



New ESRI Working Paper No.76

応用一般均衡モデルによる国際間の排出量取引の分析

武田史郎、加藤真也、鈴木晋、野澤郁代

October 2025



内閣府経済社会総合研究所
Economic and Social Research Institute
Cabinet Office
Tokyo, Japan

New ESRI Working Paper は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません（問い合わせ先：<https://form.cao.go.jp/esri/opinion-0002.html>）。

新ESRIワーキング・ペーパー・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所の研究者および外部研究者によってとりまとめられた研究試論です。学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

The views expressed in “New ESRI Working Paper” are those of the authors and not those of the Economic and Social Research Institute, the Cabinet Office, or the Government of Japan.

応用一般均衡モデルによる国際間の排出量取引の分析

武田史郎（京都産業大学）

加藤真也（名城大学）

鈴木 晋（内閣府経済社会総合研究所）

野澤郁代（内閣府経済社会総合研究所）

要旨

本研究は、国際間の排出量取引（International Emissions Trading：IET）の導入が各国経済に与える影響を、逐次動学型の応用一般均衡モデルを用いて定量的に評価している。モデルには 2017 年から 2030 年をカバーする 13 地域、10 部門のグローバルモデルを利用し、パリ協定下における各国の削減目標（NDCs）の達成に向けて、IET が経済的負担をいかに緩和するかを検討した。分析では、特に厚生と GDP という二つの指標への影響に焦点を当てた。

分析では、①排出規制なし、②IET なしの規制あり（No_IET）、③先進国間で IET 導入（IET_dev）、④全世界で IET 導入（IET_wld）の 4 つの基本シナリオに加え、参加国の構成が異なる複数の派生シナリオも考慮した。

分析結果からは、以下の主要な知見が得られた。第一に、IET の導入は多くの参加国で厚生を改善させた。第二に、排出枠の輸出国では GDP が低下する傾向が見られた。第三に、IET 参加国の構成が変わると、各国の厚生、GDP に大きな影響を与えることが明らかになった。例えば、排出枠の主要輸出国が IET への参加をやめた場合、排出枠の価格上昇により輸入国の厚生や GDP が悪化することが確認された。日本については、IET への参加が厚生、GDP とともにプラスの効果をもたらすことが示された。特に IET_wld シナリオでは、大量の排出枠輸入が可能となることで、炭素価格が大きく低下し、排出規制に伴う経済的負担が著しく軽減された。

本研究は、IET の経済的便益が参加国の構成や制度設計によって大きく変動することを示すとともに、厚生と GDP という二つの指標が全く異なる動きを示す場合があることを明らかにした。よって、IET の政策的評価にあたっては、いずれの指標を重視するかに対する十分な検討が不可欠である。

1. はじめに

2016 年のパリ協定発効以降、世界各国において気候変動対策の強化が進みつつあり、積極的な温室効果ガス排出削減の取り組みが加速している。日本を含む多くの先進国は 2050 年までのカーボンニュートラル（ネットゼロ排出）達成を目標として掲げており、多くの新興国・途上国においても達成時期には差があるものの、ネットゼロ目標を設定する動きが広がっている。

各国は、自国の掲げる排出削減目標の達成に向け、カーボンプライシングをはじめとする様々な政策手段を導入しつつある。その中でも、排出量取引の活用は有力な選択肢の一つであると考えられる。排出量取引制度は、排出源間の限界削減費用の均等化を通じて、費用効率的な削減を実現するという経済的利点を有しており、実際に多くの国において CO₂ 排出削減策として採用が進んでいる。

さらに、各国が個別に排出量取引制度を導入するだけでなく、これらの市場を相互にリンクさせることで、国際間における排出枠の取引が可能となる。このような国際間の排出量取引（international emissions trading、以下 IET）の導入は、国境を越えた限界削減費用の均等化を促進することを通じて、1) 全ての参加国の厚生を上昇させるとともに、2) 参加国全体での排出削減費用の最小化に寄与する可能性がある（Weyant and Hill, 1999）。したがって、より小さい経済的負担（費用）で温暖化対策を進める方策として、IET の活用が有効であるとの議論が存在する。実際、この考え方を反映し、京都議定書においては、各国の排出削減努力を補完する手段として、IET を含む京都メカニズム（Kyoto Mechanisms）が導入された。しかしながら、京都議定書実施以降、IET の導入・拡大は限定的にとどまっており、その活用は十分に進んでいないのが現状である。

本研究は、各国が掲げる 2030 年までの国別削減目標（Nationally Determined Contributions: NDCs）の達成に向け、IET の活用が各国の経済的負担に与える影響を明らかにすることを目的とする。具体的には、応用一般均衡（Computable General Equilibrium: CGE）モデルを用いたシミュレーション分析により、IET 導入による経済的效果を定量的に評価し、その政策的有効性について考察する。

Montgomery (1972) が、排出量取引制度が費用効率的な排出物削減手段であることを示して以来、排出量取引制度に関する多くの研究が理論的な観点からも実証的な観点からもおこなわれてきた。本研究は、CGE モデルを利用し、CO₂ の IET を分析する研究であるので、以下では、これまでにおこなわれた CGE モデルによる CO₂ の IET に関する先行研究を概観する。まず、1990 年代後半に京都議定書が採択されて以降、京都議定書で定められた排出削減目標の達成に際し、IET を導入することで削減コストや経済にどのような影響が生じるかを分析した研究が多々おこなわれてきた。

例えば、EMF16（Energy Modeling Forum 16）というプロジェクトでは、京都議定書の実施の効果を CGE モデルを含む多数のモデルにより比較するという分析をおこなって

り、その成果が Weyant and Hill (1999)にまとめられている。そのうちの多くのモデルは IET の導入によって京都議定書の削減にともなう経済的負担を大きく軽減できることを示している。同様に、Springer (2003)も、京都議定書履行に伴う IET 導入の効果を分析した CGE モデルを含む多様なシミュレーションモデルに基づく先行研究をサーベイし、やはり IET の導入が京都議定書の履行費用を軽減する効果があることを示している。

少し観点を変えた研究としては、例えば Ellerman and Wing (2000)がある。彼らは、京都議定書の削減シナリオを前提としつつ、IET の実施にあたり取引量に制限を設けた場合の効果を分析し、取引量に制限を課すことによって、IET の費用効率性が大きく損なわれることを示した。また、Hamasaki and Truong (2002)および Böhringer and Löschel (2003)は、京都議定書からのアメリカ離脱による影響を分析している。両研究とも、大量の排出枠需要国であるアメリカの離脱が、炭素価格に大きな影響を及ぼし、その結果、他国の排出削減行動にも影響を与えることを示している。

その後の研究には、例えば、Böhringer et al. (2009)、Fujimori et al. (2015)、Fujimori et al. (2016)、Böhringer et al. (2021)などがある。特に Böhringer et al. (2021)は、2030 年までの NDCs に基づく排出削減の影響を複数の CGE モデル間で比較した Energy Modeling Forum (EMF) 36 のプロジェクトをまとめたものであり、17 の CGE モデルによる 2030 年までの削減策の分析結果が比較している。レファレンスシナリオでは、各国が自国の NDCs を自主的に達成することを想定しているが、別のシナリオとして IET を導入したケースも分析されている。そこでは、多くのモデルの結果において、IET の導入はグローバルレベルおよび地域レベルの双方で厚生向上につながることを示されている。

CO₂の IET を対象とした CGE 分析の多くは、IET が参加国にもたらす経済的利益の可能性を示しているが、一方で、IET が不利益をもたらす可能性について分析した研究も存在する。Babiker et al. (2004)は、グローバル CGE モデルである EPPA モデルを用いて、既存の歪み（例えば、歪みをもたらす各種税制）が存在する状況下では、IET の導入が必ずしも参加国の厚生向上につながらないことを示した。同様に、Takeda et al. (2019)も、労働市場に歪み（例えば、労働課税や賃金の硬直性）が存在する場合には、IET の導入が厚生低下を招く可能性があることを指摘している。

これまでの先行研究は、特にアメリカやヨーロッパを中心とした分析が多いが、日本に焦点を当てた分析も存在する。Paltsev et al. (2004)は、MIT の EPPA モデルを用い、京都議定書履行による日本経済への影響を詳細に分析している。同研究では、日本における排出削減のための炭素価格は高くなるものの、厚生低下幅は極めて小さいこと、さらにその要因について明らかにしている。特に、日本はエネルギー税が高く、既存の税制による歪みが大きいいため、税相互作用効果 (tax-interaction effect) が負の方向に強く作用する可能性が高いことを示している。有村他 (2011)、は、2020 年までを対象とした動学的 CGE モデルを利用し、日本、アメリカ、EU による CO₂削減を想定した上で、IET に関する以下の 4 つのシナリオを分析している：1) IET なし、2) 3 地域すべてによる IET 実施、3) 日本と EU の

みによる IET 実施、4) 日本とアメリカのみによる IET 実施。分析の結果、いずれのケースにおいても、IET は、日本の厚生および GDP にプラスの影響を与え、排出削減に伴う負担軽減効果が確認された。さらに、武田他 (2012) は同様の CGE モデルを用い、より多様な IET シナリオを分析した結果、やはり IET の導入が日本全体に対して正の影響をもたらすことを示している。

以上のように、CO₂ の IET に関しては、これまで多数の CGE 分析がおこなわれてきた。本研究でも同様のテーマを扱うが、本研究は以下のような特徴を有している。

- 2030 年までの動学的な多地域 CGE モデルを構築し、各国の NDCs 履行を前提とする
- IET への参加国について、複数のシナリオを設定する
- IET の導入が各国の厚生だけではなく、GDP に与える影響を分析する
- 特に日本への影響を詳細に分析する

第一の点については、本研究では、最新のデータおよび経済状況を踏まえた上で、各国が 2030 年まで NDCs を達成する状況を想定し、そこに IET が導入されることの影響を分析している。

第二の点については、IET への参加国に関して複数のシナリオを設定し、参加国構成の変化が IET の効果に与える影響を分析するということである。IET への参加国が変わること、排出枠の取引量、排出枠の価格（炭素価格）がどのように変化し、その結果、各国の厚生や GDP にどのような影響が生じるかを明らかにする。

第三に、各国への影響を測る尺度として、厚生水準だけではなく、GDP という指標もとる。経済学の理論的には、GDP は経済全体の状況を測る指標としていくつか問題があることから (Stiglitz et al., 2010、ジョルゲンソン, 2023)、CGE 分析を使った多くの研究では「厚生」の水準（多くのモデルでは、代表的家計の効用水準）という指標を重点的に利用するか、あるいは厚生という指標しか利用していない。例えば、Babiker et al. (2004)、Böhringer et al. (2009)、Fujimori et al. (2015, 2016)、Takeda et al. (2019)、Böhringer et al. (2021) などは主に「厚生」への影響しか分析していない。しかし、厚生という指標にも問題があると同時に、現実の政策形成においては厚生という基準はほとんど使われず、GDP という指標が非常に重視されていることを考慮し、本研究では二つの指標をどちらもとりあげる。そして、IET の導入が各国の厚生、GDP に与える影響を分析し、二つの指標で影響がどのように変わってくるかを明らかにする。

最後の点については、日本には CGE モデルというアプローチを利用する研究者が比較的に少ないこともあり、日本の温暖化対策、日本への温暖化対策の影響を CGE モデルで分析した研究はすくない。本研究では、最初に日本を含めた多数の国が参加する IET の影響を分析した後に、特に日本への影響について詳細な分析を行い、日本の立場から望ましい IET のあり方を検討する。

本論文の構成は以下の通りである。第 2 節では、CGE モデルのベンチマーク・データとして使用するデータについて説明する。続いて、第 3 節では、分析に用いる CGE モデルの

概要を示す。第4節では、シミュレーションにおけるシナリオ設定について述べる。第5節では、BAU（Business As Usual）シナリオにおける経済状況を示した上で、第6節にてシミュレーション結果を報告する。最後に、第7節で本研究の結果をまとめる。

