



New ESRI Working Paper No.73

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

武田史郎、加藤真也、鈴木晋

August 2024



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.

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

武田史郎（京都産業大学）

加藤真也（山口大学）

鈴木晋（内閣府経済社会総合研究所）

概要

本研究では、応用一般均衡モデルによるシミュレーションによって炭素国境調整措置（CBAM）導入の影響を詳細に分析した。モデルには、14 地域、10 部門からなるグローバル・モデルを利用し、EU、日本、あるいは先進国全体が CBAM を導入する場合の、経済、及び CO₂ 排出量への効果を検証した。分析の結果、CBAM の導入が炭素リーケージやエネルギー集約貿易財（EITE）部門に強い影響を与えることが示され、特に炭素リーケージを防止し、EITE 部門を保護する効果が観察された。また、CBAM のタイプにより、炭素リーケージの大きさが異なっており、炭素リーケージ防止のためには CBAM の制度設計が重要であることが示された。さらに、CBAM 導入が GDP や厚生に与える影響は限定的であり、特に先進国においてはわずかな変化しかもたらさないことが示された。以上の分析の結果は、EU の CBAM が炭素リーケージの防止や EITE 部門の保護に効果を持つことを示唆し、その温暖化対策としての有効性を裏付けている。また、EU の CBAM 導入に対しては他国から懸念が生じていたが、CBAM の経済全体への影響は総じて小さく、現時点では強い懸念を抱く必要がある政策ではないということも示唆している。

1. はじめに

2016年のパリ協定発効以降、世界各国で気候変動対策に積極的に対応しようという動きが活発化している。日本を含む多くの先進国が2050年までのネットゼロ排出目標を掲げ、多くの発展途上国も達成時期は遅いがネットゼロ目標を掲げている。なかでも欧州連合（EU）は気候変動対策に積極的な姿勢を見せており、2030年までに1990年比で55%削減という非常に野心的な目標を掲げている。以上のように、気候変動対策の機運は世界的に高まっているが、EUのように高い目標を掲げている地域がある一方で、発展途上国を中心として対策に比較的消極的な地域もある。このように気候変動対策の強度が地域によって大きく異なることは、規制強度の高い地域における企業の国際競争力を低下させ、いわゆる「炭素リーケージ」を引き起こす要因となっている。

気候変動対策に積極的なEUは、こうした問題に対処するため「炭素国境調整メカニズム（carbon border adjustment mechanism、CBAM）」の導入を決定した¹。CBAMとは、温室効果ガス（GHG）排出削減がもたらす経済的な負担を補うことを目的とし、気候変動対策に貿易政策を組み合わせる政策であり、具体的には、輸入品に対し、その製造で排出されたCO₂の量に応じて関税を課すというものである。また、輸出側にもCBAMを適用する場合には、輸出品の製造時に負担したカーボンプライスを輸出時に還付するという形になる²。CBAMは、温室効果ガス規制が導入された地域の企業の国際競争力を維持し、炭素リーケージを防止する手段として以前から注目されてきた。例えば、2009年に米国下院を通過したワックスマン＝マーキー法案は、炭素リーケージの問題に対処するため、ある部門がエネルギー集約的・貿易財（energy-intensive trade-exposed、EITE）部門と特定された場合、排出枠獲得のコストの大半を払い戻すことを提案した。また、排出規制のない国から輸入される製品について、炭素クレジットの購入を義務付ける国境調整を実施する権限を大統領に与えることも提案した。

EUでも同様の議論が進められてきたが、これまでEUは現実の政策としてCBAMを採用することはなかった。しかし、2030年までに1990年比55%削減という野心的な目標を掲げるにあたり、企業の国際競争力の低下や炭素リーケージの問題はもはや無視できず、EUはCBAMの設計に着手した。まず、EU委員会が2021年にCBAM制度の案を提案した。その後、2022年6月にEU議会に次のような内容の修正案を提出した（European Parliament, 2022）：1）CBAMは2027年に開始し、段階的に導入する、2）対象部門（製品）は鉄鋼、肥料、化学、ポリマー、アルミニウム、セメント、電力とする、3）炭素含有

¹ 本研究ではEUにならい、CBAMという用語を利用するが、同じタイプの政策をborder tax adjustment（国境税調整）、carbon tariff（炭素関税）などと呼ぶ場合もある。

² 一般的なCBAMの制度設計については、例えば、Böhringer, Balistreri and Rutherford (2012)を参照して欲しい。

量（カーボンコンテンツ）の測定には直接排出と間接排出³の両方を含める、4）炭素含有量の測定には輸出業側（輸出地域）の実際の排出データを使用する、5）輸出に対する調整はおこなわない、6）明示的な炭素価格を支払っている国はCBAMの対象外とする。

EUのCBAM導入の計画は様々な議論を引き起こした。その一つが、WTOとの整合性に関する法的問題である。EUの提案では、輸出国が異なれば同じ商品でも異なる関税率が適用されることになるが、この異なる関税率は、原則として差別的取り扱いを禁止するWTO規則に違反する可能性がある。同様にMehling et al. (2019)は、CBAMの設計は法的観点から一定の制約を受けるとし、CBAMにおいて輸出に対する調整を含めることはWTOルール上適切ではないと主張している⁴。

もちろん、経済的影響についての懸念もある。EUが炭素リーケージと国際競争力対策としてCBAMを導入すること自体は、気候変動政策の有効性を高めるものであり、正当な動きである。しかし、それは国際間の貿易や生産構造に大きな影響を与え、結果としてCBAMが偽装された貿易障壁として利用される可能性もある(Horn and Sapir, 2013)。

日本では、政策当局や産業界がEUのCBAMに懸念を抱いている。例えば、日本の環境省は政策を議論する様々な委員会でCBAM(あるいはEUのCBAM)を取り上げている⁵。同様に、経済産業省も2023年版通商白書(経済産業省, 2023)でCBAMを取り上げるとともに、多くの委員会で取り上げている。さらに、EUがCBAMの導入を表明したことを受け、当時の西村康稔経済産業大臣は2022年12月の記者会見で、情報を収集し、日本への影響を分析すると述べている。

政策立案者の関心の高さに加え、直接影響を受ける可能性のある日本の産業界もEUのCBAMに強い関心を寄せている。日本の多くの大企業が加盟する日本経済団体連合会(経団連)は、EUのCBAMに懸念を表明している。さらに2023年7月には、日本鉄鋼連盟もEUのCBAMに懸念を表明した。

EUにおいてCBAMを創設する規則は2023年5月に施行され、10月から暫定適用が開始された。これによりEUへ輸出を行う企業は商品の生産にかかったCO₂排出量の報告が義務づけられることとなった。2026年以降の本格実施後は、実際にコストを支払うことになる。2023年10月から始まったCBAMでは、計画段階から若干の制度の変更がおこなわれた。具体的には、対象部門は鉄鋼、肥料、アルミニウム、セメント、水素、電力となり、一部の部門(鉄鋼、アルミニウムなど)は直接排出のみをカウントするという事になった。実際に導入されたCBAMについては上野(2023)が詳しい。

³ 直接排出とは、対象製品の生産プロセスから生じる排出量であり、生産過程で消費される加熱や冷却にかかる排出を含むものである。また、間接排出とは、対象製品の生産プロセスで消費される電力の発電に伴う排出である。

⁴ Mehling et al. (2019)は、EUのCBAMの法的側面について多様な議論を提供している。

⁵ 例えば、「カーボンプライシングの活用に関する小委員会」、「税制全体のグリーン化推進検討会」等である。

以上のように、日本では政策立案者のみならず、多くの企業が EU の CBAM 政策に関心を寄せている。彼らの最大の関心事は、EU の CBAM 導入が日本経済や企業にどのような影響を与えるかということであるが、現状ではこの問いに取り組んだ研究はほとんどない。本研究はそのギャップを埋めることを目的とし、EU の CBAM 導入による経済的・環境的影響について事前的・定量的分析をおこなう。

CBAM に関する研究は既に数多くある。CBAM の実施例はほとんどないため、多くの研究は事前的なシミュレーション分析である。特に、多くの分析は応用一般均衡 (computable general equilibrium、CGE) モデルを用いておこなわれており、Böhringer et al. (2012)は、CBAM に関する多くの CGE 分析をまとめている。日本については、筆者等がおこなった Takeda et al. (2011)、武田他 (2012)、武田他 (2013)がある。近年の研究では、Böhringer et al. (2017) が CBAM と生産量に基づくリポート制度を厚生基準の観点から比較している。同様に Böhringer et al.は、効率性の観点から炭素関税の効果を検証した。Balistreri et al. (2019) は、各国の戦略的行動を考慮しながら、炭素関税の効果を分析した。CBAM に関するこれらの研究は様々な観点からおこなわれているが、EU が計画している CBAM の効果については分析していない。

EU が導入する CBAM を分析する研究には、Mörsdorf (2022)、UNCTAD (2021)、Takeda and Arimura (2023)がある。Mörsdorf (2022)、UNCTAD (2021)の研究については、Takeda and Arimura (2023)で詳しい比較をおこなっているため、そちらを見て欲しいが、1) どちらも GTAP-E モデルをベースとした静学モデルを利用している、2) 日本への影響を詳細には分析していないという特徴がある。これに対し、Takeda and Arimura (2023)では EU の CBAM の導入が日本に対して与える影響について詳細に分析をおこなっている。しかし、Takeda and Arimura (2023)は、Mörsdorf (2022)、UNCTAD (2021)と同様に静学モデルを利用しており、2030 年までに CO₂を削減していくというような中長期的な政策を捉えられていない。これに対し、本研究では動学的な CGE モデルを構築し、2030 年までに先進国が排出規制を導入していく状況で、CBAM が導入されることの影響を分析する。EU の CBAM が第一の分析の対象であるが、さらに日本が CBAM を導入するシナリオ、先進国全体で CBAM を導入するシナリオも分析をおこなう。

本研究の構成は以下の通りである。まず、第2節、第3節でシミュレーションに利用するベンチマーク・データ、及び CGE モデルについて説明する。第4節でシミュレーションのシナリオを説明し、第5節でシミュレーションの結果を提示する。最後の第6節でまとめをおこなう。

