

◆ 投稿論文 ◆

日本の 2050 年温室効果ガス 80% 削減に向けた 炭素税・グリーン税制改革の経済影響評価 ：E3ME マクロ計量経済モデルを用いた評価

李 秀 澈（名城大学）

Unnada Chewpreecha（Cambridge Econometrics）

朴 勝 俊（関西学院大学）

1. 序章

日本は、第4次環境基本計画において2050年までに80%削減という温室効果ガス排出削減目標を表明しており、この目標は2018年4月に閣議決定された第5次環境基本計画にも引き継がれている¹⁾。このような大幅な排出削減を実現するためには、構造的な変化を伴う大胆な対策が必要と考えられる。そのためには、将来的なビジョンとして大幅な低炭素化が可能である事を社会全般に広く浸透させる必要がある。低炭素化を実現する手段の一つとして、炭素税など炭素価格制度を導入することの有効性が、欧州諸国や世界銀行をはじめ、国際的に広く認識されている。

本研究の目的は、日本の2050年温室効果ガス80%削減に向けた経済的措置として炭素税に着目し、炭素税・グリーン税制改革、すなわち炭素税収を既存の税の減税に活用する税制改革が、経済および電源構成、主要産業に及ぼす影響を、大規模グローバルマクロ計量経済モデルにより明らかにすることである。本研究における「炭素税」は、現行の温暖化対策税の税率（最終税率289円/t-CO₂）や、それ以前に政府で議論されてきた低い税率（たとえば655円/t-CO₂）ではなく、2050年80%削減へ向けて必要になるより高い税率が想定される。北欧や西欧など、価格効果が期待できる高税率の炭素税を既に導入した国の

多くは、企業の法人減税などの減税措置と併せたいわゆるグリーン税制改革を実施している。これは、CO₂排出削減と経済的便益を同時に追求する政策として注目されている。

本研究の政策シナリオは、端的に言えば、炭素税・グリーン税制改革の導入に、原子力発電（原発）のフェーズアウトを加えたものである²⁾。日本では、政府の第4次エネルギー基本計画で2030年の発電量に占める原子力発電の比率（原発比率）が20～22%に設定されたことに対して、その実現可能性について疑問の声が上がっている。なぜなら運転開始から40年を超えた原発の運転期間を延長させたり、新規の原発を建設したりしなければこの割合は達成できないためである。本分析のベースラインに用いたIEEJ（2017）の想定では、原発比率は2030年には12.8%とやや抑制的になっているが、2050年においても10.9%の水準を保つ。それに対して本研究の政策シナリオでは、原発の新規建設は無しとし、2017年末時点で再稼働申請を行った25基の最大限の稼働を想定するが、これらは稼働年数40年で随時廃止されてゆくものとする。この原発稼働プランによれば、原発のシェアは2023年頃から激減し、2050年にはゼロとなる。本研究では、これに伴って起こりうる化石燃料消費や温室効果ガス排出量の増加も、炭素税の効果によって抑制するという、その可能性を探ってみた。

アジアで初めてE3MEモデルにより本格的に低炭素経済分析を行ったのは、Lee et

al. (2012) であると言える。ここでは、日本が鳩山政権時代に国際的に約束した 2020 年温室効果ガス 25% 削減を達成するために、必要な炭素価格を求め、これが炭素税として導入された場合の経済効果を推定した。Lee et al. (2017) では、日本がパリ協定の 2030 年 NDC 目標（「自国が決定する貢献」の目標）を達成するために必要な炭素税率を求め、炭素税収を本研究と同様に既存の税の減税財源として活用する炭素税・グリーン税制改革を行った際に、マクロ経済や所得分配にもたらされる影響に関する分析を行った。そして、小嶋ほか (2018) は政府の「長期低炭素ビジョン」³⁾ の方向性に合致した 2030 年までのグリーン税制改革パッケージを、E3ME モデルのシミュレーション結果を用いて提案した。

これらに比べて、本研究では、視野を 2030 年 NDC 目標だけでなく、2050 年にまで広げている。そして、炭素税・グリーン税制改革によって生じる GDP や雇用、貿易（国際競争力）への影響だけでなく、2050 年までの脱原発を想定した電源構成と、産業別の二酸化炭素排出量や生産量に至るまで、幅広く考察を行っている。2050 年を目標とすれば、いわゆるグリッドパリティを達成した再生可能エネルギーのさらなるコストダウンや、様々な分野での低炭素技術革新の普及が見込まれるため、2030 年よりは社会の低炭素ビジョンが描きやすくなる。

その際に、Lee et al. (2017) の分析に用いられた、雇用創出や遊休資本活用などの需給ギャップ分析に優れ、EU や IPCC でエネルギー・気候変動政策分析に重用されてきた「E3ME (Energy-Economy-Environment Macro-Econometric model)」と呼ばれるマクロ計量経済モデルを、本研究の分析にも採用している。分析結果に基づき、日本の 2050 年脱炭素社会目標達成に向けた炭素税・グリーン税制改革に関する政策ビジョンを示したい。

以下、第 2 節では本研究の分析に用いる E3ME モデルの概要説明と政策シナリオ設定を行い、第 3 節では 2050 年温室効果ガス 80% 削減に向けた炭素税・グリーン税制改革

