	7.34E-02
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.47E-02	2.47E-02	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	6.21E-10	6.21E-10
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.17E-03	8.17E-03	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	4.59E-02	4.59E-02
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.32E+01	1.32E+01	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.35E-07	7.35E-07
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	3.88E+02	3.88E+02	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	2.32E+02	2.32E+02
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.54E-05	1.54E-05	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.40E-08	1.40E-08
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.56E-04	2.56E-04	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.45E-14	1.45E-14
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.80E-01	2.80E-01	水素気	kg	排出物	大気	対流圏	9.90E-02	9.90E-02
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	7.55E-12	7.55E-12	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	1.10E-12	1.10E-12
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.62E-06	1.62E-06	窒素	kg	排出物	水圏	不特定	4.88E-07	4.88E-07
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	3.03E-06	3.03E-06	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.54E-05	2.54E-05
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.35E-06	1.35E-06	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.42E-11	1.42E-11
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.21E-01	1.21E-01	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	8.69E-17	8.69E-17
オフガス	Nm3	-	-	-	2.84E-02	2.84E-02	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	6.92E-04	6.92E-04
二酸化硫黄再生利用品	kg	-	-	-	2.12E-01	2.12E-01	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	8.28E-03	8.28E-03
熱エネルギー	MJ	-	-	-	6.59E-01	6.59E-01	銅	kg	排出物	大気	不特定	7.60E-12	7.60E-12
炭アルカリ再生利用品	kg	-	-	-	4.12E-01	4.12E-01	銅	kg	排出物	水圏	不特定	1.65E-11	1.65E-11
2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ	kg	排出物	大気	不特定	7.04E-16	7.04E-16	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.05E-05	5.05E-05
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	2.38E-12	2.38E-12	汚濁物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	2.93E-06	2.93E-06
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	7.20E-06	7.20E-06	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.04E-11	1.04E-11
C6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	3.06E-14	3.06E-14	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	4.73E-10	4.73E-10
CH4 (化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.17E-17	1.17E-17	がれき類 再生利用品	kg	排出物	大気	不特定	2.78E-13	2.78E-13
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	3.47E-03	3.47E-03	にがり	kg	-	-	-	3.15E-02	3.15E-02
CO	kg	排出物	大気	不特定	1.74E-04	1.74E-04	汚泥 再生利用品	kg	-	-	-	3.15E-02	3.15E-02
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.28E-15	1.28E-15	鉱さい(スラグ) 再生利用品	kg	-	-	-	1.69E-01	1.69E-01
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	3.15E+00	3.15E+00	炭アルカリ 再生利用品	kg	-	-	-	2.63E-02	2.63E-02
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	7.02E-13	7.02E-13	炭酸 再生利用品	kg	-	-	-	9.42E-01	9.42E-01

図 4.9 投入原材料に係るインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質UIID	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.69E-13	2.69E-13
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.76E-14	4.76E-14	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	6.77E-04	6.77E-04
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.03E-06	2.03E-06	CO2	kg	排出物	水圏	不特定	1.96E-06	1.96E-06
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	2.02E-08	2.02E-08	N2O	kg	排出物	大気	不特定	4.60E-05	4.60E-05
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.02E-05	1.02E-05	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.46E-18	4.46E-18
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.01E-06	3.01E-06	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.00E-09	1.00E-09
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	7.65E-08	7.65E-08	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.01E-10	5.01E-10
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.29E-10	5.29E-10	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.98E-04	1.98E-04
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	8.28E-10	8.28E-10	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.66E-15	1.66E-15
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.74E-09	1.74E-09	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.31E-08	1.31E-08	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.86E-17	1.86E-17
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.24E-05	1.24E-05	SF6	kg	排出物	大気	不特定	8.35E-13	8.35E-13
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.80E-07	9.80E-07	SO2	kg	排出物	大気	不特定	2.13E-06	2.13E-06
ババジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.67E-09	7.67E-09	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.70E-18	1.70E-18
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.64E-10	7.64E-10	SOx	kg	排出物	大気	不特定	5.72E-05	5.72E-05
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.83E-14	2.83E-14	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	6.41E-15	6.41E-15
フィードラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	5.21E-12	5.21E-12	ガドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	3.05E-15	3.05E-15
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.72E-10	1.72E-10	ガドミウム	kg	排出物	大気	不特定	5.00E-10	5.00E-10
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.30E-06	1.30E-06	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	9.59E-14	9.59E-14
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.36E-06	1.36E-06	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.10E-06	1.10E-06
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.83E-08	6.83E-08	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	1.26E-13	1.26E-13
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.19E-13	3.19E-13	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	8.91E-13	8.91E-13
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.07E-07	2.07E-07	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	1.24E-08	1.24E-08
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.27E-09	2.27E-09	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	4.58E-11	4.58E-11
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	3.96E-01	3.96E-01	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	2.62E-13	2.62E-13
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	1.58E-05	1.58E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	2.44E-11	2.44E-11
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.33E-01	1.33E-01	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	1.38E-06	1.38E-06
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	7.28E-02	7.28E-02	ババジウム	kg	排出物	大気	不特定	4.43E-08	4.43E-08
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.11E-07	2.11E-07	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	6.24E-09	6.24E-09
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	2.13E-08	2.13E-08	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	9.30E-13	9.30E-13
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.52E-01	1.52E-01	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	5.19E-14	5.19E-14
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-12	3.57E-12	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	2.05E-12	2.05E-12
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.08E-11	6.08E-11	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	7.81E-12	7.81E-12
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	1.39E-04	1.39E-04	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.30E-12	1.30E-12
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.98E-06	4.98E-06	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	2.74E-13	2.74E-13
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	1.48E-10	1.48E-10	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	3.44E-13	3.44E-13
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.71E-06	1.71E-06	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	1.55E-07	1.55E-07
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.38E-02	3.38E-02	鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.89E-08	2.89E-08
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.71E-05	8.71E-05	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	3.08E-11	3.08E-11
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	1.68E-10	1.68E-10	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.12E-10	2.12E-10
蛭石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.30E-06	2.30E-06	塩素	kg	排出物	大気	不特定	8.19E-14	8.19E-14
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.33E-03	1.33E-03	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	4.50E-04	4.50E-04
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-03	3.57E-03	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	3.10E-10	3.10E-10
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	6.32E-03	6.32E-03	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.81E-04	2.81E-04
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	2.17E-02	2.17E-02	鉱滓(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.67E-07	3.67E-07
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	5.95E-06	5.95E-06	処理済み水	kg	排出物	水圏	不特定	2.20E-02	2.20E-02
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.20E-04	1.20E-04	水銀	kg	排出物	大気	不特定	7.30E-09	7.30E-09
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	9.99E-02	9.99E-02	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	7.22E-15	7.22E-15
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.71E-12	2.71E-12	水素気	kg	排出物	大気	対流圏	6.93E-06	6.93E-06
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.66E-07	1.66E-07	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	5.10E-13	5.10E-13
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	2.34E-07	2.34E-07	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	2.42E-07	2.42E-07
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.69E-11	7.69E-11	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	6.11E-06	6.11E-06
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.23E-06	2.23E-06	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	7.10E-12	7.10E-12
2,3,7,8-テトラクロロジベ	kg	排出物	大気	不特定	2.22E-16	2.22E-16	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.33E-17	3.33E-17
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	1.19E-12	1.19E-12	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	3.60E-04	3.60E-04
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	8.59E-09	8.59E-09	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.90E-07	1.90E-07
OS アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	1.18E-14	1.18E-14	銅	kg	排出物	大気	不特定	3.89E-12	3.89E-12
OH(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	4.46E-18	4.46E-18	銅	kg	排出物	水圏	不特定	8.21E-12	8.21E-12
OH(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	1.95E-04	1.95E-04	非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.63E-05	2.63E-05
CO	kg	排出物	大気	不特定	7.81E-05	7.81E-05	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	1.74E-08	1.74E-08
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.81E-16	4.81E-16	酸化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.16E-12	5.16E-12
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	5.36E-01	5.36E-01	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	2.36E-10	2.36E-10
							硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.39E-13	1.39E-13

