

## 別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

## 論文題目

マテリアルフローコスト会計を応用した  
生産システムのシミュレーション分析

Simulation Analysis of Production Systems Using  
the Concept of Material Flow Cost Accounting

氏 名 唐 旭中

## 論 文 内 容 の 要 旨

環境問題が深刻になりつつある昨今、環境問題に対する取り組みが企業経営の中心的事項の1つになりつつある。今日の企業においては、生産システムの競争力として、品質、原価、数量・納期、つまり「QCD」が重要な評価要素であるとともに、環境負荷の低減、すなわち「E」の評価も生産システムの管理体系に組み込まれ、同時に評価すべきである、と認識されるようになってきた。

本研究では、経済と環境を融合させる手法であるマテリアルフローコスト会計(MFCA)の概念を取り入れ、シミュレーションモデルの構築により、生産システムの「QCDE」評価による管理手法の確立を目指す。

「MFCA」では、「3R」すなわち、Reduce, Reuse, Recycleのうちの最優先事項である「Reduce」の観点から、生産活動において発生する原材料のロス、設備・人員稼動に伴うロス、エネルギーのロスといった「負の製品」を極力削減して、省エネ・省資源、廃棄物削減というような環境負荷の低減を図ることを目的とする。これらのロスの測定を通じて、現状の問題点を顕在化し、対策を講じ、ロスの削減を通じて、企業の生産システムにおける経済効率性向上と環境負荷低減の同時実現がMFCA導入の目的である。

MFCAは多くの大企業が関心をもち、その導入が試みられてきた。経済産業省などの事例報告によると、企業がMFCAを導入することにより、環境保全効果があげられ、さらに、経営効率化も向上したとされる。しかし、これらの企業はMFCAを導

入するため、専門のチームを組み、データの収集、MFCAによる現行の生産システムの検証、さらに改善案の検討、改善効果の検証にそれぞれ多くの時間をかけることで実施された。現在発展途上のこれまでに開発された環境管理会計の様々なツールの中で、MFCAは一番根幹の部分にありながら、その一般的な普及・導入には、まだ程遠いのが現状である。特に、各種の経営資源が限られている中堅・中小企業は、日常業務の遂行に追われ、時間を要する新たなシステムの導入や検証に対する取り組みが非常に難しい状況にある。

一方、コンピュータシミュレーションは、モデル実験を実施することにより、複雑なシステムの挙動を表現することができ、さまざまな要因からもたらされる結果を明確にすることができる。実際の生産プロセスに、新たなシステムを導入し実際に稼働検証することなく、シミュレーション分析により、必要な結果を事前に予測することができる。特に実務に追われている中堅・中小企業にとって、あまり負担をかけることなく、動的な現在事象の追跡、システム導入効果の検証することができ、経営者の意思決定に必要な情報を与えることができる。

近年、ABC（活動基準原価計算）、LCA（ライフサイクルアセスメント）という手法を活用し、環境に関わる生産システムに関して、シミュレーション研究が行われている。しかし、ABCは環境負荷の評価自体が行われていないので、他の環境負荷評価手法と結合することが必要である。一方LCAでは、ある製品の生産、使用、廃棄という全プロセスに関わる環境負荷を評価しているが、複数の製品の生産活動を扱う特定の生産システム自体を対象とした環境負荷の評価には不向きである。

本研究では生産プロセスにおける環境評価に特化したMFCAの手法を応用し、生産システムにおける生産実施段階、工程設計段階、製品設計段階という3つの段階の企業事例を取り上げ、シミュレーションモデルの構築により企業の生産現場における「ロス」の予測、それぞれの関連部門と問題の特定、改善案の創出、経済と環境効果の予測を行い、「QCDE」の評価モデルの有効性を明らかにした。

論文は7章から構成されている。

まず1章の緒言として上述した問題ならびに意識、研究目的を提起する。

2章では日本企業における環境経営の形成段階を概観した上で、企業が環境経営を導入する際に直面する問題点を取り上げ、経済と環境を結合して評価する「MFCA」の位置付けを明らかにする。

3章では生産活動と環境の密な関係を認識した上で、生産システムの定義を定め、顧客志向と環境志向の両立を図るため、「QCDE」評価手法の各項目を定義し、その中で、MFCAにおける「負の製品」と環境負荷との関係を整理して、本研究の「E：環境」という評価項目に取り入れることにした。そして、環境に関わる生産システムの先行研究を整理して、本研究でのアプローチおよび具体的な手続きを明確にし、本研究のフレームワークを提示する。

4章から6章までは、上述の枠組と手法に基づいて、生産システムの効率化を決定する3つの段階（生産実施段階、工程設計段階、製品設計段階）の具体的事例を取り

上げ，詳細分析を行う。

まず4章の事例は，日本の電子関連製造企業 T 社における生産管理システムを研究の対象としている。T 社では顧客，仕入先と連携した大規模な ERP システムが導入されているが，顧客による頻繁な内示・受注変更，力を持つ仕入先による頻繁な納期遅れが，ある期間内において必要な品物の在庫不足と不必要なものの在庫増を同時発生させ，またそれによって生産効率が著しく低下し，経営上の大きな問題をもたらしているだけでなく，膨大な死蔵在庫を抱え，環境に大きな負荷を与えている状況にある。

