

平成 30 年 9 月 3 日現在

機関番号：84307

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2017

課題番号：23730265

研究課題名(和文) 環境技術協力に関する国際協定が地球温暖化防止への国際協調に与える影響

研究課題名(英文) The impact of international technology-oriented agreement on the international climate coalition

研究代表者

長島 美由紀 (Nagashima, Miyuki)

公益財団法人地球環境産業技術研究機構・その他部局等・主任研究員

研究者番号：50594355

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：技術協力協定下の提携安定性分析に関する先行研究のサーベイを行い、研究代表者が実施した削減合意下の技術のスピルオーバーによる効果の研究並びに内生的技術成長を分析した研究との結果の相違を検討する。また、先行研究により提携の安定性分析の定量評価は、使用するモデルに依存することが指摘されている。そこで、この課題を明らかにするために、気候変動対策に関する提携の安定性分析を定量的に分析している研究者と連携し、評価モデル間で結果の違いを検討するために国際モデル比較分析を行った。

研究成果の概要(英文)：We conducted a comprehensive literature review regarding the impact of international technology-oriented agreement as an alternative to international agreement on greenhouse gas (GHG) emission reductions. Then, we compare those implications obtained from literature with our studies which assume international cooperation on GHG emission reductions. As previous studies suggested, results from empirical analysis of stability of climate coalitions highly depend on the numerical models used. Therefore, we joined the international project of model comparison in which internationally renowned five institutions participated in order to identify robust results concerning the incentives of different nations to join the climate agreement.

研究分野：応用経済学

キーワード：応用ゲーム理論 気候変動問題 国際研究者交流 オランダ

1. 研究開始当初の背景

2009年12月に開催された国連気候変動枠組み条約の第15回締約国会議(COP15)で見られたように、温暖化問題が非常に複雑な問題になっている中で国際的な排出削減目標への合意を目指す枠組みの下では締約国による全会一致が相当困難であることが明らかになった。削減に関する全体合意が難しい現状を考慮すると、削減合意と代替する枠組みの構築について検討が必要となる。

2. 研究の目的

温室効果ガス排出削減を目的とした環境協定への参加インセンティブに関する分析は広く行われてきたが、参加インセンティブを高めると考えられている環境技術協力を目的とした協定に関する分析は僅かであり、分析内容も限定されている。したがって、本研究では、温室効果ガス削減に関する合意の代替案となる技術協力中心の枠組みの可能性について検討する。

また、先行研究から提携の安定性分析の定量評価は使用するモデルに依存することが指摘されている。そのため、主要なモデル間での想定の違いを明らかにする。

3. 研究の方法

(1)技術協力に関する協定の提携安定性分析を行っている先行研究のサーベイを行い、研究代表者が実施した技術のスピルオーバーによる効果を分析した研究(Nagashima and Dellink 2008)、並びに内生的技術成長を分析した研究(Nagashima et al. 2011)との結果の比較を行う。これまで研究代表者が実施した上記2つの分析は、技術協力の協定ではなく削減に関する合意を想定しており、締約国間の技術のスピルオーバーや内生的技術成長が協調提携に与える影響を定量的に分析している。研究代表者が使用したSTACO(Stability of coalitions)モデルは、排出量削減による各国の便益及び費用に関する詳細な情報を持ち、全ての提携構造における各国の合意への参加インセンティブを費用便益分析によって算出することが可能である。

(2)気候変動対策に関する提携の安定性分析を定量的に分析している研究者と連携し、分析モデル間で結果の違いを検討するために国際モデル比較分析を行った。具体的には、ポツダム気候影響研究所(PIK)のMICAモデル、FEEMのWITCHモデル、ルーヴァン・カトリック大のCWSモデル、Wageningen大のSTACOモデル、NY州立大のRICEモデル間の比較分析をPIKのKai Lessmann研究員の主導の下で実施した。モデル比較分析の目的及び貢献は、各モデルの費用便益の仮定がどのように協調インセンティブ構造に影響を与えるかを考察、頑健性のある結果の把握、協調の失敗に関する理解を深め、協調を促

