

E-0802 アジア太平洋地域を中心とする持続可能な発展のためのバイオ燃料利用戦略に関する研究

(7) アジア太平洋地域における政策パッケージ及び地域的政策協調の検討

(財) 地球環境戦略研究機関

関西研究センター

鈴木 胖

ガバナンスと能力グループ (GC)

マーク エルダー (Mark Elder)

経済分析チーム (EA)

小嶋 公史

<研究協力者>

(財) 地球環境戦略研究機関

適応グループ (AD) サブディレクター

佐野 大輔

GCサブディレクター

林 信濃

気候政策プロジェクト研究員

ジェーン ロメロ (Jane Romero)

EA研究員

アニンディヤ バチャタリヤ (Anindya Bhattacharya)

IGESフェロー

松本 奈穂子

平成20～22年度累計予算額：55,828千円（うち、平成22年度予算額：19,810千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本サブテーマでは、平成21年度に引き続きアジア太平洋地域の主要なバイオ燃料利用国（中国、インド、インドネシア、日本）におけるバイオ燃料利用に関する政策と現状の分析から共通課題・教訓および国特有の状況などを整理し、持続可能な発展に資するバイオ燃料利用戦略の在り方を検討した。併せてバイオ燃料政策の定量的評価のための経済モデルの開発、及びバイオ燃料の持続性基準策定における議論進展のレビューを行った。その結果、概してアジアにおける第一世代バイオ燃料の持続的生産については、特に土地利用形態の変化が引き起こす問題が適切に対処されるのであれば理論上は可能であり、GHG排出削減やエネルギー安全保障等にある程度寄与しうるものの、非持続的な生産を促す強い経済的誘因が存在するため、持続的な生産の可能性が保証されるまでは、その推進は慎重を期する方が賢明であると結論づけられた。また、各国における極めて多様な状況に留意し、農業からエネルギー・交通までのライフサイクルに対応する関連政策の統合や原油価格や技術革新などの不確定要素への対応、R&D等に対する長期的ビジョンの必要性が明らかになった。一方、日本を含め、セルロース由来（いわゆる第二世代、特に廃棄物の利用）さらには微細藻類由来（いわゆる第三世代）のバイオ燃料開発が各国で進んでおり、持続可能な開発の観点からは第一世代バイオ燃料に比して有望視されるが、商業生産技術は開発途上にあり、またそれらのライフサイクルアセスメント（LCA）に基づく影響は未知であり、さらなる知見の蓄積が必要となっている。バイオ燃料の持続性に関する国際的な基準については、持続可能なバイオ燃料のための円卓会議（Roundtable on Sustainable Biofuels：RSB）などにより、留意すべき事項を包括的に取り込んだドラフトが提示されるなどの進展があったものの、ステークホルダーの参加に対するコミットメント、イニシアチブ自体のガバナンス、実際の基準運用（基準適合の判断や認証機関の設置等）等にまだ多くの課題が残されている。

[キーワード] バイオ燃料、アジア、持続性、一般均衡モデル、バイオ燃料政策

1. はじめに

バイオ燃料は、エネルギー安全保障問題、地球温暖化問題、途上国における農村開発・貧困問題等の解決への期待からアジア地域においても推進政策が急速に導入されてきた。バイオ燃料の導入は、初期段階においては、エネルギー安全保障や短期的な経済効果の側面が重視され加速したが、バイオ燃料生産が土地利用や食糧安全保障に与える影響に関する様々な調査が報告されるにつれ、バイオ燃料の利用は、それが持続的な形でなければ、地球温暖化問題や社会問題を解決する一助となるどころか、かえってそれらを悪化することにもなりかねないことが認識されるようになった。

しかしながら、経済成長の著しいアジアの途上国においては、気候の利を生かしたバイオ燃料原料作物の生産および技術に比較的容易なバイオ燃料生産から得られる経済的便益を最大化したいという期待が依然として大きく、途上国の生産現場の現状把握とそれを踏まえたバイオ燃料政策の見直しや修正が必要になっている。また一方、日本においては、京都議定書目標達成や未利用資源の利活用の観点からバイオ燃料政策が進められているがその有効性についても精査する余地がある。さらにバイオ燃料の貿易については、様々な場で基準などの政策協調についての議論が進行しつつあるが、進展が著しいとはいえ課題や有効性などについて持続的開発の観点から検討する必要がある。

2. 研究目的

本課題は、アジア太平洋地域における主要なバイオ燃料利用国（中国、インド、インドネシア、日本）においてバイオ燃料利用推進の現状を具体的に把握し、持続的開発に資する政策のあり方について提言を行うこと、またそれらの結果や進行しつつある地域的・国際的な議論を踏まえ、バイオ燃料の持続的利用に関する政策協調について検討を行うことを目的とする。

