

審査の結果の要旨

氏名 成田 暢彦

地球環境問題の顕在化とともに、世界的に温室効果ガスの排出量削減に向けた活動が本格的に行われている。本研究では、温室効果ガスである CO<sub>2</sub> を今後いかに削減するかを示す評価方法としてライフサイクルアセスメント（LCA）手法を用いて、エネルギー構造の分析を踏まえた CO<sub>2</sub> 排出量を評価し、新たな評価方法の提案を行った。鉄鋼、非鉄金属、樹脂、セメントの基礎素材製造プロセスを対象として、各々の素材製造プロセスでの現状の技術レベルでのエネルギー消費にともなう CO<sub>2</sub> 排出量を評価した。さらにマテリアルリサイクルや新規技術開発が行われた場合の CO<sub>2</sub> 排出量削減の評価、および中間製品の貿易による CO<sub>2</sub> 排出量の削減を定量的に評価し、CO<sub>2</sub> 削減目標の達成に向けた今後のあり方についての提言を行った。

論文は8章からなる。

第1章は序論であり、世界のエネルギー需給構造と CO<sub>2</sub> 排出の関係などの研究の背景、および LCA 手法について説明し、本研究の目的について述べている。

第2章では、リサイクルなどの産業連鎖の重要性について説明し、本研究で提案した LCA 手法の特徴について述べている。本研究で用いられている方法は、素材製造プロセスを素工程に分割してインベントリ分析を行い、それを積み上げて素材製造プロセスを分析する方法である。プロセス全体を一つの工程として解析する従来の方法と比較してより精緻な解析が可能となる特徴がある。

第3章では、高炉—転炉一貫製鉄法および電気炉製鉄法により鉄鋼製品を製造する際のエネルギー源の変化と CO<sub>2</sub> 排出量の変化の関係を、素工程の積み上げ法により解析した。高炉への微粉炭の吹き込みによる CO<sub>2</sub> 削減量は 134kg/t-製品と計算され、日本の一貫製鉄所の鉄鋼生産量約 7000 万 t に対して、940 万 t の CO<sub>2</sub> 排出削減が期待できると推算された。また、廃プラスチックの高炉内への吹き込みによる効果の検討では、100 万 t の廃プラスチックが高炉内へ原料・燃料とし装入された場合、約 160 万 t の CO<sub>2</sub> 排出を削減することができると報告している。

第4章では、非鉄金属である亜鉛の電気炉ダストからの回収プロセス、鉛蓄電池からの鉛回収プロセス、銅鉱石からの銅製品の生産プロセスについて分析を行い、CO<sub>2</sub> 排出量の削減について検討した結果を示している。電気炉ダストからの亜鉛の製錬プロセスは、リサイクルダスト量の増加に伴い CO<sub>2</sub> 発生量が増加した。鉛蓄電池スクラップの再生鉛原料へのリサイクル促進により CO<sub>2</sub> 排出量を削減できることを明らかにした。銅スクラップの利用については、銅製錬の転炉工程への循環と、黄銅製品の溶解・加工工程への循環との CO<sub>2</sub> 削減効果を比較して検討している。その結果、銅合金スクラップを黄銅の加工工程へ循環することで、銅製造プロセス全体の CO<sub>2</sub> 排出量の削減に効果があることを明らかにしている。

第5章では、石油化学製品の代表である樹脂のうち、ポリエチレン、ポリプロピレン、塩化ビニル樹脂を対象としてCO<sub>2</sub>排出量を定量的に評価した結果を示している。樹脂の製造プロセスは、中間製品を製造する種々の産業にまたがった複雑な構造となっているため、樹脂製造の各工程に関わる産業に分割してインベントリ分析を行い、積み上げ法により解析を行った。塩の電気分解の技術開発によるCO<sub>2</sub>排出量削減の可能性を評価し、また中間製品の輸入によるCO<sub>2</sub>削減の可能性を示した。

第6章では、鉄鋼業、非鉄製錬業からの廃棄物が原料として用いられているセメント製造プロセスを対象として、3、4章で行った鉄鋼製錬、銅製錬について分析結果をと併せてインベントリ分析を行い、CO<sub>2</sub>削減の可能性について検討した結果を述べている。他産業の廃棄物を原料として用いることにより、CO<sub>2</sub>排出量を削減できることを示した。高炉スラグを500万t分の高炉セメントに利用することにより、200万tのCO<sub>2</sub>の削減が可能との結果を得ている。

第7章では、本研究で提案した分析手法の特徴をまとめ、プロセス間リンクのような素材製造プロセス間のマテリアル循環の解析の重要性を指摘し、本研究で提案した分析手法が素材生産システム全体のCO<sub>2</sub>排出量の評価にも適用可能であることを示した。また、素材製造プロセスの技術開発、および貿易によるCO<sub>2</sub>削減可能量はそれぞれ370万t-C、220万t-Cとなり、我が国のCO<sub>2</sub>排出量の約2%になることから、技術的な削減に加え貿易によるCO<sub>2</sub>削減を考慮すべきであると提言している。

第8章は本研究の結論である。

以上のように、素材製造プロセスにおいて、CO<sub>2</sub>排出削減の可能性をLCA手法により評価した。プロセスを分割し各素工程での解析を行う手法を提案し、より精緻な解析を可能とすることができた。本研究で提案された手法は、素材製造プロセスのCO<sub>2</sub>削減可能性の評価手法として有効利用できるという重要な結果を得ており、本研究の成果はマテリアルプロセス工学への寄与が大きい。

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。