

2014 年度博士学位請求論文

「経済性と環境負荷を考慮した生産システムのシミュレーション分析」

経済学研究科 市村 光

我が国は、1950 年代以降、製造業を中心に経済を成長させてきたが、1960 年頃からその成長は自然環境の自己回復力、自浄能力を超え、公害問題が発生し始めた。やがて他の工業先進国の発展とともに、一企業とその周辺特定地域の問題であった公害問題は、地球温暖化、限りある資源やエネルギーの有効利用、汚染廃棄物の排出量削減や無害化などに代表される地球環境問題へと発展し、社会における大きな関心事項となっていく。このため、企業は公害対策と併せた成長を目指した 1960 年代以降、環境規制法規を遵守しながらの経営、自主的行動規範を制定し発展を目指す経営へとシフトし、現在、総合的な環境経営が重要な企業経営の根幹となっている。この環境経営において、企業活動内容およびコストの把握と改善は、今後の企業経営における重要な要素であり、管理手法としてマテリアルフローコスト会計 (Material Flow Cost Accounting : MFCA) が注目されている。

MFCA は生産工程に投入したマテリアル、すなわち原材料のフローとストックの実態を把握し、その物量およびコストを管理する環境管理会計の 1 つであり、コストマネジメントと環境保全の両側面から、同一の要件で評価することが可能となる。これにより製造現場の改善に資する情報の提供という機能だけでなく、現場と経営を連結する情報の共有機能も有している。環境経営に利用可能な MFCA は、生産活動で投入された原材料等の流れを工程全体にわたって把握することが可能であり、その中で有効に製品を生産するために使用された量と、結果として出荷される製品には寄与しなかった量を認識可能とし、また工程内で発生する廃棄物に対するコストマネジメントを容易にするという特徴を持つ。このように MFCA はコストマネジメントの観点から廃棄物削減および資源有効利用の意思決定を支援するが、物量のフローとコスト情報の提示を目的としているため、企業活動の現場で応用するために、生産マネジメントの観点からのシステムが必要である。

本研究では、生産マネジメントの観点からシミュレーションを活用し、MFCA の概念による一連の研究を取り上げ、シミュレーション分析を行った。本研究の目的は、第 1 に実在する企業の生産工場を調査し、現場改善案に対するその効果をシミュレーション分析する。製造業において生産工場のエネルギー使用量はコストダウンという経済性とエネルギー資源の有効利用という環境性の両側面から、現場改善の重要テーマとなっている。そこで、各生産工程の設備や作業を詳細に調査し、潜在するムダに着目し改善案を創出した上で、エネルギー削減効果をシミュレーション分析により定量的に評価する。第 2 に、別の企業の生産工場に対して MFCA を適用するために調査し、新しい視点によるイノベティブな製造プロセスを創出する。そして、シミュレーションを利用することにより、従来の生産方

式と新しいアイデア双方の有効性を定量的に比較評価する。また、その手順を提案し、これを生産管理の意思決定に利用する方法を検討する。第 3 に、製造工程における生産ロットサイズの適正化を目的とし、静的な分析手法である MFCA 分析と動的な分析手法であるシミュレーション分析の双方を行い、生産コストと環境パフォーマンスを一元的に評価し、適切な生産ロットサイズについて検討する。第 4 に、新規開発されたイノベーティブな製造技術に対して、MFCA とシミュレーション技法を適用することにより生産コストの比較と環境負荷を評価し、既存技術で生産している顧客に対する新しい訴求点を検討する。

本論文は、8 章から構成され、第 1 章は、緒言として本研究における諸問題の存在と研究目的を述べる。

第 2 章「生産と環境経営」では、経営を支える生産マネジメントシステムと環境経営について述べた。21 世紀以降、地球環境問題と対峙しながら企業経営を進めていく必要性が高まる。そのために科学技術の転換的進歩とグローバル社会で方向性を同じくした統一性のある環境に対する規制や制度の整備が必要とされる。企業活動においてはその自主性に任せるのではなく、環境経営の推進が経営上においてよりメリットを呼びこむものでなくてはならない。

第 3 章「システムシミュレーションを用いた MFCA の応用」では、本研究で取り扱う生産システムの構築や改善を行うツールとしてのシミュレーション技法と MFCA について概要を述べた。

MFCA の生産工程における大きな利点は、従来のコストをかけた環境対策を行うのではなく、コストダウンと環境対策を同時に図ることが可能である点にある。また、新しい視点でマテリアルのフローとストックを捉えることにより、製造プロセスのイノベーションとなる鍵を見出すことを可能とする。