3. 研究方法

国レベルの研究については、現地調査や現地関係者へのインタビューを通じたケーススタディを実施し、バイオ燃料政策（目標やロードマップ、補助金などの経済的措置など）やバイオ燃料関連政策（環境、エネルギーなど）、バイオ燃料利用に関する条件（生産方法、バイオ燃料市場、土地利用など）についてデータを収集して市場構造や政策ギャップなどについて検討・分析を行った。また、一般均衡モデルによる政策影響評価ツールを用いて、国レベルでのバイオ燃料政策の経済的・環境的影響を定量的に評価した。バイオ燃料の持続性に関しては、国際的にRSB(Roundtable on Sustainable Biofuels, 持続可能なバイオ燃料のための円卓会議)など様々な枠組で検討が進められているところであるが、これらの枠組における議論に参加し、最新の知見を得つつ、国際政治学的な観点から検討・分析を行った。

4. 結果・考察

本年度は、対象国のケーススタディについては、平成21年度の調査により収集・同定した主要

課題について現地調査等を実施してデータの収集を行い、その分析を完結させた。バイオ燃料政策の定量的な経済・環境影響については、中国、インド、インドネシアを対象としたバイオ燃料政策の影響分析を行った。またアジア地域の地域政策協調については、国際的な原則・基準作成のためのイニシアチブである、持続可能なバイオ燃料のための円卓会議（RSB）に参加することにより、今後の議論の趨勢および情報の収集と論点の整理を実施し、今後のアジアにおける国際的基準適用について論じた。以下、結果の概要を示す。

（１）中国・ケーススタディ

中国においては、エネルギー需要が急増する中であって、再生エネルギー利用が2005年の再生エネルギー法の施行にともない急速に進んでいる。バイオ燃料もその一部に位置づけられており、現在、例えばバイオエタノールの生産は世界第3位の規模を誇るものの、中国国内においては、風力発電が再生エネルギー関連投資の約7割を占めるのに対し、バイオ燃料はわずか3.6%に過ぎない¹⁾。バイオ燃料利用の推進の背景には、経済成長に伴う自動車の急速な普及があるが、同時に農作物由来のバイオ燃料を生産することによる経済効果の狙いもある。食料を原料とするバイオ燃料生産による世界的な穀物市場への影響が大きく取り上げられた2007年以来、非食料を原料とするバイオ燃料生産が課題となっており、バイオディーゼルの原料としてはジャトロファ、バイオエタノールの原料としては非食用キャッサバが有望視されている。しかし、バイオディーゼル生産に関しては、2008-2009年度にかけて実施した雲南省におけるジャトロファからのバイオディーゼル生産が、導入されてから日が浅いため市場が十分に発達していないこと等、経済的な持続性に関する非確定要素が大きいこと、また都市部への労働人口の流出や本格生産に入ったときの労働力の確保などの面において必ず持続的な農村開発につながるかは疑問の残るところがある。

また、バイオエタノール生産の原料として広西省で推進されているキャッサバの生産については、当作物がこれまで、食用・飼料用・飲料用アルコール生産用として古くから生産されてきていることから、農業技術や原料のデンブン化にかかる工業プロセスの基盤があるものの、輸送用アルコール生産については、国営企業1社による専売となっており、バイオ燃料の省内導入による農村部への経済効果はそれほど大きくないものと推察される。むしろ、ベトナム等の隣国から原料となる安価なデンブンが流入してきていること、デンブンをアルコールに転換する施設が旧式であること、食用ではなく工業用として優れているキャッサバ品種の導入及び生産技術の更新、また糖化するだけでなく付加価値のあるデンブン関連製品生産への投資など、バイオエタノール生産というよりも、むしろデンブン市場・産業全体の活性化が課題となっていると考えられる。このため、キャッサバからのバイオ燃料生産は、同国において力点が置かれつつある次世代自動車（電気自動車）開発やそれまでのつなぎの役割を果たすバイオ燃料混合燃料自動車の普及の速度を見極めつつ、デンブン産業・市場全体を見据えた政策が必要であると考えられる。

（２）インド・ケーススタディ

インドの国家バイオ燃料政策は紆余曲折を経て2010年に発表された。この政策は慎重ながら楽観的な性格のもので、2017年までにガソリンへの20%バイオ燃料混合を大量のエタノール供給により達成するものである。2008年10月までに達成するとしていた10%エタノール混合目標を未だに達

成できていないことから、20%混合目標は達成が困難であると考えられる。国家政策において、エタノールが主要バイオ燃料と位置づけられ、それ以外の植物由来バイオ燃料（おもにバイオディーゼル）は二次的な供給源と位置づけられている。インドにおいてサトウキビ生産が不安定であることがバイオ燃料生産のための安定したエタノール供給の大きな障害となっていると認識されている。さらにエタノール由来のバイオ燃料の価格設定は議論の多い問題である。エタノールの主な生産者である製糖業と、バイオ燃料の流通を担う石油販売業は市場におけるエタノール価格をめぐって論争を続けている。国家政策はこの点について簡単に触れてはいるが、バイオ燃料運営委員会に権限を委譲するというを除いて政府がこの問題をどのように解決しようとしているのかについては示唆されていない。この問題はインドにおけるバイオエタノール産業の促進への深刻な障害であると考えられる。

