

論文の内容の要旨

氏名： 泉谷 清高

博士の専攻分野の名称： 博士（総合社会文化）

論文題名： エネルギーの長期的な安定供給に関する一考察 ― 3要素モデルの分析を中心に―

（1） 本研究の目的

日本がエネルギーの安定供給を確保するにあたり、2つの厳しい条件が与えられている。1つは、日本がエネルギー消費大国であると同時にエネルギー資源小国であるという厳しいエネルギー供給制限下にあること。2つ目は、日本が、その位置、地形、地質、気象などの自然的条件から、台風、豪雨、豪雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土となっていること。定量的にみると、世界全体に占める日本の災害発生割合はマグニチュード6以上の地震回数20.5%、活火山数7.0%、死者数0.3%、災害被害額11.9%など、世界の0.25%の国土面積に比して、非常に高くなっていることが分かる。エネルギー安全保障における安定供給と災害時における安全性の確保を如何に実現するかは、国情によりアプローチの方法が全く異なる。本研究は政策を評価するものではなく、日本は脆弱なエネルギー供給構造であり自然災害が多いという与件の下、「3要素（エネルギー安全保障、安全性の確保、カーボンニュートラル）モデル」と捉え、その3要素の関係性を理論的に明らかにし、3要素を同時に満足するための方策を探求する。本研究の守備範囲は、エネルギー分野の電力、とりわけ電力システムに焦点を当て、電力の安定供給を実現するために、どのような取り組みが必要かを明らかにしていく。災害の範囲は自然災害とし、地震・津波に焦点を当てる。対象エリアは、火力発電所のほかエネルギー関連施設が集中する港湾エリアに注目していく。

（2） 本研究の着眼点

わが国のエネルギー政策を概観すると、1970年から1980年代の課題はエネルギー安全保障であり、1990年代では京都議定書採択も関係し環境問題が加わり、2000年代では資源価格の高騰や資源ナショナリズムの関心が高まり資源確保の強化となっている。ここまでは、海外でのエネルギー供給体制の支障に対して、どう対応するかに主眼が置かれた。しかし、2011年3月、東日本大震災を機に、国内におけるエネルギー安定供給体制の自然災害に対する脆弱性が改めて認識され、エネルギー供給体制の安全性への関心が高まった。2020年10月「2050年カーボンニュートラル宣言」が、我が国のエネルギー政策に加わった。近年、エネルギー問題は、持続可能な社会の実現という枠組みの中で捉える必要がある。つまり、エネルギー問題は単に温室効果ガス排出と温暖化問題との関係だけでなく、循環経済と資源効率と共に持続可能な社会実現のための中心的な課題と認識する必要がある。エネルギー資源の有限性の観点から、環境への影響を最小化しながら、持続可能な方法で地球上の限られた資源を利用するという資源効率の考え方がエネルギー問題の取組みの基本になる。

日本は、厳しい2つの与件の下ではあったが、エネルギー安全保障、安全性の確保の2要素を考えるだけでよかった。しかし今日、時代の要請によりカーボンニュートラルが与件に新しく加わったこと、また3要素が相互に関係することが明らかになった以上、安定供給決定の3要素に同時にアプローチする必要がある。つまり「3要素モデル」として扱う必要がある。これが本研究の着眼点である。

（3） 本論文の構成

第1章では、世界のエネルギー事情としてエネルギー需給、電力需給の過去、現在、将来像とGDP・人口・エネルギー消費・CO₂排出量との関係性を概観していく、電力事情では電源構成を中心にOECD諸国と非OECD諸国を対比する。次に、日本の国土と自然災害の発生状況を概観し、世界と日本のエネルギー消費の比較により、日本の世界におけるポジションや日本特有の事情を整理し、これにより日本は脆弱なエネルギー供給構造であり自然災害が多いという厳しい与件があることを明らかにする。

第2章では、本研究の着眼点およびバックグラウンドをとりあげる。第1節では着眼点について説明し、エネルギー安全保障、安全性の確保、カーボンニュートラル（脱炭素化）は、エネルギー安定供給を決定する3要素と捉え、同時にアプローチする必要があることを提起する。本研究の守備範囲は、エネルギー

分野の電力、とりわけ電力システムとし、災害の範囲は自然災害とし、南海トラフ巨大地震、首都直下地震を最大級の自然災害と捉え、対象エリアは火力発電所のほかエネルギー関連施設が集中する港湾エリアとする。第2節では扱う概念と用語を整理する。

