

「新期火山性成層土における水分移動に関する研究」¹⁾²⁾³⁾ における土壤物理的内容

中 野 政 詩*

I はじめに

北海道八雲町落部字浜中に典型的な新期火山性成層がみられる。成層のようすは、表一1、各層の物理性は表一2に示した通りである。

農業土木学会論文集第31号に掲載されている「新期火山性成層土における水分移動に関する研究」(第1報~第3報)は、このうちの第1層から第3層までの土層を対象とし、浸潤から浸透・排水・蒸発までそれぞれの場合の水分分布の変化の仕方を明らかにし、降雨特性との関連で生育期間にわたる土壤水分の消長をこのサイクルの循環としてのべているものである。以下に、そのうちの土壤物理的内容をひろってみよう。

II 浸潤・浸透・排水における水分分布について

土壤表面の湛水による浸潤・浸透・排水それぞれの過程での水分分布の変化は、模式的に図一1のように説明される。

密一粗の表面の2成層での浸潤では、いまの場合浸潤の始めに土壤が乾燥状態ではないにもかかわらず、田淵の研究⁴⁾⁵⁾の教えるところそのままに、前線が第2層の粗粒子層に入ると浸潤強度が一定になり各深さで均一な含水量で浸潤がすすむ。古く Bodman and Colman⁶⁾が明らかにしたように、その際の第1層の含水量は飽和ではない。

前線が第3層の下端に到達した後の浸透では、第3層が密な層であるために第2層下部に滞水するという意味の湿潤層があらわれその高さが成長する。

次いで、表面の湛水が消失すると排水がおこなわれる。排水終了後の水分分布は、単層の場合排水による毛管水分曲線としてすでに理解されているところそのままに、密一粗の2層の場合でもロージ

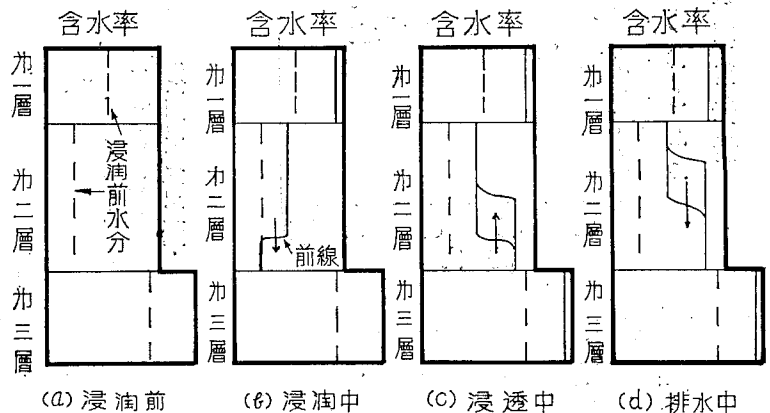
エ「土壤と水」⁷⁾のなかで教科書的に解明されているとおりにあらわれる。3層の場合、第1層では第1層個有の排水による毛管水分曲線の毛管水帯最下部の水分分布をしめし、第2層では排水48時間後でも毛管水帯の水を下部に残す。しかし、第2層個有の毛管上昇の最大値が第3層の厚さ20cmより小さいために、現実にはありえ

表一1 土 壤 断 面

深 さ	層 位	土 性	土 色	構 造	堅 密 度
第1層 0~16cm	Ap	HSC	黒褐75 Y R ^{2/3}	単	粗
第2層 16~25cm	B	S	明黄褐10 Y R ^{6/6}	単	粗
25~50cm	C		淡黄灰褐10 Y R ^{8/2}		
第3層 50~75cm	II A	H(CL)	黒 2.5 Y R ^{1/0}	細型角塊	粗
第4層 75~83cm	II B	HSL	黒赤褐 5 Y R ^{3/6}	粗角塊	密
第5層 83~140cm	II C	HSC	褐10 Y R ^{4/4}	ナシ	密

