

学位論文審査の結果の要旨

氏名	河合 隆行
審査委員	主査 神近 牧男 ㊟
	副査 井上 光弘 ㊟
	副査 早川 誠而 ㊟
	副査 石井 将幸 ㊟
	副査 安田 裕 ㊟
題目	砂丘地における降雨浸透および地下水流動特性 Percolation Mechanism and Groundwater Flow System at Sand Dune
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>乾燥地・半乾燥地の灌漑農業では、主に地下水が使用され、過剰な揚水によって地下水資源の枯渇が懸念されている。地下水を維持するためには、地下水位観測を行い、地下水涵養機構などを踏まえた地下水管理が重要である。しかしながら、地下水への降雨浸透や地下水流動特性などの基礎的な問題の中で未解明の部分が多い。本論文は、鳥取砂丘において種々の測定装置を用いて長期水文観測を実施することにより、砂地における土壌水分・地下水位の挙動から、砂丘地における降雨浸透および地下水流動特性を明らかにしたものである。</p> <p>本研究の成果は、次の4つの部分から構成される。</p> <ol style="list-style-type: none">1. 砂地における土壌水分・地下水位をモニタリングする前提として、観測対象面積 0.241 km² の砂丘斜面の地形と地質を調査した。7400 地点の標高測量に基づく地形図作成、18 地点における深度 20m 前後までの簡易貫入試験、ボーリング掘削による凝灰角礫岩盤の基盤分布図作成、地質の同定を行った。その結果、対象地の地下基盤の形状は地形と異なり、砂丘斜面地下には随所に難透水性の火山灰層が存在することを明らかにした。2. 観測対象地の砂丘の地下水深は 10m 以上もあり、土壌水分測定のための誘電率土壌水分センサー、土壌水分張力測定のための埋設型感圧センサーを地下深くまで埋設し、精密な水文観測システムを構築した。まず、深さ 10m 以上の縦孔掘削方法として、集塵機を用いた「吸引掘削法」を開発した。吸引掘削法は1人の作業で、20mの掘削を約 70 分で終了できることを検証し、従来のボーリングやハンドオーガー法と比べて施工者を選ばず、掘削の速さ、コスト面で有利であることを示した。次に、砂地盤の土壌水分センサーの校正試験で、「減水方式校正方法」を考案した。この方法は、試験中にセンサーロッドの抜き差しを必要とせず、供試土壌の乾燥密度が変化しないこと、ロッドと供試土壌との接触が変化せず土壌を乱さないことが特徴で、	

高水分領域から低水分領域までの幅広い範囲で精度よく試験が行える利点があることを検証した。

3. 長期に亘る現地モニタリングの結果を解析し、砂地の不飽和帯における降水浸透特性に関して新しい知見を得た。すなわち、地下水面までの不飽和帯全層の土壤水分分布は、砂層中の細粒分の微小な差に起因する透水・保水性の違いが影響し、乾湿互層状態になること。降雨浸透イベントに対応する砂地の浸透形態は、土壤水分量の増減が波状に下降していくが、この単波動の浸透波は土壤水分量の初期条件に依存し、必ずしも全ての浸透イベントで、浸透波が地下水面まで到達しないこと。連続降水量がおよそ 40mm 以上の場合にのみ、10m の不飽和帯全層を通過する大きな浸透波が発生したこと。浸透波の到達による地下水涵養は年間で 10 回以下しか発生せず、浸透波の進行速度は降雨期（5, 6, 7, 8, 9 月期）と降雪期（12, 1, 2, 3 月期）で異なり、深度 4 m までの到達時間は降雨期には約 60 時間、降雪期には約 190 時間を要したこと。この相違を浸透水の温度に起因する粘性の違いであることを数値計算で示したこと。簡易貫入試験によって砂層中の鉛直方向の葉理構造に起因する層区分と土壤水分の乾湿互層状態とが一致することを示し、葉理構造を考慮した数値計算によって乾湿互層内の土壤水分鉛直分布を再現できることを明らかにした。

4. 数年間の毎日の地下水観測結果から地下水流動特性を分析した結果、年間の地下水位変動は数十 cm から 3 m 程度であり、不飽和帯の厚い地点ほど水位変動が大きかった。地下水位のピークは年に 2 回あり、梅雨・台風期と融雪後期と一致した。不飽和帯が 3 m 以下の地域、火山灰層の分布域および基盤岩が迫り出している地域では、不飽和・飽和の側方浸透流が卓越するために、降水イベント毎に地下水位が変動した。さらに、連続降雨量が大きなイベントでは、浸透波が地下水面に到達する以前に地下水位が上昇するという「地下水位先行変動現象」が観測された。この原因を地形と地下基盤形状の関係が影響していると考え、地下水位の変動量マップの解析を行った。その結果、不飽和層が薄い区域での地下水位の急激な上昇が周囲に影響し、水位変動が波及していくという「地下水位変動波及現象」があることを見出し、地下水位先行変動現象を見事に説明した。

以上、本研究は、深さ 10m 以上の砂丘地不飽和帯と飽和帯の長期の精密な水文観測システムを構築し、降雨浸透および地下水流動に関する未解明な部分と砂地の基本的な地下水涵養機構に新たな視点をもたらす研究として位置付けられ、学術的価値が高いと判断される。本審査委員会では、本論文を学位論文として十分な価値を有するものと判定した。