

日本-アジア圏におけるバイオ燃料の需給システムの成立可能性に関する研究*

Study on the viability of demand-supply system of bio-fuels in Asian region *

紀伊雅敦**・丸山敦史***・甲斐聡****

By Masanobu KII**・Atsushi MARUYAMA ***・Satoshi KAI****

1. はじめに

地球温暖化対策およびエネルギー安全保障の観点からバイオ燃料導入の取り組みが世界的に進められている。エネルギー作物生産に比較優位性のある国々では、外貨獲得や農村部への投資機会としてのメリットがあり、またエネルギー需要国でも供給国の分散によるリスク低減やCO₂排出削減に寄与しうると考えられている。しかし、生産コストや供給面の不確実性、生産国での森林破壊等の環境影響、食料生産との競合等の懸念から、現在、一部の国を除き本格導入には至っていない。

我が国では輸送用燃料としてのエタノール導入の将来目標が掲げられているが、経済的な価格で供給可能な国内生産見通しはごくわずかであり、必要量の大半は輸入によらざるを得ないと考えられる。現在、バイオエタノールの輸出余力を有するのはブラジルのみだが、我が国の近隣に位置する東南アジア諸国は、気候条件、労働コストの面からバイオ燃料生産に比較優位があると考えられ、我が国でもそれらの国々での事業化の可能性が調査されている。しかし、我が国がアジア諸国のバイオ燃料生産推進に関与すべきか否かを判断するためには、それがもたらす幅広い影響を考慮する必要がある。

近年、バイオ燃料の持続可能性は環境面や食料需給面から論じられることが多いが、社会的、経済的側面も同様に重要である。現在、石油燃料と比較してバイオ燃料の製造コストは割高であり、導入に際し多くの国で免税等の措置を取っている。バイオ燃料導入が経済的に持続可能であるためには、それが成立しうる原油価格、製造コスト、およびCO₂排出削減価値等の条件の検証が必要である。また、農業振興を通じた社会格差の是正に寄与するとの考えもあるが、これが単なる所得移転以上の効果を有するかも検証が必要であろう。

本研究では、アジアでの自動車用バイオ燃料の生産、消費を想定し、バイオ燃料の生産国と消費国を含む需給システムモデルに基づき、その持続可能性の経済的側面を検討する。これにより、バイオ燃料利用の経済効率性および各主体の便益への影響を理論的に把握するとともに、特にCO₂削減価値および燃料輸送費用等の各種価格がもたらす影響を分析する。

なお、本研究ではバイオ燃料の生産・利用コストを集約的に扱っており、また他の温暖化対策等の代替政策の内容は考慮していない。このため、得られる結果は必ずしも現実を十分反映したものではなく、あくまでもバイオ燃料の需給面にのみ着目し、理論的な考察を行うものであることに留意されたい。

2. バイオ燃料需給システムの経済的成立可能性

経済的観点からバイオ燃料の利用が持続可能であるには、全ての関係主体の導入に伴う便益が非負であることが必要だが、その便益を燃料の生産、消費に絞ると、生産者側では製造コスト、消費者側では石油燃料価格、炭素削減価値、ならびに車両、インフラ等のバイオ燃料への対応コスト等に依存する。それら要因の多くは将来を見通すことが困難である一方、自動車燃料に対するバイオ燃料の混合率は燃料品質確保の観点から基準化が必要であり、経済的諸条件の変化に柔軟に対応することが難しい。このためバイオ燃料の導入には、その幅広い影響を考慮したロバストな制度設計が求められるが、特に我が国のようにバイオマス資源を海外に依存する場合には生産国における影響までも考慮する必要がある。

本稿では自動車部門のバイオ燃料を対象に、関係主体として生産国の生産者と消費者、消費国の消費者を想定した需給均衡フレームに基づき、生産コストや石油価格等の各種条件下での燃料政策の効率性と持続可能性を検討する。その際、両者を以下のように定義する。