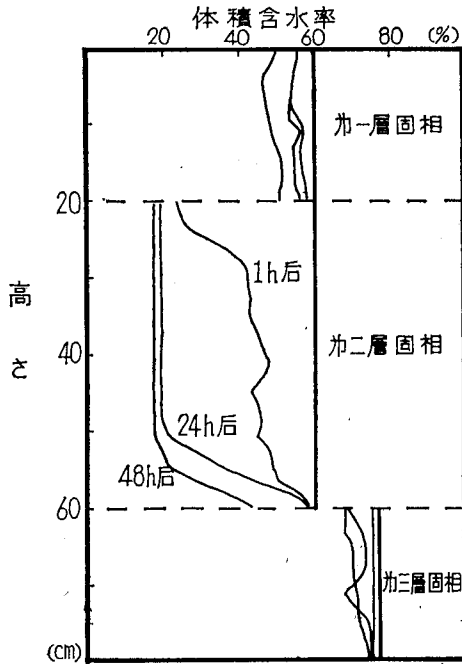
表一2 各層土壤の物理性

	固相間隙率 (%)	間隙率 (%)	湿潤密度	乾燥密度	間隙率に対する水分飽和度 (P F 2 以上)	飽和透水係数 (cm/sec)	真比重
第1層	39.4	60.6	1.42	1.04	65.0	4.6×10 ⁻³	2.55
第2層	39.2	60.8	1.26	1.05	24.3	120×10 ⁻³	2.75
第3層	22.0	78.0	0.21	0.54	90.8	5.0×10 ⁻³	2.40



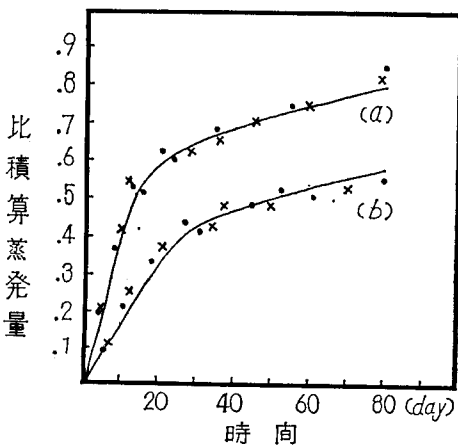
図一1 浸潤・浸透・排水各過程の水分分布の変化模式図

* 東京大学農学部



図—2 排水中の水分分布の変化

ないことであろうけれども無限時間後には第2層は毛管水帯の水を残しえず最小容水量状態に全層がおちつのである。第3層では第1層でいえたことがそのままあてはまる。結論的に、実験室的な意味でも蒸発の初期水分状態は特に第2層でわれわれの時間尺度では恒定的なものとしてはありえない、ことが改めて理解される。(図—2)



図—3 比積算蒸発量の時間変化

- (注) 1. 実線は第1層単層の場合
 2. ●印は第1, 2層の2成層の場合で20°C, 65%相対湿度下にあるときのもの
 3. ×印は第1, 2, 3層の3成層の場合で20°C, 65%相対湿度下にあるときのもの
 4. (a)は第1層の長さか14cmの場合で (b)は第1層の長さか32cmの場合である。

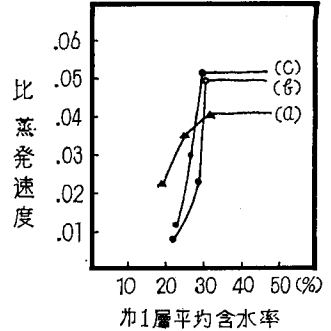
Ⅲ 土壌面蒸発の特性と下層からの水分移動について

積算蒸発量の時間変化は、図—3にみるように蒸発条件が同じで第1層の長さが同じなら、第1層単層でも第1層と第2層の2成層でも第1, 2, 3層が3層をなす場合でも、ほぼ同じ一つの曲線であらわせる。

蒸発速度の第1層平均含水率による変化(図—4)をみると、

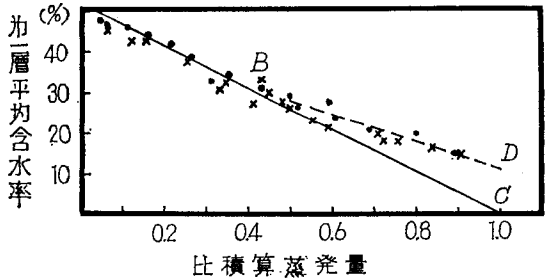
2成層あるいは3成層では減率乾燥が2段に分かれませんが、第1層単層では第1段と第2段の2つに分かれる。これは、蒸発量が温度・風速等外部蒸発条件にすぐれて左右される量であるのに対して、第1層平均含水率は蒸発量他に下層をもつ場合には下層からの水分移動の量にも、左右される量だからである。このことから、下層からの水分移動があれば第1層平均含水率が大きくなっていくので、すくなくとも減率乾燥期間には下層からの水分移動がおこなわれていることがうかがわれる。

恒率乾燥期間では下層からの水分移動はどうなっているのか、また水分移動の量そのものはどの程度の大きさなのか、これを知るためには第1層での水収支計算が適当である。すなわち、図—5にみるように、第1層平均含水率が30%以上にある間は、下層があってもなくても、第1層全体がもつ全水分量と積算蒸発量の和が初期に第



