

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 イブラヒミ カレデ

塩類集積問題は、世界の 100 カ国以上で発生している地球規模の環境問題であり、試算によれば毎分 3ha の土地が塩類集積のために放棄されている。特に、中央アジアやアフリカの乾燥地帯、半乾燥地帯での塩類集積が著しい。地球の温暖化傾向は、これに拍車をかけている。塩類集積は様々な要因から発生するが、本研究では浅層地下水が原因となる場合に着目した。なぜなら、オーストラリアや USA カリフォルニア州において浅層地下水が塩類集積を加速していると報告されており、チュニジアではかんがい農地の 30% が塩分濃度の高い浅層地下水の影響を受けていると報告されているからである。

第 1 章は序論であり、チュニジアの現地フィールドにおける浅層地下水の水位振動と塩類集積問題の実態、浅層地下水の水位変動に関する従来の土壌物理的知見、浅層地下水と塩類集積問題の関連などを整理し、本研究の目的を、「乾燥地・半乾燥地における浅層地下水振動が塩類集積に及ぼす影響」と設定した。

第 2 章では、これまでに行われてきたフィールド研究、実験的研究、理論的研究などのレビューを行い、わずかな地下水供給が大きな地下水変動をもたらすことを説明した「ウィーランゲミア効果」説と「逆ウィーランゲミア効果」説の重要性を論証した。

第 3 章では、チュニジア中央部に位置する最大級のメトゥイアオアシスにおけるフィールド調査の方法を述べた。まず、この地域での地下水位がおよそ 1.2 m 程度とかなり浅いこと、かんがい水の EC 値（電気伝導度）が 4~5 mS/cm であるのに対し地下水の EC 値が約 30 mS/cm であることと、それによって土壌水の EC 値が約 3.5 以上という高い値であること、などを実測に基づいて述べた。そして、30 分ごとの地下水位を長期に自動計測する方法について説明した。

第 4 章では、第 3 章で述べた方法によりメトゥイアオアシスで取得した地下水位長期変動データ、年間降雨量データ、年間ポテンシャル蒸発量データ、年間気温変化データ、土壌物理性データなどを総合的に解析し、これまで知られていなかった地下水動態を解明した。すなわち、年間降水量が 180mm 程度しかないのに、この地区の地下水位は浅いときには 60cm、深いときには 150cm にまで低下すること、しかも全く降雨の無い 4 カ月間に 8 回もの大きな地下水位変動が現れ、その振幅が 50cm を超えるほどであることを実証した。これらの結果から、メトゥイアオアシスの浅層地下水位変動は、測

定位置における降雨やかんがいによるものと、オアシス全体のどこかで行われるかんがいの地下水補給によるものとの2種類があることを明らかにした。

第5章と第6章では、一般に浅層地下水位の激しい上下振動はなぜ起こるのか、また、その振動は土壌表面における塩類集積にどのような影響を与えるかについて、室内カラム実験を行ったことを述べた。特に、地表面から水を浸透させて地下水を補給した場合、1mmの給水で起こる地下水位上昇が119mm（豊浦砂の場合）及び54mm（千葉ライトクレイの場合）であること、他方、地下から水を補給して地下水を押し上げる場合、1mmの給水で起こる地下水位上昇が182mm（豊浦砂の場合）及び11mm（千葉ライトクレイの場合）であることを述べ、これらの結果は「逆ウィーランゲミア効果」によって良く説明できることを証明した。そして、5日に1回の割合で地下水位を上下に30cm振動させた場合、その15日後には地下水位振動による土壌中の塩分濃度上昇が観測されたことから、浅層地下水位の上下振動は、短期的には土壌中の塩分濃度を上昇させているとの結論に至った。

第7章では、第6章で行ったカラム実験の結果を再現し、長期的な変化を予測するための数値シミュレーションを行った。用いたプログラムはHYDRUS-1Dであり、60日間蒸発の間に深さ60cm地下水から地表面に多量の塩分が上方輸送され、地表の塩類集積が起こることを予測した。

第8章は結論であり、チュニジアのメトゥイアオアシスで従来全く知られていなかった浅層地下水位の振動の実態を測定したこと、降雨量の少ない土地での大きな地下水位変動が「逆ウィーランゲミア効果」によって説明できること、塩分濃度の高い浅層地下水位の振動は、土壌における塩類集積を助長するものであり、振動を小さく抑える技術が必要であることを述べた。

以上要するに、本論文は、乾燥地・半乾燥地における塩類集積問題と浅層地下水位振動との関連性に着目し、チュニジアのフィールドにおける実態調査と実験室内におけるモデル実験、そして数値シミュレーションを用いて、現場で発生する問題の解析を行い、塩類集積を軽減する技術の提言を行ったものであり、学術上、応用上貢献するところが少なくない。よって審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。