進する資金移転を明らかにすることである。その際、研究代表者が分析で用いる定量モデルは前述のSTACOモデルである。

提携の安定性分析では、2段階ゲームアプローチをとる。第1段階では、各国が提携に入るか否かを同時決定する。第2段階で、各国は削減レベルを決定する。提携メンバーは提携全体の利得(厚生)を最大にし、非提携メンバーは自己の利得(厚生)を最大化する。提携メンバー間のみで資金移転スキーム等を適用する。第2段階の結果を予想して第1段階の行動が定められる。そして各提携の安定性が検討される。

提携の安定性の概念は以下の通りとする(d'Aspremont and Gabszewicz 1986)。安定的な提携は以下の内部安定性と外部安定性の条件を満たさなければならない。

内部安定性(IS):提携メンバーは提携から離脱するインセンティブがない。

外部安定性(ES):非提携メンバーは提携に参加するインセンティブがない。

また、協調のドライバーを考察するため、以下の概念を利用する。

潜在的な内部安定性(PIS):提携全体の利得は各国がそれぞれ離脱した場合に得られる利得の合計よりも大きい。この条件下では各国は少なくとも離脱した際の利得を確保することが可能である(あとは提携内での利得の移転をうまくすれば内部安定性は保たれる)。したがって、インセンティブ構造を反映した移転スキームとなる。

各モデルの特徴について、STACOモデルでは各国の利得は地域の便益から削減費用を引いたものとして表される。一方、他の4つのモデルではラムゼータイプの最適成長モデルを通じて(貯蓄行動と削減行動が内生的に決定)利得が決まる。その他、分析対象期間及び時間選好割引率等の想定もモデル間で異なる。

4. 研究成果

(1)最初に、技術協力に関する協定の提携の安定性分析に関する先行研究から得られた知見は次の通りである。Lessmann and Edenhofer (2010)は削減合意の下での技術のスピルオーバーによる効果は定量モデルによって結果が異なることを指摘している。その理由としてスピルオーバーの想定及びパラメータの定量モデル間での違いが挙げられるが、更に技術スピルオーバーが生産性に寄与するか(Butteon and Carraro 1997)あるいは、削減費用に寄与する(Nagashima and Dellink 2008)かの違いが結果の違いをもたらす可能性があるとして指摘している。概して前者はスピルオーバーが安定的な提携のサイズに与える正の影響が大きく(全体提携が安定的になる場合もあり)、一方で後者はスピルオーバーが安定的な提携のサイズに与える影響は限定的であると結論づけている。

また、El-Sayed and Rubio (2014)は、削

減合意ではなく技術開発に関する国際協定における提携の安定性分析を理論的側面から分析している。技術協定における3段階ゲームアプローチをとり、第1段階で協定に合意するか否かを決定し、第2段階で提携国はR&Dへの投資額を決定する。一方、非提携国は自国のR&D投資額を決定する。第3段階で各国は非協力的に削減量を決定する。ここでは、締約国の限界削減費用(MAC)は締約国のR&D投資の合計かつ非締約国によるR&D投資のいくらかのスピルオーバーによって減少する。一方、非締約国のMACは自国のR&D投資並びに他国の技術スピルオーバーによって減少すると仮定している。結果は、技術のスピルオーバー効果が増加するにしたがって参加国が減ることが示され、技術協定は削減合意の代替となり得ないことが明らかとなった。この結果は、削減合意に技術スピルオーバーを想定した Nagashima and Dellink (2008)と同様の結果を導いていることが示唆された。