の E3ME モデルによる経済影響分析の結果を記述・検討し、第 4 節で結論を述べる。

2. E3ME モデルの概要とシナリオ設定

2.1 E3ME モデルの概要

E3ME モデルは、世界の経済、エネルギー・システム、環境を統合したコンピューターベースのモデルである。1970 年代初め頃ケンブリッジ大学で開発され、現在は欧州委員会などヨーロッパだけでなく世界中で政策評価や将来予測、研究などの目的に広く用いられている。E3ME グローバル版は、世界を 59 の地域に分類しており、その中では G20 の全参加国および EU 加盟国、日本、中国、韓国、台湾など東アジア諸国も明示的に含まれている⁴⁾。最終エネルギー需要については、それらが経済活動量、相対価格および技術によって決定されるという定式化のもとで、計量経済学的手法で推定された方程式が用いられている。

E3ME モデルは、分析対象国の詳細な産業分類がなされた国民所得勘定を用いて構築されている。さらに、計量経済モデルにリンクされたエネルギーモデルによって、エネルギー需要および CO₂ などの環境負荷物質排出量を算出する。労働市場も詳細にカバーしており、失業に関わる推定も可能である。E3ME の方程式体系には、国別・部門別に、GDP の構成要素（消費、投資、国際貿易）、各種価格、エネルギー需要、主要鉱物資源需要を求める方程式が含まれている。E3ME モデルは、1970 年から 2016 年までの時系列データベースに基づいて方程式が推定されており、予測は 2050 年まで 1 年ごとに行うことができる。ヨーロッパ以外の主なデータソースとしては、国連、OECD、世界銀行、IMF、ILO および各国の統計が用いられている。データ間のギャップは専用のソフトウェアアルゴリズムを用いて調整・補完されている。

最新バージョンの E3ME モデルの大きな特徴は、FTT (Future Technology Transitions;

(Mercure et al. 2012)) モジュールを導入したことにより、24の電源種別 (FTT:Power) (Mercure et al. (2012)) と25の自動車種別 (FTT:Transportation) (Lam et al. (2018)), そして13の建築内の熱利用種別 (FTT:Heat) (Knobloch et al. (2016)), 鉄鋼部門 (FTT:Steel) (Vercoulen et al. (2018)) について、ボトムアップ方式で将来の技術選択のシミュレーションが可能なことである。E3MEはグローバルモデルであるが、特に現在では、東アジアの気候変動政策を評価するツールとして確立している⁵⁾。東アジアにおける既存のE3MEの応用例には、日本の炭素税・グリーン税制改革に関する評価 (Lee et al. (2012)) や、日本の将来の電源ミックスに関する評価 (Pollitt et al. (2014)) などがある。同モデルに関するさらなる情報および、その他の関係する応用例は、Lee et al. (2015) に記載されている。

2.2 シナリオ設定

2.2.1 ベースラインシナリオ (BAU)

本研究のためのE3MEモデル分析の基準となるベースライン (BAU: Business as Usual) として、日本エネルギー経済研究所 (IEEJ) の「アジア／世界エネルギーアウトルック2018」 (IEEJ 2017) のレファレンスケースを採用した。IEEJのアウトルックをベースラインに採用したのは、例えば政府のエネルギー需給見通しでは燃料別エネルギー需要が2030年度までしか明示されておらず、GDP等の経済指標も十分に得られないのに比べ、2050年までの詳細な経済・エネルギー指標が得られるものが、IEEJのものにおいて他に見いだし難いからである。IEEJ (2017) のレファレンスケースでは、日本のGDPは、2030年に6.9兆米ドル、2050年に8.2兆米ドルに増加するが、エネルギー起源CO₂排出量は2015年比で2030年には10.8%減少、2050年には22.9%減少する。そして、日本の電源ミックスは、化石エネルギーによる火力発電が2030年に67.4%、2050年には63.8%となり、2030年と2050年の割合はさほど変わっていない。これが、IEEJ (2017)

のレファレンスケースで、2050年CO₂排出量の削減が22.9%にとどまっている大きな要因の1つと言える。そして、原発比率は2030年には12.8%、2050年には10.9%と想定されており、特に2030年は政府のエネルギー計画上の20～22%よりかなり低いが、2050年にも相当数の原発が存在する。再生可能エネルギー発電の割合は、2030年に19.8%、2050年に25.3%と、あまり伸びていない。

2.2.2 政策シナリオ

本分析の政策実験となるシナリオ (政策シナリオ) では、原発フェーズアウトを伴う日本単独の炭素税・グリーン税制改革の効果を評価する。すなわち、2050年までに原発をゼロにしつつ、温室効果ガスの80%削減目標達成に向けて、段階的に排出量を削減すべく、毎年の炭素価格 (本研究では炭素税率) を決定するのである。同じ炭素税率で、全ての化石燃料に炭素税が課され、その税収を他の税の減税等で経済に還元するケースが想定されている。炭素税は全ての部門の化石燃料消費に課されるが、現実の政策で用いられるものよりもやや単純化されている。現実には、政府がいったん炭素税率を定めると税率は長期的に変更されず、また、欧州諸国の環境税制改革の例を見ても、一部の産業部門等に減免措置などがとられる場合が多い。しかし本研究の政策シナリオでは、すべての部門で消費される化石燃料に対して、炭素含有量に応じて同じ税率の炭素税が課されるものとし、削減目標に向けた毎年の排出経路が概ね達成できるように、毎年の炭素税率を計算するのである⁶⁾。また温室効果ガスの排出削減目標と呼ばれるものは、実際にはメタンやフロン類を含む全ての温室効果ガスを対象とするものであるが、本研究のモデル分析ではCO₂の排出量と削減目標のみを用いて炭素価格の計算を行っている。言い換えれば、脚注1で示したように日本におけるCO₂以外の温室効果ガス排出量もCO₂排出量と同様の割合で減少すると想定していることになる⁷⁾。