図 4.10 は電力のインベントリ結果を示したものである。

入出力方向	フロー種別	物質UUID	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来) kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.82E-17	5.82E-17		
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.03E-17	1.03E-17	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	1.51E-07	1.51E-07
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.38E-10	4.38E-10	COD	kg	排出物	水圏	不特定	5.15E-11	5.15E-11
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	1.03E-10	1.03E-10	N2O	kg	排出物	大気	不特定	5.77E-05	5.77E-05
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	4.01E-08	4.01E-08	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.65E-22	9.65E-22
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.49E-10	6.49E-10	NH3	kg	排出物	大気	不特定	2.16E-13	2.16E-13
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	2.17E-11	2.17E-11	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.51E-13	2.51E-13
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.06E-12	3.06E-12	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.28E-03	1.28E-03
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	2.16E-11	2.16E-11	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.60E-19	3.60E-19
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.78E-13	3.78E-13	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.98E-11	3.98E-11	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.04E-21	4.04E-21
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.68E-09	2.68E-09	SF6	kg	排出物	大気	不特定	2.34E-16	2.34E-16
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.23E-10	2.23E-10	SO2	kg	排出物	大気	不特定	1.51E-03	1.51E-03
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.66E-12	1.66E-12	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.69E-22	3.69E-22
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.44E-13	5.44E-13	SOx	kg	排出物	大気	不特定	3.06E-04	3.06E-04
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.13E-18	6.13E-18	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	1.49E-18	1.49E-18
フィードラテック	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.21E-15	1.21E-15	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	6.69E-19	6.69E-19
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.00E-14	8.00E-14	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	1.08E-13	1.08E-13
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.50E-06	2.50E-06	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	2.08E-17	2.08E-17
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.94E-10	2.94E-10	クロム	kg	排出物	大気	不特定	2.37E-12	2.37E-12
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.45E-11	2.45E-11	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	2.73E-17	2.73E-17
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.90E-17	6.90E-17	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.92E-16	1.92E-16
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.22E-10	8.22E-10	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	2.67E-12	2.67E-12
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.86E-12	4.86E-12	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	9.89E-15	9.89E-15
一次エネルギー(J MJ)	資源	水圏	再生可能エネルギー	8.57E-05	8.57E-05	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	5.76E-17	5.76E-17	
一次エネルギー(J MJ)	資源	大気	再生可能エネルギー	6.25E-08	6.25E-08	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	6.72E-15	6.72E-15	
一次エネルギー(H MJ)	資源	陸域	再生可能エネルギー	2.87E-05	2.87E-05	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	1.06E-04	1.06E-04	
一般炭 25.7MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.58E-05	1.58E-05	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	9.56E-12	9.56E-12	
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.13E-10	2.13E-10	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	1.35E-12	1.35E-12
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	5.86E-12	5.86E-12	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.02E-16	2.02E-16
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	8.30E+00	8.30E+00	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	1.12E-17	1.12E-17
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.50E-14	1.50E-14	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	4.50E-16	4.50E-16
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.84E-13	1.84E-13	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.69E-15	1.69E-15
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	6.21E-07	6.21E-07	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.86E-16	2.86E-16
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.28E-09	1.28E-09	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	6.03E-17	6.03E-17
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	5.64E-14	5.64E-14	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	7.47E-17	7.47E-17
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.02E-09	4.02E-09	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	3.35E-11	3.35E-11
原油 44.7MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.09E+00	1.09E+00	鉛	kg	排出物	大気	不特定	6.25E-12	6.25E-12	
原料炭 29.0MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.81E-08	5.81E-08	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	6.66E-15	6.66E-15	
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	5.72E-14	5.72E-14	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	4.59E-14	4.59E-14
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.98E-10	4.98E-10	塩素	kg	排出物	大気	不特定	2.96E-15	2.96E-15
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	6.64E-07	6.64E-07	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.21E-06	1.21E-06
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.73E-07	7.73E-07	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	6.69E-14	6.69E-14
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.49E-02	1.49E-02	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.53E-07	7.53E-07
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	9.00E-01	9.00E-01	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.93E-11	7.93E-11
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.29E-09	1.29E-09	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	8.69E-01	8.69E-01
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.59E-08	2.59E-08	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.58E-12	1.58E-12
天然ガス 54.6MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.68E-02	1.68E-02	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.56E-18	1.56E-18	
天然ガス液 46.5W/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.88E-16	5.88E-16	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	2.74E-08	2.74E-08	
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.62E-11	3.62E-11	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	1.10E-16	1.10E-16
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	5.08E-10	5.08E-10	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	5.24E-11	5.24E-11
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.46E-13	4.46E-13	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	9.11E-06	9.11E-06
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.23E-07	1.23E-07	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.53E-15	1.53E-15
2,3,7,8-テトラクロロ	kg	排出物	大気	不特定	4.82E-20	4.82E-20	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	7.20E-21	7.20E-21
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	2.56E-16	2.56E-16	低レベル放射性廃	kg	排出物	陸域	管理域内	7.77E-08	7.77E-08
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	2.20E-11	2.20E-11	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.55E-07	3.55E-07
C6 アルキルベン	kg	排出物	水圏	不特定	2.55E-18	2.55E-18	銅	kg	排出物	大気	不特定	8.40E-16	8.40E-16
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.65E-22	9.65E-22	銅	kg	排出物	水圏	不特定	1.77E-15	1.77E-15
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	3.89E-03	3.89E-03	浮遊物質(SS)	kg	排出物	大気	不特定	5.67E-09	5.67E-09
CO	kg	排出物	大気	不特定	8.16E-06	8.16E-06	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	4.55E-11	4.55E-11
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.04E-19	1.04E-19	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.12E-15	1.12E-15
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	3.48E+00	3.48E+00	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	5.09E-14	5.09E-14
							硫酸	kg	排出物	大気	不特定	2.99E-17	2.99E-17

図 4.11 A 重油のインベントリデータ一覧

入出力方向	フロー種別	物質UID	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	1.47E-07	1.47E-07
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.98E-18	9.98E-18	COO	kg	排出物	水圏	不特定	4.99E-11	4.99E-11
ウラン(U308)	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.24E-10	4.24E-10	N2O	kg	排出物	大気	不特定	6.55E-05	6.55E-05
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	9.95E-11	9.95E-11	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.35E-22	9.35E-22
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.89E-08	3.89E-08	NH3	kg	排出物	大気	不特定	2.09E-13	2.09E-13
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.29E-10	6.29E-10	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.43E-13	2.43E-13
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	2.11E-11	2.11E-11	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.62E-03	1.62E-03
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.96E-12	2.96E-12	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.49E-19	3.49E-19
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	2.09E-11	2.09E-11	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.66E-13	3.66E-13	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.91E-21	3.91E-21
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.85E-11	3.85E-11	SF6	kg	排出物	大気	不特定	2.27E-16	2.27E-16
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.59E-09	2.59E-09	SO2	kg	排出物	大気	不特定	6.97E-07	6.97E-07
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.16E-10	2.16E-10	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.57E-22	3.57E-22
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.61E-12	1.61E-12	SOx	kg	排出物	大気	不特定	4.42E-04	4.42E-04
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.26E-13	5.26E-13	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	1.44E-18	1.44E-18
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.93E-18	5.93E-18	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	6.48E-19	6.48E-19
フルードラチックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.17E-15	1.17E-15	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	1.05E-13	1.05E-13
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能材料	7.74E-14	7.74E-14	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	2.01E-17	2.01E-17
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.42E-06	2.42E-06	クロム	kg	排出物	大気	不特定	2.30E-12	2.30E-12
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.85E-10	2.85E-10	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	2.64E-17	2.64E-17
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.37E-11	2.37E-11	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.86E-16	1.86E-16
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.68E-17	6.68E-17	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	2.59E-12	2.59E-12
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.96E-10	7.96E-10	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	9.58E-15	9.58E-15
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.70E-12	4.70E-12	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	5.58E-17	5.58E-17
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	8.30E-05	8.30E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	6.51E-15	6.51E-15
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	6.05E-08	6.05E-08	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	4.65E-05	4.65E-05
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	2.78E-05	2.78E-05	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	9.26E-12	9.26E-12
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.53E-05	1.53E-05	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	1.30E-12	1.30E-12
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.06E-10	2.06E-10	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.96E-16	1.96E-16
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	5.67E-12	5.67E-12	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	1.09E-17	1.09E-17
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	8.03E+00	8.03E+00	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	4.36E-16	4.36E-16
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.45E-14	1.45E-14	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.83E-15	1.83E-15
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.78E-13	1.78E-13	水ウ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.77E-16	2.77E-16
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	6.02E-07	6.02E-07	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	5.84E-17	5.84E-17
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.24E-09	1.24E-09	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	7.23E-17	7.23E-17
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	5.46E-14	5.46E-14	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	3.24E-11	3.24E-11
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	3.89E-09	3.89E-09	鉛	kg	排出物	大気	不特定	6.05E-12	6.05E-12
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.24E+00	1.24E+00	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	6.45E-15	6.45E-15
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.02E-08	5.02E-08	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	4.44E-14	4.44E-14
黒鉛錠	kg	資源	陸域	非再生材料	5.53E-14	5.53E-14	塩素	kg	排出物	大気	不特定	2.86E-15	2.86E-15
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.82E-10	4.82E-10	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.17E-06	1.17E-06
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	6.43E-07	6.43E-07	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	6.48E-14	6.48E-14
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.48E-07	7.48E-07	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.30E-07	7.30E-07
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.44E-02	1.44E-02	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.68E-11	7.68E-11
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	8.72E-01	8.72E-01	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	8.41E-01	8.41E-01
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.25E-09	1.25E-09	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.53E-12	1.53E-12
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.51E-08	2.51E-08	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.51E-18	1.51E-18
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.90E-02	1.90E-02	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	2.65E-08	2.65E-08
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.69E-16	5.69E-16	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	1.07E-16	1.07E-16
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.51E-11	3.51E-11	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	5.07E-11	5.07E-11
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	4.92E-10	4.92E-10	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.03E-05	1.03E-05
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.32E-13	4.32E-13	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.49E-15	1.49E-15
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.20E-07	1.20E-07	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	6.97E-21	6.97E-21
2,3,7,8-テトラクロロジベ	kg	排出物	大気	不特定	4.66E-20	4.66E-20	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	7.53E-08	7.53E-08
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	2.48E-16	2.48E-16	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.44E-07	3.44E-07
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	2.13E-11	2.13E-11	銅	kg	排出物	大気	不特定	8.14E-16	8.14E-16
C6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	2.47E-18	2.47E-18	鉄	kg	排出物	水圏	不特定	1.72E-15	1.72E-15
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.35E-22	9.35E-22	非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.49E-09	5.49E-09
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	4.41E-03	4.41E-03	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	4.41E-11	4.41E-11
CO	kg	排出物	大気	不特定	9.24E-06	9.24E-06	硫化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.08E-15	1.08E-15
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.01E-19	1.01E-19	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	4.93E-14	4.93E-14
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	3.62E+00	3.62E+00	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	2.90E-17	2.90E-17
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.63E-17	5.63E-17		kg	排出物				

