

京都大学	博士 (工学)	氏名	趙 詩雅(ZHAO SHIYA)
論文題目	Exploring the Distributional Effects of Climate Change Mitigation Using Integrated Assessment Models (統合評価モデルを用いた気候変動緩和策による分配の影響に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、パリ協定の気候目標達成に向けた脱炭素社会の形成に関する研究で、特に気候緩和策をとったときに生じる分配影響をまとめたものである。現在脱炭素化のために、先進国途上国を問わず全世界で社会変革が求められている。しかし、その気候目標達成には、一定程度の費用をかけることが求められ、これが所得の減少につながりうる。また炭素価格付けによりエネルギー、食料価格などが上昇すると考えられる。これらは貧困や格差に対して影響を及ぼしうるが、特に途上国においてその影響は深刻になると考えられる。そこで、本研究では既存の統合評価モデルと呼ばれるシミュレーションモデルに貧困や格差を分析するモデルを組み込み、これらの定量的な影響を示した。論文は全7章からなっている。 第1章は序論であり、研究の背景を整理し、本研究の目的を示した。研究の背景として、パリ協定で合意された気温目標を達成するために、今世紀中盤での脱炭素社会の達成が必要であること、脱炭素社会の達成に向けて単純な政策を打つと様々な悪い副次的な影響が途上国中心に懸念されているが、それをどのように解消するのかがわかっていないことなどが明らかにされている。次に、途上国の貧困、格差などを表す指標などについて整理した。 以上の背景を受け、本研究での目的とすることと定めた。具体的な改善方法としては、一般均衡モデルモデルとエネルギーシステムモデルを統合する手法の開発と、CGEモデルにおける最新の排出削減技術の表現を行った。 第2章では、本研究に関連する既往の研究をまとめ、統合評価モデルを用いた既往の研究における課題を整理したうえで、本研究の特徴が、1)国レベルと世界全体での気候変動緩和策シナリオの開発、2)分配効果を評価する指標とモデルの開発による気候変動緩和策による分配効果と貧困撲滅と格差削減を目指す対策の定量分析の2点であることを示した。 第3章では、本研究で用いる AIM-PHI (貧困家計) モデル、AIM-Hub (一般均衡) モデル、AIM-Technology (エネルギーシステム) モデル、および MESSAGEix (エネルギーシステム) モデルについて説明し、特に本研究の中心となる AIM-PHI モデルの構造、式、およびデータに焦点を当てて説明がなされている。AIM-PHI モデルは貧困、所得格差を定量化するために開発され、国別 GDP と人口、財別価格を用いて所得分配や家計消費変化を推計するモデルである。本研究では AIM-PHI モデルを開発したことにより、他の統合評価モデルと連携することで国レベルと世界全体での多様な気候変動緩和策における分配効果の評価と、モデル間比較によるシナリオ不確実性を明らかにすることができるようになった。 第4章では、中国のパリ協定と整合的な長期気候変動緩和策を実施した時の分配効果と貧困への影響を明らかにすることを目的に、AIM-Hub モデルと AIM-PHI モデルの開発と改良を行なった。中国の社会経済成長や温室効果ガスの排出量に関する想定を用い、AIM-Hub モデルで五つの国規模での気候変動緩和経路を構築した。そして、中国家計消費調査データを取り込むことで、AIM-PHI で用いられた家計所得分配関数と家計支出システム (AIDADS) の検証と改善を行ない、AIM-Hub で算出された財の価格変化と家計所得の変化による貧困・分配効果を定量分析した。このモデルの推計結果から、最新の NDC (国別削減目標) と脱炭素化目標は、国の経済発展に適しており、住民の福祉を確保するものと結論づけられている。一方で、NDC と脱炭素化目標では、2030 年以降大きな家計消費損失が起こり、特に低所得者が平均より大きな消費損失を受けることになり、所得分配の公平性に問題を起こす可能性を示した。本章は、政策提言において家計福祉向上と気候変動緩和の両立を考慮す			

