

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 白川 泰樹
指導教員名 横山 伸也 教授

論文題目 タイにおけるオイルパーム起源バイオディーゼルのライフサイクル温室効果ガス排出量と CDM の可能性に関する研究

背景

バイオディーゼルの導入による化石燃料や温室効果ガス排出の削減効果の定量的評価は、先進国や開発途上国における持続可能なバイオディーゼル生産、エネルギーセキュリティや地球温暖化対策への貢献等の観点から極めて重要である。バイオディーゼルの生産は、原料作物の栽培から燃料の生産・流通等の様々なプロセスを含むため、その導入による温室効果ガス排出量やエネルギー消費量の評価にはライフサイクル的なアプローチが必要であり、これまでに数多くの研究がなされてきている。しかし、土地利用転換プロセスの評価など、依然として定量評価が十分になされているとは言えず、特に、主に開発途上国で生産されるオイルパーム等を原料とするバイオディーゼルについては、研究例が少ない。タイではオイルパームを原料とするバイオディーゼルの大規模な導入を進めているが、タイでの評価事例も無い。さらに、バイオディーゼルについては開発途上国において CDM プロジェクト（クリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism））としての導入の期待が高まっているが、未だ国連に承認されたプロジェクトは無い状況である。

目的

本研究の目的は以下の2点とした。

1. タイにおけるパームオイルを原料とするバイオディーゼル（Palm Methyl Ester: PME）の温室効果ガス削減対策としての効果を把握するために、そのライフサイクル温室効果ガス排出量を推計し、評価する。
2. バイオディーゼル CDM プロジェクトの実現可能性の評価、および、バイオディーゼル生産プロジェクト用の CDM 方法論の簡素化等を提言する。

結果

PME のライフサイクル温室効果ガス排出量

PME のライフサイクル温室効果ガス排出量は、土地利用転換プロセスを除くと PME 1.0 ton あたり 2.49 tCO₂-eq と推計された。プロセス別にみると、CPO（Crude Palm Oil）生産時に排出される POME のラグーン処理に伴う CH₄ 排出が全体の 32.5%と高い割合を占めており、POME の CH₄ 低減対策が PME のライフサイクル温室効果ガス排出量において重要であることが示唆された。POME から放出されるバイオガスの回収・発電を導入した場合は 1.80 tCO₂-eq/tPME であり、導入しない場合に比べて 27.7%削減され、POME および EFB のコンポスト化では 1.70 tCO₂-eq/tPME であり 31.7%とさらに削減される結果となった。化学肥料の使用に関連する排出量（施肥による N₂O 放出、肥料製造時の温室効果ガス排出）も全体の 39.8%に上ることがわかり、施肥対策も PME のライフサイクル温室効果ガス排出量において重要なファクターであることが示唆された。

PME の生産において土地利用転換を必要としない場合には、化石燃料起源の軽油を代替することで PME 1.0 ton あたりおよそ 0.80 tCO₂-eq (= 3.29 - 2.49)、24.4%の温室効果ガス排出量の削減が見込まれる。パームオイルミルにおいて、POME から放出されるバイオガスの回収・発電を導入した場合は軽油に比べて PME 1.0 ton あたり 1.49 tCO₂-eq、51.7%、POME および EFB のコンポスト化では 1.59 tCO₂-eq、54.7%と算定された。

荒地、草地、ゴム林、果樹園、水田、熱帯林など様々な土地利用状況からオイルパームプランテーションへの土地利用転換プロセスを含む PME のライフサイクル温室効果ガス排出量は、荒地の-5.54 tCO₂-eq/tPME から熱帯雨林（泥炭地）の 36.23 tCO₂-eq/tPME と、転換される前の土地利用の種類によって大きく異なる結果が得られた。熱帯雨林からオイルパームプランテーションへの転換を伴う PME 生産においては多量の温室効果ガスが排出され、かつ大きな不確実性を持つ。一方、タイにおいては、荒地の活用とともに、ゴム林や果樹園、水田からの転換が多いと想定されるが、これらの土地利用からの転換を伴う PME 生産によるラ

ライフサイクル温室効果ガス排出量は、熱帯林と比較すると少ない。

化石燃料起源の軽油を PME で代替することによる PME1ton あたりの温室効果ガス排出削減量は、荒地や草地、水田への新規プランテーションの場合は、それぞれ、2.62～8.83 tCO₂-eq、1.53～7.18 tCO₂-eq、5.90 tCO₂-eq、果樹園やゴム林からの転換の場合は、若干の排出削減もしくは排出増になる（果樹園：-0.82 tCO₂-eq、ゴム林：-4.18～1.51 tCO₂-eq）と算定された。熱帯林からの転換の場合は、ほとんどの場合に軽油と比べて大きく排出が増える結果となった（-32.94～2.79 tCO₂-eq）。

