

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19530208

研究課題名（和文）環境保全投資の最適なタイミングに関する研究

研究課題名（英文）Study on the optimal timing of investment in environmental protection

研究代表者

藤田 敏之（FUJITA Toshiyuki）

九州大学・大学院経済学研究院・准教授

研究者番号：30297618

研究成果の概要：汚染物質削減政策の決定における投資の不可逆性の影響をリアル・オプションのゲームモデルを用いて検証した結果、投資の不可逆性は最適な政策実施を遅らせる効果をもち、この効果は不確実性の度合いが増すにつれて大きくなることが示された。さらに各国が他国の削減にただ乗りをしようとするインセンティブが働き、非協力解での政策実施のタイミングは協力解に比べてさらに遅くなった。結論として、現在大きな議論の対象になっている気候変動など不確実性の大きな問題については、政府は社会の変革をとまなうような不可逆性の強い政策の実施には慎重になるべきであることと、効率的な削減を行うためにはただ乗りを防止する政策が重要であることが明らかになった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	700,000	210,000	910,000
2008 年度	800,000	240,000	1040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1500,000	450,000	1950,000

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：地球環境問題，不確実性下の意思決定，不可逆性，環境保全投資，リアル・オプション，ゲーム理論

1. 研究開始当初の背景

(1) 不確実性と不可逆性

環境問題に対する規制政策を困難にする要因の1つとして不確実性があげられる。被害の規模が不確実であることにより、最適な汚染削減の規模が現時点ではわからない。経済活動と汚染排出の関係、汚染蓄積のプロセ

スなども不確実である。このような状況の下、環境政策に関する動学的な費用便益分析において政策実施のタイミング、つまり汚染物質削減をどの時期にすべきかが近年議論の対象となっている。米国が2001年に京都議定書からの離脱を表明した理由の1つにも、地球温暖化の被害が不確実であることが掲

げられている。

不確実性下での意思決定に重要な役割を果たすのが不可逆性である。ある意思決定が将来利用可能な意思決定の選択の幅を著しく減少させる場合、それは不可逆的であるといわれる。不可逆性は不確実な状況での意思決定において重要な役割を果たす。環境問題においてしばしば議論される不可逆性には、主に汚染物質排出に関する不可逆性、環境保全のための投資に関する不可逆性という2種類がある。

(2) 2種類の不可逆性

排出の不可逆性は、排出される汚染物質を回収することができないことを意味する。自然の浄化作用によってある程度の割合は吸収されるであろうが、その能力には限りがある。ストック性（蓄積性）汚染物質を自然能力以上に大気中から削減することは莫大な費用をとめない、政策のオプションとして現実的ではない。したがって1回大気中に排出された汚染排出という行為を取り消すことはできない。この要素を考慮すると、手遅れにならないうちに対策をとるべきであるという予防原則にもとづいて現在の積極的な汚染削減が支持されることになる。

投資の不可逆性は、汚染削減投資に用いられる資源は他の用途では利用できないことを意味する。工場の設備を省エネルギー型のものに更新したり、発電所に脱硫装置を取り付けたりという投資は不可逆的であり、削減投資費用のかなりの部分がサunk・コストとなる。この要素を考慮すると、無駄な投資を避けるために現在は汚染物質を過剰に削減せずに科学的知見が蓄積して被害に関する情報が明らかになってから然るべき対策をとるといふ政策が望ましいといえる。

(3) 先行研究

Kolstad (1996) (*Journal of Public Economics* に掲載) は一般的な2期間汚染管理モデルを記述し、第1期と第2期に学習が起ることを仮定したときに、蓄積と投資の不可逆性が現在の汚染削減の決定に対して逆方向の作用を及ぼすことを論じた。さらにKolstadは同年に発表された別の論文 (*Journal of Environmental Economics and Management* に掲載) では3期学習モデルのシミュレーションによって、投資の不可逆性のほうが排出の不可逆性よりも大きな影響を与えることを示し、急いで恒久的な環境対策をとることの危険性を強調した。

Pindyck (2000, 2002) (それぞれ *Resource and Energy Economics*, *Journal of Economic Dynamics and Control*) による先行研究では環境被害、汚染物質蓄積過程が不確実性をもつときに、不可逆性をともなう環境保全投資が