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から分析が始まる。多地域の世界モデルでは、このベンチマーク・データに GTAP が提供するデータを

利用するのが標準的であり、本研究でも GTAP データ (GTAP 10) を利用する。この GTAP 10 データは 2014 年のデータであり、2014 年がシミュレーションの基準年となる。

分析では CO₂ 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。基本的にはオリジナルのデータをそのまま利用しているが、GTAP の CO₂ データには UNFCCC に提出されている各国の CO₂ データと乖離した部分が観察される。特に、GTAP データの日本の鉄鋼部門からの CO₂ 排出量は UNFCCC のデータよりも大幅に過小な値となっている⁶。鉄鋼部門は日本における CO₂ 排出量のかなりのシェアを占めており、排出規制の分析において極めて重要な意味を持ちうるため、UNFCCC データの値を利用して修正している。オリジナルの GTAP 10 データでは、世界は 121 地域、65 部門に分割されているが、シミュレーションでは、これを表 1 と表 2 の 14 地域、10 部門に統合した上で利用している。

表 1 で青色に表示されている地域は先進国の地域であり、後のシミュレーションではこれらの地域に CO₂ の排出規制、及び CBAM を導入する。また、表 2 の黄色に表示されている部門を CBAM の対象部門として扱う⁷。

⁶ GTAP10 の 2014 年の CO₂ データでは日本の「鉄鋼 (I_S)」からの CO₂ 排出量は 25.3MtCO₂ となっている。しかし、UNFCCC のデータでは同じ部門の CO₂ 排出量は 143.2MtCO₂ である。

⁷ はじめにで説明した通り、実際の EU の CBAM では対象部門は限定されており、EITE 部門全体が対象というわけではないが、今回の分析では EITE 部門を一つにまとめてしまっているため、EITE 部門全体を対象としている。また、EU の CBAM では水素も対象であるが、本研究のモデルでは水素は考慮していないため、CBAM の対象としても考慮していない。

表 1：地域の分類（14 地域）

地域	説明
JPN	日本
USA	米国
EUR	EU
OEU	OECDヨーロッパ
OAM	OECDアメリカ
OAS	OECDアジア・オセアニア
EEE	東欧・旧ソ連
RUS	ロシア
CHN	中国
IND	インド
NOA	非OECDアジア
LAM	ラテン・アメリカ
MEA	中東
AFR	アフリカ

表 2：部門の分類（10 部門）

部門	説明
EIS	エネルギー集約・貿易財部門（EITE部門）
ELY	電力
P_C	石油・石炭製品
COA	石炭
OIL	原油
GAS	天然ガス
TRS	輸送
AGR	農林水産業
MAN	その他の製造業
SER	サービス

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⁸。GTAP データを GAMS で利用する形式に変更するために、Thomas Rutherford 氏、Bruno Lanz

⁸ 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。

氏によって開発された GTAPinGAMS というプログラムを利用している (Lanz and Rutherford, 2016)。

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 (2013)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。

- 効用関数に Stone-Geary 型関数を仮定している。
- 2014 年から 2030 年までの逐次動学モデルとしている。

以下でモデルを説明するが、詳細な説明は武田他 (2013)を見て欲しい。

3.1. モデルの概要

本研究では、14 地域・10 部門の逐次動学 CGE モデルを利用する。逐次動学とは、静学的なモデルを繰り返し解いていくことで、経済の動態を解析するモデルである。前向き (forward-looking) な予想に基づく動学的最適化行動は考慮されないので、一時点内のモデルの構造と動学部分を分離することができる。以下ではまず一時点内のモデルの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)、政府の 3 つがそれぞれ存在しており、全ての市場は完全競争であり、全ての経済主体はプライス・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従っておこなわれ、各部門は利潤最大化を目的に、生産や投入 (中間投入、生産要素) を決定する。

各地域には、1 つの代表的な家計が存在し、その家計の効用は消費、貯蓄に依存する。家計は効用を最大化するように、労働やその他生産要素を生産部門に提供することで得た所得を、消費と貯蓄に割り振る。政府は、様々な税を徴収するとともに、そこから政府支出を行う。各地域は貿易を通じてリンクしており、ある地域におけるショックは貿易を通じて他の地域に伝播することになる。

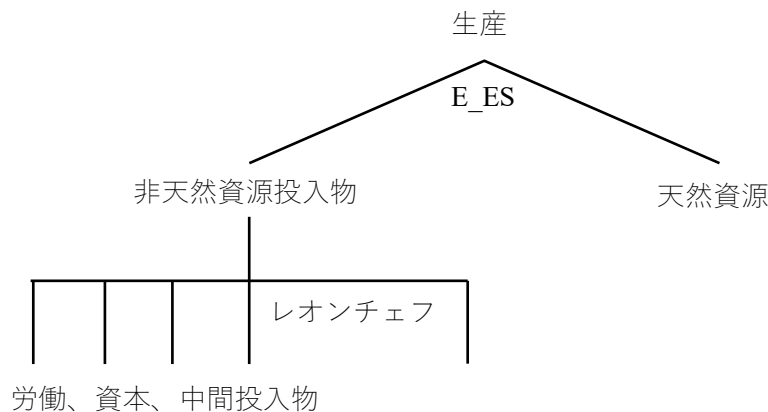


図 1：化石燃料部門の生産関数

3.2. 生産サイドの行動

投入物間の代替の可能性の差異を反映するために、生産関数は全ての部門について多段階の入れ子型 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 つに分割している⁹。土地は農業部門のみで用いられる特殊要素として取り扱う¹⁰。また、天然資源についても各部門の特殊要素として取り扱う。労働については部門間で自由に移動できると仮定しており、全ての部門の賃金が均等化するように、労働の部門間の配分が決まることになる。一方、資本については、資本ストックを「既存資本 (extant capital)」と「新規資本 (new capital)」に分けて取扱い、このうち、新規部門だけが部門間で移動可能とする。これについては、動学モデルの説明をする第3.7節で詳しく扱う。また、全ての生産要素については、国際間での移動はないものと仮定している。

化石燃料部門は図 1 の 2 段階の入れ子型 CES 生産関数を仮定する。まず、天然資源以外の全ての投入物がレオンチェフ型生産関数で統合され、非天然資源投入物となり、それが天然資源と代替の弾力性 E_{ES} の CES 生産関数で投入される形となっている。 E_{ES} は天然資源と非天然資源投入物間の代替の弾力性であり、これは化石燃料の供給の弾力性の値からカリブレートしている¹¹。

⁹ 元々の GTAP データでは、労働は複数のタイプに分割されているが、ここでは一つに統合して扱っている。

¹⁰ 特殊要素 (specific factor) とは、その部門でのみ利用され、他の部門に移動しない要素のことである。

¹¹ このカリブレーションについては詳しくは、Takeda (2007)、武田 (2024) を参照されたい。また、カリブレーションでは化石燃料の供給の弾力性として 2 を仮定している。

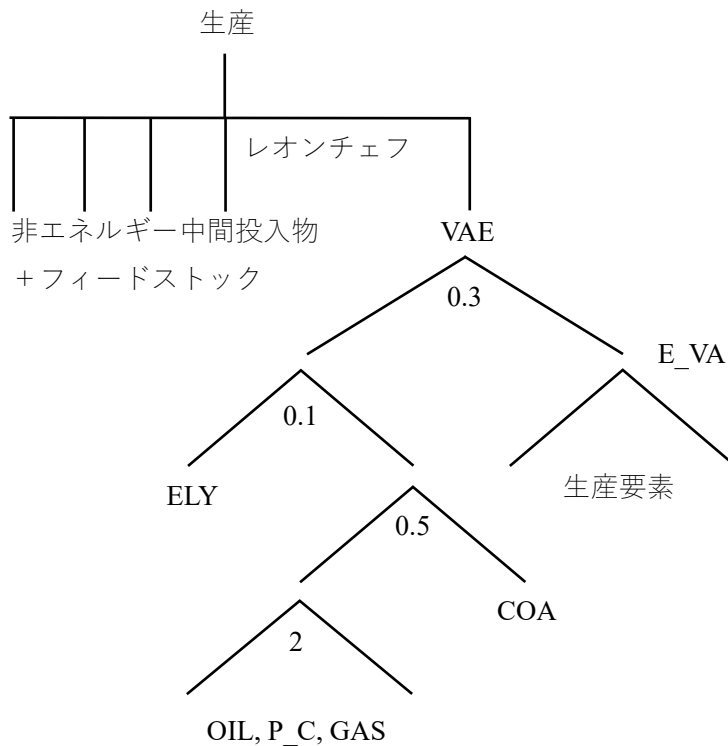


図 2：非化石燃料部門の生産関数

一方、非化石燃料については、図 2 の生産関数を仮定する。まず、各エネルギー中間財が多段階の CES 関数で統合され、合成エネルギー財となる。一方、資本、労働、土地、天然資源といった生産要素は代替の弾力性 E_VA の CES 関数によって統合され、合成生産要素となる。合成エネルギー財と合成生産要素は代替の弾力性 0.3 の CES 生産関数で統合される。最後に、それが他の非エネルギー中間財とレオンチェフ型で統合される。エネルギー中間財間の代替の弾力性、エネルギーと生産要素の代替の弾力性には、Paltsev (2001)、Fischer and Fox (2007) の値を利用している。また、生産要素間の代替の弾力性には GTAP データの値を用いている。

また、生産関数においては、エネルギー中間財であっても P_C 部門に投入される OIL、COA については、フィードストック（原料）として利用される部分が多いので、非エネルギー中間財と同様の取り扱いとし、トップレベルのレオンチェフ型の段階で投入している。以上のような生産関数の下、各部門は利潤最大化（費用最小化）を目指し、最適な生産量と投入量を決定する。