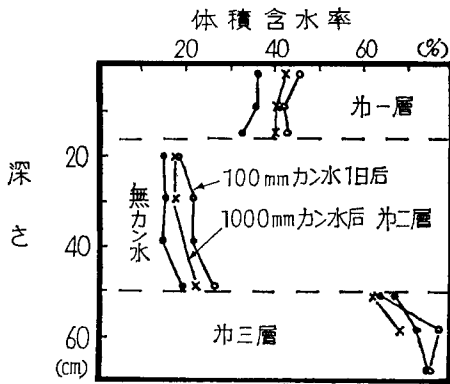
図—4 比蒸発速度と第一層平均含水率

- (注) 1. (a)は第1層単層の場合であり (b)は第1, 2層の2成層の場合であり (c)は第1, 2, 3層の3成層の場合である
 2. いずれも、20°C 65%相対湿度下にある。
 3. いずれも第1層の長さは14cmである。



図—5 第1層平均含水率と比積算蒸発量

- (注) 1. 実線は第1層単層の場合
 2. ●印は第1, 2層の2成層のもの
 3. ×印は第1, 2, 3層の3成層のもの
 4. いずれも20°C 65%相対湿度下にある



図一六 圃場の水分分布と圃場カン水試験による排水中の水分分布

1層全体がもつ水分量に等しくなっていて、すなわち下層から第1層への水分移動がないことをしめしている。第1層平均含水率が30%以下になると、下層がある場合には第一層のもつ全水分量と積算蒸発量の和は第1層が始めに持っていた全水分量より大きな値になり、すなわち下層から第1層への水分移動があることを示めている。その移動量は図一5の直線 BD と直線 BC の差を与える。詳しい計算の結果は、下層から第1層への水分移動の量は単位時間でみると蒸発量の1/2であることをしめた。第1層平均含水率の30%という値は、図一六からみて恒率乾燥が減率乾燥にかわるとき境界の値である。いいかえて、恒率乾燥期間では下層から第1層への水分移動はないのである。

IV 圃場での水分分布と水分減少について

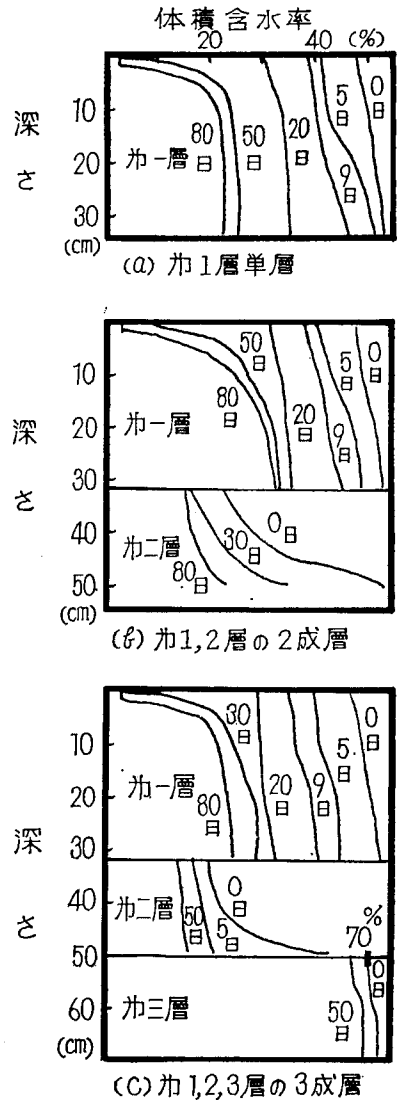
100mmのタン水浸潤を圃場でおこし、24時間後の水分分布をみると図一六のようになっている。第1層では40%に近い水分状態をしめし、第2層では毛管水帯の水は下部にあまりみられず全体として最小容水量より大きい水分量を示めている。これは、試験が1m×1mの区画でのものでありかつ圃場が平均 3°30' の傾斜地であるために、横流れがあるためと考えられている。この理由づけは、又、実際の降雨のもとでは、第1層では50%ぐらいの室内実験がしめた水分状態がみられ、第2層ではその透水性が第3層にくらべて25倍も大きいから横流れの影響が大きくなり圃場試験がしめた水分状態が実現するという予測をうみ出している。3日後の水分分布からは、第1層がまだ40%近くの水分状態にあるから、蒸発に関する室内実験結果とあいまって、第2層はまだ排水段階にあってしかも第2層から第1層への水分移動がおこっていないことが考えられる。

第2層から第1層への水分移動が始まるときの第1層平均含水率は、圃場では35%位である。それは、第1層

平均含水率が35%のときに第2層上端の含水率が15%という最小容水量よりわずかに小さい値になっている事があったことに依っている。室内実験の結果とちがっているわけであるが、その理由として問題提起的に根の吸水力の影響があげられる。根の吸水力の影響が端的にあらわれるところは、第1層の水分分布の形である。(図一7, 8) すなわち、土壌面蒸発だけによるときには恒率乾燥段階ではほぼ均一に、減率段階では表面に近くなるほど急激に水分が減少するように、水分分布がかわってくるのたいして、圃場ではシオレ含水量近くになるまで水分分布はいつもほぼ均一である。このことは、仮設的に、第1層での水分減少は、圃場では根によって場所的に均一におこなわれる、として説明される。

