

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 31 日現在

機関番号：82711

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21310033

研究課題名（和文）貿易に伴う CO₂ 排出量の最適割当に関する研究：低炭素政策に与える影響の観点から研究課題名（英文）Study on the Optimal Allocation of CO₂ Emissions Embodied in Trades: From the Perspective of Impacts on Low Carbon Policies

研究代表者

小嶋 公史 (KOJIMA SATOSHI)

公益財団法人地球環境戦略研究機関 経済と環境グループ・ディレクター

研究者番号：60470142

研究成果の概要（和文）：本研究では貿易に伴う CO₂ 排出量の責任割当に関し適切な提案を行うことを目的とし、研究対象国の国内気候政策における異なる割当ルールの影響を定量的に評価した。2000 年アジア国際産業連関表および GTAP-E データベースのセクター別 CO₂ 排出量データを用いて貿易に伴う CO₂ 排出量を推計するとともに、検討した責任割当ルール毎の各国責任排出量の実証的計算を実施した。その上で、責任割当ルールと関連の深い国境税調整を取り上げ、多地域一般均衡モデルを用い、国際競争力と炭素リーケージに対処するための国境税措置を貿易に伴う CO₂ 排出量を指標として分析した。分析結果から、国境税措置は日本が炭素税を導入する場合の炭素リーケージと世界全体での排出量を削減する効果があるものの、日本の厚生水準を低下させる可能性があるとの示唆を得た。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at proposing appropriate sharing scheme of responsibility of CO₂ emissions embodied in international trades through a quantitative assessment of impacts of domestic climate policies as well as border adjustment measures. We estimated CO₂ emissions embodied in international trades using sectoral CO₂ emissions of GTAP-E database as well as Asia International Input-Output table in 2000, and calculated responsible emissions of each country under different responsibility sharing schemes. We also assessed the impacts of border adjustment measures for mitigating international competitiveness drawbacks and carbon leakage associated with domestic climate policies on CO₂ emissions embodied in international trades, using multi-regional computable general equilibrium model. Based on the simulation results, border adjustment measures could be effective in mitigating carbon leakage caused by Japanese carbon tax but the welfare level of Japan may decline.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2010 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	7,300,000	2,190,000	9,490,000

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：影響評価手法、環境経済

1. 研究開始当初の背景

国連気候変動枠組条約（UNFCCC）は、貿易に伴う二酸化炭素（CO₂）排出の責任割当について十分な対応ができていない。具体的には、温室効果ガス・インベントリーにおいて、京都議定書の基準年及び緩和目標に基づき、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が提案したレファレンス・アプローチ及びセクター別・アプローチを採用しているが、これは汚染者負担の原則に基づき、各国の領土内における全温室効果ガスの排出及び削減を計算するものであり、この結果輸出国が生産、輸出及び他国の消費における CO₂ 排出の責任を負うことになっている。この方式は、付属書 I 国（先進国）から非付属書 I 国（主に途上国）への炭素リーケージ、輸出国のみへ CO₂ 排出責任を割り当てることの公平性という問題を包んでいる。この問題に対応するために、国際貿易に伴う CO₂ 排出量の責任割当について検討し、それが国内レベルの低炭素政策に対してどのような影響を与えるか、さらに世界の温室効果ガス排出に対してどのような影響を与えるかを分析することが重要である。本研究は、このような背景のもとで、国内レベル及び UNFCCC 上の 2012 年以降の枠組策定において、各国の政策意思決定者及び交渉担当者が上述の問題に対処する上で有益な知見を提供することを念頭に実施された。

2. 研究の目的

本研究では貿易に伴う CO₂ 排出量の責任割当に関し適切な提案を行うことを目的とし、複数の責任割当ルールのもとでの各国責任排出量の実証的計算を実施するとともに、日本が炭素税を導入することによる炭素リーケージを定量的に評価したうえで、炭素リーケージを緩和する上で国境調整措置の有効性について検証した。さらに、日本の炭素税に加え、中国およびインドが国毎の適切な緩和行動（NAMA）を実施した場合に国境調整措置が果たす効果について分析した。

3. 研究の方法

(1) 貿易に伴う CO₂ 排出量および複数の責任割当ルールのもとでの各国責任排出量の推計

貿易に伴う CO₂ 排出量の推計は、アジア経済研究所の 2000 年アジア国際産業連関表（10ヶ国：日本、韓国、アメリカ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、中国、台湾）と、世界貿易分析センターの GTAP-E データベースに含まれる化石燃料燃焼由来のセクター別 CO₂ 排出量データを用