本政策シナリオの炭素税の税収は、日本政

府が追加税収として利用できるものとして扱われている。日本政府が炭素税収を経済に還元する方法として、3つの方法が想定されている。すなわち炭素税収を消費税減税で還元（S1）、所得税減税で還元（S2）、企業の雇用関連社会保障負担軽減で還元（S3）の3つが政策シナリオとして設定されている（表1）。S3は、企業の労働コストを引き下げる還元策を意味する。ここで、税収を全額、税収還元の財源として使わず、その一部（4%）⁸⁾をエネルギー効率投資に回し、その残り（96%）を税収還元の財源として投入するものとする。これによって、炭素税による価格上昇に対する民間の対応として想定される以上に、政策的にエネルギー効率化を促進するとともに、炭素税率が高くなりすぎることを防ぐのである⁹⁾。

本分析の政策シナリオでは、2050年の原発ゼロに向けて、原発については次のように想定する。原発シェアを外生変数とみなし、原発の新規建設は無しとし、2017年末時点で再稼働申請を行った25基の最大限の稼働を想定するが、これらは稼働年数40年で随時廃止されてゆくものとする（これをREEPSケースとする）¹⁰⁾。この原発稼働プランによれば、原発のシェアは2023年頃から激減し、2050年にはゼロになると想定される。この想定のもとで、2050年に80%の温室効果ガス削減目標を達成する炭素税制改革の経済影響を検証した。

3. E3ME モデルの推定結果

3.1 炭素税率と電源構成

各政策シナリオ別の温室効果ガス削減目標達成のための炭素税導入開始は2021年とし、2050年にかけて、80%削減目標の達成に向けて、毎年の税率が段階的に引き上げられるという設定となっている。炭素税率は、2021年にはどのシナリオでも二酸化炭素1トン当り、21.1 US\$であるが2030年には80.2～81.8 US\$、2040年には184.5～189.6 US\$、2050年には383.1～394.6 US\$とシナリオによって若干の差が現れた。これは、炭素税の税収還元シナリオによって経済への影響が異なり、比較的良好な経済影響をもたらす税収還元策の場合には、温室効果ガス削減目標を達成するために必要な炭素税率がわずかに高くなるからである。

図1は、ベースラインの2050年までのCO₂排出量推移と、2050年の80%削減目標を達成するという前提でE3MEモデルによって推定されたCO₂排出量の推移（シナリオS1）を比較したものである。また、図内の◆は、2030年日本のNDC目標排出量水準を示したものである。本分析では、2050年80%削減のためのCO₂排出経路は概ね直線的かつ段階的に削減されるものと設定したので、2030年には自然とNDC目標を下回るこ
とが分かる¹¹⁾。なお、この図にあえて表示し

表1 政策シナリオの設定

シナリオ名	温室効果ガス削減目標	エネルギー効率投資	原発稼働	税収の還元方法
ベースライン (BAU)	なし	なし	IEEJ のレファレンスケース	なし
政策シナリオ1 (S1)	2050年80%削減	税収の4%	REEPS ケース	税収の96%を消費税減税財源として活用
政策シナリオ2 (S2)	2050年80%削減	税収の4%	REEPS ケース	税収の96%を所得税減税財源として活用
政策シナリオ3 (S3)	2050年80%削減	税収の4%	REEPS ケース	税収の96%を雇用関連社会保障費用軽減財源として活用

ないが、シナリオ S2 と S3 の排出経路は S1 とほぼ同じである。

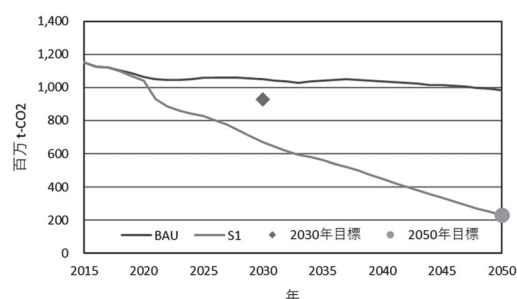


図1 ベースラインおよび政策シナリオ (S1) の CO₂ 排出量経年変化

出所：本研究の E3ME モデル分析により推定。

2030 年の CO₂ 排出量に与える影響をエネルギー利用者別でみると、明らかに発電などのエネルギー転換部門が CO₂ 削減に最も寄与している。発電に使用する石炭の割合はベースラインよりも大幅に低下し、他の化石燃料も絶対量でみて大幅に減少している。割合で見ると、石炭の減少が 2030 年までには天然ガスの増加によって補われているが、それ以降は大半が再生可能エネルギーにより代替されている。その理由として、本モデルでは再生可能エネルギーの普及については、炭素税率の上昇により割安になって普及が進む効果に加えて、普及が倍増するとコストが一定率低下するという学習効果（過去のデータに基づいて設定した率）が組み込まれていることがあげられる（Cambridge Econometrics (2014, p.21)）。

