

環境技術の選択と環境意識の高い消費者の存在が 環境政策の有効性に与える影響に関する計量分析

于 新 志

目 次

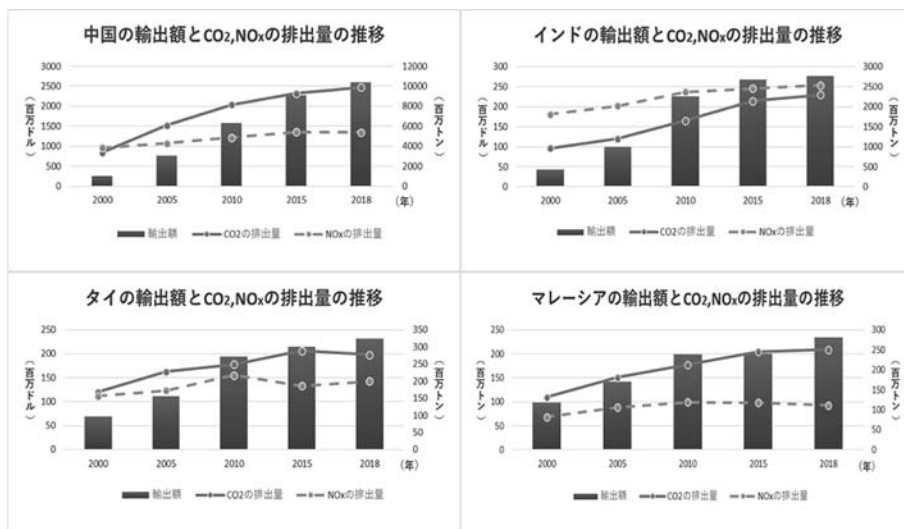
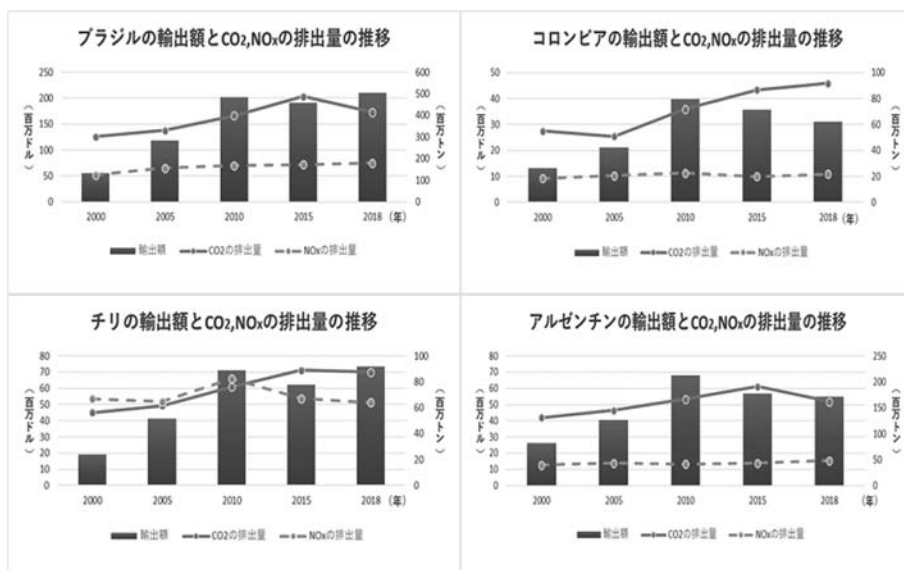
- | | |
|-------------|-------------------|
| 1 イントロダクション | 4 パネル分析結果 |
| 2 データと分析手法 | 5 結論と政策的インプリケーション |
| 3 モデルの設定 | |

1 イントロダクション

グローバル企業の資本ネットワークによる海外展開にともない、先進国の製造企業は、生産コストの低い地域、あるいは市場規模の大きい地域を求めて、海外に拠点を拡大してきた。同時に、成長著しいアジア市場の活力を取り組むべく、各国企業はこぞって市場開拓に取り組んでおり、極めて競争的な市場が形成されている。米国や日本の企業も例外ではなく、中国やインド、ブラジルを中心としたアジアとラテンアメリカ各国・地域へ進出しつつある。そして、アジアとラテンアメリカは「世界の工場」と称され、先進国への製品供給拠点として位置付けられてきた。特に、世界の貿易額にアジアとラテンアメリカのシェアは年々上昇を続けており、アジアとラテンアメリカ諸国で製造した部品や完成品をその主な最終消費先としての欧米に輸出するという生産ネットワークが構築された¹⁾。下の図1と図2は、アジアとラテンアメリカの主要発展途上国の貿易輸出額の推移を表している。これを見ると、この20年来アジアとラテンアメリカの主要発展途上国の貿易輸出額が増加し、特に中国をはじめ、アジア主要発展途上国の貿易輸出額が急激に増加してきたことがわかる。

急速な経済成長と輸出競争の中で、産業公害はアジア、ラテンアメリカ地域をはじめ、開発途上国において、依然として深刻な状況にある。そこにおいては、生産活動や日常生活における大量生産、大量消費を原因とする環境問題が深刻化しつつある。特に、工場や自動車交通が集中している主要都市の硫黄酸化物（SO_x）、窒素酸化物（NO_x）などによる大気汚染、鉛汚染や酸性雨の被害、越境汚染なども顕在化している。河川や湖沼水の化学物質汚染や富栄養化が進行している一方、廃棄物、水不足や、熱帯雨林破壊も大きな問題となっている。他方、汚染物質が国境を

1) 国連公表データによると、中国貿易の輸出額は2000年に2492億ドルだったものが、2017年に22633.5億ドルとなり、国別輸出額では第1位となった。2022年では25902.2億ドルとなり、2000年での約10倍に拡大した。また、ブラジル貿易の輸出額は2004年では96.68億ドルからますます増加している。2020年では209.88億ドルとなり、2004年での約2倍に拡大したことがわかる。

図1 アジア主要発展途上国の輸出額とCO₂、NO_xの排出量の推移図2 ラテンアメリカ主要発展途上国の輸出額とCO₂、NO_xの排出量の推移

出所) UNCTAD 公表データに基づき、筆者作成²⁾

注) 輸出額は左目盛で、CO₂とNO_xの排出量については右目盛である。なお、CO₂の排出量の単位は百万トンとし、NO_xの排出量はCO₂換算で千トンとしている。

2) UNCTAD 公表データに基づき、図1は中国、インド、タイとマレーシアの4か国のデータを収集し、作成したもので、図2はブラジル、チリ、コロンビアとアルゼンチンの4か国のデータを収集し作成したものである。ただし、2020年のデータが入手困難なため、2018年のデータを使用している。Available at: <https://unctad.org/> (2021年9月30日閲覧)

越えて影響を及ぼす問題、そして工業生産が増加したことで二酸化炭素 (CO₂)、窒素酸化物 (NO_x) など温室効果ガスの排出に伴う地球温暖化問題など、グローバルな環境リスク問題への対応も迫られている。