2. ベンチマーク・データ

CGE 分析では、ある基準年のデータの下で経済が均衡しているという前提で分析をおこなう。世界全体をカバーする多地域の CGE モデルでは、このベンチマーク・データに GTAP が提供するデータ（GTAP データ）を利用するのが標準的であり、本研究でも現時点での GTAP データの最新版である GTAP 11（Aguilar et al. 2022）を利用する。この GTAP 11 データは 2017 年のデータであり¹、2017 年がシミュレーションの基準年となる。

分析では CO₂ の排出規制を扱うため、通常のベンチマーク・データに加え、CO₂ 排出量のデータも必要になる。これについても、GTAP データに含まれる CO₂ 排出量データを利用している。オリジナルの GTAP 11 データでは、世界は 141 地域、65 部門に分割されているが、本研究ではこれを表 1 の 13 地域、10 部門に統合した上で利用している。

表 1：地域と部門の分類

地域	説明	部門	説明
1 JPN	日本	1 EIS	エネルギー集約・貿易財部門
2 USA	アメリカ	2 ELY	電力
3 EUR	EU	3 COA	石炭
4 NAM	その他北米	4 OIL	原油
5 ERP	その他ヨーロッパ	5 GAS	ガス
6 RUS	ロシア	6 P_C	石油・石炭製品
7 CHN	中国	7 AGR	農林水産業
8 IND	インド	8 MAN	その他製造業
9 APC	その他Asia Pasific	9 TRS	輸送
10 CSA	中南米	10 SER	その他サービス
11 MEA	中東		
12 ERS	その他ユーラシア地域		
13 AFR	アフリカ		

シミュレーションでは World Energy Outlook（WEO）のデータ（シナリオ）の情報を利用している。そのため、地域の分類は WEO における分類を参考に決めている。以下では、

¹ 正確に言うと、GTAP11 データには複数年のデータが含まれているが、そのうち最も新しい年のデータが 2017 年のデータである。

地域のうち JPN から ERP までの 5 地域を便宜上「先進国」と呼び、それ以外を「途上国」と呼ぶ²。また、多くの地域には複数の国が含まれており、「地域＝国」とは限らないが、以下では便宜上、一つの地域を「国」と呼ぶ場合がある。

部門は 10 部門であるが、各部門は一種類の財を生産するため、財の数も 10 となる。エネルギー財（部門）は ELY、COA、OIL、GAS、P_C の 5 つであり、このうち ELY を除く 4 つ（COA、OIL、GAS、P_C）が化石燃料に該当し、それらの消費（利用）によって CO₂ が排出される。

本研究のシミュレーションでは数値計算ソフトとして GAMS を利用している³。GTAP データを GAMS で利用する形式に変更するために、Wisconsin National Data Consortium が開発・提供している WiNDC というプログラムを利用している⁴。

3. モデル

この節ではシミュレーションで利用する CGE モデルについて説明する。基本的にモデルには武田他（2024）のモデルを流用しているが、いくつかの修正点がある。主な修正点は以下の点である。

- 武田他（2024）ではベンチマーク・データに GTAP10 を利用し、カバーする期間を 2014 年～2030 年としていたが、本研究では GTAP11 を利用し、カバーする期間は 2017 年～2030 年である。
- BAU シナリオの設定を大幅に変更している。

以下でモデルを説明するが、詳細な説明は武田他（2024）を見て欲しい。

3.1. モデルの概要

本研究では、13 地域・10 部門から構成される逐次動学型 CGE モデルを用いる。逐次動学とは、静学モデルを逐次的に（繰り返し）解くことで経済の動態を分析する手法であり、前向き（forward-looking）な期待形成や動学的最適化行動は考慮されない。そのため、一時点内のモデル構造と動学部分を分離して記述することが可能である。以下では、まず一時点内のモデル構造について説明する。

各地域には経済主体として家計、企業（生産部門）、政府が存在する。すべての市場は完

² この分類には一般的な分類とは一部異なる点がある。例えば、通常、オーストラリアや韓国は先進国に分類されるが、本研究ではこれらの国を APC に含めているため、「先進国」には分類されない。

³ GAMS（General Algebraic Modeling System）については GAMS のウェブサイトを参照されたい。

⁴ WiNDC についての詳しい情報は <https://windc.wisc.edu/index.html> で得ることができる。WiNDC に含まれる GTAPinGAMS というプログラムを利用している。GTAPinGAMS では GTAP データの地域、部門の統合もおこなうことができる。

全競争状態にあり、経済主体はいずれもプライス・テーカーとして行動する。生産は規模に関して収穫一定の技術に基づいておこなわれ、各部門は利潤最大化を目的として、生産量および投入量（中間投入、生産要素）を決定する。生産技術には多段階の入れ子型 CES 生産関数を仮定する。ただし、化石燃料部門（COA、OIL、GAS）と非化石燃料部門（その他の全ての部門）に対して異なった関数形を仮定する。生産要素は労働、資本、土地、天然資源の 4 つを想定している。

各地域には一つの代表的家計が存在し、その効用は消費と貯蓄の Cobb-Douglas 関数によって決定される。消費の部分については、CGE モデルにおいてしばしば利用される Stone-Geary 型の効用関数を想定している⁵。家計は生産要素を保有し、それを企業に提供することで所得を得て、さらに所得は効用を最大化するように消費と貯蓄に配分する。

各地域の政府は各種税を徴収し、これを財源として政府消費をおこなう。政府消費の水準は外生的に設定される。各地域は貿易によって相互に結びついており、通常の CGE モデルと同様に本研究でも Armington 仮定を利用している。

本研究のモデルは 2017 年から 2030 年までの逐次動学モデルであり、動学的な構造も武田他（2024）のモデルとほぼ同じである。主な特徴としては、生産要素の資本を新規資本と既存資本の 2 つのタイプに分割した上で、既存資本には Putty-clay アプローチを適用している点がある。

3.2. 排出規制

本研究のシミュレーションでは、キャップ・アンド・トレード型の排出量取引による排出規制を想定する。排出規制が導入される場合、政府が排出量に対する上限（キャップ）を設定し、その上限と同量の排出枠（排出権）を発行する。排出枠は政府によるオークションを通じて販売され、オークションから得られた収入は代表的家計に一括で還元される。

モデルでは、OIL、COA、GAS、P_C の 4 つの財の利用から二酸化炭素が排出されると仮定しており、排出規制の下では、この 4 つの排出源財の利用の際に、その二酸化炭素排出量に等しい排出枠を購入しなければならない。従って、地域 r の部門 j で中間投入に利用される排出源財 i の価格を p_{ijr}^A 、部門 j で中間投入に利用される排出源財 i の炭素係数を a_{ijr}^{CO2} 、排出権価格を p_r^{CO2} とすると、部門 j の生産者が直面する排出源財 i の価格は次式で与えられる。

$$p_{ijr}^A + p_r^{CO2} a_{ijr}^{CO2}$$

つまり、排出規制の下では排出枠購入額分だけ企業が直面する投入価格は上昇する。地域 r における部門 j の排出源財 i への中間投入需要を D_{ijr}^A とすると、それに伴う排出権への需要は

⁵ 例えば、次の研究で利用されている：Lanz and Rutherford (2016)、IFPRI の CGE モデル（Lofgren, Harris and Robinson, 2002）、OECD の ENV-Linkages モデル（Chateau, Dellink and Lanzi, 2014）、de Boer et al. (2021)、Dervis et al. (1989)、Blonigen et al. (1997)。

$D_{ijr}^A a_{ijr}^{CO_2}$ で与えられる。同じことは、最終消費に利用される排出源財についても成立する。

排出枠価格は排出枠の需要と供給が等しくなるように市場で決定される。IET がおこなわれない場合、各国の排出枠市場は国内で完結し、国内の排出枠の需要と供給が一致するように調整される。その結果、国ごとに異なる炭素価格が成立する。IET がおこなわれる場合は、IET への参加国全体で一つの排出枠市場が形成され、参加国全体の需要と供給が一致するように共通の炭素価格が成立する。IET への参加国のうち、「キャップ<排出量」となる国は排出枠を輸入することになり、逆に「キャップ>排出量」となる国は排出枠を輸出することになる。排出枠の輸入国は、「炭素価格×排出枠の輸入量」を輸出国に支払うことになる。

本研究のモデルでは海外との貿易があり、基準年のデータにおいて各国の貿易収支（輸出額－輸入額）は均衡していない（つまり、ゼロになっていない）。貿易収支の扱い方には様々なアプローチがありうるが、ここでは「各国の貿易収支を基準年の値で固定する」というアプローチを採用している。従って、各国の輸出額、輸入額は時間の経過に加え、政策の導入によって変動するが、「貿易収支（輸出額－輸入額）＝基準年の貿易収支」が常に成り立つように調整される。さらに、IET を導入した場合に海外との資金のやり取りが生じるが、その場合には以下の関係が成り立つと仮定している。

$$\text{貿易収支} + \text{IET にともなう海外からの収入} = \text{基準年の貿易収支}$$

ここで「IET にともなう海外からの収入」は排出枠を輸出している国ではプラスの値に、排出枠を輸入している国ではマイナスの値になる変数である。排出枠を輸出する国では「IET にともなう海外からの収入」がプラスになるので、通常の貿易収支が元々の貿易収支よりも小さくなる（黒字が少なくなる、あるいは赤字が大きくなる）方向に変化することになる。この想定については、「貿易収支＝基準年の貿易収支」という異なった想定を置いたケースを補論において分析している。

3.3. 厚生と GDP

本研究では、IET が経済全体へ与える効果を分析するにあたり、そのための指標として「厚生 (welfare)」と「GDP」を用いる。経済学における「厚生」は、通常、個人や社会全体の幸福度、あるいは満足度を示す概念であるが、その具体的な定義については多様な考え方が存在する。例えば、個人の厚生を考える際には、「厚生＝効用」とみなすことが最も単純なアプローチであろう⁶。しかし、社会全体の厚生を測定するためには、多数の個人の厚生を何らかの形で集計する必要があるため、その方法は一様ではなく、しばしば議論の対象

⁶ 厚生を表すものとして、「等価変分 (equivalent variation)」を利用する研究も多いが、その等価変分は通常、個人の効用に基づき計算されているので、実質的には個人の効用という指標を利用しているのと同じである。

となる。もっとも、CGE モデルでは、代表的家計を仮定することが一般的であり、この仮定の下では個人の厚生と同様に「社会全体の厚生＝効用」とする扱いが標準的である。本研究でもこの枠組みを採用し、各地域の厚生を「各地域の代表的家計の効用」と定義する。また、本研究で用いるモデルにおいては、代表的家計の効用は消費と貯蓄の Cobb-Douglas 型関数として定式化されているため、厚生水準は消費と貯蓄の水準に依存することになる。

CGE モデルにおいては、代表的家計は自身の効用水準を最大化するように行動すると仮定されることが多く、本研究でもこの仮定に基づいている。この場合、家計が最大化を目指す効用水準をそのまま厚生水準と見なすことは、理論的に自然なアプローチであり、多くの先行研究においても「社会全体の厚生水準＝代表的家計の効用水準」として取り扱われている。

ただし、このアプローチにはいくつかの問題点も存在する。第一に、利用するモデルによって厚生 の定義が大きく異なってしまうという問題がある。というのも、代表的家計の効用水準を用いる点は共通していても、モデルによって効用の定義は異なるからである。例えば、本研究では効用が消費と貯蓄の関数として定義されているが、消費のみを効用の決定要因と仮定するモデルも多く、また、GTAP モデルのように消費、貯蓄、政府消費の三要素に依存する効用関数を仮定するものも存在する (Hertel, 1999)。

さらに、効用が同じ要素に依存しているとしても、効用関数の関数形が異なれば、得られる効用水準は当然異なる結果となる。また、同一の関数形を仮定していたとしても、関数に含まれるパラメータの値が異なれば、やはり計算される効用水準には差異が生じる。

このように、CGE 分析における「代表的家計の効用」という意味での厚生は、経済学のアカデミックな研究においては標準的な指標であるものの、その概念には大きな幅があり、一貫性や客観性を備えた経済指標としては不十分である。そのため、現実の政策決定の場面では、厚生という指標が活用されることはほとんどないのが実情である。

