

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月12日現在

機関番号：82111  
 研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22530256  
 研究課題名（和文）東アジアにおけるバイオエネルギー関連投資の波及効果：応用一般均衡モデルの適用  
 研究課題名（英文）Economic Ripple Effects of Bio-energy Investments in East Asia : Application of the Computable General Equilibrium Model  
 研究代表者  
 國光 洋二 (KUNIMITSU YOJI)  
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農村基盤研究領域・上席研究員  
 研究者番号：30360390

研究成果の概要（和文）：バイオエタノールの生産、利用は、温室効果ガスの削減、エネルギー自給力の向上、農村地域振興、といった効果が期待できる反面、食料との競合のような問題も指摘されている。本研究では、東アジア諸国においてバイオバイオエタノールの生産、利用の経済面・環境面の波及効果を産業連関モデル及び動学応用一般均衡モデルを用いて分析した。分析結果から、生産プラント建設投資段階に加え、プラント建設後のバイオエタノール生産段階でも、投入費用の2倍前後の生産誘発効果が期待できること、ガソリン価格と同等レベルの生産費用を実現可能な第2世代のバイオエタノール生産は、食料との競合を回避して、国全体の所得の増加をもたらす経済効果が期待できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Bio-ethanol is expected to decrease greenhouse gas emissions, to increase domestic energy supply and to vitalize rural economies, but there is a matter of competition with food in the market. This study aims to evaluate economic and environmental impacts of bio-ethanol production in east Asia by using input-output (I/O) model and dynamic computable general equilibrium (CGE) model. The simulation results demonstrated that investment for bio-ethanol production plants as well as annual production induced production which is around double of input costs. Furthermore, the introduction of the second generation bio-ethanol production using advanced technology, which is now being developed under experimental projects, can increase domestic income without competing with food demand.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,099,978	930,000	4,030,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学・応用経済学

キーワード：地域経済学・計量経済・環境経済・農業政策

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化のような環境問題への対応が迫られる中で、世界同時不況からの脱出を図るため、環境に配慮した景気刺激策としてのグ

リーン・ニューディール政策に注目が集まっている。農業部門では、農産バイオマスを利用したバイオエネルギー生産施設に対する投資（以下、バイオエネルギー投資という）へ

の期待が高まっている。

バイオエネルギー投資は、温室効果ガスの削減、中東地域に集中した化石燃料依存からの脱却（エネルギー安全保障）、農村地域振興を通じた都市と農村の格差是正、といった効果が期待できる。しかし、エネルギー多投型の農業が行われている先進国では、総合的に見た温室効果ガス削減効果が小さいか、負であること、食料との競合が懸念されること、といった問題もある。これらの問題を考えると、日本や韓国のような食料輸入国よりも、熱帯・亜熱帯地域に位置し、エネルギー効率に優れた農業が営まれている東アジアにおいてバイオエネルギー投資を推進することが、経済的にも環境的にも優れていると言えよう。

これまで、バイオマス資源利用に関する環境評価では、主としてライフ・サイクル・アセスメント手法が用いられてきた。一方、経済分野では、エネルギー投入を含む応用一般均衡（CGE）モデルによる分析（川崎，2005）が行われている。CGEの分析手法自体も、地域CGEモデルの開発、動学CGEモデルの開発等の研究が進んでいる。ただし、バイオエネルギー投資や東アジア諸国間の連関を考慮したCGEの研究は、あまり行われていない。また、東アジア地域の産業連関構造については、中村他（2004）、Okamoto他（2003）等の分析があるが、バイオマス資源が豊富なベトナム、カンボジア、ラオス等が対象となっていない。したがって、CGEモデルの基礎データとなる東南アジアの新興発展途上国を含めた産業連関表の開発が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、バイオエネルギーのうち、技術開発が積極的に進められ、原油価格の高騰や食料価格の高騰の中で、政策的にも注目が集まっているバイオエタノール生産に着目し、東アジア諸国においてバイオエタノールの生産プラント建設のための投資やプラント稼働後の生産が本格化した段階における波及効果を経済面・環境面から分析した。そして、分析結果をもとにバイオエタノール生産・投資の推進について、日本及び先進諸国が考慮すべき政策支援について検討した。