バイオ燃料計画に関する全般的条件と実現を可能にする環境について、およびバイオエタノール生産に関する水資源制約について、以下に論ずる。

1) インドのバイオ燃料計画を実現可能にする環境

バイオ燃料生産については食料-燃料競合が明白であることから、バイオディーゼル生産については荒廃地においてのみ許可されている。これは新しい考え方であるが、食料不足が深刻化しつつあるインドにおいてそのような荒廃地を見出すことは簡単ではない。劣化した土地および荒廃地の定義は生産性および休耕期間の観点から議論されている。農業専門家は、必要な投入さえあれば一般に荒廃地と呼ばれている土地を少なくとも単作可能な土地に転換できる技術がインドにはあるとしている。さらに、劣化した土地のほとんどは人の手が入らない森林か、村落またはパンチャヤト（草の根自治組織）が所有し土地無し農家か先住民コミュニティが放牧などの目的で使用している共有地のいずれかである。外部の人間にとって荒廃地あるいは不毛の地と見える土地でも、実際には数百万の貧困層の生計手段を提供しているのである。また土地は他省庁に帰属するために、バイオ燃料計画の実施官庁である新・再生エネルギー省はバイオディーゼル生産に必要な荒廃地を取得するうえでほとんど権限がない。

- 種子収集と搾油のための設備が不足している。必要な施設と脂肪種子がなければ起業家に対しトランスエステル化工場への投資を促すことは困難である。非食用種子の収集は手作業であり、大規模バイオディーゼル工場に対する種子収集は極めて困難である。1日で80キロの種子を収集できるが、これは20~23リットルの油脂生産に相当する。収集期間は1シーズンに3か月程度であり、1日100トン規模の工場であれば種子収集に15000人必要となる。このように大量の季節労働者の確保は困難である。
- ジャトロファが実を結ぶには24~30か月かかる。大規模ジャトロファ栽培を促進するためには、初収穫までの無収入期間について農家の生計を保障する必要がある。現時点では民間資本事業を除いてそのような手当は市場においてなされていない。土地無し農家・労働者は担保になる土地がないために暫定払いを受ける資格がないことが大きな問題である。
- 食料生産に適していない土地で商業的に成り立つ収量を得るために必要となる投入（灌漑、肥料など）の量について不確実である。インドは複数の気候帯にまたがっており、ジャトロファ栽培とその経済性についての知識移転の際の不適切なスコープもさらなる問題となっている。
- インドでは多くの商品について最低買い取り価格や買い取り保証制度が存在するが、ジャト

ロファ種子に対しては存在しない。ジャトロファ種子は搾油ではなく植え付け用となっていることから、現在のジャトロファ種子価格は極めて高い。現在の価格では、バイオディーゼルの生産コストは通常ディーゼルの3倍となっている。

2) 水資源制約

インドにおいて計画されているバイオ生産、特にサトウキビ由来のバイオエタノール生産、を行う上で最大の資源制約となるのが水不足である。インドにおいてサトウキビは最も大量に水を消費する作物である。サトウキビ生産は地下水灌漑によっておこなわれているが、サトウキビの主な生産地は地下水位が低い水不足が深刻な地域である。本研究の分析結果から、サトウキビ生産に必要な水量が現況のままであれば、インドにおいて現在のサトウキビ生産量を維持できるのは5年間程度と推定される。したがってバイオエタノール生産も深刻な打撃を受けることとなる。このようにサトウキビ由来のバイオエタノール生産は水不足による深刻な危機に直面している。インドにおいて、バイオディーゼル生産は全国規模にわたっておらず、バイオ燃料に関する国家目標は、当面は主にサトウキビ由来のバイオエタノールで達成することとなる。しかしインドの砂糖需要は国内生産量を上回っており、輸入が増大している。この状況は国内生産量が3割程度増加しないかぎり今後も続くと考えられる。このような状況から、2020年までにガソリンに対し20%エタノール混合を実現するというインドの目標は極めて楽観的で、むしろ非現実的と考えられる。

(3) インドネシア・ケーススタディ

インドネシアは“バイオ燃料の主要産油国”を目指し、2006年に国家バイオ燃料開発計画に着手した。この計画は2008年の原油価格の乱高下以前に試みられていたが、バイオ燃料への投資促進のための投資家保護や補助金の存在にも関わらず、政治主導や環境面での問題、不安定な市場、技術的な障害などを解決できなかった。そして2009年までには、政府、産業界、市民団体、そして農業者団体に至るまで、バイオ燃料に対する楽観的な考えを改めざるを得なくなった。したがって現在では、当初のバイオ燃料の混合比率に執着することなく、インドネシア政府は柔軟な対応を取るようになった。

本調査は、3か所のエネルギー自給村(ESSV)における農民に対して家計調査等を行った。一般的に農民は政府のバイオ燃料政策には協力的であるが、未だ様子見的な態度であり積極的ではない。カロンテンガ村では、生産している農作物のキャッサバから作られるバイオ-ケロシンの市場に期待しているものの、技術的な問題で精製工場が未だフル稼働には至っていない。また、環境面で有害な廃水の問題がこの精製工場では解決されていない。プルワントノ村では精製工場が建設されたものの、廃水の問題も解決はされておらず、十分なスイートソルガムの収穫がされていないため稼働されていない。イセム村では、当初ジャトロファの栽培に意欲的であり、その植物油を農機具の燃料にするだけでなくジャトロファの廃棄物を調理用のバイオガス燃料として利用していた。ところが1年もしないうちに実を枯らす害虫や収益性がそれほど見込まれないことによりジャトロファ栽培を取りやめてしまった。