いた。本研究では推計に国際産業連関表を用いることで、地域間の中間材貿易が乗数に内部化されており、各国の産業連関表に基づく推計よりも精度の高い推計を行った。推計された貿易に伴う CO₂ 排出量について、以下の 3 つの責任割当ルールのもとでの各国の責任排出量を算定した。

生産者責任：貿易に伴う CO₂ 排出量全量を製品の生産国の責任排出量とする。

消費者責任：貿易に伴う CO₂ 排出量全量を製品の消費国の責任排出量とする。

責任分担：貿易に伴う CO₂ 排出量全量を、付加価値シェアに基づき製品の生産国と消費国に分担させる。

なお、現行の温室効果ガス・インベントリーは生産者責任ルールに対応していることになる。

(2) 日本の炭素税導入に伴う炭素リーケージの推計および国境調整措置の影響評価

炭素税や、国境調整措置などの政策による影響を評価するために、価格変化による行動変化をモデル化することができる応用一般均衡（CGE）モデルを用いた分析を行った。本研究では世界全体を対象とした多地域 CGE モデルである GTAP6inGAMS を採用した。主要データベースとしては 2004 年を基準年とする GTAP データベース第 7 版を用い、逐次動学アプローチにより 1 年毎に 2020 年までのシミュレーションを行った。このモデルに、(1) で求めた貿易に伴う CO₂ 排出量の排出係数を組み合わせて政策による影響を評価した。産業部門分類は 2000 年アジア国際産業連関表と同じ 24 分類を採用した。なお、アジア国際産業連関表で独立した部門として扱われている化学製品部門およびゴム製品部門については、GTAP データベース第 7 版では集計され 1 つの部門として扱われているため、各国の産業連関表などから推計した生産シェアを使って分割した。

政策影響評価を行うために、日本の炭素税、国境調整措置、中国およびインドにおける NAMA を組み合わせた 3 つのケースについてシミュレーションを行い、2004 年の現状を反映し炭素税などの新規政策を導入しないと仮定した BAU シナリオからの変化率で政策影響を評価した。なお、それぞれのケースについて、政策は 2011 年から導入されると仮定した。

4. 研究成果

(1) 貿易に伴う CO₂ 排出量および複数の責任割当ルールのもとでの各国責任排出量の推計

生産者責任、消費者責任、責任分担の3つの責任割当ルールのもとでの各国の責任排出量を表1に示す。

表1 責任排出量 (百万 t-CO₂)

	生産者 責任	消費者 責任	責任 分担
インドネシア	273	215	250
マレーシア	118	88	97
フィリピン	69	67	70
シンガポール	60	85	83
タイ	155	144	149
中国	3176	2651	2849
台湾	217	210	214
韓国	435	442	439
日本	1179	1443	1350
米国	5702	6245	6088
合計	11384	11590	11589

消費者責任ルールにより、現行の温室効果ガス・インベントリーにおけるは排出量より大幅に責任排出量が減少するのは、マレーシア (34%減)、インドネシア (27%減)、中国 (20%減) であり、一方大幅に責任排出量が増加するのはシンガポール (29%増)、日本 (18%増)、米国 (9%増) という結果となった。責任割当ルールによる責任排出量の差は大きく、今後の温暖化対策を考える上での重要性が明らかとなった。

(2) 日本の炭素税導入に伴う炭素リーケージの推計および国境調整措置の影響評価

政策影響評価で用いた3つのケースの具体的な設定は以下のとおりである。

ケース1: 日本が化石燃料に CO₂ 1トンあたり 2.671 ドルの炭素税を課す場合。

ケース2: 日本がケース1と同じ炭素税を導入し、国境措置として輸入品に含まれる貿易に伴う CO₂ 排出量に比例した関税を導入する場合。

ケース3: 日本がケース2と同じ炭素税および国境調整措置を導入し、さらに中国およびインドが NAMA を実施し炭素強度 (GDP あたり CO₂ 排出量) を 2020 年までに 2005 年比でそれぞれ 40-45% (中国)、20-25% (インド) 低減する場合。

各ケースにおける日本の CO₂ 排出量への影響 (BAU からの変化) を表2に示す。

表2 日本の CO₂ 排出量への影響 (%)