対象企業について MFCA のインプロセス型管理手法の概念を提案し，在庫の廃棄プロセスを調査して，廃棄になり得る在庫原材料を定刻に廃棄対象とし，莫大な在庫と生産効率の悪さという実態を，シミュレーション分析を通じて明らかにした。原因を分析し，最適化ツールを通じて改善案を得た。的確な原材料購買計画を立てることにより，生産スケジュールを綿密に練ることもでき，結果としてオーダー実行効率が上げられ，オーダー実行リードタイムが短縮することにより顧客満足度があげられ，経営上の全体経済効率性の実現にもつながった。

次に5章では，ある日本の中小機械メーカー A 社とその納入先である日本の大手重機械メーカーから構成されるサプライチェーンを対象にして，MFCA を応用した評価手法を導入したシミュレーションモデルを構築し分析することにより，生産プロセスにおける環境負荷と経済的損失を検討した。第1フェーズ（問題特定）では，シミュレーションモデル（AS-IS モデル）を構築することで生産遅れと過剰在庫が併存する問題を再現した。第2フェーズ（原因分析）においては，MFCA の概念をモデルに導入して，各生産工程における経済ロスと環境負荷を評価して，ボトルネックとする旋削工程の改善を要することを明確にした。その評価結果を検証するために，山積み法を併用した。第3フェーズ（改善検証）においては，A 社が提案した旋削中心から鍛造中心への加工プロセスの変更の改善プランを入れた改善案（TO-BE）モデルを再構築した。さらに MFCA の概念と山積み法の導入による比較検証を行い，TO-BE モデルの改善効果を確認した。

6章では，ある日本の自動車外装部品企業の中国現地法人の樹脂外装部品の生産プロセスを対象とする。生産現場と製品設計という2段階の分析改善活動を行った。

第1段階では塗装工程における仕掛在庫，負荷問題を抽出し，現場での残業体制による改善案を検証したものの，大きな効果が得られなかった。第2段階において，MFCA 手法をシミュレーションモデルに導入して，各生産プロセス（成形，めっき，塗装，組立）の設備負荷状況及び MFCA のコスト状況を確認した。製品1個当たりのコスト，環境負荷を削減するため，めっきプロセスにおける1回加工個数分（ハンガー掛け数）を増やす方法の工夫に焦点を当てることにした。しかし単純にハンガー掛け数を増やすことだけでは，品質の問題が顕在化する。そのため品質の安定化とめっき工程の加工効率向上を同時に実現するため，製品裏面に補強リブを追加するという設計段階での工夫を提案した。その提案方法が実施されれば，どの程度の経済効果

と環境効果が得られるのかを確認するため、MFCA と山積み法との比較シミュレーションモデルの構築により検証を行い、改善の有効性を確認した。

上述のような MFCA の概念を応用した生産システムに対するシミュレーション分析は、以下のような成果があげられることができた。

(1) 中小企業においても実行可能な観点から、企業生産システムの「QCDE」の定量的な評価手法、またその具体的な手順を最初の試みとして提示ができた。

(2) 本研究にあげた 3 つの具体的な事例は生産の各段階に対応しており、製品自体の改善 (第 6 章)、加工工法の改善 (第 5 章)、そして、生産実施における管理、スケジューリング方法の改善 (第 4 章) という「物の流れ」と「情報の流れ」という異なる側面から、生産システムに対する体系的な分析評価により、環境経営を取込んだ生産活動に関する管理手法の明示ができた。環境を配慮した強いモノづくりのマネジメントの進め方について、提案した。

最後に本研究では以下の課題が残されており、今後の研究として取り組む予定である。

(1) 本研究で事例において扱った MFCA における各コストは、MC (材料コスト)、SC (システムコスト) と EC (エネルギーコスト) のみとしたが、より精緻化するため廃棄物処理の内容およびその費用の考慮も必要である。

(2) MFCA における正の製品と負の製品の評価および配賦をするための物量定義については、重量を主な基準とした。このような方法は、目に見える廃棄物が出やすい工程での評価、原因分析には有効であるが、熱量、作業などの目に見えない環境負荷、経済ロスの算定は困難である。この問題に関して、MFCA の適用を研究している研究者・実務家のグループでも重量以外の別単位による集計方法、あるいは活動ベースの集計方法を検討し始めている。これらの手法を取り入れることにより、さらに普遍性のある評価方法を確立する必要がある。

(3) 環境負荷をより明確にするため、個別の重要な環境負荷項目に関して、CPF (カーボンフットプリント) などの手法と結合による CO<sub>2</sub> の排出量の集計、評価することができれば、いっそう説得力のある環境目標の提案ができ、効果の検証もさらに明確になることになる。