## 3. 研究の方法

(1)バイオエタノールの生産可能量、生産費用の推計：先行文献や公表された農業生産に関する統計資料等をもとに、東アジアの主要国における第1世代のバイオエタノールの潜在的な生産可能量と生産に要する費用を推計した。また、ベトナムを対象に第2世代の潜在生産量と生産費用を推計した。

(2)東アジアにおけるバイオエタノール貿易額の推計：生産コストと生産可能量をもとに、食料との競合を最小化し、費用と温室効果ガ

ス排出量を最小化したときの東アジアの主要国におけるバイオエタノールの最適生産額と貿易可能額を推計し、それを実現するためのバイオエタノール・プラントに関する投資額を推計した。

(3)産業連関表の推計とI/O分析：ベトナム、カンボジア、ラオスを加えた東アジアに関する地域間産業連関表を推計し、産業連関分析を適用してバイオエタノール生産プラントの建設投資やプラント建設後の生産が東アジアの諸国に及ぼす影響を明らかにした。

(4)社会会計行列（SAM）データの推計と動学CGEモデルの作成：ベトナムを対象に、産業連関表からSAMを推計し、これをもとにエネルギー変換技術普及の不確実性を考慮した動学CGEモデルを開発した。

(5)シミュレーション分析による政策評価：第1世代の技術、現状の第2世代の生産技術、現在開発中の技術目標が達成された場合の先進技術による第2世代の生産技術について、CGEモデルをもちいて、価格、GDP、温室効果ガス排出量等の変化を比較し、今後、留意すべき政策課題を抽出する。

## 4. 研究成果

### (1)生産可能量、生産費用の推計

①農産物の可食部を原料とする第1世代のバイオエタノール生産について、農業生産額が比較的大きいインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、カンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナムに加え、コメの生産量が多い日本、韓国の10カ国を生産国とし、コメ、キャッサバ、メイズ、ソルガム、サトウキビ、ビート、甘藷、小麦からのバイオエタノール生産可能量を推計した（図1）。

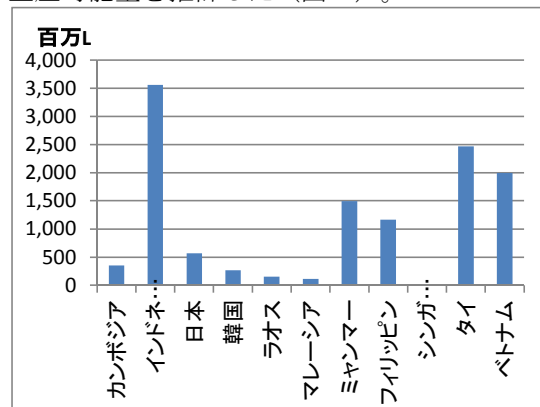


図1 バイオエタノールの潜在生産量

②生産国全体ではガソリン消費量の約13%のバイオエタノール生産が可能で、中でもインドネシア、タイ、ベトナムの潜在生産量が大きい。また、原料作物別では、コメ、メイズ、キャッサバ、サトウキビからのバイオエタノール生産の可能性が高い。

③各国で生産される農作物の価格をもとに、

国別・原料別の第1世代のバイオエタノール生産コストを先行研究や日本におけるバイオエタノール研究で蓄積されたデータをもとに推計した(図2、図3)。

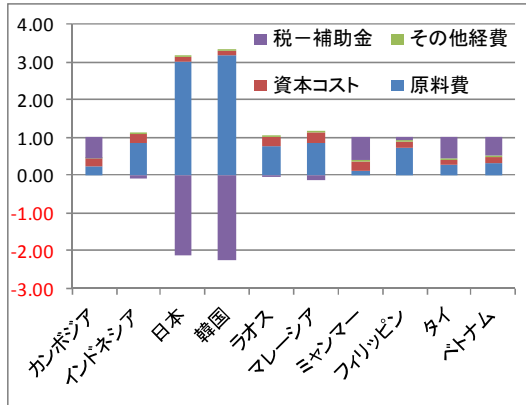


図2 生産費用(自給ケース)

