

平成21年12月31日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19510046

研究課題名（和文） 混合相補性問題によるバイオマス新技術開発のインパクト分析

研究課題名（英文） Impact assessment of biomass new technologies  
-a formulation as Mixed Complementary Problem-

研究代表者

奥田 隆明 (OKUDA TAKAAKI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号：40233457

研究成果の概要：

本研究では、バイオマス新技術開発とこれに関連する社会技術について整理し、その社会・経済的インパクトを事前に評価する手法を開発した。この評価手法の特長は、混合相補性問題により定式化され、環境分野に固有の現象を扱うことができる点にある。また、岐阜県においてこの手法を用いたインパクト評価を実施し、一般廃棄物処理事業との連携が有効であること、バイオマス発電の発電効率が上昇すると普及の可能性があることなどを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：環境経済，科学技術政策，技術と制度，バイオマス

## 1. 研究開始当初の背景

わが国では「科学技術創造立国」を目指して積極的に科学技術政策を推進してきた。従来、わが国の科学技術政策は「シーズを重視した科学技術開発」、つまり、研究者の側から提案される研究テーマを取捨選択し、その支援を行うという政策が実施されてきた。ところが、こうした「シーズを重視した科学技術開発」だけでは、地球環境問題に代表されるような、現代社会が抱える様々な課題を克

服することはできないとの問題意識から、近年、「シーズを重視した科学技術開発」から「社会的なニーズを重視した科学技術開発」へと方向転換を図り始めている。平成18年度から始まった第3期科学技術基本計画の中には「環境と経済の両立」という政策目標が掲げられ、これを実現するために必要な科学技術の振興を積極的に推進していくことが謳われている。

しかし、環境分野の技術開発については、これまで推進してきた技術開発とは異なる

点も多い。環境分野の技術開発の場合、豊富な化石燃料を前提とした社会では普及の可能性が低いものの、化石燃料の枯渇をはじめとする将来のリスクを考えると今から積極的に推進しなければならない技術開発も多い。こうした技術開発については単に技術開発を推進するだけでは十分でなく、その技術を普及させるために必要な法制度や支援プログラムを合わせて検討・実施して行かなければならない。例えば、バイオマスエネルギーの場合を考えると、新技術の導入初期にはバイオマス発電による電力を高く買い取るような法制度が必要不可欠であり、これらの法制度を導入できるか否かが技術普及の可能性を大きく左右する。

また、環境分野の技術開発は多岐に渡り、その中には巨額の研究資金を必要とするものも数多く含まれている。他方で現在の厳しい財政状況を考えると、これらの技術開発を国や地方自治体がすべて支援することは難しく、政策目標の達成に大きな効果が期待できるものから順に支援して行かざるを得ない。こうした意味からも新技術開発とその普及政策の組み合わせが地域社会に与えるインパクトを事前に把握し、これが政策目標の達成にどの程度貢献するのかと言う観点からの評価が必要不可欠であると言える。

## 2. 研究の目的

本研究では、環境分野の技術開発とその普及政策が地域社会に与えるインパクトを定量的に分析するための方法論を開発し、これを用いて具体的な技術開発とその普及政策を評価することを目的とする。そして、この研究の第一歩として、本研究では環境分野の新技術開発の例としてバイオマス技術を取り上げ、以下の3点を明らかにする。

(1) バイオマス技術に関する最近の開発動向を調査し、合わせてバイオマス技術の普及を図るために必要な法制度・支援プログラムについて整理する。このとき、EU、特にバイオマス利活用の進んでいるドイツの政策を参考にしながら、わが国におけるバイオマス新技術の普及政策を具体的に整理する。

(2) バイオマス技術の開発とその普及政策の組み合わせが地域社会に与えるインパクトを定量的に評価する方法を提案する。このとき、環境分野の技術開発に固有の現象を扱うために、混合相補性問題を用いて新技術開発のインパクトを定式化する。

