

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K03438

研究課題名(和文) 環境技術に関する国際協定の有効性のゲーム理論的分析

研究課題名(英文) Game analyses of the effectiveness of international agreements on environmental technology

研究代表者

藤田 敏之 (Fujita, Toshiyuki)

九州大学・経済学研究院・教授

研究者番号：30297618

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：環境技術に関する国際協定について以下の2つの研究成果を得た。第1に、技術採択の便益が不確実であるとき、不確実性の解消が国々の技術採択決定より前に生じるケースと、後に生じるケースを比較したところ、後者のほうが技術採択国数、社会厚生などの面で望ましい結果を導くという結果を得た。第2に、1つの先進国と1つの途上国の間で行われる技術協力をシンプルな非協力ゲームの枠組みでモデル化し、ある条件のもとで技術協力が両国の汚染削減量を増加させ、総厚生を高めるという結果を得た。

研究成果の概要(英文)：We obtain following two results on international agreements concerning environmental technology. Firstly, we assume that the benefit from technology adoption is uncertain and that the uncertainty will be eliminated by learning in a certain period in the future. By comparing the case where the learning occurs before signatory countries make decisions on technology adoption with the case where the learning occurs after they do, we reveal that the latter case leads to socially desirable outcomes. Secondly, we model pollution abatement games between a developed country and a developing country and examine how the equilibrium changes with international technological aid. We find that under certain condition, both countries abate more with the introduction of a positive support ratio than in the base case and the total payoff increases.

研究分野：環境経済学

キーワード：国際環境協定 環境技術 自己拘束性 提携形成ゲーム

1. 研究開始当初の背景

国境を越えるさまざまな環境問題が顕在化しており、その対策が急務となっている。1つの国内の環境問題については、政府など明確な規制当局が存在し、直接規制や汚染排出税、排出量取引といった政策を施行することができるが、複数の国が関与する地球環境問題の解決に向けては国家間の自主的な交渉が不可欠である。国際環境協定とは、国家間の交渉によって決定される各国の環境保全政策に関する取り決めおよび必要に応じてそれに付け加えられるルールのことを指す。

すべての国が適切な汚染物質削減を行うことを定めた協定が締結され、各国がそれに加盟し協定の内容を遵守する状況が望ましいが、汚染削減には一定の費用がかかる。そして1つの国の汚染削減の便益は複数の国に及ぶので、自分では汚染削減をせずに、他国の汚染削減に「ただ乗り」をするインセンティブが一部の国に生じ、そのために協定に参加しないという事態がしばしば生じる。

どの国もただ乗りに対するインセンティブをもたないような協定を安定的(stable)、または自己拘束的(self-enforcing)であるという。言い換えれば安定な国際環境協定とは、すべての国にとって協定に参加するという選択が国益の追求と矛盾せず、したがってすべての国が他からの強制なしに参加するような協定である。ただ乗りを防止して多くの国による安定な協定を実現するためのルールづくりが望まれる。

協定が汚染削減量のみを規定するもので何の追加的ルールも存在しない場合、安定な協定のサイズは極端に小さいことが知られている(Carraro and Siniscalco, 1993; Barrett, 1994; Diamantoudi and Sartzetakis, 2006 など)。たとえば同一の状況にある対称な国同士のゲームの場合、各国の汚染削減費用が削減量の凸関数で、汚染被害が汚染排出量に比例する場合、高々3つの国からなる協定しか安定的になりえないことが証明される。4つ以上の国の場合、個別の国は他の国が協定にとどまるという前提のもとで自分が協定に参加しないほうが高い利得を得られるので、協定に参加しないという行動を選択してしまう。国の立場がそれぞれ異なる非対称ケースの結果も対称ケースとほぼ同様であり、安定な国際環境協定のサイズは小さいという悲観的な結論が得られる。

そこで協定の内容に関する追加的ルールが必要となる。まず協定を遵守しない国に対して重いペナルティを課すというものが考えられるが、どの主体がどのような権限で主権国家に罰金などを課することができるのかについては疑問が残る。協定から抜けるインセンティブをもつ国に対し、協定にとどまることの見返りにいくらかの資金を譲渡する所得移転ルールも考えられる(Barrett, 2001)。これは非対称ケースでは有効なように思え

るが、実際のところうまく機能しない。その理由は資金を譲渡するにしてもその原資が問題となることであり、支払いをするようになった国が今度は協定から抜けてしまう事態が危惧される(Fujita, 2006)。現在のところある程度有望なのは所得移転スキームと、一部の国における部分的協定は認めないというルールを組み合わせた制度である(Chander and Tulkens, 1997)。つまり1つの国が抜けると、協定は即解散ということになり、この制度の下ではどの国も協定を離脱するインセンティブをもたない。ただしこの仮定は現実性に乏しく、解散という脅しに信憑性がないことが問題である。