3.3. 家計の行動

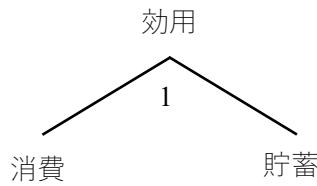


図 3：効用関数

各地域には 1 つの代表的家計を想定する。これらの代表的家計の効用は消費と貯蓄のコブ・ダグラス型関数と仮定する（図 3）。さらに、消費の部分は消費財の Stone-Geary 関数となっているものとする。すなわち、消費を C 、財 i の消費量を c_i としたとき、次式のように表現できるものとする。

$$C = \prod_i (c_i - c_i^s)^{\alpha_i}$$

ただし、 c_i^s は「生存消費（subsistence consumption）」と呼ばれる水準である。この Stone-Geary 効用関数は CGE モデルにおいてはしばしば利用されており、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, van Daal and Rodrigues (2021)、Dervis, Melo, Robinson, and Banco Mundial (1989)、Blonigen, Flynn and Reinert (1997)。

Stone-Geary 効用関数を利用する際には、 c_i^s の「生存消費」の水準をどのように特定化するかが問題になるが、ここでは 1,000 ドルを一人当たり消費額についての生存消費と仮定して特定化している。家計の貯蓄は貯蓄財（＝投資財）の購入という形で導入されている。投資財は各財が固定比率で投入されて構成されている。例えば、投資財の購入が 10% 増加した場合、投資に利用されている財がそれぞれ 10% ずつ上昇するということになる。

3.4. 貿易

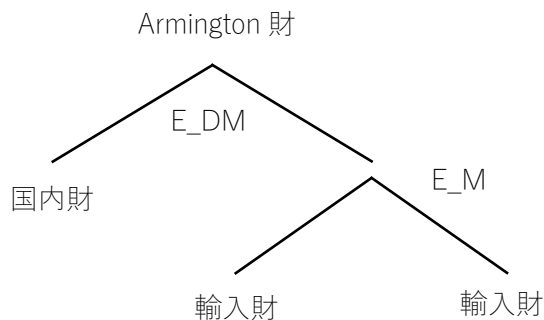


図 4 : Armington 統合

モデルでは各地域は貿易を通じて結びついている。貿易の部分については、基本的に既存の多地域 CGE モデルと同様の扱いをする¹²。まず、貿易に関しては **Armington** 仮定を置いている。**Armington** 仮定とは、同じ財でも異なる地域で生産された財については違う財（不完全代替）と見なされるという仮定である（Armington, 1969）。財の統合は、1) 異なる地域からの輸入財を統合し、2) 輸入財と国内財を統合するという 2 段階で行っている。この統合を表現したのが図 4 である。例えば、日本における鉄鋼という財を例にとると、まず日本以外の全ての地域からの輸入が代替の弾力性 E_M の CES 関数によって統合され、その合成輸入財が E_{DM} の CES 関数を通じて国内の鉄鋼と合成されるということである。輸入財と国内財との代替の弾力性（ E_{DM} 、Armington 弾力性）と輸入財間の代替の弾力性（ E_M ）には GTAP データの値を利用している。

3.5. 政府

各地域には 1 つの政府が存在する。政府は税を徴収する一方、その収入により政府支出を行う。税については、労働に対する税を除き、基本的に GTAP10 データにある生産、中間投入、生産要素、貿易等に対する税のデータをそのまま利用している。政府支出は、ベンチマーク・データにおけるシェアに従い、個々の財が固定比率で投入されることでおこなわれると仮定している。

政府支出の水準については、一時点内では外生的に一定と仮定する。政府支出が外生的に設定されるということは、排出規制の導入によって政府支出の水準が変わらないことを意味する。政府支出の水準がモデル内で内生的に変化することも考えられるが、ここでは政府の活動を中立的にするため、外生的に設定した。

3.6. 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の形の排出規制を考える。排出枠は最初に政府によりオークションを通じて配分され、排出枠市場で取引される。政府のオークション収入は家計に一括 (lump-sum) の形式で還元されると仮定する。削減を行う地域、削減率等は第4節で説明する。

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 $D_{ijr}^A a_{ijr}^{CO2}$ 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。本研究では国際間の排出枠の取引はないと仮定するので、地域 r の排出枠の供給 (これは総排出量の上限に等しい) を S_r^{CO2} 、排出枠の需要を D_r^{CO2} とすると、各地域における排出枠の市場均衡条件、すなわち、

$$S_r^{CO2} = D_r^{CO2}$$

が満たされるように排出枠価格 p_r^{CO2} が決まる。

3.7. 動学構造

3.7.1. モデルの動学的設定

本研究の動学モデルは武田他 (2013) のモデルとほぼ同じであり、以下のような特徴を有している。①2014 年から 2030 年までの逐次動学モデル、②貯蓄額は貯蓄率一定により決定、③資本を新規資本と既存資本の 2 つのタイプに分割、④既存資本には Putty-clay アプローチを適用、⑤資本・労働生産性の向上と AEEI (autonomous energy efficiency improvement) というエネルギー効率の改善という形の技術進歩を考慮する。

3.7.2. 貯蓄・投資の決定方法

そもそも投資、貯蓄という行動は異時点間で資源を割り振る行動であり、本来両者をとらえるには時間軸 (将来の経済) を考慮する必要が生ずる。前向きの (forward-looking)

¹² 例えば、GTAP の標準的なモデル、Paltsev (2001)、Fischer and Fox (2007) 等と同じである。

モデルでは、多数の期間を考慮し、さらに家計、企業の異時点間での最適化行動を仮定するので、投資、貯蓄の水準は経済主体の異時点間の最適化行動からごく自然に導かれることになる。一方、逐次動学モデルは多数の期間を考慮せず、一時点のみを描写するモデルを考慮しているので、時間軸を前提とする投資、貯蓄という行動を考慮するには特殊な前提が必要となる。様々なアプローチがありうるが、ここでは、貯蓄率一定という仮定により、貯蓄を決定し、投資水準は貯蓄に応じて決定する方法を採用する。これは、EPPA モデル、ENV-Linkages モデルなどと同じアプローチである。この貯蓄率一定というアプローチにおいては、モデルの中で通常家計の効用関数に貯蓄財をコブ・ダグラス型の形で導入することで表される。

投資は以上の設定を通じて決まる貯蓄に等しくなるように決定する。つまり、貯蓄に対し投資は受動的に決まることになる。前向きのモデルではないので、排出規制の導入を見込んで予め投資を行うという行動はこのモデルの視野に入っていない。

3.7.3. 資本ストックの扱い

資本ストックについては、EPPA モデル等に従い、既存資本 (extant capital) と新規資本 (new capital) の2つに分割して取り扱う。既存資本とはすでに一度利用された資本ストックであり、新規資本とは前期の投資によって新たに蓄積された資本ストックである。静学モデルでは、各部門のレンタルプライスが均等化するように部門間で資本ストックが配分されると仮定することが多い。時間軸を考慮しない、あるいは長期を表すとみなされている静学モデルでは、そのような仮定が適切かもしれないが、動学モデルでは各部門の利用する資本ストックが一期毎に急激に変化する可能性が出てくる。このようなことが生じないようにする方法に Putty-clay アプローチがある。Putty-clay アプローチとは、既存資本ストックは部門間で移動が不可能であると仮定し、新規資本ストックだけが部門間で移動可能とするものである。この仮定の下では、各部門間の資本ストック水準の調整は、現実の調整と同じように緩やかなスピードとなる。これは EPPA モデルなどと同じアプローチである。Putty-clay アプローチに基づく、部門間での資本の配分については武田他 (2013)を見て欲しい。

3.7.4. 技術進歩

地球温暖化対策の分析では、技術進歩、特にエネルギーについての技術進歩が重要な意味を持つ。技術進歩としては、R&D を通じた技術進歩、learning by doing を通じた技術進歩のようにモデル内で内生的に技術進歩が生ずるモデルがあるが、モデルのタイムスパンが2030年までとそれほど長期でないことから、ここでは外生的な技術進歩のみを考慮する。具体的には、①資本・労働投入の効率性の改善、②AEEI である。前者は生産関数における資本・労働投入の効率性の改善、後者は生産関数におけるエネルギー投入の効率の改善を意味している。具体的には、まず、各部門の生産は、資本、労働、エネルギーその他の各

種投入物を利用しておこなわれるので、地域 r の部門 i の生産関数は次のように表現できる。

$$Y_{ir} = f_{ir}(a_{ir}^{KL}K_{ir}, a_{ir}^{KL}L_{ir}, a_{ir}^E E_{ir}, M_{ir})$$

ただし、 Y_{ir} は生産量、 K_{ir} は資本投入量、 L_{ir} は労働投入量、 E_{ir} はエネルギー投入量、 M_{ir} はその他の生産要素の投入量である。資本・労働の効率性の上昇、AEEIはそれぞれパラメータ a_{ir}^{KL} 、 a_{ir}^E の上昇を指している。この2つの技術進歩により、生産1単位当たりのエネルギー投入量（エネルギー集約度）が時間とともに改善していくことになる。

本来、技術進歩率（ a_{ir}^{KL} 、 a_{ir}^E の上昇率）は部門によって異なっているが、しかし、他地域のモデルにおいて部門別の技術進歩率についての適切なデータを入手することが難しいので、シミュレーションでは、各部門の技術進歩率が一律と仮定している。

3.8. BAU (Business as usual) 均衡の導出

シミュレーションでは、政策の変更のない（二酸化炭素排出規制が導入されない）状況における2014年から2030年の動学均衡を求め、政策の変更により均衡がどのように変化するかを分析する。以下では、政策変更前の動学均衡をBAU (Business as usual) 均衡と呼ぶ。BAU 均衡の状況によって政策の効果は変わってくるため、BAU 均衡の設定は分析上重要なポイントとなる。ここでは、後のシミュレーションにおけるBAU 均衡の設定について説明する。

第3.7節で説明したように、時間とともに変化する要素としては、資本ストック、技術水準、生産要素の賦存量、政府支出の水準等があるが、このうち資本ストックの推移はモデル内で決まってくるので、BAU 均衡をどう設定するかは結局、①技術進歩率、②生産要素賦存量のパス、③政府支出のパスをどう決めるかに依存する。

