

II-41

植物の根系の作用に関する裸地及び草地ライシメーターによる実験

東工大 正員 日野 幹雄
農林水産省 佐藤 昭人
五洋建設 佐原 隆司

1. はじめに: 土壌のマクロな浸透特性が植物の影響により大きく変化することは、経験的にもまたライシメーターによる実験によっても知られている。われわれも、ここ数年ライシメーターを用いて実験を行ってきており、その結果、裸地のままの土壌と草(稲科の雑草)を植えた同一土壌の湿潤乾燥過程が予想以上に大きく異なるものであることを明らかにした(日野・藤田・出雲 1983, Hino et al 1987)。今回はこの現象をもう少し詳しく実験し、そのメカニズムを明らかにしようとした。ただし、今回はライシメーターには土壌を密に詰めた状態を初期状態としたが、今回は自然に近いゆるいしめ方をした。

2. 実験装置及び実験条件: 実験装置は深さ70cm, 幅40cm, 長さ150cm, 勾配1:10のライシメーターを2体用いている。ライシメーターの中には、一様にゆるく締め固められた関東ローム土が敷き詰められている。2体のライシメーターのうち1体は上層数cmを削り採り芝を敷いた上で植生を生やしている。流出口から出てきた雨水は、メスシリンダーを用いて詳細に測定ができるようになっている。また土壌中の水分量の指標として、土壌表面より深さ5cm, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 60cmの地点にテンシオメーターを埋設してある。

3・実験結果

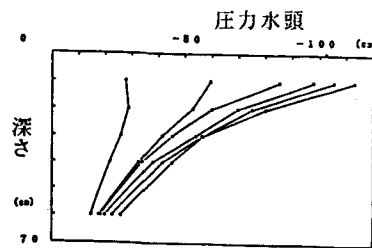
(a) 乾燥過程における根系の作用: 図1は、それぞれ裸地及び草地の乾燥過程における圧力水頭の鉛直プロファイルの時間変化を示したものである。この図から、草地は裸地に比べより下層からも乾燥していることがわかる。これは、根の吸い上げによる蒸散効果である。8/20~9/14の期間における土壌内の水収束を比較から草地では裸地の約2倍の損失量があることがわかる。この根による土壌水分の吸い上げは従来より研究されており、数値計算でもsink項として評価できることが知られている。

(b) ハイドログラフの逓減部・・・ミクロ構造の不変性: 一方、裸地と草地のハイドログラフの逓減部を比較から、ほぼ裸地と草地の土壌特性が同じであることがわかる。このように、草地と裸地では、土壌特性はほぼ同じで、植生の根の効果だけが異なるといえる。

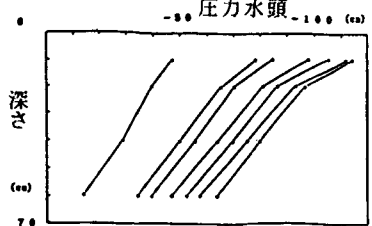
(c) 降雨強度の効果:

図2は各々裸地及び草地について、強度30mm/hrと強度17mm/hrの降雨を40mm与えたときのハイドログラフを示したものである。奇妙なことに草地では降雨強度が大きいほうがピークの逓減効果は大きい。

(d) 根系の効果: 次に湿った草地での流出が速く起こる機構を把握するために、各深さのテンシオメーターが降雨の浸透にともない落ち始めるまでの時間(応答時間)を検討してみた。

