

課題名	R F - 0 7 8 アジアにおけるバイオ燃料の持続的需給システムの構築に関する研究		
課題代表者名	丸山敦史（千葉大学大学院園芸学研究科食料資源経済学コース資源環境経済学領域）		
研究期間	平成19－20年度	合計予算額	17,555千円（うち20年度 8,455千円） ※上記の合計予算額には、間接経費4,051千円を含む
研究体制	<p>研究体制</p> <p>(1) アジア各国の需要動向と持続可能な需要システムの構築に関する研究 （（財）日本自動車研究所、（財）地球環境産業技術研究機構）</p> <p>(2) フィリピン産バイオ燃料の利用に伴う自動車性能及び環境性能に関する研究 （（財）日本自動車研究所、（財）地球環境産業技術研究機構）</p> <p>(3) アジアにおける大規模なバイオ燃料供給の持続可能なシステム構築に関する研究 （（株）インテージ）</p> <p>(4) フィリピンにおけるバイオ燃料原料生産の拡大に伴う環境及び社会システムへの影響に関する研究（千葉大学）</p> <p>(5) アジア圏での持続可能なバイオ燃料の利用を可能にするための社会的要件に関する研究（千葉大学）</p>		
研究概要	<p>研究概要</p> <p>1. 序（研究背景等）</p> <p>地球温暖化対策として、バイオ燃料の利用が世界規模で拡大している。特に京都議定書の責務を主体的に果たすべき立場にある日本のような国々にとっては、バイオ燃料の導入はCO<sub>2</sub>削減のための重要な方法の一つである。また、途上国でも、バイオ燃料に対する関心が高まりつつあり、各国のエネルギー政策を新たなものにしていく。京都議定書を批准し、バイオ燃料利用拡大のための国内導入目標が掲げられるようになったことは大きな変化である。しかし、その背景には、環境面だけではなく、経済面でのバイオ燃料に対する大きな期待がある。例えば、燃料需要の急増により国際市場のバランスが崩れた場合、需給の逼迫による価格上昇の影響は低所得国でより強く現れる。もし、自国で燃料が生産できるようになれば、その影響を軽減することが出来る。また、エネルギー作物の生産に“比較優位性”のある国では、エタノール貿易による外貨獲得や農村部における雇用・投資機会創出の場を確保することが出来る。これらの事柄は、バイオ燃料を普及させることの環境面での重要性を示すと同時に、燃料生産国の地域社会や経済に与える影響の大きさ、深刻さを示唆している。</p> <p>バイオ燃料の利用拡大が急速かつ大規模に起これば、燃料生産プラントの規模拡大と原料作物の栽培増加に強い圧力がかかり、周辺の環境と社会システムを急激に変化させる可能性が高い。バイオ燃料導入の持続性を考える際、それらの影響を多角的に分析することが重要となる。これまででも、燃料生産のエネルギー効率性の問題、土地利用や原料作物の競合問題などについて、バイオ燃料が真に環境親和的なものであるかといった議論がなされている。しかし、未だに統一的な見解には至っていない。更に、既往の研究は、バイオ燃料の主たる生産・消費国であるアメリカやブラジルといった国々を中心に行われており、地域性の強い社会的側面の影響分析には、十分に敷衍出来るものではない。</p> <p>本研究は、日本にとって経済外交政策上の重要性が増大しているアジア地域を取り上げ、バイオ燃料の持続可能な需給システムを構築するために必要な政策的要件が何かについて検討するものである。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>日本とアジア（特に、ASEAN諸国）とのバイオ燃料貿易の振興、利用の拡大を図る際に生じうる問題を多角的に分析するため、次の5つの目的を設ける（図1）。また、本研究は、二次統計資料を用いたマクロ的な分析と、現地調査によるミクロ的な分析を補完的に用いる点に特徴がある。なお、現地調査は、ASEAN地域でバイオエタノールの原料となるサトウキビの生産量が多く、バイオ燃料の普及に積極的な展開を見せつつあるフィリピンを対象とする。</p>		