このため、発展途上国の現状にあった適切な環境政策の導入が必要となっている。環境税を中心とする環境政策に加えて、近年では、環境効率を高める技術の開発・導入、人々の環境意識の向上などを用いて分析することが中心となりつつある。本研究では、発展途上国の状況を踏まえながら、これまで先進国で行われた環境政策の有効性について研究する。このような分析を通じて、急激に成長している発展途上国にあった政策提案をしたい。

環境政策の有効性に関する理論的研究は、Pigou (1920) の先駆的研究をはじめ、古くから蓄積されてきた³⁾。近年においては、環境技術の選択と環境意識の高い消費者の存在に焦点を当てた研究がいくつか見られる。まず、環境税と環境補助金の効果に関しては、Espinola-Arredondo and Zhao (2012) は、グリーンな製品とブラウン製品を選択する消費者の行動に異なる影響を与える政策を検討し、グリーン製品とブラウン製品の消費量に与える環境税と環境補助金の効果を検討した。その結果、環境に配慮した消費者が増加すれば、税金或いは補助金政策が社会厚生を改善できることを示した。また、環境意識が高い消費者の存在が環境政策に与える影響に関しては、Bansal and Gangopadhyay (2003) は、環境に配慮した消費者の存在のもとで、価格競争が行われている場合には、環境補助金は社会的厚生を改善することができるが、環境税が総排出量を増加させ、社会的厚生を減少させる可能性があることを示している。Conrad (2005) は、企業が価格競争を行う前に、製品の環境に与える影響を選ぶ場合の均衡を特徴づけ、消費者が商品の環境的側面に関心がある場合の製品差別化の市場への影響を検討した。環境意識の高まりは、財の消費から得られる効用に影響を与え、環境にやさしい生産構造への転換を促進する可能性があることを指摘した。

また、企業の事業活動領域の拡大に伴い、企業の生産技術の選択及び社会的責任に対する関心が高まっている。理論的な分野においては、García et al. (2018) は、環境汚染削減技術を備えた消費者に優しい企業が存在する状況において、取引可能な許可証と環境税の政策効果を比較した。政府がその政策を確実に実行できる場合、取引可能な許可証と環境税の課税の下での均衡は、同等であることを示した。また、Leal et al. (2018) は、環境に優しい企業が存在するクールノー寡占モデルを用いて、汚染削減技術の選択について検討した。その結果、環境に優しい企業が環境政策にかかわらず厚生と環境の質に対してより良い結果をもたらす可能性があることを指摘した。

次に、環境政策の影響に関する実証的研究においても、古くから優れた研究が蓄積されてきた。近年では、Miller and Vela (2013) は、OECD 諸国のデータを用いてパネル分析を行い、スウェーデンなどの税金が高い国では、CO₂ 排出量と再生産不可能なエネルギー消費が大幅に削減

3) 例えば、Mäler and Vincent (2003) を参照されたい。

されていると指摘した。また、Sen and Vollebergh (2018) は、OECD 諸国のエネルギーに対する実効税率に関するデータを用いて、炭素税がエネルギー消費に与える長期的な効果を推定した。その結果、エネルギー関連の税金は、枯渇エネルギーの消費削減を行い、CO₂ 排出量を軽減できると主張した。同じく、He et al. (2019), He et al. (2019) は、ARDL (Autoregressive Distributed Lag) モデルを通じて、OECD 諸国の温室効果ガス排出量に対する環境関連税の影響を研究した。その結果、環境税が温室効果ガスの排出を軽減するための効果的なツールになり得ると述べた。また、Ghazouani et al. (2021) は、欧州諸国の 1994 年から 2018 年のデータを用いて、環境関連税に加えて環境技術の選択に関する CO₂ 排出削減の有効性を分析した。その結果、環境関連税に加えて高い環境技術の採用が環境政策にとって有効であり、環境技術普及のための国際連携や資金融資が必要であることを指摘した。

ところで、于 (2020, 2022) においては、理論的分析により、生産における環境技術の選択が環境政策の效果に大きな影響を与え、特に、高い環境技術を持つ公的企業による技術誘導政策が産業全体の環境政策効果を高めることが示された。また、CSR 企業による高い環境技術の選択や環境意識の高い消費者の存在との相互効果が、環境政策の有効性に大きな影響を持つことが示されている。環境技術が環境政策に与える影響、特に先進諸国に関する計量的研究はいくつか存在するが、発展途上国を含めた分析は私の知る限りで多くはない⁴⁾。また、環境意識の高い消費者の行動が環境政策に与える影響を計量的に分析した研究は、私の知る限り存在しない。

そこで、本論文では、World Bank Open Data などの公表データを用いて、CO₂ と NO_x の排出を取り上げ、Miller and Vela (2013) や Ghazouani et al. (2021) などの研究を発展させ、先進諸国と発展途上国を含む国際パネルデータに基づいて、新たに環境技術選択や環境意識の高い消費者の存在などの影響を踏まえながら、環境政策の有効性を計量経済学的に検証する。

本論文の貢献は、以下の通りである。第 1 に、環境技術の選択に加えて、消費者の環境意識を示すデータを用いて環境政策の有効性を分析し、これらが CO₂ と NO_x 排出の削減に有効であることを示した。第 2 に、グローバリゼーションの下で、発展途上国において依然として産業公害が問題をなっていることを考慮して、発展途上国の CO₂ と NO_x の排出量、およびそれに関する環境技術や消費者の環境意識を用いて分析し、環境政策の有効性を検討した。

本論文における分析の結果、以下のような結論を得た。第 1 に、環境関連税は先進国や発展途上国の CO₂ 削減に有効であり、環境技術の選択は先進国の NO_x 削減に有効であることが示された。第 2 に、環境意識の高い消費者の比率に関しては、ほとんどのケースにおいて予想される結果が得られなかった。ところが、再生可能エネルギー消費率に関しては、発展途上国の NO_x 排出に関するケースを除くすべてのケースについて有効となっており、CO₂ と NO_x の排出削減に有効であることが明らかになった。再生可能エネルギーは一般的に化石エネルギーより高価であ

4) 先進国と発展途上国のデータを含む環境の計量分析は必ずしも多くないが、一国を対象とした研究は存在する。例えば、Mardonesa and Camillo (2019) においては、チリのデータを用いて、CO₂, SO_x や NO_x の排出削減に対する環境政策の有効性を検討している。

ることを考慮すると、その消費率が高いことは消費者の環境意識が高いことや、環境政策への取り組みが進んでいることを示しているとも考えられよう。

これらの結論の政策的インプリケーションとしては、CSR 企業などの増加により環境に配慮した技術選択が進むことや、消費者の環境意識が高まり再生可能エネルギーの消費が進むことは、CO₂やNO_xの削減に有効であり、産業公害ばかりでなく、地球規模の温暖化問題に対しても有効であるといえよう。また、発展途上国の持続可能な経済発展のためには、FDI (Foreign Direct Investment, 海外直接投資) に伴って環境技術も同時に移転されることが有効であろう。