これらの要素の決定方法についても、基本的に武田他（2013）の手法を用いている。具体的には、生産要素賦存量については外生的に決定する。そして、外生的に与える2030年時点でのGDPとCO₂排出量の値に、モデルから計算されるGDPとCO₂排出量が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。外生的に与えるGDPとCO₂排出量の値はWorld Energy Outlook 2014の「current policies scenarios」における値を利用している。

4. シナリオの設定

この節ではシミュレーションのシナリオを説明する。表3がシナリオのリストである。シミュレーションではまずBAUシナリオを計算する。BAUシナリオとは何ら明示的な排出規制が導入されないシナリオを指している。

次に、2030年までに先進国（表1の青色の地域）のみが排出規制を導入するシナリオを計算する。これをNCBAMシナリオと呼ぶ。排出規制では、先進国が2030年までにBAUの2030年比で40%削減するという削減シナリオを想定する。排出規制としては、第3.6節で説明したキャップ・アンド・トレード型の排出量取引を想定する。このシナリオでは排

出規制のみが導入され、CBAM は導入されないものとする。そして、最後に排出規制に加えて CBAM を導入するというシナリオを計算する。CBAM の導入地域としてはまず EU を想定するが、EU のみが CBAM を導入するシナリオ以外に、日本のみが CBAM を導入するシナリオ、先進国全体が CBAM を導入するシナリオも分析する。

表 3：シミュレーションのシナリオ

シナリオ名	説明
BAU	排出規制なしのBAU均衡
NCBAM	各国で排出規制を導入するシナリオ
CBAM	NCBAM + CBAMを導入するシナリオ

CBAM といっても様々なタイプがあり得るが、本研究ではまず EU が採用したタイプの CBAM を想定する。すなわち、以下のようなタイプの CBAM である¹³。

- 対象取引は輸入のみとし、輸出側は対象としない
- 炭素含有量は輸出側の値を利用する
- 炭素含有量には「直接排出」だけでなく、「間接排出」も含める
- 対象産業は EITE 部門 + 電力部門

CBAM のモデルへの導入方法は Takeda and Arimura (2023) の方法に従っている。詳細については Takeda and Arimura (2023) を見て欲しい。

CBAM のメインのシナリオとしては上記のようなタイプを想定するが、CBAM には様々なタイプがあり、そのタイプによって効果は大きく変わる可能性がある。今後、EU 以外の地域も CBAM を導入する可能性はあり、それらの地域では EU が採用するタイプとは異なるタイプの CBAM が利用される可能性もある。そこで、本研究では、感度分析の一環として、様々なタイプの CBAM のシナリオも分析することにする。感度分析では表 4 のシナリオを取り上げる。

CBAM シナリオはメインのシナリオであり、これが EU が採用を計画しているタイプである。CB_DE シナリオでは、炭素含有量の計算の際に直接排出のみをカウントする。CB_EX シナリオでは、CBAM の対象として輸入側だけではなく、輸出側も含める。輸出側を含める場合には輸出財の生産において支払った炭素価格を輸出する際に還付することになる。

¹³ 2023 年に実際に EU が導入した CBAM では、鉄鋼、アルミニウムなどの一部の対象部門は直接排出のみを含めるということになったが、今回のモデルでは EITE 部門は一つにまとめられてしまっているため、「直接排出 + 間接排出」を前提としている。また、EU の CBAM では EU と同等の炭素価格を負担する国からの輸入には CBAM を適用しないということになっているが、本研究ではこのルールは考慮されていない。

CB_CC シナリオでは、炭素含有量を計算する際に、輸出側の値ではなく、輸入側の値を利用する。CB_EITE では CBAM の対象部門として、電力部門は除き、EITE 部門のみを対象とする。

表 4：感度分析におけるシナリオ

シナリオ名	対象取引	排出係数	排出	対象産業
CBAM	輸入	輸出元の排出係数	直接排出+間接排出	EITE産業+ELY
CB_DE	輸入	輸出元の排出係数	直接排出のみ	EITE産業+ELY
CB_EX	輸入+輸出	輸出元の排出係数	直接排出+間接排出	EITE産業+ELY
CB_CC	輸入	輸入国の排出係数	直接排出+間接排出	EITE産業+ELY
CB_EITE	輸入	輸出元の排出係数	直接排出+間接排出	EITE産業

5. シミュレーション結果

この節ではシミュレーション結果を説明する。まず先進国で排出規制のみが導入されるシナリオ（NCBAM シナリオ）の結果を説明した後に、CBAM を導入するシナリオを説明する。

5.1. NCBAM シナリオ

NCBAM シナリオでは先進国が CO₂ 排出量を 2030 年比で 40%削減するという政策を実施する。以下では、特に 2030 年時点での効果に着目し、政策の効果を見ていく。表 5は NCBAM シナリオにおける各国への影響を表している。「炭素価格（ドル/トン）」と「炭素リーケージ率」以外は、全て BAU シナリオにおける 2030 年時点の値からの変化率（%）を表している。地域の略称については、表 1で確認して欲しい。

まず、CO₂ 排出量であるが、NCBAM シナリオにおける政策の設定より、先進国（＝排出規制国）はどの地域でも CO₂ 排出量が 40%減少している。同時に、炭素リーケージにより、規制が導入されない途上国では CO₂ 排出量は増加し、途上国全体では 3.5%増加している。その結果、全体としての炭素リーケージ率は 16.5%という水準になっている¹⁴。CBAM の導入がなければ、先進国の排出規制はそれなりの規模の炭素リーケージを引き起こすことになる。

第 3 列は各地域の炭素価格の水準を表している。規制としてキャップ・アンド・トレード制度を想定しているので、この炭素価格は排出枠の価格を意味している。先進国の削減

¹⁴ 炭素リーケージ率は以下のように計算されている。

$$\text{炭素リーケージ率} = 100 \times \frac{\text{非排出規制国での排出量の増加量}}{\text{排出規制国での排出量の減少量}}$$

率は 40%と共通の値を想定しているが、それを実現するための炭素価格の水準は、最高の日本 (567 ドル) と最低のアメリカ (172 ドル) では約 3.3 倍の差があり、地域によって大きく異なっている。これは、同じ削減率が適用されているとしても、地域によってその負担が大きく変わり得るということを示唆している。

表 5：NCBAM シナリオの結果 (2030 年時点)

	CO2排出量	炭素価格 (ドル/トン)	EITE部門の生産量	GDP	厚生
EUR	-40.0	497.0	-5.5	-1.6	-1.7
JPN	-40.0	567.0	-21.8	-2.5	-2.8
USA	-40.0	172.0	0.7	-0.6	-0.7
OEU	-40.0	373.4	-10.1	-2.0	-2.5
OAM	-40.0	270.6	-9.4	-1.9	-2.5
OAS	-40.0	363.7	-11.2	-1.4	-1.6
EEE	4.3	0.0	5.8	0.3	-0.7
RUS	3.4	0.0	8.7	0.0	-2.0
CHN	1.5	0.0	1.3	0.1	-0.2
IND	2.3	0.0	3.8	0.2	0.2
NOA	6.1	0.0	4.3	0.3	-0.4
LAM	4.4	0.0	2.3	0.1	-0.2
MEA	8.3	0.0	5.0	0.6	-1.5
AFR	6.7	0.0	6.0	0.2	-0.7
先進国	-40.0	0.0		-1.4	-1.5
途上国	3.5	0.0		0.2	-0.4
世界全体	-11.6	0.0		-0.6	-1.0
炭素リーケージ率	16.5				

注：数値はどれも 2030 年時点での数値。「炭素価格 (ドル/トン)」と「炭素リーケージ率」以外は、BAU シナリオにおける 2030 年時点の値からの変化率 (%) を表している。

第 4 列は、各地域の EITE 部門の生産量の変化率を表している。今回のモデルでは EITE 部門は一つの部門 (表 2 の EIS) に統合されているので、EITE 部門の生産量とは EIS 部門の生産量のことを指している。

まず、先進国では、USA を除き、生産量は減少している。しかも、日本 (JPN)、OEU、OAS などの地域は減少幅がかなり大きい。やはり、40%の削減という厳しい排出規制は規制国の EITE 部門に大きなマイナスの影響を与えることがわかる。一方、途上国 (非規制国) では逆に EITE 部門の生産は増加しており、先進国の EITE 部門がマイナスの影響を受ける代わりに、途上国の EITE 部門はプラスの影響を受けるという結果となっている。これはエネルギー集約財の生産が規制が導入される先進国から途上国にシフトしているこ

とを反映している。

第 5 列目は、GDP の変化率を表している¹⁵。GDP は経済全体の生産水準を表す指標であるので、GDP への影響を見ることで排出規制による経済全体への影響を確認できる。まず、先進国ではどの地域でも GDP は減少している。排出規制は地域全体としても経済的な負担をもたらすことがわかる。どの先進国でも GDP は減少するが、その減少率は地域により大きく異なっている。具体的には、炭素価格が高い地域ほど GDP の減少率が大きく、逆に炭素価格が低い地域ほど減少率が小さい傾向がある。特に日本は炭素価格が非常に高くなることもあり、GDP 減少率も 2.5% という高い水準で、経済全体にもそれなりに大きいマイナスの影響が生じることになる。先進国では GDP が減少する一方、途上国では GDP は増加している。この意味で、先進国での排出規制は途上国にはプラスになると言えるが、途上国全体としても GDP は 0.2% 増加するだけであり、プラスの影響といってもその大きさは非常に限定的である。

GDP に加え、経済全体への影響を見る指標として「厚生」の変化率を掲載している。ここでの厚生とは各国の「代表的家計の効用水準」のことを表しているので、家計にとっての良し悪しを表現する指標と言える。先進国では GDP と同様に厚生は減少している。厚生の変化率は地域によって異なるが、これも GDP の場合と同様に、炭素価格が高い地域で減少率が大きくなる傾向がみられる。日本では厚生も 2.8% 減少しており、厚生という指標からみても、排出規制の負担はそれなりに大きくなるということである。