まず、サブテーマ①「アジア各国の需要動向と持続可能な需要システムの構築に関する研究」では、最適なバイオ燃料の導入率を試算するため、日本とASEAN諸国のバイオ燃料需要をモデル化する。それに基づき2050年までの需要推計を行い、その需要予測とエネルギー価格を所与とした需要者のバイオ燃料混合率算定モデルを作成する。この分析により、需給バランスの将来動向を需要サイドから説明することが可能となる。次に、サブテーマ②「フィリピン産バイオ燃料の利用に伴う自動車性能及び環境性能に関する研究」では、既往のバイオ燃料の車両影響調査をレビューし、生じうる問題点を整理する。また、フィリピン（マニラ近郊）で採取したバイオ混合燃料の性状分析を行い、車両、排出ガス等への影響を分析する。これにより、バイオ燃料の消費拡大に伴う環境面での課題が明らかにされる。更に、サブテーマ③「アジアにおける大規模なバイオ燃料供給の持続可能なシステム構築に関する研究」では、分析対象国のバイオ燃料原料の供給可能性を算出する。供給能力と導入目標のギャップが大きいほど、必要とされる社会費用は大きい。また、製糖工場がバイオエタノールの生産を行うことによる増収益の可能性、地域社会や環境に与える影響について検討する。これにより、燃料生産段階での課題が明らかにされる。続いて、サブテーマ④「フィリピンにおけるバイオ燃料原料生産の拡大に伴う環境及び社会システムへの影響に関する研究」では、フィリピンを対象にエネルギー作物の供給可能性を農家レベルで明らかにする。併せて、特定地点の土地利用とその変化を衛星データから調査し、燃料作物の耕地拡大がどのような条件の場所で発生しやすいかについて検討する。これにより、農家行動と環境持続性との関係を理解することが出来る。最後に、サブテーマ⑤「アジア圏での持続可能なバイオ燃料の利用を可能にするための社会的要件に関する研究」では、バイオ燃料利用が経済的に持続可能であるための条件をモデル分析によって明らかにし、アジア圏でのエタノール貿易の潜在性について検討する。同時に、各サブテーマの結果を統合することにより、持続可能なバイオ燃料の需給システムを実現するために必要な要件を提示する。

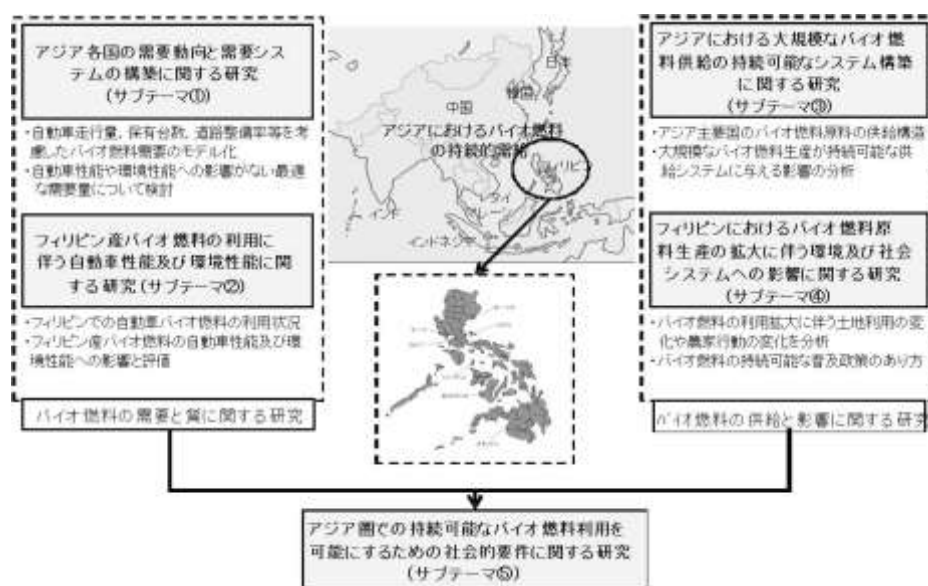


図1. 研究概要図（サブテーマ間の関連）

### 3. 研究の方法及び結果

#### (1) アジア各国の需要動向と持続可能な需要システムの構築に関する研究

アジア各国の燃料需要をモデル化し、それを用いて2050年までのエネルギー需要を推計した。まず、日本におけるモータリゼーション期のエネルギー需要の要因分析から、自動車保有台数が最大の影響要因であったことを明らかにし、中国、インド、インドネシア、フィリピン、タイ、マレーシア、ベトナムを対象に、乗用車、二輪車の保有台数推計モデルを作成した。

