

自然降雨による表層土壌の水分変化および浸透能に関する一考察

明星大学理工学部 正会員 ○藤村 和正

1.はじめに

雨水の浸透現象は水文過程の重要な要素であり、これまでにいくつもの浸透理論や経験的な浸透能式が提案され、その裏付けのため室内や現地において実験的研究が行われてきている。これらの研究では、浸透能は湛水状態あるいは浸透能よりかなり大きい降雨強度があることを前提として、浸透能の時間的な遞減を取り扱っている。流出解析における有効降雨の算定では、降雨による浸透能の変化あるいは降雨後の浸透能の回復を考慮することが望まれる。しかし、自然降雨の浸透能測定の困難さや土壌特性の不均一性などの理由により、その現象を把握することは困難である。藤村ら¹⁾²⁾は、現地の浸透能に関する研究として、散水型浸透計を用いて浸透能測定を行い、定常降雨による浸透能の変化や湛水発生時間あるいは非定常降雨による浸透能変化について解析している。また、実際の降雨による浸透能を直接測定する試みとして、写真測量を活用して降雨により発生した現地の湛水量の時間的な変化を観測している³⁾。しかしながら、実際の降雨による浸透能の時間的な変化を直接測定することは現段階では困難である。近年、TDR (Time Domain Reflectometry) 水分計が土壌水分測定にも適用され、土壌の体積含水率を容易に測定できるようになった。そこで本研究では、自然降雨と浸透能の関係を明らかにすることを念頭に置き、TDR 土壌水分計により長期間の土壌水分測定を行い、自然降雨と表層土壌水分の対応関係について考察する。さらに、降雨強度と浸透能の関係を合理的に表した雨水浸透モデルである Diskin-Nazimov モデルにより浸透能解析を行い、長期的な浸透能変化についても考察する。



写真 1 TDR 土壌水分計の埋設状況

2. TDR 計による表層土壌水分の測定

観測対象地点は明星大学構内の芝生地であり、ロット長 30cm、ロット間隔 32mm の TDR 土壌水分計を地中 15cm 程の位置に 2000 年 7 月末日に埋設した。土質は関東ロームであり、表層 3～4cm 程度は芝根が張っていた。この芝根ごとなるべく攪乱しないように土壌を掘り起こし、TDR 計を設置した。写真 1 は TDR 計の埋設状況である。TDR 計を埋設した場所に近接して雨量計も設置した。土壌水分測定は 10 分間隔の自動計測により体積含水率を測定した。対象期間は良好なデータが得られた 2000 年 9 月 24 日～2001 年 1 月 24 日の主に秋・冬季の 123 日間 および 2001 年 7 月 1 日～10 月 10 日の主に夏季の 102 日間の 2 つの期間とする。

それぞれの期間の観測結果を図 1 と図 2 に示す。両期間の含水率を比較すると、含水率の最大値は強降雨時に現れ、両期間とも約 80% 弱程度であった。この

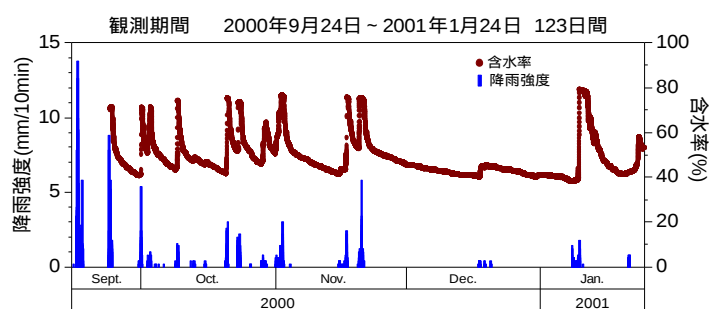


図 1 降雨強度と含水率の変化 (観測期間)

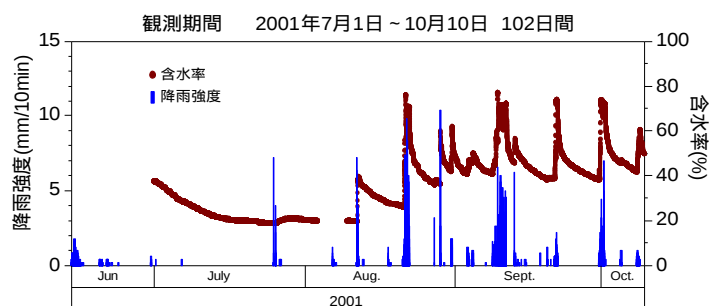


図 2 降雨強度と含水率の変化 (観測期間)

キーワード: 自然降雨、TDR 土壌水分計、浸透能、Diskin-Nazimov モデル、流出解析

連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL&FAX: 042-591-9792

値は本観測地点における土壌の自然状態の最大含水率であると考えられる。一方、含水率の最小値は少雨期間あるいは無降雨期間に現れ、観測期間では約40%程度であるのに対し、観測期間では約20%程度であり、これは秋・冬季と夏季の違いにより差が現れていると考えられる。なお、観測期間の1月後半において含水率の変化が他の期日と傾向が異なっているのは、降雪による影響であると言える。さらに、降雨後の含水率の回復について観察するため、降雨後の無降雨期間を表1に示す5つを選び、経過時間と含水率の関係を時間軸を対数として図3に表した。どの期間についても含水率は、降雨後約100分～1000分の経過の後、指数関数的に減少していることが特徴として現れている。特に、No.1、No.2、No.3の期間については、ある時間を境にして急激に含水率が減少している。