京都大学	博士（工学）	氏名	趙 詩雅 (ZHAO SHIYA)
る重要性を示唆している。 第 5 章では、 AIM-Hub モデルと MESSAGEix モデルそれぞれで算出されたパリ協定に向けた厳しい気候変動緩和経路において、AIM-PHI を用いて十三個の家計消費財別の変化を捉え、貧困・食料貧困など様々な視点から世界規模での貧困及び所得格差について定量分析を行なった。二つのモデルを使うことにより、モデル不確実性を考慮できるようになった。さらに炭素税収についての独自の想定を置き、家計への一人当たり均等な形で累進的な還元と、所得に比例する中立的な還元を考慮した。これを実現するにあたって AIM-PHI には、排出量のダウンスケーリングと炭素税収のリサイクルモジュールが追加された。モデルの推計結果から、厳しい気候変動緩和策は、インドやサブサハラアフリカを中心に、家計消費損失、所得貧困・食料貧困、及び所得格差を増加させる可能性を示した。炭素税収を所得に比例して中立的に還元することで、気候変動緩和策が家計への影響を減少する一方、完全に所得貧困・食料貧困、及び所得格差の増加を回避することができない。炭素税収を一人当たり均等に累進的に還元することでは、所得貧困・格差は大幅に減少することが見られたが、食料貧困の改善には僅かな効果しか見られないことがわかった。本章の結果から、気候変動緩和が進むとともに、家計への補償と、農業価格の安定化なども慎重に考慮された行動が、貧困と所得格差の緩和と脱炭素化の間のシナジーを強化し、トレードオフを減らすために重要であることが示された。 第 6 章では、気候変動緩和策による分配効果を考慮し、CGE モデルである AIM-Hub とエネルギーシステムモデルである AIM-Technology を連携し、炭素価格なしで 1.5 度目標に相当する緩和シナリオを提案した。従来の炭素価格を用いた 1.5 度目標に相当するシナリオとの比較による結果は、炭素価格なしシナリオが、SDG1（貧困をなくそう）、SDG2（飢餓をゼロに）、SDG10（人や国の不平等をなくそう）に対する副作用を大幅に減少させる便益を示した。 第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の研究についての展望をまとめている。			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、気候緩和策の長期的なシナリオ分析で用いる既存の統合評価モデルに貧困や格差を扱えるモデルを組み込み、それを応用した成果をまとめたものである。本論文で得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) まずシミュレーションモデルの適用可能性なども考慮し、中国に焦点を絞り、気候変動緩和策の貧困・格差への影響を調べた。その結果、中国では気候変動緩和策により貧困が増加しうることを、また格差が広がる可能性があり、それは主としてエネルギー価格の変化に起因する可能性が示された。
- 2) 第二に、世界の貧困と所得格差の多面的な評価を行った。具体的には、食料貧困、所得格差、貧困人口、エネルギー貧困を家計支出面から評価した。また、一つの統合評価モデルに依存せずそのモデルに付随する不確実性を評価するために二つの統合評価モデルを用いた。その結果、気候緩和策によりサハラ以南アフリカ諸国で多面的な貧困指標の悪化を確認した。
- 3) 第三に、世界全体を対象として炭素価格を仮に導入せずに気候変動緩和策を進めたときにどのような便益が貧困、格差にもたらされるのかを調べた。その結果、炭素価格を伴わずに気候変動緩和策を実施すると一定程度貧困人口や飢餓人口、格差指標の改善が見られた。一方、炭素価格を伴うかどうかとは関係なく気候変動緩和策により生じる所得減少は残るため、一定程度の貧困などの悪化は見られた。

以上、貧困と格差を気候緩和策の長期的なシナリオ分析で用いる統合評価モデルの枠組みに組み込む試みはこれまでになく、本論文は、脱炭素社会実現に向けて動いている社会に重要な政策的な知見を提供するもので社会的な意義が高い。また、本論文の貧困と格差に注目したモデル開発の取り組みはモデルの有用性は高く、当該分野に大きな影響を与えられ、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 7 年 1 月 17 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。