他方、現実の政策決定において重視されるのは言うまでもなく GDP である。GDP を経済の状況を測る指標とすることについては、多くの批判が存在する (Stiglitz et al., 2010、ジョルゲンソン, 2023)。例えば、GDP は生産水準を表す指標であり、人々の幸福度により強い影響を与えると考えられる所得や消費水準とは乖離が生じることがあるため、GDP で経済の良し悪しを評価するのは適切ではないという主張である。しかし、GDP は SNA (国民経済計算) などにおいて計算手法が制度化されており、厚生と比較すると恣意性が少なく、実際に政策評価や国際比較などで広く用いられている。したがって、政策の効果を評価する上では、GDP に与える影響を分析することも極めて重要である。以上のように、厚生 (ここでは代表的家計の効用) と GDP にはそれぞれ長所と短所があり、いずれか一方のみを用いることが適切とは言えない。そこで本研究では、IET がこれら両指標に及ぼす影響を併せて分析することとした。

上述のように、本研究における各国の厚生は、「各国の代表的家計の効用水準」として定義しており、その効用関数は消費と貯蓄を引数とする Cobb-Douglas 型の関数であると仮定

している。具体的な関数形については、本研究モデルの詳細な記述を行っている武田他 (2024) を参照されたい。

一方、GDP については、「付加価値の合計」あるいは「最終需要の合計」として定義される点は標準的であるが、物価変動を除去した実質 GDP の定義には複数の考え方が存在する。本研究では、実務でも広く用いられている実質 GDP の計算方法をそのまま採用する。すなわち、GDP を支出面から定義し、個別の財の価格は基準年 (2017 年) の価格に固定したうえで、数量の変化のみを捉えるというラスパイレス数量指数の考え方を採用する。この考え方に従い、地域 r における実質 GDP は、以下の A 式により計算される。

$$\begin{aligned} \text{GDP}_r = & \sum_i \bar{p}_{ir}^{DC} Q_{ir}^{DC} + \sum_i \bar{p}_{ir}^{IC} Q_{ir}^{IC} + \sum_i \bar{p}_{ir}^{DG} Q_{ir}^{DG} + \sum_i \bar{p}_{ir}^{IG} Q_{ir}^{IG} + \sum_i \bar{p}_{ir}^{DI} Q_{ir}^{DI} + \sum_i \bar{p}_{ir}^{II} Q_{ir}^{II} \\ & + \sum_i \bar{p}_{irs}^E Q_{irs}^E - \sum_i \bar{p}_{isr}^M Q_{isr}^M \quad (\text{A 式}) \end{aligned}$$

ここで、 p_{ir}^{kl} ($k = D, I, l = C, G, I$) は財の供給元 k (D は国内で生産された財、 I は輸入財) で、用途 l (C は民間消費、 G は政府消費、 I は投資) に利用される財の価格であり、 Q_{ir}^{kl} ($k = D, I, l = C, G, I$) は供給元が k 、用途が l の財に対する需要量である。また、 p_{irs}^E 、 p_{isr}^M はそれぞれ地域 r から地域 s に輸出される i 財の輸出価格、地域 s から地域 r が輸入する i 財の輸入価格を表し、 Q_{irs}^E 、 Q_{isr}^M はそれぞれ地域 r から地域 s に i 財の輸出量、地域 s から地域 r が輸入する i 財の輸入量を表している。わかりやすく言えば、A 式は以下の関係を表している。

$$\text{GDP} = \text{民間消費額} + \text{政府消費額} + \text{投資額} + \text{輸出額} - \text{輸入額}$$

A 式での価格の記号には上に $-$ が付いている。これは価格の値が基準年 (2017 年) の値に固定されていることを示している。価格は基準年の値に固定するので、シミュレーションにおける GDP の変動は Q_{ir}^{kl} などの数量の変化によってのみ生じることになる。

3.4. BAU (Business as usual) 均衡の導出

シミュレーションでは、CO₂ の排出規制が導入されない場合、すなわち政策変更のない状況における 2017 年から 2030 年の動学的な均衡 (経路) をまず求めた上で、そこから政策の変更によって均衡がどのように変化するかを分析する。以下では、政策変更前の動学的均衡を「BAU (Business as usual) 均衡」と呼ぶ。政策の影響を適切に評価するには、出発点となる BAU 均衡の設定が極めて重要な意味を持つ。BAU 均衡の設定方法によって、政策変更後の比較結果が大きく異なり得るためである。以下では、本研究における BAU 均衡の設定について説明する。

本研究における BAU 均衡の設定方法は、基本的には武田他 (2024) の方法に準拠している。具体的には、2030 年時点での GDP、および CO₂ 排出量の水準を外生的に与え、それ

らに対してモデルから計算される GDP、および CO₂ 排出量ができるだけ近い値をとるように技術進歩率を設定するという方法をとっている。ただし、外生的に設定する 2030 年の目標値として、本研究では International Energy Association (IEA) の「World Energy Outlook 2018」における「Current Policies Scenario (以下、CPS)」の値を利用している点において、武田他 (2024)とは異なる。武田他 (2024)では、World Energy Outlook 2014 の CPS 値を採用していたのに対し、本研究ではより新しいエネルギー需要と排出の見通しを反映する 2018 年版のデータを用いて、BAU 均衡を構築している。

4. シミュレーションのシナリオ

表 2：メインの 4 つのシナリオ

シナリオ	説明
BAU	排出規制なしの BAU 均衡
No_IET	排出規制を導入した均衡
IET_dev	先進国間で IET をおこなうケース
IET_wld	世界全体で IET をおこなうケース

本研究のシミュレーションでは、まず表 2 に示す 4 つのシナリオを分析する。「BAU」シナリオは、第 3.4 節で説明した政策変更前の状態を表現するシナリオであり、このシナリオでは各国において明示的な排出規制は導入されないと想定している。「No_IET」シナリオでは、第 3.2 節で説明したキャップ・アンド・トレード型の排出規制が各国で導入される。ただし、このシナリオでは IET は実施されない。IET はないため、国ごとに独立した排出枠市場が成立し、異なる炭素価格が形成される。

次の二つが、排出規制の導入に加えて、IET が実施されるシナリオである。IET がどのような国の間で実施されるかについては、現時点でははっきりしたことはわからないため、本研究では以下の 2 つのケースを想定する。

- IET_dev シナリオ
 - これは先進国間のみで IET が実施されるケースである。先進国で排出枠の市場が統合され、先進国全体で共通の炭素価格が成立する。
- IET_wld シナリオ
 - これは途上国を含め、すべての国の間で排出枠の取引がおこなわれるケースである。このケースでは、世界全体で統一された炭素価格が成立する。

IET を実施するケースとしてまずこの二つのシナリオを考えるが、後にこれらの基本的なシナリオに加え、IET への参加国の異なるシナリオも分析する。本研究の主な目的は、IET がもたらす効果を明らかにすることである。そのため、後の分析では主に「No_IET」シナリオと、IET が導入されたシナリオを比較している。

5. BAU 均衡の状態

「No_IET」シナリオ以降のシナリオでは排出規制が導入されるが、排出規制がもたらす効果は、各国の経済が元々どのような状態にあるかに大きく依存する。そこで、まず「BAU」シナリオにおける経済の状況について、以下で確認する。

表 3：BAU シナリオにおける GDP（10 億 US ドル）

	GDP (2017年)	GDP (2030年)	比率 (2030/2017)	年平均成長率 (%)
JPN	4,916	5,287	1.08	0.56
USA	19,444	24,694	1.27	1.86
EUR	14,783	18,143	1.23	1.59
NAM	2,800	3,759	1.34	2.29
ERP	5,333	7,446	1.40	2.60
RUS	1,564	1,857	1.19	1.33
CHN	12,583	26,121	2.08	5.78
IND	2,626	7,011	2.67	7.85
APC	7,398	14,371	1.94	5.24
CSA	4,654	6,276	1.35	2.33
MEA	2,261	3,353	1.48	3.08
ERS	348	608	1.75	4.38
AFR	2,293	3,878	1.69	4.13

表 3 は、「BAU」シナリオにおける 2017 年時点（基準時点）と 2030 年時点の GDP の水準、およびその比率（2030 年の GDP／2017 年の GDP）、さらに 2017 年から 2030 年までの年平均成長率（%）を示している。2017 年の GDP の値は GTAP 11 データに基づいており、成長率の設定については World Energy Outlook 2018（WEO2018）のシナリオを基に決定している。

地域ごとに GDP の成長幅には大きな差が見られ、特に CHN（中国）、IND（インド）、APC（アジア太平洋諸国）といった地域では、高い成長率が実現すると想定されている。

表 4：CO₂ 排出量についての設定

	CO ₂ (2017年)	CO ₂ (2030年)	CO ₂ への キャップ	比率 (2030/2017)	削減率 (%)
JPN	1,141	881	671	0.77	23.8
USA	4,984	4,556	3,076	0.91	32.5
EUR	3,144	2,913	1,700	0.93	41.7
NAM	1,040	1,035	751	1.00	27.4
ERP	1,382	1,103	1,010	0.80	8.5
RUS	1,599	1,425	1,425	0.89	0.0
CHN	9,442	9,963	9,769	1.06	1.9
IND	2,211	3,830	3,062	1.73	20.0
APC	3,195	3,899	3,494	1.22	10.4
CSA	1,282	1,360	1,063	1.06	21.8
MEA	1,797	2,123	2,100	1.18	1.1
ERS	467	609	565	1.31	7.2
AFR	1,290	1,570	1,287	1.22	18.0
先進国	11,690	10,488	7,208	0.90	31.3
途上国	21,282	24,779	22,767	1.16	8.1
世界全体	32,972	35,267	29,974	1.07	15.0

特に単位の明記がない数値は MtCO₂。

表 4 は、「BAU」シナリオにおける CO₂排出量と、排出規制を導入する際に各国が設定する CO₂排出量へのキャップの水準を示している。「CO₂ (2017 年)」の列の値は、2017 年時点（基準時点）での各国の CO₂排出量を表す。「CO₂ (2030 年)」の列の値は、BAU シナリオにおける 2030 年時点での CO₂排出量を示している。この値は WEO2018 の CPS の値を参考に決定している。CPS は、2018 年時点で導入されている政策のみが維持され、追加的な政策は導入されないというシナリオである。BAU シナリオにおいて、先進国では CO₂ 排出量が減少する一方、途上国では排出量が増加する地域が多い。

「CO₂ へのキャップ」の列の値は、排出規制を導入するシナリオにおいて、各国が設定する CO₂排出キャップの量を示す。この数値は WEO2024 の「Announced Pledge Scenario」の値に基づいている。これは各国が表明している NDCs を考慮した値である。「削減率 (%)」の列は、2030 年の BAU シナリオの値とキャップの値から計算される削減率を示している。表の数値からわかるように、削減率は地域ごとに大きく異なっている。このため、CO₂削減の影響は地域ごとに大きく異なってくる可能性がある。

6. シミュレーションの結果

本節では、シミュレーションの結果を説明する。特に、2030 年時点における IET の効果に着目するため、数値はすべて 2030 年時点での数値を見る。

6.1. IET がないシナリオ (No_IET シナリオ)

IET の効果を分析する前に IET が導入されない状況での排出規制の効果をまず確認しておこう。

表 5：No_IET シナリオの結果（全て 2030 年時点の値）

	CO ₂	炭素価格 (USドル/トン)	厚生	GDP
JPN	-23.85	157.0	-0.52	-0.55
USA	-32.47	93.9	-0.32	-0.30
EUR	-41.65	382.9	-1.68	-1.47
NAM	-27.44	93.3	-0.65	-0.49
ERP	-8.47	37.0	-0.04	0.02
RUS	0.00	4.6	-1.13	-0.14
CHN	-1.95	4.6	-0.02	0.03
IND	-20.04	51.2	-0.14	-0.79
APC	-10.37	28.5	-0.18	-0.09
CSA	-21.83	117.5	-0.72	-0.53
MEA	-1.09	6.9	-1.99	-0.22
ERS	-7.19	10.8	-0.64	0.11
AFR	-18.01	57.4	-1.18	-0.38
世界全体	-15.01		-0.52	-0.41