一方、途上国については、GDP に対する効果とは異なる効果が観察される。GDP については途上国では増加していたが、厚生は途上国でも減少する傾向がある。例えば、RUS、MEA の厚生はそれぞれ 2.0%、1.5% 減少しており、CO₂ 排出を規制しないにも関わらず厚生がかなり減少するという結果になっている。RUS や MEA は化石燃料の輸出地域であるので、これは交易条件効果などの影響だと考えられる。つまり、先進国の大幅な CO₂ 削減によって、先進国の化石燃料需要も大幅に減少する。その結果、化石燃料の国際価格が大きく下落し、化石燃料輸出国の交易条件が悪化するという効果である。厚生という指標で見た場合には、先進国の排出規制は規制をおこなわない途上国にとっても経済的な負担をもたらす可能性が高いということになる。

5.2. CBAM を導入するケース (EU のみ)

前節で、先進国が排出規制を導入するという NCBAM シナリオの結果を見た。以下では、排出規制に加えて、CBAM を導入するというシナリオの結果を見る。本研究の主な目的はここでとりあげる CBAM がもたらす効果を明らかにすることである。CBAM の導入については、第4節で説明したように、1) EU のみが導入する、2) 日本のみが導入する、3) 先進国全体が導入するの 3 つのシナリオを想定している。CBAM の効果をこの 3 つのシナリ

¹⁵ 以下、GDP は全て実質 GDP を指している。

オの順に見ていく。

5.2.1. メインシナリオ（レファレンスケース）

表 6が EU が CBAM を導入するシナリオにおける各変数への効果を表した表である。表 6の数値は、「NCBAM シナリオのときの BAU から変化率」と「CBAM シナリオのときの BAU からの変化率」の差を表している。例えば、NCBAM シナリオでは X 国の GDP が BAU シナリオより 1.6%減少したのに対し、EU が CBAM を導入したシナリオでは X 国の GDP が BAU シナリオより 1.4%減少した場合、表における X 国の「GDP」の欄の数値は「 $-1.4 - (-1.6) = 0.2$ 」となる。従って、表の数値は CBAM が追加的に導入されたことによる変数への効果を表しており、表の数値がプラスであるときには、EU の CBAM の導入によってその変数はプラス方向に変化し、逆に数値がマイナスであるときにはマイナス方向に変化しているということになる。

表 6：EU のみが CBAM を導入するシナリオの効果（2030 年時点での値）

	CO2排出量	EITE部門の生産量	GDP	厚生
EUR	0.00	12.56	0.03	0.01
JPN	0.00	-0.32	0.00	0.05
USA	0.00	0.72	0.00	0.03
OEU	0.00	0.50	-0.04	-0.09
OAM	0.00	-0.20	-0.03	-0.06
OAS	0.00	-0.25	-0.01	0.02
EEE	-3.18	-10.53	-0.36	-0.69
RUS	-3.13	-10.79	-0.83	-1.35
CHN	-0.46	-1.06	-0.10	-0.09
IND	-2.51	-5.98	-0.34	-0.40
NOA	-0.99	-2.89	-0.12	-0.10
LAM	-1.34	-0.16	-0.10	-0.06
MEA	-0.93	-2.23	-0.36	-1.01
AFR	-2.79	-6.51	-0.26	-0.43
先進国	0.00		0.01	0.01
途上国	-1.33		-0.19	-0.26
世界全体	-0.87		-0.09	-0.11
炭素リーケージ率	-6.23			

注：数値の意味については、本文の説明を参照して欲しい。緑色の領域はプラスの値を表している。

まず、CO₂排出量であるが、先進国では 0 という値になっており、NCBAM シナリオと

CBAM シナリオで CO₂ 排出量に変化していない。これは、先進国では CO₂ 排出量に BAU 比 40%削減というキャップがかかっているからである。一方、途上国 (=非規制国) では EU の CBAM の導入によって CO₂ 排出量が減少する傾向が見られる。これは EU の CBAM 導入によって炭素リーケージが減少するということの意味している。実際、炭素リーケージ率は CBAM が無いケースよりも 6.23%ポイント低下 (16.5%から 10.3%に低下) している。EU のみが CBAM を導入する場合でも炭素リーケージ防止効果はそれなりにあることがわかる。

EU の EITE 部門の生産量は 12.56%ポイントだけ増加プラス方向に変化している。つまり、EU の CBAM の導入はその EITE 部門に対してプラスの影響をもたらすことになる。ただし、NCBAM シナリオにおける EITE 部門の生産の減少は 5.5%であったので (表 5 参照)、CBAM の導入により 12.56%ポイント増加するということは、排出規制が導入される前よりもむしろ生産量が大幅に増加するということの意味している。これは、EU の CBAM がその EITE 部門を保護する効果が過剰な水準になっていると言える。

EU 全体への効果を表す GDP への効果を見ると、0.03%ポイント増加しており、CBAM の導入が GDP を増加させる (つまり、排出規制による GDP の減少を抑制する) 効果を持つことがわかる。CBAM の厚生への効果も 0.01%ポイントの増加であり、やはりプラス方向に働いている。GDP、厚生の変数で見ても CBAM は EU 全体にはプラスの効果を持つということだが、GDP、厚生の変化幅はそれぞれ 0.03%ポイント、0.01%ポイントの増加にすぎず、その大きさは非常に小さい。EU の CBAM が EU の経済全体にプラスの効果をもたらすと言っても、非常に小さい効果しかないと言える。

次に、EU の CBAM の EU 以外の先進国への影響を見よう。EITE 部門は USA、OEU ではプラスの影響を受ける一方、JPN、OAM、OAS ではマイナスの影響を受けており、地域によって影響は異なっている。いずれにせよ、変化の幅は非常に小さく、EU 以外の先進国の EITE 部門への影響は小さい。GDP と厚生については、JPN ではプラスの影響を受けているが、他の多くの地域はマイナスの影響を受けており、これも地域によって異なっている。ただ、EITE 部門への影響と同様に、GDP、厚生への影響も非常に小さい。以上のように、EU の CBAM は EU 以外の先進国に対しては大きな影響は及ぼさないという結果となっている。

途上国については、その EITE 部門は EU の CBAM からマイナスの影響を受けており、さらに地域 (例えば、EEE、RUS など) によっては非常に大きなマイナスの影響を受けている。また、GDP と厚生も減少しており、地域全体としてもマイナスの影響を受けている。以上の結果から、EU の CBAM の導入は途上国には基本的にマイナスの影響をもたらす可能性が高いということがわかる。ただし、一部の地域を除いて、影響の大きさは小さく、マイナスの影響といっても軽微なものにとどまる可能性が高い。

5.2.2. 感度分析

第5.2.1節では、CBAM のタイプとして、EU が計画しているタイプを想定し、その効果を見てきた。次に、第4節で説明したように、CBAM のタイプを変更して、CBAM の効果がどう変化するかを確認する。以下、前節で分析したケースをレファレンスのケースと呼ぶ。結果におけるシナリオ名については、表 4を見て欲しい。

表 7：CO₂排出量への効果（EU のみがCBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JPN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EEE	-3.18	-2.97	-3.41	-1.49	-1.29
RUS	-3.13	-2.21	-3.31	-1.08	-1.92
CHN	-0.46	-0.37	-0.54	-0.21	-0.27
IND	-2.51	-2.35	-2.75	-0.29	-2.55
NOA	-0.99	-0.93	-1.08	-0.75	-0.17
LAM	-1.34	-1.38	-1.42	-1.39	0.24
MEA	-0.93	-0.95	-1.95	-0.62	-0.30
AFR	-2.79	-2.44	-3.03	-1.98	-0.57
先進国	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
途上国	-1.33	-1.18	-1.55	-0.63	-0.70
世界全体	-0.87	-0.77	-1.01	-0.41	-0.46
炭素リーケージ率	-6.23	-5.51	-7.23	-2.92	-3.27

表 7は CO₂排出量への影響である。表の数値は表 6と同様に、2030 年時点での NCBAM シナリオでの変化率の値と CBAM シナリオでの変化率の値の差である。特に重要であるのは、炭素リーケージ率の変化である。レファレンスケースでは 6.23%ポイントの低下という値であったが、CBAM のタイプによって、この値が大きく変わることがわかる。

輸出も CBAM の対象とするシナリオ（CB_EX シナリオ）で最も炭素リーケージ率が低くなっている。これは、輸出側にも CBAM を適用することで、炭素リーケージ防止効果が大きくなるということを意味している。一方、輸入側（EU 側）の炭素含有量を基に CBAM 関税率を設定するシナリオ（CB_CC シナリオ）では炭素リーケージ率の低下幅はかなり小さくなる。これは、輸出国側の炭素含有量を基に CBAM 関税率を計算すると、途上国からの輸入に対し非常に高い関税を課すことになるのに対し、EU 側の炭素含有量を基にした場合は関税率がかなり低くなるため、炭素リーケージを抑制する効果が小さくなるためである。

る。

炭素含有量の計算の際に直接排出のみをカウントするシナリオ（CB_DE シナリオ）では炭素リーケージ率は上昇する。これは間接排出を除くことで、CBAM の際に適用する関税率が低くなるためである。最後に、EITE 部門のみを CBAM の対象とするシナリオ（CB_EITE シナリオ）では、炭素リーケージ率の低下の効果はレファレンスケースより大きく低下し、半分程度になってしまう。

以上のように、CBAM のタイプによって炭素リーケージ防止効果が大きく変わってくるのがわかる。特に、炭素含有量の計算に輸出側の排出量を用いるか、輸入側の排出量を用いるかが大きな違いをもたらしている。

表 8：EITE 部門の生産量への効果（EU のみが CBAM を導入するシナリオ）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	12.56	8.53	14.84	1.91	13.00
JPN	-0.32	-0.26	-0.56	-0.10	-0.28
USA	0.72	0.73	0.35	-0.31	0.64
OEU	0.50	1.75	0.89	-1.48	0.25
OAM	-0.20	0.12	-0.73	-0.19	-0.29
OAS	-0.25	-0.02	-0.65	-0.18	-0.24
EEE	-10.53	-8.76	-11.81	-0.26	-11.48
RUS	-10.79	-5.95	-11.66	-0.72	-11.35
CHN	-1.06	-0.75	-1.28	-0.19	-1.02
IND	-5.98	-5.58	-6.52	-0.77	-5.97
NOA	-2.89	-2.20	-3.54	-0.49	-2.89
LAM	-0.16	-0.06	-0.56	0.15	-0.57
MEA	-2.23	-2.13	-2.57	-0.13	-2.52
AFR	-6.51	-3.98	-7.35	-0.97	-6.63