2. 研究の目的

研究代表者が予備的に行ってきた研究の成果を活かしつつ、削減量に焦点をあてた協定がうまく機能しない現状をふまえ、汚染削減費用を低減させる環境技術に関する国際協定に着目する。技術開発投資によって汚染削減費用が低減するという仮定のもとで、協定への加盟国が話し合いにより投資水準および新技術を採用するかどうかの決定を行う場合に、協定が社会厚生に与える影響を考察する。

この分野における先行研究は以下のようになる。Barrett (2006)は技術が収穫逓増のときのみ、すべての国が技術を採用する状況が均衡によって導かれることを示した。Hoel and de Zeeuw (2010)は Barrett モデルを拡張して技術採択費用が研究開発投資によって変化する状況を分析し、技術が収穫逓増でなくても協定が有効であることを示した。具体的に彼らは協定加盟国が協定を解散させるオプションをもつことを仮定すると、協定が存在しないケースの解である非協力均衡からの厚生改善がなされることを示している。

研究代表者の研究成果としては、大学院学生との共著論文 Kajita and Fujita (2014a, 2014b)がある。Kajita and Fujita (2014a)では、Hoel and de Zeeuw の枠組みで技術採択の意思決定方式を変える場合、解散のオプションを考慮しなくても協定によってすべての国が技術を採用することと、協定が非協力均衡より高い厚生をもたらすことを示した。Kajita and Fujita (2014b)では収穫逓増の技術を想定し、1国の技術投資の額が一定であるという仮定の下で、投資額が協定の有効性にもたらす影響を分析した。その結果、投資額がある程度低い場合には協定によって社会厚生が改善することが示された。

以上のように当該分野において一定の成果が実現されているが、本研究課題では、これまでの研究成果をふまえ、プレイヤーとなる国の非対称性、環境被害の不可逆性、投資の不確実性といった要素を付け加えて、より現実的な枠組みで帰結を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

これまでのところ、Kajita and Fujita (2014a)において先行研究での仮定に工夫を加えることによって、加盟国による十分な研究開発投資がなされ、すべての国が新技術を採用して協定が存在しない場合の均衡よりも社会厚生が改善する均衡が存在することを示した。さらに Kajita and Fujita (2014b)においては分析対象を収穫逓増な技術に限定し、R&D 投資費用が協定の帰結にもたらす影響の考察を行った。その結果、均衡における協定サイズはR&D 投資費用投資額に依存することと、それがある程度低い場合には協定によって社会厚生が改善することが示された。

一連の研究をすすめるなかで、考慮すべき重要な要素がいくつか認識された。第1の要素は国の非対称性である。これまでの研究では各国が同一のプレイヤーであることが仮定されているが、環境協定がうまくいかない原因はそれぞれの国のおかれた立場が異なることであるといわれている。そのためプレイヤーを先進国と新興国の2つのグループに分けて所得移転ルールを考慮したモデルを構築する。

第2の要素は投資の不確実性である。環境技術開発投資が成功するかどうかは不確実である。このリスクを明示的にモデルに組み込むことによって、既存の技術に関する協定と現在研究開発段階にある技術に関する協定のいずれがより効果的に働くのかを明らかにする。

第3の要素は被害の不可逆性である。ある一定の排出量（閾値）を超えると不可逆的な環境被害（カタストロフィー）が起こる可能性があるという仮定において分析を行う。新技術の開発に成功した場合はカタストロフィーを回避でき、失敗した場合は回避できないようなモデルを構築し、不可逆的被害の存在が協定に与える影響を考察する。

4. 研究成果

(1) 平成27年度の成果

第1のテーマについての論文を完成させ、第21回欧州環境資源経済学会年次大会において発表を行った（「5. 主な発表論文等」における学会発表）。この論文の内容は以下のようにまとめられる。技術採択の便益が不確実である場合の国際技術協定の効果を分析し、不確実性の解消が技術採択の決定を行うより前に生じるケース（これを「学習ケース」とよぶ）と、後に生じるケース（「学習なしケース」とよぶ）を比較した。理論的分析によって、学習なしケースのほうが技術採択国数、社会厚生などの面で望ましい結果を導くという結果が導出され、不確実性が残る状況での協力が一定の合理性をもつことが示された。