単位の明記がない数値は BAU シナリオの値からの変化率（％）

表 5 は、「No_IET」シナリオにおける各変数への影響を示している。すべての数値は 2030 年時点の値であり、「炭素価格」は「US ドル/tCO₂」で示され、それ以外の変数は BAU シナリオの値からの変化率（％）である。

「CO₂」の列は各国の CO₂排出量の削減率（減少率）を示しており、その値は既に表 4 で確認したとおりである。「炭素価格」の列は、各地域が排出量キャップの水準を達成する、すなわち定められた上限まで CO₂ 排出量を削減するために必要な炭素価格を示している。この炭素価格には地域間で大きなばらつきが見られ、特に CO₂削減率が高い地域ほど、炭

素価格も高くなる傾向が確認される。結果として、先進国ほど炭素価格が高くなる傾向がある。

本研究では、IET の影響を分析するが、その際に「経済全体への影響（マクロ的な影響）」に主に焦点を当てる。経済全体の状況の評価する指標としては、第 3.3 節で述べた通り、「厚生」と「GDP」を用いる。表の「厚生」の列は各国の厚生の水準の変化率を示しており、すべての国で厚生がマイナス方向に変化している。これは、排出規制の導入が各国において経済的な負担をもたらし、代表的家計の効用を低下させることを意味する。排出規制は化石燃料の利用に制約を課す政策であり、それによって経済活動が抑制される結果、厚生水準が低下するという効果が理論的には予測される。この意味で、以上の結果は理論的な整合性を持つものといえる⁷。

「GDP」の列は各国の GDP の変化率を示している。ERP、CHN、ERS の 3 地域を除き、すべての地域で GDP は低下している。これは、排出規制の導入が多くの地域において GDP を低下させる効果を持つことを示している。上述のように、排出規制は経済活動を抑制する効果を持つので、厚生が低下するのと同様に、生産規模を表す指標である GDP が低下することも当然の結果である。以上のように、(GDP については一部、例外の地域もあるが) 多くの地域で厚生、GDP はともに低下しており、厚生という観点からも GDP という観点からも、排出規制の導入は各国の経済に対し、マクロ的にはマイナスの影響を与える可能性が高いことが確認できる。

次節では、排出規制に加え、IET を導入するシナリオを分析し、IET の導入が排出規制のマクロ的影響をどのように変化させるかを評価する。

6.2. IET を導入するシナリオ

6.2.1. CO₂ 排出量への効果

それでは以下で、IET を導入したシナリオの分析結果を見ていこう。表 6 は、IET の導入が各国の CO₂ 排出量に与える影響を示したものである。「No_IET」列は、IET を導入しないシナリオ (No_IET シナリオ) における各地域の CO₂ 排出量を表している。「IET_dev」および「IET_wld」列は、No_IET シナリオと比較した際の CO₂ 排出量の変化量 (MtCO₂) を示している。例えば、IET_dev シナリオにおける USA の値は「-257.6」となっているが、これは USA の CO₂ 排出量が No_IET シナリオと比べて 257.6MtCO₂ 減少していることを意味する。変化量がプラスの値をとる場合、それは当該国が CO₂ 排出キャップを超えて排出をおこなっている、すなわち排出枠を他国から輸入していることを示している。逆に変化量がマイナスの値の場合は、CO₂ 排出量がキャップを下回っており、その国が余った排出枠を

⁷ CO₂ の排出がもたらす外部性を考慮しているモデルなら、CO₂ の排出規制が厚生を上昇させる可能性があるが、本研究のモデルはそのような外部性は考慮していない。

他国へ輸出していることを意味する。

表 6：IET 導入による CO₂ 排出量の変化

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	671.0	26.8	146.9
USA	3,076.4	-257.6	644.3
EUR	1,699.7	537.5	966.8
NAM	750.8	-71.7	126.6
ERP	1,010.0	-235.0	-48.0
RUS	1,425.4	0.0	-242.2
CHN	9,769.2	0.0	-1,477.6
IND	3,062.5	0.0	158.8
APC	3,494.3	0.0	-112.4
CSA	1,063.3	0.0	175.9
MEA	2,099.6	0.0	-324.9
ERS	565.4	0.0	-90.5
AFR	1,286.9	0.0	76.2
世界全体	29,974.5	0.0	0.0

全て 2030 年時点での値。単位は MtCO₂。

青いセルは IET への参加国を表す。

IET_dev シナリオでは、先進国間のみで IET が実施される（先進国のみが IET に参加する）ため、途上国の CO₂ 排出量に変化は見られず、変化量はゼロとなる。また、全体のキャップの水準は変わらないため、世界全体の CO₂ 排出量是不変である。このシナリオでは、JPN と EUR が排出枠の輸入国となり、USA、NAM、ERP は排出枠の輸出国となっている。No_IET シナリオにおいて炭素価格が高かった国々が排出枠の輸入国となっていることは、理論的に予想できる結果といえる。

一方、IET_wld シナリオでは、JPN、USA、EUR、NAM、IND、CSA、AFR が排出枠の輸入国になり、ERP、RUS、CHN、APC、MEA、ERS が排出枠の輸出国となる。先進国が排出枠の輸入国、途上国が輸出国となる傾向が確認されるが、ERP のように先進国でありながら輸出国となっている地域や、IND、CSA のように途上国でありながら輸入国となっている地域も存在し、例外もある。先進国が輸入国となる傾向が強い理由は、No_IET シナリオにおいて先進国の方が相対的に炭素価格が高い傾向があるためである。

表 7：IET 導入による炭素価格の変化（ドル/トン）

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	157.0	-31.3	-122.6
USA	93.9	35.3	-58.4
EUR	382.9	-251.3	-346.8
NAM	93.3	36.8	-57.5
ERP	37.0	97.7	-0.1
RUS	4.6	-1.1	32.2
CHN	4.6	-0.2	31.7
IND	51.2	-0.6	-14.2
APC	28.5	-0.7	7.7
CSA	117.5	-2.0	-82.2
MEA	6.9	-0.9	30.3
ERS	10.8	-0.7	27.7
AFR	57.4	-2.1	-22.0

全て 2030 年時点での値。単位は「US ドル/トン」

青いセルは IET への参加国を表す。

6.2.2. 炭素価格への効果

表 7 は、IET の導入が各国の炭素価格に与える影響を示している。「No_IET」列は、No_IET シナリオにおける各国の炭素価格（ドル/トン）を示しており、「No_IET からの変化」の 2 列は IET 導入による価格の変化幅を示している。例えば、IET_dev シナリオにおける JPN の変化幅は -31.3 ドルとなっているが、これはこのシナリオにおいて、JPN の炭素価格が No_IET シナリオと比較し、31.3 ドル低下していることを意味している。

理論的には、IET を導入により、炭素価格がもともと低い国は排出枠の輸出国となり、炭素価格が高い国は排出枠の輸入国となることが期待される。そして、その結果、排出枠の輸出国では炭素価格が上昇し、排出枠の輸入国では炭素価格が低下すると考えられる。IET_dev、および IET_wld のどちらのシナリオにおいても、ほぼこの論理に沿った結果が得られている。ただし、一部例外も存在する。例えば、IET_wld シナリオにおける ERP は排出枠の輸出国であるにもかかわらず、炭素価格はわずかに低下している。

また、同じ方向に炭素価格が変化している国であっても、IET_dev と IET_wld の二つのシナリオ間で、その変化幅には大きな違いが見られる。例えば、JPN や EUR は、どちらのシナリオでも IET の導入にともない炭素価格が低下するが、排出枠をより多く輸入できる IET_wld シナリオにおいては、その低下幅が一層大きくなっている。このように、どの国が

IETに参加するかによって、排出枠の貿易量が大きく異なるため、各国が直面する炭素価格にも顕著な差異が生じることになる。

表 8：IET 導入による厚生への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	-0.52	0.06	0.42
USA	-0.32	0.08	0.10
EUR	-1.68	0.49	1.32
NAM	-0.65	0.12	0.19
ERP	-0.04	0.36	0.00
RUS	-1.13	0.08	1.51
CHN	-0.02	0.03	0.27
IND	-0.14	0.01	0.00
APC	-0.18	0.07	0.16
CSA	-0.72	0.05	0.33
MEA	-1.99	0.20	2.09
ERS	-0.64	0.23	1.64
AFR	-1.18	0.31	0.41
世界全体	-0.52	0.15	0.41

全て 2030 年時点での値。No_IET の数値の単位は%。

青いセルは IET への参加国を表す。

6.2.3. 厚生への効果

次に、IET の導入が各国のマクロ経済に与える影響を評価するため、厚生水準への効果を検討する。表 8 は、各国における厚生の変化を示しており、「No_IET」列は No_IET シナリオにおける厚生の変化率（%）を、「No_IET からの変化」列 IET 導入後における厚生の変化幅を表している。

IET_dev および IET_wld の両シナリオにおいて、ERP を除くすべての IET 参加国で厚生が改善している。唯一の例外である ERP においても、厚生が低下しているといっても、低下幅はほぼゼロに等しい。したがって、IET に参加することは、各国の厚生を基本的に改善させる効果を有すると考えられる。この結果は、厚生という観点では、IET への参加は基本的にプラスの効果をもたらすということであり、IET に関する既存研究と知見と整合的である。

また、厚生の変化幅は二つのシナリオで大きく異なっている。例えば、JPN の場合、

IET_dev シナリオでは排出規制による厚生損失が約 20%縮小するにとどまるが、IET_wld シナリオではその縮小幅が 90%に達している。EUR についても同様に、IET_wld シナリオの方がはるかに大きい厚生改善効果が確認できる。このように、IET がもたらす厚生への効果は、参加国の範囲に大きく依存しており、その結果、厚生 of 改善幅も大きく左右されることがわかる。

以上で参加国の厚生に対する影響を見たが、ほぼ全ての参加国で厚生が改善することもあり、世界全体の厚生も上昇する結果となっている。よって、IET の導入は参加国の厚生を改善させるだけではなく、世界全体の厚生も改善させる可能性が高いことがわかる。

表 9：IET 導入による GDP への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	-0.55	0.11	0.49
USA	-0.30	-0.08	0.18
EUR	-1.47	0.84	1.34
NAM	-0.49	-0.23	0.29
ERP	0.02	-0.47	-0.10
RUS	-0.14	0.02	0.00
CHN	0.03	0.00	-0.20
IND	-0.79	-0.01	0.25
APC	-0.09	0.01	-0.02
CSA	-0.53	0.01	0.37
MEA	-0.22	0.04	0.61
ERS	0.11	0.02	0.21
AFR	-0.38	0.10	0.21
世界全体	-0.41	0.08	0.27

全て 2030 年時点での値。No_IET の数値の単位は%。

青いセルは IET への参加国を表す。

6.2.4. GDP への効果

次にもう一つのマクロ的な指標である GDP への影響を見てみよう。表 9 は、各国における GDP の変化を示しており、「No_IET」列は No_IET シナリオにおける GDP の変化率(%)を、「No_IET からの変化」列は、IET 導入による GDP の変化幅を示している。

IET_dev シナリオにおいて、USA、NAM、ERP の 3 地域で GDP が No_IET シナリオと比較し低下しているのに対し、JPN、および EUR では上昇している。一方、IET_wld シナ

リオにおいては、ERP、RUS、CHN、APC で GDP が低下しているのに対し、それ以外の国では GDP が上昇している。この結果は、GDP という指標においては、IET の導入の影響が国によってプラス、マイナスのいずれにもなりうることを示している。これは、ほぼすべての参加国で厚生が改善したという結果とは対照的であり、同じマクロ的な指標であっても、「厚生」と「GDP」では IET 導入による影響に明確な違いが見られることがわかる。GDP が低下してしまう国もあるが、世界全体ではどちらのシナリオでも GDP は上昇している。したがって、IET の導入は一部の国の GDP は低下させるかもしれないが、世界全体の GDP を改善する可能性が高いと言える。