図 4.12 LPG ガスによる LIME 算定に用いたインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質UOE	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2	kg	排出物	水圏	不特定	1.23E-06	1.23E-06	
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.14E-13	1.14E-13	N2O	kg	排出物	大気	不特定	1.55E-04	1.55E-04
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.42E-06	3.42E-06	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.07E-17	1.07E-17
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	1.01E-04	1.01E-04	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.77E-09	1.77E-09
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.91E-01	1.91E-01	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.56E-09	4.56E-09
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.74E-06	5.74E-06	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.19E-03	1.19E-03
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	3.29E-06	3.29E-06	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.99E-15	3.99E-15
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.20E-05	1.20E-05	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	1.83E-05	1.83E-05	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.48E-17	4.48E-17
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.79E-09	4.79E-09	SF6	kg	排出物	大気	不特定	5.35E-12	5.35E-12
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.42E-04	1.42E-04	SO2	kg	排出物	大気	不特定	1.16E-03	1.16E-03
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.16E-05	2.16E-05	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.09E-18	4.09E-18
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.67E-05	4.67E-05	SOx	kg	排出物	大気	不特定	1.80E-04	1.80E-04
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.72E-08	1.72E-08	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	7.45E-14	7.45E-14
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.57E-08	6.57E-08	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	3.90E-14	3.90E-14
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.83E-14	6.83E-14	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	8.44E-10	8.44E-10
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	6.06E-11	6.06E-11	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	3.38E-13	3.38E-13
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.61E-08	2.61E-08	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.86E-08	1.86E-08
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	5.81E-02	5.81E-02	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	2.24E-13	2.24E-13
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.69E-06	2.69E-06	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.58E-12	1.58E-12
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.95E-05	3.95E-05	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	2.09E-08	2.09E-08
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.65E-13	7.65E-13	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	8.11E-11	8.11E-11
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.92E-03	3.92E-03	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	4.16E-12	4.16E-12
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.25E-05	2.25E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	5.32E-09	5.32E-09
一次エネルギー(水) MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	1.07E+00	1.07E+00	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	2.47E-04	2.47E-04	
一次エネルギー(太陽) MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	2.97E-01	2.97E-01	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	7.47E-08	7.47E-08	
一次エネルギー(地熱) MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	2.24E-01	2.24E-01	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	1.06E-08	1.06E-08	
一般度 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.89E-01	2.89E-01	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	7.03E-12	7.03E-12
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.65E-04	8.65E-04	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	1.24E-13	1.24E-13
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	4.63E-06	4.63E-06	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	3.14E-11	3.14E-11
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.58E+02	1.58E+02	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.39E-11	1.39E-11
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.37E-08	7.37E-08	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.06E-11	2.06E-11
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.37E-07	8.37E-07	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	4.35E-12	4.35E-12
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	2.12E-01	2.12E-01	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	1.95E-12	1.95E-12
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	5.66E-05	5.66E-05	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.62E-07	2.62E-07
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	2.16E-08	2.16E-08	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	4.69E-08	4.69E-08
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	9.23E-03	9.23E-03	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	5.56E-11	5.56E-11
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.55E-01	4.55E-01	鉛	kg	排出物	大気	不特定	3.76E-10	3.76E-10
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.26E-03	2.26E-03	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	6.02E-12	6.02E-12
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	1.12E-08	1.12E-08	塩素	kg	排出物	陸域	管理域内	2.52E-02	2.52E-02
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	5.58E-06	5.58E-06	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.58E-02	1.58E-02
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.66E-02	2.66E-02	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	5.49E-10	5.49E-10
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.40E-03	8.40E-03	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	6.50E-07	6.50E-07
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	2.63E+00	2.63E+00	鉱さい(埋立)	kg	排出物	水圏	不特定	4.65E+02	4.65E+02
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	3.89E+02	3.89E+02	処理済み水	kg	排出物	大気	不特定	1.23E-08	1.23E-08
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.42E-05	1.42E-05	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.28E-14	1.28E-14
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.28E-04	2.28E-04	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.30E-01	1.30E-01
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.77E-01	2.77E-01	水素	kg	排出物	水圏	不特定	9.86E-13	9.86E-13
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	6.98E-12	6.98E-12	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	4.29E-07	4.29E-07
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.97E-06	1.97E-06	全窒素	kg	排出物	大気	不特定	2.08E-05	2.08E-05
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	4.45E-06	4.45E-06	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.26E-11	1.26E-11
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.74E-06	1.74E-06	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	7.98E-17	7.98E-17
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.16E-02	5.16E-02	炭化水素	kg	排出物	陸域	管理域内	6.08E-04	6.08E-04
オフガス	Nm3	-	-	-	1.11E-02	1.11E-02	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	1.07E-02	1.07E-02
二酸化硫黄 再生利用	kg	-	-	-	2.63E-01	2.63E-01	土砂(埋立)	kg	排出物	大気	不特定	6.89E-12	6.89E-12
熱エネルギー	MJ	-	-	-	1.20E+00	1.20E+00	銅	kg	排出物	水圏	不特定	1.45E-11	1.45E-11
炭アルカリ 再生利用	kg	-	-	-	4.27E-01	4.27E-01	銅	kg	排出物	大気	不特定	4.43E-05	4.43E-05
2,3,7,8-テトラクロロジ	kg	排出物	大気	不特定	7.30E-16	7.30E-16	非メタン炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.15E-06	1.15E-06
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	2.10E-12	2.10E-12	浮遊物質(SS)	kg	排出物	大気	不特定	9.15E-12	9.15E-12
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	7.07E-07	7.07E-07	硫化水素	kg	排出物	水圏	不特定	4.18E-10	4.18E-10
CH4(アルキルベンゼン)	kg	排出物	水圏	不特定	2.81E-14	2.81E-14	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	2.45E-13	2.45E-13
CO6(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.07E-17	1.07E-17	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	4.10E-02	4.10E-02
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	1.89E-03	1.89E-03	がれき類、再生利用	kg	-	-	-	3.27E-02	3.27E-02
CO	kg	排出物	大気	不特定	1.53E-04	1.53E-04	いがり	L	-	-	-	4.77E-02	4.77E-02
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.15E-15	1.15E-15	汚泥、再生利用	kg	-	-	-	1.75E-01	1.75E-01
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	2.47E+00	2.47E+00	鉱さい(スラグ)、再生	kg	-	-	-	3.39E-02	3.39E-02
CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	6.45E-13	6.45E-13	炭アルカリ、再生利用	kg	-	-	-		
CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	5.47E-03	5.47E-03			-	-	-		