- ① 燃料政策が効率的であるとは、政策変数に関し社会的余剰が最大化されている。
- ② 政策が持続可能であるとは、それが効率的であり、なおかつ、いずれの主体の便益も政策により減少しない。

*キーワード：地球環境問題、バイオ燃料

**正員、工博、地球環境産業技術研究機構
(京都府木津川市木津川台、

TEL0774-75-2304, FAX0774-75-2317)

***非会員、学博、千葉大学大学院園芸学研究科

****非会員、学修、株式会社インテージ

ここで社会的余剰は生産者、消費者の生産額、費用から構成され、各国政府は社会的余剰を最大化するよう国内のバイオ燃料混合率を決定すると想定する。しかし、この政策によりすべての主体の便益が正になることは必ずしも保証されない。例えば、バイオ燃料の製造コストが石油価格と比較して高い時に使用を義務付ける政策は、生産者には便益をもたらすが消費者には費用をもたらす。このため、持続可能性の評価には主体ごとに便益、費用の帰着額を計測することが必要である。

以下では、それを具体化するために各主体の行動および政策をモデル化し、バイオ燃料需給システムを部分均衡モデルとして定式化する。

3. バイオ燃料需給システムのモデル化

本稿では、輸送用バイオ燃料について生産国と消費国の二カ国を想定し、生産国ではバイオ燃料の生産と消費を行い、消費国ではバイオ燃料の消費のみ行うと仮定する。両国とも燃料需要は価格に関し非弾力的であり、生産国ではバイオ燃料の生産額と燃料コストの差を最大化するよう混合率を設定し、消費国ではCO₂排出制約のもとでその削減費用と燃料費の合計を最小化するよう混合率を設定すると仮定する。この両国の需給が一致するようバイオ燃料価格は決定される。これら活動の相互連関を図1に示す。以下、生産者、消費国政府、生産国政府の行動を定式化し、バイオ燃料の均衡価格を導く。

(1) バイオ燃料生産者

バイオ燃料生産者は所与の価格 p_b 、コスト c_b の下で利潤 Π を最大化するよう生産量 q_b を決定する。

$$\Pi = p_b \cdot q_b - c_b \quad (1)$$

バイオ燃料の限界生産費用は土地制約に起因して逓増すると想定し、総費用 c_b を以下のような2次式で定義する。ただし、 α_1 、 c_0 はパラメータである。

$$c_b = \alpha_1 \cdot q_b^2 + c_0 \quad (2)$$

生産者の利潤最大化の条件より

$$q_b = p_b / 2\alpha_1 \quad (3)$$

ここで、供給条件は $\Pi \geq 0$ であることから

$$p_b \geq 2\sqrt{\alpha_1 \cdot c_0} \quad (4)$$

(2) 消費国政府

消費国 d は以下の燃料コストとバイオ燃料対応コスト、および CO₂ 削減費用の総和 TC_d を最小化するようバイオ燃料混合率を定める。

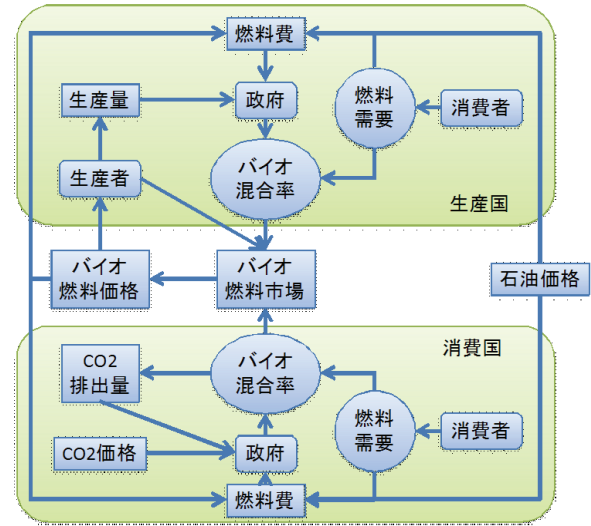


図1 バイオ燃料需給システム

$$TC_d = \{p_{bd} \cdot s_d + p_f \cdot (1 - s_d) + \beta_{0d} \cdot s_d^2\} \cdot L_d \cdot \varepsilon_d + p_c \cdot (D - s_d \cdot \delta \cdot L_d \cdot \varepsilon_d) \quad (5)$$

