

審査の結果の要旨

氏名 コレイア デオリベイラ デポルトガル ペレイラ ジョアナ

化石を代替するバイオ燃料の環境面の評価のためにライフサイクルアセスメント(LCA)が用いられてきたが、その結果はまちまちである。バイオ燃料の原料作物の生産過程での副産物の活用方法、LCA の評価における諸設定、副産物の評価方法がまちまちな結果の理由として考えられる。本研究は、ブラジルにおけるサトウキビ由来のバイオエタノールと、インドにおけるジャトロファ由来のバイオディーゼル生産の環境評価を LCA により行い、LCA 評価結果に影響を与える機能単位、副産物の取り扱いをさまざまに設定して、結果の比較を行っている。

第1章は「序論」である。

第2章は「自動車燃料としてのエタノールとバイオディーゼル」で、今日までの状況をまとめている。

第3章は「文献レビュー」であり、既往の関連研究を整理している。

第4章は「一般的研究方法」である。LCA 全体を燃料生産過程、自動車走行過程、両者を統合した全過程に分けて解析した。LCA 計算の機能単位として、生産過程では生産された燃料の熱量を、走行過程では自動車の走行距離を、全過程では栽培作物の重量と燃料の熱量の両者を、それぞれ採用している。バイオ燃料と副産バイオマス由来の電力の両者が生産される場合、環境負荷の配分（アロケーション）と代替効果評価（システム境界拡大）の両方の考え方を示している。これら LCA 解析方法の前提の議論は、本研究の結果の解析の本質的な部分であり、本研究の特徴となっている。

第5章は、「ブラジルにおけるサトウキビ由来バイオエタノール生産のモデル化」である。現状と将来の政策や規制の動向を織り込んで 2030 年までの生産シナリオを設定している。シナリオは、a)副産物のバガスエネルギー源としてコージェネレーションを行う現状の方式を基本とする「基準シナリオ」、b)バガスを分解しエタノール生産を行う「エタノール促進シナリオ」、c)バガスからの発電を増大させる「電力促進シナリオ」を設定している。生産された燃料の熱量あたりの生産過程の温室効果ガス排出量を比較すると、いずれのシナリオの場合もガソリンよりも低いこと、系統電力の代替効果が非常に大きいことが示された。シナリオ c)が最も有利であることが示された。これらは重要な知見である。

第6章は「インドにおけるジャトロファメチルエステル生産のモデル化」で

ある。バイオディーゼルの生産に関して、現状と将来の見通しを考慮し、a)基準シナリオ、b)水素化プロセスを経た「HVO ディーゼルシナリオ」、c)副産物であるバイオマスも含めてガス化発電を行う「電力促進シナリオ」、d)副産物も含めた燃料化を行う「FT-ディーゼル促進シナリオ」を設定した。生産された燃料の熱量あたりの生産過程の温室効果ガス排出量を比較すると、発電による系統電力の代替効果が大きく、c)が最も優れた結果となった。一方、バイオディーゼルの生産量を高めた d)では最も温室効果ガスの排出が大きくなった。これもまた重要な知見である。

第7章は「乗用車の走行モデル」である。ブラジルと日本におけるバイオエタノールの使用、インドにおけるバイオディーゼルに使用について、各国のバイオ燃料の混合割合、自動車排ガス規制、自動車の寿命などを想定して、2030年までのシナリオを設定した。バイオ燃料の導入により温室効果ガス排出量は大幅に低くなる事が定量的に示された。

第8章は「完全ライフサイクル統合モデル」であり、全段階を統合した LCA の結果を示している。バイオエタノールをブラジルで用いる場合、自動車走行距離を機能単位とした比較では、電力促進シナリオが温室効果ガス面で最も優れている。しかし、サトウキビ重量を機能単位とした場合、エタノール促進シナリオが最も優れているという評価になる。このことから、解析の目的に応じて機能単位を適切に設定することが重要であることをこの研究は示している。また、副産物に対しては、配分方式をとるか、代替効果評価方式をとるかによって、得られる結果が大きく異なることも示された。このように LCA 解析の設定条件によって得られる結果が見かけ上異なる点に関して統合的な議論を行い、手法の選択に当たっての考え方を示している。これは本研究から導き出された重要な知見である。一方、大気汚染物質の排出については、バイオエタノールは従来のガソリンよりも大きくなる場合があることが示された。

第9章は結論であり、得られた成果をまとめると共に、今後の展望と課題について述べている。

本研究は、気候変動対策として期待されているバイオ燃料に対して、地域の状況を含めた LCA を行った研究であり、代替案の定量的比較を可能にしたのみならず、LCA の基本的な設定が結果を大きく左右することを示した点に大きな特徴がある。

以上、本研究において得られた成果には大きなものがある。本論文は環境工学の発展に大きく寄与するものであり、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。