2050 年までの約 30 年間は再生可能エネルギーの大規模投資が広く行われるには十分な期間であり、炭素税率が高くなることにより、未成熟で学習効果の働く余地の大きい再生可能エネルギーは、従来型電源の相当な部分を代替して規模を拡大すれば拡大するほど、経済性が生まれるということである。そのほかの分野では紙・パルプ、鉄鋼などエネルギー集約業種を中心に大幅な削減が予想されている。独特な点は、道路交通分野で大きな削減（-83%）が予想されていることである。これ

は本モデルの FTT:Transportation の分析結果として、2050 年には道路交通分野では電気自動車などの低炭素交通手段へと、大きなシフトが見られるためである。

図 2 には、2030 年のベースライン（IEEJ (2017) のレファレンスケースと同様）とともに、政策シナリオ 1 (S1) のもとでの 2030 年および 2050 年の電源構成が示されている。この政策シナリオでは、発電に使用する化石エネルギーの割合はベースラインと比べて 2050 年に大幅に低下する一方で、再生可能エネルギーの割合は確実に増加している。すなわち、化石エネルギーによる発電は、ベースラインで 2030 年に 68.5%，2050 年には 66.6% となるが、政策シナリオ 1 では 2030 年に 59.3%，2050 年に 39.3% へと大きく縮小する。しかも化石エネルギーの 4 割近くが CCS 付きとなる。一方で、再生可能エネルギー発電は、ベースラインでは、その割合が 2030 年に 18.6%，2050 年に 23.1% と伸び悩むが、政策シナリオ 1 では 2030 年に 29.3%，2050 年に 56.1% へと大きく伸びており、主力電源として定着することになる。その理由は上述のように、炭素税率が高くなるにつれ、再生可能エネルギーの大規模投資が進み、学習効果によってグリッドパリティの達成が早まり、再生可能エネルギーが従来型電源の相当な部分を代替できるほどの経済性が生まれるためだと考えられる。

潜在力に限りのある水力や地熱など一部の再生可能エネルギー発電を除いて、太陽光、風力、バイオマスなどでは、いずれも大きなシェア拡大が予想されている。太陽光は、炭素税導入に後押しされた技術革新と大量導入によるコストダウンの影響により、2050 年においてはベースラインの 2 倍以上に伸びることが予想されている。また陸上風力もシェア拡大が図られており、ベースラインでは 2030 年時点でゼロと見積もられた洋上風力も 2030 年から離陸することになり、2050 年には 4% 台のシェア確保が予想されている。再生可能エネルギーの普及進展や多様な発電技術の創生は、高い炭素税率というエネルギー費用制約の条件の下でも、新たな投資拡大