ただし、 p_{bd} は消費国でのバイオ燃料価格、 s_d はバイオ燃料混合率、 p_f は石油燃料価格、 L_d は年間走行距離、 ε_d は燃費、 p_c は炭素価格または他の手段の CO₂ 削減費用、 D は CO₂ 削減目標、 δ は石油燃料の熱量あたりの CO₂ 原単位を表し、 β_{0d} はパラメータである。なお、右辺第1項カッコ内の $\beta_{0d} s_d^2$ はバイオ燃料導入に伴う車両、インフラ等の追加的年間費用を表し、導入量に応じてより高度なガソリン基材調整や輸送、貯蔵設備、および車両側の対応が必要になると想定し費用が逓増すると仮定する。第2項はバイオ燃料のみで排出制約を満たせない場合には一定の価格で排出権を購入するか他の削減策を行うことを想定している。この最小化問題より次式が得られる。

$$s_d = (p_f + p_c \cdot \delta - p_{bd}) / 2\beta_{0d} \quad (6)$$

ここで、 $p_f + p_c \cdot \delta < p_{bd}$ の場合は $s_d = 0$ であり、この場合バイオ燃料を輸入せず他の手段で削減目標を達成する。すなわち、石油燃料価格に炭素価格または削減費用を加えたものよりもバイオ燃料の消費地価格が安ければ、その差額に応じて混合率が設定されるが、バイオ燃料の方が高ければ使用しないことが効率的となる。

(3) 生産国政府

生産国 g はバイオ燃料生産額と燃料コストの差 TB_g を最大化するようバイオ燃料混合率を定める。

$$TB_g = W_b \cdot p_b \cdot \{s_g \cdot L_g \cdot \varepsilon_g + q_d\} - L_g \cdot \varepsilon_g \left(s_g \cdot p_{bg} + (1 - s_g) p_f + \beta_{0g} \cdot s_g^2 \right) \quad (7)$$

ここで、 W_b はバイオ燃料生産の政策的重要度、 p_b, p_{bg} はバイオ燃料の生産者価格、消費者価格、 q_d は消費国需要である。また、消費国と同様バイオ燃料消費に応じたコスト増を仮定している。ただし、生産国は途上国を想定しており、現時点では削減義務を負っていないため、国内でのバイオ燃料使用に伴う CO_2 削減には価値が発生しないと仮定する。以上の最大化問題を解くことで生産国のバイオ燃料混合率は次式で与えられる。

$$s_g = \{p_b(W_b - 1) + p_f - c_{ig}\} / 2\beta_{0g} \quad (8)$$

ここで、 c_{ig} は国内輸送費用であり、 $p_{bg} = p_b + c_{ig}$ である。なお、都市部と農村部の所得格差や経済機会格差が問題となる場合、政策的に W_b は 1 より大きい値が設定される。また、 $W_b = 1$ の場合、式(7)の国内向け生産額は国内消費額と相殺され、混合率はバイオ燃料価格によらず石油価格のみで決定される。一方、 $W_b > 1$ の場合にはバイオ燃料価格が高いほど混合率は高くなり生産額を増加させることになるが、これは反射的に消費者の費用となる。

(4) バイオ燃料需給均衡

燃料需要を $q_d = L_d \varepsilon_d$ 、 $q_g = L_g \varepsilon_g$ とすると、式(3)、(6)、(8)より、バイオ燃料の需給均衡条件は次式となる。

$$q_b = \frac{p_b}{2\alpha_1} = \frac{p_f + p_c \cdot \delta - p_{bd}}{2\beta_{0d}} \cdot q_d + \frac{p_b(W_b - 1) + p_f - c_{ig}}{2\beta_{0g}} \cdot q_g \quad (9)$$