その際、これらの国々はモータリゼーションの初期段階であり、当該国のデータのみに基づく場合、統計的には有意であっても、挙動が我々の経験則と異なるモデルが得られる可能性がある。そこで、まず、特定の所得分布と保有所得を仮定したうえで、解析的に成長曲線を導出し、モデルパラメータと所得の関係を明らかにした。次に、日本の長期系列に基づき推計されたパラメータを事前情報とするベイズ更新により、当該国のパラメータを推計した。その結果、現況データの再現性は相対的に低いものの、解釈される保有所得が現実的と考えられるモデルを得た。特に所得格差の大きい国では、モータリゼーションの初期段階では平均所得では適切に説明しきれない保有台数の増加がみられるが、こうした状況を反映したモデルとなっている。

このモデルを用い保有台数を推計した。保有率でみると、乗用車はタイ、マレーシアで増加するが、他の国は1000人当たり100代未満にとどまると推計された。二輪車は多くの国で増加する結果を得た。一方、保有台数をみると、人口規模を反映して、特に中国で台数が急増する結果を得た。乗用車については、2050年に日本並みの7千万台、二輪車は日本をはるかに超え2.5億台と推計された。また、インドでは保有率は低いものの、人口規模の大きさを反映して乗用車で2500万台、二輪車で1.2億台と推計された。

推計した保有台数に基づきエネルギー需要を推計したところ、やはり中国、インドでエネルギー需要が急増し、2050年には2000年と比べて、中国は7.4倍、インドは5.1倍程度になると推計された。また他のASEAN諸国も増加し、同期間に3.5倍になると推計されている。

加えて、エネルギー需要、燃料価格、CO<sub>2</sub>削減目標等を所与とするときに、総費用を最小化するバイオ燃料混合率を算定するモデルを作成した。これらの分析により、需給バランスの将来動向を需要サイドから説明することが可能となる。

## (2) フィリピン産バイオ燃料の利用に伴う自動車性能及び環境性能に関する研究

わが国におけるバイオ燃料の車両影響調査をレビューし、生じうる問題点を整理した。その上で、フィリピンで市販されているバイオ混合燃料のサンプリング、性状分析を行い、車両、排出ガス等への影響を分析した。

その結果、まず、既往調査ではエタノール混合燃料はアルミ等の腐食性を有するため5%以上の混合では車両側の対応が必要なことを確認した。また、テールパイプエミッションでは、フィードバック制御を行わず、かつ排ガス後処理触媒を搭載する車両では、エタノール混合燃料の使用によりNO<sub>x</sub>排出量が増加する可能性がある。一方、フィードバック制御を行う車両ではNO<sub>x</sub>排出量は変わらず、触媒のついていない車両では排出量は低下する可能性がある。エバポレーティブエミッションについては、ベース燃料となるガソリンの基材調整により抑制出来ると考えられるが、もし蒸気圧、あるいは蒸留性状の品質規格が定められておらず、基材調整が行われなければ、エバポレーティブエミッションは増加する可能性がある。FAME（脂肪酸メチルエステル）混合燃料では酸化安定性の確保が車両安全上重要であるが、使用する材料により腐食、劣化等の影響が異なり、また発生するスラッジが摺動部の性能低下に与える影響も使用条件等により異なる可能性がある。また、エミッションについては、試験条件によってはNO<sub>x</sub>が増加する可能性があるが、車両側の排気後処理装備の導入状況の方が影響は大きいと考えられる。特に途上国では旧式の商用ディーゼル車が多数存在しており、そのような車両ではFAME利用によるPM削減効果が表れる可能性もある。

