

論文の内容の要旨

論文題目 人間活動が世界の水資源に及ぼす影響と 持続可能性の評価に関する研究

氏名 矢野 伸二郎

本論文は、人間による直接および間接的な水資源の利用の実態と、水資源への潜在的な影響、および持続可能性の評価に関するものである。人間は水資源を様々な形態で利用している。特に食料生産をはじめとする農業活動は、大量の水を必要とし、世界で取水される淡水の大半は農業用水として利用されている。水は継続的に循環する資源であるものの、年間に利用できる量は有限であるため、利用者間での軋轢や枯渇といった事態に陥らぬよう、水の需要と供給のバランスを考慮した持続可能な利用が望まれる。

自然界からの淡水の供給に関しては、既に様々な研究が行われており、人間や生態系が容易に利用できる水資源量が、場所や時期によっては低下する可能性が指摘されている。一方、人間による水の需要については、直接的な利用量の推定や、ヴァーチャルウォーターをはじめとする間接的な利用量の推計が行われている。水の需要量は人口の増加や生活スタイルの変化等の要因によって増加傾向にあるものの、最新のデータに基づいた評価が十分に行われていないことが課題として挙げられる。また水の利用がもたらす水資源への影響については、場所や水源による希少性の差を反映した研究が少ないため、客観的な潜在影響の評価が難しかった。そこで本論文では、人間による水の利用と水資源への潜在的な影響、および持続可能性の評価を行い、世界の水と食料生産に関する問題の解決へ向けた示唆を導くことを目的とした。

上記を達成するため、人間活動による水の利用量の推計と併せて、市場単価と市場規模、およびコストの観点から仮想的な水の移動の経済的なメリットを考察した。また、人間による水の利用が水資源の利用可能性へ及ぼす潜在的な影響を算定するため、ライフサイクルアセスメントに基づき、場所や水源によって異なる水の希少性を反映した影響評価手法を開発した。さらに、開発した手法を用いて人間による水利用の持続可能性の評価を行うとともに、食料の国際貿易形態と希少性を考慮した水の間接的な移動の実態から、持続可能な水利用へ寄与するための方策について論じた。以下に各章の要旨を示す。

第2章では、以降の各章において共通して用いる全球水資源モデルの概要を示し、計算条件と入力データの違いがもたらす出力値の不確実性について考察した。

第3章では、様々な製品の市場単価および市場規模と、水の輸送コストを比較し、貿易による仮想的な水の移動の経済効率について考察した。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市場単価が低く、輸送を伴う売買によって経済的な便益が得にくい構造が明らかとなった。また、最新のデータに基づいて人間活動による水利用量と仮想的な水の貿易量の推計を行い、近年の中国の経済発展による輸入量の増加などによる変化を反映することに成功した。

第4章では、ライフサイクルアセスメントに基づいて、水の利用がもたらす水資源への潜在影響を評価する手法の開発を行った。すべての場所におけるすべての水源に共通する基準状態を設定することで、既往の研究で対象とされなかった水源による希少性の差を反映した特性化係数の概念を確立した。これにより、異なる水源からの利用について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特性化が可能となった。特性化係数は $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ の空間解像度で提供され、利用者のニーズに合わせて任意の空間分解能へ変換できる。客観的で単純な算定手法として設計しており、評価結果を直観的に理解できる本手法は、概念の頑健性の観点からも極めて優位である。今後のライフサイクル影響評価や水資源利用の戦略立案、また持続可能な社会の設計へ向けた活用が期待される。

第5章では、第4章で開発した影響評価手法を用いて、人間活動による直接的な水利用と、国際貿易を介した間接的な水利用について、利用した場所の水資源へ与える潜在影響の評価を行った。その結果、今日の人間活動が希少性の高い水源に依存している実態を示すことに成功した。また、水資源への負荷を再生可能な水資源との乖離として表す持続可能性の評価手法を開発し、各国の経済力および水資源量と併せて解析を行った結果、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を示した。1人当たりGDPが小さく、1人当たり再生可能水資源量が豊富な国に対する適切な技術援助が、世界における持続可能な水資源の利用に寄与できると考えられる。水と食料に関する問題の解決には、物理的な水の需給のみならず、社会経済および環境保全の視点での持続可能性を考慮することが必要であると結論付けた。

最後に、第6章に結論として、全体のまとめと今後の展望について示した。