	ケース1	ケース2	ケース3
2011	-0.000004	0.000129	0.000112
2012	-0.000004	0.000125	0.000106
2013	-0.000004	0.000120	0.000100
2014	-0.000004	0.000114	0.000093
2015	-0.000005	0.000108	0.000085
2016	-0.000005	0.000100	0.000077
2017	-0.000005	0.000092	0.000067
2018	-0.000006	0.000081	0.000057
2019	-0.000006	0.000070	0.000045
2020	-0.000007	0.000057	0.000033

炭素税導入により日本の CO₂ 排出量は若干削減されるものの、国境調整措置を導入した場合は帰って排出量が増加する結果となった。中国およびインドが NAMA を実施することによる影響はほとんど見られなかった。

次に、各ケースにおける日本以外および世界全体の CO₂ 排出量への影響 (BAU からの変化) を表3および表4にそれぞれ示す。

表3 日本以外の CO₂ 排出量への影響 (%)

	ケース1	ケース2	ケース3
2011	0.000011	-0.000900	-4.234302
2012	0.000013	-0.000852	-4.944332
2013	0.000016	-0.000797	-5.682395
2014	0.000019	-0.000737	-6.448525
2015	0.000023	-0.000670	-7.242434
2016	0.000027	-0.000599	-8.063437
2017	0.000031	-0.000525	-8.910348
2018	0.000036	-0.000452	-9.781361
2019	0.000040	-0.000386	-10.673914
2020	0.000042	-0.000332	-11.584544

表4 世界全体の CO₂ 排出量への影響 (%)

	ケース1	ケース2	ケース3
2011	0.00001	-0.00122	-6.69720
2012	0.00001	-0.00112	-7.65082
2013	0.00002	-0.00103	-8.60368
2014	0.00002	-0.00092	-9.55537
2015	0.00003	-0.00082	-10.50530
2016	0.00003	-0.00071	-11.45266
2017	0.00004	-0.00060	-12.39637
2018	0.00004	-0.00051	-13.33499
2019	0.00004	-0.00042	-14.26663
2020	0.00005	-0.00036	-15.18883

表3、表4のいずれにおいても、ケース1により世界全体でも CO₂ 排出量が増えていることから、日本の炭素税導入による炭素リーケージの可能性が示唆された。一方、国境調整措置の導入により、この炭素リーケージは緩

和される結果となった。また、ケース3の結果から、中国とインドが NAMA を実施することによる世界全体の CO₂ 排出削減量が大きいという示唆を得た。

最後に、各ケースによる日本、中国、およびインドの厚生水準への影響を表5に示す。

表5 厚生水準への影響 (%)

	ケース	2015	2020
日本	1	0.00135	0.00168
	2	-0.06042	-0.07157
	3	-0.05473	-0.06336
中国	1	0.00004	0.00012
	2	-0.03011	-0.02937
	3	-0.01837	-0.01392
インド	1	-0.00004	-0.00004
	2	0.00218	0.00350
	3	0.00263	0.00414

国境調整措置により、日本の厚生水準が下がることが示唆された。一方、日本が国境調整措置を実施することによる他国の厚生水準への影響については中国とインドで対照的な結果となった。NAMA の実施については、実施国の厚生水準を改善することが示唆された。

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 12 件)

- ① Zhou X., Shirakawa H. and Pan H. T., Can consumer responsibility help address carbon leakage concerns?, *China-USA Business Review*, 査読有、Vol. 11、2012、pp408-422.
- ② Shinkuma T. and S. Managi, A license scheme: An optimal waste management policy under asymmetric information, *Journal of Regulatory Economics*, 査読有、Vol. 39、2011、pp 143-168.
- ③ Barros C. P., Managi S. and Matousek R., The technical efficiency of the Japanese banks: Non-radial directional performance measurement with undesirable output, *Omega - The International Journal of Management Science*, 査読有、Vol. 40、2011、pp 1-8.
- ④ Assaf A., Barros, C.P. and Managi S., Cost efficiency of Japanese steam power generation companies: A Bayesian comparison of random and fixed frontier models, *Applied Energy*, 査読有、Vol. 88、2011、pp 1441-1446.

