

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 角館 慶治

持続的発展の中で環境問題を捉え、環境により適した社会の実現を求めるには、環境負荷を定量的に評価しうる手法が必要となる。本研究は、社会規模の環境負荷評価を可能にする解析手法を確立し、環境負荷物質を CO<sub>2</sub>、鉄鋼産業および乗用車産業の環境負荷に対するマクロ解析を行うことを目的とし、5章よりなる。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的、関連分野での位置付けについて述べている。地球温暖化を始めとする環境問題について言及し、環境負荷の定量的評価手法の必要性を述べ、既存の評価手法についてまとめている。環境負荷評価手法について、特に本評価手法と関わりの深いライフサイクルアセスメント (LCA)、シナリオ分析型モデルについて詳しく述べ、社会的規模で製品群の環境負荷が時間変化する場合の予測手法の必要性を述べている。また、環境負荷物質である CO<sub>2</sub> を取り上げ、総 CO<sub>2</sub> 排出量割合が大きい鉄鋼産業および乗用車産業を具体的な例として環境負荷マクロ解析を行うことの意味を明らかにし、これらの解析を通じて新たな評価手法を確立し、その有用性を示すという本研究の目的を述べている。

第2章では、本研究で用いられるポピュレーションバランスモデルによる環境負荷分析マクロモデルの解析手法を導出し、1) 対象となる産業製品群のモデル化、2) 製品群のマスフロー分析、3) 製品群の製造、使用、廃棄、リサイクルの各段階における LCA のインベントリー分析、4) 各種シナリオの導入による将来予測の取り扱いについて述べている。また、ポピュレーションバランス方程式の解を求めるための数値計算方法について詳しく述べている。

第3章では、鉄鋼産業の現状を分析し、リサイクル時の銅の混入が問題となることを指摘し、新規製造、蓄積、寿命分布に従って社会から排出された鋼材のリサイクル、廃棄の段階を考慮したわが国における鋼材のマクロフローモデル解析結果について述べている。ここでは、鋼材を機械用転炉鋼、建設用転炉鋼、機械用電炉鋼、建設用電炉鋼に分類し、本モデルにより得られた電炉鋼生産量および蓄積量の結果を統計値と比較してモデルの妥当性を検証するとともに、鉄回収過程における銅混入率を 0.4% と推測している。さらに本モデルにより、鋼材リサイクル率および銅混入率が 2000 年から変化する場合について、目標とするリサイクル率や銅混入率により機械用電炉鋼の供給可能な年数が大きく変化し、リサイクル率を上げるためには銅混入率を大きく下げる必要があることを示している。また、総 CO<sub>2</sub> 排出量変化を解析した結果、リサイクル率の上昇とともに CO<sub>2</sub> 排出量は減少するが、電炉鋼の機械用への供給が早期に不足すること、リサイクル

率 100%を想定した循環型社会シナリオ銅混入率を 0.034%に下げることがあることを示している。そして、銅混入率低減新技術開発のための費用を見積もり、新技術に投資可能な費用総額は年平均で 80 億～300 億円、トン当たり 500 円～3,000 円となることを示している。

第 4 章では、乗用車産業の現状と燃費改善への取り組みについて述べ、普通車、小型車、軽自動車のそれぞれが廃棄率分布にしたがって社会から排出されるとした、社会規模における乗用車のマクロモデルについて述べている。ここでは、解析に必要な各車種の平均寿命、分散を保有台数計算結果と統計値が一致するように求め、これらのデータを用いて新規登録台数、保有台数、廃車台数の変化を解析し、統計値の比較からモデルの妥当性を検証している。そして、各車種の平均燃費、年間平均走行距離を求め、生産段階、使用段階、廃棄段階へのインベントリー係数の適用により、総 CO<sub>2</sub> 排出量の推移を予測している。その結果、COP3 の目標達成には、2010 年燃費を 1995 年比 2.42 倍とする必要があること、さらに、長寿命化および短寿命化の CO<sub>2</sub> 排出削減に与える影響は小さいこと、普通車から小型車、小型車から軽自動車への代替は大きな CO<sub>2</sub> 削減効果をもつことを明らかにしている。これらの解析結果より、乗用車の長寿命化よりも、小型化を促進する政策が CO<sub>2</sub> 削減の点からより効果的であることを示している。

第 5 章は、本研究の総括であり、環境負荷マクロモデルの今後の発展について総括している。

以上、要するに本論文は、社会規模の環境負荷マクロ的解析手法としてのポピュレーションバランスモデルの妥当性を実証し、本モデルが環境負荷予測とともにより環境負荷を低減した社会構築のための指針や政策の検討にも有用であることを示したものである。これは、持続的社會を目指した模索の続いている環境材料学の進展に寄与するところが大きく、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。