

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28日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20330048

研究課題名（和文）地球環境問題指向型技術選択を重視した動学的応用一般均衡モデルの開発

研究課題名（英文）Developing Dynamic Applied General Equilibrium Model based on Technological Choice for Global Environment

研究代表者

伴 金美（BAN KANEMI）

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号：30027578

研究成果の概要（和文）：本研究で開発されたモデルは、現時点では採択されていないが、将来採択される可能性のある技術を明示的に採り入れたボトムアップ型技術選択を採り入れている。その結果、新たな低炭素技術の採択の影響を評価できるようになった。さらに、フォーワード・ルッキングを重視した最適成長モデルであることから、地球温暖化を防止するための環境政策の強化を見越し、家計や企業が事前に行動するメカニズムを明らかにすることができるようになった。

研究成果の概要（英文）：The model constructed in this study introduces bottom-up technology choice incorporating new technology that has not yet been adopted, but will be adopted in the future. As a result, we are able to evaluate the possibility of the adoption of new low-carbon technologies. The model is based on the optimal growth model of forward-looking dynamics. Therefore, we are able to evaluate the mechanism where households and businesses prepare in advance in the case of introducing an environmental policy aimed at achieving the prevention of global warming.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
総計	11,400,000	3,420,000	14,820,000

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：動学的一般均衡モデル、地球環境モデル、技術選択モデル、ハイブリッドモデル

1. 研究開始当初の背景

2008年に京都議定書の第一約束期間が始まり、現在では2013年以降のポスト京都の枠組み造りが重要な課題となっていた。2008年から2012年の第一約束期間は、先進工業

国が排出削減義務を負う枠組みであるが、すでに米国とオーストラリアは条約から離脱しており、新たな枠組み造りは困難を極めていた。そのような状況の中で2007年に公表されたIPCC第四次報告書は、2050年までに二酸化炭素排出を半減する必要があること

を明らかにし、2008年の洞爺湖サミットでもその方向での合意造りが始まった。京都議定書は、先進国に限定されているとはいえ、排出量に上限を設けたという点で画期的なものであるが、削減方法については技術よりも価格を中心とした市場メカニズムに依存する色彩が強かった。特に、議定書に盛り込まれた排出権取引やCDM事業は、排出削減費用を各国で均等化する役割を担っているが、このような市場メカニズムを取り入れた削減枠組みを構築できたという点では評価できる。それに至る過程で、環境モデル分析が大きな役割を果たしてきたのは疑う余地がなかった。

環境分析モデルには二つの異なる系譜がある。技術についての詳細な情報に基づくボトムアップモデルと、経済モデルに見られる経済主体の行動原理に基づくトップダウンモデルである。本研究で扱う応用一般均衡モデルは後者に属する。二つの異なるモデルは、環境政策のあり方を議論する上で、これまでも競合モデルとして扱われてきた。ボトムアップモデルとトップダウンモデルの基本的な相違は、前者が、豊富な技術情報に基づいているが経済社会に与える影響を十分に分析できないのに対して、後者は、経済社会に与える影響については十分に分析できるが、技術選択の問題を十分に扱えないといったことにある。2001年に公表されたIPCC第三次報告書は、後者のトップダウン型モデルの成果が大きく取り上げられたが、その背景には、京都議定書が市場メカニズムを重視し、削減手段として排出権取引などを取り入れたことにある。

しかし、2050年までを目標とする場合、技術選択の問題が再び脚光を浴びるのは間違いない。ここで重要なことは、技術選択に関する知識と市場メカニズムがどのように影響するかを明らかにすることであり、その上で、環境政策が技術選択を通して経済社会に対してどのようなフィードバック効果をもたらすかを示すことの必要性が研究開始当初の背景にあった。

