

## 論文の内容の要旨

論文題目

### **Analytical Framework of Optimal Total Emission Control Policy Based on Cooperation and Input-Output Structure in Environmental-Economic Systems**

(環境経済システムにおける提携と  
産業連関構造を考慮した  
最適総量規制政策の分析フレームワーク)

氏 名 万 毅 (WAN YI)

地域の環境経済システムの管理において、総合的な総量規制(TEC)政策を策定することは重要である。本論文では、提携構造と産業連関構造を考慮した総量規制政策の分析フレームワークとして、インセンティブを生み出す可能性のある意思決定における総量規制方法論(数学モデル)を開発し提案する。これを用いて、制度設計の観点から、環境排出課徴金制度、環境排出係数及び総量規制目標などの政策要因を調整・変更した異なる政策スキーム(政策案)を定量的に策定し、その影響・効果をシミュレートして分析することができる。当該フレームワークは総量規制政策において当事者の提携構造と産業連関構造を考慮している点に独自性がある。提携構造は、理論的な枠組みとして特性関数を有する協力ゲームを援用してモデル化される。ここでは、政策立案者(または地域環境管理者)と汚染排出者をプレイヤーとみなし、政策立案者は、経済的利益だけでなく地域の環境被害を考慮した社会的便益を最大化することを目的として総量規制を実施するが、一方、汚染排出者は、総量規制政策に協力するかどうかに関して独立した意思決定ができ、個々に自分の利得(最終的な経済利益)だけに興味を持つと想定される。汚染排出者の意思決定は、協力を選択しない場合よりも協力をした際にどれだけ多くの利益を得られるかによって異なるが、個人合理的な意思決定によってもたらされる最終的な利益を補填できれば全提携は実現される。これは、全提携においては各汚染排出者に与えられるインセンティブが必要であることを意味する。本論文では、ここでさらに各プレイヤー間の産業連関を考慮した。具体的には、産業連関分析を援用して、対象とする汚染排出者に関連するすべての経済セクターに対する産業連関表による直接入力係数と各産業セクターの環境排出(強度)係数を用いて、各セクターの連関構造をモデルに組み込んだ。最終的には、このもとで総量規制目標を達成し、かつ社会的便益を最大化する政策スキームを定量的に最適設計する分析フレームワーク(一連の数学モデル)として整備した。

この分析フレームワークにおいては、本質的な2つの分配問題がある。すなわち総量規制

の目標を達成するための総排出量の分配と地域全体連携を安定的に形成させるための最大社会的便益の分配である。総排出量の分配においては、社会的最適を最大化することを目的とする非線形計画法によってすべての汚染排出者へ総排出量を割り当てる最適配分モデルにより分配問題を解く。最大社会的便益をプレイヤー間で合理的に分配するという問題については、「同等受容度」という公理を仮定することによって多目的意思決定の分配問題を簡便な形に変換して解く。この分析フレームワークにより、排出課徴金制度や環境税（補助金）などの経済的政策手段による当該地域における全提携を通じて総量規制の環境目標を達成し、かつ総排出量の最適な分配と相応する最大社会的便益の合理的な分配を同時に達成する総排出量と社会的便益の配分解が得られる。

地域環境経済システムへの応用におけるケーススタディとして、まず試行的な適用事例として、上海の黄浦江の上流にある工場からの廃水(COD)排出量を削減するための水質計画案を検討した。環境容量の最適値と用いられる基本関数の形を特定した後、モデルを具体化して各工場(汚染排出者)の最終的な最適排出量、利益及び社会的便益の分配における税金(補助金)等を計算し、これらについての配分解を総量規制政策案として提案した。また、シミュレーション結果により、解としての安定性の問題も環境排出課徴金の政策設計の観点から検討した。

