［ 別 紙 ２ ］

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者氏名　宮坂　加理

降雨の少ない乾燥地では，植物は常に水ストレスや塩ストレスにさらされている．本研究は，乾燥地草原における植生の生長を制約する土壌水分・塩分環境に関する研究で，第 I 部「低水分における溶質拡散係数と土壌水分量」と第 II 部「モンゴル草原における土壌水分環境」で構成されている．

第 I 部では，乾燥地の塩類集積地において塩濃度分布を決める土壌中の溶質拡散係数（D_{dif}）について，D_{dif} の体積含水率（θ）との関係，およびそれをもたらすメカニズムを実験により明らかにした．D_{dif}（θ）は，実験式で θ の n 乗に比例し、高水分での多くの実験研究で n が 1～2 であり、θ の低下に伴い拡散経路長が長くなることから理論的に説明される．一方で，低水分における D_{dif}（θ）の測定例は限られるものの，特定の水分以下では，n が 4 になるという報告があるが，この要因は明らかではない．そこで，まず高水分と低水分において D_{dif}（θ）を測定するとともに，D_{dif}（θ）と等価な土壌の電気伝導度の水分依存性の測定を行い，同様の結果が得られることを確認した．その上で，低水分において n が 4 になる要因の 1 つとして，固層表面電荷によるカウンターイオン排除を考え，単粒土と団粒構造を持つ土を用いて，固相電荷の影響を受ける電解質（NaCl，$CaCl_2$）とその影響がない非電解質（グリセリン）の D_{dif}（θ）を測定した．その結果，溶質電荷の有無に関わらず低水分における相対拡散係数（水中の溶質拡散係数に対する D_{dif} の比）に違いは見られず、特定の水分以下で D_{dif} が θ の 4 乗に比例したのは，固相表面電荷のイオン排除によるものでないことが示された．残る可能性は、高水分・低水分において土壌水の連続性が異なるためである．間隙に空気が侵入すると，水膜の薄い部分が拡散を抑制するボトルネックとなる．高水分では，水で満たされた連続間隙があるため，D_{dif}（θ）は拡散経路長の長さによって決まり，ボトルネックは影響しない．しかし，低水分では，水で満たされた連続間隙がなくなりボトルネックが直列の拡散経路となり，D_{dif}（θ）を支配すると考えられる．以上不飽和土壌の D_{dif} の水分依存性を通して，高水分・低水分における土壌水の連続形態の違いを示した．低水分における D_{dif}（θ）は，高水分の実験式で外挿されるよりもはるかに小さく，このため乾燥地の現場で蒸発散に伴って生じる塩類集積において土壌表面に著しく大きな塩濃度勾配が形成されることを明らかにした．

第 II 部では，植生の劣化が問題となっている乾燥地モンゴル草原において，植物の生長を決める土壌水分・塩分環境を明らかにするために，ステップ草原の土壌水分環境や植物の吸水深度を調べるとともに，放牧の有無，ステップ草原と砂丘草原の違いに着目し，現場調査を行った．その結果，以下のことが明らかになった．第 1 に，一般的なモンゴル草原（ステップ草原）では，降雨は全てが蒸発散で失われ、降雨により土壌水分が増加するのは 0-30cm 程度までで、~~ており，~~それ以深では土壌水の水ポテンシャルが永久シオレ点以

上に乾燥していた．しかし，降水量がわずかに多い場所では，豪雨後に根圏下への浸透も生じており，例外的に深部の土壌水分が高かった．また，地下水位も深く，新たな塩の供給もないことから，塩類集積は生じておらず，土壌水の水ポテンシャルと植物の利用できる水分量は，塩濃度にほとんど依存せず，土壌水分量で決まることを確認した．第 2 に，禁牧区における浸透能（表層の飽和透水係数）は，同じ土性の放牧地と比較して 3.5 倍大きく，禁牧により浸透能が回復していた．この場所では年に 1〜2 回，放牧地の浸透能を超える降雨強度が発生しており，実際に湛水の発生を観察した。さらに、湛水の発生は，わずかな微地形の高低差でも降雨浸入量は地盤の低い地点で多く、著しい平面的な不均一性を生じさせていた．この不均一な降雨浸入は，均一な浸入と比較すると，植物の利用できる水分量の減少を生じさせうることを示した．第 3 に，保水性が著しく低い砂丘草原の土壌水分環境は，降雨直後から乾燥層が形成されることによる地表面蒸発の抑制効果と，降雨がすみやかに深部に浸透する効果から，ステップ草原と大きく異なり，深部にも植物が利用できる水ポテンシャルの水分が存在し、根の深い植物の生育に適しており，低密度ならば木本も生育できると考えられる．以上から，乾燥地モンゴル草原において植物の生育を抑制する土壌水分環境は，降水量の違い，浸透能の違い，保水性の違いによって異なり多様であることを明らかにした．

以上，本論文は，乾燥地草原における土壌水分および塩分環境について，土壌中の塩移動の基礎となる移動係数と土壌水の連続性を精密な室内実験と理論的考察で明らかにし、モンゴル草原の現場調査から降雨・蒸発散の境界条件下で決まる土壌水分環境の実態と放牧の影響および土壌による違いを明らかにしたものである．その結果はオリジナリティが高く，乾燥地草原の土壌水分・塩分環境を考える上で重要なものである．よって審査員一同は本論文を博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた．