

氏名(本籍)	やま 山	なか 中	つとむ 勤	(茨城県)
学位の種類	博士(理学)			
学位記番号	博甲第1,861号			
学位授与年月日	平成10年3月23日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	地球科学研究科			
学位論文題目	Process of Evaporation from a Dry Bare Soil (乾燥裸地土壌からの蒸発の過程)			
主査	筑波大学併任教授	理学博士	米谷恒春	(防災科学技術研究所)
副査	筑波大学併任教授	工学博士	幾志新吉	(防災科学技術研究所)
副査	筑波大学助教授	理学博士	田中正	
副査	筑波大学助教授	理学博士	田瀬則雄	
副査	筑波大学助教授	理学博士	嶋田純	

## 論文の内容の要旨

本論文は、観測に基づく実証的方法と、数値モデルを用いた理論的方法により乾燥土壌からの蒸発プロセスを調べ、そのメカニズムを明らかにしたものである。陸域における水分の蒸発散は、従前の水質および水資源管理の面に加えて、近年、地球温暖化に伴う水循環の変化、砂漠化、森林伐採などに対処する地球環境の維持の面からも、今まで以上に精微な解明が望まれている。

乾燥土壌での蒸発については経験式等に基づきブラックボックス的に取り扱われてきた。土壌の乾燥が進行すると「乾燥表層」が土壌表面に形成され、これが蒸発抑制と深く関係していることが古くから認識されていた。最近、「地表面抵抗」という概念が導入され、土壌乾燥に伴う蒸発抑制について理解が進んだ。しかしながら、乾燥土壌からの蒸発についてのメカニズム、土壌の物理的性質への依存性などは依然として未解明のままであった。

本研究では、まず、水・熱輸送の原理式を用いた高分解能な数値モデルを作成し、これを用いて蒸発のプロセスを予想的に検討した。数値実験は、粒径組成の異なる3種類の土壌について、それぞれ大気条件が定常と非定常の2通りのケースについて行っている。この結果、定常条件下では蒸発が地表面近傍の乾燥域の下部境界で生じること、乾燥域の厚さは細粒土壌ほど厚くなること、また、日射に日内変化がある場合には乾燥域内で一時的な蒸発と凝結が生じること、が示された。

以上の結果を踏まえ、乾燥裸地での蒸発過程を実証的に調べるため土壌の物理的性質の異なる3地点で野外観測を実施した。

熱収支解析、水収支解析、安定同位体解析、土壌中湿度解析の各方法により観測結果を解析し、蒸発は明瞭な日内変化をしていること、日内変化は従来の考え方では説明し得ないこと、乾燥表層内で水の凝結・蒸発が生じていること、乾燥表層内での凝結・蒸発によって蒸発の日内変化が説明できること、なる結論を得た。また、この現象は土壌が粗であるほど顕著となり、細粒土壌では乾燥表層内でも液状水輸送が無視し得ないことも明らかにした。これらの結果は前記の数値計算の結果と整合するものである。

最後に、得られた成果を統合し、蒸発の新しい概念モデルを案出しその数値モデルを構築した。このモデルによる計算結果は、蒸発の日内変化を再現し、定性的にも定量的にも実測結果とよい一致を示している。すなわち、本研究で明らかにした蒸発プロセスの妥当性が示され、同時に構築した蒸発数値モデルの実用性も提示された。さらに、それまで色から判断されていた「乾燥表層」の物理的な定義を与えている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

当該研究は未解明であった乾燥裸地土壌からの蒸発過程を取り扱ったものである。数値シミュレーションによる方法と自ら実施あるいは参加した観測から得られた観測データの解析による方法とで解明が図られている。観測データは熱収支解析、水収支解析、安定同位体解析、土壌中湿度解析の多様な方法により解析された。

理論的研究、観測的研究の両面から、裸地土壌からの蒸発に関連する物理要素の顕著な日変化を見だし、これは今までの概念では説明出来ないことを指摘した。蒸発プロセスに関する新知見としては、地表面近辺の土壌が地表近傍の乾燥土壌とこれに接する水分を含む土壌が存在する二層構造になっていること、二層構造の境界で蒸発が生じていること、及び乾燥土壌内で気温の変化に伴い水蒸気の凝結・蒸発が生じていること、を得ており、蒸発のプロセスと土壌の物理的性質との関係についても明確にしている。

さらに、解析結果を説明し得る蒸発のプロセスを提案している。得られた蒸発プロセスを数値化し、計算結果が定性的にも定量的にも観測と一致することを示した。即ち、提案した蒸発プロセスの正当性と構築した数値モデルの有用性を明示した。

以上の通り、当該研究は今まで未知の現象であったといえる乾燥裸地土壌からの蒸発プロセスを理論、観測の両面から調べ、プロセスの解明とその数値モデルの構築に成功している。内容においても、独創性においても質の高い研究と評価できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。