本論文は以下のように構成されている。第2節では、データと分析手法を紹介する。第3節では、モデルの設定について紹介する。第4節では、パネル分析結果について紹介する。最後に、第5節では、本論文を締めくくり、政策的インプリケーションおよび今後の課題を述べる。

2 データと分析手法

この研究では、OECD に属している先進諸国 18 か国と OECD に属していない発展途上国 18 か国の合計で 36 か国における、1994 年から 2015 年にわたる国際パネルデータを用いて、温室効果ガスとしての CO₂ と NO_x 排出量の削減における環境技術選択や環境意識の高い消費者の存在と環境税の影響を計量経済学的に検討する⁵⁾。使用する変数には、CO₂ (CHG1) 排出量、NO_x (CHG 2) 排出量、化石エネルギー消費率 (FE)、再生可能エネルギー消費率 (RE)、都市人口比率 (UP)、および一人当たり国内総生産 (GDPC)、環境関連税 (TX) が含まれる⁶⁾。また、各国の環境技術の選択の状況に関するデータは収集困難であったため、環境技術 (TC) を表す変数としてエネルギー排出効率 (CO₂, NO_x 排出量／総エネルギー投入量) の逆数を使用した。同様に、環境意識の高い消費者の存在に関するデータに関しても、体系的なものが得られなかったため、World Value Survey (WVS) による環境意識調査 (Value Survey:VS) のデータを用いている⁷⁾。これらの変数、単位、データの出所、変数名および予想結果を表 1 に示す。

5) OECD は国際マクロ経済動向、貿易、開発援助といった分野に加え、最近では持続可能な開発、ガバナンスといった新たな分野についても加盟国間の分析・検討を行っている。

6) OECD による「環境関連税制」(Environmentally Related Taxes) の定義は、以下のとおりである。①特に環境に関連するとみなされる課税物件に課される一般政府に対する全ての強制的・一方的な支払い、②税の名称及び目的は基準とはならない、③税の使途が定まっているかは基準とはならない。また、「環境関連税制」の課税対象には、「エネルギー物品」、「自動車、その他輸送手段」、「廃棄物管理」や「オゾン層破壊物質」などがある。

7) このアンケート調査は 4 年ごとに実施されるものであり、実施年のデータを用いて残り 3 年分を補完した。

表 1 データと選択された変数⁸⁾

変数	単位	データの出所	変数名	結果予想
CO ₂ の排出量	キロトン $\left(\frac{\text{CO}_2 \text{ の排出総量}}{\text{総人口}} \right)$	WB	CHG1	
NO _x の排出量	トン $\left(\frac{\text{NO}_x \text{ の排出総量}}{\text{総人口}} \right)$	WB	CHG2	
都市人口比率	% $\left(\frac{\text{都市総人口 (万人)}}{\text{総人口 (万人)}} \times 100 \right)$	WB	UP	+
一人当たりの 国内総生産	ドル (2021 年)	WB	GDPG	+
再生可能エネルギー の消費率	% $\left(\frac{\text{再生可能エネルギーの総消費量 (Kwh)}}{\text{エネルギーの総消費量 (Kwh)}} \times 100 \right)$	WB	RE	-
化石燃料エネルギー の消費率	% $\left(\frac{\text{化石燃料エネルギーの総消費量 (Kwh)}}{\text{エネルギーの総消費量 (Kwh)}} \times 100 \right)$	WB	FE	+
環境技術	$\left(\frac{\text{CO}_2 \text{ (NO}_x\text{) の排出量}}{\text{エネルギーの消費量}} \right)^{-1}$	WB	TC	-
環境意識	%	WVS	VS	-
環境関連税	% $\left(\frac{\text{環境関連税収}}{\text{GDP}} \times 100 \right)$	OECD	TX	-

この研究は、上述のデータが得られた先進国と発展途上国の主要な 36 か国を対象に行う。選択された先進国には、オーストラリア、ベルギー、カナダ、チリ、コロンビア、チェコ共和国、ギリシャ、ハンガリー、アイルランド、イスラエル、日本、オランダ、ポーランド、ポルトガル、スロベニア、スウェーデン、トルコ、アメリカを含め、データ入手可能な 18 か国が含まれている。また、発展途上国は、アルゼンチン、ボリビア、ブラジル、カメルーン、中国、コートジボワール、キプロス、ドミニカ共和国、エクアドル、グアテマラ、ジャマイカ、マレーシア、ニカラグア、パナマ、パラグアイ、ペルー、トリニダード・トバゴ、ウルグアイであり、データ入手可能な 18 か国を選択した。1994 年から 2015 年までの 22 年間におよぶ年次データを、世界銀行 (2021)、および OECD (2021) のデータベースと世界価値観調査の環境意識の調査結果から収集した。

また、これらの変数の記述統計は、表 2 から表 4 のように表される。

8) 環境技術について、茅フォーミュラ (恒等式) 中のエネルギー原単位 (エネルギー消費量/CO₂) を環境技術を表す変数として使用している。また、環境意識は WVS により、「環境保護に役立ったら、20% 高い価格で商品を買うだろうか。」および「自分の収入の一部を環境に与えるだろうか。」という質問の回答結果である。

表 2 各変数の記述統計（先進諸国と発展途上国）

記号	標本数	平均	最大値	最小値	標準偏差
CHG1	792	5.632871	20.47193	0.151423	5.008273
CHG2	792	0.809993	5.621491	0.132905	0.892516
GDPC	792	14842.3	68150.11	473.4923	15568.32
UP	792	68.38201	97.876	22.832	16.55275
FE	773	74.84024	99.92995	14.65179	21.32409
RE	792	23.36386	86.22745	0.28038	21.88001
VS	792	51.226	80.3	21.7	11.1517
TC	773	0.000701	0.0112432	0.0000173	0.0015769
TX	785	1.657169427	4.003	0.064	0.973836943

表 3 各変数の記述統計（先進諸国）

記号	標本数	平均	最大値	最小値	標準偏差
CHG1	396	8.259336	20.47193	0.151423	5.025557
CHG2	396	0.855999	5.621491	0.142287	0.91791
GDPC	396	24175.87	68150.11	2209.932	16597.45
UP	396	75.72649	97.876	50.449	12.06248
FE	395	82.34144	97.83545	25.1171	15.94951
RE	396	13.26951	53.24777	0.93957	11.2242
VS	396	54.42	80.3	22.7	11.2373
TC	162	0.002298	0.003653	0.000039	0.000798
TX	394	2.241619	4.003	0.467	0.790591