ここで、バイオ燃料の消費地価格は生産地価格と輸送費の和 ($p_{bd} = p_b + c_i + c_{ig}$ 、 c_{ig} : 国際輸送費) と仮定すると、均衡価格は次式となる。

$$p_b^* = \frac{\left(\frac{p_f + p_c \cdot \delta - c_i - c_{ig}}{2\beta_{0d}} \cdot q_d + \frac{(p_f - c_{ig}) \cdot q_d}{2\beta_{0g}} \right)}{\left(\frac{1}{2\alpha_1} + \frac{q_d}{2\beta_{0d}} - \frac{W_b - 1}{2\beta_{0g}} \cdot q_g \right)} \quad (10)$$

これよりバイオ燃料価格は石油価格、炭素価格および両国の燃料需要の関数となる。ただし、 $p_f + p_c \cdot \delta < p_{bd}$ の場合は $s_d = 0$ であり、貿易は行われず均衡価格は次式となる。

$$p_b^* = \left(\frac{p_f \cdot q_g}{2\beta_{0g}} \right) / \left(\frac{1}{2\alpha_1} - \frac{W_b - 1}{2\beta_{0g}} \cdot q_g \right) \quad (11)$$

4. 各主体への影響とバイオ燃料システムの成立可能性

以上の定式化で、生産額と費用の差を便益と定義すると、各国のバイオ燃料混合率は便益を最大化するもの

となっている。この下で、バイオ燃料需給システムが本稿の定義で持続可能であるためには、各主体にもたらされる便益が正であることが必要である。また、それが CO_2 削減に寄与することも重要な条件と考えられる。

ここではバイオ燃料生産がおこなわれない場合を基準として、それに対しバイオ燃料の導入政策が各主体にもたらす便益と CO_2 削減量を定式化する。

(1) バイオ燃料生産者

式(1)-(3)と均衡価格より生産者の利潤は次式となる。

$$\Pi = p_b^* / 4\alpha_1 - c_0 \quad (12)$$

ここでバイオ燃料生産を行わない場合は利潤ゼロである。均衡価格が式(4)の条件を満たさない場合には、価格が平均費用を下回るためバイオ燃料は生産されない。

(2) 生産国消費者

生産国における燃料消費コストはすべて消費者が負担するとして、費用を次式で定義する ($p_{bg}^* = p_b^* + c_{ig}$)。

$$TC_g = q_g (s_g \cdot p_{bg}^* + (1 - s_g) p_f + \beta_{0g} \cdot s_g^2) \quad (13)$$

ここで、バイオ燃料が生産されない場合は $s_g = 0$ であり、費用の差を便益と定義すると次式で与えられる。

$$B_g = q_g (s_g \cdot p_f - s_g \cdot p_{bg}^* - \beta_{0g} \cdot s_g^2) \quad (14)$$

式(8)を代入すると

$$\frac{B_g}{q_g} = -\frac{p_f^2}{4\beta_{0g}} + \left(\frac{p_{bg}^*}{2\beta_{0g}} + 1 \right) p_f + \frac{p_{bg}^{*2} (W_b^2 - 1)}{4\beta_{0g}} \quad (15)$$

また、式(10)より p_b^* は p_f の一次式であるから結局 B_g は p_f に関し二次式となる。ただし、 p_f に関する B_g の挙動は各種係数の値により異なり、最大値をとる場合も最小値をとる場合も存在しうる。

(3) 消費国消費者

排出権取得や他の CO_2 削減費用は結局消費者が支払うと考え、式(5)より消費者の費用は次式となる。

$$TC_d = \{p_{bd}^* \cdot s_d + p_f \cdot (1 - s_d) + \beta_{0d} \cdot s_d^2\} \cdot q_d + p_c \cdot (D - s_d \cdot \delta \cdot q_d) \quad (16)$$

