

学位論文審査の結果の要旨

氏名	佐藤 敏雄
審査委員	主査 山本 定博 (印) 副査 藤山 英保 (印) 副査 増永 二之 (印) 副査 北村 義信 (印) 副査 進藤 晴夫 (印)
題目	中東および北アフリカ地域における都市下水の農業用水資源としての有用性と長期都市下水灌漑の環境影響評価に関する研究 (Studies on Wastewater as an Irrigation Water Resource and the Effect of Long-term Application on the Environment in Middle East and North African Regions)
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>農業用水資源の逼迫する乾燥地において農業生産の持続性を高めるためには、他の産業や用途との競合性が低い水資源の確保が急務である。中東・北アフリカ地域は都市下水の農業需要が大きな地域であり、都市下水の農業利用が近年進んでいるが、急激な人口増加によって都市下水処理場の処理能力を超えた下水が発生するため処理が不十分な状況にある。加えて、都市下水の農業利用に伴う環境影響評価が十分に行われていない。本研究では、農業用代替水資源として都市下水に着目し、その安全かつ効果的な利用法を確立するために、乾燥地における都市下水の灌漑利用の有用性を量的および質的な観点から評価し、以下の新規の知見を得た。</p> <p>1. 世界と中東および北アフリカ地域における都市下水の生成量および処理量の把握</p> <p>世界の都市下水の現状を量的な観点から把握し、都市下水の農業用水資源としての潜在的有用性を明らかにした。まず、世界の都市下水の利用可能量(生成量、処理量、再利用量)について詳細に調査した結果、世界の2/3の国において都市下水の情報に欠損があり、資源として現状把握が困難であることを明らかにした。都市下水量把握にあたり既存の手法では適切な推定ができないことから、入手可能な経済指標等を用いて各国の都市下水の生成量・処理量を推定する新しい手法を開発し、各国の都市下水生成量は、都市人口、一人あたりの購買力平価、都市面積および年平均降水量を、都市下水処理量は都市人口、一人あたりの購買力平価、都市面積および衛生施設の普及率を説明変数に用いることで、都市下水量が公的に報告されていない国についても高精度で推定することを可能にした。その結果、世界の年間都市下水生成量は2000年では460 km³、2010年では579 km³と推定され、世界の農業用水の約20%を賄うことができると見積もられた。水資源の逼迫している中東・北アフリカ地域においては、2000年に18.6 km³、2010年に23.5 km³と推定され、これは農業取水の約10%に相当した。さらに世界の都市下水中の窒素は26.8 Tg 年⁻¹、リンは4.8 Tg 年⁻¹と推定され、それぞれ世界の肥料使用量の約20%、約10%に相当すると見積もられた。</p>	

2. シリア・アラブ共和国における長期都市下水灌漑が農業環境に及ぼす影響

都市下水灌漑の重要性が増している中東・北アフリカ地域のモデル地域として、シリア国のアレクポ市南部の25年間以上都市下水灌漑しているコムギ栽培農地を対象に長期都市下水灌漑が土壌-植物系に与える影響を明らかにし、都市下水の適切な農業利用について提言した。調査地の灌漑水は、暗褐色を呈し、浮遊物質量、BOD₅、CODはシリア国基準を超過していた。窒素、リン濃度が高く、灌漑によってシリアのコムギ施肥基準量の倍量の窒素とその半量のリンが供給されており、都市下水灌漑農地のコムギ収量はシリア国灌漑農地平均の2倍以上に達していた。この高い肥料効果が農民の都市下水利用の大きな動機となっていたが、多くの大腸菌群を含み人体への生物的汚染の高い危険性を有しており、農民は余分な医療費の負担を強いられていた。また、灌漑水は重金属濃度が高く、クロムはWHO基準を大きく超過していた。そのため、都市下水灌漑農地の全クロム、鉛、亜鉛含量、可給態カドミウム、銅、ニッケル、亜鉛含量は地下水灌漑農地よりも高く、重金属の蓄積が進行していた。土壌中に存在する重金属の化学的形態の詳細な分析の結果、付加された重金属類は、この地域の土壌に特徴的な鉄・マンガン酸化物への吸着形態、すなわち低可給度の形態で集積することが明らかにされ、植物への吸収・移行は顕著に生じないと考えた。実際、コムギ子実のカドミウム含量はCodex基準値には達していなかった。しかし、鉛は還元条件下では土壌溶液へ溶出する危険性があるため、土壌が長期間還元状態に維持する水管理の問題点を指摘した。都市下水の適切な農業利用のためには、問題となる重金属を有害物質と養分の両面から把握する必要性が示された。

以上、本研究により世界の都市下水量を把握する新しい算出手法が開発され、農業用水資源としての都市下水の潜在的な利用可能性と有用性ととともに、都市下水の安易な農業利用に伴う弊害が明らかにされた。これらは、都市下水の農業用代替水資源としての適切かつ有効な利用のための重要な新規の知見であり、有用性の高いものである。また、本研究の成果の一部は、海外の新聞、ロイター社を始めとした世界100社以上のオンラインサイトにおいて16言語で世界47ヶ国に紹介され、全世界から大きな反響を得ており、これは、本研究の重要性を示すものであり、世界の水資源問題に対して大きな一石を投じたものである。よって本論文は、博士（農学）の学位論文に値するものと判断した。