次に、フィリピンにおける市販バイオ燃料の分析結果より、現在販売されているE10ガソリン、B1ディーゼル燃料は水分管理、酸化安定性はフィリピン国内規格、アジア国際規格を満たしていることが明らかとなった。ただし、E10ガソリンの水分量は、H19年度の調査と比較して増加している。また、エタノール燃料は免税措置が取られており価格が通常ガソリンより安価だが、一社はハイオク燃料として混合表記を行わずエタノール燃料を販売している。

最後に、エタノール混合ガソリンについて排出ガス影響をComplex Modelを用い推計した。その結果わが国における既往調査と異なりNO<sub>x</sub>排出量が減少するとの結果が得られた。一方、蒸気圧の増加等に起因し、アセトアルデヒド排出量が増加すると推計された。

## (3) アジアにおける大規模なバイオ燃料供給の持続可能なシステム構築に関する研究

まず、近年、アジアにおいて国策としてのバイオ燃料の導入を進めている、インド、インドネシア、マレーシア、タイ、フィリピンを対象に、それらの国のバイオ燃料の原料生産量と照らし合わせ、バイオ燃料の生産可能性を明らかにした。分析の結果、バイオエタノールについては、インドのサトウキビのケースを除き、現状の耕作面積では各国の導入目標を達成することができないことが推計された。一方、バイオディーゼルについては、タイを除いて、現耕作面積の2~3%を活用できれば、各国のバイオディーゼルの導入目標を達成することができるとの推計結果を得た。

次いで、フィリピンの粗糖生産の現況を、統計データや既存資料を用いて、フィリピンの製糖業が置かれている現在の状況を踏まえ、時系列および地域別に整理し、フィリピンでの大規模バイオエタノールの生産に至る課題を明らかにした。その際、フィリピンのサトウキビ生産量の50%以上を占めるネグロス島を対象に、製糖工場とバイオエタノールの生産のみを目的とする工場、双方へのヒアリング結果を踏まえた分析を行う。フィリピンの砂糖の需給はほぼ均衡しており、ここ数年、消費量は210万t~220万t、生産量は210万t~240万tとなっているが、AFTAの関税引き下げにより、安価な砂糖の流入が予想され、国内の販売環境は必ずしもよい状況にはないと言える。しかし、製糖工場は、フィリピン政府からの協力要請やサポートがないこと、サトウキビ農家との契約を優先しなくてはならないこと、ブラジルから輸入されるバイオエタノールの方が安価であるなどの理由から、バイオエタノールへの参入には消極的である。

一方、ネグロス島では糖蜜（**Molasses**）の5～6倍の効率でバイオエタノールを生産できるサトウキビの搾汁（**Cane Juice**）を原料とするバイオエタノール生産工場が建設されており、新たなバイオ燃料への取組が活発化し始めている。

さらに、大規模なバイオエタノールの生産が持続的であるため、バイオエタノールの生産による環境貢献及び環境負荷について整理し、日本のバイオエタノールの生産プラントとの比較から考察した。その結果、フィリピン全土で糖蜜（**Molasses**）を利用してバイオエタノールを生産すると、**302,000ton**のCO<sub>2</sub>排出を削減することができる一方で、工場からの排水中の**BOD**については、日本の環境基準の10倍以上、水素イオン濃度も**4.5-5.0**と日本の環境基準の**5.8-8.6**からはかけ離れたものとなっている。これは、広大な土地と緩い排水基準のもと、フィリピンではラグーン処理（**lagoon treatment**）が中心となっていることによる。

#### （4）フィリピンにおけるバイオ燃料原料生産の拡大に伴う環境及び社会システムへの影響に関する研究

まず、バイオ燃料の原料となりうる作物（サトウキビ、トウモロコシ、キャッサバ、ココナッツ）の生産状況を明らかにするため、栽培面積や反収の推移、生産の地域的な偏りについて、**FAO**とフィリピン農業省から得た統計データによる記述的な分析を行った。分析の結果、フィリピン全体の生産性は国際的にみて高い水準にはないが、生産余力の観点からエタノールの原料としてはサトウキビが、ディーゼルの原料としてはココナッツが有望であることが分かった。また、サトウキビについては、栽培が一定の地域に限られていることから、その地域に対し集中的で効率的な投資と管理が可能であるが、他方のココナッツについては、生産地の分散が顕著なためフィリピン全土を見据えた政策が必要であることが示された。