表 4 各変数の記述統計（発展途上国）

記号	標本数	平均	最大値	最小値	標準偏差
CHG1	396	3.006406	17.35545	0.224966	3.33786
CHG2	396	0.764386	4.624751	0.132905	0.865137
GDPC	396	5508.728	35397.36	473.4923	5933.926
UP	396	61.03753	95.045	22.832	17.17618
FE	378	68.1441	99.92995	14.65179	25.07348
RE	396	33.45821	86.22745	0.28038	25.06773
VS	396	48.033	73.6	21.7	10.1149
TC	148	0.0020185	0.003546	0.000514	0.000766
TX	391	1.06824	3.628	0.064	0.764057

3 モデルの設定

以下では、環境排出として、それぞれ CO_2 と NO_x の排出量を被説明変数として、環境関連税、再生可能エネルギー消費率、化石エネルギー消費率、環境技術、都市人口比率、および一人当たり国内総生産の間の長期的な関連性を、1994年から2015年の期間にわたる全世界36か国のパネルデータを使用して推計する。推計に用いるモデルは、Borozan (2019)、Andreoni (2019) および Ghazouani et al. (2021) のものと基本的に同じ仕様のモデルに従う。ただし、以

下の分析においては、環境排出として CO_2 に加えて NO_x を考慮していること、先進諸国に加えて発展途上国のデータを用いることと、環境意識の高い消費者の存在に関する変数が含まれている点が先行研究と異なる新しい点である。なお、再生可能エネルギー消費率 (RE)、環境技術 (TC)、環境意識 (VS) と環境関連税 (TX) の効果を明確にするため、この四つの重要な説明変数だけ入るケースをモデル 1 とし、すべての説明変数を入るケースをモデル 2 としている。同様に、化石燃料エネルギーの消費率 (FE) と都市人口比率 (UP) を外したものをモデル 3 としている。これらは参照モデルとして用いる。推計モデルは次のように表される。

モデル 1 :

$$\text{GHG1}_{it} = C + \beta_1 \text{RE}_{it} + \beta_2 \text{TC}_{it} + \beta_3 \text{VS}_{it} + \beta_4 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\text{GHG2}_{it} = C + \beta_1 \text{RE}_{it} + \beta_2 \text{TC}_{it} + \beta_3 \text{VS}_{it} + \beta_4 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

モデル 2 :

$$\text{GHG1}_{it} = C + \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{UP}_{it} + \beta_3 \text{TC}_{it} + \beta_4 \text{FE}_{it} + \beta_5 \text{RE}_{it} + \beta_6 \text{VS}_{it} + \beta_7 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\text{GHG2}_{it} = C + \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{UP}_{it} + \beta_3 \text{TC}_{it} + \beta_4 \text{FE}_{it} + \beta_5 \text{RE}_{it} + \beta_6 \text{VS}_{it} + \beta_7 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

モデル 3 :

$$\text{GHG1}_{it} = C + \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{TC}_{it} + \beta_3 \text{RE}_{it} + \beta_4 \text{VS}_{it} + \beta_5 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$\text{GHG2}_{it} = C + \beta_1 \text{GDPC}_{it} + \beta_2 \text{TC}_{it} + \beta_3 \text{RE}_{it} + \beta_4 \text{VS}_{it} + \beta_5 \text{TX}_{it} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式 (1)～(6) において、 C , GHG1_{it} , GHG2_{it} , UP_{it} , GDPC_{it} , TC_{it} , FE_{it} , RE_{it} , VS_{it} と TX_{it} は、それぞれ、定数項、 CO_2 の排出量、 NO_x の排出量、都市人口比率、一人当たり国内総生産、環境技術、化石エネルギーの消費率、再生可能エネルギー消費率、環境意識および環境関連税を示している。 ε_{it} は誤差項であり、 $\varepsilon_{it} = \alpha_{it} + \rho$ とし、 $i = 1, \dots, N$ および $t = 1, \dots$ を表し、それぞれ国と期間を表す。また、 α_{it} は個別効果と呼ばれ、観察不可能な経済主体特有の効果（ただし時点を通じて共通）を表すものであり、 ρ は標準的線形回帰モデルの仮定を満たす誤差項とする。

以下での分析においては、統計パッケージ R を用いてパネル推計を行った。パネルデータの推定には、プーリング推定法、固定効果推定法、ランダム効果推定法など、いくつかの手法がある。これらの中から、本論文のデータセットにとって最適な推定法を選択するために、以下のような検定を実施した。まず、プーリング推定法と固定効果推定法の比較を行うために、各国データの「個別効果がすべて同じ値である」という制約を帰無仮説、「少なくとも一つの個別効果がある」を対立仮説として、F 検定を行った。その結果、表 5 に示したように、すべての結果において F 値が十分大きく、P 値が非常に小さかったため、個別効果が存在し、したがってプーリング推定法は用いられないことが分かった。

次に、固定効果推定法とランダム効果推定法の比較を行うために、「ランダム効果は説明変数と相関していない」を帰無仮説とし、「ランダム効果は説明変数と相関している」を対立仮説として、Hausman 検定を行った。検定結果の χ^2 値と P 値が、表 6 に示されている。Hausman 検定

が棄却された推計結果については、固定効果推計法により得られた推計結果を採用し、逆に、Hausman 検定が棄却されなかった推計モデルについてはランダム推計の結果を採用した。具体的には、表 6 における各変数が CO₂ に与える影響について、先進諸国のケース（表 9）と発展途上国のケース（表 10）のモデル 2、また、各変数が NO_x に与える影響についての先進諸国と発展途上国のケース（表 8）および先進諸国のケース（表 11）のモデル 2 とモデル 3 については、固定効果推計法により得られた推計結果を採用し、そのほか、Hausman 検定が棄却されなかった推計モデルについてはランダム推計の結果を採用した。

表 5 各ケースにおける F 検定結果

			Model 1	Model 2	Model 3
CO ₂	先進国 + 途上国	F	575.4	323.78	345.89
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16
	先進国	F	1051.7	628.5	620.66
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16
	途上国	F	152.62	94.323	166.4
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16
NO _x	先進国 + 途上国	F	366.17	407.6	402.16
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16
	先進国	F	262.59	220.75	224.57
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16
	途上国	F	511.86	675.83	506.88
		p	2.2 e-16	2.2 e-16	2.2 e-16

表 6 各ケースにおける Hausman 検定結果

			Model 1	Model 2	Model 3
CO ₂	先進国 + 途上国	Chisq	6.6735	12.11	1.6226
		p	0.1542	0.09698	0.8985
		選択	変量効果モデル	変量効果モデル	変量効果モデル
	先進国	Chisq	1.924	33.608	5.1972
		p	0.7479	2.04 e-05	0.3923
		選択	変量効果モデル	固定効果モデル	変量効果モデル
	途上国	Chisq	2.1095	31.09	2.3449
		p	0.7156	5.98 e-05	0.7996
		選択	変量効果モデル	固定効果モデル	変量効果モデル
NO _x	先進国 + 途上国	Chisq	4.605	23.197	14.876
		p	0.3303	0.001575	0.01091
		選択	変量効果モデル	固定効果モデル	固定効果モデル
	先進国	Chisq	1.1674	33.608	32.713
		p	0.8834	2.04 e-05	4.29 e-06
		選択	変量効果モデル	固定効果モデル	固定効果モデル
	途上国	Chisq	3.8365	6.37	3.3064
		p	0.4286	0.4973	0.6529
		選択	変量効果モデル	変量効果モデル	変量効果モデル