次に EITE 部門への影響がどう変化するかを見てみよう。EU の EITE 部門への影響は CBAM のタイプによってかなり変わっている。直接排出のみを考慮するシナリオ（CB_DE）では EITE 部門保護の効果はかなり小さくなる。さらに、炭素含有量に輸入側（EU 側）の値を利用するシナリオ（CB_CC）では、CBAM による EITE 部門保護の効果が非常に小さくなっている。EITE 部門を保護するという意味では、炭素含有量の計算に輸出側の値を利用することが重要であることがわかる。その他の地域の EITE 部門への影響も EU の CBAM のタイプによってかなり変わってくるが、やはり CB_CC というシナリオにおいて非常に大きく変わることがわかる。

表 9は GDP への影響を表している。EU の GDP への影響は CBAM のタイプによって変

わっており、特に CB_CC シナリオでは CBAM の導入がむしろ EU の GDP を減少させるという結果になっている。また、EITE 部門のみを CBAM の対象とするシナリオで GDP への効果が最もよくなっている。以上のように、GDP への影響も CBAM のタイプによって変化するが、どれも変化の大きさは非常に小さい値（絶対値で見て 0.02%ポイント以下）であり、CBAM の導入が EU の GDP に与える影響は非常に小さいという結果はレファレンスケースと変わらない。

表 9：GDP への影響（EU のみが CBAM を導入するシナリオ）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.03	0.01	0.02	-0.02	0.10
JPN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OEU	-0.04	-0.02	-0.05	-0.01	-0.04
OAM	-0.03	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02
OAS	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00
EEE	-0.36	-0.30	-0.39	-0.07	-0.30
RUS	-0.83	-0.51	-0.87	-0.14	-0.73
CHN	-0.10	-0.07	-0.11	-0.02	-0.09
IND	-0.34	-0.32	-0.36	-0.04	-0.34
NOA	-0.12	-0.10	-0.14	-0.04	-0.09
LAM	-0.10	-0.10	-0.12	-0.08	-0.01
MEA	-0.36	-0.32	-0.49	-0.11	-0.28
AFR	-0.26	-0.18	-0.28	-0.09	-0.18
先進国	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.03
途上国	-0.19	-0.15	-0.22	-0.05	-0.16
世界全体	-0.09	-0.07	-0.11	-0.03	-0.06

EU 以外の GDP への効果であるが、CBAM のタイプが変わっても日本以外は基本的にマイナスの影響を受けることは変わらない。そして、ここでもやはり CB_CC シナリオで他のシナリオとは数値がかなり変わってくる。最後に、厚生への影響であるが、EU の厚生への影響は、CB_EX シナリオのみマイナスになるが、それ以外ではプラスという点は変わらない。また、GDP への影響と同様に、CB_EITE シナリオが最もよい結果となっている（表 10）。ただし、GDP への影響と同様に、厚生への影響も CBAM 導入の効果は全体的に小さいことはレファレンスケースと変わらない。

表 10：厚生への影響（EU のみが CBAM を導入するシナリオ）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.01	0.05	-0.02	0.05	0.06
JPN	0.05	0.04	0.07	0.01	0.05
USA	0.03	0.02	0.04	-0.01	0.03
OEU	-0.09	-0.03	0.12	-0.11	-0.05
OAM	-0.06	-0.05	-0.05	-0.02	-0.05
OAS	0.02	0.02	0.03	0.00	0.02
EEE	-0.69	-0.61	-0.71	-0.18	-0.55
RUS	-1.35	-0.92	-1.43	-0.28	-1.18
CHN	-0.09	-0.06	-0.09	-0.02	-0.08
IND	-0.40	-0.39	-0.41	-0.04	-0.41
NOA	-0.10	-0.08	-0.11	-0.04	-0.08
LAM	-0.06	-0.05	-0.06	-0.04	-0.03
MEA	-1.01	-0.85	-1.17	-0.24	-0.85
AFR	-0.43	-0.31	-0.46	-0.13	-0.34
先進国	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03
途上国	-0.26	-0.21	-0.28	-0.06	-0.23
世界全体	-0.11	-0.08	-0.12	-0.02	-0.08

5.2.3. まとめ（EU が CBAM を導入するケース）

第5.2節では、EU のみが CBAM を導入するシナリオを想定して、CBAM の効果を見てきた。ここまでの主な結果は以下のようにまとめられる。第一に、EU の CBAM の導入により、炭素リーケージ率は 6.23%ポイント低下した。これは、EU のみが CBAM を導入するシナリオであっても炭素リーケージ防止効果はそれなりにあることを示唆している。第二に、CBAM の導入により、EU の EITE 部門の生産はプラスの影響を受けることになった。よって、CBAM は EITE 部門の保護という効果も十分持つことになる。ただし、CBAM の導入で EITE 部門の生産量は排出規制がないときよりもむしろ増加してしまっており、その意味で CBAM は EITE 部門を過剰に保護する効果を持ってしまっている。第三に、CBAM の導入により EU の GDP、厚生は増加する。よって、CBAM の導入は EU 全体にもプラスの影響をもたらす。しかし、その効果は非常に小さい。

さらに、レファレンスケースだけではなく、CBAM のタイプを変更するという感度分析をおこなった結果、以下の考察を得ることができた。まず、輸入側（EU 側）の炭素含有量を基に CBAM の関税を課す場合には、炭素リーケージ抑制と EITE 部門の生産の保護の効果が非常に小さくなるなど、CBAM のタイプを変えることで炭素リーケージ防止効果、

EITE 部門への効果は大きく変わり得ることがわかった。また、GDP や厚生への効果も CBAM のタイプによって変わるが、こちらについてはどのケースでも CBAM の効果は小さく、GDP や厚生への効果については CBAM のタイプにはほとんど依存しないということもわかった。

EU の CBAM 導入が日本にあたえる影響としては、EITE 部門の生産量はマイナスの影響を受け、GDP と厚生はプラスの影響を受けている。しかし、どの影響も大きさは非常に小さいため、EU の CBAM は日本にはほとんど影響を及ぼさないといってもよい。

5.3. CBAM を導入するケース（日本のみ）

第5.2節では、EU のみが CBAM を導入するシナリオを分析したが、この第5.3節では日本のみが CBAM を導入するシナリオを分析する。分析する内容は第5.2節とほぼ同じである。

5.3.1. メインシナリオ

表 11がメインシナリオ（レファレンスケース）の結果である。表の数値の意味は表 6と同じである。

表 11：日本のみが CBAM を導入するシナリオの効果（2030 年時点での値）

	CO2排出量	EITE部門の生産量	GDP	厚生
EUR	0.00	0.36	0.00	0.02
JPN	0.00	6.16	0.11	-0.07
USA	0.00	0.35	0.00	0.01
OEU	0.00	0.20	0.00	0.01
OAM	0.00	0.06	0.00	0.00
OAS	0.00	0.55	0.00	0.01
EEE	-0.09	-0.79	-0.03	-0.04
RUS	-0.16	-0.87	-0.06	-0.13
CHN	-0.11	-0.32	-0.03	-0.05
IND	-0.25	-0.61	-0.04	-0.03
NOA	-0.25	-1.58	-0.05	-0.09
LAM	0.03	-0.03	0.00	0.00
MEA	-0.06	-0.42	-0.05	-0.15
AFR	-0.11	-1.02	-0.03	-0.05
先進国	0.00		0.01	0.01
途上国	-0.13		-0.03	-0.06
世界全体	-0.09		-0.01	-0.02
炭素リーケージ率	-0.62			

日本が CBAM を導入することで、炭素リーケージ率は 0.62%ポイント低下している。EU が CBAM を導入するケースでは 6.23%ポイントも低下したが、日本が CBAM を導入するケースでは炭素リーケージ率の低下幅は非常に小さい。これは日本のみが CBAM を導入しても炭素リーケージ防止効果はほとんどないということであり、EU が導入するシナリオでの結果との大きな違いである。

CBAM 導入の日本の EITE 部門への影響は 6.16%ポイントのプラスとなっており、日本についても CBAM の導入により EITE 部門へのマイナスの影響が是正されることがわかる。ただし、NCBAM シナリオでの日本の EITE 部門の生産量の減少幅は 21.8%であったので、CBAM によって是正されるのは生産量減少の 3 割程度にすぎない。

CBAM の導入により日本の GDP はプラス方向に変化しており、CBAM から日本の GDP はプラスの影響を受けることがわかる。一方、厚生はマイナス方向に変化しており、CBAM の導入によりむしろ悪化することになる。このように、GDP と厚生で逆方向に動くため、CBAM の導入が日本全体にとって良いかどうかは一概には言えない。しかし、どちらの変数で見ても CBAM の影響は非常に小さい（絶対値で見ても 0.1%ポイント程度の変化にすぎない）ので、CBAM を導入したとしても日本全体として受ける影響は小さいと言ってよい。

日本以外の先進国については、その EITE 部門は日本の CBAM からプラスの影響を受けるところが多い。ただし、生産量の変化は全ての先進国で 1%ポイント以下であり、効果の大きさは非常に小さい。GDP や厚生に関しても、日本以外の先進国への影響は非常に小さく、ゼロに近い。日本の CBAM は日本以外の先進国の GDP や厚生にはほとんど影響しないということになる。

途上国については、EU のみが CBAM を導入するシナリオのケースと同様に、EITE 部門の生産量、GDP、厚生のどれもマイナスの影響を受ける地域が多い。ただし、日本のみが CBAM を導入するケースでは、どの効果についても EU のみが導入するケースよりも小さくなっており、日本の CBAM から途上国が受ける影響は全体的に縮小している。

5.3.2. 感度分析

日本が CBAM を導入するケースについても CBAM のタイプを変更する感度分析をおこなった。結果は表 12から表 15に掲載している。表の数値の意味は第5.2.2節と同じである。以下では、EU が CBAM を導入するケースとの違いに焦点を当て、要点のみ説明する。