次に、フィリピンの中でもサトウキビ栽培の主産地であるネグロス島に注目し、その地域的特徴や生産構造、そして、農家意識について分析した。資料は、キーパーソン（**SRA**支部長・農民組合長）への聞き取り調査と農家調査（ともに、西ネグロス州ラ・カルロタ市周辺で実施）により収集された。なお、農家調査は、総栽培面積が**1ha**程度の小規模農家と、中大規模農家（**24ha～275ha**）との2回に分けて行われた。聞き取り調査の結果から、ネグロス島では、輸出用のマスコバド糖（黒砂糖）の生産を農家が独自に行うなど個別レベルの新しい動きがあるものの、全般的には、製糖工場に強く依存した社会経済構造になっていることが確認された。他方、農家調査の結果から、大規模農家ほど労働投入が少なく肥料や資本の投入が多くなっていること、生産の技術的不効率性の面で農家間に統計的に有意な違いはないことなどが明らかになった。また、生産拡大の阻害要因として、当座の資金不足を挙げる農家が最も多かった。しかし、その数は、規模の大きな農家ほど少なくなる傾向があった。更に、規模が大きい農家ほど、砂糖価格の上昇に応じて栽培面積を拡大する意向が強くなる傾向があることが示された。

最後に、ネグロス島サンカルロス市の衛星画像（**QuickBird**、**ALOS**）から、**2005年**と**2008年**の土地利用データを入手し、サトウキビ園の分布とその変化を調査した。画像データに対し各種補正処理を施した後、自動分類処理を行った。その後、現地調査から得たデータを用いて誤判読を修正した。分析の結果、サトウキビ園は比較的標高が高く道路条件が悪いエリアにも広がっていること、平地の一部地域で荒地などからサトウキビに土地利用が移ったこと、標高が上がるにつれてサトウキビ園に転換されやすい地域があることが分かった。

#### （5）アジア圏での持続可能なバイオ燃料の利用を可能にするための社会的要件に関する研究

まず、バイオエタノールの生産と貿易に関する現状分析を行った。バイオエタノールの生産はアメリカとブラジルに特化していること、エタノールの貿易量は**2005年**頃から急激に増えていること、主たる輸出国とその輸出先は取引量の増加とともに変化し、その点でエタノール貿易は流動的な性格があることなどが明らかになった。続いて、エタノール貿易にどのような特徴や傾向があるかを統計的に把握するため、**Gravity Model**（重力モデル）による計量分析を行った。**Gravity Model**は、貿易量の変動を、当該輸出国・輸入国の経済規模（**GDP**）と2国間距離によって説明しようとするものである。分析の結果、2国間距離が短いほど、輸入国および輸出国の**GDP**が高いほどエタノール貿易が盛んになること、2国間距離のパラメータは時系列的に安定しており、貿易量に最も大きな影響を与える因子であることが明らかになった。

更に、生産国と消費国の双方で社会的純便益が最大になるようにバイオ燃料混合率が決定されるという主体均衡モデルを想定し、外生要因の設定の違いが経済余剰に与える影響のシミュレーション分析を行った。日本での炭素価格が**3万円/tCO<sub>2</sub>**のときと**3千円/tCO<sub>2</sub>**のときの生産者利潤を算出すると、**3万円/tCO<sub>2</sub>**のときはCO<sub>2</sub>排出削減策としてバイオ燃料が日本でも十分利用されるため生産者利潤はプラスとなるが、**3千円/tCO<sub>2</sub>**のときは普及が進んでも**2040年**まで一貫して利潤はマイナスと

なり持続可能ではないことが分かった。また、貿易の主要な決定要因である2国間距離について、輸送費用の違いが日本の消費者便益に及ぼす影響を試算した。輸送費が距離に比例して増加すると仮定すると、ブラジル並みの距離の国から輸入した場合の消費者便益は、日本がASEAN諸国と貿易を行う場合に比べ60%程度低下することが分かった。

