

別紙

## 論文の内容の要旨

生物・環境工学 専攻  
平成19年度博士課程 入学  
氏名 矢野 伸一  
指導教員名 横山 伸也

論文題目 アジア地域における農業残渣からのエタノール生産に関する研究

### 研究の目的、目標

アジア地域における効率的なバイオマス利活用システムの構築に貢献する事を目的に、農業残渣からの燃料用エタノール生産の可能性を、生産可能ポテンシャルと資源の利用状況を中心にして明らかにすることを目標とする。

### 第1章 序論

アジア地域の諸国は一般に高率の経済成長を続けている上に元々人口が多いため、今後エネルギー需要が急増することが予想されており、これを化石資源のみに頼っては、資源の不足と価格高騰、および地球温暖化の加速等の問題が生じることが懸念される。バイオマス由来のエタノールによるガソリンの代替は、これらの問題に対応する方策の一つとして期待されている。

しかし現状のエタノール原料はトウモロコシなどのデンプンやサトウキビのショ糖など、本来は食用、飼料用に生産される農作物であり、燃料用需要が生じる

ことで、資源の不足や価格の高騰が起こる可能性がある。そのため農業残渣等の非食用資源をエタノール原料として使用する事が望まれている。このような背景から、本研究では東南アジアを中心とするアジア地域における農業残渣からの燃料用エタノール生産の可能性の検討を行った。

## 第2章 アジアにおける農業残渣からのエタノール生産ポテンシャルの推計

エタノールによるガソリン代替は、石油代替、地球温暖化対策のいずれの目的に対しても代替量が重要で、現在のガソリン消費量に対してあまりに少量しか生産できないのではその意義は低下してしまう。そのため農業残渣からのエタノール生産ポテンシャルの推計が重要であるが、その報告例はほとんど無く、あっても理論収率でのエタノール生成、まだ発酵技術が確立していないキシロースの利用、資源の全量使用などを前提にしており、現実的な値とは考えにくい。

そこで本研究では、現実的な生産ポテンシャルを推計するために、実際の実験で得られた糖化率を使用するとともに、発酵収率、プロセス回収率にも現実的な値を設定し、かつ資源の利用可能性を考慮した推計も行うこととした。

対象残渣として、ASEAN バイオマス総合利用技術開発プロジェクト(2004~2006年度)において、最も有望な残渣系バイオマスであると結論づけられた稲わら、バガス、オイルパーム空果房 (EFB)を選定し、東南アジア諸国、中国、インドにおけるこれらから生産可能なエタノールのポテンシャルを推計した。その結果、資源の利用可能性を最も厳しい条件で考慮した場合の推計値は既報の値の1割程度となったが、それでもほとんどの国でガソリン消費量の5%以上をエネルギー基準で代替する事が可能であり、農業残渣からのポテンシャルが大きいことが示された。

また東南アジアとは作物体系が異なる中国については、イネ、コムギ、トウモロコシの主要穀物について、耕地で野焼きされるわらをエタノール原料として使用する仮定のもとにポテンシャル推計を行った。その結果、これだけで中国全土のガソリン需要の10%以上を代替できるポテンシャルがあり、省単位で見ると北部、東北部を中心に極めて高い代替率を示す地域が存在する事が明らかになった。

## 第3章 オイルパーム栽培地域における農業残渣からのエタノール生産可能性の検討

オイルパームは東南アジアの3か国で世界の約90%が生産される、この地域に特徴的な作物である。またオイルパーム残渣からのエタノール生産に関する研究報告は稲わら、バガスと比較して極めて少なく利用に関する検討もされていない。

そこでオイルパームの主要生産国であるマレーシア、インドネシアを対象に、オイルパーム残渣からのエタノール生産の可能性を検討した。

パーム産業からは多様な残渣が発生しているが、マレーシアでの状況を調査したところ、利用可能度の点から EFB が最も有望なエタノール原料であることが確認された。EFB については日本での実験での糖化率が低かったことが問題であったが、マレーシアで新鮮な材料を使用して再実験を行ったところ糖化率が 36% 向上し、これによりマレーシアでのガソリン代替可能率は資源の利用可能度を最も厳しく考慮した場合において、2.2% から 2.8% に増加した。また EFB 中のキシロースも利用できるかと仮定すると、エタノール収量が 60% 増加し、ガソリン代替可能率を 4.4% に向上できることが明らかになった。

一方、インドネシアはオイルパームだけでなく、イネ、サトウキビも大きな生産力を持っている。インドネシア政府は 2015 年にはガソリン消費量の 10% の燃料エタノールを導入するという目標を表明しているが、従来型原料で利用可能なモラセスによる生産ポテンシャルは必要量の 1 割以下と推定された。しかし第 2 章で示した資源利用度を最も厳しく考慮した場合の 3 種の残渣からの生産可能量を加えると、2006 年時点でもガソリン消費の 10% に近いポテンシャルを示し、2015 年においても、農業生産が現在の増加率で増えると仮定すると、ほぼ必要量を満たせることがわかった。もし農業生産の増加率が現在の 1/2 で推移したと仮定するとエタノールが不足するが、この場合 EFB と稲わらの利用可能度を 1.5 倍に上げられれば必要量の生産が可能であることを示した。

#### 第 4 章 その他の検討

他の東南アジア諸国についても検討を行ったが、タイではモラセスとキャッサバから既にガソリン消費量の 1 割に近い量のエタノールが生産されているため、残渣の利用については低コストなどの意義づけが必要と考えられた。一方、フィリピンの状況はインドネシアと類似しており、農業残渣からの生産の必要性が高いと考えられる。

農業残渣からのエタノール生産の実用化に向けた大きな課題は低コスト化である。特に現状では酵素コストが大きいので、この低減のためにはエタノール生産者が酵素も生産するオンサイト酵素生産が有効と考えられるが、そのためには各生産国において、適切な酵素生産菌を開発する事が必要であることを指摘した。

## 第 5 章 結論

(1) ASEAN 諸国、中国、インドにおける稲わら、バガス、EFB からのエタノール生産ポテンシャルを従来の報告より実際的な条件を用いて推定し、それによるガソリン代替可能率を算定した。その結果厳しい条件で得られた従来よりも小さな推計値を用いても大きなガソリン代替ポテンシャルが認められたことから、対象としたアジア諸国は、食用資源に頼らなくても多量の燃料用エタノール生産が可能であると結論づけた。

(2) 中国については、主要穀物であるイネ、コムギ、トウモロコシについて、耕地で野焼きされる分のわらからのエタノール生産ポテンシャルを推計した。その結果によると、これらのわらからだけでも多量のエタノールを生産でき、中国全体のガソリン消費量の 10% 以上を代替することが可能である。

(3) 東南アジアに特異的な作物であるオイルパームの残渣からのエタノール生産の可能性について検討を行った。マレーシアでは従来型のエタノール原料の生産に乏しく、オイルパーム残渣利用の必要性が高いが、その中では EFB が最も利用可能度が高いと結論づけられた。インドネシアはオイルパーム以外にサトウキビ、キャッサバの生産も多いが、全てのガソリンを E10 にするという政府の方針を達成するためにはこれらの資源だけでは不足が生じるが、農業残渣を使用する場合は、必要量の供給がほぼ可能になった。

(4) 農業残渣からのエタノール生産の実用化にはコスト、特に酵素コストの低減が重要であり、そのためには生産国に適した酵素生産菌を開発する事が重要である。