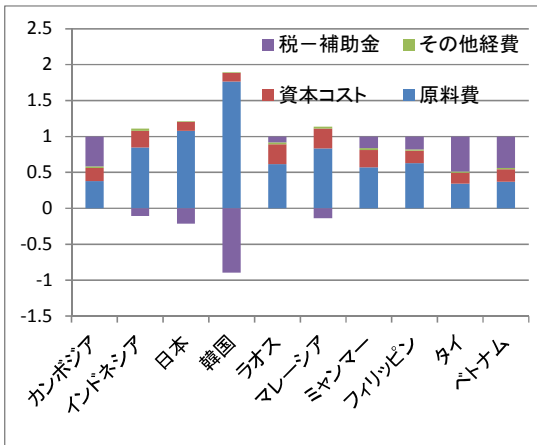


図3 生産費用(貿易ケース)

④バイオエタノール販売価格(ガソリン価格と同等)と生産コストに差がある国では、政府による補助金(赤字の場合)ないし税金の徴収(黒字の場合)が生じる。特に、日本、韓国のような先進国では、補助金が必要となり、バイオエタノール生産は開発途上国の方が有利であることが明らかとなった。また、CO2排出を最適化し、地域内貿易を拡張して東アジア全体でE10政策を目指した場合は、補助金よりも税収の方が大きくなり、生産自体にメリットが生じる。

(2)バイオエタノール貿易額の推計

①食料消費への影響をできるだけ回避するため、各作物の2008年の生産量の10%をバイオエタノール生産に振り向け、東アジアの主要国においてE10政策が採用された状況を想定して分析を行った。そのとき、バイオエタノール生産量に対してCO2排出の少ない原材料・生産国を優先して選択し、貿易がある場合は輸送にともなうCO2排出が最小となるように貿易量を調整し(CO2排出最適化)、各

国における生産量及びその実現のための生産プラント建設投資額を推定した(図4)。

②バイオエタノール生産プラント建設に必要な

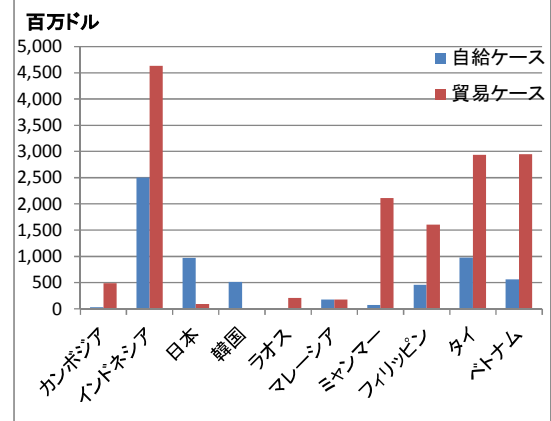


図4 生産プラント建設に必要な投資額

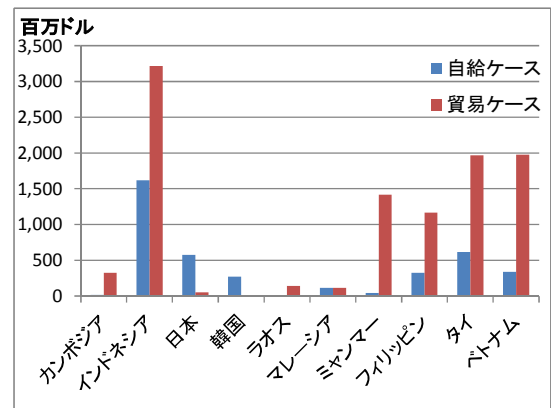


図5 バイオエタノールの生産額

な投資額と毎年の生産額を比較すると、前者の方が大きいですが、それほど大きな差はない。これは、バイオエタノール生産において生産経費のうち約7割を原材料費が占め、資本コストの割合が低いという特徴を反映したものである(図5)。