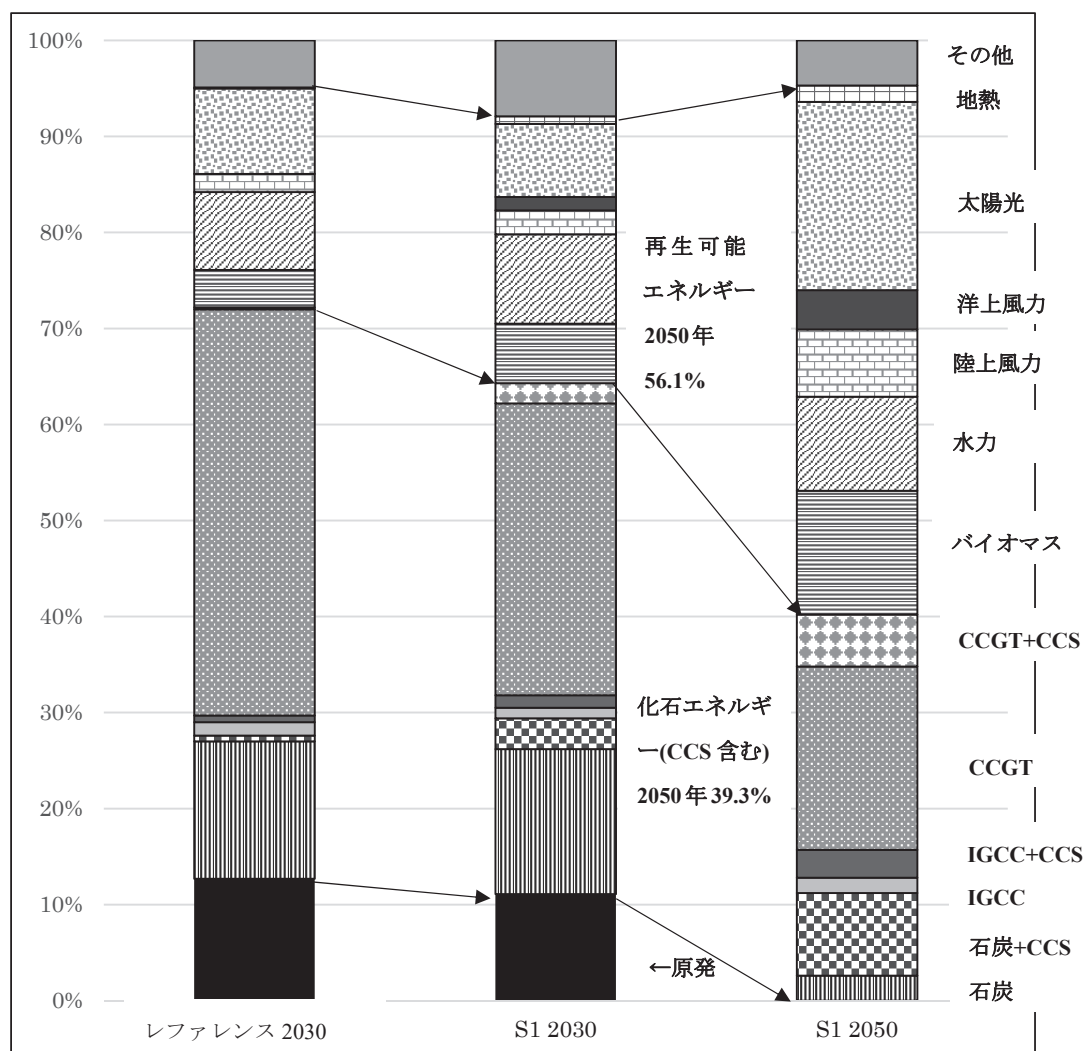


図 2 2030 年および 2050 年の電源構成の推定

注 1：政策シナリオ 1 (S1) ケースで、2050 年電源割合の数値は、上から、石油・その他 4.6%、地熱 1.9%、太陽光 19.8、風力 11.3 (洋上 4.2%、陸上 7.1%)、水力 10%、バイオマス 13.1%、CCGT 23.5% (CCS 含む)、IGCC 4.5% (CCS 含む)、石炭 11.3% (CCS 含む) となる。

注 2：2050 年の総発電量は、電力需要減の傾向が続いた結果、ベースライン (1150TWh) と比べて、S1 で 39.3%、S2 で同じく 39.3%、そして S3 で 39.8% 減少する。

出所：本研究の E3ME 推定による。

と雇用創出効果により経済を活性化させる原動力となりうるのである。

3.2 マクロ経済への影響

3つの政策シナリオについて、需要主導型のマクロ計量モデルである E3ME モデルの

推定結果では、全てのシナリオでベースラインシナリオに比べて GDP 増加が実現された (図 3、表 2)。炭素税により、電力、ガス、石油精製など化石エネルギー集約部門の生産は大きく減少するが、その税収還元効果 (減税による需要押し上げ効果) により、消費財

（単位：ベースラインから乖離推移，％）

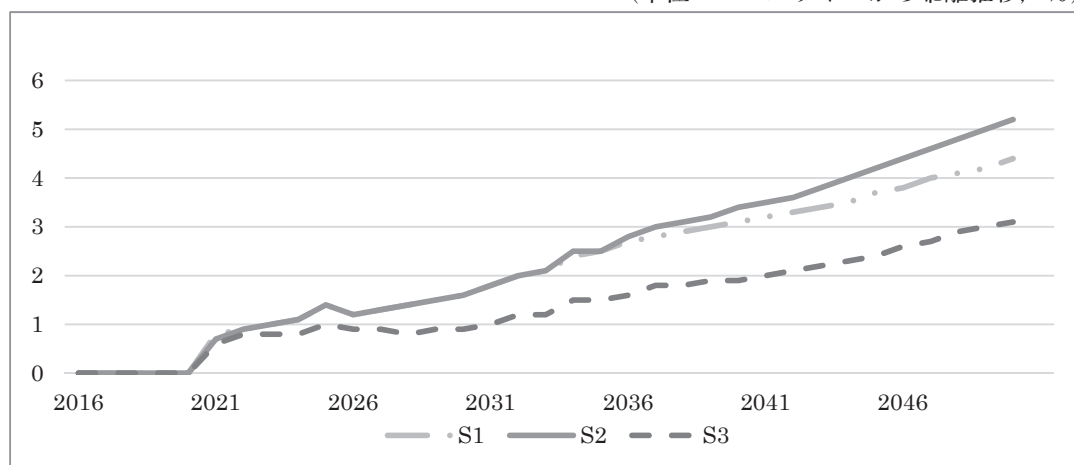


図3 シナリオ別 GDP 影響推移

出所：本研究の E3ME モデル推定による。

表2 シナリオ別日本の経済への影響

（単位：ベースラインからの乖離，％，2010 年価格基準）

	2030			2050		
	S1 消費税 引下げ	S2 所得税引 下げ	S3 労働コスト 引下げ	S1 消費税 引下げ	S2 所得税引 下げ	S3 労働コスト 引下げ
GDP	1.6	1.6	0.9	4.4	5.2	3.1
消費支出	1.6	1.5	0.5	4.6	6	2.9
投資支出	2.8	3	2	5.8	6.4	3.4
輸入	-1.4	-1.5	-2.1	-5	-4.4	-6.5
輸出	0	0	0	0	-0.1	0
消費者物価	-1.8	0.1	0	-4.1	-1.2	-1.7
雇用	0.6	0.6	0.5	1.5	1.7	1.4
CO ₂ 排出量 (MtCO ₂)	681.8	679.9	675.9	225.9	226.1	222.1
炭素税率 (2010\$/tCO ₂)	81.8	80.2	80.3	394.6	383.1	385.1

出所：本研究の E3ME モデル推定による。

やサービスの部門を中心とする経済へのプラス効果が大きく上回るためである。

すなわち，炭素税による GDP の損失が，税収還元による経済へのプラス効果により埋め合わせられるからである。また高率の炭素税により，省エネルギーや再生可能エネルギーに対する投資需要が高くなることも GDP