(3) 提案したインパクト分析手法を用いて具体的なケーススタディーを行い、新しい技

術開発とその普及政策の組み合わせが地域社会にどのようなインパクトを与えるのかについて明らかにする。具体的には、木質バイオマスのモデル事業に積極的に取り組んでいる岐阜県を取り上げ、岐阜県の地域経済に与えるインパクトを明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (1) 新技術開発のインパクトの整理

#### ① バイオマス新技術の開発動向

文献調査によりバイオマスの既存技術を整理した。また、技術開発担当者へのヒアリングを通して、現在、開発が進められているバイオマス新技術を整理した。その他、デルファイ調査等も参考にしながら、2050年までのバイオマス新技術を時系列に整理した。

#### ② バイオマス新技術の普及政策

文献調査、インターネットによる公開情報等をもとに、EU諸国、特にバイオマスの普及しているドイツを取り上げ、バイオマス技術を普及させるための制度について整理した。そして、①で整理したバイオマス新技術開発に合わせて必要な法制度及び支援プログラムを整理した。

#### ③ 新技術開発の社会・経済的インパクト

バイオマス新技術の開発と普及政策の組み合わせが地域社会に与えるインパクトを整理した。このとき、バイオマス技術開発のインパクトを、1) 後方連関によるインパクト、2) 前方連関によるインパクトに分類して整理した。

### (2) インパクト分析手法の開発

#### ① 混合相補性問題による定式化

バイオマス新技術とその普及政策の組合せのインパクトを、数学モデルを用いて定式化した。このとき、環境分野の新技術は、(1)で整理した法制度や支援プログラムによってその普及が大きく左右されることを考慮した。

#### ② パイロットモデルによる挙動の確認

簡単な仮想地域を想定し、この数学モデルの挙動を確認した。特に、新技術のパフォーマンス（例えば、コスト等）を操作変数として技術普及の可能性を検討し、合わせてそのインパクトの大きさを確認した。

#### ③ キャリブレーション方法の検討

通常、応用一般均衡モデル等の経済モデルでは、現実の取引関係を記述した社会会計表

を作成し、この社会会計表を用いてモデルのキャリブレーションを行う。しかし、新技術のインパクトを考える場合には、社会会計表には記述されていない主体や対象がその中に含まれることになる。そこで、本研究では物質表示の社会会計表（物質フロー表）と金額表示の社会会計表（金銭フロー表）を作成し（これをデュアルフロー表と呼ぶ）、これを用いてモデルのキャリブレーションを行う方法を検討した。

### (3) 新技術開発のインパクト分析

#### ① 分析モデルの開発

岐阜県の産業連関表や産業廃棄物実態調査等の統計データを用いて、岐阜県のデュアルフロー表（1995年）を作成した。そして、このデュアルフロー表を用いて分析モデルのキャリブレーションを行った。また、岐阜県では既に木質バイオマスを対象とした幾つかのモデル事業が行われてきているため、これらの結果も踏まえてモデル挙動の確認を行った。

#### ② シナリオ設定

岐阜県では2010年までに県内のエネルギー需要の10%を新エネルギーで賄うことを目標とする新エネルギービジョンが作成されている。この新エネルギービジョン等も参考にしながら、バイオマス利活用に関する政策目標を設定した。また、この政策目標を達成するために必要なバイオマス新技術及びその普及政策を整理し、その組合せにより幾つかの政策シナリオを設定した。

#### ③ インパクト分析

開発した分析モデルを用いて設定した政策シナリオの評価を行った。そして、これらの分析結果に基づき、国のバイオマス新技術開発、岐阜県のバイオマス技術導入について具体的な政策評価を行った。このとき、岐阜県は林業が重要な産業であるため、国土保全・森林経営等の観点からも評価結果をまとめた。