2. 研究の目的

これまでの研究における問題の一つは、個々の技術についての情報に乏しいにも関わらず、技術選択を生産関数という包絡線として考えてきたことがあげられる。すなわち、生産要素の相対価格が変化すれば、包絡線上で技術選択が連続的に変化するという仮定である。しかし、二酸化炭素の発生源となるエネルギー技術あるいは発電技術などにおいては、非連続な技術が多く存在する。しかも、社会的には、それらの技術選択についても開発費用の負担を含めて答えを出すこと

が求められるが、この点に対してはボトムアップモデルが優位性を持っている。本研究の目的は、応用一般均衡モデルの中にボトムアップ的な非連続型技術選択の枠組みを取り入れると共に、公共財としての研究開発資源の形成も明示的に扱うことのできるモデルを開発することである。

応用一般均衡モデルにおける非連続な技術選択を扱う例としては、バックストップ技術の導入が上げられる。もしエネルギー価格が一定水準を超えれば、その時点で新たに採択される技術の存在が仮定される。しかし、それを精査すれば、エネルギー以外の生産要素を用いてエネルギーを無限に生産可能な技術の存在が仮定されていることが分かる。その場合、技術アクティビティを見ても、それがどのような技術であるか明らかでないことが多い。多くのモデルにおいて、バックストップ技術の扱いが、技術の内容ではなく、エネルギー価格の上限値をどのように設定するかにある。しかし、バックストップ技術を応用一般均衡モデルに取り入る場合、技術情報についての具体的な知識が重要となるが、それらを明示的に取り入れる先駆的な試みは、Alan and RichelsのMERGEモデルやMITグループのEPPAモデルなどがあるが、エネルギー技術の選択という点では優れているが、技術選択をより一般的な枠組として取り扱うには十分とは言えない。本研究の目的は、バックストップ技術選択のような非連続の技術選択モデルを、技術情報を取り入れて応用一般均衡モデルに取り込むことである。

非連続な技術選択を取り入れるための一つの方法は、生産アクティビティを技術情報に基づいて陽表的に扱うことである。この方法は、ボトムアップ型モデルと同じものであるが、応用一般均衡モデルは技術選択だけでなく、経済社会へのフィードバックも考慮することができる。具体的には、産業ごとに複数のアクティビティの存在を仮定し、市場メカニズムに基づいて非連続型技術選択を取り扱う。

本研究は、2050年を目標とする地球環境問題を、市場メカニズムを通じて技術選択が陽表的に行われる動学的応用一般均衡モデルを構築することで、技術開発による環境問題解決を一般均衡モデルの枠組みで分析することであり、その成果は多くの期待を集めている。特に、技術開発投資は非可逆的な要素を持つことから、Forward Looking型長期モデルによる事前評価が強く望まれるところである。さらに、これまでのボトムアップアプローチとトップダウンアプローチを融合することで、新たな研究領域を創造することも目的に含まれる。

3. 研究の方法

本研究は、2050年を目標とする地球環境問題を、市場メカニズムを通じて技術選択が陽表的に行われる動学的応用一般均衡モデルを構築することで、技術開発による環境問題解決を一般均衡モデルの枠組みで分析することである。そのために、まず応用一般均衡モデルに非連続的な技術選択を陽表的に取り入れる方法を検討し、動学的な視野に基づいて、研究開発投資のような固定費用の存在を考慮したモデル開発を行う。その場合、ボトムアップ型の詳細な代替的技術情報は外部情報として利用しつつ、複数のアクティビティの組み合わせを市場メカニズムに基づいて決定するトップダウン型のモデルを構築する。技術の研究開発に必要となる固定費用は、資本とは別に技術資本として取り扱うが、資本とは異なり、固定費用の存在による収穫通減の性質を持つことから、研究開発によって生じる費用負担については限界原理ではなく、マークアップ方式によるものとする。したがって、研究は次のような段階に沿って実施される。