IET の導入により一部の国で GDP が低下してしまうという結果が出たが、それでは、どのような国で低下が生じているのだろうか？ IET_dev シナリオで GDP が低下している USA、NAM、ERP はいずれも排出枠の「輸出国」である。同様に、IET_wld シナリオで GDP が低下している ERP、RUS、CHN、APC も、全て排出枠の輸出国である。これらの結果から、「IET の導入により、排出枠の輸入国では GDP が上昇し、輸出国では GDP が低下する」という傾向が導ける⁸。

この関係は理論的にも予測できるものである。すなわち、排出枠の輸入国では、当初の排出量キャップを超えて CO₂排出が可能となり、それによって化石燃料の利用が増加する。これが生産活動の拡大につながり、結果として GDP の上昇がもたらされる。一方、排出枠の輸出国ではキャップを下回る排出量に抑制する必要が生じ、さらなる化石燃料の削減が求められる。これが生産活動の制約となり、GDP の低下につながると考えられる。

もちろん、排出量取引制度の導入は、貿易構造の変化などを通じてさまざまな間接的効果ももたらすため、すべての排出枠輸出国で GDP が必ず低下し、すべての輸入国で必ず上昇するとは限らない。しかし、本研究におけるシミュレーション結果では、いくつかの例外を除き、この理論的傾向が概ね成り立っていることが確認された。

6.2.5. 厚生と GDP への効果の比較

以上のように、厚生と GDP はいずれもマクロ経済の状況を評価するための指標であるが、IET の導入に対しては、両者が大きく異なる挙動を示している。中でも注目すべきなのは、排出枠の輸出国において、GDP が低下する一方で厚生は上昇するという現象である。一見するとこれは矛盾しているようにも見えるが、理論的にはむしろ自然な結果である。

まず、排出枠を輸出する国では、排出削減のために生産活動が抑制される傾向があるため、GDP は減少する。第 3.3 節で述べたとおり、GDP は国内で生み出された最終生産物の合計、あるいは付加価値の合計であり、それは国内で生み出される所得の合計を意味する。その所得は消費や貯蓄に支出されるため、GDP の減少は、消費および貯蓄に依存する厚生の

⁸ IET_wld シナリオでは MEA と ERS も排出枠の輸出国であるが、これらの国では GDP は上昇しているので、全ての国についてこの関係が成り立つわけではない。

水準を低下させる方向に働く。

しかし、IET が存在する状況では、国内所得に加えて、排出枠の輸出入に伴う国際的な資金の移転が生じる。特に、排出枠を輸出する国は、その取引により追加的な収入を得るため、「総所得＝GDP＋排出枠輸出による収入」という関係が成立する。このとき、GDP の減少幅が排出枠の輸出収入を上回る場合には、総所得は減少し、それに伴い厚生も低下する。しかし逆に、GDP の減少幅よりも排出枠輸出による収入の方が大きい場合には、総所得が増加し、結果として厚生も上昇する。

そもそも、排出枠の輸出国は限界削減費用が相対的に低い国である場合が多いため、削減に伴う生産の抑制（＝GDP の低下）は比較的小さく、その一方で排出枠の取引によって得られる収入は大きくなる傾向がある。したがって、多くの場合において、「GDP の低下幅＜排出枠の輸出収入」という関係が成立し、結果として総所得および厚生の増加につながる。このように、厚生も GDP もともに経済全体の状況を把握するための重要な指標であるが、IET のように国際的な資金移転を伴う制度が導入された場合、両者の間に大きな乖離が生じうる。その結果、両指標は必ずしも同一方向に変動せず、しばしば対照的な動きを示すことになる。

経済学のアカデミックな研究においては、理論的整合性の観点から、厚生指標を重視した分析が主流であり、その枠組みでは IET は参加国にプラスの効果をもたらす政策として評価されることが多い。一方で、現実の政策決定において重視されるのは、より制度的に確立され、客観性も高い GDP である。ここまでの分析が示すように、GDP の観点から見ると、IET の導入がマイナスの影響をもたらすケースも少なくない。したがって、IET の導入を検討する際には、どの経済指標を重視すべきかを明確にし、その判断基準に基づいて政策の評価をおこなう必要がある。すなわち、政策評価における指標の選択が、IET の望ましさに関する結論を大きく左右することを十分に認識すべきである⁹。

6.3. 参加国についての様々なパターンの分析

これまでの分析では、IET のシナリオとして、IET_dev および IET_wld の二つを想定してきた。しかし、国際間の排出量取引への参加は現時点では各国の裁量にゆだねられており、実際には様々な参加国の組み合わせ（パターン）が考えられる。そこで本節では、これまで検討してきた二つの代表的シナリオに加えて、参加国の区政が異なる複数の追加的なシナリオを設定し、IET への参加国の違いが分析結果にどのような影響を与えるかをチェックする。

分析対象となるシナリオは表 10 にまとめている。これまで扱ってきた 4 つの基本シナリ

⁹ 本論文の分析では主に厚生と GDP という二つの指標に焦点を当てているが、マクロ的な状況を測るための指標は他にもある。例えば、国民総所得（Gross National Income、GNI）などである。GNI は所得を測る指標であり、その意味で厚生と近い指標である。GNI は SNA で定義され、実際に計算されているという意味で重要な指標であるので、GNI への影響を補論で分析している。

オ（BAU、No_IET、IET_dev、IET_wld）に加え、以下のシナリオを新たに分析対象とする。

- IET_dev シナリオから参加国を一部変更した 3 つの派生シナリオ（IET_dev の別シナリオ）
- IET_wld シナリオから参加国を一部変更した 5 つの派生シナリオ（IET_wld の別シナリオ）

これらの派生シナリオについても、これまでと同様に厚生および GDP への影響を中心に分析をおこなう。これまでには主に No_IET シナリオとの比較によって政策効果を評価してきたが、本節では参加国厚生の違いに着目するため、IET_dev の別シナリオについては IET_dev シナリオとの比較を、IET_wld の別シナリオについては IET_wld シナリオとの比較を通じてその影響を評価する。

表 10：参加国についての様々なシナリオ

シナリオ		説明
BAU		排出規制なしのBAU均衡
No_IET		排出規制は導入するが、国際間での排出量取引（IET）はなしというケース
IET_dev		先進国間でIETをおこなうケース
IET_devの別シナリオ	IET_dev/JPN	先進国間でIETをおこなうケース。ただし、JPNは不参加。
	IET_dev/USA	先進国間でIETをおこなうケース。ただし、USAは不参加。
	IET_dev/EUR	先進国間でIETをおこなうケース。ただし、EURは不参加。
IET_wld		世界全体でIETをおこなうケース
IET_wldの別シナリオ	IET_wld/JPN	世界全体でIETをおこなうケース。ただし、JPNは不参加。
	IET_wld/USA	世界全体でIETをおこなうケース。ただし、USAは不参加。
	IET_wld/EUR	世界全体でIETをおこなうケース。ただし、EURは不参加。
	IET_wld/CHN	世界全体でIETをおこなうケース。ただし、CHNは不参加。
	IET_wld/IND	世界全体でIETをおこなうケース。ただし、INDは不参加。

表 11：IET 導入による CO₂ 排出量の変化（別シナリオ）

	No_IET	No_IETからの変化									
		IET_dev	IET_dev/ JPN	IET_dev/ USA	IET_dev/ EUR	IET_wld	IET_wld/ JPN	IET_wld/ USA	IET_wld/ EUR	IET_wld/ CHN	IET_wld/ ND
JPN	671.0	26.80	0.0	-7.1	72.0	146.9	0.0	158.7	162.0	112.5	149.8
USA	3,076.4	-257.58	-244.4	0.0	55.7	644.3	666.1	0.0	793.0	343.3	671.1
EUR	1,699.7	537.51	544.8	416.3	0.0	966.8	976.0	1,013.3	0.0	849.6	976.6
NAM	750.8	-71.74	-68.2	-128.0	12.1	126.6	130.3	156.0	155.1	76.6	132.0
ERP	1,010.0	-234.98	-232.2	-281.2	-139.8	-48.0	-43.7	-24.4	25.8	-107.6	-43.0
RUS	1,425.4	0.00	0.0	0.0	0.0	-242.2	-235.1	-206.9	-181.2	-340.3	-233.8
CHN	9,769.2	0.00	0.0	0.0	0.0	-1,477.6	-1,435.8	-1,272.3	-1,231.1	0.0	-1,425.5
IND	3,062.5	0.00	0.0	0.0	0.0	158.8	177.0	247.6	270.1	-99.5	0.0
APC	3,494.3	0.00	0.0	0.0	0.0	-112.4	-94.6	-31.8	-8.3	-342.1	-92.1
CSA	1,063.3	0.00	0.0	0.0	0.0	175.9	179.9	198.6	206.4	114.8	180.9
MEA	2,099.6	0.00	0.0	0.0	0.0	-324.9	-314.7	-272.7	-252.5	-461.9	-313.1
ERS	565.4	0.00	0.0	0.0	0.0	-90.5	-87.5	-74.2	-67.6	-132.7	-86.8
AFR	1,286.9	0.00	0.0	0.0	0.0	76.2	82.1	108.4	128.3	-12.8	84.0
世界全体	29,974.5	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

単位は表 6 と同じ。青いセルは IET への参加国を表す。

表 11 は、IET 導入が CO₂排出量に与える影響を示したものであり、その見方は表 6 と同様である。以下では、参加国の厚生を変更した個別シナリオについて検討する。

まず、IET_dev/JPN シナリオでは、JPN を除き、排出枠の輸出入パターンは IET_dev シナリオと変わらない。すなわち、EUR が排出枠の輸入国、USA、NAM、ERP が輸出国となる。このシナリオの IET_dev シナリオとの主な相違点は JPN が IET に不参加となることで、EUR による排出枠の輸入量が増加し、USA、NAM、ERP の輸出量が減少する点である。

次に、IET_dev/USA シナリオでは、USA が IET に参加しない。USA は IET_dev シナリオにおいて排出枠の主要な輸出国であったため、その不参加によって EUR の輸入量は減少し、代わりに JPN が排出枠の輸出国に転じる。また、もともと輸出国であった NAM および ERP は、USA の不参加を補完する形で、排出枠の輸出量を増加させることになる。

一方、IET_dev/EUR シナリオでは、大量の排出枠を輸入していた EUR が IET に不参加となる。これにより、USA および NAM が新たに排出枠の輸入国に転じ、JPN はより多くの排出枠を輸入するようになる。

以上の三つのシナリオの結果から、IET の参加国構成の変更が排出枠の貿易構造に与える影響について一定のパターンが見出される。具体的には、以下の 2 つのパターンが確認できる。

- パターン 1：排出枠の輸入国であった国が IET に参加しない場合、既存の輸出国の輸出量が減少するか、一部の輸出国が輸入国に転じる。また、他の輸入国の輸入量は増加する。
- パターン 2：排出枠の輸出国であった国が IET に参加しない場合、既存の輸入国の輸

入量が減少するか、一部の輸入国が輸出国に転じる。また、他の輸出国の輸出量は増加する。

これらのパターンは、IET_wld の派生シナリオにおいても同様に確認できる。例えば、IET_wld/CHN シナリオでは、排出枠の輸出国である CHN が IET に参加しないが、その結果として上記のパターン 2 がそのまま当てはまることが確認できる。

以上の排出枠の取引への効果を踏まえて、次に IET における参加国構成の変化が厚生および GDP に与える影響を確認する。IET_dev の派生シナリオについては、IET_dev シナリオと比較し、厚生および GDP への影響がどのように変化するかを分析する。IET_wld の派生シナリオについても同様に、IET_wld シナリオとの比較で分析する。