## 4. 研究成果

バイオマスエネルギー利活用を推進するための社会技術としてキャップ&トレード方式とベンチマーク&クレジット方式に基づく2つの開発権取引を行う方法を提案し、その影響を事前に評価する影響評価モデルを開発した。また、この影響評価モデルを用いて名古屋市で開発権取引を実施した場合の影響について計量分析を行った。そして、

分析の結果、キャップ&トレード方式の開発権取引を名古屋市で実施した場合、名古屋市内の都心周辺部でバイオマス供給が行われるものの、都心部の土地所有者には大きな費用負担を強いる必要があること、ベンチマーク&クレジット方式により名古屋市以外の郊外部でもクレジットの売却を認めた場合、バイオマス供給の限界費用の小さい郊外部でもバイオマス供給が行われ（図1）、都心部の土地所有者の負担は軽減されること（図2）などを明らかにした。

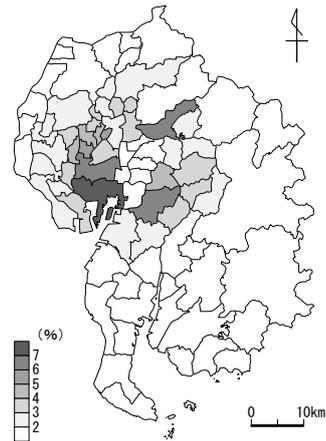


図1 緑地への転換率

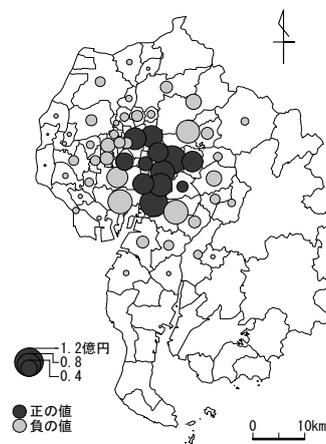


図2 開発権購入による費用負担

また、木質バイオマスエネルギーの需要地を考慮した上で、一般廃棄物処理事業との連携によってその利活用を図るシステムの提案を行った。また、岐阜県を対象として、木質ペレットを家庭用暖房に利用するシステムの環境負荷削減効果を定量的に評価した。まず、各プロセスのLCIデータ、および岐阜県内での木質バイオマスの発生（図3）、製造、需要に係る地理データの整備を行った（図4）。また、木質ペレットのエネルギー利活用によ

る直接的な環境負荷削減量，および当該システムの導入によるエネルギー需給構造の変化を考慮した地域全体での間接的な環境負荷削減量を算定した．そして，これらの分析を通して，各地域で検討されているバイオマス関連事業の方向性について考察を行った．