考察するに、バイオ産業の基礎は固められたと政策サイドが決めつけてしまったため、議論が農業の活性化という点を見過ごし、貿易や投資といったことに集中してしまったことが計画遂行の障害となっている。バイオ燃料の原材料の研究が蔑ろにされたため、プロジェクトの経済的実行可能性についての考えの甘さが明らかになってしまった。その結果、小規模の地主や農民は損

失を埋め合わせする資金がないために、最も影響を受けることになった。パーム油については価格が原油より安価であることが仮定されていたが、原油価格を上回ってしまったため、初期段階にあったバイオディーゼル産業は殆ど倒産してしまった。ジャトロファの種の収穫は予想されていたものの4分の1であったが、栽培に必要とされた農業投資は予想より上回るものであった。スイートソルガムの栽培に訓練が必要のように、キャッサバ農家にとっても収量を上げるためには援助が必要なこともわかった。

(4) 日本・ケーススタディ

日本においては、バイオ燃料は、GHG削減、エネルギー安全保障、地域振興、循環型社会形成等の分野において国レベルの戦略・計画に盛り込まれている。本研究では、これらの戦略・計画および政策をレビューし、目標達成においてバイオ燃料が果たしうる役割について検討・分析を行った。その結果、長期的なGHG削減目標達成におけるバイオ燃料の貢献度合は第二世代バイオ燃料の技術開発だけでなく自動車技術の進展にも依存すること、中期的には、第二世代バイオ燃料生産技術や原料収集・輸送の発展次第では、地域振興や循環型社会形成において重要な役割を担うこと、輸入可能量や国内生産量の制約から、エネルギー安全保障における役割は限られていることが明らかになった。さらに、日本におけるバイオ燃料政策の現状、持続可能性基準や技術協力に関する国際的な取り組みについてもレビューを行い、日本におけるバイオ燃料利用の課題と利点を整理した。主な課題は、採算のとれる農業資源のないこと、エタノール輸出国における環境影響の可能性、およびバイオエタノールの流通規格が統一されていないことなどである。一方、バイオ燃料は、電気自動車等と比較すると導入に関して必要な追加的インフラが少ないという利点もあり、日本の様々な状況を鑑みると、今後のバイオ燃料政策の展開にあたっては、廃棄物利用を通じた循環型社会形成や耕作放棄地の活用による地域振興等の政策目標に重きをおいて推進するべきであると結論付けた。

上記の研究結果に基づき、循環型社会形成の分野においてバイオ燃料生産が果たしうる役割をテーマとして取り上げ、国内における廃棄物由来エタノール生産の先駆的な2事例を対象として研究を行った。これらの事例で原料として用いられた廃棄物は、建設発生木材と食品廃棄物である。第一に、聞き取り調査で得た単位生産量のデータなどをもとに、それぞれの廃棄物をエタノール生産に利用した場合の廃棄物削減可能量と生産ポテンシャルを、2つのシナリオに関して推計した。その結果、農林水産省が掲げた「2011年度に単年度5万キロリットル（原油換算3万キロリットル）の国産バイオ燃料の生産を目指す」という目標等、生産に関する目標に関しては、これらの廃棄物由来エタノール活用の果たす役割は大きいと推計されるものの、京都議定書目標達成計画などに定められた導入目標への貢献は限定的であるとの結果を得た。また、建設発生木材と食品廃棄物は、ともに、マテリアルリサイクルおよびエネルギー利用において他の用途があり、これらのエタノール生産への利用にあたっては、循環型社会の基本的優先順位などを十分考慮すべきであることも指摘した。第二に、聞き取り調査の結果を分析し、事例間に見られる共通の促進要因と課題の分析を行った。促進要因としては、政府による財政的補助、リサイクル関連法の存在、およびエコタウン制度が共通項として挙げられた。課題としては、小規模排出者からの回収、建設発生木材の買い取りに関する競争の激化、およびエタノール混合ガソリンの流通規格の混在、が抽出された。以上の分析をもとに、小規模排出者からの廃棄物収集に関する効率的なシステム

確立の重要性、関連省庁間の連携および廃棄物量データの把握の必要性、林地残材の活用、GHG排出量に関する評価手法の確立、およびアジア各国における廃棄物を利用したエタノール生産の可能性等の政策提言を行った。

