

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24年5月20日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20330050

研究課題名（和文）日本と中国、インドにおけるバイオ燃料の将来：空間情報も利用した環境経済分析

研究課題名（英文）Prospects of Biofuels in Japan, China and India: Environmental Economic Analysis supported by GIS

研究代表者

眞弓 浩三 (MAYUMI KOZO)

徳島大学・大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部・教授

研究者番号：40253182

研究成果の概要（和文）：ジョージェスクレーゲンのフローファンドモデルと生態学の階層理論を応用した多階層エネルギー分析モデルをバイオ燃料の大規模生産の自立性と実行可能性を理論的に検討するための一般的枠組みに拡張した。その枠組みを利用して、トウモロコシからエタノールを生産する際に必要となる労働時間と土地面積を求めた。日本と中国、インドのどの国においても、労働と土地の必要量が想像を絶する規模になるため、エタノールの大規模生産は実行可能で示した。

研究成果の概要（英文）：The scheme called as Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism based on Georgescu-Roegen's flow-fund model and hierarchy theory of theoretical ecology has been extended to study the viability and feasibility of large scale biofuels production. Using this general framework, labor and land requirement was calculated to produce ethanol from corn. Labor and land requirement has shown to be tremendously large, thus no country (Japan, China and India) would not achieve feasibility conditions, let alone viability conditions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010年度	2,949,320	900,000	3,849,320
2011年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	14,649,320	4,410,000	19,059,320

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：環境経済学；エネルギー分析；

バイオ燃料；GIS；

社会メタボリズム

1. 研究開始当初の背景

(1) 中国やインドに代表されるアジアに於ける今後予測される急速な経済発展により、アジア地域でのエネルギー消費量は石油換算(TOE)で2004年の31億から2030年には62億に達すると推定されている。このアジア地域のエネルギー消費推定値は2030年にお

ける世界のエネルギー使用量の約4割に該当する量になると言われている。

(2) 生態系や社会経済システムに地球温暖化現象が与える影響が近未来に深刻化するとの危惧から、石油や天然ガスに代替可能なエネルギー源の探求が国際的にも急務になりつつあり、代替可能なエネルギー源のひとつとしてバイオ燃料が注目を集めつつある。

実際、アメリカとブラジルは 2007 年 3 月にバイオ燃料の総括的 2 国間協定を締結し、大規模なバイオ燃料生産を強力に推進することに合意した。日本においても新エネルギーの普及促進のために、2003 年度から再生可能エネルギー割当制度 (RPS (Renewables Portfolio Standard) 制度) が実施されている。ヨーロッパでは同様の制度が日本よりも先行して実施されている。

2. 研究の目的

(1) バイオ燃料促進理由を理論的・実証的に検討するためのバイオ燃料の実行可能性・自立性と環境負荷に関する総合評価モデル (国別マクロレベルと産業レベル・地域レベル、およびそれらの相互関係の分析に利用可能な方法論を含む) を構築する。

(2) GIS を利用した情報 (天然林や人工林分布や農作地分布、エネルギー供給地の分布、林道の形状分布と輸送経路など) を積極的に活用し、バイオ燃料の需要量と供給量を推定する際に利用する。バイオマスエネルギー源とエネルギーの供給先の地理的關係を明瞭に把握した分析を総合評価モデルに組み込む。

(3) トウモロコシからエタノールを大規模に生産する際に必要となる労働力と土地の必要面積を、拡張した多階層エネルギー分析モデル (Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism, MuSIASEM) を利用して計算し、エタノール生産の自立性と実行可能性を検討する。

3. 研究の方法

(1) MuSIASEM は、多階層レベルのシステムに属する生産要素 (フローとファンク) の配分の時系列分析に適用するモデルである。フローとはエネルギーや生産物のように生産過程に投入されるかあるいは生産過程から質的变化を遂げて産出されるものであり、ファンクとはフロー要素の変換に必要な土地 (リカードの意味の土地だけでなく有機物を生産する森林や農作地を含む) や労働時間、資本である。