第3章では、第1章で捉えたポイントに関する先行研究を概観していく。カテゴリーは、化石燃料、エネルギー安全保障と自然災害、再生可能エネルギー・原子力と脱炭素化、再生可能エネルギー大量導入による負の作用である。第1節ではエネルギー安全保障を、第2節では被害予想と復旧予想の重要性を、第3節ではレジリエンスと安全性、安定性を、第4節ではカーボンニュートラルの研究として、再生可能エネルギーの大量導入と電力の安定供給に対する負の作用、CO₂限界削減コスト等について概観する、第5節の小括では、先行研究の未到達の領域を踏まえ、エネルギー安全保障、安全性の確保、カーボンニュートラルの3つがエネルギー安定供給決定の3要素であり、同時にアプローチする必要性があることを総括する。

第4章では、先行研究を踏まえ、第1節ではリサーチクエスチョンを提示、第2節では仮説を提示し、仮説ごとにモデルの前提条件、モデル設定、分析方法、モデルのバックグラウンドを、第3節ではシミュレーション構築を、第4節ではモデル分析手順を説明する。仮説1は「首都直下地震が発生し発電用燃料の供給途絶が発生した場合は、国内民間在庫日数の少ないLNGを用いたLNG火力発電の電源構成比が高ければ高いほど、LNG火力が停止した時の電力供給量が低下する幅が大きい。すなわち、LNG火力発電の電源構成比が高ければ高いほど、不安定な供給になる」である。仮説2-1と仮説2-2は「火力発電所は埋立地に立地していることから、地震動と津波被害の影響が大きい。したがって、電源構成において火力発電所の比率が高ければ高いほど、復旧時間が長い。すなわち、火力発電の電源構成比が高ければ高いほど、不安定な供給になる」が原型の仮説となり、対象エリアを九州、四国、全国、西日本とケース別に提起する。仮説3は、太陽光発電と風力発電に分けて、仮説3-1は「太陽光発電を2020年度実績から2030年度計画値へ168%増やすことは、山手線一杯分の面積の10倍以上の面積を必要とするため、実現性は低い」、仮説3-2は「風力発電を2020年度実績から2030年度計画値へ519%増やすことは、東京湾の面積の80%以上の面積が必要のため、実現性は低い」とする。

第5章第1節では、シミュレーションによる検証結果の分析を行う。第2節では、本論文の研究結果として、仮説検証のまとめ、検証結果の分析を行う。これらを踏まえ、わが国の厳しいエネルギー供給制限と自然災害が多いという2つの厳しい与件の下における電力の安定供給を実現するための方策は何かを明らかにする。

(4) 本研究の意義と本研究で明らかにしたこと

電力分野における安定供給、安全性、安定性の関係性について、安定性としてレジリエンスの概念を採用することにより「電力システムにおいて、安定性と安全性は密接な関係であり、安定性と安全性の向上は安定供給の向上に資する」と関係性を明らかにした。また、安定性と安全性の度合は、機能低下の度合と復旧時間の2値で規定できることを明らかにした。

発電用燃料の在庫日数に着目したシミュレーションによる検証では、在庫日数の短いLNG火力発電に過度に依存した電源構成は安定供給面で脆弱であることを明らかにした。「火力発電所は地盤が脆弱で標高が低い埋立地に立地している」に注目したシミュレーションによる検証には、火力発電の電源構成比が高ければ高いほど、電力供給率の落込みが大きく復旧時間が長いことを明らかにした。さらに、太陽光発電と風力発電は、エネルギー密度が低く設備利用率が低いことから、更なる増設には設置面積の点で自ずと制限があることを示した。以上踏まえ、厳しいエネルギー供給制限と自然災害の多発という2つの与件の下における電力の安定供給を実現するための3要素を同時に満足する方策は、その時代の与件において、原子力発電の電源構成比を最大化し、次に再生可能エネルギーの電源構成比を高めることが導き出された。この電源構成は、安定性と災害の安全性を最大限に確保し、電力の安定供給に資すると同時に、CO₂排出量を最も少なくする。

(5) 残された課題

エネルギー安全保障では、第一にエネルギー安定供給、第二に低廉なエネルギー価格の確保であるが、本論文ではエネルギー価格は需給調整市場で価格決定すると捨象し、CO₂限界削減コストは国別

で異なることを示し、脱炭素化を推進するとエネルギーコストが上昇することを示唆するにとどめて
いる。CO₂ 限界削減コストの国内外コスト差を利用することは、我が国にとって有用なことを示唆し
たものである。この利用方法についても今後の課題として研究に取り込みたい。安全保障には危機管
理の観点から有効性、実現可能性、経済性の3つを比較衡量することを求められている。本論文では、
専ら守備範囲をエネルギー安全保障とし、リスクの範囲も自然災害とし地震・津波に焦点を当て3要
素モデルをもとに展開した。今後は、エネルギー安全保障を安全保障との関係性のなかで捉え、有効
性、実現可能性、経済性を比較衡量し、研究に取り組んでいきたい。