バイオディーゼル CDM プロジェクトの実現可能性の評価

PME のライフサイクル温室効果ガス排出量の評価結果や既存のバイオディーゼル用 CDM 方法論の適用可能条件等を勘案し、PME 生産プロジェクトの CDM プロジェクトとしての実現可能性を評価した。

CDM プロジェクトとして実現させるためには、"Shift of preproject activity"による間接的な土地利用転換の有無が重要な検討要素となる。例えば、既存のプランテーションを利用する場合は、それまでに他用途に供給されていた CPO がバイオディーゼル用に用いられることで、他用途用の原料が不足するなどの可能性がある。その場合、その不足分を補うために、他の土地で新たにプランテーションが開発され、間接的な土地利用転換が生じ得る。このような間接的な土地利用転換の有無や規模は、国や地域の農産物需給等の状況に大きく左右され、また条件によっては生じない場合もあるなど、その定量化は極めて困難である。このため、間接的な土地利用転換が生じる場合には、CDM プロジェクトとして実現させるのは困難と評価した。

間接的な土地利用転換が生じないことが証明できれば、既存のプランテーション起源の CPO（粗パーム油: Crude Palm Oil）を用いた PME 生産プロジェクトは実現可能性が高い。また、荒地や草地、休耕田において新規プランテーションを開発し、得られる CPO を用いて PME を生産するケースについても実現可能性が高い。特に荒地については、既に CDM 理事会による承認方法論があるため、即座に CDM プロジェクトとして実現が可能である。ゴム林や果樹園からの転換のケースについては、間接的な土地利用転換が生じない場合でも削減量は小さく、実現可能性は低い。

バイオディーゼル用 CDM 方法論の簡素化等の提言

2009 年 10 月、バイオディーゼル生産プロジェクト用の方法論が UNFCCC CDM 理事会によって承認され、開発途上国におけるバイオディーゼルの導入を CDM

プロジェクトとして実現できることになった。しかし、この方法論は、適用可能なプロジェクトが極めて限定的なこと（荒地での新規専用プランテーションに限定）や、プロジェクトによる排出削減量の算定のために、非常に多くのパラメータをモニタリングしなければならないことなど課題がある。本研究では、PMEのライフサイクル排出量の評価結果等を活用し、これらの課題を解消するための提言を行った。

提言の一つは、方法論の適用可能条件の拡張である。荒地での新規専用プランテーション以外でCDMプロジェクトとして実現可能性が高い、「既存のプランテーションからの作物の供給のうち、間接的な土地利用転換が生じないケース」および「耕作地や草地からの土地利用転換を伴う新規プランテーションからの作物の供給のうち、間接的な土地利用転換が生じないケース」に適用できるような方法を検討した。

提言の二つ目は、方法論で提示されている算定式の簡素化である。バイオディーゼル導入プロジェクトにおける温室効果ガス排出削減量を算定するためには、多くのパラメータと数式を用いて計算する必要がある。ACM0017では、70以上のパラメータを用いて、20以上の数式を解かなければならない。また、毎年モニタリングしなければならないパラメータも40近くに上る。このため、バイオディーゼルCDMプロジェクトを実施しようとする事業者の負担は大きいと想像される。本研究の成果から、主要5プロセス（POMEからのメタン排出、施肥に伴うN₂O排出、肥料製造時の排出、メタノール製造時の排出、メタノール消費時の排出）の排出量を算定することで、保守的にみても全排出量のおよそ88%を精度良く把握できることがわかった。この結果から総排出量を補正計算することで排出削減量の精度を確保しつつ、モニターが必要なパラメータを28から7に減らすことができる。さらに、PME1トンあたりのライフサイクル温室効果ガス排出係数を示し、PME生産量を乗ずることで総排出量を計算する方法についても提案した。

今後の課題

今後の研究課題としては以下が挙げられる。

- ・ 炭素貯蔵量に関するデータの蓄積・精緻化
- ・ 間接的な土地利用転換の定量化
- ・ オイルパーム栽培時の施肥対策等の定量評価
- ・ 大気環境や水質等のローカルな環境影響の観点からのライフサイクル評価
- ・ マレーシアやインドネシアにおけるPMEのライフサイクル温室効果ガス排出量との比較