(2)次に、モデルの違いによる結果の相違を明らかにするために実施した削減合意の下での提携の安定性分析に関するモデル比較分析(Lessmann et al. 2015)で得られた結果を以下にまとめる。各国の削減費用(削減ポテンシャル)と被害について、被害はモデル間で相対的な地域シェアが異なる。削減ポテンシャルは各モデルにおいて中国とインドの削減ポテンシャルが大きく、日本の削減ポテンシャルが小さい。費用及び便益の地域間の違いは、各国が協定に参加するインセンティブに大きく影響を与える。

ここで、協調インセンティブの定義とは、ある提携の下で、各国の「メンバーになると得られる利得」からその提携の下で「自国のみが離脱した際に得られる利得」を引いたものである。

協調するインセンティブを決める要素は2つある。

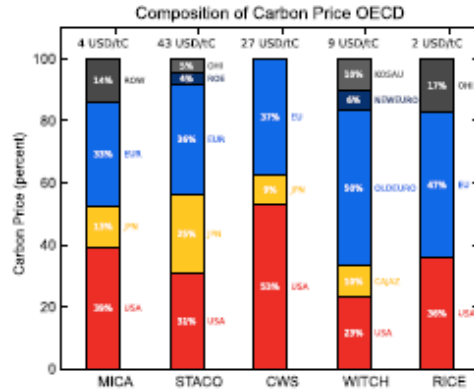
協調することによる便益

- i. 協調することによって得られる便益は、その国の被害の程度に依存する。協調する国の限界便益が大きければ、提携全体の削減量も大きくなる。
- ii. 非協調メンバーの反応：提携内の削減量が増加すれば、非協調国は排出を増加する傾向にある(排出量のリーケージ)。その結果、協調することによって得られる便益が減少する。

協調することによる追加費用

- i. 削減費用は提携内の削減の分配に依存する(MACが低ければより多くの削減が要求される)。
- ii. その他の機会費用の発生:(例)炭素の価格付けは世界の化石燃料の需要に影響を与え、化石燃料価格変化は燃料輸出国にとって、協調することによるコストとして表れる。

以下に被害及び削減がどの程度国によって異なるかを考察する。

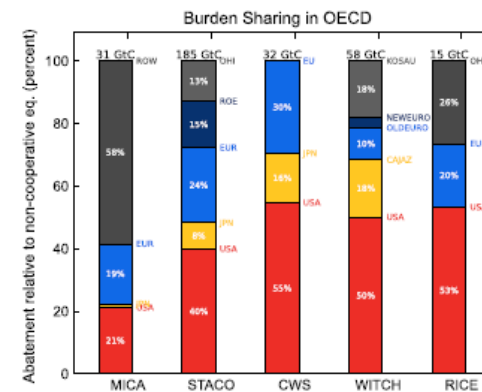


出典: Lessmann et al. 2015

図1: 被害の配分(OECDの提携の場合)

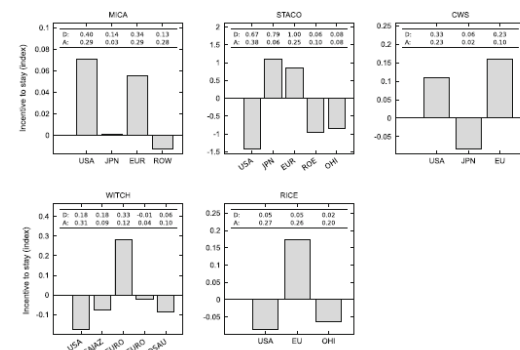
図1はOECDの提携の場合において、各国の被害の配分(炭素価格の構成によって把握)を示したものである。全てのモデルにおいて米国及びEUの被害が大きい。提携による削減から多くの便益が得られる傾向にある。

図2はOECDの提携の場合における、各国の削減分担を非協調の場合と比較したものである。米国の削減分担の割合は20-60%、日本は1-18%、EUは10-30%である。全てのモデルにおいて米国、次いでEUの削減分担の割合が高い。



出典: Lessmann et al. 2015

図2: 削減分担(OECDの提携の場合)