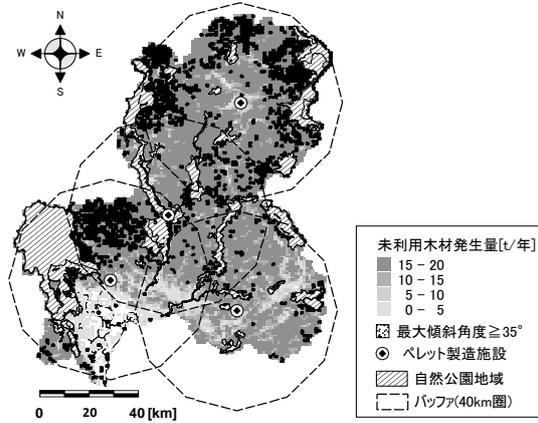


図3 未利用木材の発生空間分布

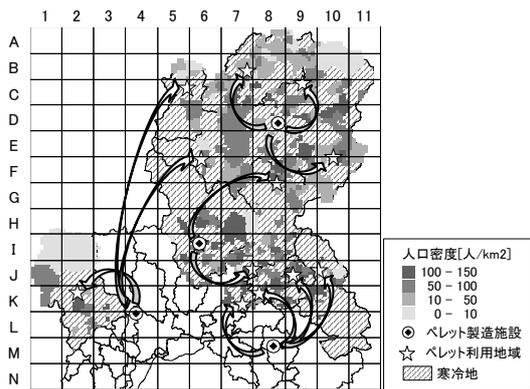


図4 木質ペレットの輸送先

次に，産業内に複数の技術を仮定した生産関数を提案し，因子分析の一つであるPMFを用いて産業全体の投入係数からこれらの技術を抽出する方法を開発した．また，この方法を用いて2度のオイルショックを経験した1970年代，その後の安定成長を経験した1980年代の日本のデータから具体的な技術の抽出を行い，日本の産業技術がどのように変化したのかを明らかにした．さらに，抽出した技術から構成される産業全体の生産関数を標準的な応用一般均衡モデルに組み込むことにより，原油価格の高騰が産業技術の変化を通して日本経済に与えた影響，代替技術の存在による影響の緩和効果について事後分析を行った．そして，分析の結果，1)原油価格の高騰によって，石油・石炭，電力，基礎素

材型，加工組立型等，多くの産業において，原油を大量に投入する技術からそうでない技術へと技術転換が図られたこと，このとき，2)石油・石炭産業における代替技術の存在が，その関連産業の技術転換にも影響を与えたこと(図5)，さらに，3)こうした産業連関，技術連関を通してその影響は最終需要部門に及び，その後，主力となった代替技術が存在しない場合には，その影響がさらに大きなものとなったこと(図6)などを明らかにした．

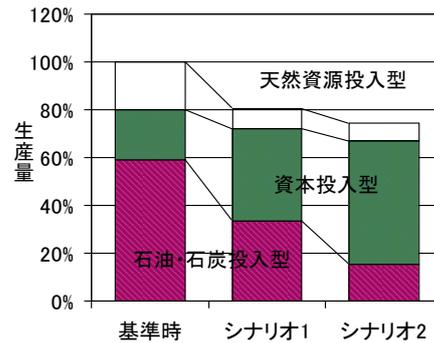


図5 電力産業への影響

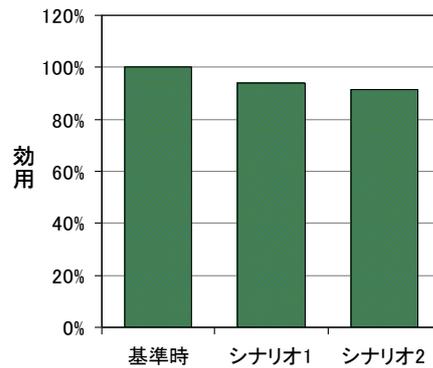


図6 最終需要部門への影響

さらに，バイオマス新技術開発が地域社会に与えるインパクトを把握するための分析手法の提案を行った．このインパクト分析手法の特長は，バイオマス発電部門のような静脈産業での新技術開発が地域社会に与える影響を分析できる点にある．バイオマス発電部門のような静脈産業で新技術が開発されると，化石燃料を利用した既存の電力部門の生産の一部がバイオマス発電部門の生産によって置き換わるだけでなく，バイオマスの需要が増加し，これまで廃棄物として扱われていたバイオマスが有価物として市場取引の対象となる．さらに，これによって新たなバイオマスの生産が始まり，これが関連産業にも影響を及ぼし，地域全体に多くのインパ

クトを与える。本研究で提案したインパクト分析手法では、バイオマス市場を相補性問題として定式化することにより、バイオマスが無価物から有価物に転換する状態を扱うことが可能になった。そして、このインパクト分析手法が岐阜県に適用し、この分析モデルを具体的に作成した。そして、この分析モデルの感度分析を行い、モデルの挙動を確認した。その結果、バイオマス発電部門の発電効率が現状の50%程度まで上昇すると、バイオマス発電が急速に普及する可能性があること(図7)、しかし、発電効率を50%まで上げても、バイオマスを生産する産業へのインパクトは比較的少ないこと、これらの産業にもインパクトを与えるためには、バイオマス発電の発電効率をさらに向上させる必要があること(図8)などを明らかにした。