図 4.21 投入した洗浄剤に係るインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質/UID	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.69E-13	2.69E-13
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.76E-14	4.76E-14	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	6.77E-04	6.77E-04
ウラン(UO8)	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.03E-06	2.03E-06	CO2	kg	排出物	水圏	不特定	1.96E-08	1.96E-08
カオリン	kg	資源	陸域	非再生可能材料	2.02E-08	2.02E-08	H2O	kg	排出物	大気	不特定	4.60E-05	4.60E-05
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.02E-05	1.02E-05	H2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.46E-18	4.46E-18
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.01E-06	3.01E-06	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.00E-09	1.00E-09
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生可能材料	7.65E-08	7.65E-08	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.01E-10	5.01E-10
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.29E-10	5.29E-10	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.98E-04	1.98E-04
タルク	kg	資源	陸域	非再生可能材料	8.28E-10	8.28E-10	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.66E-15	1.66E-15
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.74E-09	1.74E-09	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.31E-08	1.31E-08	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.86E-17	1.86E-17
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.24E-05	1.24E-05	SF6	kg	排出物	大気	不特定	8.35E-13	8.35E-13
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.80E-07	9.80E-07	SO2	kg	排出物	大気	不特定	2.13E-06	2.13E-06
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.67E-09	7.67E-09	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.70E-18	1.70E-18
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.64E-10	7.64E-10	SOx	kg	排出物	大気	不特定	5.72E-05	5.72E-05
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.83E-14	2.83E-14	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	6.41E-15	6.41E-15
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	5.21E-12	5.21E-12	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	3.06E-15	3.06E-15
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.72E-10	1.72E-10	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	5.00E-10	5.00E-10
ホウキサイト	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.30E-06	1.30E-06	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	9.59E-14	9.59E-14
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.36E-06	1.36E-06	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.10E-08	1.10E-08
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.83E-08	6.83E-08	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	1.26E-13	1.26E-13
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.19E-13	3.19E-13	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	8.91E-13	8.91E-13
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.07E-07	2.07E-07	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	1.24E-08	1.24E-08
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.27E-09	2.27E-09	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	4.58E-11	4.58E-11
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	3.96E-01	3.96E-01	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	2.62E-13	2.62E-13
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	1.58E-05	1.58E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	2.44E-11	2.44E-11
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.33E-01	1.33E-01	ばいじん(> PM10)	kg	排出物	大気	不特定	1.38E-06	1.38E-06
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	7.28E-02	7.28E-02	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	4.43E-08	4.43E-08
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.11E-07	2.11E-07	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	6.24E-09	6.24E-09
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生可能材料	2.13E-08	2.13E-08	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	9.30E-13	9.30E-13
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.52E-01	1.52E-01	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	5.19E-14	5.19E-14
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-12	3.57E-12	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	2.05E-12	2.05E-12
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.08E-11	6.08E-11	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	7.81E-12	7.81E-12
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	1.39E-04	1.39E-04	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.30E-12	1.30E-12
珪石	kg	資源	陸域	非再生可能材料	4.98E-06	4.98E-06	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	2.74E-13	2.74E-13
蛭石	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.48E-10	1.48E-10	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	3.44E-13	3.44E-13
炭石	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.71E-06	1.71E-06	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	1.55E-07	1.55E-07
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.38E-02	3.38E-02	鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.89E-08	2.89E-08
原料皮 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.71E-05	8.71E-05	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	3.08E-11	3.08E-11
亜鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.68E-10	1.68E-10	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.12E-10	2.12E-10
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生可能材料	2.30E-06	2.30E-06	塩素	kg	排出物	大気	不特定	8.19E-14	8.19E-14
石灰石	kg	資源	陸域	非再生可能材料	1.33E-03	1.33E-03	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	4.50E-04	4.50E-04
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-03	3.57E-03	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	3.10E-10	3.10E-10
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	6.32E-03	6.32E-03	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.81E-04	2.81E-04
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	2.17E-02	2.17E-02	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.67E-07	3.67E-07
長石	kg	資源	陸域	非再生可能材料	5.95E-06	5.95E-06	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	2.20E-02	2.20E-02
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.20E-04	1.20E-04	水銀	kg	排出物	大気	不特定	7.30E-09	7.30E-09
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	9.99E-02	9.99E-02	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	7.22E-15	7.22E-15
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.71E-12	2.71E-12	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	6.93E-06	6.93E-06
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.66E-07	1.66E-07	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	5.10E-13	5.10E-13
粘土	kg	資源	陸域	非再生可能材料	2.34E-07	2.34E-07	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	2.42E-07	2.42E-07
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.69E-11	7.69E-11	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	6.11E-06	6.11E-06
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.23E-06	2.23E-06	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	7.10E-12	7.10E-12
2,3,7,8-テトラクロロジベキ	kg	排出物	大気	不特定	2.22E-16	2.22E-16	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	都市域(地表付近)	3.33E-17	3.33E-17
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	1.19E-12	1.19E-12	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.90E-07	1.90E-07
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	8.59E-09	8.59E-09	銅	kg	排出物	大気	不特定	3.89E-12	3.89E-12
C6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	1.18E-14	1.18E-14	銅	kg	排出物	水圏	不特定	8.21E-12	8.21E-12
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.46E-18	4.46E-18	メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.63E-05	2.63E-05
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	1.95E-04	1.95E-04	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	1.74E-08	1.74E-08
CO	kg	排出物	大気	不特定	7.81E-05	7.81E-05	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.16E-12	5.16E-12
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.81E-16	4.81E-16	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	2.36E-10	2.36E-10
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	5.36E-01	5.36E-01	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.39E-13	1.39E-13

図 4.22 電力のインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質(単位)	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.02E-17	5.63E-17	
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.90E-18	9.90E-18	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	1.47E-07	1.47E-07
ウランU308	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.24E-10	4.24E-10	CO2	kg	排出物	水圏	不特定	4.99E-11	4.99E-11
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	9.95E-11	9.95E-11	N2O	kg	排出物	大気	不特定	6.55E-05	6.55E-05
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.89E-08	3.89E-08	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.35E-22	9.35E-22
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.29E-10	6.29E-10	NH3	kg	排出物	大気	不特定	2.09E-13	2.09E-13
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	2.11E-11	2.11E-11	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.43E-13	2.43E-13
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.96E-12	2.96E-12	NOx	kg	排出物	大気	不特定	1.62E-03	1.62E-03
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	2.09E-11	2.09E-11	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.49E-19	3.49E-19
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.66E-13	3.66E-13	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.85E-11	3.85E-11	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.91E-21	3.91E-21
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.59E-09	2.59E-09	SF6	kg	排出物	大気	不特定	2.27E-16	2.27E-16
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.16E-10	2.16E-10	SO2	kg	排出物	大気	不特定	6.97E-07	6.97E-07
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.61E-12	1.61E-12	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.57E-22	3.57E-22
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.26E-13	5.26E-13	SOx	kg	排出物	大気	不特定	4.42E-04	4.42E-04
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.93E-18	5.93E-18	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	1.44E-18	1.44E-18
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.17E-15	1.17E-15	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	6.48E-19	6.48E-19
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.74E-14	7.74E-14	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	1.05E-13	1.05E-13
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.42E-06	2.42E-06	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	2.01E-17	2.01E-17
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.85E-10	2.85E-10	クロム	kg	排出物	大気	不特定	2.30E-12	2.30E-12
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.37E-11	2.37E-11	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	2.64E-17	2.64E-17
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.68E-17	6.68E-17	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.86E-16	1.86E-16
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.96E-10	7.96E-10	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	2.59E-12	2.59E-12
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.70E-12	4.70E-12	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	9.56E-15	9.56E-15
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	8.30E-05	8.30E-05	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	5.58E-17	5.58E-17
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	6.05E-06	6.05E-06	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	6.51E-15	6.51E-15
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	2.78E-05	2.78E-05	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	4.65E-05	4.65E-05
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.53E-05	1.53E-05	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	9.26E-12	9.26E-12
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.06E-10	2.06E-10	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	1.30E-12	1.30E-12
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	5.67E-12	5.67E-12	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.96E-16	1.96E-16
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	6.03E+00	6.03E+00	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	1.09E-17	1.09E-17
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.45E-14	1.45E-14	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	4.36E-16	4.36E-16
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.78E-13	1.78E-13	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.63E-15	1.63E-15
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	6.02E-07	6.02E-07	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.77E-16	2.77E-16
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.24E-09	1.24E-09	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	5.84E-17	5.84E-17
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	5.46E-14	5.46E-14	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	7.23E-17	7.23E-17
蛭石	kg	資源	陸域	非再生材料	3.89E-09	3.89E-09	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	3.24E-11	3.24E-11
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.24E+00	1.24E+00	鉛	kg	排出物	大気	不特定	6.05E-12	6.05E-12
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.62E-08	5.62E-08	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	6.45E-15	6.45E-15
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	5.53E-14	5.53E-14	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	4.44E-14	4.44E-14
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.82E-10	4.82E-10	塩素	kg	排出物	大気	不特定	2.86E-15	2.86E-15
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	6.43E-07	6.43E-07	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.17E-06	1.17E-06
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.48E-07	7.48E-07	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	6.48E-14	6.48E-14
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.44E-02	1.44E-02	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.30E-07	7.30E-07
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	8.72E-01	8.72E-01	鉱山(埋立)	kg	排出物	水圏	不特定	7.68E-11	7.68E-11
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.25E-09	1.25E-09	水銀	kg	排出物	大気	不特定	8.41E-01	8.41E-01
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.51E-08	2.51E-08	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.53E-12	1.53E-12
天然ガス 34.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.90E-02	1.90E-02	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	2.65E-08	2.65E-08
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	5.69E-16	5.69E-16	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	1.07E-16	1.07E-16
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.51E-11	3.51E-11	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	5.07E-11	5.07E-11
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	4.92E-10	4.92E-10	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.03E-05	1.03E-05
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.32E-13	4.32E-13	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.49E-15	1.49E-15
硫酸	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.20E-07	1.20E-07	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	6.97E-21	6.97E-21
2,3,7-トリクロロジベ	kg	排出物	大気	不特定	4.66E-20	4.66E-20	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	7.53E-08	7.53E-08
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	2.46E-16	2.46E-16	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.44E-07	3.44E-07
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	2.13E-11	2.13E-11	銅	kg	排出物	大気	不特定	8.14E-16	8.14E-16
D6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	2.47E-18	2.47E-18	銅	kg	排出物	水圏	不特定	1.72E-15	1.72E-15
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.35E-22	9.35E-22	非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.49E-09	5.49E-09
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	4.41E-03	4.41E-03	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	4.41E-11	4.41E-11
CO	kg	排出物	大気	不特定	9.24E-06	9.24E-06	硝化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.08E-15	1.08E-15
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.01E-19	1.01E-19	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	4.93E-14	4.93E-14
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	3.62E+00	3.62E+00	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	2.90E-17	2.90E-17

