審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 アルシェヘリー アリー アハメド エイチ

本論文の発表と審査は 2018 年 7 月 12 日（木）10:00-12:00 に工学部 3 号館 TMI 会議室において行われた．同日 10:00-11:20 に本論文に関する下記のような発表及び内容に関する質疑応答が行われ，11:20 から審査委員会による論文の審査が行われた．

本論文は，低炭素エネルギー源への需要シフトにより，自国の石油資源の資産価値の毀損が懸念されるサウジアラビアを中心とする湾岸協力理事会諸国における，カーボンフリー水素の生産・消費・輸出を基軸とする経済の実現可能性を評価したものである．

UAE とサウジアラビアを中心として国内の石油消費を抑制するための再生可能エネルギーの試験的導入が進む湾岸諸国であるが，経済の石油依存からの脱却を念頭に置いたカーボンフリー水素の生産・消費・輸出の可能性に注目し始めたのは，王位継承と皇太子への大幅な権限移譲が行われたサウジアラビアが初めてで，その皇太子の意向を受けサウジアラムコ社がまずは石油からの改質と EOR への CCU（carbon capture and utilization）の組み合わせによるカーボンフリー水素製造の可能性評価に着手している．本論文ではその次の段階としての再生可能エネルギーと水電解による水素製造を念頭に置いた各種評価を行っている．

第 1 章では主にこれまでの湾岸地域における再生可能エネルギー導入の試み，2000 年以降の急激な人口増加と経済発展による国内石油消費の増大と今後の消費予測に基づく，石油経済の持続性に対する危機意識を持つに至った背景，同地域の経済統計の現状，水素社会がもたらすマクロ経済への影響に関する分析手法及び水素社会の形成に必要な関連技術に関するレビューを行い，第 2 章では湾岸諸国を代表するサウジアラビアの産業連関表に基づく一般均衡モデルを構築し，同国経済の石油依存の定量的評価と，原油価格変動の国内経済への影響評価を行っている．

第 3 章では GCC 諸国における系統によるバックアップを受けた太陽光発電と水電気分解による水素製造の技術経済的な分析を行ない，域内の気象条件，

主要なエネルギー消費地や積出港との地理的な関係，各技術シナリオにおけるロジスティクスコストなどを考慮した域内各地点におけるカーボンフリー水素及びそのメタネーションによるメタン製造コストの地理的分布と最適な技術シナリオを明らかにした．また，水素製造コストの要素分析に基づき，各コスト要素の変動に対するトータルコストの感度分析を行なっている．

第 4 章では，再生可能エネルギー由来の水素を，既存の石油・天然ガス業界の水素のマテリアルフローに組み込む可能性について議論している．石油化学を含む石油・天然ガス業界では従来から化学プロセスの他，脱硝・脱硫のみならずクラッキングによる炭化水素の軽質化などに水素が大量に使われているが，必ずしも内部でのマテリアルバランスが取れているわけではなく外部から一部水素を購入している．このためコスト次第では再生可能エネルギー由来の水素を組み込める可能性があり，その際，従来の水素フローのどの部分にどのような仕組みを使って導入すべきかの議論が必要である．本論文では再生可能エネルギー由来水素を含む新たな水素フローの提案を行っており，多様な供給源と需要のマッチングに対応するため水素システムオペレータ（HySO）の必要性を提案している．

第5章ではK.A.KAREの修正シナリオに基づく再生可能エネルギーの導入及び再生可能エネルギー由来の水素製造・輸出がサウジアラビアの経済に与える影響について産業連関表に基づき議論している．2011 年の産業連関表を基に，資源産業の位置づけがサウジアラビアと比較しうる先進国であるオーストラリアの現在の産業構造を将来のサウジアラビアの参考にしてRAS法により産業連関表の時系列的な変化を推定し，各時点における国内石油消費，電力需要などの予測に，シナリオ毎の水素製造を加味し，水素製造がGDPに与える影響の推移をシナリオ毎に推定した．この結果，再生可能エネルギー由来の水素製造・輸出がサウジアラビアの将来の発展に重要な役割を果たす可能性があることが示された．

本論文により改めてサウジアラビアをはじめとする湾岸諸国の石油依存経済の実態が定量化され，経済構造の脱石油依存の必要性が浮き彫りになった．再生可能エネルギー，特に太陽光発電によるカーボンフリー水素製造のコストの構造と地域性が明らかになり，地域によってはある程度のコスト競争力があることが判明した．また，カーボンフリー水素の輸出は石油の国内消費が太陽光発電によって代替される場合にはサウジアラビアにさらなる経済的便益をもたらす可能性があり，PVと水電解装置の内製化が域内経済の最大化のキーポイントであることが示された．

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。