表 12：IET 導入による厚生への影響（別シナリオ）

	No IET	Change from "No IET"									
		IET_dev	IET_dev/ JPN	IET_dev/ USA	IET_dev/ EUR	IET_wld	IET_wld/ JPN	IET_wld/ USA	IET_wld/ EUR	IET_wld/ CHN	IET_wld/ ND
JPN	-0.52	0.06	0.02	0.02	0.14	0.42	0.05	0.45	0.43	0.33	0.43
USA	-0.32	0.08	0.07	0.01	-0.01	0.10	0.10	0.04	0.10	0.05	0.10
EUR	-1.68	0.49	0.50	0.30	-0.01	1.32	1.33	1.37	0.04	1.10	1.33
NAM	-0.65	0.12	0.11	0.42	-0.02	0.19	0.19	0.17	0.18	0.09	0.20
ERP	-0.04	0.36	0.34	0.58	0.10	0.00	0.00	0.02	-0.04	0.02	0.00
RUS	-1.13	0.08	0.08	0.11	0.01	1.51	1.43	1.17	0.85	2.34	1.45
CHN	-0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.27	0.26	0.20	0.14	0.07	0.26
IND	-0.14	0.01	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.04	0.02	0.04	-0.01
APC	-0.18	0.07	0.07	0.06	0.00	0.16	0.15	0.14	0.02	0.29	0.15
CSA	-0.72	0.05	0.06	0.06	0.00	0.33	0.34	0.36	0.28	0.20	0.34
MEA	-1.99	0.20	0.19	0.21	0.04	2.09	1.96	1.75	1.34	2.67	2.02
ERS	-0.64	0.23	0.23	0.19	-0.01	1.64	1.57	1.32	0.83	2.74	1.57
AFR	-1.18	0.31	0.31	0.25	-0.01	0.41	0.40	0.41	-0.11	0.32	0.40
世界全体	-0.41	0.08	0.08	0.06	0.00	0.27	0.26	0.26	0.10	0.23	0.27

単位は表 8 と同じ。

表 12 は各国の厚生への影響を示しており、表 8 と同様の読み方に従う。以下で、各シナリオについて詳しく見ていく。

IET_dev/JPN シナリオでは、JPN が IET に参加しないことで、JPN の厚生は IET_dev シナリオよりも低下し、No_IET シナリオとあまり変わらない水準となる。この結果は、JPN が IET に参加しない一方で、他の先進国が IET を導入しても、JPN の厚生にはほとんど影響がないことを意味している。他の参加国については、EUR の厚生は IET_dev シナリオよりも上昇する一方で、USA、NAM、ERP の厚生は低下している。IET_dev シナリオでは EUR は排出枠の輸入国で、USA、NAM、ERP は排出枠の輸出国であったので、以上の結果は、JPN が IET に参加しないことで、排出枠の輸入国の厚生が改善し、輸出国の厚生が悪化することを示している。

このような厚生の変化は、以下のようなメカニズムに基づいて説明できる。IET_dev シナリオでは JPN は排出枠の輸入国であったため、その不参加により市場全体の排出枠需要が減少し、炭素価格が下落する。炭素価格の下落は、排出枠の輸入国にとっては交易条件の改善を、輸出国にとっては交易条件の悪化を意味する。その結果として、輸入国では厚生が上昇し、輸出国では厚生が低下する。もちろん、厚生の水準は炭素価格（排出枠についての交易条件）のみで決定されるわけではなく、その他の要因の影響も受けるため、必ずしもこの傾向が全てのケースに当てはまるとは限らないが、IET_dev/JPN シナリオでは、この理論的メカニズムと整合的な結果が得られている。

IET_dev/USA シナリオでは、USA が IET に参加しないことで、USA の厚生は IET_dev シナリオと比較し低下している。その他の参加国については、IET_dev/JPN シナリオとは逆の傾向を示しており、排出枠の（元々の）輸入国である JPN と EUR の厚生が低下する一方で、輸出国である NAM および ERP の厚生は上昇している。IET_dev/JPN シナリオとは逆の結果は、USA がもともと排出枠の輸出国であったことに起因しており、その不参加により排出枠の供給が減少し、炭素価格が上昇することで、輸出国の交易条件が改善し、厚生が上昇することになる。

IET_dev/EUR シナリオでは、EUR が IET に参加しない。EUR は IET_dev シナリオでは JPN と同様に排出枠の輸入国であることから、結果は JPN が参加しないシナリオと類似しており、EUR の厚生は低下し、他の輸入国の厚生は改善、輸出国の厚生は悪化する。

IET_wld の派生シナリオでも、いくつかの例外は存在するものの、おおむね IET_dev の派生シナリオで得られた結果と同様の結果が成り立っている。以上の結果を踏まえると、参加国構成の変化による、厚生への影響には以下のようなパターンが存在することがわかる。

- IET に参加しない国の厚生は、No_IET シナリオに近い水準へと戻る。
- 排出枠の輸入国であった国が不参加となると、他の輸入国の厚生は上昇し、輸出国の厚生は低下する。
- 排出枠の輸出国であった国が不参加となると、他の輸出国の厚生は上昇し、輸入国の厚生は低下する。

つまり、IET の参加国構成が各国の厚生に与える影響は、IET に参加しない国自身の取引ポジション（輸出国か輸入国か）、および影響を受ける国の取引ポジションによって主に決まってくるということである。

表 13：IET 導入による GDP への影響（別シナリオ）

	No IET	Change from "No IET"									
		IET_dev	IET_dev/ JPN	IET_dev/ USA	IET_dev/ EUR	IET_wld	IET_wld/ JPN	IET_wld/ USA	IET_wld/ EUR	IET_wld/ CHN	IET_wld/ ND
JPN	-0.55	0.11	0.00	-0.02	0.26	0.49	0.02	0.51	0.52	0.41	0.50
USA	-0.30	-0.08	-0.08	0.00	0.02	0.18	0.18	0.00	0.20	0.11	0.19
EUR	-1.47	0.84	0.85	0.68	0.01	1.34	1.35	1.37	0.01	1.24	1.36
NAM	-0.49	-0.23	-0.22	-0.36	0.02	0.29	0.29	0.30	0.32	0.20	0.31
ERP	0.02	-0.47	-0.46	-0.59	-0.25	-0.10	-0.09	-0.07	0.04	-0.18	-0.09
RUS	-0.14	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.12	0.00
CHN	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	-0.19	-0.17	-0.16	0.02	-0.18
IND	-0.79	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.25	0.27	0.36	0.41	-0.17	0.01
APC	-0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.00	0.01	-0.14	0.00
CSA	-0.53	0.01	0.01	0.01	0.00	0.37	0.37	0.39	0.39	0.25	0.38
MEA	-0.22	0.04	0.04	0.04	0.01	0.61	0.58	0.52	0.41	0.69	0.61
ERS	0.11	0.02	0.02	0.02	0.00	0.21	0.20	0.19	0.14	0.14	0.20
AFR	-0.38	0.10	0.10	0.09	0.00	0.21	0.21	0.22	0.09	0.09	0.24
世界全体	-0.41	0.08	0.08	0.06	0.00	0.27	0.26	0.26	0.10	0.23	0.27

単位は表 9 と同じ。

以上のように、IET への参加国構成の変化が各国の厚生に与える影響には一定の傾向が観察できるが、GDP に関してはどのような影響が見られるだろうか。表 13 は各国の GDP への影響を示しており、その見方は表 9 と同様である。以下では、各シナリオについて詳しく見ていく。

まず、IET_dev/JPN シナリオでは、JPN の GDP は No_IET シナリオとほぼ同水準となる。また、他の先進国においては GDP は IET_dev シナリオとほぼ変わらない。この結果は、JPN の排出枠の取引量がもともと非常に少ないことに起因すると考えられる。実際、IET_dev シナリオにおける JPN の排出枠の輸入量は 26.8MtCO₂にとどまっており、その不参加が排出枠の市場に与える影響は非常に小さいと考えられる。

次に、IET_dev/USA シナリオでは、不参加となる USA の GDP はやはり No_IET シナリオとほぼ同水準になる。一方、他の先進国には明確な変化が見られる。まず、JPN は USA が不参加となることにより排出枠の輸出国に転じ、その結果、GDP が大幅に低下し、No_IET シナリオに近い水準となる。EUR においても、排出枠の輸入量が減少することで GDP が低下する。また、NAM および ERP は、排出枠の輸出量が増加することで GDP が低下する。IET_dev/EUR シナリオでは、EUR の GDP は No_IET シナリオと同水準になる一方で、EUR 以外の先進国の GDP は IET_dev シナリオよりも上昇している。

これらの結果を踏まえると、IET への参加国構成の変化が各国の GDP に与える影響は以下のように整理できる。

- IET に参加しない国の GDP は No_IET シナリオとほぼ同水準に戻る。
- 排出枠の輸入国であった国が不参加となると、他の参加国の GDP は上昇する傾向がある。

- 排出枠の輸出国であった国が不参加となると、他の参加国の GDP は低下する傾向がある。

IET_wld の派生シナリオにおいても、いくつかの例外はみられるものの、全体として上記の傾向が確認できる。これらの結果は、排出枠の貿易構造において、IET に参加しない国と参加する国がどのようなポジション（輸出国か輸入国か）にあるかが、GDP への影響を規定する重要な要因であることを示しており、その点は厚生への影響と同じである。

しかし、GDP に対する影響は、厚生への影響とは異なる特徴を持っている。厚生の場合には、IET に残留する国が排出枠の輸出国か輸入国かによって、影響の方向が逆転していたが、GDP については、残留国が輸出国であっても輸入国であっても、不参加となる国の属性によって同一方向の影響（上昇または低下）が発生するという結果となっている。第 6.2 節で、IET の導入が厚生と GDP という二つの指標に異なる影響を及ぼすことを示したが、本節の分析は、ある国が IET に不参加となる場合についても、その影響が指標の選択によって大きく異なることを示している。

この節では、IET の参加国構成の変化が各国の厚生および GDP に与える影響を検討してきた。厚生にせよ GDP にせよ、参加国の変化がもたらす影響には一定の傾向があることが確認された。特に、不参加となる国、および影響を受ける国が排出枠の輸出国であるか輸入国であるかが、影響を左右する主要な要素であることが明らかになった。

6.4. 日本への影響

最後に本節で IET の導入が日本にもたらす影響について詳しく確認する。

表 14：日本への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
CO2 (MtCO2)	670.95	26.80	146.87
炭素価格（ドル/トン）	156.96	-31.33	-122.61
厚生	-0.52	0.06	0.42
GDP	-0.55	0.11	0.49
民間消費	-0.63	0.07	0.48
政府消費	0.00	0.00	0.00
投資	0.14	-0.03	-0.11
輸出	-0.47	0.13	0.40
輸入	0.41	-0.06	-0.27

表 14 は、これまでに分析した IET_dev および IET_wld シナリオにおける日本 (JPN) の結果のみを抜粋したものである。また、表中の「GDP」の行の下「民間消費」～「輸入」の各項目は、GDP の変化をその構成要素別に分解した値であり、「GDP = 民間消費 + 政府消費 + 投資 + 輸出 - 輸入」という関係に基づき、GDP の変化率を 5 つ項目の寄与度として表示している。

日本は両シナリオにおいて排出枠の輸入国となるため、No_IET シナリオと比較して炭素価格が大幅に低下する。特に IET_wld シナリオでは、日本は 146.9MtCO₂ という大量の排出枠を輸入することになり、その結果として炭素価格は No_IET シナリオの 157.0 ドルから 34.4 ドルまで、122.6 ドルも低下する。

IET への参加で、CO₂ 排出削減量が縮小し、炭素価格が下落することから、日本の厚生および GDP はいずれも上昇する。とりわけ、IET_wld シナリオでは排出枠を大量に購入することから、厚生および GDP の低下率は No_IET シナリオと比較して約 3 分の 1 の水準まで縮小する。この結果は、日本に関しては、先進国間の IET であっても、世界全体を対象とした IET であっても、それに参加することでプラスのマクロ的な影響を享受できるということを示している。