(3)産業連関表の推計とI/O分析

①生産波及効果を分析するための拡張東アジア地域間産業連関表を作成するため、GTAP(Global Trade Analysis Project)のデータを元に、Davis and Caldeira(2010)と同様な方法により、拡張東アジア地域間産業連関表(中間投入部門23、付加価値部門4、最終需要部門6)を推計した。

②拡張産業連関表をもとに、投資及び毎年の生産による生産誘発額を定量化した。このとき、中間投入を通じた生産誘発効果(後方連関効果)のみでなく、毎年の生産が所得増加を通じて消費を増加させ、それが消費財産業の生産を増加させて生産誘発をさらに高める

効果（前方連関効果）をモデル化した。

$$X = B \Delta F_X + B C K V B \Delta F_X + B C K \Delta F_Y$$

$$Y = V' X + \Delta F_Y + \Delta F_Z$$

Xは生産誘発額、Yは付加価値誘発額である。Bは逆行列係数、Iは単位行列、Mは輸入係数の対角行列、Aは投入係数行列、Cは消費係数、Kは所得関連乗数、Vは各産業の所得係数、V'は各産業の付加価値率ベクトル、 $\Delta F_X$ は中間投入産業に対する最終需要額の増加、 $\Delta F_Y$ は雇用者所得の増加、 $\Delta F_Z$ は雇用者所得以外の付加価値部門の外生的な増加を表す。

③投資による生産誘発効果は、自給ケースでは、62億ドルの投資に対して155億ドルの生産誘発（投資額の2.5倍）が生じている。内訳は、1次生産誘発額（後方連関効果）が130億ドル、2次生産誘発額（前方連関効果）が25億ドルである。また、生産誘発額の4割程度が、投資した国での総生産の増大になっている。貿易ケースでは、投資額も2.4倍の152億ドルになり、1次生産誘発額は309億ドル、2次生産誘発額は54億ドル、最終的には364億ドル（投資額の2.4倍、自給ケースの2.3倍）の総生産が誘発される（図6）。

④国別にみると、日本、米国、中国の生産誘発額が自給ケース、貿易ケースともに大きい。一方、製造業部門が未発達な途上国では、輸入による漏出が大きいいため、建設投資の誘発額のうち4割弱しか自国内の生産誘発になっていない。このことは、途上国ではBE生産の建設費用を自国のみで賄うと、輸入ばかり増加して自国内での効果が大きくないことが示唆される。

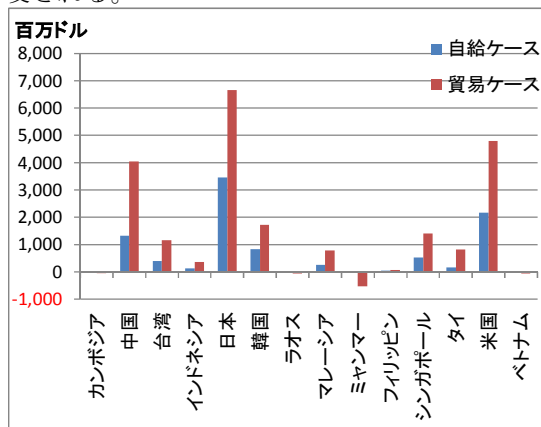


図6 プラント建設投資による生産誘発額

④毎年の生産にともなう生産誘発効果は、自給ケースでは地域全体で生産額に対して1.99倍の生産誘発が生じる。日本、タイ、ベトナムの純効果額が大きく、生産国以外では米国、中国の効果が大きい。一方、貿易ケースでは、生産誘発額と生産費用の比である乗数値が1.7であるが、生産に要する税一補助金を考

慮した純効果額が大きい。国別にみても、貿易ケースでは純効果額がマイナスになっている国はない。つまり、地域内貿易を活用した政策連携のメリットが大きいことが示唆される。

(4) 社会会計行列 (SAM) データの推計と動学 CGE モデルの作成

①価格と需給量の変化と各市場のリンケージを同時に考慮して分析するため、産業連関表から推計した SAM データをもとに動学 CGE モデル (2007 年時点、57 部門) を作成した。モデルでは、バイオエタノール生産の効果を分析するため、石炭、原油、天然ガス、石油精製品、電気、都市ガス等のガス製品を細分した生産構造とした (図7)。

