

論文審査の結果の要旨

氏名 竹下貴之

本論文は「Long-Term Strategy for Environmentally Friendly Energy System with Focus on Coal and Nuclear Energy (石炭と原子力に着目した環境調和型エネルギーシステム構築のための長期戦略に関する検討)」と題し、6章からなり、石炭と原子力に着目しつつ、供給安定性、環境調和性、経済性の3条件を満足する望ましいエネルギーシステムを構築するための長期戦略について、複数の問題を設定し、問題に応じて構築された数理計画モデルを用いて検討している。第1章は序論であり、研究の背景を整理している。

第2章では、一次エネルギー間の代替性を高め、利用過程でCO₂を排出しないエネルギーキャリアである電力と水素が長期的に果たし得る役割、可能性について検討を行った。手法としては、地域を細分化した世界エネルギーモデルに、種々の水素の生産技術、核燃料サイクル、水素利用部門として有望視される自動車輸送部門を付加するなどの改良を行って適用した。その結果、21世紀に大気中CO₂濃度安定化を図るための最適戦略としては、電力・水素利用の推進が有効であり、自動車輸送部門では燃料電池自動車が大きなシェアを占めるという結果が得られた。また、そのような望ましい世界エネルギーシステムにおいては一次エネルギー源が多様化し、石炭、原子力とも、発電手段に加え水素生産手段として長期的に重要な役割を果たし得るという新たな可能性を描写した。ただし、石炭が望ましい世界エネルギーシステムにおいて重要な役割を果たすためには発電時・水素製造時に排出されるCO₂の回収・貯留が前提であることを指摘した。

第3章では、石炭のシェアが著しく大きく環境汚染が既に深刻化している中国東北地方の発電部門を対象とし、どのように石炭のクリーン利用や石炭からの燃料代替を図っていくべきかについて、対策技術の技術的特徴を詳細に考慮した最適電源構成決定モデルを用いて検討を行った。その結果、SO₂排出削減対策技術としては選炭や脱硫が優位であり、これらの同時導入によって、2022年のSO₂排出量を無政策時の2002年の排出量の1割以下に抑制できることを示した。また、CO₂排出削減対策としては天然ガスや原子力への燃料転換が不可欠であり、CO₂排出削減を図ることによりSO₂排出も大幅に削減できることを示した。また、今後予想される負荷先鋭化の対策としては、石炭から天然ガスへの燃料代替が必要であることを示した。

第4章では、プルトニウム利用技術の将来コスト、及び、将来のCO₂排出規制に関する不確実状況下における我が国の長期核燃料サイクル戦略のあり方について、核燃料サイクル部門を詳細化した最適電源構成モデルを確率的に拡張して検討を行った。その結果、将来コストの不確実状況下の最適戦略は、将来あり得るシナリオに対してそれらの実現確率に応じて備えるヘッジング戦略になるが、CO₂排出規制の不確実状況下の最適戦略は、シナリオ実現確率によらず、常に最も厳しい制約が課されるシナリオを想定して備えておく用心した戦略になるという、両者の相違点を見出した。次に、不確実状況下において保持しておく技術オプションとして、敷地外中間貯蔵の価値が非常に大きいことを定量的に示した。さらに、プルトニウム利用技術の将来コスト情報が事前に得られることの価値を定量的に示した。

第5章では、日本とロシアの間での国際共同使用済燃料貯蔵制度の可能性について、世界エネルギーモデルと二国間核燃料サイクルモデルを用いて検討を行った。その結果、日ロ共同使用済燃料貯蔵の具体像に基づき、本制度は、日本に経済的な使用済燃料貯蔵オプションを提供し、不確実状況における日本の最適な核燃料サイクル戦略の一環として重要な役割を果たし得ると同時に、ロシアにとっても、本

制度から得られた資金を活用することにより、余剰プルトニウムを国内の原子力発電所で燃焼してウラン消費の節約につながるなどの利益が得られることを示した。

第6章はまとめであり、各章で得られた結論をまとめ、その政策的含意を整理している。

以上のように本論文は、石炭と原子力が、環境調和性に優れ経済的に最適なエネルギーシステムの構築において重要な役割を果たし得ることを数理モデルによって描き、それらの役割を実現するために懸案となっている諸問題に対して具体的かつ定量的に解決策を明らかにしたもので、先端エネルギー工学特にエネルギーシステム工学に寄与する所が大きい。したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。