構成要素別に GDP の変化を見ると、政府消費は BAU シナリオの値で固定されているため、変化はゼロである。IET の導入により投資は減少し、輸入が増加するので、これらは GDP を押し下げる要因となるが、一方で、民間消費が増加することに加え、輸出が大きく拡大することから、GDP 全体が上昇していることがわかる。

IET の導入により、日本では化石燃料の消費が拡大し、生産も拡大する。したがって、民間消費、輸出、輸入が増加することは自然な結果と言える。一方で、投資が減少する点については、やや意外に思われるかもしれない。この投資の動きは本研究のモデルにおける投資決定のメカニズムに強く依存している。

本研究のモデルでは代表的家計の効用関数が、「統合された消費」と「統合された貯蓄」に依存している。ここでの貯蓄というのは投資財の購入のことである。以上の定式化のため、投資財の消費財に対する相対価格（投資財の価格/消費財の価格）が上昇すると、消費が増加する代わりに、投資が減少するという効果が働く。

排出規制の導入 (No_IET シナリオ) にともない、投資財の相対価格が低下するという効果が働くため¹⁰、投資が増加するという効果が働く。これに対し、IET の導入は削減量の緩和および炭素価格の低下を通じて、No_IET シナリオで低下していた投資財の相対価格を再び引き上げる方向に作用する。このため、IET の導入で投資が減少する効果が働く。もちろん、投資の水準は相対価格のみで決定されるわけではなく、他の要因の影響も考慮されるべきであるが、本モデルにおいては、以上のようなメカニズムにより、IET の導入が投資の抑制効果をもたらすという結果が得られている。

¹⁰ これは消費向けの財と比較し、投資向けの財の炭素集約度が低いためだと考えられる。

表 15：日本への影響（別シナリオ）

	No_IET	No_IETからの変化									
		IET_dev	IET_dev/J PN	IET_dev/U SA	IET_dev/E UR	IET_wld	IET_wld/J PN	IET_wld/U SA	IET_wld/E UR	IET_wld/C HN	IET_wld/I ND
CO2 (MtCO2)	671.0	26.8	0.0	-7.1	72.0	146.9	0.0	158.7	162.0	112.5	149.8
炭素価格（ドル/トン）	157.0	-31.3	-1.2	7.6	-72.1	-122.6	-1.5	-129.0	-129.7	-100.7	-124.1
厚生	-0.52	0.06	0.02	0.02	0.14	0.42	0.05	0.45	0.43	0.33	0.43
GDP	-0.55	0.11	0.00	-0.02	0.26	0.49	0.02	0.51	0.52	0.41	0.50
民間消費	-0.63	0.07	0.01	0.00	0.19	0.48	0.03	0.51	0.51	0.37	0.49
政府消費	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
投資	0.14	-0.03	0.01	0.02	-0.08	-0.11	0.01	-0.11	-0.12	-0.09	-0.11
輸出	-0.47	0.13	0.03	0.00	0.23	0.40	0.05	0.40	0.37	0.34	0.40
輸入	0.41	-0.06	-0.04	-0.03	-0.07	-0.27	-0.07	-0.29	-0.24	-0.21	-0.28

表 15 は IET_dev および IET_wld の派生シナリオにおける日本への影響をまとめた表である。この表でも GDP への効果を分解した数値も掲載している。

まず、厚生に関しては、IET が導入された全てのシナリオにおいて No_IET シナリオよりも厚生は上昇している。GDP についても、IET_dev/USA シナリオを除いてすべてのシナリオで No_IET よりも GDP は上昇している。IET_dev/USA シナリオで No_IET よりも GDP が低下するのは、(第 6.3 節で説明したように) このシナリオでは日本は排出枠の輸出国に転じるためである。

参加国の変化の影響は既に第 6.3 節で見た関係がそのまま成り立っている。日本は基本的に排出枠の輸入国であるので、排出枠の輸入国が不参加に転じた場合には厚生、GDP は上昇し、排出枠の輸出国が不参加に転じた場合には厚生、GDP は低下している。

ある国が IET に参加しないときに、別の国の厚生および GDP に全く異なる影響をもたらす場合もあったが、日本の場合には、いずれのシナリオにおいても厚生と GDP が同方向に変化するという比較的単純な結果が得られている。

ただし、日本が受ける影響の方向と大きさは、どの国が IET に参加し、どの国が参加しないかに強く依存している。特に、排出枠の輸出国が不参加となるか、輸入国が不参加となるかによって、日本にとっての経済的影響は逆の方向に作用する。したがって、日本が IET から受けるマクロ経済的な影響は、参加国の構成によって大きく変化するという点を十分に考慮する必要がある。

7. おわりに

本研究では、13 地域・10 部門を対象とし、2017 年から 2030 年までの期間をカバーする逐次動学型 CGE モデルを用いて、IET（国際排出量取引）の導入が各国の経済に与える影響を分析した。具体的には、各国が独力で削減目標を達成する「No_IET シナリオ」と、IET が導入される複数のシナリオを比較することで、排出規制の経済的効果に IET の導入がもたらす影響を分析した。分析においては、経済全体に及ぼすマクロ的な影響に着目し、特に

各国の厚生および GDP への影響に重点を置いて評価を行った。

分析の結果、以下の知見が得られた。第一に、IET の導入は参加国の多くにおいて厚生の上昇をもたらすことが確認できた。第二に、IET に参加することで、排出枠を輸入する国では GDP が上昇し、排出枠を輸出する国では GDP が低下する傾向が観察された。第三に、IET の参加国構成の変化による影響は、IET に参加しない国が排出枠の輸入国か、輸出国かによって大きく異なることが明らかとなった。具体的には、排出枠の輸入国が参加しない場合、残留する他の参加国の GDP は上昇し、排出枠の輸出国が参加しない場合には、残留国の GDP は低下する傾向が確認された。厚生に関しても、輸入国が参加しない場合、他の輸入国の厚生は上昇し、輸出国の厚生は低下する一方、輸出国が参加しない場合には、他の輸出国の厚生は上昇し、輸入国の厚生は低下する傾向が見られた。

第四に、日本に関しては、IET に参加することで厚生、GDP ともにプラスの影響を受ける可能性が高いことが示された。とりわけ、世界全体で IET が実施されるシナリオでは、日本は大量の排出枠を購入できるため、排出規制に伴う経済的負担を大幅に軽減できることが確認された。

第二の知見が示すように、IET への参加によって一部の国では GDP が低下する場合がある。これは、IET への参加に伴い排出枠を輸出する場合には、生産が抑制される効果が働くためである。GDP は経済活動の水準を示す重要な指標であり、一般的にはその低下は望ましくないとされる。この基準に従えば、IET の導入は一部の国にとっては望ましくない政策となる。しかし、第一の結果が示すように、たとえある国で GDP が低下するとしても、厚生は上昇する可能性が高い。

このように、厚生と GDP という二つの指標が全く異なる動きを示すのは、二つの指標が捉える経済的側面が異なるためである。すなわち、GDP は主に国内の生産活動の水準を捉える指標であるのに対し、本研究における厚生は、消費、貯蓄（投資）を通じて家計が得る満足度を捉える指標である。IET が導入された状況では、排出枠の輸出入に伴う国際間での資金のやり取りが生じるが、GDP はそのような資金のやり取りがもたらす効果を捉えることができないのに対し、厚生は資金のやり取りを通じ、所得が変化することで、消費、貯蓄が変化するという効果を捉えることができる。IET ではこの資金のやり取りを通じた効果が大きいいため、厚生と GDP という二つの指標で大きく動きが異なるケースが出てくるのである¹¹。

厚生と GDP はどちらもマクロ経済の状態を評価する重要な指標であるが、それぞれメリットとデメリットがある。理論的な観点から CGE 分析においては厚生という指標が重視される傾向がある一方、現実の政策決定の議論においては、依然として GDP の利用が圧倒的に多い。本研究の分析が示したように、IET という政策が導入された状況では、二つの指標

¹¹ ただし、排出枠の輸入国となる国では、厚生も GDP も上昇する方向の効果が働くので、むしろ同じような動きになる。

が全く異なる動きかたをするケースがあるので、IET という政策を評価する際には、これらの指標の特性を十分理解した上で、二つの指標を適切に利用することが重要である。

第四の知見は、日本にとって IET への参加が経済的に大きな便益をもたらす可能性を示唆している。この結果は、日本が今後の気候変動対策を進める上で、国内における排出削減努力と並行して、IET の積極的な活用を検討すべきであることを意味する。さらに、第三の知見を踏まえれば、日本が自国の利益を最大化するためには、単純に IET への参加国を増やすのを目指すのではなく、IET における参加国構成に戦略的に関与していくことが望ましいと考えられる。

最後に、本研究で分析した国際排出量取引に関する課題について述べておきたい。本研究は、IET の導入が参加国にもたらす経済的利益の可能性が高いことを示した。実際、日本の JCM (Joint Crediting Mechanism) のように、国際間で排出枠を取引する制度は既に一部で導入されている。しかし、本論文が想定するような統合的な国際排出枠市場の構築に向けては、依然として多くの課題が残されている。

その重要な課題の一つが、各国の排出削減目標の設定方法である。パリ協定では、この分野の国際交渉の現実もあり、各国が自主的に排出削減目標を設定するというアプローチが採用されている。各国が自主的に目標を設定するという制度は、実際、この制度によって、パリ協定では京都議定書に比べより多くの国が削減努力に参加することとなった面はあるものの、このルールのもとで IET を導入すると、自国の排出枠の輸出によって利益を得るために、削減目標を意図的に緩く設定するインセンティブがさらに強化されるおそれがある。従って、IET を温室効果ガス削減の効率的な手段として活用するためには、本来であれば各国が目標を恣意的に設定するのではなく、客観的な指標に基づいて排出削減目標を決定する仕組みが必要と考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費（課題番号 JP21K01513）の助成を受けたものです。

参考文献

- Aguiar, A., Chepeliev, M., Corong, E. and Van Der Mensbrugghe, D., (2022). "The Global Trade Analysis Project (GTAP) Data Base: Version 11." *Journal of Global Economic Analysis*, Vol.7, No.2, pp.1–37. Available at: <https://jgea.org/ojs/index.php/jgea/article/view/181> [Accessed May 11, 2023].
- Babiker, M.H., Reilly, J.M. and Viguiier, L., (2004). "Is International Emissions Trading Always Beneficial?" *The Energy Journal*, Vol.25, No.2, pp.33–56. Available at:

<http://econpapers.repec.org/RePEc:aen:journl:2004v25-02-a02>.

- Blonigen, B.A., Flynn, J.E. and Reinert, K.A., (1997). “Sector-Focused General Equilibrium Modeling.” In J. F. Francois and K. A. Reinert, eds. *Applied Methods for Trade Policy Analysis: A Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 189–230. Available at: <https://www.cambridge.org/core/books/applied-methods-for-trade-policy-analysis/sectorfocused-general-equilibrium-modeling/A9AD4E679FC654A0CD2BE53F85C5B55D>.
- Böhringer, C. and Löschel, A., (2003). “Market power and hot air in international emissions trading: the impacts of US withdrawal from the Kyoto Protocol.” *Applied Economics*, Vol.35, No.6, pp.651–663. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0003684021000035818> [Accessed March 25, 2025].
- Böhringer, C., Peterson, S., Rutherford, T.F., Schneider, J. and Winkler, M., (2021). “Climate policies after Paris: Pledge, Trade and Recycle: Insights from the 36th Energy Modeling Forum Study (EMF36).” *Energy Economics*, Vol.103, p.105471. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988321003571> [Accessed December 19, 2022].
- Böhringer, C., Rutherford, T.F. and Tol, R.S.J., (2009). “THE EU 20/20/2020 Targets: An Overview of the EMF22 Assessment.” *Energy Economics*, Vol.31, pp.S268–S273. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988309001935> [Accessed October 9, 2011].
- Chateau, J., Dellink, R. and Lanzi, E., (2014). “An Overview of the OECD ENV-Linkages Model: Version 3.” *OECD Environment Working Papers, No. 65*, No.65, p.43. Available at: <http://www.oecd-ilibrary.org/content/workingpaper/5jz2qck2b2vd-en>.
- de Boer, P., van Daal, J. and Rodrigues, J.F.D., (2021). “Consumer preferences in CGE models when data are scarce: comparing the linear expenditure and the indirect addilog systems.” *Economic Systems Research*, pp.1–29. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09535314.2021.1964440> [Accessed July 25, 2022].
- Dervis, K., Melo, J. de, Robinson, S., and Banco Mundial, (1989). *General equilibrium models for development policy.*, Washington: Banco Mundial.