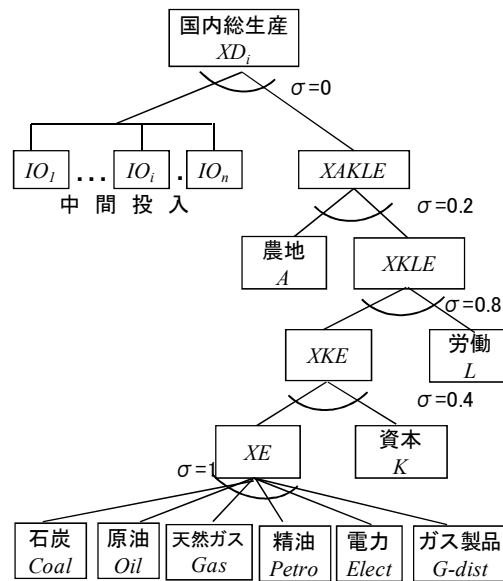


図7 動学 CGE モデルモデルの構造

②バイオエタノール生産を動学 CGE モデルに組み込むため、Kretschmer et al. (2005) のような潜在技術モデルをもとに、石油精製品消費の一定割合がバイオエタノールに置き換えられる状況を想定した。また、生産は準公共部門がガソリン価格と同価格で販売すると考えて MARKUP を想定した。

(5) 経済・環境面の波及効果と政策的含意

①動学 CGE モデルを用いて、バイオエタノール生産によりガソリン消費を転換する3つのケース (第1世代の生産技術、第2世代・現状技術、第2世代・先進技術) について政策シミュレーションを行った。

②ガソリンの一定割合をバイオエタノールに転換する政策は、直接的に石油精製部門の生産を抑制するのみでなく、関連する電気部門の生産を変化させる。電気部門は、短期的には生産を増加させるものの、長期的には大幅な減少となる。また、現在輸入に頼っている石油精製品の輸入を削減し、国内生産に振り

替えてエネルギーの自給率を高める。稲わらのように現在圃場で焼却されている資源がエネルギーとして有効に活用できる効果は、焼却に伴う各種の被害（大気汚染等）軽減をあわせて考えれば決して無視できない（図8）。