図 4.23 LPG ガスのインベントリデーター一覧

入出力方向	フロー種別	物質UO	基本フロー単位	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.30E-14	3.30E-14
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.85E-15	5.85E-15	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	8.27E-05	8.27E-05
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.16E-07	2.16E-07	COD	kg	排出物	水圏	不特定	6.20E-09	6.20E-09
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	1.14E-07	1.14E-07	N2O	kg	排出物	大気	不特定	5.76E-04	5.76E-04
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	2.42E-05	2.42E-05	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.48E-19	5.48E-19
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.36E-07	3.36E-07	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.09E-10	1.09E-10
クイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	1.07E-08	1.07E-08	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	9.42E-11	9.42E-11
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.05E-07	9.05E-07	NOx	kg	排出物	大気	不特定	9.46E-04	9.46E-04
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	2.79E-08	2.79E-08	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.04E-16	2.04E-16
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.96E-10	1.96E-10	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.07E-05	1.07E-05	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.29E-18	2.29E-18
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.34E-06	1.34E-06	SF6	kg	排出物	大気	不特定	1.20E-13	1.20E-13
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.51E-06	3.51E-06	SO2	kg	排出物	大気	不特定	3.34E-04	3.34E-04
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.08E-10	9.08E-10	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	2.09E-19	2.09E-19
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.29E-10	2.29E-10	SOx	kg	排出物	大気	不特定	2.31E-05	2.31E-05
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.48E-15	3.48E-15	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	8.86E-16	8.86E-16
フェードラックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	7.20E-13	7.20E-13	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	1.51E-15	1.51E-15
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.91E-10	1.91E-10	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	5.33E-11	5.33E-11
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	4.31E-04	4.31E-04	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	1.63E-14	1.63E-14
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.51E-07	1.51E-07	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.17E-09	1.17E-09
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.99E-06	2.99E-06	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	1.37E-14	1.37E-14
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.92E-14	3.92E-14	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	9.67E-14	9.67E-14
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.99E-07	4.99E-07	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	1.32E-09	1.32E-09
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.98E-09	2.98E-09	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	4.97E-12	4.97E-12
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	5.17E-02	5.17E-02	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	1.58E-13	1.58E-13
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	3.77E-05	3.77E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	3.64E-12	3.64E-12
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.42E-02	1.42E-02	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	5.32E-05	5.32E-05
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	6.83E-02	6.83E-02	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	4.72E-09	4.72E-09
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.26E-07	1.26E-07	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	6.66E-10	6.66E-10
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	3.17E-09	3.17E-09	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	2.89E-13	2.89E-13
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.51E+00	1.51E+00	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	6.38E-15	6.38E-15
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.18E-12	9.18E-12	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.19E-12	1.19E-12
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.10E-10	1.10E-10	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	8.49E-13	8.49E-13
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	1.17E+00	1.17E+00	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	7.81E-13	7.81E-13
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	3.64E-06	3.64E-06	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	1.65E-13	1.65E-13
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.21E-11	4.21E-11	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	8.43E-14	8.43E-14
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.53E-06	1.53E-06	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	1.65E-08	1.65E-08
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	7.43E-02	7.43E-02	鉛	kg	排出物	大気	不特定	3.09E-09	3.09E-09
原料炭 29.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.58E-05	2.58E-05	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	3.38E-12	3.38E-12
黒鉛	kg	資源	陸域	非再生材料	7.97E-10	7.97E-10	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.30E-11	2.30E-11
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	2.56E-07	2.56E-07	塩素	kg	排出物	大気	不特定	2.56E-13	2.56E-13
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.70E-04	2.70E-04	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	1.26E-04	1.26E-04
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.36E-04	4.36E-04	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	3.36E-11	3.36E-11
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.10E-02	3.10E-02	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	7.87E-05	7.87E-05
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	9.14E+01	9.14E+01	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.98E-08	3.98E-08
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	7.29E-07	7.29E-07	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	8.68E+01	8.68E+01
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.33E-05	1.33E-05	水銀	kg	排出物	大気	不特定	7.78E-10	7.78E-10
天然ガス 54.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.50E-01	8.50E-01	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	7.84E-16	7.84E-16
天然ガス液 46.9MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.35E+13	3.35E+13	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	1.65E-05	1.65E-05
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.38E-08	7.38E-08	金リン	kg	排出物	水圏	不特定	5.73E-14	5.73E-14
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	8.30E-08	8.30E-08	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	2.63E-08	2.63E-08
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.32E-07	1.32E-07	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	9.21E-05	9.21E-05
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.47E-05	2.47E-05	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	7.71E-13	7.71E-13
オフガス	Nm3	-	-	-	1.81E-02	1.81E-02	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.09E-18	4.09E-18
2,3,7,8-テトラクロロジベンゾジオキシン	kg	排出物	大気	不特定	3.59E-17	3.59E-17	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	3.84E-05	3.84E-05
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	1.29E-13	1.29E-13	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.51E-04	2.51E-04
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	4.27E-09	4.27E-09	銅	kg	排出物	大気	不特定	4.22E-13	4.22E-13
C6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	1.45E-15	1.45E-15	銅	kg	排出物	水圏	不特定	8.91E-13	8.91E-13
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.48E-19	5.48E-19	非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.80E-06	2.80E-06
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	2.35E-03	2.35E-03	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	5.45E-09	5.45E-09
CO	kg	排出物	大気	不特定	9.43E-05	9.43E-05	硫化水素	kg	排出物	大気	不特定	5.61E-13	5.61E-13
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	5.91E-17	5.91E-17	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	2.56E-11	2.56E-11
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	1.32E+00	1.32E+00	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.50E-14	1.50E-14