(2) MuSIASEM を利用すると異なるレベルにある階層間の相互依存関係を詳細に研究することが可能になる。異なるレベルに属する変数 (あるいはパラメータ) を変更するとほぼすべての階層に属する変数に変化を誘発し、このメカニズムを利用してバイオ燃料も含めたエネルギー需給体系の実行可能性やシナリオを詳細に分析することが可能になる。

(3) 日本、中国、インドの各国において、全国レベル、地域レベルでのバイオマス賦存量・可採可能量・供給可能量に関わる GIS データベースの整備を行い、バイオ燃料の供給

ポテンシャルについて環境的側面から評価を行う。技術効率や環境改善効率に関する日本・中国・インドでのマクロ、地域レベル、ミクロデータを整備するとともに、環境政策の技術進歩への影響について MSIASEM を利用して解析し、バイオ燃料を含めたエネルギーミックスの実行可能性とシナリオ分析も合わせて解明する。

(4) 日本と中国、インドでエタノールを生産する場合に必要な労働量と土地の必要量を計算する。まず労働生産性については現在最も楽観的と言われている 10MJ/hour として分析する。また、土地の生産性については日本でトウモロコシを生産する際の必要土地面積を元に計算する。30.853MJ/ha という数値はトウモロコシの収穫や運搬など製造に関わるその他の過程において消費されるエネルギーを考慮していない為、非常に楽観的な数値であると言える。このようにして計算した労働量と土地面積はエタノール生産に必要な下限を与えてくれる。

4. 研究成果

主な成果 2 点についてのみ述べる。

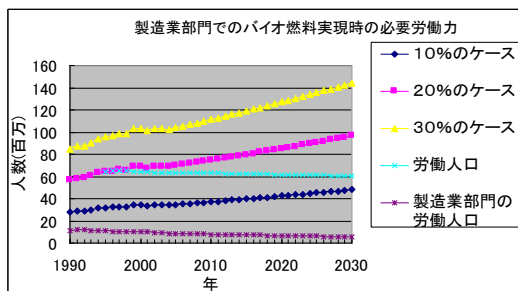
(1) GIS データを組織的に MuSIASEM の枠組みに利用できるようにモデルを拡張することが可能になった。またプログラム R を利用して時系列データを 6 個の示量変数と 7 個の示強変数の組み合わせで表現できるように

(3 階層の場合) プログラム化し、時系列データをビジュアル化できるようになった。注目する変数についてもフェーズダイアグラムを作成できるようにすることができ、時系列データにアトラクターが存在するかどうか検討できるようになった。GIS の利用により土地利用のパターンやその時系列変化を組織的に利用することもできるようになった。これらの成果はバイオ燃料の実行可能性・自立性に関する一般の枠組みとして 2009 年に英国の Routledge 社から出版した著書 *The Biofuel Delusion: The Fallacy of Large Scale Agro-Biofuel Production* に収められている。また 2011 年 11 月に英国の Routledge 社から出版した著書 *The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short* でも利用している。さらに、2012 年 10 月に同じく Routledge 社から出版される (すでに校正刷り処理済みでアマゾン洋書で登録されている) *Energy Analysis for a Sustainable Future: Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism* でも利用している。