行われる状況がリアル・オプションによる最適停止モデルとして記述され、関数の形を特定化した計算がなされている。

リアル・オプションとは、金融工学で使われるオプション価格づけ理論を金融以外に応用したもので、将来の利益が不確実であるような投資の価値を求める手法である。

Pindyck はさまざまな仮定のもとで幅広く最適な政策を分析し、投資の不可逆性が最適な削減のタイミングを遅らせることを示した。排出の不可逆性が最適な削減のタイミングを早めることも示されるが、Pindyck (2000, 2002) の分析は投資の不可逆性に焦点を当てており、排出の不可逆性についてはあまりふれられていない。Pindyck (2000) は被害、蓄積過程の不確実性を別々に扱っているが、Pindyck (2002) では、それら両方を同時に考慮したモデルが構築されている。

2. 研究の目的

本研究では、各国をプレイヤーとしたリアル・オプションのゲームモデルを構築して戦略的要素が各国の不可逆的な環境保全投資決定に与える影響を分析することを目的とする。不確実性と環境政策に関する先行研究のほとんどは時間的要素を考慮しない静学的な分析である。また上述のPindyckのモデルには動学的要素が含まれているが、モデルにおける意思決定主体の数は1であり（つまり世界全体を1つの主体とみなしている）、現実の世界を記述するモデルとしては不十分であるといわざるを得ない。

本研究では以上の背景を踏まえて、研究代表者の予備的研究を拡張し、他の関数形の場合、不確実なパラメータについての情報が国ごとに異なる非対称情報の場合などを分析することによってより一般的な結論を得ることを目指すとともに、ゲーム理論的リアル・オプションの理解につとめ、より良い方法論や新たな解の概念を模索する。さらに本研究のモデルをさまざまな環境政策の意思決定支援ツールとして用い、地球環境問題など大きな不確実性・不可逆性をもつ問題に対する有効な政策提言をすることを最終的な目標とする。

3. 研究の方法

(1) 平成19年度

研究代表者が過去に行った研究を統一的枠組でとらえ直すことを目的として、研究課題を整理する。環境問題関連の図書を購入手、さまざまな環境政策について実情の分析と把握につとめる。国内外の論文、著書を検索して類似研究の進行状況をサーベイする。本研究のテーマは世界的には大きな注目を集

めており、新しい論文が次々と発表されている状況であることから、しっかりとしたサーベイを行うことが重要である。

(2) 平成 20 年度

ゲーム理論やリアル・オプションに関する最先端の文献を読み、新しい分析手法を検討する。それらを参考に、新しい方法論を提案・吟味し、自分の過去の研究も含めた既存の環境投資モデルを発展・拡張する作業を行う。それらと並行して現状を正確に理解するために、環境保全投資に関する最新の詳細なデータを収集する。

研究成果は環境経済・政策学会や日本経済学会、九州大学内や周辺での研究会、ワークショップで発表し、他の研究者の意見、批評を仰ぐ。また国際的に評価の高い学術雑誌に研究成果を投稿する。研究成果についてはできる限り九州大学のホームページ上で公開し、広範囲の研究者の利用に供する。

研究代表者が担当している大学院博士課程や修士課程の講義でも本研究課題を題材の1つとし、自分の教育活動とも関連付けることも考える。

4. 研究成果

(1) 平成 19 年度の成果

〔図書〕は環境経済学および資源経済学の標準的な内容を網羅した大学上級レベルのテキストであり、研究代表者が執筆を担当した第 14 章「地球温暖化問題」においては、環境経済学の立場から地球温暖化（気候変動）のメカニズムや社会に与える影響に始まり、温暖化問題の経済学的性質、温暖化防止に向けての国際的取組および経済的手段、温暖化対策の経済的影響を評価するためのモデルおよびシミュレーション結果の考察などさまざまなトピックスについての包括的な解説を行っているが、地球温暖化問題の経済学的性質を説明する節において温暖化対策における不確実性、不可逆性の役割を正しく評価することが今後重要になるであろうことを強調した。