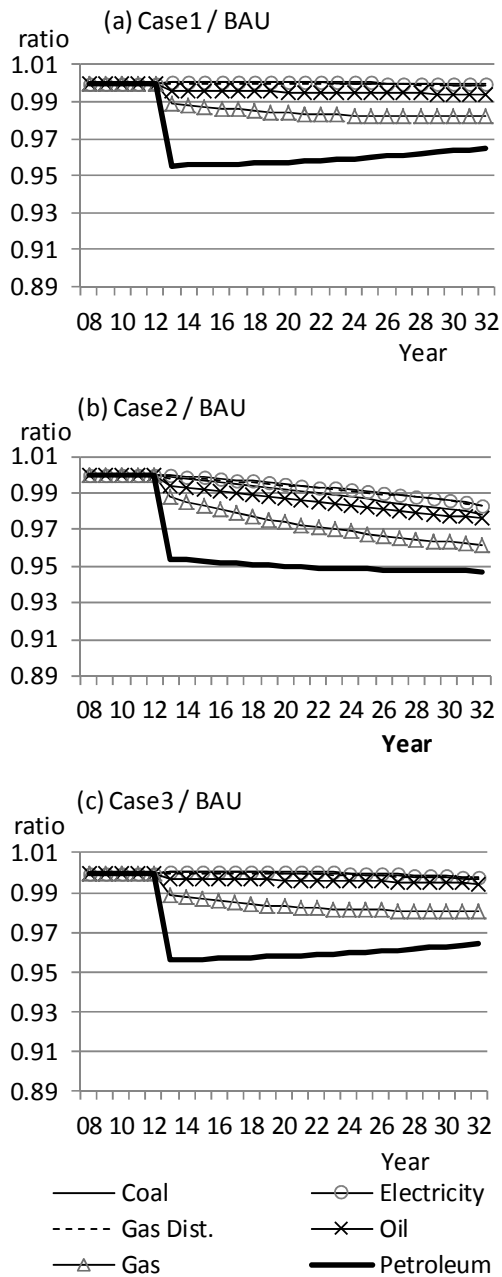


図8 エネルギー投入の変化

③販売価格に見合う費用を実現できる第1世代や先進技術による第2世代のバイオエタノールの導入であれば、所得を高めてGDPを最大で0.2%程度増加させる効果がある。この効果は、付加価値率の高い先進技術による第2世代の生産の方が大きい。しかし、生産費用が高く、利潤が出ない現状の第2世代の技術であれば、かえってGDPの成長が低下する。また、第1世代、第2世代ともに政府補助が必要で、民間投資のクラウディングアウトが生じ、長期的には資本ストックが低下する。

このように、波及効果を考えて経済影響を評価することが政策上重要である（図9）。

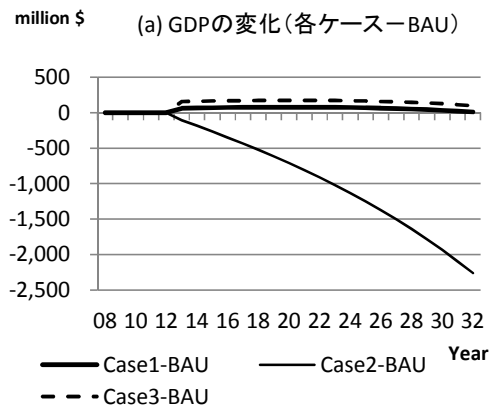


図9 GDPの変化

④第1世代のバイオエタノール生産は、食料との競合により農産物の価格上昇を招く（図10）。食料との競合性が弱い第2世代の技術が有効であるが、現状技術では、先に見たように経済的なメリットがほとんどない。これに対処し、環境と調和した経済成長を目指すため、第2世代の技術革新を助長する研究開発が重要である。生産技術の開発は、ベトナムのような開発途上国が単独で行うことには限界があることから、先進国での技術開発と開発技術の提供が求められる。

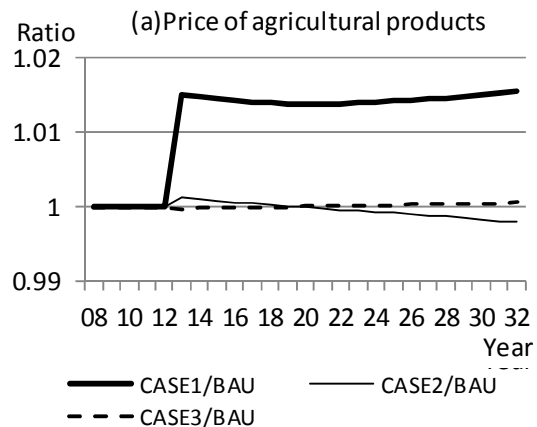


図10 農産物価格、農地価格の変化

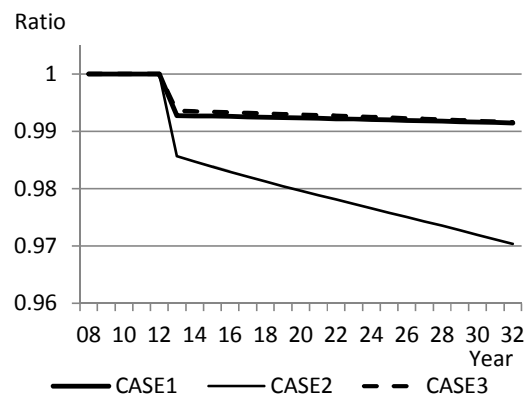


図11 CO2排出量の変化



⑤バイオエタノールの導入による環境面の効果（CO2削減効果）は、石油精製品消費の一定割合を転換する政策を継続する限り、経済指標と異なって毎年向上する。つまり、国内生産の刺激による経済成長があってもCO2が加速度的に増加する状況が回避できる。したがって、バイオエタノールの導入政策は、技術開発の動向をにらみながら、長期的な視点で継続することが必要である（図11）。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計7件）