(5) バイオ燃料政策の経済的・環境的影響を評価するための経済モデル・GHG排出予測モデルの構築

インド、中国、インドネシアがバイオ燃料生産を大幅に増加させた場合の政策含意を得る目的で、2001年を基準年とするGTAP(Global Trade Analysis Project) version 6データベースにトウモロコシ由来のエタノール、サトウキビ由来のエタノール、およびバイオディーゼルの3セクターを追加したGTAP-BIOデータセットを本調査用に改良したデータセットを用いて、一般均衡モデルによる定量的影響評価を実施した。本分析においては、バイオ燃料用作物を食用作物生産に適さない限界耕作地を利用する政策を反映するために、土壌および気候パターンをもとに土地を分類した農業生態系ゾーンの区分を用いて土地の投入を耕作地および限界耕作地に分類した上で、バイオ燃料用作物については限界耕作地投入により耕作地投入を代替できる構造を採用した。政策シナリオとしては1国のみが増産した場合と、複数の国が同時に増産した場合の影響の違いを見る目的で、インドのみがバイオ燃料生産を倍増した場合と、インド、中国、インドネシアの3カ国がバイオ燃料生産を倍増した場合の影響を分析した。バイオ燃料増産によって影響を受けると想定されるサトウキビ価格、耕作地価格および限界耕作地価格への影響を表1に示す。

表1 バイオ燃料生産倍増による価格変化

	インドのみ増産			インド、中国、インドネシアで増産		
	サトウキビ	耕作地	限界耕作地	サトウキビ	耕作地	限界耕作地
インド	0.82%	0.79%	0.81%	1.93%	1.90%	1.93%
中国	0.36%	0.37%	0.36%	1.55%	1.55%	1.49%
インドネシア	0.38%	0.37%	0.41%	1.57%	1.51%	1.63%

出典：シミュレーション結果

本結果からは、インドのみでバイオ燃料を増産した場合でも、他国の食料価格および農地価格への影響をおよぼしうることを、さらにインド、中国、インドネシアが同時にバイオ燃料を増産した場合に食料価格、農地価格への影響が大きくなることが確認された。

(6) バイオ燃料の持続的利用に関する基準についての検討

本節は、サブテーマ(2)と連携して分析を行った。本サブテーマでは、バイオ燃料の国際的基準が、よりローカルなレベルに及ぼす影響の分析を目的とした。国際的に高まっているバイオ燃料の持続的利用についての基準作成への動きは、「基準を満たす」ということが持続可能な利用に耐えられるということを示すことから来ている。バイオ燃料そのものは、生産や流通の過程で持続可能な方法を取られているかを示すことが出来ないため、その「不確実性」を解消するために検証可能な基準が求められたのである。RSBは多様ステークホルダーによる自主的な議論のもとに「持続的なバイオ燃料生産のための国際的な原則・基準」の改正案を策定し続けている。このような国際的原則・基準作成を試みるイニシアチブは国際バイオエネルギー・パートナーシッ

プ（GBEP）や持続可能なパームオイルの円卓会議（RSPO）などがあるものの、前者は政府間協議のため進捗が極めて遅く、後者はバイオ燃料の原料であるパームオイルに特化しているため、多くの原料やバイオ燃料そのものに適用することは難しい。その点、RSBは多岐にわたるステークホルダーの意見交換とパイロット実験による検証により、整合性があり適用可能かつ持続可能なバイオ燃料利用のための基準にもっとも近い位置にあると分析した。

しかしながら、そのRSBが改訂し続けている原則・基準も、その議論について本サブテーマで分析した結果、提示された原則・基準は依然として複雑な課題を包含している。たとえば、バイオ燃料生産による間接的な土地利用の変化（Indirect Land Use Change: ILUC）のために、森林伐採の増加やGHG排出増の可能性も否定できない一方、RSBによる防止のための基準作りは行われているものの曖昧な定義に留まり、確実にバイオ燃料生産過程の間接的な土地変化による環境悪化を止める手段とはなり得ていない。またRSBに参加するステークホルダー間でのコミットメントの違いが顕著になったのは、2010年5月に欧州バイオエタノール燃料協会（eBIO）と欧州バイオディーゼル審議会（EBB）そして7月にFEDIOL（欧州植物油産業連盟）が産業界からの意見が反映されていないとの理由からRSBから脱退することが明らかになったことからである。RSBには様々なステークホルダーが参加しているため、より緩慢な基準を求める産業界とより厳格なものを求める環境団体や市民団体との軋轢が原因であった。このような経緯から、RSBは2010年後半より二段階の生産基準適用への動きを見せている。第一段階は欧州再生可能エネルギー指示書（EU RED）を満たす比較的緩い基準であり、2年間のうちに第二段階である、より厳しい基準をクリアさせるというもので、バイオ燃料に関わる生産者や事業者には配慮された手続きを打ち出し、より多くのステークホルダーからの支持を受けるための努力をしている。

一方、世界的なバイオ燃料使用の増加に伴い、バイオ燃料の生産における環境配慮のための原則・基準はRSBだけでなく様々な団体が行っており、その中でどの原則・基準が世界標準として認知されて行くかは予断を許さない。実際に基準を運用する際の課題（基準適合の判断や認証機関の設置等）がより具体的になり、バイオ燃料生産における基準の実行可能性が問われている中、RSBの基準が将来的に欧州連合の基準に採用される可能性の高まりもあり、その国際的な認知度および重要性が増していることが明らかになった。RSBの基準がアジア地域における持続的利用に関する政策協調に向けた教訓としては、今後同地域においてバイオ燃料の原料が多様化していくであろうことを踏まえると、特に途上国における現状やLCAなどの科学的手法に基づく知見の蓄積の重要性と、欧州での原則・基準の統一化が進む中、国際化の必要性を考慮に入れた議論が求められるという認識を得た。