#### 4. 考察

サブテーマ①の結果、日本では今後二輪車の保有台数は減少するが、アジアでは乗用車、二輪車ともに保有台数が大幅に増加すると推計された。また、乗用車については各国で燃費の向上を見込んでおり、日本では自動車交通需要の飽和と相まってガソリン消費量は今後ほぼ横ばいから減少に転じると推計されたが、アジアでは燃費向上を上回る需要の増加により2050年までを見通すとガソリン需要は増加を続ける見通しとなっている。2005年現在、ASEANのガソリン消費量は日本の7割程度であるが、2050年には同程度まで増加すると見込まれる。

また、他の調査と比較して本研究のアジア地域の燃料需要推計はかなり控えめなものとなっている。それでもなお、中国、インドでは大幅な需要増大が見込まれる。ASEAN諸国でも同様であり、バイオ燃料政策はエネルギーセキュリティの向上策としての意味も持っている。

本モデルは、日本のパラメータを基準に各国モデルを調整しているが、各国のトレンドよりも所得と保有の関係を重視したものとなっている。パラメータの解釈に基づくならば、平均所得から見ると中国、インドの現状の保有率は相対的に高い可能性がある。これは、所得分布や各国の各種自動車コスト、あるいは購買選好等に依存するものであるが、普及が本格化する前に、今後増加率が低下する可能性も十分あと考えられる。本モデルの推計結果は、こうした考えを反映したものである。

本研究では、長期時系列を有する日本のデータに基づき保有モデルの事前情報を作成し、これを用いたアジア諸国のモデル作成をベイズ更新により行った。アジア諸国では自動車関連統計の整備状況は十分ではなく、なおかつモータリゼーションの初期段階である国も多いことから、国別の統計のみに基づくモデル構築では、観測不能なバイアスが多大な影響をもたらさう。データ制約の多い途上国においても情報収集の努力が必要であるが、一方で理論的な考察を通じた妥当性の高いモデルの検討が必要であり、その点で、本研究は一つの案を提示できたと考えられる。

サブテーマ②で明らかになった車両安全への問題は、エタノール混合燃料の場合、車両が使用している部品の材質に大きく依存し、影響のある部品を用いていなければ問題が少ない。ただし、エタノールを直接混合する場合には水相容量が大きく増加するため水分管理も重要である。一方、FAME混合燃料では車両安全性の確保には酸化安定性が重要となる。

燃料分析結果については、今回サンプリングした燃料は大手販売業者のものであり、また、導入初期であることから十分な品質管理が行われていると考えられる。ただし今後中小事業者がこれらの燃料を販売する場合、および混合率を高める場合、品質の安定性を保証するにはモニタリングが従来以上に重要になると考えられる。特に、E10ガソリンの水分量については、2007年の分析と比較して2008年は増加しており、今後適切な管理が維持されるか注意が必要である。

また、エタノール混合ガソリンは、免税措置等を反映し、通常ガソリンよりも価格が安く設定されている。今回サンプリングした4社のうち1社は、E10ガソリンをエタノールの混合表記なくハイオクガソリンとして販売していた。この会社では、E10表記したガソリンも販売しているが、ハイオクガソリンはE10ガソリンよりもオクタン価がさらに高くなっている。金属分を分析したところ、マンガンが検出され、オクタン価向上剤として添加されていると推察される。マンガン等の重金属は触媒を劣化させる可能性が指摘されており、米国では使用が禁止されている。フィリピン国内での使用は禁止されていないが、他社のサンプルにはほとんど用いられていない。

最後に、燃料サンプルの情報に基づくエミッションのモデル分析より、NO<sub>x</sub>が減少するとの結果を得たが、これはアロマ、オレフィン成分の減少に起因すると考えられる。ただし、これらの結果はあくまでも一つのモデルを用いた結果であり、その影響は車両によって異なる可能性がある。このため、正確な評価のためには実車を用いた試験が必要である。