図 4. 24 メチルアルコールによる LIME 算定に用いたインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質ID	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2								
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.11E-14	1.11E-14							
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.83E-07	2.83E-07							
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	2.67E-05	2.67E-05	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	6.27E-14	6.27E-14
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	8.36E-03	8.36E-03	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	4.90E-03	4.90E-03
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.39E-07	4.39E-07	COD	kg	排出物	水圏	不特定	7.92E-07	7.92E-07
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	4.95E-06	4.95E-06	N2O	kg	排出物	大気	不特定	9.34E-05	9.34E-05
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.01E-08	5.01E-08	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.04E-18	1.04E-18
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	3.32E-06	3.32E-06	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.40E-10	1.40E-10
タンゲストン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.25E-09	3.25E-09	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.82E-08	3.82E-08
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.36E-06	4.36E-06	NOx	kg	排出物	大気	不特定	5.93E-04	5.93E-04
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.12E-06	2.12E-06	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.88E-16	3.88E-16
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.26E-07	3.26E-07	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.96E-09	1.96E-09	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.35E-18	4.35E-18
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.64E-08	6.64E-08	SF6	kg	排出物	大気	不特定	2.41E-13	2.41E-13
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.57E-15	5.57E-15	SO2	kg	排出物	大気	不特定	2.12E-04	2.12E-04
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.96E-12	1.96E-12	SOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.97E-19	3.97E-19
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.38E-07	1.38E-07	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	2.41E-15	2.41E-15
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.15E-04	1.15E-04	カリウム	kg	排出物	水圏	不特定	5.93E-16	5.93E-16
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.83E-06	1.83E-06	カリウム	kg	排出物	大気	不特定	6.96E-11	6.96E-11
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.78E-07	1.78E-07	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	1.43E-14	1.43E-14
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.44E-14	7.44E-14	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.53E-09	1.53E-09
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.46E-04	1.46E-04	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	1.77E-14	1.77E-14
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.54E-08	7.54E-08	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.25E-13	1.25E-13
一次エネルギー(水力) MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	5.63E-02	5.63E-02	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	1.72E-09	1.72E-09	
一次エネルギー(太陽光) MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	1.30E-02	1.30E-02	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	6.41E-12	6.41E-12	
一次エネルギー(地熱) MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.85E-02	1.85E-02	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	5.48E-14	5.48E-14	
一般炭 25 TWh/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.13E-02	2.13E-02	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	1.90E-11	1.90E-11	
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.51E-06	2.51E-06	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	2.38E-05	2.38E-05
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	1.66E-08	1.66E-08	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	6.17E-09	6.17E-09
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.03E+01	3.03E+01	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	8.69E-10	8.69E-10
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.11E-10	2.11E-10	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.57E-13	1.57E-13
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.06E-09	4.06E-09	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	7.33E-15	7.33E-15
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	2.31E-02	2.31E-02	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	4.23E-13	4.23E-13
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.91E-06	1.91E-06	ホウ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.10E-12	1.10E-12
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.45E-07	4.45E-07	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	2.72E-13	2.72E-13
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.03E-04	2.03E-04	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	5.73E-14	5.73E-14
原油 44.7MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.31E+00	1.31E+00	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.16E-08	2.16E-08	
原料炭 29.0MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.74E-03	1.74E-03	鉛	kg	排出物	大気	不特定	4.03E-09	4.03E-09	
亜鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	8.89E-10	8.89E-10	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	4.32E-12	4.32E-12
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	1.62E-05	1.62E-05	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.97E-11	2.97E-11
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.57E-04	4.57E-04	塩素	kg	排出物	大気	不特定	1.44E-13	1.44E-13
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.04E-04	5.04E-04	汚泥(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.61E-03	3.61E-03
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.26E+00	3.26E+00	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	4.34E-11	4.34E-11
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	1.84E+01	1.84E+01	金属(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.25E-03	2.25E-03
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.28E-06	1.28E-06	鉱山(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	5.14E-08	5.14E-08
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.40E-05	3.40E-05	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	1.41E+01	1.41E+01
天然ガス 54.6MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.54E-02	4.54E-02	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.02E-09	1.02E-09	
天然ガス 48.5MJ/kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	9.79E-13	9.79E-13	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.01E-15	1.01E-15	
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.16E-08	3.16E-08	全リン	kg	排出物	大気	対流圏	5.70E-03	5.70E-03
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	2.00E-06	2.00E-06	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	7.16E-14	7.16E-14
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.30E-09	7.30E-09	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	3.39E-08	3.39E-08
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.24E-04	6.24E-04	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.43E-05	1.43E-05
2,3,7,8-テトラクロロジベキ	kg	排出物	大気	不特定	3.28E-17	3.28E-17	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	9.95E-13	9.95E-13
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	1.66E-13	1.66E-13	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	7.76E-18	7.76E-18
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	1.28E-06	1.28E-06	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	5.01E-05	5.01E-05
C6アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	1.74E-15	1.74E-15	銅	kg	排出物	陸域	管理域内	2.68E-05	2.68E-05
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.04E-18	1.04E-18	銅	kg	排出物	大気	不特定	5.45E-13	5.45E-13
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	4.69E-03	4.69E-03	非メタン炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	1.15E-12	1.15E-12
CO	kg	排出物	大気	不特定	2.38E-05	2.38E-05	浮遊物質(SS)	kg	排出物	大気	不特定	3.66E-06	3.66E-06
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.12E-16	1.12E-16	硫化水素	kg	排出物	水圏	不特定	6.67E-07	6.67E-07
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	8.23E-01	8.23E-01	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	7.23E-13	7.23E-13
							硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	3.30E-11	3.30E-11
											1.94E-14	1.94E-14	

図 4.25 潤滑油のインベントリデータ

入出力方向	フロー種別	物質U/I/D	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2	物質U/I/D	基本フロー単位	カテゴリ1	カテゴリ2
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.76E-14	4.76E-14	CO2(化石資源由来)	kg	排出物
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.03E-06	2.03E-06	CO2(生物由来)	kg	排出物
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	2.02E-08	2.02E-08	COD	kg	排出物
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.02E-05	1.02E-05	N2O	kg	排出物
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.01E-06	3.01E-06	N2O	kg	排出物
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	7.65E-08	7.65E-08	NH3	kg	排出物
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.29E-10	5.29E-10	NO2	kg	排出物
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	8.28E-10	8.28E-10	NOx	kg	排出物
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.74E-09	1.74E-09	NOx	kg	排出物
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.31E-08	1.31E-08	PM10	kg	排出物
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.24E-05	1.24E-05	PM10	kg	排出物
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	9.80E-07	9.80E-07	SF6	kg	排出物
バクジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.67E-09	7.67E-09	SO2	kg	排出物
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.64E-10	7.64E-10	SO2	kg	排出物
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.83E-14	2.83E-14	SOx	kg	排出物
フィードバック	kg	資源	陸域	再生可能材料	5.21E-12	5.21E-12	アンモニウムイオン	kg	排出物
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.72E-10	1.72E-10	カドミウム	kg	排出物
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.30E-06	1.30E-06	カドミウム	kg	排出物
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.36E-06	1.36E-06	クロム	kg	排出物
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.83E-08	6.83E-08	クロム	kg	排出物
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.19E-13	3.19E-13	コバルト	kg	排出物
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.07E-07	2.07E-07	コバルト	kg	排出物
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.27E-09	2.27E-09	ニッケル	kg	排出物
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	3.96E-01	3.96E-01	ニッケル	kg	排出物
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	1.58E-05	1.58E-05	パーフルオロメタン	kg	排出物
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.33E-01	1.33E-01	ばいじん(PM10)	kg	排出物
一般炭, 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.28E-02	7.28E-02	バナジウム	kg	排出物
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.11E-07	2.11E-07	ヒ素	kg	排出物
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	2.13E-08	2.13E-08	ヒ素	kg	排出物
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	1.52E-01	1.52E-01	フェノール	kg	排出物
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-12	3.57E-12	フッ化水素	kg	排出物
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.08E-11	6.08E-11	フッ化水素	kg	排出物
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	1.39E-04	1.39E-04	水素	kg	排出物
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.98E-06	4.98E-06	マンガン	kg	排出物
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	1.48E-10	1.48E-10	亜鉛	kg	排出物
宝石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.71E-06	1.71E-06	亜鉛	kg	排出物
原油, 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	3.38E-02	3.38E-02	鉛	kg	排出物
原料炭, 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.71E-05	8.71E-05	鉛	kg	排出物
黒鉛鉱	kg	資源	陸域	非再生材料	1.68E-10	1.68E-10	塩化水素	kg	排出物
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	2.30E-06	2.30E-06	塩素	kg	排出物
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.33E-03	1.33E-03	汚泥(埋立)	kg	排出物
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.57E-03	3.57E-03	揮発性有機化合物	kg	排出物
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	6.32E-03	6.32E-03	金属(埋立)	kg	排出物
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	2.17E-02	2.17E-02	処理済水	kg	排出物
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	5.95E-06	5.95E-06	水銀	kg	排出物