- ⑤ Aruga K. and Managi S., Tests on price linkage between the U.S. and Japanese gold and silver futures markets, *Economics Bulletin*, 査読有、Vol. 31、2011、pp 1038-1046.
- ⑥ Zhou X., Emissions Embodied in International Trade and Trade Adjustment to National GHG Inventory, *Journal of Management Review*, 査読有、Vol. 22、2010、pp 17-24.
- ⑦ Tsurumi T. and S. Managi, Does Energy Substitution Affect CarbonDioxide Emissions-Income Relationship?, *Journal of The Japanese and International Economics*, 査読有、Vol. 24、2010、pp 540-551.
- ⑧ Kumar S. and S. Managi, Sulfur Dioxide Allowances: Trading and Technological Progress, *Ecological Economics*, 査読有、Vol. 69、2010、pp 623-631.
- ⑨ Kumar S. and S. Managi, Environment and Productivities in Developed and Developing Countries: The Case of Carbon Dioxide and Sulfur Dioxide, *Journal of Environmental Management*, 査読有、Vol. 91、2010、pp 1580-1592.
- ⑩ Nakano, M. and S. Managi, The Productivity Analysis with CO2 Emissions in Japan, *Pacific Economic Review*, 査読有、Vol. 15、2010、pp 708-718.
- ⑪ Zhou X., Emissions embodied in international trade and trade adjustment to national GHG inventory, *Management Review*, 査読有、Vol. 22、2010、pp 17-24.
- ⑫ Zhou X., How does trade adjustment influence national inventory of open economies? Accounting for embodied carbon emissions based on multi-region input-output model, *環境システム研究論文集*, 査読有、37 巻、2009、pp 255-262.

[学会発表] (計 5 件)

- ① Yano T., Zhou X. and Kojima S., Addressing Carbon Leakage by Border Adjustment Measures: A Global CGE Analysis, *Expert Workshop on Energy and Climate Change Modelling*, 2011年11月、韓国、ソウル.
- ② Yano T., Kojima S. and Zhou X., The Economic and Environmental Effects of Border Adjustment Measures: A Multi-Regional CGE Analysis for Japan, *19th International Input-Output Conference*, 2011年6月13日~17日、米国、アレキサンドリア.
- ③ Zhou X. and Shirakawa H., Can Consumer

Responsibility Help Address Carbon Leakage Concerns? An Analysis of Participation vs. Non-Participation in a Global Mitigation Regime、2011年6月13日~17日、米国、アレキサンドリア。

- ④ Zhou X. and Shirakawa H.、Aggregation Effect in Carbon Footprint Accounting by the Multi-Region Input-Output Model、2011年6月13日~17日、米国、アレキサンドリア。
- ⑤ Zhou X. and Kojima S.、How does trade adjustment influence national inventory of open economies: Accounting embodied carbon based on multi-region input-output model、17th International Input-Output Conference、2009年7月13日~17日、ブラジル、サンパウロ。

[図書] (計 5件)

- ① Zhou X.、Zhao Z. and Shi M. J.、Chinese Science Publishing、Linking China's Interregional Input-Output Model with Asian International Input-Output Model: A Case of Sino-Japan Trade、China's Inter-Provincial Input-Output Model and Interregional Linkage、2012、pp 33-58。
- ② Managi S.、Edward Elgar Publishing、Technology, Natural Resources and Economic Growth: Improving the Environment for a Greener Future、2011、435。
- ③ Zhou X.、Yano T. and Kojima S.、InTech Publishing、Addressing Carbon Leakage by Border Adjustment Measures、Climate Change: Research and Technology for Adaptation and Mitigation、2011、pp 171-184。
- ④ Zhou X.、Common Ground Publishing、Environmentally Extended Multi-Region Input-Output Model: Sharing Responsibility Across the Globe、The Sustainability Practitioner's Guide to Input-Output Analysis、2010、pp 165-176。
- ⑤ Kojima S.、Zhou X. and Bhattacharya A.、Institute for Global Environmental Strategies、United We Stand: Regional Cooperation from a Wider Perspective of Sustainable Consumption and Production、Sustainable Consumption and Production in the Asia-Pacific Region: Effective Responses in a Resource Constrained World、2010、pp 263-284。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小嶋 公史 (KOJIMA SATOSHI)
公益財団法人地球環境戦略研究機関 経済
と環境グループ・ディレクター
研究者番号: 60470142

(2) 研究分担者

周 新 (ZHOU XIN)
公益財団法人地球環境戦略研究機関 経済
と環境グループ・サブディレクター
研究者番号: 50463112

馬奈木 俊介 (MANAGI SHUNSUKE)
東北大学大学院環境科学研究科・准教授
研究者番号: 70372456

(3) 連携研究者

矢野 貴之 (YANO TAKASHI)
公益財団法人地球環境戦略研究機関 経済
と環境グループ・研究員
研究者番号: 20599005