サブテーマ③の結果、アジア各国において、バイオ燃料のうち特にバイオエタノールについては、導入目標を達成することが困難なことから、原料作物の選定、原料作物のその他の用途での利用状況を踏まえたシナリオを検討することが必要になると考えられる。例えば、フィリピンでのバイオエタノールの生産については、サトウキビを原料とすることが妥当と考えられ、さらに、食料との競合を考慮し、粗糖を生産する際の副産物である糖蜜 (Molasses) の利用が望ましいが、その全量を用いたとしても、フィリピンのガソリン消費量の3%程度を賄うことができるに過ぎない。一方、2010年にはAFTAのサトウキビ関税が5%に削減され、フィリピンの砂糖価格が下落することが予想

される。そこで、フィリピンでは砂糖とバイオエタノールの連動した政策が必要になると考えられる。その際、現状の製糖工場のバイオエタノールへの消極的姿勢の原因となっている、投資による収益見込みの改善を図り、製糖工場の更新による粗糖生産の効率性の向上や排水設備の整備などに併せて取り組むことが必要であろう。

サブテーマ④では、フィリピンにおけるバイオ燃料作物の供給可能性に関わる問題について実証的な研究がなされた。分析の対象とした作物（サトウキビ、トウモロコシ、キャッサバ、ココナッツ）のうち、サトウキビとココナッツに、バイオ燃料の原料としてポテンシャルがあることが確認された。同国では、政府によりバイオ燃料の導入目標が掲げられただけでなく、バイオ燃料に関する融資制度の設立や外国資本も含めた民間企業の活動が急速な展開を見せているが、その様な需要の拡大に見合う供給量はまだ確保されていない。

原料作物の生産に関し、フィリピンの平均生産性は国際的に高い水準にはない。裏を返せば、そこに単収を増やす余地を見出せる。しかし、サトウキビの場合、農家の技術面での不均一性は殆ど観測されておらず、技術普及などのソフト面を通じての増収対策は効果的ではない。従って、サトウキビの収量を増加させるためには、外延的な農地の拡大や肥料を多投した栽培形態に依存せざるを得ない。これらの方法は、環境的に大きな負担を強いるものであり、十分に管理された生産振興策が必要となる。一般に、生産が一つの地域に集中しているほど、環境対策や生産対策のための投資と管理を効率的に行うことが出来る。フィリピンでは、全サトウキビ生産量の半分程度が、ネグロス島という1地域で生産されている。この利点を生かした制度設計が出来るはずだが、現地での環境管理技術は十分なものではなく、運用できる資金も限られている。このような部分に、日本の政策的な協力が出来る余地が見出せるかもしれない。

また、燃料作物を増産する場合の地域社会に対する影響についても配慮する必要がある。総じて、東西ネグロス州では、農村が製糖工場に強く依存した体制となっている。この様な地域であれば、製糖工場が中心となって、組織的にバイオ燃料生産のための増産活動に取り組むことが出来るかもしれない。それにより、地域内の混乱は最小限に維持されると思われる。しかし、その様な形での取り組みが失敗に終われば、地域社会が被る被害は一層大きなものとなる。ゆえに、製糖工場と農民、そして行政の各主体に、長期的な視点が求められている。

サブテーマ⑤でのモデル分析は、バイオ燃料の生産と消費の関係をどの地理的範囲で考えるのがよいか、という問題に一つの答えを与えている。日本の場合、バイオエタノールの普及を推進しているが、その生産量は極めて少ない。つまり、消費と生産が分離するケースに該当し、バイオ燃料貿易が必要となる。距離の近い日本-ASEANの地域貿易は、生産者利益と消費者余剰の観点から好ましく、双方に潜在的メリットがある。しかしながら、このような貿易が持続可能なものになるためには、多くの仮定が満たされなくてはならない。例えば、炭素に対する高い市場評価が得られ、それに伴いバイオ燃料の利用拡大が進む必要がある。