このように、(1)～(6)式について、先進国パネル、発展途上国パネルおよび全体について推計した。推計結果は、それぞれ全体、先進諸国と発展途上国について、合計6セットを示している。

4 パネル分析結果

分析結果を述べる前に、各説明変数の推計結果について、考えられる仮説を以下のように示す。

まず、一人当たりの国内総生産の増加については、環境クズネッツカーブの存在を想定すれば、一人当たり GDP が低い国については CO_2 , NO_x の排出を増加させ、逆に、一人当たり GDP が十分高い国においては CO_2 , NO_x の排出を減少させるので、回帰係数は発展途上国においてプラス、先進諸国においてマイナスとなることが予想される。次に、都市人口比率の増加は、エネルギーの消費量を増加させ、 CO_2 , NO_x の排出を増加させるので、回帰係数はプラスとなることが予想される。また、化石燃料エネルギーの消費率を増加させる場合、 CO_2 , NO_x の排出を増加させるので、回帰係数はプラスとなることが予想される。一方、再生可能エネルギーの消費率の増加は、化石燃料エネルギーの消費率を減少させ、 CO_2 , NO_x の排出を減少させるので、回帰係数はマイナスとなることが予想される。そして、環境技術の進歩、高い環境意識の存在と環境関連税の増税は、いずれも CO_2 , NO_x の排出を減少させるので、回帰係数はマイナスとなることが予想される。

次に、パネル重回帰分析の結果は、以下のように示される。

先進諸国と発展途上国を含め、 CO_2 に与える影響に関しては、結果は下の表7の通りである。

表 7 各変数が CO₂ に与える影響（先進諸国と発展途上国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	7.8268 e+00*** (10.3503)	6.3411 e+00*** (4.2402)	7.9085 e+00*** (13.3587)
GDPC		-1.0541 e-05* (-2.2983)	-2.1536 e-06 (-0.5180)
UP		2.6146 e-02* (2.2872)	
FE		4.3687 e-03 (0.3565)	
RE	-1.1374 e-01*** (-14.4094)	-9.9872 e-02*** (-7.6011)	-1.1496 e-01*** (-14.4530)
VS	1.4386 e-02*** (3.4275)	1.4930 e-02*** (3.4148)	1.4634 e-02*** (3.3590)
TC	-5.7865 e-05 (-1.1539)	-4.8223 e-05 (-0.9259)	-8.1321 e-05 (-1.6384)
TX	-1.2387 e-01 (-1.5706)	-1.5356 e-01 (-1.9110)	-1.2884 e-01 (-1.5870)
R-Squared	0.2607	0.2625	0.26767

注) 表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が1% 有意、**が5% 有意、*が10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値は t 値である。

表 7 においては、再生可能エネルギーの消費率について 3 つのモデルとも有意にマイナスとなっている。これは再生可能エネルギーの消費率が CO₂ の排出削減に有効であることを示している。この結果は、発展途上国をも対象としたものであるが、基本的にヨーロッパ諸国を対象とした Miller and Vela (2013) や Ghazouani et al. (2021) などと整合的であると考えられよう。ここでは再生可能エネルギーについて、消費水準ではなく、総エネルギー消費に占める比率を用いていること、また、再生可能エネルギー価格は一般的に化石エネルギーより高価であることを考慮すると、これはそれぞれの国における環境意識や環境保全に向けての行動の結果を示すものと解釈することができるかもしれない。また、都市人口比率については本研究では係数が有意にプラスとなっており、この結果は、都市人口自体を説明変数として扱っている Ghazouani et al. (2021) と整合的である。他方、Miller and Vela (2013) においては、都市人口比率を扱っているが、有意な係数は得られていない。

ところが、環境技術と環境関連税については、符号がマイナスになっているが、3 モデルとも有意ではなかった。したがって、環境技術と環境関連税の排出削減効果については、示すことができなかった。ただし、先進諸国の環境技術と発展途上国の環境関連税はそれぞれ有意にマイナスであった⁹⁾。つまり、先進諸国においては環境技術、発展途上国においては環境関連税を通じた環境政策が、地球温暖化対策に焦点をあてて設計、運用されていることを示しているのかもしれない。

9) 具体的には、表 9 と表 10 を参照されたい。

れない。他方、環境意識の高い消費者の存在に関する環境意識について、3モデルとも係数が有意にプラスになっている。この結果は予想と反しているが、データセットを見ると、先進諸国の中でもCO₂の排出レベルが相対的に高い欧州諸国などにおいて、同時に環境意識指数が高いことを示しており、一人当たり所得が高く、環境意識が高くても、CO₂削減行動に結びついていないことを示す可能性がある。また、環境意識が高くても、現状では政府の政策が不十分なことを示唆しているかもしれない。

先進国と発展途上国を含め、NO_xに与える影響に関しては、結果は下の表8の通りである。

表8 各変数がNO_xに与える影響（先進諸国と発展途上国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	9.3576 e-01*** (5.1918)		
GDPC		-1.2027 e-05*** (-10.0938)	-1.2900 e-05*** (-11.5105)
UP		-5.7161 e-03 (-1.9546)	
FE		-1.6546 e-02*** (-5.3559)	
RE	-2.4964 e-03 (-1.1505)	-1.2853 e-02*** (-3.8692)	1.9341 e-03 (0.8957)
VS	-2.3196 e-03* (0.048349)	-1.4095 e-03 (-1.2751)	-5.4762 e-04 (-0.4957)
TC	-9.6532 e-06** (-2.6146)	6.4935 e-06 (1.7928)	4.9318 e-06 (1.3488)
TX	6.4545 e-02** (2.9251)	2.8493 e-02 (1.4007)	3.3554 e-02 (1.6279)
R-Squared	0.033272	0.21958	0.18264

注）表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が1% 有意，**が5% 有意，*が10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値はt 値である。

表8においては、モデル1のみ高い環境意識の存在と環境技術について、係数が有意にマイナスとなっている。これは、高い環境意識の存在と環境技術の選択がNO_x排出の削減に有効であることを示している。また、このような結論が発展途上国も対象としたデータセットにおいてもあてはまることを意味している。さらに、モデル2において、先述のように、環境保全に関連するとも考えられる再生可能エネルギー消費率について、係数が有意にマイナスになっており、再生可能エネルギー消費率の上昇がNO_xの排出を減少させることを示している。また、化石燃料エネルギーの消費率について、モデル2において有意にマイナスになっている。Miller and Vela (2013), Mardonesa and Camillo (2019) と Ghazouani et al. (2021) などの先行研究において、すべて化石燃料エネルギーの消費率を説明変数として用いていないため、具体的な比較はできない