増加に寄与することになる¹²⁾。一方，発電部門ではコストがかかる再生可能エネルギー技術に投資せざるを得ず，短期的には電気料金が高くなり，電力を消費する産業部門では，投入コストの上昇など産業競争力上マイナスの影響が予想される。しかし，高い炭素税率は低炭素電源への代替や省エネルギー投資を

促進して化石エネルギーそのものへの需要を減らし、同時にエネルギー集約製品に対する需要も大きく減らすうえに、再生可能エネルギー普及を刺激してそのコストダウンを促進するため、長期的にはマクロレベルでのエネルギーコストと物価水準を低く抑えることにつながり、輸出への負の影響も限定される。実際、2050 年までに化石エネルギー消費量が大きく縮小し、化石エネルギーの物価影響が小さくなるにつれ、物価も下落傾向を見せる。

また、本研究の分析結果から、炭素税・グリーン税制改革によって、低炭素社会に向けた産業構造の変化も促進されることが分かった¹³⁾。炭素生産性（付加価値／炭素排出量）の高い産業構造への転換、鉄鋼等の部門におけるリサイクルを中心とした産業内システムの変化、全産業分野でのエネルギー効率性と労働生産性の改善が分析結果に表れている。

ちなみに、3つの政策シナリオの中では、消費税引き下げ効果が大きい政策シナリオ 1 (S1) の物価の下落が顕著である。また、3つの政策シナリオの中で 2050 年の長期において、GDP へのプラス影響が最も大きかったのは、所得税減税への還元シナリオ (S2) であった。これは所得税の減税によって家計の実質可処分所得が直接増える効果があるため、消費支出への刺激が最も大きく現れたのである（モデル上、消費性向や貯蓄率が一定だという制約条件が課されている）。消費税減税シナリオ (S1) の効果も、それと同じぐらい大きい。それに対し、企業の雇用関連社会保障費用軽減シナリオ（労働コスト軽減シナリオ、S3）の GDP 効果が最も小さかった。

注目すべきことに、雇用者の社会保障負担軽減 (S3) は、雇用を促進する意図を持った税収還元方法であるにもかかわらず、この S3 シナリオよりも、消費支出が直接的に刺激され実質 GDP 水準が高まる S1 や S2 の方が、雇用効果も大きくなる。その理由として、E3ME モデルの構造上、生産部門では労働コストが低下しても、その分だけ価格引き下げが行われるわけではなく、利益が増加しても内部留保につながり、必ずしも投資が促進さ

れるわけではないという想定になっていることが挙げられる。言い換えれば、E3ME モデルにおける投資は、加速度原理により、利益よりもむしろ売上に関連づけられているためのである。そのため、売上増につながる需要を直接刺激する税収還元方法の方が、より好ましい結果をもたらすと考えられる。

貿易面においても、化石エネルギーの大幅な消費縮小により、輸入はベースラインシナリオに比べて 2050 年に 4～6% 減少するが、先述の理由により、輸出はほとんど変化が見られなかった。すなわち低炭素経済への大きな進展は諸産業の国際競争力を阻害することはなかった。

ただし所得不平等を表す指標である Gini 係数に関しては、基準年の値が 0.376 なのに対し政策シナリオではいずれも 2030 年で 0.380、2050 年で 0.385 と悪化している。低所得層（5 分位階層の下位 2 階層）は収入に占めるエネルギーコスト（生活必需品）の割合が高い傾向にあるため、炭素税の負担は逆進性を持つためである¹⁴⁾。本研究ではこの問題についてこれ以上深く考察しないが、一般論として、低所得者のエネルギー価格を下げたり炭素税を減免したりするよりも、所得税率構造の調整やベーシックインカムを導入によって公平性を確保する方が、炭素税の逆進性を補正するために望ましいと考えられる。

なお、本研究によって、従来の応用一般均衡モデル (CGE) 等を用いた研究とは異なる独特な結果と知見が示されたのは、筆者らが用いたマクロ計量モデルの特性や想定の違いによるところが大きい。応用一般均衡モデル (CGE) などのミクロ経済志向のモデルでは、生産要素の完全雇用が前提されているのが一般的であり、環境政策の影響は総じて否定的なものとして示されるのが普通である。また税収還元方法としては、消費税よりも、企業の労働コストを高めている税や、資本利益にかかる税を軽減することによって「二重の配当」が生じると論じるものが多い¹⁵⁾。その意味でも、需要側を重視する不均衡のマクロ計量モデルを用いた本研究の分析結果はユニークなものと言える。本研究と、

既存研究を比較する中で、モデルの構造や仮定が結果に及ぼす影響について知識を豊かにし、また政策議論の幅も広くすることができると考えられる。

4. 結論

本研究では、炭素税導入と税収の経済活動への還元、税収の一定部分のエネルギー効率投資への配分を中心とした炭素税・グリーン税制改革により、原発フェーズアウトの下でも、2030年NDC削減目標および2050年温室効果ガス80%削減目標達成とともに、経済成長、雇用などマクロ経済のパフォーマンスがベースラインケースを上回る結果が示された。この主な要因は、エネルギー効率化投資の拡大と省エネルギーの急進展、再生可能エネルギーの学習効果の大きな進展（大量導入によるコストダウン効果）、それによる輸出への限定的な影響、税収還元の消費刺激、そして化石エネルギーの輸入減少などである。