3. Diskin-Nazimov モデルによる長期的な浸透能解析

本研究では Diskin and Nazimov が提案した雨水浸透モデル^{4),5)}を用いて観測期間の浸透能解析を行う。本モデルは、降雨強度と浸透能の関係が合理的に表現されており、そのためモデルに必要なパラメータが初期浸透能 f_0 、終期浸透能 f_c および表層水分保留量の最大値 S_m の3つと少ないのが特徴で、比較的扱いやすい雨水浸透モデルであると言える。パラメータの設定は、現地散水浸透実験の値¹⁾を参考にして、芝生地であるため浸透能および水分保留量の最大値が比較的高く、また、全ての降雨に対して湛水は発生しないことを考慮した。また、計算時間ステップは10分とした。浸透能解析の結果を図4および図5に示す。この解析結果を見ると、浸透能は降雨によく反応しているが、無降雨であれば急速に初期浸透能に戻り、無降雨期間が続けば浸透能は初期浸透能の値のまま一定である。これは土壌の含水率と比較すると、含水率と浸透能はどちらも降雨に反応するが、同じ挙動ではないことが考えられる。

4. おわりに

本研究の土壌の水分測定は、芝地、関東ロームおよび地中15cmというごく限られた条件で行われているので、代表的な土壌水分の変化を表すものではないが、降雨と土壌水分の関係あるいは降雨と浸透能の関係を探る研究として報告する。

最後に、データ整理に協力して頂いた当時卒論生の雑賀佑介君に記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤村和正・安藤義久・山田富美夫・山中理：定常降雨による湛水発生時間及び浸透能に関する研究、水工学論文集第44巻、pp.193-198、2000。
- 2) Fujimura, K. and Y. Ando : Analysis of infiltration capacity in upper soil layer during unsteady rainfall using a rainfall simulator, in: Brashear, R. W., and C. Maksimovic (eds.), *Urban Drainage Modeling*, ASCE, p. 83-88, 2001.
- 3) 藤村和正・白井明王・高橋典彰：写真測量を活用した自然降雨の湛水量測定と浸透能解析の試み、水文・水資源学会2003年研究発表会要旨集、pp.268-269、2003。
- 4) Diskin, M. H. and N. Nazimov: Linear reservoir with feedback regulated inlet as a model for the infiltration process, *J. Hydrology*, Vol.172, pp.313-330, 1995.
- 5) Diskin, M. H. and N. Nazimov : Ponding time and infiltration capacity variation during steady rainfall, *J. Hydrology*, Vol.178, pp.369-380, 1996.

表1 無降雨期間

No.	無降雨期間
No.1	2000/9/24 6h ~ 9/30 13h
No.2	2000/11/2 22h ~ 11/15 15h
No.3	2000/11/21 5h ~ 12/17 20h
No.4	2001/8/22 14h ~ 8/29 0h
No.5	2001/9/22 4h ~ 9/30 15h

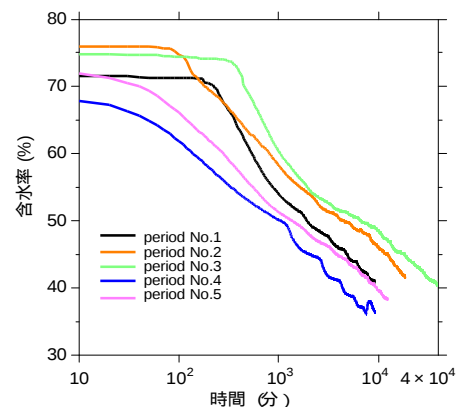


図3 経過時間と含水率の関係

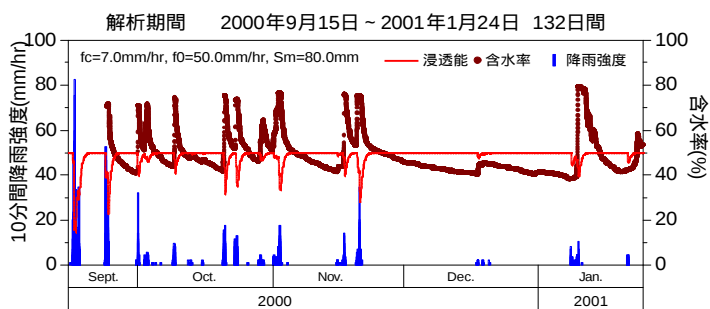


図4 浸透能解析結果 (解析期間)

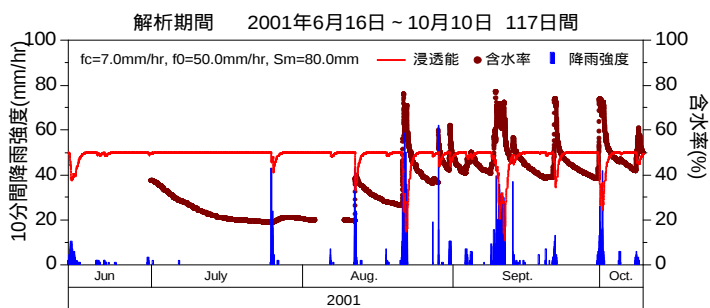


図5 浸透能解析結果 (解析期間)