- Ellerman, A.D. and Wing, I.S., (2000). "Supplementarity: An Invitation to Monopsony?" *The Energy Journal*, Vol.21, No.4, pp.29–59. Available at: <https://journals.sagepub.com/doi/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol21-No4-2> [Accessed March 25, 2025].
- Fujimori, S., Kubota, I., Dai, H., Takahashi, K., Hasegawa, T., Liu, J.-Y., Hijioka, Y., Masui, T. and Takimi, M., (2016). "Will international emissions trading help achieve the objectives of the Paris Agreement?" *Environmental Research Letters*, Vol.11, No.10, p.104001. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/10/104001> [Accessed March 28, 2025].
- Fujimori, S., Masui, T. and Matsuoka, Y., (2015). "Gains from emission trading under multiple stabilization targets and technological constraints." *Energy Economics*, Vol.48, pp.306–315. Available at: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988314003272> [Accessed April 4, 2025].
- Hamasaki, H. and Truong, T., (2002). "The costs of green house gas emission reductions in the european and japanese economies under mixed emission trading regimes." *Presented at the 5th annual conference on global economic analysis, taipei, taiwan*. Available at: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=1092.
- Hertel, T.W., (1999). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications* T. W. Hertel, ed., New York: Cambridge University Press. Available at: <http://econpapers.repec.org/RePEc:cup:cbooks:9780521643740> [Accessed April 1, 2011].
- Lanz, B. and Rutherford, T.F., (2016). "GTAPinGAMS: Multiregional and Small Open Economy Models." *Journal of Global Economic Analysis*, Vol.1, No.2, pp.1–77. Available at: <https://jgea.org/resources/jgea/ojs/index.php/jgea/article/view/38>.
- Lofgren, H., Harris, R.L. and Robinson, S., (2002). *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*, Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). Available at: <https://www.ifpri.org/publication/standard-computable-general-equilibrium-cge-model-gams>.
- Montgomery, W.D., (1972). "Markets in licenses and efficient pollution control programs." *Journal of Economic Theory*, Vol.5, No.3, pp.395–418. Available at:

- <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002205317290049X> [Accessed March 21, 2025].
- Paltsev, S.V., Reilly, J.M., Jacoby, H.D., Yay, K.H. and Tay, K.H., (2004). *The Cost of Kyoto Protocol Targets: The Case of Japan*, MIT. Available at: <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/5425> [Accessed May 16, 2011].
- Springer, U., (2003). “The Market for Tradable GHG Permits under the Kyoto Protocol: a Survey of Model Studies.” *Energy Economics*, pp.527–551.
- Stiglitz, J.E., Sen, A. and Fitoussi, J.-P., (2010). *Mismeasuring Our Lives: Why GDP Doesn't Add Up*, New York: The New Press.
- Takeda, S., Arimura, T.H. and Sugino, M., (2019). “Labor Market Distortions and Welfare-Decreasing International Emissions Trading.” *Environmental and Resource Economics*, Vol.74, No.1, pp.271–293. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10640-018-00317-4> [Accessed April 9, 2020].
- Weyant, J.P. and Hill, J.N., (1999). “INTRODUCTION AND OVERVIEW.” *The Energy Journal*, Vol.20, No.1_suppl, pp.vi–xiiv. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol20-NoSI-1> [Accessed March 28, 2025].
- デール・ジョルゲンソン, (2023). 「生産と厚生～経済測定の発展」, 『経済分析』, No.207, pp.22–85. Available at: <https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/bun/bun207/bun207b.pdf>.
- 有村俊秀・杉野誠・武田史郎, (2011) 「国内排出量取引の国際リンクによる経済的影響に関する研究」, 『環境研究』, No.161, pp.95–102.
- 武田史郎・加藤真也・鈴木晋, (2024) 「動学的応用一般均衡モデルによる炭素国境調整措置の分析」, https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/new_wp/new_wp080/new_wp073.pdf.
- 武田史郎・杉野誠・有村俊秀・山崎雅人, (2012) 「排出量取引の国際リンク及び CDM の経済分析」, 有村俊秀・武田史郎 (編) 『排出量取引と省エネルギーの経済分析: 日本企業と家計の現状』, 日本評論社

8. 補論

8.1. 貿易収支についての仮定

第 3.2 節で説明したように、メインの分析では、モデル上、貿易収支について次のような仮定を置いていた。すなわち、「貿易収支+IET にともなう海外からの収入」の額が「基準年の貿易収支」の額に等しくなるという仮定である。

このように仮定する理由は、IET 導入がもたらす影響のうち、特に効率性へ影響に焦点を当てるためである。言い換えれば、「貿易収支+IET にともなう海外からの収入」が変動するモデルにすると、価格調整や生産・消費構造の変化を通じた効率性への効果に加えて、国際的な所得移転による効果が生じ、両者が混ざってしまうためである。

しかし、上記のように仮定すると、排出枠の輸出国になる場合には、「IET にともなう海外からの収入」がプラスになる分、貿易収支の額は「基準年の貿易収支」の額よりも小さくなるという調整が働く。この調整はいささか不自然に感じられるかもしれず、むしろ貿易収支は基準年の貿易収支に等しくなるとし、「IET にともなう海外からの収入」に応じて貿易収支を調整することはしないという想定もありうる。そこで、以下では、「貿易収支＝基準年の貿易収支」という形に設定を変更したモデルの結果を紹介し、メインの分析での結果と比較する。

表 16：IET 導入による厚生への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	-0.52	0.16	0.57
USA	-0.32	-0.12	0.23
EUR	-1.68	1.22	1.67
NAM	-0.65	-0.28	0.39
ERP	-0.04	-0.35	-0.04
RUS	-1.13	0.09	0.54
CHN	-0.02	0.03	-0.07
IND	-0.14	0.01	0.16
APC	-0.18	0.08	0.11
CSA	-0.72	0.06	0.50
MEA	-1.99	0.21	1.37
ERS	-0.64	0.23	0.61
AFR	-1.18	0.30	0.56
世界全体	-0.52	0.16	0.41

表 16 は IET の厚生への影響を表している。表の見方は表 8 と同じである。メインの分析では、IET_dev シナリオではすべての IET 参加国の厚生は上昇していたが、ここでは USA、NAM、ERP などの排出枠の輸出国の厚生は低下に転じている。IET_wld シナリオでもメインの分析では ERP を除き、厚生は上昇していたが、ここでは ERP に加え、CHN も厚生が低下している。以上のように、貿易収支に関する設定を変更することで、厚生への影響が変わってくる、具体的には、排出枠の輸出国については IET への参加で厚生が低下するところが出てくる。このように結果が変わるのは、貿易収支の設定を変更することで、国際間の所得移転の効果が生じるからである。

表 17：IET 導入による GDP への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	-0.55	0.11	0.50
USA	-0.30	-0.09	0.18
EUR	-1.47	0.94	1.40
NAM	-0.49	-0.26	0.31
ERP	0.02	-0.55	-0.11
RUS	-0.14	0.01	-0.06
CHN	0.03	0.00	-0.21
IND	-0.79	-0.01	0.24
APC	-0.09	0.01	-0.02
CSA	-0.53	0.01	0.38
MEA	-0.22	0.04	0.55
ERS	0.11	0.02	0.14
AFR	-0.38	0.09	0.22
世界全体	-0.41	0.09	0.27

一方、表 17 は GDP への影響を表したものである。この表の見方も表 9 と同じである。GDP への効果はメインの分析とほぼ同じである。つまり、IET に参加したときに排出枠の輸出国となる国においては GDP は低下するという結果となっている。

以上、貿易収支に関する設定を変更したケースを分析した。設定の変更で次のような結果が得られた。

- GDP への効果はメインの分析とほとんど変わらない。
- 厚生への効果はメインの分析と変わってくる。具体的には、排出枠の輸出国になる国は

IET への参加で厚生が低下する場合が出てくる。

厚生への効果が変わるのは、設定を変更することで、国際間の所得移転の効果が生じるからである。メインの分析において、第 3.2 節のような想定をおいたのは国際間の所得移転の効果を排除するためである。いずれにせよ、厚生への効果を分析する際には、貿易収支についての仮定が重要であるということが確認できる。

8.2. GNI への影響

本研究では、IET 導入が経済全体へ与える効果として、「厚生」と「GDP」への効果を分析した。厚生と GDP という二つの指標の違いについては、第 8 第や第 19 節で詳しく説明したが、要点を改めて整理すると、GDP は主に生産の水準を捉える指標であるのに対し、(この論文での) 厚生は代表的家計の「支出(所得)面」を捉える指標ということであった。

この二つの指標を取り上げたのは、CGE 分析においてこの二つが利用されることが多いためである。しかし、この二つ以外にもマクロ的な状況を捉えるための指標はある。その一つは「GNI(国民総所得)」である。GNI はかつて利用されていた GNP(国民総生産)に代わるものとして、1993SNA で導入されたもので、GNP と同様に所得を測る指標である¹²。具体的には、GNI は、GDP に、海外からの所得(雇用者報酬及び財産所得)の受取を加え、海外への所得の支払を控除したものと計算される。

厚生も所得面を捉える指標であるので、GNI と似ているが、厚生は代表的家計の効用から計算されるモデル上の変数であり、現実に観測・公表されている指標ではない。一方、GNI は SNA で定義され、実際に統計として計測されている経済指標である。このような状況を考慮し、以下では IET 導入が GNI に与える効果についても補足的に分析をおこなう。

本来、GNI は上述のように「GDP に海外からの所得(雇用者報酬及び財産所得)の受取を加え、海外への所得の支払を控除したもの」と定義されるが、本研究で利用しているモデルにおいては、「海外からの所得の受取」、「海外への所得の支払」に与えるものとしては、IET にともなう排出枠の輸出額、輸入額しか考慮することができない。そこで、ここでは

$$\text{GNI} = \text{GDP} + \text{排出枠の輸出額}$$

のように簡略化した定義を利用し、GNI を計算する(排出枠を輸入する国の場合は、排出枠の輸出額はマイナスの値となる)。

12

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/2021/sankou/pdf/term.pdf

表 18：IET 導入による GNI への影響

	No_IET	No_IETからの変化	
		IET_dev	IET_wld
JPN	-0.55	0.04	0.40
USA	-0.30	0.05	0.09
EUR	-1.47	0.45	1.15
NAM	-0.49	0.02	0.17
ERP	0.02	-0.04	-0.07
RUS	-0.14	0.02	0.48
CHN	0.03	0.00	0.01
IND	-0.79	-0.01	0.16
APC	-0.09	0.01	0.01
CSA	-0.53	0.01	0.27
MEA	-0.22	0.04	0.97
ERS	0.11	0.02	0.78
AFR	-0.38	0.10	0.15
世界全体	-0.41	0.08	0.27

表 18 は IET 導入の GNI に与える影響を示したものであり、表の見方は表 8 などと同じである。IET に参加する国の多くでは、ERP を除いて GNI が上昇しており、IET が GNI に対しておおむねプラスの影響を及ぼすことが確認できる。これは、厚生への影響と概ね整合的な結果となっており、GNI という観点からも、IET への参加は経済的に望ましい可能性が高いと考えられる。

一方で、すべての国において厚生と GNI の効果が一致しているわけではない。たとえば、ERP のように GNI の符号が逆転している国や、MEA のように GNI は増加しているもののその増加率が厚生と大きく異なる国も確認される。このように、二つの指標で IET の経済効果が大きく異なる場合がある。したがって、政策評価において、所得面への影響も重視しているのなら、GDP や厚生といったよく計算される指標に加えて、GNI も計算するべきであると言える。