第一段階は、固定費用を必要とする複数の技術アクティビティを内包する静的応用一般均衡モデルを開発する。当然、応用一般均衡モデルは収穫増型型の不完全競争モデルとして構築される。なお、本研究において複数の技術アクティビティを持つ産業として、電力、鉄鋼、輸送業を取り上げる。その理由は、これらの産業で利用できる代替的な技術は、未採用の技術を含めて、アクティビティの詳細が既知であることが多く、必要な研究開発投資額もこれまでに試算されていることが多い。

第二段階は、研究開発投資を貯蓄・投資の動学的な最適化行動に取り入れ、動学的応用一般均衡モデルを構築し、技術選択のタイミングに焦点をあてて研究する。動学モデルの構築においては、貯蓄・投資の決定について動学的最適技法に基づく Forward Looking 型動学モデルと、貯蓄・投資の決定を各時点の収益率に依存して決める逐次型モデルの二つの方式を併存している。望ましいのは Forward Looking 型であるが、動学的定常均衡の存在が前提となり、それがモデルに対して大きな制約を課す問題がある。それに対して、逐次動学モデルは貯蓄・投資の決定がアドホックであるが、モデルに課される制約は少ない。本研究の申請者は、これまで二つの動学モデルを併存して開発することが、様々な分析に適していると考えている。なお、定常均衡状態を仮定すれば、Forward Looking モデルと逐次動学モデルの標準解は同じとなる。

第一段階と第二段階は日本を対象とする1国モデルであるが、第三段階では、国際的な多国間取引を取り入れた多地域動学的応用一般均衡モデルを構築する。本研究は、2050年を目標とする地球環境問題を、市場メカニズムを通じて技術選択が陽表的に行われる動学的応用一般均衡モデルで分析することであり、研究計画の最終段階である。申請者は、単一の連続型技術アクティビティに基づく多地域動学的応用一般均衡モデルの構築は、GTAP データベースを用いて行っており、詳細な技術情報に基づいて複数の技術アクティビティを取り扱うデータベースの構築が最も大きな作業となる。特に、発電分野における原子力および再生資源の利用技術の国際協力、鉄鋼生産や輸送機器における国際的技術標準の策定、二酸化炭素固定化・貯蔵について国際協調などが求められており、その問題へ取り組みがモデルの構築で最も重要となる。

4. 研究成果

本研究の第一の成果は、ボトムアップ型技術選択モデルをトップダウン型経済モデルに統合したハイブリッド型動学的最適化応用一般均衡モデルを構築したことである。

これまでの応用一般均衡モデルでは、技術選択は生産関数あるいは費用関数に代表されるような連続的に選択できる無数の技術の存在を前提とするトップダウン型技術選択モデルが中心であった。しかし、技術は連続的でなく、有限の離散的な技術からなる。本研究ではその点を重視するボトムアップ型技術選択モデルを取り入れた。対象とした技術は温暖化ガス削減の有力な技術と考えられている太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー発電であり、それを独立したアクティビティとして定式化し、自然エネルギー発電が既存発電技術を代替するに必要な条件について分析した。それによれば、自然エネルギー発電普及のためには、二酸化炭素排出を制約することで二酸化炭素排出に対する価格付けを行うだけでなく、固定買取制度や設置場所の積極的な拡大支援を行わなければ、数量効果による設備費用の低減と普及のさらなる促進の好循環サイクルが働かないことが明らかにされた。

さらに、ボトムアップ技術選択モデルとトップダウン型経済モデルを採り入れたハイブリッド型応用一般均衡モデルの構築は、エネルギー・環境政策のあり方を評価するツールとしても有用であることを立証した。具体的には、福島第1原子力発電所事故により、日本のエネルギー・環境政策を根本から見直す必要に迫られているが、原子力エネルギーに代わるものとして火力発電があるが、二酸