- ①Kunimitsu, Y., Ueda, T., Economic and Environmental Effects of Rice-Straw Bioethanol Production in Vietnam, Paddy and Water Environment, 査読有, Vol. 11, 2013, 411-421, DOI: 10.1007/s10333-012-0332-4
- ②國光洋二、上田達己、ベトナムにおける稲わらバイオエタノール生産の経済・環境評価、地域学研究、査読有、42(3)、2013、31-48
- ③Kunimitsu, Y., Takahashi, K., Furubayashi, T., Nakata, T., Economic Ripple Effects of Bioethanol Production in ASEAN Countries: Application of Inter-regional Input-Output Analysis, Japan Agricultural Research Quarterly, 査読有、2013、印刷中
- ④Kunimitsu, Y., A Dynamic Computable General Equilibrium (CGE) Model for Analysis of Rural Development Policies, 農村工学研究所技報、査読無、51巻、2012、189-209
- ⑤國光洋二、ベトナムにおける投資と輸出の地域間経済波及効果、地域学研究、査読有、41(2)、2011、345-357
- ⑥Kunimitsu, Y., Asset Management of Public Facilities in an Era of Climate Change: Application of the Dynamic Computable General Equilibrium Model, Sustainable Development and Planning, 査読有, Vol. 5, 2011, 553-562, DOI: 10.2495/SDP110461
- ⑦Kunimitsu, Y., Macroeconomic Effects of the Stock Management for Irrigation and Drainage Facilities in Japan: Application of Recursive-Dynamic CGE model, AgEcon SEARCH, 査読有, 2011, <http://ageconsearch.umn.edu/>

〔学会発表〕（計9件）

- ①Kunimitsu, Y. and Ueda, T., Economic and environmental evaluation on rice-straw bioethanol production in Vietnam: Application of I/O analysis, Biomass-Asia Workshop, 2012年12月3日、東京
- ②國光洋二、Economic and Environmental Impacts of Biomass Utilization in Vietnam: Evidence from a CGE Model、日本地域学会年次大会、

2012年10月7日、東京

- ③Kunimitsu, Y., Causative factors for changes in total factor productivity of Japanese agriculture under the era of climatic uncertainty, Southern Agricultural Economics Association Annual meeting, 2012年2月6日、Birmingham, USA
- ④Kunimitsu, Y., Ueda, T., Economic and Environment Effects of Rice-Straw Bio-Ethanol Production in Vietnam, Asian Society of Agricultural Economists International meeting, 2011年10月15日、Hanoi, Vietnam
- ⑤Kunimitsu, Y., Changes in total factor productivity and its causative factors in Japanese agriculture, European Regional Science Association Annual meeting, 2011年8月31日、Barcelona, Spain
- ⑥Kunimitsu, Y., What makes regional satisfaction index improve?: Application of Structural Equation Model in Japan, Pacific Regional Science Conference Organization International meeting, 2011年7月5日、Soul, Korea
- ⑦Kunimitsu, Y., Evaluation of Ecosystem Service in Japanese Rural Areas, Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, 2011年2月9日、Texas, USA
- ⑧國光洋二・高橋溪・古林敬頭・中田俊彦、東アジア地域におけるバイオマスエタノール生産・利用に関する政策連携効果: アジア地域間産業連関表による分析、日本地域学会年次大会、2010年10月9日、政策研究大学院大学
- ⑨國光洋二、農業水利施設の長寿命化対策の経済効果 - 動学応用一般均衡分析の適用 -、地域農林経済学会大会、2010年10月24日、京都大学

〔図書〕（計2件）

- ①Takahashi, T., Isozaki, H., Oikawa, T., Koyama, K. and Kunimitsu, Y., United Nations Press, Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-Ecological Production Landscapes of Japan, 2012, 480
- ②高橋俊守・磯崎博司・及川敬貴・小山佳枝・國光洋二、朝倉書店、里山・里海: 自然の恵みと人々の暮らし、2012、202

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

國光 洋二 (KUNIMITSU YOJI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農村基盤研究領域・上席研究員

研究者番号: 30360390