その他、平成 19 年度には文献の精査、方法論の吟味につとめ、モデル構築の準備を行った。

(2) 平成 20 年度の成果

日本オペレーションズ・リサーチ学会九州支部での発表〔学会発表〕においては、Pindyck (2000)、Wirl (2007) (*Resource and Energy Economics*) などの先行研究を拡張して、一般化した枠組で不確実性、不可逆性の有無によって分類される 4 通りの場合について最適なタイミングを比較した。モデルにおいては環境汚染の被害パラメーターが不確

実性をもち、投資は完全に不可逆的で汚染削減のための投資費用がサUNK・コストになるという仮定をおいている。

最適な決定は、不確実な被害パラメーターがある値（臨界値）を超えたときに排出量を 0 にするというものである。不確実性が存在しない場合、投資が可逆的であっても不可逆的であっても臨界値は同じであった。しかし不確実性が存在する場合には、不可逆性の影響があり、投資が不可逆的であるときの臨界値が大きいうという結果を得た。つまり投資の不可逆性は臨界値を上昇させる効果をもつが、この影響は不確実性に依存する。現在大きな議論の対象になっている気候変動など不確実性の大きな問題については、政府は社会の変革をとまなうような不可逆性の強い政策の実施には慎重になるべきであるという示唆が得られる。

南京大学での国際シンポジウム (Sixth International Symposium on Multinational Business Management) における発表〔学会発表〕では汚染物質削減政策の決定における投資の不可逆性の役割をリアル・オプションのゲームモデルの枠組みで検証した。これは前掲の Pindyck (2000) をはじめ、Ohyama and Tsujimura (2006) (*Environmental and Resource Economics*)、Wirl (2008) (*Journal of Public Economic Theory*) などを拡張したものになっている。被害は汚染物質蓄積量の線形関数であり、削減投資にかかる費用は削減量の線形関数であることを仮定した。削減費用が異なる 2 つの国が削減投資決定を行うゲームモデルを記述し、非協力解 (Nash 均衡)、Pareto 効率的な協力解を求めた。

各国の最適な決定は、世界全体を 1 つの意思決定主体としたモデルのときと同様に、不確実な被害パラメーターが臨界値を超えたときに排出量を 0 にするというものである。投資の不可逆性は臨界値を上昇させる効果をもち、この効果は不確実性の度合いが増すにつれて大きくなる。さらに非協力解と協力解の間には乖離がみられ、非協力解での臨界値が高くなった。これは、各国が他国の削減にただ乗りをしようとするインセンティブが働くからである。

以上の分析により、不可逆性が存在するときには、不確実性の度合いが増すにつれて社会が不可逆的な投資を行うことに慎重になるべきであること、効率的な削減を行うためにはただ乗りを防止する政策が重要であることが明らかになった。論文においては簡単な数値例を用いて、非協力解と協力解の乖離と各国の厚生を比較を図示した。

〔図書〕は南京大学シンポジウムのプロシーディング（予稿集）であり、研究代表者がシンポジウムで報告した論文が掲載されている。したがってその内容は〔学会発表〕

と重複しているので、本成果報告書では割愛する。

平成 20 年度に得られた研究成果を国際学術雑誌に投稿中であるが、現在のところ査読が終わっておらず、結果を待っている状況である。

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)

[学会発表](計2件)

Toshiyuki Fujita (2008), "Game of Pollution Reduction Investment under Uncertainty," Sixth International Symposium on Multinational Business Management, June 7, 2008, Nanjing University, Nanjing, China.

藤田敏之(2008)「汚染削減投資のタイミングと不可逆性」日本オペレーションズ・リサーチ学会九州支部平成 20 年度第 1 回講演会・研究会, 2008 年 5 月 17 日, 九州大学。

[図書](計2件)

Toshiyuki Fujita (2008), "Game of Pollution Reduction Investment under Uncertainty, in (ed.) S. Zhao, *Enterprise Management and Change in a Transitional Economy*, Nanjing University Press, pp. 661-669.

藤田敏之(2007)「地球温暖化問題」時政勳・藪田雅弘・今泉博国・有吉範敏編『環境と資源の経済学』第 14 章, 勁草書房, pp. 289-309。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田敏之(FUJITA Toshiyuki)

九州大学・大学院経済学研究院・准教授

研究者番号: 30297618

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: