

## (論文内容の要旨)

本論文は、各種エネルギーシステムの健康と環境への影響を影響経路に沿って定量的に分析し、さらに健康被害を貨幣価値に換算して比較評価する方法論を開発し、それを実際の各種発電システムに適用して影響評価を実施し、異なる社会状況を有する国における適用可能性を、本方法に伴う不確実性の評価に基づいて検討した結果を論じ、持続可能なエネルギーオプションの選択のための考察を行ったもので、6章からなっている。

第1章は序論で、健康と環境への影響評価値を用いて、各種発電システムを比較し選択することの必要性が認識された歴史的経緯、各国および国際機関における過去の取り組み事例を概観した。さらに本研究の目的と意義として、持続可能なエネルギーオプションのための客観的普遍的な方法論として現在の社会の要求に応えたエネルギー評価方法論を開発する必要性を述べている。特にエネルギーシステムによる健康と環境への影響の比較を、外部性の概念を用いて効果的に行なえるかどうかを示すために必要な理論枠組みを考察し、指標の信憑性、透明性、評価結果の不確かさ、本質的限界や国固有の問題を分析して一般的なエネルギーシステム評価方法論としての理論的根拠を構築している。

第2章ではミクロ経済学の概念にもとづいて外部性コストを分析し、外部性コストが、需要と供給が形成する市場価格に対して影響するメカニズムを論じている。ここで、1990年代に米国と欧州で開発された手法を分析してその有効性と限界を考察するとともに、IAEAにおいて申請者らが開発したエネルギー技術の健康と環境への影響を、影響経路アプローチを土台として評価し、貨幣価値換算によって評価値(損害コストと外部性コスト)として統一的な基準で比較する方法論を述べている。さらに、この方法の適用範囲と限界について考察を加え、評価対象の地理的な境界の定義が重要であること、各種影響を貨幣価値に置き換えることで単一指標による比較できること、長期的な影響評価、異なる時代の比較に割引率が有効であること、これらの特徴から外部性評価の利用範囲がエネルギーオプション選択に及ぶことを分析している。

第3章では、この理論的基盤に基づき、実際の外部コスト評価の方法論を詳細に検討し、立案している。基本的な方法として影響経路アプローチをとり、さらに物理影響評価と貨幣価値換算の2段階に分けて発電システムの分析を行う。すなわち、健康と環境へ影響を与える物質の発電施設からの放出量、環境中のこれら物質の拡散移行挙動をモデルとモニタリングにより計測し、有害物質濃度と発ガンや呼吸器系疾患などの各種健康への影響の相関関係から損害を求め、さらにこれら影響に貨幣価値評価を加えた結果得られる損害コスト、損害コストの内、電力価格に含まれていない外部性コストを順次評価する。これらの過程はすべて透明化、客観化される。健康影響の貨幣価値換算には、アンケートによる寿命延長効果に対する支払い意思を用いた。

第4章で、具体的な事例として、申請者の行ったIAEAの国際プロジェクト

およびウクライナでの研究結果が報告されている。I A E A の国際プロジェクトでは、損害コストの計算結果は、研究対象国毎に異なるが、これは主に大気汚染物質に起因する晩発性の死亡リスクの評価の扱い方によっている。得られた損害コストは、欧州における電力市場価格に比較して、無視できない大きさであり、外部性による発電システムの環境社会影響の評価の重要性を示している。ウクライナでの研究では、特に老朽火力発電施設の環境・健康被害のため外部コストは発電コストに匹敵するという結果が得られた。さらに寿命延長に対する対価支払い意志の調査を用いて、この貨幣価値評価が所得やG N P に依存することを明らかにした。

第5章では、これら結果を用いて、外部性コストが異なるエネルギーオプションを効果的に比較できるかどうかを議論している。化石燃料、原子燃料、再生可能エネルギーによる発電システムからの環境と健康への影響について比較し、異なる物理過程による健康影響が、貨幣価値換算により客観的に比較検討することが可能となることを示した。これは現在の市場メカニズムまたは法的枠組には組み込まれておらず、持続可能なエネルギー選択に向けた社会の意思決定に反映する方法を検討する必要があることを指摘している。また経済事情の著しく異なる国でも比較可能であることなど貨幣価値評価を用いる利点を示すとともに、不確かさや問題点、今後の課題を分析した。

第6章は結論であり、本論文で示した外部性コストによるエネルギーシステム評価の有効性と得られた結果をまとめている。またさらに考察を加え、この方法論が通常時放出も、過酷事故のリスク評価も同じ指標で評価できること、地球温暖化影響や低レベル放射線の地球規模の長期間に渡る被曝の影響のような、長期的かつ地球規模の影響評価にも本手法は有効であり、またその影響が極めて大きくなる可能性を指摘している。以上から、持続可能なエネルギー選択のために外部性評価が有効であり重要であることを結論としている。

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、持続可能なエネルギーオプション選択の為に、ミクロ経済学理論に基づく外部性コストを指標として、各種エネルギーシステムからの健康と環境への影響を分析し、貨幣価値に換算して比較評価する方法論を開発し、それを実際の各種発電システムに適用してそれらの影響評価を実施し、さらにウクライナにおける評価作業を通じて、異なる社会状況を有する国における適用可能性を評価検討した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1) エネルギーシステムが環境と公衆の健康に与える影響として、コストに反映されない被害(外部コスト)の評価が重要であることを指摘し、さらにこの問題の解決のためには異なる物理過程や社会状況を共通の指標で客観的に比較する必要があることを分析し、そのための方法論として、ミクロ経済学に基づく外部性コストの評価を用いることを理論的に構築した。

2) 発電システムの影響の評価法として、影響経路分析に基づいて、発電所からの放出物質の移行、環境挙動、健康影響、疾病等の被害の評価、その貨幣価値換算、からなる具体的かつ客観的な方法を開発した。

3) IAEA国際プロジェクトおよびウクライナで、同方法論に基づく各種発電システムの健康影響の経済的評価を実施し、その影響を明らかにした。この結果から、外部コストが発電コストに比べて無視できない大きさをもつこと、社会経済情勢が異なる国でも同じ方法論でエネルギーの環境影響が評価可能であることを示した。

4) 外部性評価を用いて、異なる物理過程による健康影響を通じて、異なるエネルギーシステムを同一指標で比較できることを明らかにした。さらに、現在の市場メカニズムまたは法的枠組には組み込まれていないが、無視できない環境影響に基づいて、持続可能なエネルギー選択に向けた社会の意思決定に反映する方法となりうることを明らかにした。

以上を要するに、本論文は各種エネルギーシステムが環境と社会に与える影響を、影響経路ごとに客観的な方法で分析し、統一的な評価尺度で比較検討する方法を開発し、その理論基盤、具体的な方法、得られた結果と考察、およびその今後の適用可能性について報告したものである。これは従来困難であった超長期、地球規模でのエネルギーシステムの評価を可能とし、持続可能なエネルギー選択に指針を与える成果であって、エネルギー科学の学術上、応用上、寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年6月19日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。