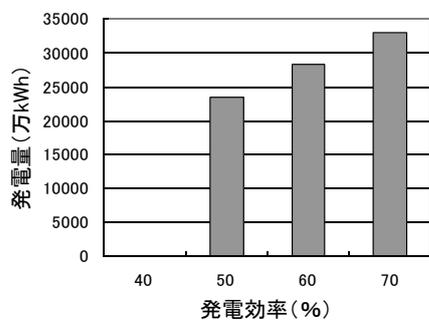


図7 バイオマス発電効率と発電量の変化

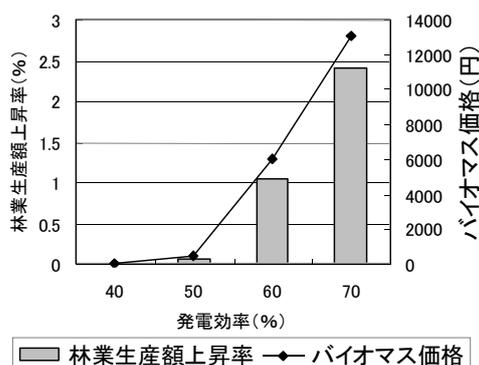


図8 バイオマス価格と林業生産の変化

## 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 4 件)

1) 奥田隆明・鈴木 隆 (2009) : 開発権取引による都市圏中心部の緑化について～名古屋

屋市を対象にして～, 環境システム研究論文集, Vol. 37, pp. 385-394, 査読有.

2) 田畑智博・玄地 裕, 奥田隆明 (2009) : バイオマスエネルギー利活用システムの地域導入に伴う環境負荷削減可能性の評価, 環境システム研究論文集, Vol. 37, pp. 447-453, 査読有.

3) 奥田隆明 (2009) : ランダム効用理論に基づくCES型土地利用モデルの導出, 土木学会論文集D, pp. 493-502, 査読有.

4) 奥田隆明・秀島 聡 (2008) : 原油価格の高騰と産業技術の変化～PMFによる技術の抽出結果から～, 環境システム研究論文集, Vol. 36, pp. 319-326, 査読有.

[学会発表] (計 6 件)

1) Tabata, T. and Okuda, T. : The direct and indirect environmental evaluation of the energy recovery complex from waste and woody biomass, Proceedings of the R' 09 Twin World Congress, CD-ROM, 2009.9.15, Nagoya University.

2) 田畑智博・玄地 裕, 奥田隆明 : 地域における木質バイオマスエネルギー利活用施策の環境負荷削減可能性の評価, 第4回日本LCA学会研究発表会論文集, pp. 240-241, 2009年3月7日, 北九州国際会議場.

3) 大澤翔平・奥田隆明 : 緑地再生のための生態的回廊ポテンシャルの提案, 土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2009年3月3日, 名城大学.

4) 奥田隆明・鈴木 隆 : 開発権取引による都市緑地化の影響分析, 環境経済・政策学会, CD-ROM, 2008年9月28日, 大阪大学.

5) 秀島 聡・奥田隆明 : 複数技術を考慮した生産関数の提案～環境技術の評価に向けて～, 土木学会中部支部研究発表会, CD-ROM, 2008年3月7日, 金沢大学.

6) 奥田隆明・鈴木 隆 : 開発権取引制度の導入による都市緑地化について, 土木計画学研究・講演集, Vol. 35, CD-ROM, 2007年11月23日, 八戸工業大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

奥田 隆明 (OKUDA TAKAAKI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授  
研究者番号 : 40233457

### (2) 研究分担者

田畑 智博 (TABATA TOMOHIRO)

産業技術総合研究所・安全科学研究部門・特別研究員

研究者番号 : 40402482