

論文の内容の要旨

論文題目 統合評価モデルによる

CO₂およびCO₂以外の温室効果ガス削減の総合分析

氏名 黒沢 厚志

気候変動問題は代表的な地球環境問題である。地球に対するエネルギー収支をみると、太陽エネルギー入射と宇宙への放射・反射などが基本的にはバランスしている。しかし、温室効果ガス排出の増加により、そのバランスは崩れ始めた。温室効果ガスには、二酸化炭素 (CO₂)、メタン、亜酸化窒素、フロン類などがある。水蒸気も温室効果ガスであるが、その発生量は変動が大きく人為的活動で制御可能と考えにくいため人為起源の温室効果ガスの評価からは除外されることが多い。人為起源の温室効果に与える影響が最も大きいガスは CO₂ である。石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料中の炭素分燃焼や、地上・土壌に固定されていた CO₂ の森林伐採に伴う放出などによって、大気中に排出される CO₂ 量が過大となり、全球レベルの CO₂ 収支バランスが崩れ、大気中 CO₂ 濃度は上昇を続けている。メタン、亜酸化窒素などは、温暖化に対する寄与は CO₂ と比較して相対的には少ないが、農業、エネルギーなどの部門から排出がある。オゾン層減少対策として開発されたフッ化物である代替フロンは、オゾン層破壊効果は相対的に小さいが、特定フロン類と同様に温暖化効果を有する。

気候変動問題が人間生活に影響を与える可能性を指摘する自然科学分野の知見の蓄積は、国際政治にも影響を与え、気候変動枠組条約のもとで温室効果ガス排出量制約を加えることを盛り込んだ京都議定書が採択されている。京都議定書は、温室効果ガスの削減に対して、地域的柔軟性、時間的柔軟性、削減ガス多様性を認めている。温室効果ガス削減策の柔軟性に対する研究のうち、空間、時間に対する柔軟性、特に空間に対する柔軟性は国際排出権取引の検討などで研究の蓄積がなされてきたが、CO₂ 以外の温室効果ガスについては、地域、対象温室効果ガス、発生源が限定されているものがほとんどで、全球規模での排出量、削減費用、削減ポテンシャルに関する評価が近年まで不足していた。また、CO₂ 以外の温室効果ガスの発生源は、エネルギー、農業をはじめとして多様な人間活動をカバ

一しなければいけない。複数の温室ガスを対象とした削減は、マルチガス削減と呼ばれており、全球規模での削減ガスの柔軟性についての検討が行われるべきである。温暖化への寄与が最大である CO₂ 削減策は今後とも必須である。それに加えて、削減ガスの多様性を活用すれば、多種類の温暖化ガスの削減策検討によって、気候変動対策の選択肢が増加するとともに、より費用効率性の高い対策提示が可能となる。しかし、化石燃料燃焼起源の CO₂ については分析評価が進んでいるが、それ以外の温暖化ガスについては、一般的に言って、発生量の不確実性が大きいことに加え、削減費用とそのポテンシャルに関する知見が十分に蓄積されておらず、対策費用とその効果に対する不確実性も大きい。

以上のような背景のもとに、本研究では、CO₂ および CO₂ 以外の温室効果ガス削減策の評価を研究の目的とした。

マルチガス削減評価を行うために開発した GRAPE モデルは、気候変動緩和策の柔軟性を包括的に評価するため、エネルギー、農業・土地利用、気候変動、環境影響、マクロ経済といった要素についてのモジュールから構成されている。同時に、世界を 10 地域に分割し、エネルギー資源、土地利用、社会経済状態などにおいて大きく異なる地域特性の差異を、21 世紀の後半にかけて分析可能である。CO₂ 以外の温室効果ガスについては、エネルギー、農業・土地利用モジュールにおける各種パラメータや、人口、GDP といったマクロパラメータと連動した排出量が算出され、モデルにおける想定シナリオや試算結果と整合性のとれた評価が可能となっている。このように、評価フレームワークは、CO₂ 以外の温室効果ガスの発生量を内生的に評価し、マクロ経済一般均衡モデルの構造を持ち、温室効果ガス排出量から気温上昇までのメカニズムを簡易気候モデルにより明示しつつ、異時点間動学最適化を行い、動学的費用効率最適性などの検討において整合的な評価が可能であるというユニークな構造を有している。モデルを用いて、気候変動制約条件のもとで、各種温室効果ガスに対する費用率的な排出経路を求め、人為的温室効果ガスの主要排出源であるエネルギーシステムや土地利用の姿を示すことができるようになった。

評価においては、まず、温室効果ガス削減策の地域柔軟性についての分析を行った。国際気候政策の交渉の結果生み出された京都議定書に示された、温室効果ガス排出量上限制約を課した場合について、排出権取引の影響評価を行った。エネルギー起源 CO₂ 排出上限を仮定した場合には、地域間の柔軟性である広義の排出権取引が、エネルギーシステムおよびマクロ経済に与える影響緩和効果は無視できないものになることが明らかになった。次に、京都議定書の短期的目標に対して、超長期の気候政策目標として、CO₂ 濃度安定化を設定した場合の分析を行い、温室効果ガス削減において、エネルギー転換、省エネルギーに加えて、CO₂ 回収貯留や、非在来型ガス資源の重要性を示した。

さらに、これまであまり注目されてこなかった CO₂ 以外の温室効果ガスの削減ポテンシャルに注目し、放射強制力制約を仮定したシミュレーション分析を行った。結論として、複数のガスを適切に組み合わせてマルチガス削減を行うことで、CO₂ 単独削減と比較してより費用効率性の高い温室効果ガス削減が可能であることを示した。また、分析結果を用いて、化石燃料 CO₂ 排出削減や温暖化ガス削減に伴う環境面での付随的便益や、100 年温暖化ポテンシャル係数を用いたメタンなどの短寿命ガス削減価値についての考察を加えた。