

様式 I

博士学位論文調査報告書

論文題目

Investigation of the Water-Renewable Energy-Nexus in Transition Plans Towards Sustainability in Iran

(イランにおける持続可能な社会に向けた移行計画のための
水・再生可能エネルギーネクサスの研究)

申請者 Ahmadi Esmaeil

最終学歴 令和3年3月

京都大学大学院エネルギー科学研究科

International Energy Science Course (エネルギー社会・環境科学専攻)

博士課程 修了見込

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科
(主査) 教授 手塚 哲央

調査委員 京都大学大学院総合生存学館
教授 山敷 庸亮

調査委員 京都大学大学院エネルギー科学研究科
准教授 Benjamin C. McLellan

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Ahmadi Esmaeil
論文題目	Investigation of the Water-Renewable Energy-Nexus in Transition Plans Towards Sustainability in Iran		
(論文内容の要旨)			
<p>イランでは、化石燃料資源に恵まれている一方で、水供給の不足が深刻な問題となっている。そのイランにおいて近年、地球規模の気候変動への対応策として、化石燃料資源から再生可能エネルギーへの移行計画と海水淡水化技術による上水供給システムへの移行計画が並行して進められようとしている。一方で、それらの二つのシステム計画は相互に影響し合うことから、双方を同時に検討することによるメリットが期待される。そこで本研究では、イランの南海岸地域を対象として、この互いに影響し合う二つの計画を統合すること(Nexus Approach)の効果を、当該地域の地理、文化特性を制約条件として経済、環境そして社会の視点から定量的に評価することを目的とする。</p> <p>本論文は、全5章より構成されている。</p> <p>第1章では、本研究の目的を説明した後、多様な淡水化技術に関する技術評価、経済評価に関する文献調査結果について、特に、太陽光発電と風力発電による再生可能エネルギー電力を用いた海水の淡水化技術に焦点を当てて説明している。そして、イランにおける政策策定、経済、気候、人口分布などの特徴を述べた後、水供給、エネルギー供給の要件について説明している。</p> <p>第2章では、水とエネルギー供給に関わるイラン特有の状況に基づき、イランの南海岸地域を対象として水とエネルギーの供給計画を同時に考える Nexus Approach について検討している。この地域は、海水の利用は容易であるが深刻な飲料水不足に悩まされている。そこで、この地域を対象として、海水淡水化による上水供給と再生可能エネルギー利用の Nexus Approach の効果を定量的に評価するために、二つの技術の経済的・技術的なシナジー効果を分析・評価できる数理モデルを構築し、具体的にシナリオを作成することによりそのモデル分析の妥当性を検証している。特に、このモデルでは、海水の淡水化技術を含む水供給システムによる再生可能エネルギーの出力変動の吸収効果、技術普及による技術特性の学習効果、及び当該地域の地理・文化に関わる特性表現を介した Nexus Approach の効果を評価できるところに特徴がある。</p> <p>第3章では、第2章で述べた水・エネルギーの統合計画モデルを用いて、種々の水供給技術、及びイランにおける気候条件、地形、地理、人口分布を考慮することにより、大規模集中型の水供給システムと小規模分散型の水供給システムの異なる水供給システムが地域の経済及び環境に及ぼす影響を分析している。そして、コスト及び環境影響の点から小規模分散型システムが優れているとの結論の得られることを示している。これは、古くから長距離の水輸送を嫌うイランの文化とも整合的な結果であり、興味深い結果であると考えられる。</p> <p>イランは古くから上水供給に苦しみ、カナートと呼ばれる地下用水路が乾燥地域への水供給の手段として利用されてきた。そこで、全ての住民の間で上水を共有する文化、水を汚すこと</p>			

を悪とする文化が育ってきたといえる。社会における公平性の視点は、すべての地域で水を分かち合って利用するイラン特有の文化とも整合的な水・エネルギー供給計画をもたらすことと期待される。そこで第4章では、より持続可能で実現可能性の高い水・エネルギー供給システム計画策定のために、社会的公平性の評価手法について検討している。そして、再生可能エネルギー供給と海水の淡水化による水供給との統合計画の帰結として得られる水・エネルギー供給システムに対して、システム移行に伴う費用と便益に関わる公平性を評価することにより、都市部と農村部間の公平性の視点から小規模分散型の水供給システムの選好されることが示される。

第5章は、本研究で得られた結論と今後の課題について整理している。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

中東では近年、化石燃料資源から再生可能エネルギーへのシフトと海水淡水化技術による上水供給システムへのシフトが並行して進められようとしている。そして、それらのシステム計画は相互に影響し合うことから、双方を同時に検討するメリットが期待される。そこで本研究では、イランの南海岸地域を対象として、この互いに影響し合う二つの計画を統合すること(Nexus Approach)の効果を、当該地域の地理、文化特性を制約条件として経済、環境そして社会の視点から定量的に評価した。得られた主な成果は以下の通りである。

1. 海水淡水化技術による上水供給と、再生可能エネルギーと電力貯蔵装置によるエネルギー供給の統合計画評価のための対話型多段階最適化モデルをイランの南海岸地域を対象として新規に構築した。このモデルにより、淡水化プラントの電力負荷による再生可能エネルギーの出力変動の吸収効果、技術普及による技術特性の学習効果、及び当該地域の地理・文化に関わる特性表現を介して、Nexus Approach の効果を定量的に分析・評価することができる。
2. 1.で開発した統合計画モデルを用いて、再生可能エネルギーが大量に導入されたイランの南海岸地域を対象として大規模集中型と小規模分散型の海水淡水化プラントの経済性及び環境負荷を定量的に比較・評価することにより、分散型の海水淡水化システムの選好されることが示された。これは、水資源分布と人口分布が大きく異なるイランにおいては水の長距離パイプライン輸送が政治的・社会的に深刻な問題をもたらすことから、興味深い結論と言える。
3. 2. で提案された小規模分散型及び大規模集中型の海水淡水化プラントによる水・エネルギー供給システムに対して、都市部と農村部の間の公平性を複数の指標に基づいて定量的に評価する手法を提案した。具体的には、イランの南海岸地域を対象として、都市部と農村部における費用負担、環境負荷、雇用創出等の公平性を総合的に評価することにより、小規模分散型の淡水化プラントが優れた特性を有することを示した。この公平性の概念は、経済的、文化的、地理的に異なった特性を有する都市部と農村部において新たな計画を導入する際に、イランの伝統的な倫理観に基づいた重要な視点をもたらすものである。

以上、本研究では、イランの南海岸地域を対象として、海水淡水化技術による上水供給及び、再生可能エネルギーと電力貯蔵装置によるエネルギー供給に関する統合計画手法を新規に構築することにより、地域に依存する経済・文化・地理の特性の相違を考慮した水とエネルギー供給の統合計画の有効性を示すと共に、将来の水・エネルギー供給システム改革における公平性評価への応用手法も提示しており、今後の資源計画に関する研究において学術上、實際上、資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、令和3年2月22日に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。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降