5. 本研究によって得られた成果

（1）科学的意義

情報収集が困難である途上国のバイオ燃料政策やその生産・利用の現状に関する情報や日本における最新の情報の整理・分析、および生産現場の現状についての現地聞き取り調査により、アジアにおいてバイオ燃料政策が見直されている現状や持続開発に資するための諸課題が明らかになった。

情報収集が困難である途上国のバイオ燃料政策やその生産・利用の現状に関する情報や日本における最新の情報の整理・分析、および生産現場の現状についての現地聞き取り調査により、ア

ジアにおいてバイオ燃料政策が見直されている現状や持続開発に資するための諸課題が明らかになった。

本研究の科学的貢献は、特に現地調査を中心にしたケーススタディから得た一次データを用いてバイオ燃料の社会経済的、環境的影響を分析したことである。土地と水資源の利用可能性が特にインドや中国においてバイオ燃料の可能性を制限する要素であった。東アジアでの土地利用可能性を指摘する研究（USAID(United States Agency for International Development)²⁾やFAO(Food and Agriculture Organization)³⁾があるものの、分析方法が不明確であり統計値にも疑問が残る。土地は、食料生産や住居の建設、生態系への保全など代替的使用方法が存在するため、土地の利用可能性を特定することは非常に困難である。特に土地の使用に関して問題になるのはバイオ燃料の生産が誘発する森林破壊である。一方、アジアでは水資源も希少であり、特にインドや中国において、バイオ燃料は利用できる水に依存している。荒地で栽培できるはずの非食料穀物、例えばジャトロファには限界があり、特効薬ではなかった。それは、荒地で栽培すれば収穫できる油の生産量は限られ、より栄養に富んだ土地に栽培するか水・肥料を使用すれば生産性は増加するが、食料穀物用の土地や資源を圧迫してしまう。

ジャトロファは労働集約的であり、収入を得るには難しく貧困層の農業労働者の関心を得ることも出来なかった。政策分析では、資源と市場の制約が明らかになるにつれ、多くの国々が当初の高い目標値を修正せざるを得なくなった。バイオ燃料は小規模の農業における廃棄物利用や作物の多様性などから、小規模経営にその可能性があることが分かった。

(2) 地球環境政策への貢献

現在行われている規模のバイオ燃料政策は妥当なものであり、市場が引き続き発展することが予想される。大規模なバイオ燃料生産の導入をもたらす高い目標のバイオ燃料混合比率や補助金、価格操作による産業活性化のための政策は、森林破壊などを誘発する持続可能ではない生産方法であるから促進されるべきものではない。一方、先端的なバイオ燃料生産についての科学的・技術的調査は引き続き行うべきである。(査読付き論文に準ずる成果発表 1)において提案した)

持続可能なバイオ燃料の基準は、持続可能な生産方法を確実に使用することを担保しなくてはならない。RSBの基準は政府に採用されることを推奨されている。(RSB-IND-01-001 (Version 2.0) RSB Compliance Indicators 20 Jan 2011) RSB基準は、他のイニシアチブのものより厳しいものであるがパイロット実験の結果では実行可能であった。

また、バイオ燃料は廃棄物利用に貢献することも指摘された。しかしながら、他の廃棄物リサイクル方法との調整をする政策が必要だということが明らかになった(査読付き論文に準ずる成果発表 2)において示した)。同時に、農業廃棄物が生態系の保存に有効であるため(発表論文 2)において示した)、バイオ燃料のための農業廃棄物の利用促進政策が生態系の維持への障害とならないようにすべきことも分かった。

また、個々のケーススタディにより、それぞれの国特有の政策が必要であることが明らかになった。

当財団が主催した国際シンポジウム(International Forum for Sustainable Asia and the Pacific, ISAP)及びUNEP資源パネルに関するセミナー(Sustainable Resource Management and Asia - Focusing on Discussions by the UNEP Resource Panel)において、本研究の成果をベースに政策担当者を交え

た議論やダイアログを実施したほか、持続的なバイオ燃料利用のあり方に関する国際的なイニシアチブ(Roundtable on Sustainable Biofuels)における議論への参加など、国レベルだけでなく地球規模でのバイオ燃料政策へ貢献した。同様に、東アジア・ASEAN経済研究センター(Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, ERIA)のワーキンググループに参加、バイオ燃料の持続可能性についての研究提言を行い、アジアにおけるバイオ燃料についての認識拡大に貢献した。また、本研究を通じて得た知見・政策提言は、今後、(財)地球環境戦略研究機関(IGES)のウェブサイト、広報誌、シンポジウムなどをおして成果の広報・普及に努める予定である。

6. 引用文献

- 1) Pew Charitable Trusts(2010), *G-20 Clean Energy Factbook*. Washington D.C.:Pew, Charitable Trusts
- 2) USAID (2009). *BIOFUELS IN ASIA: An Analysis of Sustainability Options*.
- 3) FAO (2008). *Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Action Required*. HIGH-LEVEL CONFERENCE ON WORLD FOOD SECURITY: THE CHALLENGES OF CLIMATE CHANGE AND BIOENERGY.