が、予想に反する結果となった。

その他、一人当たり国内総生産について、係数が有意にマイナスとなっている。環境クズネットワークの存在を想定すると、この結果は、先進諸国のように GDP の大きな国には妥当することが予想されるが、NO_x に関しては発展途上国を含むデータにおいても妥当することが示された。また、環境関連税について、モデル 1 が有意にプラスになっている。これは、発展途上国の環境税の平均的税収が先進国と比較して、半分程度とかなり低くなっており、NO_x の排出量削減に対して有効な水準となっていない可能性がある。さらに、都市人口比率について、モデル 2 において有意にマイナスになっている。ここでは UP として都市人口比率を用いているが、先行研究においては、都市人口自体を説明変数として扱っていることが、このような差をもたらした原因の一つかもしれない。

以下では、これらの分析結果をより詳細に検討するために、先進国モデルと発展途上国モデルについて分析結果を見てゆこう。

先進国における CO₂ 排出に与える影響分析に関しては、結果は下の表 9 の通りである。

表 9 各変数が CO₂ に与える影響（先進諸国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	11.91423325*** (9.8122)		1.2126 e+01*** (13.9920)
GDPC		-1.1163 e-05** (-2.6322)	-1.2143 e-05** (-3.1958)
UP		-2.8485 e-03 (-0.2108)	
FE		4.6187 e-02** (3.1270)	
RE	-0.16436867*** (-15.0622)	-1.1615 e-01*** (-7.2151)	-1.5169 e-01*** (-13.1169)
VS	0.00229659 (0.4203)	5.9707 e-03 (1.0876)	3.0156 e-03 (0.5566)
TC	-0.00248740*** (-4.9165)	-2.4860 e-03*** (-4.9593)	-2.3372 e-03*** (-4.6379)
TX	-0.17014442 (-1.8078)	-1.9010 e-01* (-2.0055)	-2.1904 e-01* (-2.3087)
R-Squared	0.45357	0.48905	0.47535

注) 表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が 1% 有意、**が 5% 有意、*が 10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値は t 値である。

表 9 においては、再生可能エネルギーの消費率と環境技術について、3 つのモデルとも有意にマイナスとなっている。このように、再生可能エネルギーの消費率と環境技術の選択が先進諸国

における CO₂ の排出削減に有効であることを示している。この結果は、基本的にヨーロッパ諸国を対象とした Miller and Vela (2013) や Ghazouani et al. (2021) などと整合的であると考えられよう。先進諸国においては環境技術を通じた環境政策が、地球温暖化対策に焦点をあてて設計、運用されていることを示していると言えよう。また、環境関連税について、モデル 2 とモデル 3 において有意にマイナスになっており、環境関連税の上昇が CO₂ の排出削減に有効であることが明らかになった。そのほか、化石エネルギー消費率について、モデル 2 について有意にプラスになっている。ただし、環境意識の高い消費者の存在に関する環境意識について、係数がプラスになっている。この結果は予想と大きく反しているが、先述のように、データセットにおいて、先進諸国の中でも CO₂ の排出レベルが相対的に高い欧州諸国などにおいて、同時に環境意識指数が高いことを示しており、このことと関連しているかもしれない。

最後に、一人当たり GDP については係数が有意にマイナスとなっており、環境クズネットカーブの存在を示唆していると考えることができよう。また、化石燃料消費率の係数がプラスとなっており、事前の予想に一致している。

発展途上国における CO₂ 排出に与える影響分析に関しては、結果は下の表 10 の通りである。

表 10 各変数が CO₂ に与える影響（発展途上国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	4.04072521*** (5.7221)		4.7272 e+00*** (7.5867)
GDPC		1.3505 e-04*** (11.0685)	1.4278 e-04 *** (11.9602)
UP		4.1081 e-02** (2.7117)	
FE		-1.9358 e-04 (-0.0136)	
RE	-0.11806518*** (-10.7244)	-9.7108 e-02*** (-6.0047)	-1.1202 e-01*** (-10.7355)
VS	0.01700487** (3.0332)	-1.3949 e-02* (-2.4980)	-1.0340 e-02 (-1.9109)
TC	0.00399146*** (8.3129)	2.8950 e-03*** (6.6613)	3.1569 e-03*** (7.5310)
TX	-0.27099006* (-2.4526)	-1.9189 e-01* (-2.0304)	-1.9313 e-01* (-2.0316)
R-Squared	0.33487	0.52167	0.52353

注) 表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が 1% 有意、**が 5% 有意、*が 10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値は t 値である。

表 10 においては、再生可能エネルギーの消費率と環境関連税について、3 つのモデルとも有意にマイナスとなっている。このように、再生可能エネルギーの消費率と環境関連税が発展途上

国における CO₂ の排出削減に有効であることを示している。発展途上国においても環境関連税を通じた環境政策が、地球温暖化対策に焦点をあてて設計、運用されていると理解できよう。また、一人当たり国内総生産と都市人口率の係数が、モデル 2 において有意にプラスとなっている。これは、典型的な発展途上国型の結論といえるであろう。また、環境技術について、3 モデルとも有意にプラスになっている。この結果は、予想に反するものであるが、データセットにおいて、中国、マレーシアなどの発展途上国の中でも比較的高い経済成長を遂げていて、エネルギー排出効率がある程度高く環境技術指数が高いが、一人当たりの排出量が逆に大きくなっている国が存在することと関連するかもしれない。そして、環境意識の高い消費者の存在に関する環境意識について、モデル 2 においては、係数が有意にマイナスになっている。ところが、モデル 1 において係数が有意にプラスになっている。この結果は予想に反しているが、データセットでは、環境保全が必要と回答した人のパーセンテージをみると、発展途上国においても先進国と比べて遜色ないほど高いが、そのような環境意識が CO₂ の排出削減にまだ結びついていないことを意味していると思われる。

先進国における NO_x 排出に与える影響に関しては、結果は下の表 11 の通りである。

表 11 各変数が NO_x に与える影響（先進諸国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	1.5926 e+00*** (5.7111)		
GDPC		-1.2259 e-05*** (-8.0168)	-1.2245 e-05*** (-8.3511)
UP		6.1583 e-04 (0.1083)	
FE		1.4757 e-03 (0.2840)	
RE	-9.8845 e-03* (0.012850)	1.7670 e-03 (0.3176)	6.0960 e-04 (0.1543)
VS	-6.3424 e-03** (-3.1142)	-4.6405 e-03* (-2.3997)	-4.7576 e-03* (-2.5115)
TC	-6.5347 e-05*** (-6.5160)	-2.7065 e-05* (-2.1473)	-2.6099 e-05* (-2.4794)
TX	7.4346 e-02* (2.1137)	3.3257 e-02 (0.9909)	3.2783 e-02 (0.9921)
R-Squared	0.16903	0.30025	0.30005

注) 表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が 1% 有意、**が 5% 有意、*が 10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値は t 値である。