ただし、 $p_{bd}^* = p_b^* + c_i + c_{ig}$ である。バイオ燃料が生産されないときは $s_d = 0$ であり、その時とのコスト差を便益と定義すると次式で与えられる。

$$B_d = \{p_f \cdot s_d - p_{bd}^* \cdot s_d - \beta_{0d} \cdot s_d^2\} \cdot q_d + p_c \cdot s_d \cdot \delta \cdot q_d \quad (17)$$

式(6)を代入すると、

$$B_d/q_d = (p_f + p_c \cdot \delta - p_{bd}^*)^2 / 4\beta_{0d} \quad (18)$$

これより便益は $s_d=0$ のとき最小値となり、 $p_f + p_c \cdot \delta - p_{bd}$ に対して、二次のオーダーで便益が増加する。

(4) CO₂排出量

バイオ燃料使用時のCO₂排出量はゼロと想定し、また生産時にもCO₂は排出されないと仮定すると、生産国のCO₂排出量は次式で与えられる。

$$CO2_g = \delta \cdot (1 - s_g) \cdot q_g \quad (19)$$

ただし、 δ は石油燃料の熱量あたりのCO₂排出原単位である。また、消費国の排出量は他の手段による削減分を差し引くことで次式で与えられる。

$$\begin{aligned} CO2_d &= \delta \cdot (1 - s_d) \cdot q_d - (D - s_d \cdot \delta \cdot q_d) \\ &= \delta \cdot q_d - D \end{aligned} \quad (20)$$

以上より、バイオ燃料生産を行わない場合と比較すると、CO₂削減量は次式で与えられる。

$$\Delta CO2 = \delta \cdot s_g \cdot q_g \quad (21)$$

なお、式(20)より、消費国ではバイオ燃料混合率によらずとも結局他の方法により目標値まで排出削減を行うため、バイオ燃料導入による正味の国内削減量の変化はゼロと解釈される。

5. モデルの具体化

以上のモデルについて、生産国はASEAN5カ国（インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナム）、消費国は日本とし、また、対象燃料をエタノールとして、パラメータを具体的に設定する。

(1) バイオ燃料生産コスト

バイオ燃料の生産費用はサトウキビの単収にのみ依存すると想定し、域内の単収の高い地点から順に栽培されるため生産量に対する費用は通増すると仮定する。ここでは、世界陸域の5分メッシュでのサトウキビの単収をAEZモデル¹⁾を用いて推計し（図2）、ブラジルをベンチマークとしてコストを推計した。

具体的にはブラジルの現状のサトウキビ生産量を満たす地点を単収の高い方から抽出し、その平均単収におけるバイオ燃料の生産コストをF.O.Licht社の資料²⁾を参考に8US-centと設定した。ASEAN地域の各地点の単収に対するブラジルの平均単収の比率をブラジルの生産コストに乗じたものをASEAN地域の地点別のエタノール