炭素リーケージ率への影響（表 12）

- レファレンスケースでは炭素リーケージ率の低下幅は非常に小さかったが、CBAM のタイプを変更してもそれは変わらない。

日本の EITE 部門への影響（表 13）

- EUのみがCBAMを導入するケースでは、CBAMのタイプによってEITE部門への影響は大きく変わっていた。日本のみがCBAMを導入するケースでも同様である。
- EITE部門の保護という観点では輸出側もCBAMの対象とし、炭素含有量に輸出側の値を利用する方がよいという点は、EUのみがCBAMを導入するシナリオと変わらない。

日本のGDP、厚生への影響（表14と表15）

- 日本のGDPへの影響はCBAMのタイプによって変わってくるが、タイプによる差は非常に小さい。厚生への効果についても同様な結果となっている。この点はEUのみがCBAMを導入するシナリオと変わらない。

表12：CO₂排出量への効果（日本のみがCBAMを導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JPN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EEE	-0.09	-0.08	-0.12	-0.02	-0.09
RUS	-0.16	-0.09	-0.20	-0.05	-0.16
CHN	-0.11	-0.07	-0.17	-0.05	-0.11
IND	-0.25	-0.24	-0.37	-0.08	-0.25
NOA	-0.25	-0.19	-0.33	-0.12	-0.25
LAM	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03
MEA	-0.06	-0.07	-0.11	-0.03	-0.06
AFR	-0.11	-0.06	-0.14	-0.06	-0.11
先進国	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
途上国	-0.13	-0.10	-0.20	-0.06	-0.13
世界全体	-0.09	-0.07	-0.13	-0.04	-0.09
炭素リーケージ率	-0.62	-0.48	-0.92	-0.26	-0.62

表 13：EITE 部門の生産量への効果（日本のみが CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.36	0.23	0.15	-0.10	0.36
JPN	6.16	4.28	11.24	4.27	6.16
USA	0.35	0.26	0.20	-0.10	0.35
OEU	0.20	0.18	-0.06	-0.11	0.20
OAM	0.06	0.06	-0.20	-0.07	0.06
OAS	0.55	0.58	0.12	-0.17	0.55
EEE	-0.79	-0.70	-1.13	-0.19	-0.79
RUS	-0.87	-0.50	-1.09	-0.26	-0.87
CHN	-0.32	-0.22	-0.54	-0.14	-0.32
IND	-0.61	-0.58	-0.89	-0.20	-0.61
NOA	-1.58	-1.22	-2.25	-0.75	-1.58
LAM	-0.03	-0.04	-0.20	-0.08	-0.03
MEA	-0.42	-0.42	-0.74	-0.17	-0.42
AFR	-1.02	-0.61	-1.36	-0.47	-1.02

表 14：GDP への効果（日本のみが CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JPN	0.11	0.10	0.06	0.11	0.11
USA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAM	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
OAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EEE	-0.03	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03
RUS	-0.06	-0.04	-0.08	-0.02	-0.06
CHN	-0.03	-0.02	-0.04	-0.02	-0.03
IND	-0.04	-0.03	-0.05	-0.01	-0.04
NOA	-0.05	-0.04	-0.07	-0.03	-0.05
LAM	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
MEA	-0.05	-0.04	-0.08	-0.02	-0.05
AFR	-0.03	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03
先進国	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
途上国	-0.03	-0.03	-0.05	-0.02	-0.03
世界全体	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	-0.01

表 15：厚生への効果（日本のみが CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02
JPN	-0.07	0.00	-0.13	0.07	-0.07
USA	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
OEU	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
OAM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAS	0.01	0.02	0.05	-0.01	0.01
EEE	-0.04	-0.04	-0.06	-0.02	-0.04
RUS	-0.13	-0.09	-0.18	-0.05	-0.13
CHN	-0.05	-0.03	-0.05	-0.02	-0.05
IND	-0.03	-0.04	-0.05	-0.01	-0.03
NOA	-0.09	-0.07	-0.08	-0.05	-0.09
LAM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEA	-0.15	-0.13	-0.22	-0.06	-0.15
AFR	-0.05	-0.03	-0.07	-0.02	-0.05
先進国	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
途上国	-0.06	-0.04	-0.06	-0.03	-0.06
世界全体	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02

5.3.3. まとめ（日本が CBAM を導入するケース）

日本のみが CBAM を導入するケースの主な結果をまとめる。第一に、日本のみが CBAM を導入するケースでは炭素リーケージ率はほとんど変化しない。これは日本のみが CBAM を導入しても炭素リーケージ防止効果が非常に小さいということであり、EU が CBAM を導入するシナリオとの大きな違いである。その他の結果については、EU が CBAM を導入するシナリオとの違いはあまりないが、日本が CBAM を導入するケースの方が日本以外の地域に対する影響は全体的に小さくなっている。

5.4. CBAM を導入するケース（先進国全体で導入）

最後に先進国全体が CBAM を導入するシナリオを分析する。

5.4.1. メインシナリオ

メインシナリオの結果は表 16 に掲載されている。主な結果は以下の通りである。

- 炭素リーケージ率への影響
- CBAM の導入によって炭素リーケージ率は非常に大きく低下する。先進国全体が CBAM を導入することは炭素リーケージ防止効果が非常に大きいということである
- EITE 部門への影響

- 先進国の EITE 部門の生産は基本的に増加し、途上国の EITE 部門の生産は減少している。また、その増加、減少の程度がかなり大きい、つまり強い影響を受ける地域が多い。
- GDP や厚生への影響
- 先進国では、OEU を除き、0.2%ポイント以下の変化しか受けず、影響は非常に小さい。途上国への影響は先進国よりも大きい、やはり絶対的な水準としては小さく、一部のエネルギー輸出国（RUS、MEA など）の GDP や厚生が 1%ポイントを超える影響を受けるのみである。

表 16：先進国が CBAM を導入するシナリオの効果（2030 年時点での値）

	CO2排出量	EITE部門の生産量	GDP	厚生
EUR	0.00	16.64	0.06	0.16
JPN	0.00	6.42	0.12	0.05
USA	0.00	5.05	0.03	0.11
OEU	0.00	-1.59	-0.18	-0.93
OAM	0.00	4.03	-0.06	-0.16
OAS	0.00	7.31	0.10	0.03
EEE	-4.75	-20.43	-0.65	-1.20
RUS	-4.63	-18.30	-1.38	-2.37
CHN	-0.81	-2.14	-0.20	-0.21
IND	-6.05	-14.20	-0.82	-0.97
NOA	-1.57	-6.58	-0.25	-0.23
LAM	-1.23	0.18	-0.12	-0.05
MEA	-6.01	-5.25	-1.13	-2.28
AFR	-3.95	-10.74	-0.42	-0.69
先進国	0.00		0.04	0.06
途上国	-2.72		-0.40	-0.53
世界全体	-1.77		-0.17	-0.21
炭素リーケージ率	-12.72			

5.4.2. 感度分析

先進国全体が CBAM を導入するシナリオでの感度分析の結果は表 17～表 20に掲載している。

- 炭素リーケージ率
 - CBAM のタイプによって大きく変わる。やはり炭素含有量に輸入側の値を利用するシナリオでは炭素リーケージ防止効果がかなり低下する。

- EITE 部門への影響
 - 先進国ではプラスに働くところが多いが、CBAM がむしろマイナスに働く国もある。これは先進国といっても、産業の炭素集約度は国によって大きく異なるためだと思われる。
 - これまでのケースと同様に、EITE 部門への影響は CB_CC シナリオで非常に小さくなっており、CBAM のタイプで EITE 部門への影響は大きく変わってくる。
- GDP、厚生に対する影響
 - CBAM のタイプによって、各国の GDP や厚生への影響は変わってくるが、タイプによる差は一部の地域を除いて小さい。
 - エネルギー輸出国についてはもう少し大きな影響がある。

表 17：CO₂ 排出量への効果（先進国が CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JPN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
USA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OEU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EEE	-4.75	-4.22	-5.09	-1.66	-2.39
RUS	-4.63	-2.78	-4.95	-1.19	-3.17
CHN	-0.81	-0.60	-1.07	-0.33	-0.57
IND	-6.05	-5.34	-6.58	-0.55	-6.04
NOA	-1.57	-1.40	-1.89	-1.07	-0.55
LAM	-1.23	-1.37	-1.45	-1.61	0.48
MEA	-6.01	-6.04	-6.41	-4.57	-0.90
AFR	-3.95	-3.31	-4.27	-2.67	-0.85
先進国	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
途上国	-2.72	-2.35	-3.05	-1.19	-1.52
世界全体	-1.77	-1.53	-1.98	-0.78	-0.99
炭素リーケージ率	-12.72	-10.96	-14.22	-5.57	-7.10

表 18：EITE 部門の生産量への効果（先進国が CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	16.64	11.28	17.76	1.91	16.64
JPN	6.42	4.29	10.60	4.20	6.42
USA	5.05	3.80	4.88	-0.22	4.86
OEU	-1.59	-1.30	9.43	-5.93	3.15
OAM	4.03	3.17	9.71	1.75	4.23
OAS	7.31	5.47	11.02	1.88	7.21
EEE	-20.43	-16.16	-22.42	-0.54	-20.91
RUS	-18.30	-8.52	-19.91	-1.09	-18.61
CHN	-2.14	-1.45	-2.88	-0.46	-2.08
IND	-14.20	-12.50	-15.44	-1.36	-14.10
NOA	-6.58	-4.95	-8.76	-1.61	-6.55
LAM	0.18	-0.04	-1.06	-0.08	-0.35
MEA	-5.25	-5.07	-6.74	-0.08	-6.10
AFR	-10.74	-6.07	-12.54	-1.85	-10.69