第 4 章「工程の改善による環境パフォーマンス評価」では、従来の生産技術的視点とは異なる視点を用いて生産管理を行っていくために、実在の生産現場の工程を分析し、シミュレーションモデルを構築することで工程改善の効果を検証した。MFCA の観点から、改善の結果を検討した。インドネシアにある日系企業の生産ラインへの環境インパクトの評価を試みその手順を示すことを目的とした。従来の工程改善等で利用されてきた概念のうち、ムダを除くことで効率的なエネルギー利用がどの程度可能となるかを検証するため、ムダの概念に基づいた改善の結果、削減されるエネルギー使用量をシミュレーション技法により算出した。

第 5 章「MFCA を採用した生産プロセスの改善によるパフォーマンス評価」では、日本の自動車部品製造企業における実証研究を行い、MFCA を導入しその視点から新たな改善の鍵を見出し、その有効性についてシミュレーション技法を用いて実証した。まず実在する企業 T 社の工場は在庫の量を可能な限り減らすように効率的に運営されている。この工場へ MFCA を適用するに当たり、その最も大きな効用はロスに対する気づきとその量の把握である。

本研究では MFCA を導入することにより、従来の生産プロセスの定石とは異なる視点を導入することで、従来と異なるムダに気づくことが可能となることを示した。この新しい認識はイノベーティブな製品の製造プロセスの改善案を導き出す。そして、シミュレーションを利用することにより、従来の生産方式と新しいアイデアのどちらに有効性があるかということを定量的に評価可能であることを証明した。また、その手順を提案した。このシミュレーション分析の結果、特に生産コストは経営の意思決定という経済活動に利用可能である。導かれた正の製品コスト、負の製品コストの変化は資源の有効利用率の指標や廃棄物処理負荷として環境経営の実行に大きな貢献をする。

第 6 章「MFCA を採用した生産ロットサイズ適正化のパフォーマンス評価」では、5 章に取り上げた T 社における生産活動での効率的なロットサイズの意思決定について調査した。生産ラインの一部を対象として、生産システムの現状と生産ロットの特徴について分析した。これにより、MFCA をこの生産ラインに導入し、生産プロセスに隠れた種々の正の製品コストと負の製品コストを分別し認識した。さらに、シミュレーション技法によって、生産ロットサイズの調整を行うことにより、生産ラインの環境コストへの影響を検討した。

MFCA を実在する自動車部品製造会社の生産ラインに導入し、シミュレーションモデル化する手法を通じて、生産過程における隠れた環境に関する正と負の製品コストを可視化することができた。現状 (AS-IS) モデルと改善 (TO-BE) モデルの比較によって、高い負の製品コストと環境に関する問題が明確になり、生産オペレーションを改善する一助とすることができる。生産ロットサイズの調整による環境コストへの影響の変動を示した。この変動の法則性と数値計算に基づいたシミュレーション結果は、製品種が変わるときなどに管理者が生産コストと環境コストの両方を最適化するためにロットサイズをどのように決めるかという意思決定を支える重要な情報となる。

第 7 章「MFCA を採用したプロセスイノベーションによるパフォーマンス評価」では、T 社の技術開発から量産企画、その後の顧客の部品採用、転注を獲得するためのアプローチについて、コストダウンと環境負荷軽減の双方から有効なプロセスを検証した。T 社はその優れた技術力から従来の製法とは異なり製造プロセス簡素化、廃棄物の減少につながる製造方法を開発したが、従来の製法による部品を採用している顧客へのアプローチ方法について課題を抱えている。これらの問題について、MFCA の視点から課題解決の手法を検討した。

最終第 8 章「結言」において、本研究では企業経営において重要性を増す環境対応を戦略上重要かつ有意なものとしてとらえ、具体的に MFCA を企業へ導入する効果についてシミュレーション技法を用いる事により分析を行い、その優位性を定量的に評価した。また、その手順を具体的に示した。

製造業では企業活動の中で消費するエネルギーや資源の有効利用という環境への配慮がコスト増につながるという概念が長く経営者を支配してきた。これらは、生産現場で廃棄物を減少させる活動や廃棄物処理費用、それに伴う付随業務の増大のみならず、管理部門

の業務も煩雑化させるものであった。しかし、MFCA の視点による製造現場の改善案は、生産技術において新しい視点をもたらすだけでなく、コスト削減と環境保全を統合的にシステム化し環境経営に極めて大きく寄与することを示した。