次に、中国の全産業部門における二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出総量を抑制することを目的として詳細な応用研究を行った。具体的には、全産業のCO<sub>2</sub>排出量を削減するための総量規制政策について定量的に計算し分析することに焦点を当てている。政府により公開されている17セクターの産業連関表を使用して、各セクターの投入量と産出量、および相応するCO<sub>2</sub>排出量をシミュレートし、最適な配分解を求めた。その主な結果に基づいて全産業における最適な削減政策を以下の通りまとめた。

まず、最適な総量規制政策スキームについては、総排出量を100億トンの水準に設定してCO<sub>2</sub>排出削減目標を計算した。中国のGDP年間成長率に合わせてすべてのセクターの経済的規模が増加していた場合は、総量規制政策が実施されない既存の状況では、各セクターの個人合理的な意思決定により最大の生産利益に達するが、一方、CO<sub>2</sub>の総排出量は最大130.15億トンまで増加する可能性があり、これは政策上の設定目標値100億トンをはるかに上回っている。したがって、中国ではCO<sub>2</sub>排出量を30.15億トン程度削減するための何らかの政策戦略を実施する必要があることを示した。

次に、総量規制が実施される場合は、セクター間での全連携が実現した場合には最大排出総量の最適な配分が存在し、排出総量は、政策として設定した削減目標を達成するために100億トンの水準に収められ、同時に総生産利益は217.87兆元の最大値に達することを示した。このスキームでは、各セクターは、総量規制政策に協力しない姿勢から協力的な姿勢へ意思

決定を変えることで、汚染排出物を削減することについてある程度の貢献をすることになるが、一方で、この場合の利益は、非協力的なケースでは各セクターが予想していた利益よりも少ない場合がある。

また、分析により、総量規制・削減に最も責任を負う主要セクターが明らかになった。これらは、特に排出強度が非常に高い3つの重要なセクターであるが、単位 GDP 排出率が最も高い第6セクター(電力、熱電力、水の生産・供給)は、CO<sub>2</sub>排出量を36億9000万トンから28億5000万トンに、第7セクター(コーキング、ガス、石油処理)は、28億5000万トンから20億1000万トンに、そして最後に、第10セクター(金属・金属製品の製造・加工)は、23億8000万トンから17億4000万トンに、それぞれ、排出量を削減することが提示されており、3つのセクターによる排出削減量は、全セクターの削減量に占める割合が、それぞれ28.13%、19.46%、20.98%となる。

さらに、17セクターの中でCO<sub>2</sub>総排出量における最も高いシェアを持つセクター(電力、熱電力、水の生産と供給)における技術革新や技術移転による排出削減が、他のセクターの排出量へ及ぼす影響を分析した。具体的には、当該セクターの排出強度が20%、40%、60%または80%減少または改善された場合についてその影響効果をシミュレートした。当該セクターの排出強度が20%改善されると、排出量は4億9900万トン減少し、その後、さらに他のすべてのセクターの排出量の変化をもたらすことが示された。この結果、総量規制の目標値として設定した100億トンを維持しても、全部門の総生産利益と最終需要はそれぞれ1,39,750億CNY、43,970億CNY増加すると予測された。排出強度が40%、60%、80%と改善される3つの状況についても、全セクターへ総排出量の配分に同様の影響があり、改善が多ければ多いほど効果は強くなることが確認された。

また、日本から中国への技術移転の前提に基づき、技術移転がCO<sub>2</sub>排出に及ぼす影響についての分析も試みた。概して日本と同じ水準に電力部門の排出強度が改善されれば、17セクターの総排出量は9,503百万トンまで抑制できる他に、総生産利益と最終需要の合計はそれぞれ5,323億CNYと1,6260億CNY増加すると算出された。

以上の影響分析結果から、中国の当該セクター(電力、熱電力、水の生産と供給)が、すべてのセクターのCO<sub>2</sub>排出量の削減に強い影響を与える最も重要なセクターであり、単位GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量を削減するための技術革新を優先的に進めるべき産業であることが示唆された。