また図書は一般向け啓蒙書の1つの章であり、越境汚染問題の事例紹介を行うとともに問題の発生メカニズム、対策についてゲ

ーム理論の枠組みで平易に論じたものであるが、そのなかで国際技術協定の研究成果についても言及している。

(2) 平成28年度の成果

第1のテーマで前年度に執筆した論文にさらに検討を加え、国内学会での報告を行った（学会発表）。

また第2のテーマでの研究を進め、1つの先進国と1つの途上国の間で行われる2国間クレジット制度に類似した技術協力をシンプルな非協力ゲームの枠組みでモデル化し、クレジット認証率が十分大きい場合に技術協力が両国の総厚生を高めるといった結果などを得た。

著書は本課題が採択される前になされた研究がベースとなつてまとめられたものであるが、本課題と深い関係をもつ業績である。その概要は以下になる。一定の採択費用減少をもたらすのに必要なR&D費用が国際技術協定に及ぼす影響を分析し、協定加盟国数はR&D費用が低いときと高いときに大きく、いわゆるU字型の関数となること、協定が有効となるためのR&D費用の上限が存在すること、協定が有効である場合にすべての国が新技術を採択することが示された。

(3) 平成29年度の成果

第2のテーマについて昨年度に得られた結果をまとめて論文にした（図書）。

第3のテーマについての研究に着手し、閾値を超えないことが効率的である場合に、国際協定の存在によって効率的な均衡が現れるという結果を得た先行研究の拡張を行っており、近いうちに論文にまとめる予定である。

<引用文献>

- Barrett, S. (1994), "Self-enforcing international environmental agreements," *Oxford Economic Papers*, **46**, 878-894.
- Barrett, S. (2001), "International cooperation for sale," *European Economic Review*, **45**, 1835-1850.
- Barrett, S. (2006), "Climate Treaties and "Breakthrough" Technologies," *AER Papers and Proceedings*, **96**, 22-25.
- Carraro, C. and D. Siniscalco (1993), "Strategies for the international protection of the environment," *Journal of Public Economics*, **52**, 309-328.
- Chander, P. and H. Tulkens (1997), "The core of an economy with multilateral environmental externalities," *International Journal of Game Theory*, **26**, pp. 379-401.
- Diamantoudi, E. and E.S. Sartzetakis (2006), "Stable international environmental agreements: An analytical approach," *Journal of Public Economic Theory*, **8**, 247-263.
- Fujita, T. (2006), "A comment on "International

cooperation for sale”,” *Economics Bulletin*, **8**, 1-7.

Hoel, M. and A. de Zeeuw (2010), “Can a Focus on Breakthrough Technologies Improve the Performance of International Environmental Agreements?,” *Environmental and Resource Economics*, **47**, 395-406.

Kajita, C. and T. Fujita (2014a), “International environmental agreements regarding R&D for abatement cost reduction,” The 4th Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics, Busan, South Korea, February 2014.

Kajita, C. and T. Fujita (2014b), “Impact of R&D investment costs on environmental improvement technology agreements,” The 5th World Congress of Environmental and Resource Economists, Istanbul Lutfi Kirdar Convention & Exhibition Centre, Istanbul, Turkey, June 2014.

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)

Kajita, Chisa and Toshiyuki Fujita (2016), “The impacts of learning on international technology agreements for climate change mitigation,” Proceeding of the 6th Congress of the East Asian Association of Environmental and Resource Economics, Kyushu Sangyo University, Fukuoka, Japan, August 2016.

Kajita, Chisa and Toshiyuki Fujita (2015), “International technology agreements with the uncertainty of R&D,” Proceedings of the 21st Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, University of Helsinki, Helsinki, Finland, June 2015.

[図書] (計 3 件)

Fujita, Toshiyuki (2017), “Bilateral cooperation for transboundary pollution problems,” in (eds.) T. Naito, W. Lee, Y. Ouchida, *Applied Approach to Societal Institutions and Economics: Essays in Honor of Moriki Hosoe*, Springer: Singapore, Chap. 18, pp. 243-252.

Kajita, Chisa and Toshiyuki Fujita (2017), “The effectiveness of international technology agreements for environmental issues: the impacts of R&D costs,” in (eds.) O. Kayalica, S. Cagatay, and H. Mihci, *Economics of International Environmental Agreements: A Critical Approach*, Routledge: UK, Chap. 10, pp. 187-203.

藤田敏之 (2015) 「越境汚染制御の理論と政策」大沼あゆみ・岸本充生編 『汚染とリス

クを制御する (シリーズ環境政策の新地平 第 6 巻)』 第 5 章 , 岩波書店 , pp. 101-120 .

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・教授

研究者番号 : 30297618