

## 審査の結果の要旨

氏名 矢野 伸二郎

途上国を中心とした人口増大と経済発展に伴う食料需要・水需要の増大によって世界の水消費量は増加しており、その利用をめぐる軋轢や人類の使いすぎによる生態系への悪影響、水需給逼迫に伴う渇水時の食料減産などの脆弱性が懸念されている。そこで、そうした実態を定量的に捉え、持続可能な水利用の構築に資するため、本論文では、人類による直接および間接的な水資源利用に関するグローバルな推計、ならびに、その利用可能性への潜在的な影響評価手法の開発、そして世界の水利用の持続可能性が評価されている。

水需要に関しては、直接的な取水量・消費量の推定や、ライフサイクルアセスメントに基づく間接的な水利用量の推計などがこれまでも行われている。しかし、水利用の場合には、その希少性、環境影響が場所、時期によって大きく異なるにもかかわらず、そうした地理的季節的な差異を加味した水利用の環境影響や水利用可能性に及ぼす潜在的な影響の評価はほとんど行われていなかった。さらに、河川や湖沼などの表流水と地下水とではその利用可能性が根本的に異なるにも係わらず、そうした取水源の違いはまったく考慮されていなかった。そこで本論文では、人類による水資源利用量の推計と水資源への潜在的な影響量の評価に取り組み、世界的な水と食料の利用の現状を明らかにし、持続的な体制の構築へ向けた示唆を得ている。

第2章では、本論文の各章で共通して用いられた全球水資源モデル H08 の概要が紹介され、さらに計算条件と入力データの違いがもたらす算定値の不確実性について考察されている。

第3章では、単位重さあたりの価格と経済規模に関する水と他の財やコモディティとの比較が行われ、ボトルウォーターを除く農業用水、工業用水、水道水といった水は相対的に単価が低く、生産に必要な水を輸送するよりは、水が利用可能な地域で生産して製品を輸送する方が経済的であることが明らかにされている。さらに、最新のデータに基づいて人間活動による直接的な水利用量と仮想的な水の貿易量の推計が行われ、経済発展による中国の輸入量の増加などの変化が明らかにされた。

第4章では、水の利用に伴う淡水資源への潜在影響をライフサイクルアセスメントに基づいて評価する手法の開発が行われている。まず、既往の研究では対象とされてこなかった取水源による希少性の差に関して、すべての水源に共通する基準状態を設定することで、取水源の違いを反映した特性化係数を水収支に基づいて客観的に定める手法が提案されている。これにより、異なる取水源からの水利用の客観的な重み付けを行い、ライフサイクル影響評価におけるミッドポイントでの評価が可能となった。特性化係数は緯度経度0.5度格子の空間解像度で算定され、国単位、流域単位といった利用者のニーズに合わせた空間分解能に変換することも可能である。客観的で明快な算定手法に基づき、単純かつ直観的に理解できる本手法は、概念およびデータの頑健性の観点から極めて優れていると判断され、今後のライフサイクルアセスメントにおける水利用の環境影響評価に広く用いられることが期待される。

第5章では、第4章で開発した影響評価手法を適用して、人間活動による直接的な水利用と、貿易を通じた間接的な水利用について、利用した場所の水資源の利用可能性に与える潜在的な影響の評価が行われている。また、水資源への負荷を、持続可能な状態からの乖離として表す持続可能性の評価手法が提案され、今日の食料生産に伴う水利用が、相対的に潜在影響の大きい取水源に依存している実態も示されている。さらに、穀物の国際貿易と併せて解析を行った結果、穀物資源の生産に水は不可欠な要素であるものの、自国の水資源の豊富さは必ずしも純輸出の条件ではなく、十分な水を得て十分な灌漑を行うことができる経済力が重要であることが明らかにされた。GDPの偏りが水資源の利用効率の偏りを生んでいる可能性があり、水利用可能量が増えればさらに食料増産が可能であると推計されるような国に対する適切な技術供与が、世界における持続可能な水資源の利用に寄与すると考えられることが示されている。こうした結果に基づき、水と食料に関する問題は、物理的な水の不足のみならず、社会経済および地球環境の視点で持続可能な状態を維持することによる問題解決が必要であるとまとめられている。

このように、本論文は、世界の水需給の実態について、直接間接の使用量を最新のデータに基づいて推計しその構造を明らかにしただけではなく、取水源の違いによる水利用可能性への潜在的な影響を評価する手法の提案と適用によって、持続可能な水利用と食料生産に対して新たな知見と示唆を与えるものであり、これらの手法と知見は今後各方面で広く用いられると期待される。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。