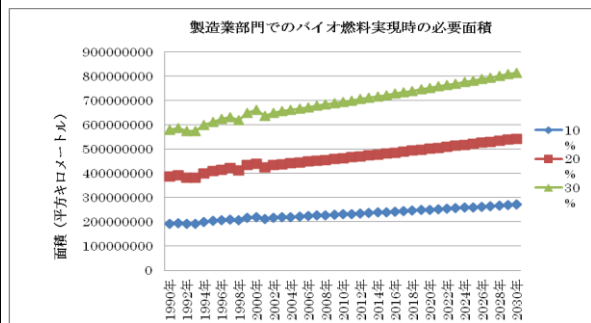
(2) バイオ燃料 (エタノール) を生産するために必要な労働量と土地面積

日本と中国、インドの大規模エタノール生産の可能性を考える前に、現在大規模にエタノールを生産しているブラジルとアメリカに

ついて述べる。2006年において世界のバイオ燃料生産の88%がこの2国で生産されているが、世界のエネルギー消費のうち燃料として利用されているエネルギー全体に占める割合はたったの1.2%である。土地が広範囲に利用可能でかつ余剰の労働力が利用できるブラジルのような国（この場合はサトウキビからエタノール）のみ、実行可能となるのであろう。しかしながら、この場合でも土地の肥沃度を長期的に維持することや水の大量使用が生態系に与える打撃はことのほか大きい。アメリカの場合には、農業補助金と大量の石油使用によりエタノールが生産されている。生産されるエタノールの9割を超える石油が使用されている。本研究の対象となっている日本と中国、インドの国においても大規模エタノール生産は自立可能性はもろんのこと、実行可能性でさえ実現するのは到底不可能である。日本の場合のみ簡潔に労働と土地の必要面積を2030年までのシナリオとして提示する。まず、製造部門での労働の必要量については以下にひとつの図を示す。



2000年において10%のケースではおよそ3500万人、20%のケースでは7000万人、30%のケースでは1億人の労働力が必要となる。この数値を2000年の労働人口である約6300万人と比較してみると、10%のケースではこれのほぼ56%の労働人口が必要で20%、30%のケースでは2000年の労働人口を上回ることが図より明確に読み取れる。そして製造業部門の労働人口ははるかに上回っている。またその差は年を追うごとに大きくなっているともわかる。製造業部門ではエネルギー消費の10%をバイオ燃料でまかなうのも全労働人口の半数以上を占めるほどの労働力を必要とする。これは鉄鋼・化学・窯業土石・紙パルプといったエネルギー多消費業種が多いためエネルギー消費量も多く、そして増加傾向にあるためにバイオ燃料の導入が困難であるといえる。エタノール生産の土地の必要面積については以下にひとつの図を示す。



製造部門におけるエネルギー消費のそれぞれ10%、20%、30%をバイオ燃料で代替した場合に必要な面積である。日本の面積は377,000平方キロメートルなので、1990年時点の10%代替時においてすら、日本の総面積を大きく上回って2億平方キロメートル！となっている。したがってエタノールの大規模生産は労働と土地の必要量が桁外れに大きく、大規模生産はまったく意味がないのである。補助金を利用して一時的にこのような無駄なエネルギー利用を推し進めるのは馬鹿げている。2011年に日本で起こった日本中油事件はこの補助金漬けのバイオ燃料生産の実態を示すものである。中国やインドにおいても同様に労働と土地の必要量は想像を絶するほどである。加えて、水の大量使用やエタノールへの変換時の各種の汚染物質の大量廃棄、さらには食料となるべきトウモロコシを実行可能性の条件すら満足しないエタノールの生産に利用して良いのかという倫理的問題も存在する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 35 件)

1. Giampietro, M. and Mayumi, K. 2012. "New Narratives for Sustainability: The Red Pill for Economists", in *Toward an integrated paradigm in heterodox economics – Alternative approaches to the current eco-social crises*. J. F. Gerber and R. Steppacher (Editors), Palgrave Macmillan, pp.64-93. 査読あり
2. Mayumi, K. and Tanikawa, H. 2012. "Going beyond Energy Accounting for Sustainability: Energy, Fund Elements and the Economic Process", *Energy* 37:18-26. 査読あり
3. Kumar, S., Managi, S. and A. Matsuda, S. 2012. "Stock Prices of Clean Energy Firms, Oil and Carbon Markets: A Vector Autoregressive Analysis" *Energy Economics* 34 (1): 215-226. 査読あり
4. Managi, S., and T. Okimoto, and A. Matsuda. 2012. "Do Socially Responsible Investment Indexes Outperform Conventional Indexes?,"

Applied Financial Economics (forthcoming (ID: 665593 DOI:10.1080/09603107.2012.665593)).