なお、炭素税収の還元策として、GDP刺激効果が最も大きく現れたのは、所得税減税で還元するシナリオ（S2）であった。雇用改善を意図した労働コスト軽減シナリオ（S3）の、GDPや雇用の押し上げ効果は相対的に低い結果となった。その理由は、税収を企業に還元した場合には、内部留保などにより景気刺激効果が低くなるためと考えられる。他方で、炭素税導入に伴う税負担の分配には逆進性が示された。とはいえ逆進性の問題は、炭素税の効果を損なう減免措置よりも、所属税の累進構造の是正やベーシックインカムを導入など、通常の再分配政策によって対処すべきだと考えられる。

なお、本研究の炭素税・グリーン税制改革は、経済にプラスの効果を伴う大幅な低炭素化が可能であることや、貿易上の悪影響が極めて限定的であること、税収還元策としては所得税減税のような直接的な還元策が最も効果的であることなど、従来の応用一般均衡モデル（CGE）等を用いた研究とは異なる独

特な結果と知見が本研究によって示された。これは、筆者らが用いたマクロ計量モデルの特性や、学習効果等の想定によるところも大きい。従って本研究が一般的・普遍的な結論を示したと言うことは難しい。しかし本研究は、従来の研究との比較検討を通じて、エネルギー構造転換をめぐる経済学的知見の拡大に寄与しうるのである。

また、本研究の分析結果からは、2050年までの脱原発・脱炭素化に向けたひとつの政策ビジョンが明確になる。すなわち、炭素税・グリーン税制改革と、脱原発およびエネルギー効率化投資とのポリシーミックスである。中でも炭素税・グリーン税制改革は、エネルギー利用の効率化を強く後押しし、産業構造の大転換を加速化させる役割を担うことになる。政府には、このような方向で、2050年までの脱炭素社会構築を見据えた一貫した政策方針を示し、効果的な政策を打ち出していくことが期待される。これにより低炭素技術、製品、サービスの市場競争力の強化、低炭素イノベーションの加速化に向けた制度の整備、そして自然と共生できる社会の構築が可能であろう。

なお、本研究では、ベースラインで示された以外の低炭素技術の開発・普及が行われないことを前提に、2050年80%削減目標達成のための政策として、炭素税の導入と、若干のエネルギー効率化投資のみを分析に含めた。しかし、それ以外の政策措置や、新たな技術の普及も想定可能である。例えば、電源部門における石炭火力の増設規制や老朽発電所の廃棄促進策や、産業部門における低炭素技術のさらなる進展（例えば鉄鋼部門の水素還元技術など）、交通部門における電気・水素自動車などの普及促進策、ビルや家庭部門での低炭素空調技術の普及促進策については、現在のE3MEモデルで分析が可能になりつつある。これらの技術の開発・普及や、それを促進する規制や補助金などの政策を想定すれば、2050年までに温室効果ガスを80%削減するための炭素税率は、さらに引き下げることができるかもしれない。これらの分析については今後の課題としたい。

追記

本研究の炭素税税制改革政策に関する分析は、平成 29 年度環境省環境経済の政策研究「2050 年までの温室効果ガス大幅削減に向けた経済的措置に関する調査・検討」(研究代表：小嶋公史)の成果の一部である。ここに記して感謝申し上げたい。

注

- 1) 政府は 80%削減の基準となる年次を明示していないが、本研究では、2015 年を比較基準とする。本研究の分析ツールである E3ME モデルでは、モデルの特徴上、エネルギー起源 CO₂ のみが内生的に推計される。2015 年(確定値)を基準として 2050 までに 80%の削減がなされた場合は、2050 年のエネルギー起源 CO₂ 排出量は約 229 百万 CO₂ トンとなる(図 1)。その他の温室効果ガス排出量は CO₂ 排出量と同様の割合で減少するものとみなす。
- 2) 政策シナリオについては、2.2 節で詳述する。
- 3) 第 5 次環境基本計画を受けて、2050 年までの温室効果ガス排出量 80%削減という長期目標を達成すると同時に経済的社会的諸課題を解決するという方向性を打ち出し、パラダイムシフトあるいはシステム転換を必要とする施策の事例を検討した文書のことである。
- 4) E3ME モデルについて、詳しくは、Cambridge Econometrics (2014) を参照。
- 5) E3ME モデルの東アジア版は、本研究の著者が所属されている「東アジア環境政策研究会」と同モデルの開発者であるケンブリッジエコノメトリックスとの共同研究により構築されている。詳しくは、Lee et al. (2015) を参照。
- 6) E3ME モデルでは、一般の CGE モデルが量的目標をちょうど達成する炭素税率を内生的に求めるのとは少し違った Target Run と呼ばれる手続きが取られる。マクロ計量モデル内では炭素税率は外生変数として扱われる。その税率を外部で決めて与えるルーチンを自動化して繰り返し計算し、結果としての排出量と各年の目標値との乖離が十分小さくなったところで、計算を終了し、次の年に進むのである。
- 7) E3ME モデルでは、CO₂ 以外の温室効果ガス