および、以下に記した発表研究成果のとおり

7. 国際共同研究等の状況

RSBや東アジア・ASEAN経済研究センター(ERIA) アジアにおける持続的なバイオマス利用のためのワーキンググループ、中国・アジア開発銀行が開催した会議やミッションに招聘され、意見交換を行った。

8. 研究成果の発表状況

- (1) 紙上発表
- (2) <論文(査読あり)>
- (3) 1) N. Matsumoto, D. Sano, and M. Elder : The Journal of Applied Energy, 86, (2009), "Biofuel Initiatives in Japan: Strategies, Policies, and Future Potential"
- (4) 2) Prabhakar, SVRK, and M. Elder : The Journal of Applied Energy, 86, (2009) "Biofuels and Resource Use Efficiency in Developing Asia: Back to Basics"
- (5) <査読付き論文に準ずる成果発表>
- (6) 1) M. Elder, P. SVRK, J. Romero, and N. Matsumoto. 2008. Prospects and Challenges of Biofuels in Asia: Policy Implications. In *Climate Change Policies in the Asia-Pacific: Re-uniting Climate Change and Sustainable Development*, edited by H. Hamanaka, A. Morishima, H. Mori and P. King. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- (7) 2) Romero, Jane : Jakarta. ERIA, 2010, "Sustainability Assessment of Biomass Energy Utilisation in Selected East Asian Countries" Available for download at (<http://www.eria.org/research/y2009-no12.ht>)
- (8) 3) N. Matsumoto and D. Sano : IGES Report, Forthcoming, 2011, "Waste-based ethanol production and a sound material-cycle society:Case studies on construction and food wastes in Japan"

- (9) 4) D. Sano, J. Romero and M. Elder : Socioeconomic and Environmental Impacts of Biofuels: Evidence from Developing Nations. Alexandros Gasparatos and Per Stromberg (eds). New York: Cambridge University Press. Forthcoming, 2011, “Jatropha production for biodiesel in Yunnan, China: Implications for sustainability at the village level”
- (1 0) 5) M. Elder, J. Romero, A. Bhattacharya, D. Sano, N. Matsumoto and S. Hayashi : *Biofuel and Sustainability* edited by Prof. Kazuhiko Takeuchi (UNU and University of Tokyo), UNU Press. Forthcoming, 2011, “Regional Biofuel Strategies for East Asia”
- (1 1) 6) S. Hayashi and M. Elder. *Biofuel and Sustainability* edited by Prof. Kazuhiko Takeuchi (UNU and University of Tokyo), UNU Press. Forthcoming, 2011, “Socioeconomic Impacts of Biofuel in East Asia”
- (1 2) 7) Bhattacharya, Anindya : 2011, “*Prospect of Indian Biofuels and Its Use*” edited by Dr. Suriya Sethi, Retd. Principal Energy Advisor, Indian Planning Commission, Govt. of India. Forthcoming
- (1 3) 8) J. Romero : IGES Policy Report. Forthcoming, 2011, “Indonesia biofuel policy: realigning targets and realities”
- (1 4) 9) Romero, Jane : IGES Policy Report. Forthcoming, 2011, “Converting biofuel feedstock waste to biogas: how it can help save the planet and peoples” . of I

<その他紙上発表（査読なし）>

- 1) E. Mark and J. Romero : 2008. Biofuel ambitions could easily be pipe dreams. *Bioenergy Business* 2, no. 10 12-13.
- 2) 佐野大輔・松本奈穂子 : 資源環境対策、Vol.44, No.15, 2008年12月, バイオ燃料をめぐる課題と政策への一考察
- 3) D.Sano and N. Matsumoto : 環境情報科学 [*Environmental Information Science*], 38(3), 2009, 「途上国のバイオ燃料政策の光と影—持続可能なバイオ燃料利用は可能か[Opportunities and risks of biofuel policies in developing countries: Is sustainable biofuel utilization possible?]
- (2) 口頭発表（学会等）
- 1) Romero, Jane : Better Air Quality (BAQ), Thailand, 2008. Biofuels in Asia: What's next after the Kyoto Protocol
- 2) SVRK. Prabhakar and M. Elder : “Energy security and climate change” Issues, strategies and options (ESCC), Thailand, 2008, CO₂ Reduction potential of biofuels in Asia: Issues and policy Implications
- 3) J. Romero, S. Rao and NSS Prasad : Workshop on awareness building for CDM in biofuel production , India, 2009, “CDM potential of sweet sorghum
- 4) Romero, Jane : World Renewable Energy Regional Congress and Exhibition II, Indonesia, 2009. Sustainable biofuel development from the perspective of environmental policy.
- 5) Romero, Jane : the National Conference on Renewable Energy and Materials Research , Indonesia, 2009. Choosing renewable energy: Ensuring sustainable biofuel development