表 11 においては、環境意識と環境技術について、3 つのモデルとも有意にマイナスとなっている。このように、環境意識と環境技術が先進諸国における NO_x の排出削減に有効であること

を示している。この結果は、事前の予想通りのものであり、環境意識の存在と環境技術の選択がCO₂の排出削減ばかりでなく、深刻な産業公害の一つともいえるNO_xの排出削減に対しても有効であることを意味している。また、モデル1において、再生可能エネルギー消費率の係数が有意にマイナスになっており、NO_xの排出削減に対して有効に働いていることがわかる。ところが、環境関連税については、モデル1において有意にプラスとなっており、予想に反する結果が得られている。

また、先述のように、一人当たり国内総生産について、有意にマイナスとなっている。この結果は、環境クズネッツカーブの存在を想定すれば、予想と一致するものである。その他、都市人口比率と化石燃料エネルギーの消費率について符号がプラスになっているが、有意ではなかった。

このように、NO_xの排出に関する環境政策の有効性については、近年、1国を対象とした研究を除いてほとんど見られないが、このような結果は、CO₂排出に関する影響分析を行った多くの結果とは異なるものであることがわかった。先進諸国におけるNO_xの排出削減に有効な政策は、環境技術の選択と再生可能エネルギーの消費促進であると考えられる。

発展途上国におけるNO_x排出に与える影響に関しては、結果は下の表12の通りである。

表12 各変数が^a NO_x に与える影響（発展途上国）

	Model 1	Model 2	Model 3
C	5.3392 e-01* (2.3698)	4.9219 e+00*** (11.6159)	5.6121 e-01* (2.4188)
GDPC		8.0468 e-06** (2.8029)	-1.2245 e-05*** (-8.3511)
UP		-1.4005 e-02*** (-4.6513)	
FE		-3.4211 e-02*** (-11.7618)	
RE	5.7284 e-03** (2.6903)	-2.8103 e-02*** (-8.6968)	6.0960 e-04 (0.1543)
VS	2.7533 e-04 (0.2321)	-1.3340 e-03 (-1.1504)	-4.7576 e-03* (-2.5115)
TC	2.5723 e-06 (0.8374)	-1.0119 e-06 (-0.3460)	-2.6099 e-05* (-2.4794)
TX	1.4861 e-02 (0.6332)	-2.1762 e-03 (-0.1107)	3.2783 e-02 (0.32181)
R-Squared	0.021425	0.31318	0.024105

注) 表のアスタリスク*は有意水準を表している。有意水準に関しては、***が1% 有意, **が5% 有意, *が10% 有意であることを示している。なお、括弧中の値はt 値である。

表12においては、一人当たり国内総生産は有意にプラスとなっており、これは先述の仮説と

一致している。また、再生可能エネルギーの消費率の係数が、モデル2において有意にマイナスとなっている。再生可能エネルギーの消費率の上昇が、発展途上国においても NO_x 排出の削減のために有効であることがわかった。ところが、環境関連税に関しては有意な結果が得られなかった。さらに、環境意識と環境技術の係数が、モデル3のみ有意にマイナスとなっている。これは環境意識と環境技術が発展途上国における NO_x の排出削減に有効であることを示している。この結果は、環境意識の存在と環境技術の選択が CO_2 の排出削減ばかりでなく、深刻な産業公害の一つともいえる NO_x の排出削減に対しても有効であること、また、このような結論が発展途上国も対象としたデータセットにおいてもあてはまることを意味している。

その他、化石燃料エネルギーの消費率について、モデル2において有意にマイナスになっている。また、都市人口比率について、モデル2において有意にマイナスになっている。先述のように、ここではUPとして都市人口比率を用いているが、都市人口比率の高い中国、マレーシアなどのような発展途上国において、 NO_x 排出比率が低い傾向が見られている。したがって、都市化の進む国のほうが、公共交通の発展などの理由から都市の効率化により NO_x 排出量が低くなる可能性があるものと考えられよう。

前述の分析結果をまとめてみると、下の表13になる。

表13 パネル重回帰分析の結果

	CO_2			NO_x		
	先進国 + 途上国 (36)	先進国 (18)	途上国 (18)	先進国 + 途上国 (36)	先進国 (18)	途上国 (18)
GDPC	—	—	+	—	—	+ (M2), — (M3)
UP	+		+			—
FE		+		—		—
RE	—	—	—	— (M2)	— (M1)	+ (M1), — (M2)
VS	+		+ (M1), — (M2)	— (M1)	—	— (M3)
TC		—	+	— (M1)	—	— (M3)
TX		— (M2, 3)	—	+ (M1)	+ (M1)	

注) M1はモデル1, M2はモデル2, M3はモデル3とする。また、有意なもののみ符号を記入している。

まず、 CO_2 に与える影響において、先進諸国および発展途上国の結果と先進諸国の結果とが比較的に近いものとなっている。特に、再生可能エネルギーの消費率について、3つモデルともマイナスになっていて、 CO_2 の排出量削減に対して有効であることが明らかになった。また、先進

諸国の環境意識に関して、予想と反する結果が得られているが、先述のように、欧州諸国など一人当たり CO_2 排出量が比較的多い国において、同時に環境意識に関しても高い値を示しており、これらの国々においては環境意識が必ずしも CO_2 排出削減に結びついていないことを意味していると考えられる。他方、発展途上国の結果は、先進諸国や全体のそれとは大きく異なっている。発展途上国において環境技術の係数がプラスになっていて、予想に反するものであるが、先述のように、中国、マレーシアなどのエネルギー排出効率がある程度高いが、一人当たりの排出量が逆に大きい国がいくつか見られることが原因と考えられる。また、環境関連税についてマイナスとなっており、発展途上国においても環境税が CO_2 の排出量削減に対して有効となっていることが分かった。

次に、 NO_x に与える影響においては、まず、環境技術と再生可能エネルギー消費率の係数が有意にマイナスになっており、いずれも NO_x の排出削減に対して有効に働いていることがわかる。逆に、都市人口比率について、発展途上国においては、マイナスになっているが、都市人口比率の高い中国、マレーシアなど国のほうが、公共交通の発展などの理由から NO_x 排出量が低くなる可能性がある。ところが、先進諸国に関する結果は、発展途上国や全体のそれとは異なっている。環境意識の高い消費者の存在、環境技術と再生可能エネルギー消費率については係数がマイナスになっており、一定の排出削減効果が確認された。ところが、環境関連税の排出削減効果については、先進諸国のケースでは、示すことができなかった。先進諸国の環境関連税は CO_2 の排出削減に有効であるが、 NO_x の排出削減には必ずしも有効なものとは言えないと考えられる。

5 結論と政策的インプリケーション

本論文では、環境政策の有効性に関して、World Bank Open Data などの公表データを用いて、 CO_2 と NO_x の排出を取り上げ、先進諸国と発展途上国を含む国際パネルデータに基づいて、新たに環境技術の選択や環境意識の高い消費者の存在などの影響を踏まえながら、計量経済学的に検証した。その結果、以下のような結論を得た。