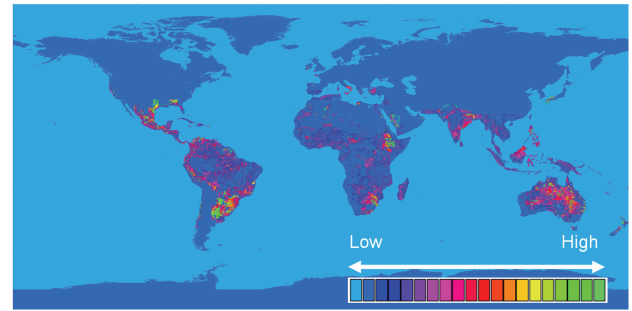


図2 AEZモデルによるサトウキビの単収推計

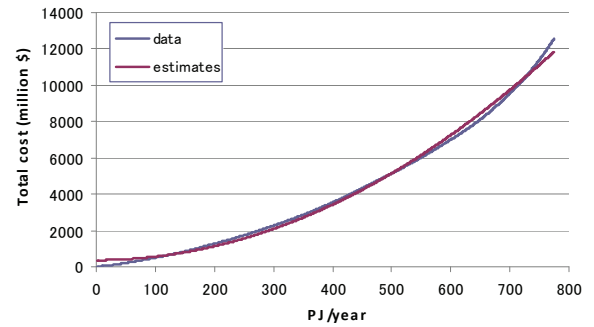


図3 総費用曲線の推計結果

生産コストとし、単収の高い地点から並べた費用の累積値により総費用曲線を推計した。その際他の農作物との土地利用競合は考慮していない。単収から推計された累積費用とそれを用いた式(2)の推計結果を図3に示す。

(2) 需要側のバイオ燃料対応コスト

本モデルではエタノール燃料利用における需要側のコストとして、混合率に応じて2次的に増加する追加コストを想定している。エタノール燃料の利用に必要な対応として燃料品質の調整や管理の高度化、車両部材の変更などが挙げられるが、その費用は明らかではない。経済産業省では、現行の燃料法令ならびに車両部材への影響等を勘案し、ガソリンへのエタノール直接混合率の上限を3%程度とすることを提案している。

ここでは式(6)で定義される混合率が、石油価格35円/L、CO₂削減価値3万円/ton、バイオ燃料価格54円/Lの下で3%になると想定し、パラメータ β_{0d} を0.144と設定した。

6. 需給システムシミュレーション

以上の具体化されたモデルを用い、日本-ASEAN地域を想定したバイオ燃料需給システムの持続可能性を分析する。ここで、ガソリン価格は両地域で等しく35円/Lと設定し、また、2000年の自動車燃料需要は日本が1550PJ、ASEANは950PJと設定した。まず、2000年時点の地域別の需要想定の下での需給均衡価格を図4に示す。ここでは生産者価格、消費国CIF価格、生産国内の販売価格を