人出カ方向	フロン種別	物質IUD	基本フロー	単位	カテゴリ	カテゴリQD	COD		kg	抽出物	水圏	不特定	1.50E+06	1.50E+06
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.02E-14	5.02E-14	NQD		kg	抽出物	大気	不特定	7.10E-05	7.10E-05
ウランU3O8	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.97E-06	1.97E-06	NQD		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	4.70E-18	4.70E-18
カリウム	kg	資源	陸域	非再生资源材料	6.48E-06	6.48E-06	NH3		kg	抽出物	大気	不特定	1.52E-09	1.52E-09
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.48E-04	3.48E-04	NQD		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	1.74E-07	1.74E-07
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.94E-06	2.94E-06	NOx		kg	抽出物	大気	不特定	4.47E-04	4.47E-04
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生资源材料	5.23E-02	5.23E-02	NOx		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	1.75E+15	1.75E+15
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.24E-06	3.24E-06	PM10		kg	抽出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
タルク	kg	資源	陸域	非再生资源材料	8.55E-07	8.55E-07	PM10		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	1.97E-17	1.97E-17
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.01E-09	2.01E-09	SF6		kg	抽出物	大気	不特定	5.46E+11	5.46E+11
タンゲ	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.42E-07	5.42E-07	SO2		kg	抽出物	大気	不特定	2.80E-04	2.80E-04
ドロマイ	kg	資源	陸域	非再生资源材料	3.18E-04	3.18E-04	SO2		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	1.79E-18	1.79E-18
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.61E-06	1.61E-06	SOx		kg	抽出物	大気	不特定	7.15E-05	7.15E-05
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.62E-09	7.62E-09	アンモニウムイオン		kg	抽出物	水圏	不特定	2.02E+14	2.02E+14
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.55E-06	1.55E-06	カドミウム		kg	抽出物	水圏	不特定	3.73E+15	3.73E+15
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.82E-14	3.82E-14	カドミウム		kg	抽出物	水圏	不特定	4.87E+10	4.87E+10
フィールドラックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.65E-11	1.65E-11	クロム		kg	抽出物	水圏	不特定	1.41E+13	1.41E+13
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.03E-06	3.03E-06	クロム		kg	抽出物	大気	不特定	1.07E+08	1.07E+08
ボーキサイト	kg	資源	陸域	非再生资源材料	1.06E-04	1.06E-04	コバルト		kg	抽出物	水圏	不特定	1.92E+13	1.92E+13
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.87E-04	7.87E-04	コバルト		kg	抽出物	水圏	不特定	1.35E+12	1.35E+12
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.72E-07	1.72E-07	ニッケル		kg	抽出物	大気	不特定	1.21E+08	1.21E+08
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.36E-13	3.36E-13	ニッケル		kg	抽出物	水圏	不特定	6.97E+11	6.97E+11
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	8.29E-06	8.29E-06	ニッケル化合物		kg	抽出物	水圏	不特定	2.98E+13	2.98E+13
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.82E-06	3.82E-06	パーフルオロメタン		kg	抽出物	大気	不特定	7.62E+11	7.62E+11
一次エネルギー(水力)	MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	3.90E-01	3.90E-01	ばいじん(PM10)		kg	抽出物	大気	不特定	5.11E+05	5.11E+05
一次エネルギー(太陽光)	MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	5.44E-04	5.44E-04	バナジウム		kg	抽出物	大気	不特定	4.31E+08	4.31E+08
一次エネルギー(地熱)	MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.29E-01	1.29E-01	ヒ素		kg	抽出物	大気	不特定	6.17E+09	6.17E+09
一般炭: 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	8.03E-02	8.03E-02	セシウム		kg	抽出物	水圏	不特定	1.27E+12	1.27E+12
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.50E-06	1.50E-06	フェノール		kg	抽出物	水圏	不特定	5.09E+14	5.09E+14
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生资源材料	6.64E-06	6.64E-06	フッ化水素		kg	抽出物	水圏	不特定	2.32E+12	2.32E+12
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.42E+00	3.42E+00	フッ化水素		kg	抽出物	大気	不特定	3.16E+06	3.16E+06
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.15E-10	1.15E-10	ホウ素		kg	抽出物	水圏	不特定	1.48E+12	1.48E+12
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.70E-09	1.70E-09	マンガン		kg	抽出物	水圏	不特定	3.12E+13	3.12E+13
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	2.10E-02	2.10E-02	亜鉛		kg	抽出物	水圏	不特定	4.87E+13	4.87E+13
珪石	kg	資源	陸域	非再生资源材料	2.61E-02	2.61E-02	亜鉛		kg	抽出物	大気	不特定	1.51E+07	1.51E+07
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生资源材料	3.19E-09	3.19E-09	鉛		kg	抽出物	大気	不特定	2.82E+08	2.82E+08
螢石	kg	資源	陸域	非再生资源材料	4.08E-05	4.08E-05	鉛		kg	抽出物	水圏	不特定	4.69E+11	4.69E+11
厚皮: 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	9.37E-02	9.37E-02	塩化水素		kg	抽出物	大気	不特定	3.23E+10	3.23E+10
原料炭: 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.54E-01	2.54E-01	塩素		kg	抽出物	大気	不特定	2.34E+13	2.34E+13
黒鉛炭	kg	資源	陸域	非再生资源材料	1.15E-04	1.15E-04	汚泥(埋立)		kg	抽出物	陸域	管理域内	3.19E-02	3.19E-02
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生资源材料	4.97E-04	4.97E-04	揮発性有機化合物		kg	抽出物	大気	不特定	4.71E+10	4.71E+10
石灰石	kg	資源	陸域	非再生资源材料	1.23E-02	1.23E-02	金属くず(埋立)		kg	抽出物	陸域	管理域内	1.99E-02	1.99E-02
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.50E-03	3.50E-03	鉱滓くず(埋立)		kg	抽出物	陸域	管理域内	5.58E-07	5.58E-07
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	4.64E+00	4.64E+00	処理排水		kg	抽出物	水圏	不特定	9.14E+00	9.14E+00
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	5.97E+00	5.97E+00	清浄水		kg	抽出物	大気	不特定	7.11E+09	7.11E+09
表土	kg	資源	陸域	非再生资源材料	5.90E-06	5.90E-06	水圏		kg	抽出物	水圏	不特定	1.10E+14	1.10E+14
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.00E-02	3.00E-02	水蒸気		kg	抽出物	大気	対流圏	2.38E+04	2.38E+04
天然ガス: 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.10E-01	1.10E-01	金リジ		kg	抽出物	水圏	不特定	7.04E+13	7.04E+13
天然ガス液: 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.79E-12	2.79E-12	金鉱床		kg	抽出物	水圏	不特定	3.69E+07	3.69E+07
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.81E-07	1.81E-07	炭化水素		kg	抽出物	大気	不特定	1.03E+05	1.03E+05
粘土	kg	資源	陸域	非再生资源材料	1.01E-04	1.01E-04	炭化水素		kg	抽出物	水圏	不特定	1.08E+11	1.08E+11
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.72E-09	4.72E-09	炭化水素		kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	3.51E-17	3.51E-17
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.11E-04	1.11E-04	低レベル放射性廃棄物		kg	抽出物	陸域	管理域内	3.50E-04	3.50E-04
コークス炉ガス	Nm3	-	-	-	1.45E-02	1.45E-02	土砂(埋立)		kg	抽出物	陸域	管理域内	2.20E+05	2.20E+05
銅くず	kg	-	-	-	9.20E-01	9.20E-01	銅		kg	抽出物	大気	不特定	5.92E+12	5.92E+12
高炉ガス	Nm3	-	-	-	9.83E-02	9.83E-02	銅		kg	抽出物	水圏	不特定	1.25E+11	1.25E+11
鉄くず	kg	-	-	-	1.31E-01	1.31E-01	非金属炭化水素		kg	抽出物	大気	不特定	2.56E+05	2.56E+05
2,3,7,8-テトラクロロジベンゾオキシン	kg	抽出物	大気	不特定	3.29E+16	3.29E+16	汚染物質(SS)		kg	抽出物	水圏	不特定	1.31E+06	1.31E+06
acid (as H+)	kg	抽出物	水圏	不特定	1.81E+12	1.81E+12	炭化水素		kg	抽出物	大気	不特定	7.85E+12	7.85E+12
BOD	kg	抽出物	水圏	不特定	2.17E+06	2.17E+06	硫酸		kg	抽出物	水圏	不特定	3.59E+10	3.59E+10
O6 アルキルベンゼン	kg	抽出物	水圏	不特定	1.16E+14	1.16E+14	硫酸		kg	抽出物	大気	不特定	2.11E+13	2.11E+13
CH4(化石資源由来)	kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	4.70E+18	4.70E+18	コークス炉ガス		Nm3	-	-	-	6.48E-02	6.48E-02
CH4(廃棄物不特定)	kg	抽出物	大気	不特定	6.34E-04	6.34E-04	ばいじん, 再生利用品		kg	-	-	-	1.85E-02	1.85E-02
CO	kg	抽出物	大気	不特定	9.89E+05	9.89E+05	鉱滓(スラグ), 再生利用品		kg	-	-	-	1.73E+02	1.73E+02
CO	kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	5.07E+16	5.07E+16	高炉ガス		Nm3	-	-	-	4.55E+02	4.55E+02
CO2(化石資源由来)	kg	抽出物	大気	不特定	1.07E+00	1.07E+00	鉄くず		kg	-	-	-	2.69E-01	2.69E-01
CO2(化石資源由来)	kg	抽出物	大気	都市域(地表付近)	2.83E+13	2.83E+13	廃アルカリ, 再生利用品		kg	-	-	-	8.70E-01	8.70E-01