圃場での水分分布の変化の仕方から根の吸水量を計算してみると、第1層の平均含水率の値にかかわらずいつも 2~3mm/day である。すなわち、圃場での水分消費特性はほとんど恒率でおこなわれる。

下層から第1層への水分移動の量は、圃場でも、室内実験結果と同じように単位時間当りで第1層の水分減少



図一七 土壌面蒸発下の水分分布の変化、(注)20°C, 65%相対湿度下にある場合

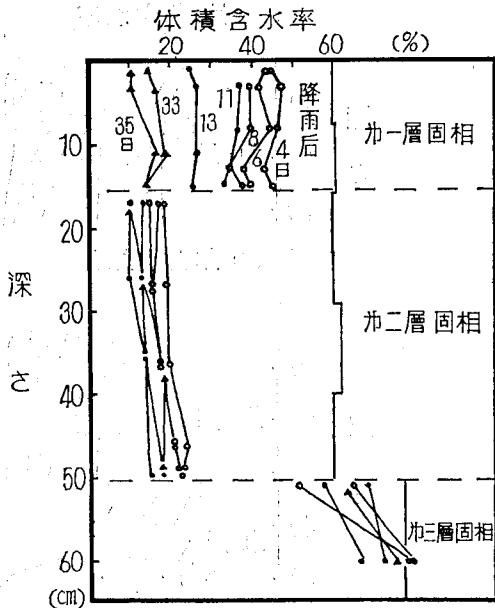


図-8 圃場の水分分布

量のほぼ $\frac{1}{3}$ 程度はある。

V おわりに

以上、「新期火山成層土における水分移動に関する研究」にみられる土壌物理に関する記述の部分だけを抜き出してまとめてみた。本研究のとりつきかたは、一言でいって、作土層として第1層しか機能せず、第2層があるために植物に利用される水が非常に少ない。雨量も少ない。従って土層改善あるいは灌漑をすることでこの点を解決し収量をあげることが出来ないか、という現地耕作者の問いかけに対する答を出すために、その実態を調べてみようというところであった。著者等は、土壌生成、土壌肥料、土質改善、地水学を総合する研究として研究をすすめる努力をして、それはそれなりの答を出したつもりである。研究の中では、従って、すでにメカニズムが明らかになっている土壌物理学的知見は問いかけに対して答えが出るようなかたちで積極的に使い、メカニズムが明らかではないが問いかけに対する答を出す

ために必要と考えられた土壌物理学的知見については答えが出せるようなかたちで新たに理論ないし実験をおこしその結果をまとめる、というように土壌物理が位置づけられている。

本報告は、その結論を推論した実験条件や圃場条件あるいは推論過程が省略されて結論だけが記述されている。

こんなことも手伝って、本記述の限りでは理解に苦しむところが多々あると思われるが原報告にまかせたい。

尚、この研究は、北海道大学農業工学科土質改善研究室員と東京大学農業工学科農業地水学研究室員の共同研究でおこなわれたものである。

引用文献

- 1) 田淵俊雄他：新期火山性成層土における水分移動に関する研究(第1報)，農土論集，第31号，pp 1~9, 1970.
- 2) 中野政詩：同上(第2報)，農土論集，第31号，pp 9~16, 1970.
- 3) 中野政詩他：同上(第3報)，農土論集，第31号，pp 17~24, 1970.
- 4) 田淵俊雄：浸潤とそれに続く浸透1，農土研別冊1，pp 13~19, 1960.
- 5) 田淵俊雄：同上2，同上2，pp 27~36, 1961.
- 6) G. B. Bodman & E. A. Colman: Moisture and energy conditions during downward entry of water into soils. Soil. Sci. Soc. Amr. Proc, 8. pp 116~122. 1943.
- 7) ローゼ：土壌と水，東大出版会，1963.
- 8) 田淵俊雄：三層の粒子層における降下浸潤，浸透および排水，43年農土学会大会講演要旨，pp198~199, 1968.
- 9) 田淵俊雄：粒子層における「浸潤と毛管力」，研究の資料と記録，第19集，東大農地工学，1971.
- 10) 桐柴良三他：詳論「化学工学」単位操作II，(21)乾燥 pp 581~658，朝倉書店，1962.
- 11) O. T. Denmcad & R. H. Shaw: Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agronomy journal 34, (5), pp 385~390, 1962.