更に、ASEAN諸国が、その急速な燃料需要の伸びとバイオ燃料導入目標の達成に応じられるだけの生産規模を有していることが求められる。しかし、生産能力が極めて限定的な現状では、生産拡大圧力が急速に掛かることを避けなくてはならない。フィリピンの事例では、燃料の質自体に環境性能的な問題は少ないが、その他の部分での負荷が懸念された。例えば、原料作物の生産拡大は面積拡大に頼りがちになる傾向があり、比較的標高が高い林地にもサトウキビ栽培は広がりやすい。また、製糖工場は地域社会の中心であるので、安易にエタノール生産へ移行しそれが失敗した場合、農家レベルでの被害も大きい。

このように、日本がアジア圏でのエタノール貿易を考える場合には多くの課題がある。しかし、生産余力があるということだけでブラジルに供給源を依存するのは、短期的にはやむを得ない戦略であるとしても、長期的には望ましくない。近隣地域で持続的に需給できる体制を作ることが重要であり、そのために日本が主体的に関われることは多いだろう。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

本研究は、以下の点で、学術的貢献をしている。まず、マクロアプローチによる自動車エネルギーの需要予測に関し、ベイズ推定と二輪車の需要動向を考慮した新たな推計方法を提示した。次に、フィリピンにおいて、市販バイオ混合燃料の性状を分析し排ガス影響のモデル分析を行い、科学的資料の蓄積に貢献した。更に、大規模なバイオ燃料の製造に移行する際の負荷を、社会科学的視点

から整理し新たな知見を得た。また、フィリピンの現地調査からサトウキビの生産構造と農家意識の構造を統計的に明らかにし、定量的な把握を可能にした。そして、まだ十分に分析されていない、フィリピン東ネグロス州におけるサトウキビ園の土地利用状況を、衛星画像の解析から明らかにした。最後に、経済学的な最適化モデルにより日本と燃料生産国とのバイオ燃料貿易に関わる便益変化をシミュレーションした。

## (2) 地球環境政策への貢献

これまでに明らかにされることの少なかった日本とアジア諸国とのバイオ燃料生産と利用の拡大に関する議論に、マクロ的、ミクロ的な多角的な分析から得た知見を新たに加えることで、持続的なバイオ燃料普及政策の課題と方策を提示した。

## 6. 研究者略歴

課題代表者：丸山敦史

1972年生まれ、千葉大学園芸学部卒業、博士（学術）、現在、千葉大学大学院園芸学研究科准教授

主要参画研究者：

### 1) 紀伊雅敦

1972年生まれ、東京工業大学工学部卒業、博士（工学）、（財）日本自動車研究所研究員を経て、現在、（財）地球環境産業技術研究機構研究員

### 2) 甲斐聡

1969年生まれ、千葉大学園芸学部卒業、修士（農学）、現在、（株）インテージ研究員

## 7. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況。）

### (1) 査読付き論文

なし

### (2) 査読付論文に準ずる成果発表（社会科学系の課題のみ記載可）

- 1) 甲斐聡・Albert P. Aquino・丸山敦史（2007）「アジアにおけるバイオ燃料及び原料作物の供給ポテンシャル」自動車技術会学術講演会前刷集、146-07号、1-4、京都国際会館
- 2) 紀伊雅敦（2007）「アジアにおけるバイオ燃料需要の推計方法に関する考察」自動車技術会学術講演会前刷集、146-07号、5-8、京都国際会館
- 3) 紀伊雅敦・丸山敦史・甲斐聡（2008）「アジアにおける持続可能なバイオ燃料の需給システムに関する考察」第38回土木計画学研究発表会、和歌山大学（CD-ROM）
- 4) Atsushi Maruyama, Albert P. Aquino, Xandra B. Dimaranan and Satoshi Kai. (2009) "Potential of Biofuel Crop Production in the Philippines: A Preliminary Analysis," HortResearch 63, 67-76.
- 5) Satoshi Kai, Atsushi Maruyama, Masanobu Kii, and Albert P. Aquino. (2008) "Sugarcane Production of Small-scale Farmers and Their Perception Related to Biofuel: A Case of Negros, the Philippines," The 6th Conference of the Asian Society of Agricultural Economists, Manila, Philippines.