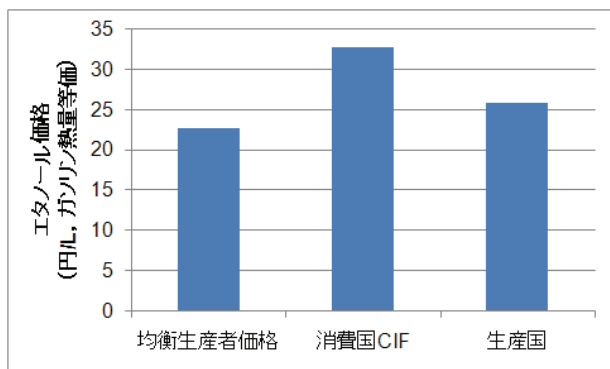


図4 エタノールの需給均衡価格推計結果

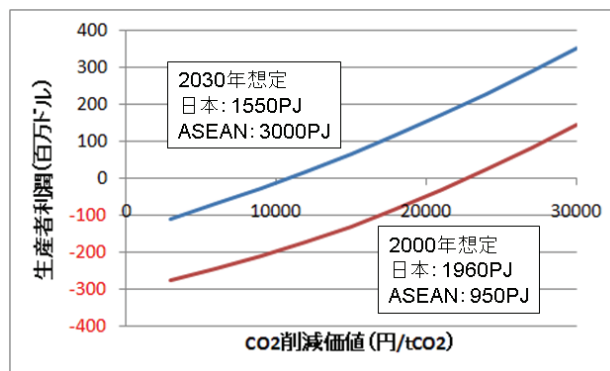


図6 消費国のCO2削減価値に対する生産者利潤

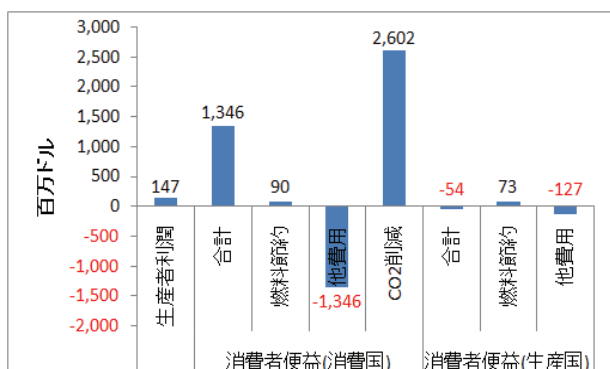


図5 主体別便益帰着額

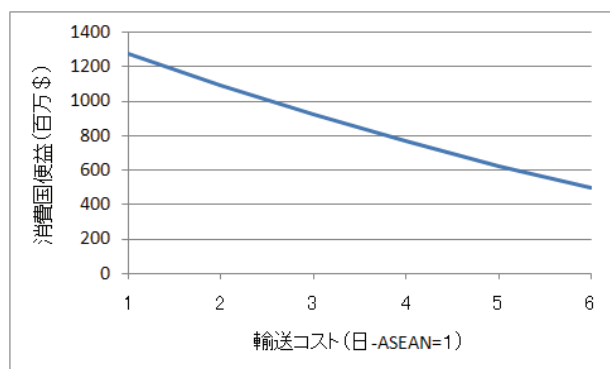


図7 輸送コストに対する消費国便益

示しており、いずれも税抜きである。消費国CIFを見ると、ガソリン熱量等価で32円/L程度であり、ガソリンの設定価格よりも安価な結果となっている。これは、生産コスト推計におけるバイオ燃料生産コスト想定が安価であること、および土地利用競合を考慮していないことなどに起因すると考えられる。このコスト設定の変更により大幅に結果が変わりうることに留意が必要である。

次に、この需給均衡価格の下での主体別、項目別の便益を図5に示す。まず生産者利潤は正であり、この条件下では需給システムが経済的に成立可能となっている。

消費国の便益を見るとトータルでは大きくプラスだが、その多くはCO₂の削減便益によることから、CO₂削減価値の感度が高いと考えられる。一方、生産国の消費者便益は負であり、燃料節約額をバイオ燃料への対応費用が上回っている。ただし、生産者利潤と消費者便益の和はプラスであることから、需要側の対応費用の補填政策等により消費者の理解が得られれば国全体の便益はプラスとなりうると言える。

感度が高いと考えられるCO₂削減価値を変化させたときの生産者利潤を図6に示す。ここでは、日本とASEANの自動車燃料需要が2000年の場合と2030年の水準の場合を示している。2030年の需要水準はASEANで3000PJであり、現在の日本の1.5倍と設定している。需要水準が2000年の時には、消費国でのCO₂削減価値が2.3万円以

下では需給システムは経済的に成立しないが、2030年の水準では経済的に成立するCO₂価値は1万円強まで下がる。これはASEAN地域での需要増加により、エタノールの需給均衡価格が上昇するためであり、これら地域でのエネルギー需要の増加はバイオ燃料需給システムの成立可能性を高めるが、それでもCO₂削減という目的が無ければ経済的に成立させることは困難であることを示唆している。

最後に、輸送コストに対する消費国便益の変化を図7に示す。横軸は日本とASEAN間を1としたときの輸送コストであり、日本とブラジルの輸送コストは6倍程度である。現在、我が国ではエタノールの輸入先としてブラジルが検討されているが、他の条件が等しい場合、ASEANを供給地とすると便益は2倍以上になりうる事がわかる。

