

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 佐賀清崇

現在、国内における1人あたりの米の年間消費量はピーク時(1962年)の約半分である60kgを切りつつある。このような米消費量の低下に加え、人口の減少や反収の増加も合間って、38万haに及ぶ耕作放棄地はさらに増加する恐れがある。主食用の米だけを前提にした水田稲作から水田の多角的な利用へシフトするべきではなからうか。本研究では、未利用バイオマス及び資源作物からバイオエタノールを生産するシステムを構築し、その可能性についてエネルギー収支、CO₂削減量及び経済性の面から評価することにより、我が国における水田を活用したバイオエタノール生産の実現に資することを目的とする。

まず第1章では、国内外におけるバイオエタノール生産の現状と問題点を整理することにより、本研究の位置づけを行った。

第2章では、我が国における水田稲作の産出・投入エネルギーを明らかにし、エネルギー生産としての稲作に向けた改善すべきプロセスを抽出した。本章では食用イネ生産に投入されているエネルギーをもれなく把握するために、農水省統計データ「米及び麦類の生産費」と産業連関表とエネルギーバランス表から推計されたエネルギー消費原単位を用いてエネルギー投入量を把握する手法を採用した。

インベントリ分析の結果、10aあたりに農業生産で投入されるエネルギーは、4,800MJとなることが明らかとなった。一方、玄米及び稲わら・籾殻のエネルギー産出量はそれぞれ7,812MJ/10a, 10,506MJ/10aである。日本における食用イネ生産のエネルギー産出投入比(産出エネルギー)/(投入エネルギー)は1.6であり、副産物である稲わら・籾殻を含めると3.8と算出された。

第3章では、前章におけるイネ生産のエネルギー収支を向上させるための方策を考慮し、食用イネ生産と直播栽培・乾燥工程の省略・無農薬栽培・多収米の適用で実現する資源イネ生産とのエネルギー投入量を比較し、資源イネ生産システムの有意性を実証した。そして、資源イネからバイオエタノールを生産する3つのシステムのLCAを行い、バイオマスの最適な利用方法について検討する。3つのシステムとはシナリオ(1):玄米のみを利用、シナリオ(2):玄米をエタノールに変換し、必要な電力・蒸気を稲わら・籾殻で供給、シナリオ(3):ホールクロップをエタノールに変換である。

食用イネ生産と資源イネ生産の10aあたりのエネルギー投入量を算出した結果、直播栽培・乾燥工程の省略・無農薬栽培の採用により716MJ/10aの省エネルギーが可能である。しかしながら、収量を増加させるために多施肥にしなければならぬことから肥料の項目で387MJ/10a増加する。食用イネ生産から資源イネ生産に変化することで328MJ/10aの省エネルギーが可能になることが明らか

かとなった。

第4章では、農業機械製造に関するエネルギー投入量が全体の20.5%を占めていることを受け(第2章)、農業機械の利用率を向上させるための二毛作栽培体系について検討した。本章では、我が国で水田冬作物として広く栽培されている、オオムギ・エンバク・ライムギ・イタリアンライグラスの4種の作物からバイオエタノールを生産するシステムのLCAを行い、エタノール生産に適した水田冬作物を明らかにした。インベントリ分析の結果、水田冬作物4種の中でオオムギのエネルギー収支・CO₂削減量がともに最大となった。

第5章では、二毛作限界ラインに位置する栃木県を事例に、エタノールの最適生産規模について経済性の面から検討した。一般的にバイオマスプラントの設備容量を拡大させるにつれて生産1単位における設備費用が低減する。一方、設備容量の拡大に伴い必要とされるバイオマス資源量が増加し、輸送コストが上昇し生産1単位あたりの原料費用は増える。この設備費用と原料費用を踏まえた最適な設備規模を決定することが重要である。エタノール製造コストは次の手順で算出した。まず、収集距離にバイオマス発生密度を乗じてエタノール生産規模を決定する。次に、収集距離から輸送コストを算出し、収集もしくは生産コストに加算して原料調達費を求めた。そして、その生産規模におけるプラント建設費を計算し、エタノール1Lあたりの設備費を求め、人件費・運転費を足し合わせエタノール製造コストを求めた。

最大収集距離が30kmで、稲わらのみを原料とする場合と資源作物も含めた場合のエタノール製造コストを求めた。稲わらを原料とする場合の製造コストは63.8円/Lであり、製油所出荷価格(64.5円/L)とほぼ等しい値となった。

以上の結果を踏まえ第6章では、本研究で構築した地域バイオマスを原料とするエタノール生産システムの我が国における可能性について、次の結論を述べた。1) エネルギー投入量を削減した資源イネからバイオエタノールを生産する3つのシステムのLCAを行った結果、すべてのシステムにおいてエネルギー収支はプラスであり、CO₂削減効果があった。中でも、ホールクロップをエタノールに変換するシステムのエネルギー収支、CO₂削減効果が最大となった。2) 水田冬作物であるオオムギ・エンバク・ライムギ・イタリアンライグラスの4種の作物からバイオエタノールを生産するシステムのLCAを行った結果、オオムギのエネルギー収支・CO₂削減量がともに最大となった。3) 稲わらと資源作物を原料とした場合、最大収集距離30kmで製造コストは最小(94.4円/L)となった。減免措置が実施されれば、製造コストはガソリン販売価格の121.8円/Lを下回り、価格競争力を持つことになる。

以上、本論文では我が国における地域バイオマスであるイネからエタノール生産システムを検討し、エネルギー収支、二酸化炭素削減効果を明らかにした。同時に、経済性についてその可能性と課題を指摘した。この成果は学術上貢献するところが少なくないと考えられ、応用面でも有意義であると考えられる。よって審査員一同は、本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。