第1に、再生可能エネルギーの消費率の上昇に関しては、発展途上国の NO_x 排出を除くすべてのケースにおいて、係数は有意にマイナスとなり、 CO_2 に加えて NO_x の汚染排出削減に対しても有効であることがわかった。また、環境関連税は先進国や発展途上国の CO_2 削減に有効であり、環境技術の選択は先進国の NO_x 削減に有効であることが示された。

第2に、環境意識の高い消費者の存在に関する環境意識に関しては、ほとんどのケースにおいて有意な結果が得られなかった。また、先進国の CO_2 排出削減のケースにおいては、結果は予測と大きく異なるものであった。他方、再生可能エネルギー消費率に関しては、発展途上国の CO_2 排出に関するケースを除くすべてのケースについて有効となっており、 CO_2 と NO_x の排出削減に有効であることが明らかになった。

ところで、再生可能エネルギーは一般的に化石エネルギーより高価であることを考慮すると、その消費率が高い国は、消費者の環境意識が高いことや、環境政策への取り組みが進んでいることを示しているとも考えられよう。このように、各国の環境意識に関する指数は、CO₂やNO_xの削減に対して直接的な効果を示していないが、再生可能エネルギーの消費率を通じて排出削減に働いていると考えることができるかもしれない。

これらの結論の政策的インプリケーションとしては、まず、環境関連税は総じて排出削減に対して有効であるが、先進国におけるNO_x排出のさらなる削減、発展途上国における地球温暖化対策としてのCO₂排出の削減のためには、より効果的な課税標準や制度の検討が重要であろう。次に、高い環境技術の導入、先進国においても発展途上国においてもCO₂やNO_xの削減に有効であり、産業公害ばかりでなく、地球規模の温暖化問題に対しても有効であるといえよう。ところが、汚染物質の排出が少ない環境技術の導入には生産コストの上昇が不可避的に伴うことから、CSR企業などの増加により環境に配慮した技術選択が進むことや、消費者の環境意識が高まるが必要となるであろう。また、発展途上国の持続可能な経済発展のためには、FDIにもなって環境技術も同時に移転されることが有効であろう。さらに、再生可能エネルギー消費の促進は、先進国においても発展途上国においても、また、CO₂の削減においてもNO_xの削減においても有効であり、その消費率を高めるためには、消費者の環境意識の高まりやいっそうの環境政策の取り組みが必要である。

最後に、残された課題として、于(2020, 2022)におけるもう一つの焦点であった、産業の寡占度や競争性が、環境政策の効果に与える影響の検証は興味深い問題であろう。経済の国際化にともない、発展途上国においても厳しい輸出競争に直面しており、これは主要な輸出産業の競争性や産業集中度が環境政策の有効性に対して大きな影響をもたらしていることが予想される。このような観点からの研究を進めることも、発展途上国の経済成長の持続可能性を高める政策のためには有効であると考えられる。

参 考 文 献

- Andreoni, V. (2019) "Environmental taxes: drivers behind the revenue collected," *Journal of Clean Prod.*, Vol.221, pp.17-26.
- Bansal, S. and Gangopadhyay, S. (2003) "Tax subsidy policies in the presence of environmentally aware consumers," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.45(2), pp.333-355.
- Borožan, D. (2019) "Unveiling the heterogeneous effect of energy taxes and income on residential energy consumption," *Energy Policy*, Vol.129, pp.13-22.
- Conrad, K. (2005) "Price competition and product differentiation when consumers care for the environment," *Environmental and Resource Economics*, Vol.31(1), pp.1-19.
- Espinola-Arredondo, A. and Zhao, H. (2012) "Environmental policy in a linear city model of product differentiation," *Environment and Development Economics*, Vol.17(4), pp.461-477.
- García, A., Leal, M. and Lee, S. H. (2018) "Time-inconsistent environmental policies with a consumer-friendly firm: Tradable permits versus emission tax," *International Review of Economics*, Vol.58, pp.523-537.

- Ghazouani, A., Jebli, M. B. and U. Shahzad (2021) "Impacts of environmental taxes and technologies on greenhouse gas emissions: contextual evidence from leading emitter European countries," *Environmental Science and Pollution Research*, Vol.28, pp.22758-22767.
- He, P., Ning, J., Yu, Z., Xiong, H., Shen, H. and Jin, H. (2019) "Can environmental tax policy really help to reduce pollutant emissions? An empirical study of a panel ARDL model based on OECD countries and China," *Sustainability*, Vol.11 (16), pp.43-84.
- He, P., Chen, L., Zou, X., Li, S., Shen, H. and Jian, J. (2019) "Energy taxes, carbon dioxide emissions, energy consumption and economic consequences: a comparative study of nordic and G 7 countries," *Sustainability*, Vol.11, pp.1-17.
- Leal, M., García, A. and Lee, S. H. (2018) "The timing of environmental tax policy with a consumer-friendly firm," *Hitotsubashi Journal of Economics*, Vol.59, pp.25-43.
- Mardonesa and Camillo (2019) "Effectiveness of local air pollution and GHG taxes: The case of Chilean industrial sources," *Energy Economics*, Vol.83, pp.491-500.
- Mäler, K. G. and Vincent, J. R. (2003) *Handbook of Environmental Economics: Environmental Degradation and Institutional Responses*, North Holland.
- Miller, S. and Vela, M. (2013) "Are environmentally related taxes effective?" *IDB Working Paper*, No.IDB-WP-467.
- Mohtasham, J. (2015) "Review Article-Renewable Energies," *Energy Procedia*, Vol.74, pp.1289-1297.
- OECD (2021) OECD database. Available at: <https://data.oecd.org/> (2021 年 6 月 14 日閲覧)
- Peng, J. T., Wang, Y., Zhang, X., He, Y., Taketani, M., Shi, R. and Zhu, X. D. (2019) "Economic and welfare influences of an energy excise tax in Jiangsu province of China: a computable general equilibrium approach," *J Clean Prod*, Vol.211, pp.1403-1411.
- Pigou, A. C. (1920) "The Economics of Welfare," Macmillan, London U. K.
- Sen, S. and Vollebergh, H. (2018) "The effectiveness of taxing the carbon content of energy consumption," *J Environ Econ Manag*, Vol.92, pp.74-99.
- UNCTAD (2021) UNCTAD database. <https://unctad.org/> (2021 年 9 月 30 日閲覧)
- WVS (2021) WVS database. <https://worldvaluessurvey.org/> (2021 年 12 月 8 日閲覧)
- 于新志 (2020) 「非同質的なクールノー寡占における環境技術の選択と環境政策および環境意識の高い消費者が存在する意義」(日本環境経済・政策学会 2020 年度大会報告論文)。
- 于新志 (2022) 「自由参入のクールノー寡占と環境政策及び公的企業の役割」『経済学論集』龍谷大学経済学会 第 61 巻第 1・2 号 13-31。

(受付 2021 年 11 月 11 日)