- 6) Romero, Jane : The Regional dialogue on biofuels in Asia: Striking a balance between trade, agriculture and energy policies, Thailand, 2009, Environmental integrity of biofuels: Energy and carbon balance, biodiversity, water and forests
- 7) N. Matsumoto, D. Sano and M. Elder : International Workshop on Sustainable Energy Crops and Biofuels Development in China and Asia, China, 2009, Biofuel Initiatives in Japan: Strategies, Policies, and Future Potential
- 8) J. Romero, Jane and M. Elder: Winrock International 6th International Biofuel Conference, India, 2009, CDM and Biofuels: An Assessment.
- 9) D. Sano and J. Romero : The Winrock 7th International Biofuel conference, India, 2010, Sustainable biofuels in China: lessons from jatropha production in Yunnan
- 10) N. Matsumoto, and D. Sano : the SEEPS Annual Conference, Nagoya, 2010. The potential of biofuel production from urban wastes to contribute to a sound material-cycle society in Japan - Case studies on construction and food waste
- 11) Hayashi, Shinano : Conference of the Institute of Life Cycle Assessment, Tokyo, 2010, Sustainable Usage of Biofuels and the assessment methods in Asia
- 12) J. Romero et al. : The 6th Meeting of the Institute of Life Cycle Assessment, Sendai, 2011 Sustainability Assessment of Biomass Utilisation in 3 East Asian Countries – A study of social impact assessment

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) Elder, Mark. 2008 Biofuels. The IGES 10th Anniversary Forum on Strategy to Combat Climate Change in Asia and the Pacific, Pacifico Yokohama, Yokohama, 21 June 2008.
- 2) IGES, Co-operation for Development Europe. Workshop Report: Research Workshop on Sustainable Biofuel Development in Indonesia. Sultan Hotel, Jakarta, Indonesia, February 4-5, 2009.
- 3) Research Workshop on Sustainable Biofuel Development in Indonesia. IGES and Cooperation for Development Europe (CDE), Jakarta, 4-5 Feb.2009.
- 4) International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP), 2009. Open Session and Expert Workshop on Biofuels, Hayama, 26 June 2009.
- 5) Romero, Jane, *et al.* 2010 "Social Impact Assessment of Biofuel-Related Activities in East Asia." 29 November-1 December. The 7th Biomass-Asia Workshop in Jakarta, Indonesia.
- 6) Elder, Mark. 2010. "Policy Issues Relating to the Sustainability of Biofuels in Asia" 13 July 2010, Open session in International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2010, Yokohama, Japan
- 7) Elder, Mark. 2010. "Evaluation of the sustainability of biofuels from case studies in Asia" 13 July 2010, Expert session in International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2010, Yokohama, Japan

- 8) International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP), 2010. Open Session and Expert Workshop on Biofuels, Yokohama, Japan 12-13 July 2010.
- 9) Bhattacharya, Anindya. 2010. "Biofuel Production And Water Constraint: An Effective Utilization Of Watershed Projects In India." In the International Symposium on a Sustainable Future (ISSF 2010), Mumbai, India, 12 January 2010.
- 10) Elder, Mark. 2010. "Panel Presentation: Session V – Panel Discussion on Biofuel Policy in India." In the International Symposium on a Sustainable Future (ISSF 2010), Mumbai, India, 12 January 2010.
- 11) Kojima, Satoshi. 2010. "Impacts of biofuel promotion policy in India: an assessment using a dynamic CGE model." In the International Symposium on a Sustainable Future (ISSF 2010), Mumbai, India, 12 January 2010.
- 12) Matsumoto, Naoko. 2010. "Policy challenges for Biofuels in Asia." In the MOEJ Seminar on Sustainable Resource Management/ Fourth IGES Global Environment Seminar "Sustainable Resource Management and Asia - Focusing on Discussions by the UNEP Resource Panel-" Tokyo, Japan. 11 March 2010.
- 13) Romero, Jane. 2010. "A tale of two countries - India and Indonesia: how collaboration can promote sustainable biofuel development." In the International Symposium on a Sustainable Future, Mumbai, India, 12 January.
- 14) Sano, Daisuke and J. Romero. 2010. "Biofuels in China: Strategies and some implications" In the International Symposium on a Sustainable Future (ISSF), Mumbai, India, 12 January 2010.
- 15) International Symposium on a Sustainable Future. 2010. Sessions on Biofuels and Bioenergy sponsored by IGES. Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai, India, 11-13 January.

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) NHK World Programme: Japan & World Update (2011年3月9日、「アジアにおけるバイオ燃料：現状と課題」についてコメント)
- 2) 神奈川新聞 (2010年2月2日、21頁)

(6) その他

- 1) 松本奈穂子「アジアにおけるバイオ燃料開発」アイセック東京大学委員会主催講演会、環境を考える－環境問題と国際協力、東京大学、2008年11月22日
- 2) 佐野大輔「バイオ燃料への期待と課題」第12回湘南国際村青少年国際セミナー、JICA横浜、2008年12月20日