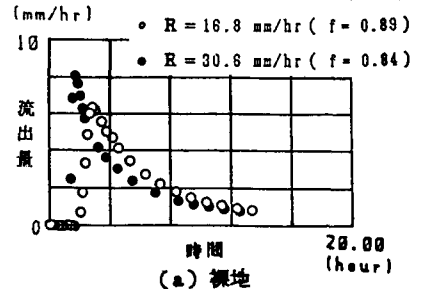


(a) 裸地

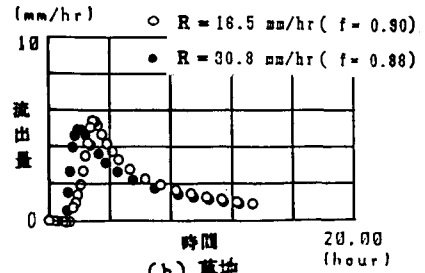


(b) 草地

図-1 乾燥プロファイルの実験結果



(a) 裸地



(b) 草地

図-2 降雨強度による効果

この結果、草地は裸地に比べ、浅いところではほぼ同じ様な応答時間であるが、深さ40cmから60cmまでがかなり早い応答を示している。この傾向は生データを見るとよく分かり、また、草地では、湿った初期状態のとき、深さ60cmの地点が応答してから数分で流出が起こることから、流出開始を特に早めるのは深い土層部であると言えよう。その傾向を明らかにするために、裸地における降雨に伴う圧力水頭の10分おきの時間変化のそれぞれ実験及び数値計算を行った（図略）。その結果、裸地の場合には深いところでの圧力水頭の時間変化も計算と実験とあっていること、また流出開始時間も一致していることにより、十分実験を再現していると考えられる。一方、草地の場合の実験と計算の比較をしてみると、深さ40cmまでの圧力水頭の時間変化は合うが、深さ60cmの地点の圧力水頭については、計算結果が実験結果よりだいぶ遅くなっているのがわかる。そのため実験で得られた早い流出は再現できていない。このことは、先ほど示したように、深い土層部で草地は裸地に比べ早い浸透がある事を示唆するものと思われる。見方を変えれば、土壌が湿っていると、草地では裸地に比べ根の回りの比較的大きな空隙の効果が現れ早い浸透が起こると考えられる。そこで、土壌の湿潤状態の効果を検討するため、土壌を乾燥させ初期状態を変えて行っている実験結果から、損失量とピーク遅れ時間及び流出開始遅れ時間の関係をプロットしてみた（図3）。これらの図から、ピーク遅れ時間については草地と裸地は殆ど変わらないこと、流出開始遅れ時間は、損失量が少ない、即ち土壌がかなり湿っている状態のときに、これまで示してきたように早くなっているが、土壌が乾くにしたいが、裸地と変わらなくなっていくのがわかる。即ち、検討してきた草地における根の回りの大きな空隙を通る早い浸透は、土壌が十分湿っているときに起こるものであり、乾くに連れて大きな空隙の効果は小さくなるものと考えられる。そこで、次に非常に乾燥した土壌状態のもとで降雨実験を行った。

4・乾燥土壌における空隙効果のモデル実験

前節では、植生のある不均一土壌場での浸透特性を検討し、かなり湿潤した土壌状態においては、根の回りのパイプ状の大空隙に沿った早い浸透に伴い、流出が早くなる傾向はあるが、土壌が乾燥すると、大空隙の効果は顕著に現れていない事を示唆している。しかし、実際に観察してはいないので、根の回りのみず路の効果をより明確にするためには、可視化等による観察を行う必要がある。雨水の浸透過程における根の効果としては、水分の吸い込みの効果は無視できるほど小さいので、根と土壌の間の比較的大きなパイプ状の空隙がもたらす水路としての効果だけを考えれば良いであろう。そういう点において、浸透過程における根は、生物としてより物としての効果と考えられる。そこで、根の代わりに表面をペンキで塗装した竹ひごを用いて簡単なモデル実験を試みた。それでは、乾いた土壌状態において行ったモデル実験の結果を示す。図-4（写真）は、湛水後それぞれ5分、10分、15分経過したときの湿潤前線の様子を示したものである。この写真より湿潤前線が降下するに連れ次第に水平水分量の面内の分布が一様化して行くのが分かる。

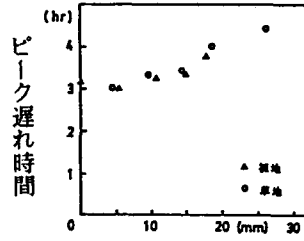


図-3・a 損失量
損失量とピーク遅れ時間の関係

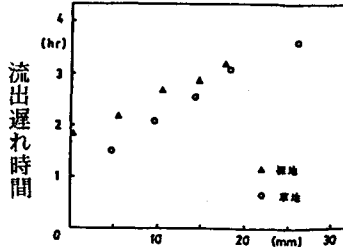


図-3・b 損失量
損失量とピーク遅れ時間の関係



(a) t = 5min



(b) t = 10min



(c) t = 15min

図-4