出典: Lessmann et al. 2015

図3: 協調インセンティブ(OECDの提携の場合)

合)

図3はOECDの提携の場合の協調インセンティブを示したものである。全てのメンバーの協調するインセンティブが正であればOECDの提携は内部安定的であるが、全てのモデルにおいて同提携は内部安定的ではなく、離脱インセンティブがある国も異なる。概して、削減分担が低く、限界便益が高い国は協調インセンティブが正であることがわかる。

表1: 安定的な提携(資金移転無し)

Model	Concept ^a	Number stable		Max. size	Max. abat. ^b	Max. well. ^c
			(%)			
MICA	IES	1	(0.05%)	3	0.06	0.09
	IS	54	(2.64%)	4	0.17	0.24
	PIS ^d	481	(23.50%)	6	0.31	0.47
STACO	IES	1	(0.02%)	2	0.03	0.03
	IS	23	(0.56%)	2	0.07	0.07
	PIS	2130	(52.01%)	9	0.59	0.68
CWS	IES	1	(1.59%)	2	0.67	0.77
	IS	5	(7.94%)	2	0.67	0.77
	PIS	55	(87.30%)	6	1.00	1.00
WITCH ^d	IES	1		2	0.03	0.05
	IS	1		2	0.03	0.05
	PIS ^{e,f}	5		4	0.17	0.38
RICE	IES	0	(0.00%)			
	IS	3	(4.76%)	2	0.03	0.06
	PIS ^{e,f}	7	(11.11%)	2	0.12	0.11

出典: Lessmann et al. 2015

表1は各モデルにおける資金移転が無い場合の安定的な提携を示したものである。IESは安定、ISは内部安定、PISは潜在的な内部安定性を表す。また、最大削減量及び最大厚生は非協調均衡で得られる各数値を0、全体協調均衡で得られる数値を1としてスケールしたものを表す。結果から、次のことが明らかとなった。

安定的な提携(IES)の数が少なく、提携による効果(削減量及び厚生)も低い。

内部安定的(IS)な提携になると数が増えるが参加メンバー数はIESの場合とほとんど変わらない。IESの場合と比べて提携による効果が改善するものもあれば、あまり変わらないものもありモデルによって異なる。

潜在的に内部安定的(PIS)な提携の数は多く、提携による効果も上昇する。つまり、提携を安定化させることができる移転スキームが存在することがわかり、これはモデル間で頑健性のある結果である。

次に、従来の移転スキームとPIS移転との比較を行う。従来の移転スキームにおいては、様々な衡平性の基準を考慮して資金移転が行われる。代表的な基準は、「歴史的な排出量に対する責任」、「人口」、「支払い能力」等が挙げられる。

従来の移転スキームとPIS移転との比較から、従来型の移転スキームは移転の方向性及び移転額に関して問題があるため、提携の安定性に負の影響を与えることが定量的に示され、モデル間で頑健性のある結果となった。

最後にPIS移転と各国の特徴との関係性を考察した。

表2: PIS移転と各国の特徴

	Percentage of positive transfer received		
	Abatement potential	Damages	Damages/abatement
MICA	-0.502	-0.802**	-0.593
STACO	0.250	-0.960**	-0.827**
CWS	-0.857*	-0.914*	-0.114
WITCH	0.499	0.273	0.078
RICE	-0.014	-0.186	-0.357

出典: Lessmann et al. 2015

被説明変数を「正の移転を受け取る割合」とし、説明変数を「削減ポテンシャル」、「被害」、「削減量に対する被害」とした。被害が大きい国は協調することによって便益を得るため、その分、その他のメンバーに利得上昇分を配分する傾向にある(正の移転を受け取る割合と被害は負の関係にある)。

モデル比較分析において次の結論を導いた。

モデル間において、気候変動による地域別被害推計が大きく異なる(パラメータ選択の違い)。

地域の削減ポテンシャル及び気候変動による被害が各国の協定参加インセンティブに影響を与える。つまり、削減ポテンシャルが低い(MACが高い)場合、あるいは限界被害が高い場合、協定参加のインセンティブが正になる傾向がみられる。

資金移転が無い場合、全てのモデルにおいて安定的な提携は小さく、得られる利得も小さい(大きな提携における内部安定性の欠如のため)。

「ただ乗り」を最小化する資金移転方法によって安定的な提携の形成が可能となる。例えば、PISの要素を持つ提携は大きく、全体提携で得られる厚生及びGHG削減量の半分あるいはそれ以上を得ることができる。

従来の資金移転方法では協調を促進しない(各国のインセンティブ構造を考慮していないため)。

PIS移転に関して、被害が大きい国は協調によって便益が得られ、その分、削減ポテンシャルが高い国を補償する傾向がある。

モデル比較分析を通して、被害に関する想定が大きく結果に影響を与えることから、気候変動の経済への影響に関する更なる計量分析及び被害のモデル化の改善につとめることが重要であることが示唆された。

<引用文献>

- Butteon, M., and Carraro, C., (1997), Strategies for environmental negotiations: issue linkage with heterogeneous countries, in H. Folmer and N. Hanley, eds., Game theory and the global environment, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- d'Aspremont, C., and Gabszewicz, J.J., (1986), On the stability of collusion, In: Stiglitz, J.E., Mathewson, G.F. (eds), New

developments in the analysis of market structure, International Economic Association Series, 77, Palgrave Macmillan, London, 243-264.

3. El-Sayed, A., and Rubio, S.J., (2014), Sharing R&D investments in cleaner technologies to mitigate climate change, Resource and Energy Economics, 38, 168-180.

4. Lessmann, K., and Edenhofer, O., (2010), Research cooperation and international standards in a model of coalition stability, Resource and Energy Economics, 33, 1, 36-54.

5. Lessmann, K., Kornek, U., Bosetti, V., Dellink, R., Emmerling, J., Eyckmans, J., Nagashima, M., Weikard, H-P., Yang, Z., (2015), The stability and effectiveness of climate coalitions: A comparative analysis of multiple integrated assessment models, Environmental and Resource Economics, 62, 4, 811-836.

6. Nagashima, M., and Dellink, R., (2008), Technology spillovers and stability of international climate coalitions, International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 8, 343-365.

7. Nagashima, M., Weikard, H-P., de Bruin, K.C., and Dellink, R., (2011), International climate agreements under induced technological change, Metroeconomica, 62, 4, 612-634.

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1件)

Lessmann, K., Kornek, U., Bosetti, V., Dellink, R., Emmerling, J., Eyckmans, J., Nagashima, M., Weikard, H-P., Yang, Z., (2015), The stability and effectiveness of climate coalitions: A comparative analysis of multiple integrated assessment models, Environmental and Resource Economics, 62, 4, 811-836
DOI: 10.1007/s10640-015-9886-0
査読有

[その他]

STACO モデルを用いた定量分析の紹介(主要論文及びテクニカルペーパーの紹介)
<https://www.wur.nl/en/show/STACO-Stability-of-Coalitions-A-research-project-on-the-formation-and-stability-of-international-climate-agreements.htm>

研究代表者 HP 主要実績

<http://www.rite.or.jp/system/members/nagashima.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

長島 美由紀 (NAGASHIMA MIYUKI)
公益財団法人地球環境産業技術研究機構・システム研究グループ 主任研究員
研究者番号: 50594355

(2)研究分担者

特になし

(3)連携研究者

特になし

(4)研究協力者

Ekko van Ierland
Professor, Wageningen University
Hans-Peter Weikard
Associate Professor, Wageningen University
Rob Dellink
Co-operator, Wageningen University
秋元 圭吾 (AKIMOTO KEIGO)
公益財団法人地球環境産業技術研究機構・システム研究グループ グループリーダー・主席研究員