査読あり

5. Jinling FEI, Hiroki TANIKAWA, Tao HUANG, Sradhanjali MOHANTY and Hidefumi IMURA, Decomposition Analysis of Energy Consumption Changes of Municipalities in China, Environmental Information Science, 56-60, 2011 査読あり

6. Jiaying Xu, Ji Han, Hiroki Tanikawa, Heinz Schandl, Multi-Scale Integrated Analysis of China's Societal Metabolism: A case study of Guangdong Province, Proceedings of the Thirteenth International Summer Symposium, JSCE, Vol.13, 309-312, 2011 査読あり

7. Wanxin HOU, Hiroki Tanikawa, Tetsuya Tsurumi, Shunsuke Managi, Hiroaki Shirakawa, Study on quantification of relationship between land use and GDP based on Global scale spatial information, Proceedings of the Thirteenth International Summer Symposium, JSCE, Vol.13, 325-327, 2011 査読あり

8. Glucina, M. and Mayumi, K. 2010. "Connecting Thermodynamics and Economics: well lit roads and burned bridges", *Ecological Economics Reviews, Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1185, pp.11-29, 2010. 査読あり

〔学会発表〕(計 20 件)

1. 馬奈木俊介, "「アジア及びグローバルレベルでの生物多様性・生態系サービスに関する経済的分析」", 2012年1月18日, 国連大学 ウ・タント国際会議場

2. Hiroki Tanikawa, Weight of City overtime - Spatial Material Stock Analysis using 4d-GIS - 2011 ISIE Conference, 2011.6.7-10, Berkley, U.S.

3. Mayumi, K. "The Biofuel Delusion and Granfaloon: Quo Vadis?" At Peace without Boundaries, Peace as a Global Language 2011, Konan University, Nishinomiya, Japan, October 22, 2011.

4. Jiaying Xu, Ji Han, Hiroki Tanikawa, Heinz Schandl, Multi-Scale Integrated Analysis of China's Societal Metabolism: A case study of Guangdong Province. Proceedings of the Thirteenth International Summer Symposium,

May 21-22, JSCE, Vol.13, 309-312, 2011

5. Managi, S. "Productivity and Regulation; Effect of Subsidy

Policy", 2011.6.29-7.2, EAERE 18th Annual Conference, Italy

6. Mayumi, K. "The Biofuel Delusion" at Global Forum of Ecological Economics in Forestry, Nanjing, China, August 19, 2009.

〔図書〕(計 5 件)

1. Giampietro, M, Mayumi, K. and Sorman, Alev. 2011. *The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short*, Routledge:London. pp.408, 完全な共著のため本人部分抽出不可能

2. Giampietro, M. and Mayumi, K. 2009. *The Biofuel Delusion: The Fallacy of Large Scale Agro-Biofuel Production*. Routledge: London. pp. 318, 完全な共著のため本人部分抽出不可能

3. Polimeni, J. Mayumi, K. Giampietro, M. and Alcott, B. 2009. *The Myth of Resource Efficiency : The Jevons Paradox*. Routledge: London. pp. 184. 完全な共著のため本人部分抽出不可能

6. 研究組織

(1) 研究代表者

眞弓 浩三 (MAYUMI KOZO)

徳島大学・大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部・教授

研究者番号：40253182

(2) 研究分担者

谷川 寛樹 (TANIKAWA HIROKI)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：90304188

馬奈木 俊介 (MANAGI SHUNSUKE)

東北大学・環境科学研究科・准教授

研究者番号：70372456

佐々木 稔 (SASAKI MINORU)

茨城大学・工学部・講師

研究者番号：60344834

(3) 連携研究者

()

研究者番号：