表 19：GDP への効果（先進国が CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.06	0.03	0.06	-0.03	0.14
JPN	0.12	0.11	0.07	0.11	0.12
USA	0.03	0.02	0.03	0.00	0.03
OEU	-0.18	-0.16	-0.12	-0.13	0.00
OAM	-0.06	-0.05	-0.10	-0.01	-0.04
OAS	0.10	0.09	0.09	0.06	0.10
EEE	-0.65	-0.53	-0.70	-0.10	-0.56
RUS	-1.38	-0.76	-1.47	-0.20	-1.23
CHN	-0.20	-0.14	-0.24	-0.05	-0.19
IND	-0.82	-0.72	-0.87	-0.08	-0.81
NOA	-0.25	-0.20	-0.30	-0.09	-0.20
LAM	-0.12	-0.12	-0.15	-0.11	-0.01
MEA	-1.13	-1.06	-1.28	-0.50	-0.65
AFR	-0.42	-0.28	-0.47	-0.14	-0.30
先進国	0.04	0.03	0.03	0.00	0.08
途上国	-0.40	-0.31	-0.45	-0.12	-0.32
世界全体	-0.17	-0.13	-0.20	-0.06	-0.11

表 20：厚生への効果（先進国が CBAM を導入するケース）

	CBAM	CB_DE	CB_EX	CB_CC	CB_EITE
EUR	0.16	0.15	0.14	0.05	0.20
JPN	0.05	0.09	0.02	0.09	0.03
USA	0.11	0.09	0.13	-0.01	0.10
OEU	-0.93	-0.60	-0.65	-0.30	-0.39
OAM	-0.16	-0.10	-0.21	0.01	-0.11
OAS	0.03	0.07	0.02	0.05	0.03
EEE	-1.20	-1.03	-1.22	-0.28	-0.97
RUS	-2.37	-1.53	-2.49	-0.47	-2.04
CHN	-0.21	-0.13	-0.20	-0.06	-0.20
IND	-0.97	-0.89	-0.96	-0.08	-1.00
NOA	-0.23	-0.17	-0.23	-0.10	-0.21
LAM	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	-0.02
MEA	-2.28	-1.95	-2.54	-0.62	-1.85
AFR	-0.69	-0.47	-0.72	-0.22	-0.54
先進国	0.06	0.07	0.06	0.01	0.09
途上国	-0.53	-0.41	-0.55	-0.14	-0.46
世界全体	-0.21	-0.14	-0.21	-0.05	-0.16

6. おわりに

本研究では、CGE モデルに基づくシミュレーションによって、CBAM を導入することの影響を分析した。モデルには 14 地域、10 部門からなるグローバルな多地域・多部門の動学モデルを利用し、先進国が排出規制を導入している状況に CBAM が追加的に導入されることの効果を分析した。CBAM を導入する地域については、1) 既に導入を決めている EU のみが導入するシナリオ、2) 日本のみが導入するシナリオ、3) 先進国全体が導入するシナリオの 3 つのシナリオを分析した。また、CBAM のタイプとしては、EU が導入したタイプを想定して分析したが、CBAM のタイプを変更するという感度分析もおこなった。分析の結果、得られた主な考察は以下の通りである。

まず、CBAM の導入は炭素リーケージや EITE 部門の生産には大きい影響をもたらす可能性が高いという結果となった。特に、CBAM は炭素リーケージを防止し、導入地域の EITE 部門を保護する効果がある。ただし、日本のみが CBAM を導入するシナリオでは、炭素リーケージ防止効果は小さいという結果となった。

第二に、CBAM のタイプによって、炭素リーケージの程度が大きく変わり得るということがわかった。特に、炭素リーケージを防止するという観点では、1) 輸出側も CBAM の対象にする、2) 炭素含有量は輸入側ではなく、輸出側の値を利用するという形を採用する

のが望ましいという結果となった。

第三に、GDP や厚生に与える影響は CBAM を導入する地域もそれ以外の地域も全体的に小さいという結果となった。特に先進国については、GDP や厚生はせいぜい 0.1%程度変化する程度であり、CBAM による経済全体への効果は非常に小さい。

本研究の分析結果は、CBAM は EU が意図しているように炭素リーケージの防止、及びその EITE 部門の保護の効果は確かに持つということを示唆している。この意味で、EU が温暖化対策の強化に伴い CBAM の導入に乗り出したことは当然の行動だと言える。一方、EU の CBAM の導入に対しては、EU 以外の地域から多くの懸念の声があがっているが、本研究の分析から EU の CBAM により他の地域の EITE 部門に強い負の影響が生じることがわかったので、これらの懸念も正当なものであると言える。しかし、同時に CBAM は GDP や厚生には非常に小さい効果しかもたらさないということも示されたので、EU の CBAM から日本全体として大きなマイナスの影響を受ける可能性は小さい。この意味では、EU の CBAM に対して強い懸念を抱くようなものではないと言える。

本研究からは以上のような考察が得られたが、CBAM の効果は元々導入される排出規制の強度にも大きく依存することであり、今後の排出規制の動向によっては CBAM が非常に大きな効果をもたらすことになる可能性もある。また、今回は CGE モデルに基づくシミュレーションによって分析をおこなったが、この種の分析の結果は、シミュレーションで利用するモデルやデータに強く依存していることが多い。例えば、排出規制の効果は再エネの動向に強く依存する可能性が高いが、今回利用したモデルでは再エネを明示的には考慮していない。この点を含めて、モデルやデータにおいて改善すべき部分は多々ある。以上のような分析の改善は今後の課題としたい。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP21K01513 の助成を受けたものです。

参考文献

- Armington, P.S. (1969) “A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production”
- Blonigen, B.A., J.E. Flynn and K.A. Reinert (1997) “Sector-Focused General Equilibrium Modeling.” In *Applied Methods for Trade Policy Analysis: A Handbook*, pp. 189– 230, eds. J.F. Francois and K.A. Reinert. Cambridge: Cambridge University Press <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174824.009>
- Böhringer, C., E.J. Balistreri and T.F. Rutherford (2012) “The role of border carbon adjustment in unilateral climate policy: Overview of an Energy Modeling Forum

- study (EMF 29),” *Energy Economics* 34, S97– 110
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.10.003>
- Böhringer, C., B. Bye, T. Fæhn and K.E. Rosendahl (2017) “Targeted carbon tariffs: Export response, leakage and welfare,” *Resource and Energy Economics* 50,. Elsevier B.V., 51– 73 <https://doi.org/10/gckxgz>
- Böhringer, C., J.C. Carbone and T.F. Rutherford (2018) “Embodied Carbon Tariffs,” *The Scandinavian Journal of Economics* 120, 183– 210
<https://doi.org/10.1111/sjoe.12211>
- Chateau, J., R. Dellink and E. Lanzi (2014) “An Overview of the OECD ENV-Linkages Model: Version 3,” *OECD Environment Working Papers, No. 65*, 43
<https://doi.org/10.1787/19970900>
- de Boer, P., J. van Daal and J.F.D. Rodrigues (2021) “Consumer preferences in CGE models when data are scarce: comparing the linear expenditure and the indirect addilog systems,” *Economic Systems Research*, August, 1– 29 <https://doi.org/10/gqzkkw>
- Dervis, K., J. de Melo, S. Robinson, and Banco Mundial (1989) *General Equilibrium Models for Development Policy*. Washington: Banco Mundial
- European Parliament (2022) “EU carbon border adjustment mechanism Implications for climate and competitiveness,” July, 11
- Fischer, C., and A.K. Fox (2007) “Output-Based Allocation of Emissions Permits for Mitigating Tax and Trade Interactions,” *Land Economics* 83, 575– 99
<https://doi.org/10/gj339z>
- Horn, H., and A. Sapir (2013) “Can border carbon taxes fit into the global trade regime?” Policy Briefs 805, Bruegel
- Lanz, B., and T.F. Rutherford (2016) “GTAPinGAMS: Multiregional and Small Open Economy Models,” *Journal of Global Economic Analysis* 1, 1– 77
<https://doi.org/10.21642/JGEA.010201AF>
- Lofgren, H., R.L. Harris and S. Robinson (2002) “A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS.” Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI)
- Mehling, M.A., H. Van Asselt, K. Das, S. Droege and C. Verkuijl (2019) “Designing Border Carbon Adjustments for Enhanced Climate Action,” *American Journal of International Law* 113, 433– 81 <https://doi.org/10.1017/ajil.2019.22>
- Mörsdorf, G. (2022) “A simple fix for carbon leakage? Assessing the environmental effectiveness of the EU carbon border adjustment,” *Energy Policy* 161, 112596
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112596>
- Paltsev, S.V. (2001) “The Kyoto Agreement: Regional and Sectoral Contributions to the

- Carbon Leakage,” *The Energy Journal*, DISCUSSION PAPERS IN ECONOMICS, 22,. Center for Economic Analysis, 53– 79 <https://doi.org/10/d4xr33>
- Takeda, S. (2007) “The double dividend from carbon regulations in Japan,” *Journal of the Japanese and International Economies* 21, 336– 64 <https://doi.org/10.1016/j.jjie.2006.01.002>
- Takeda, S., and T.H. Arimura (2023) “A Computable General Equilibrium Analysis of EU CBAM for the Japanese Economy.” RIETI Discussion Paper Series 23-E-0006
- Takeda, S., T. Horie and T.H. Arimura (2011) “A CGE Analysis of Border Adjustments under the Cap-and-Trade System: A Case Study of the Japanese Economy”
- UNCTAD (2021) “A European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for developing countries,” 31
- 上野貴弘 (2023) 「EUの炭素国境調整メカニズム (CBAM) 規則の解説」, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー SERC23002
- 武田史郎 (2024) 「関数形のレファレンス」, 武田史郎『応用一般均衡分析入門』, 第A-1章.
- 武田史郎・堀江哲也・有村俊秀 (2012) 「日本の国境調整措置政策・炭素リーケージ防止と国際競争力保持への効果」, 有村俊秀・蓬田守弘・川瀬剛志 (編)『地球温暖化対策と国際貿易: 排出量取引と国境調整措置をめぐる経済学・法学的分析』, pp. 87– 108, 東京大学出版会
- 武田史郎・鈴木晋・有村俊秀 (2013) 「温暖化対策における国境調整措置の動学的応用一般均衡分析」, 『経済分析』, 186.
- 経済産業省 (2023) 『令和5年版・通商白書』