化炭素排出の増加につながることから、二酸化炭素削減を目標とする国際社会に対する公約遵守とも背反することとなる。それに対して、今回開発された応用一般均衡モデルは、風力や太陽光などの再生可能エネルギーの重要性に鑑み、利用可能な技術として明示的に採り入れられており、再生可能エネルギーを普及させるための政策、例えば、全量買い取り制度の創設が再生可能エネルギーの普及にどれだけ貢献するか、それが日本経済に対してどのような影響を与えるかを評価することができた。さらに、将来有望視される二酸化炭素回収・貯留技術についてもモデルに採り入れており、2030年代後半からの利用可能性を明らかにされている。もちろん、これら低炭素社会を実現するための技術が採択されるには、炭素排出に価格付けをすることが必要となるが、開発されたモデルを使うことで、そのための限界削減費用を試算することができている。研究結果によれば、二酸化炭素の削減費用は、これまで考えられていた水準よりも低く、原子力への依存を段階的に縮小しても、低炭素社会の実現の可能性の高いことが明らかにされている。

本研究の第二の成果は、非連続的な新技術導入プロセスを陽表的に取り入れた動学的応用一般均衡モデルを世界的な枠組みに拡張したことである。GTAP データを 8 地域・15 部門に再編して社会会計表を作成し、動学的最適化応用一般均衡モデルを作成した。このモデルを用いることで、コペンハーゲン合意に基づく 2020 年における各国の削減目標を入れた分析を行った結果、(1) 削減目標を持つ国・地域の二酸化炭素排出量が 15 億 7 千万トン減少するのに対し、削減目標を持たない国・地域の同増加量が 1 億 6 千万トン増加し、炭素リーケージは 10%にとどまり、世界全体の削減に寄与することができる、(2) 日本の削減目標である 1990 年比 25%を日本国内で全量削減する場合、2020 年の GDP は 1.4%の減少にとどまり、産業別に見れば、鉄鋼の生産が 10%低下するが、機械機器・輸送機器の生産に対する影響は軽微である、(3) 日本と中国が二国間クレジットで 10%削減すれば、両国の GDP にプラスの効果をもたらす、(4) 再生可能エネルギーの普及は、二酸化炭素削減と産業の活性化にとって有効である、が明らかにされた。

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 14 件)

- ① 伴金美, CO2 削減における日本と中国の役割:世界モデルによる分析、内閣府経

済社会総合研究所 ESRI Discussion Paper Series、査読有、266 号(2011)、1-28.

- ② 伴金美, 経済モデルによる環境政策の影響評価、季刊環境研究、査読有、161 号(2011)、135-141.
- ③ 武田史郎、川崎泰史、落合勝昭、伴金美、日本経済研究センターCGE モデルによる CO2 削減中期目標の分析、環境経済・政策研究、査読有、3 巻(2010)、31-42.
- ④ 爲近英恵、伴金美、排出取引と CDM 事業 -供給独占への日本の対応、日本経済研究、査読有、60 号(2009)、1-18.
- ⑤ 岡川梓、伴金美、炭素集約産業への負担軽減をとらなう国内排出削減制度、計画行政、査読有、31 巻(2008)、72-78.

〔学会発表〕(計 13 件)

- ① 伴金美, Forward Looking 型 CGE モデル:25%削減の経済・産業への影響、環境経済・政策学会、2010.9.11、名古屋大学.
- ② BAN KANEMI, Energy and Environmental Cooperation among Japan, Korea and China, ESRI workshop in Beijing, 2009.12.6, Hotel New Ohtani. China.
- ③ BAN KANEMI, Energy and Environmental Cooperation among Japan, Korea and China, Side event: Japan-Netherlands Energy transition meeting in Energy Delta Convention 2008, 2008.11.19, Groningen Convention Center, The Netherlands.
- ④ BAN KANEMI, Energy and Environmental Cooperation among Japan, Korea and China, The 13th International Conference of The Korean Economic Association on Leap-off Strategy for Global Korea, 2008.8.13, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伴金美 (BAN KANEMI)

大阪大学・大学院経済学研究科・教授

研究者番号: 30027578