排出については明示的に推定されていないためである。

- 8) 4%という数字は筆者らが妥当と考える比率として設定したものである。ちなみに、ドイツやイギリスの環境税制改革では実施数年後の時点で、年金保険料低減以外の目的で支出されたのは、主に再生可能エネルギー普及やエネルギー効率投資への支援であり、これらの割合は 1 割ないし 2 割であった。エネルギー効率投資だけのデータは特定できなかったが、本研究では控えめに設定した(参考、中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会施策総合企画小委員会, 2004)
- 9) エネルギー効率投資は、E3ME モデルの 19 のエネルギー使用者(たとえば鉄鋼、セメント、製紙など主要エネルギー使用者 19 業種)に対して、エネルギー使用量に比例して配分される。エネルギー効率投資の省エネルギー効果は、IEA (2014) に基づいて、百万米ドルあたり 6,000 toe の省エネルギー効果があるとみなしている。
- 10) この原発稼働プランは、東アジア環境政策研究会(REEPS)の議論の中で、尚絅学院大学の東愛子准教授が計算されている。
- 11) 本研究では、2030 年 NDC 目標達成と、2050 年 80%削減目標達成のための炭素税率が推定されている。ただし日本政府の 2030 年 NDC 目標は、2013 年比 26%削減となっているが、本研究では 2021 年の炭素税導入から 2050 年までおおむね直線的に CO₂ 排出量が削減されると想定しているため、2030 年はベースライン比 34 ~ 35%の削減となっている。本研究では、2030 年にちょうど NDC 目標を達成するために炭素税率を引き下げようような調整はしていない。2030 年に 26%削減にとどめた場合、2030 年から 2050 年の 80%削減までの炭素税率を急激に引き上げる必要が生じ、モデルの計算が不安定になるためである。
- 12) ただし、需要の刺激によって無制限に実質 GDP を高めることはできない。E3ME モデル内で想定される潜在供給力(過去の経済のトレンドに基づく将来の経済の潜在供給力)の制約を受け、総需要がそれを超えそうになると物価が上昇し、需要の増加に制約がかから

れる。

- 13) E3ME モデル分析結果によれば、例えば、2050 年までに石油精製、ガス、電気の生産額はベースライン比で、それぞれ 60%、70%、40% 近く減少するが、高技術・高付加価値産業である機械・エンジニアリング、知識・サービスは、それぞれ 10%、20% ほど増加する。
- 14) 本研究では、所得階層は 5 階層に区分されており、ここでの低所得階層とは下から第 I、第 II 分位の階級である。この階層別所得の計算結果を用いて、Gini 係数が算出されている。
- 15) 環境税制改革の二重の配当について、ミクロ経済理論や CGE モデルを活用した研究をレビューした論考として、若林・木村（2018）を参照。

<参考文献>

小嶋 公史, 浅川 賢司, 李 秀 澈, Unnada Chewpreecha, 昔 宣希 (2018) 「長期低炭素ビジョン実現にむけたグリーン税制改革提案」『環境経済・政策研究』Vol.11 No.2, pp.26-30.

若林雅代, 木村 幸 (2018) 「炭素税と三重の配当論」『電力経済研究』No.65, pp.55-66

中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会施策総合企画小委員会 (2004) 「資料 4 税収の用途について」中央環境審議会総合政策・地球環境合同部会施策総合企画小委員会 (第 13 回) 議事次第・資料, 平成 16 年 10 月 21 日.

Lam, A., S. Lee, J-F. Mercure, Y. Cho, C. Lin, H. Pollitt, U. Chewpreecha and S. Billington (2018) Policies and Predictions for a Low-Carbon Transition by 2050 in Passenger Vehicles in East Asia: Based on an Analysis Using the E3ME-FTT Model, *Sustainability*, 10 (5): 5, 1-32.

Cambridge Econometrics (2014) E3ME Manual, Version 6.0, available online at www.e3me.com

IEA (2014) *World Energy Investment Outlook*,

International Energy Agency, OECD.

IEEJ (2017) *Asia / World Energy Outlook*, IEE Japan (IEEJ).

Knobloch, F. & J-F. Mercure (2016) The behavioural aspect of green technology investments: A general positive model in the context of heterogeneous agent, *Environmental Innovation and Societal Transitions*. doi: 10.1016/j.eist.2016.03.002

Lee, S., H. Pollitt and K. Ueta (2012) An Assessment of Japanese Carbon Tax Reform Using the E3MG Econometric Model, *The Scientific World Journal*, ID 835917: 1-9.

Lee, S., H. Pollitt and S. Park (ed.) (2015) *Low-carbon, sustainable future in East Asia*, Routledge, London.

Lee, S., U. Chewpreecha, H. Politt and S. Kojima (2017) An economic assessment of carbon tax reform to meet Japan's NDC Agreement under different nuclear assumptions using the E3ME model. *Environmental Economics and Policy Studies*, 20 (2):411-429, DOI 10.1007/s10018-017-0199-0

Mercure, J-F. (2012) FTT:Power A global model of the power sector with induced technological change and natural resource depletion, *Energy Policy* 48: 799-811.

Pollitt, H., S. Park, S. Lee, K. Ueta (2014) An Economic and Environmental Assessment of Future Electricity Generation Mixes in Japan - An assessment using the E3MG macro-econometric model, *Energy Policy* 67 : 243-254

Vercoulen, P., S. Lee, J. Mercure, S. Suk, Y. He and K. Fujikawa (2018) Decarbonizing the East Asian Steel Industry in 2050: An analysis performed with FTT (Future Technology Transformation) -Steel model, Meijo DP#8