入出力方向	フロー種別	物質UoD	基本フロー	単位	カテゴリ1	カテゴリ2	CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	6.27E-14	6.27E-14
アンチモン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.11E-14	1.11E-14	CO2(生物由来)	kg	排出物	大気	不特定	4.90E-03	4.90E-03
ウランU308	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.83E-07	2.83E-07	COD	kg	排出物	水圏	不特定	7.92E-07	7.92E-07
カオリン	kg	資源	陸域	非再生材料	2.67E-05	2.67E-05	N2O	kg	排出物	大気	不特定	9.34E-05	9.34E-05
かん水	kg	資源	水圏	再生可能材料	8.36E-03	8.36E-03	N2O	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.04E-18	1.04E-18
クロム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.39E-07	4.39E-07	NH3	kg	排出物	大気	不特定	1.40E-10	1.40E-10
ケイ砂	kg	資源	陸域	非再生材料	4.95E-06	4.95E-06	NO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.82E-08	3.82E-08
コバルト	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.01E-08	5.01E-08	NOx	kg	排出物	大気	不特定	5.93E-04	5.93E-04
タルク	kg	資源	陸域	非再生材料	3.32E-06	3.32E-06	NOx	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.88E-16	3.88E-16
タングステン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.25E-09	3.25E-09	PM10	kg	排出物	大気	不特定	0.00E+00	0.00E+00
チタン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.36E-06	4.36E-06	PM10	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	4.35E-18	4.35E-18
ドロマイト	kg	資源	陸域	非再生材料	2.12E-06	2.12E-06	SF6	kg	排出物	大気	不特定	2.41E-13	2.41E-13
ニッケル	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.26E-07	3.26E-07	SO2	kg	排出物	大気	不特定	2.12E-04	2.12E-04
バナジウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.96E-09	1.96E-09	SO2	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	3.97E-19	3.97E-19
バリウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.64E-08	6.64E-08	SOx	kg	排出物	大気	不特定	3.41E-04	3.41E-04
ビスマス	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.57E-15	5.57E-15	アンモニウムイオン	kg	排出物	水圏	不特定	2.41E-15	2.41E-15
フィールドラテックス	kg	資源	陸域	再生可能材料	1.96E-12	1.96E-12	カドミウム	kg	排出物	水圏	不特定	5.93E-16	5.93E-16
ホウ素	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.38E-07	1.38E-07	カドミウム	kg	排出物	大気	不特定	6.96E-11	6.96E-11
ホークサイト	kg	資源	陸域	非再生材料	1.15E-04	1.15E-04	クロム	kg	排出物	水圏	不特定	1.43E-14	1.43E-14
マンガン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.83E-06	1.83E-06	クロム	kg	排出物	大気	不特定	1.53E-09	1.53E-09
モリブデン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.78E-07	1.78E-07	コバルト	kg	排出物	水圏	不特定	1.77E-14	1.77E-14
リチウム	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.44E-14	7.44E-14	コバルト	kg	排出物	大気	不特定	1.25E-13	1.25E-13
リン	kg	資源	陸域	非再生可能元素	1.46E-04	1.46E-04	ニッケル	kg	排出物	大気	不特定	1.72E-09	1.72E-09
亜鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.54E-08	7.54E-08	ニッケル	kg	排出物	水圏	不特定	6.41E-12	6.41E-12
一次エネルギー(水力) MJ	資源	水圏	再生可能エネルギー	5.63E-02	5.63E-02	ニッケル化合物	kg	排出物	水圏	不特定	5.48E-14	5.48E-14	
一次エネルギー(太陽) MJ	資源	大気	再生可能エネルギー	1.30E-02	1.30E-02	パーフルオロメタン	kg	排出物	大気	不特定	1.90E-11	1.90E-11	
一次エネルギー(地熱) MJ	資源	陸域	再生可能エネルギー	1.85E-02	1.85E-02	ばいじん(PM10)	kg	排出物	大気	不特定	2.38E-05	2.38E-05	
一般炭 25.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	2.13E-02	2.13E-02	バナジウム	kg	排出物	大気	不特定	6.17E-09	6.17E-09
鉛	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.51E-06	2.51E-06	ヒ素	kg	排出物	大気	不特定	8.69E-10	8.69E-10
塩化ナトリウム	kg	資源	陸域	非再生材料	1.66E-08	1.66E-08	ヒ素	kg	排出物	水圏	不特定	1.57E-13	1.57E-13
海水	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.03E+01	3.03E+01	フェノール	kg	排出物	水圏	不特定	7.33E-15	7.33E-15
金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	2.11E-10	2.11E-10	フッ化水素	kg	排出物	水圏	不特定	4.23E-13	4.23E-13
銀	kg	資源	陸域	非再生可能元素	4.06E-09	4.06E-09	フッ化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.10E-12	1.10E-12
空気	kg	資源	大気	再生可能材料	2.31E-02	2.31E-02	水素	kg	排出物	水圏	不特定	2.72E-13	2.72E-13
珪石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.91E-06	1.91E-06	マンガン	kg	排出物	水圏	不特定	5.73E-14	5.73E-14
珪藻岩	kg	資源	陸域	非再生材料	4.45E-07	4.45E-07	亜鉛	kg	排出物	水圏	不特定	5.48E-14	5.48E-14
螢石	kg	資源	陸域	非再生材料	2.03E-04	2.03E-04	亜鉛	kg	排出物	大気	不特定	2.16E-08	2.16E-08
原油 44.7MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.31E+00	1.31E+00	鉛	kg	排出物	大気	不特定	4.03E-09	4.03E-09
原料炭 29.0MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	1.74E-03	1.74E-03	鉛	kg	排出物	水圏	不特定	4.32E-12	4.32E-12
黒鉛炭	kg	資源	陸域	非再生材料	8.89E-10	8.89E-10	塩化水素	kg	排出物	大気	不特定	2.97E-11	2.97E-11
蛇紋岩	kg	資源	陸域	非再生材料	1.62E-05	1.62E-05	塩素(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	3.61E-03	3.61E-03
石灰石	kg	資源	陸域	非再生材料	4.57E-04	4.57E-04	揮発性有機化合物	kg	排出物	大気	不特定	4.34E-11	4.34E-11
大理石	kg	資源	陸域	非再生可能元素	5.04E-04	5.04E-04	金属くず(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.25E-03	2.25E-03
地下水(希少性低)	kg	資源	水圏	再生可能材料	3.26E+00	3.26E+00	鉱さい(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	5.14E-08	5.14E-08
地表水(希少性低)	m3	資源	水圏	再生可能材料	1.84E+01	1.84E+01	処理済水	kg	排出物	水圏	不特定	1.41E+01	1.41E+01
長石	kg	資源	陸域	非再生材料	1.28E-06	1.28E-06	水銀	kg	排出物	大気	不特定	1.02E-09	1.02E-09
鉄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.46E-05	3.46E-05	水銀	kg	排出物	水圏	不特定	1.01E-15	1.01E-15
天然ガス 54.6MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	4.54E-02	4.54E-02	水蒸気	kg	排出物	大気	対流圏	5.70E-03	5.70E-03
天然ガス液 46.5MJ/kg	kg	資源	陸域	非再生可能エネルギー	9.79E-13	9.79E-13	全リン	kg	排出物	水圏	不特定	7.16E-14	7.16E-14
銅	kg	資源	陸域	非再生可能元素	3.16E-08	3.16E-08	全窒素	kg	排出物	水圏	不特定	3.39E-08	3.39E-08
粘土	kg	資源	陸域	非再生材料	2.00E-06	2.00E-06	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	1.43E-05	1.43E-05
白金	kg	資源	陸域	非再生可能元素	7.30E-09	7.30E-09	炭化水素	kg	排出物	水圏	不特定	9.95E-13	9.95E-13
硫黄	kg	資源	陸域	非再生可能元素	6.24E-04	6.24E-04	炭化水素	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	7.76E-18	7.76E-18
2,3,7,8-テトラクロロジベ	kg	排出物	大気	不特定	3.28E-17	3.28E-17	低レベル放射性廃棄物	kg	排出物	陸域	管理域内	5.01E-05	5.01E-05
acid (as H+)	kg	排出物	水圏	不特定	1.66E-13	1.66E-13	土砂(埋立)	kg	排出物	陸域	管理域内	2.68E-05	2.68E-05
BOD	kg	排出物	水圏	不特定	1.28E-06	1.28E-06	銅	kg	排出物	大気	不特定	5.45E-13	5.45E-13
C6 アルキルベンゼン	kg	排出物	水圏	不特定	1.74E-15	1.74E-15	鋼	kg	排出物	水圏	不特定	1.15E-12	1.15E-12
CH4(化石資源由来)	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.04E-18	1.04E-18	非メタン炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	3.66E-06	3.66E-06
CH4(発生源不特定)	kg	排出物	大気	不特定	4.69E-03	4.69E-03	浮遊物質(SS)	kg	排出物	水圏	不特定	6.67E-07	6.67E-07
CO	kg	排出物	大気	不特定	2.38E-05	2.38E-05	炭化水素	kg	排出物	大気	不特定	7.23E-13	7.23E-13
CO	kg	排出物	大気	都市域(地表付近)	1.12E-16	1.12E-16	硫酸	kg	排出物	水圏	不特定	3.30E-11	3.30E-11
CO2(化石資源由来)	kg	排出物	大気	不特定	8.23E-01	8.23E-01	硫酸	kg	排出物	大気	不特定	1.94E-14	1.94E-14

図 4.36 潤滑油のインベントリデータ一覧