7. まとめ

本研究では、日本とASEAN5カ国を想定し、自動車用バイオ燃料の需給システムの持続可能性を経済的観点から検討した。その結果以下の知見を得た。

- ① 消費国での便益の大部分はCO₂削減によるものであり、単位削減あたりの価値がバイオ燃料需要に大きく影響する可能性がある。

- ② 生産国では、バイオ燃料生産は消費者から生産者への所得移転以上の価値を生み出しうる。
- ③ 日本-ASEANのバイオ燃料需給システムの成立可能性にはCO₂削減価値が大きく影響し、一定程度以上の価値が無ければ経済的に成立しない可能性が高い。
- ④ 将来のASEAN地域での自動車用エネルギー需要の増加はバイオ燃料の均衡価格を上昇させ、需給システムの成立可能性を高めるが、それでもCO₂の削減に全く価値が無ければ成立不可能となると考えられる。
- ⑤ 燃料輸送費用の感度分析より、輸送距離の短縮は消費国に便益をもたらさう。我が国の場合、供給元をブラジルからASEANに変更すると便益額は約2.5倍になると推計される。

以上より、想定した条件の下では、日本-ASEANでのバイオ燃料の需給システムは成立可能であり、また生産国内の消費者への補助政策等により持続可能となりうる。加えて、他の条件が等しければ輸送距離の低減は消費国の便益を向上するため、我が国は、近隣のASEAN諸国におけるバイオ燃料の生産と当地からの輸入についても検討する価値があるといえる。

一方、需給システムが成立するためにはCO₂削減の価値が一定程度以上必要である。ASEANでの需要増加はシステム成立に必要とされる削減価値を低下させる。このため、需給システムの導入時期も、当該地域での自動車用燃料需要動向に応じて検討することが重要であると

考えられる。

なお、以上の知見は限定された情報や一部強い仮定に基づいていることに留意が必要である。例えば、本稿ではバイオ燃料の生産コストは、Licht社の情報に基づきかなり安価に設定しており、また他の農作物栽培との土地利用競合を考慮していないが、これらの見直しにより生産コストが高まると成立可能性は低下することとなる。また、需要側のバイオ燃料への対応コストは、アドホックな想定に基づいているため、そのパラメータの感度解析や関連情報の調査が必要である。また本稿では石油価格は固定しているが、その便益に対する感度も高いと考えられる。今後はこうしたパラメータスタディ等が必要である。

謝辞

本研究は環境省地球環境研究総合推進費（RF-078）の支援により実施されたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Fischer, G. H.T. Velthuisen, M.M. Shah, and F.O. Nachtergaele, “Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results”, International Institute for Applied Systems Analysis, 2002.
- 2) Berg, C. “World Fuel Ethanol Analysis and Outlook”, F.O.Licht, 2004.

日本-アジア圏におけるバイオ燃料の需給システムの成立可能性に関する研究*

紀伊雅敦**・丸山敦史***・甲斐聡****

本研究では、日本-アジア圏を対象にバイオ燃料の需給システムを部分均衡モデルを用いて分析し、それが成立可能となる条件を評価した。その結果、CO₂削減価値が高ければ対象地域での需給システムの成立可能であり、またエネルギー需要が増加すると成立可能性が高まることが示された。また、バイオ燃料の消費便益に対する輸送距離の感度は高く、我が国でバイオ燃料利用を進めるならばASEAN地域を輸入元として検討する価値があることが示唆された。ただし、前提条件には偏りがある可能性があり、それらの更新により結果が変更されうることには留意が必要である。

Study on the viability of demand-supply system of bio-fuels in Asian region*

By Masanobu KII**・Atsushi MARUYAMA ***・Satoshi KAI****

In this paper, we analyzed the viability of supply-demand system of bio-fuels considering Japan-ASEAN region, using a partial equilibrium model. Based on the analysis, we found that when the CO₂ emission reduction value is enough high, the system is evaluated to be viable, and as the energy demand in ASEAN grows, the viability becomes higher. Additionally, the sensitivity of consumer's benefit to the haul distance of bio fuel trade is found to be significant, therefore, it is valuable to consider the ASEAN region as supplier of bio energy for Japan. However, it should be noted that the prerequisites of this analysis possibly contains bias, and revision of these conditions would lead different conclusion.
