

東京大学生産技術研究所

正会員

虫明 功臣

〃

〃

○小池 雅洋

東京大学 大学院

学生員

内田 善久

1. はじめに

流域の水循環過程を追跡しようとする場合、蒸発散、浸透、地下水涵養などと関連をもつ不飽和帯における水の挙動を把握することが、一つの重要な課題である。

筆者らは、水循環過程のなかでの不飽和帯の役割を明らかにする目的で、多摩丘陵の長池試験流域内に、深度5~400cmの間の11深度に対して自記テンシオメーターを設置している。

本稿では、丘陵自然林地内における不飽和帯水分量の動態を議論する前段として、深度別のPF-水分曲線の特性について試験結果を報告する。

2. テンシオメーターとPF-水分曲線

一般に、不飽和帯の間隙では、水が毛管張力によって保持されており、その圧力は負圧を示す。この間隙内毛管水の吸引圧を水頭(cmH_2O)で表わしたものの常用対数をPFと呼ぶ。テンシオメーターは、この吸引圧を測定する装置である。

テンシオメーターによって測定される吸引圧(PF)は、現地と採取された不攪乱サンプルに対して、PFの低い範囲では吸引法試験、高い範囲では遠心法試験を適用することによって水分量と対応づけられる。この関係がPF-水分曲線と呼ばれ、土壌と水分保持の特性関係を示す一つの重要な指標とされている。

一般に、吸引圧と水分量の関係は、脱水過程と吸水過程では異なり、ヒステリシスループを形成する。その原因は、(1)土壌間隙の大小の断面変化に起因するために生ずる「インク ボン効果」および、(2)水が間隙を前進するときと後退するときの接触角の相違、などによるとされている。すなわち、PF-水分関係は、間隙径の形状と分布によって異なる。

ここでは、表層の森林土壌から深部の堆積ロームに到る各深度のサンプルに対して、脱水過程と吸水過程でのPF-水分関係の相違、ならびに脱水過程から吸水過程へ移行する場合のPF-水分関係について、試験結

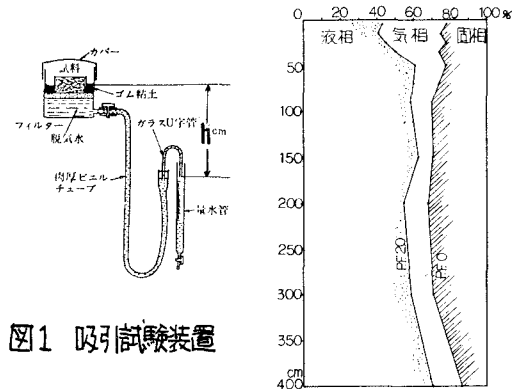


図1 吸引試験装置

図2 三相区分図

深度	液相 (有効空隙)	気相	固相	仮比重
5 cm	78 %	35 %	43 %	0.48
15	75	34	41	0.45
25	78	33	45	0.44
35	74	24	50	0.47
50	78	17	61	0.50
70	74	14	60	0.53
100	70	11	59	0.63
150	71	7	64	0.65
200	68	13	55	0.66
300	71	12	59	0.64
400	87	15	72	0.63

表1 三相区分

果に基づいて検討する。

3. 試験方法

サンプルを採取した深度は、テンシオメーターの設置深度に対応して、5, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400cmの11深度である。各深度ごとに、数個の100ccの円筒サンプルを採取し、PF2.0までは吸引法により、PF2.0~PF3.0の範囲では遠心法により試験を行なった。図1に吸引試験装置の概略を示す。脱水過程の試験では、土壌間隙を水で飽和した状態から順次吸引圧を高めてゆき(図中のhを大きくする。)吸水過程ではPF2.0から逆に吸引圧を下げて、それぞれの吸引圧に対する脱水量あるいは吸水量から、PF値と水分量を関係づける。また、脱水曲線と吸水曲線の間に顕著な差が認められるサンプルについては、脱水過程の途中から吸水過程へ移行する試験も行なった。

同一深度のサンプル中でも、試験結果にかなりのバラツキが生じる。その原因としては、(1)サンプリングの地点の違い、(2)サンプリングの際の試料の変化、とくに深い部分のサンプリングでは円筒サンプラーの打ち込み過ぎによって試料が締め固まる可能性が高いことなどが挙げられる。そこで、とくに深度の試料については締め固めの影響を考慮して、総含水量の多いものを採用した。

4. 試験結果と考察

表1と図2に、深度別試料の三相区分を示す。総間隙率は70~80%と深度毎にあまり大きな差はないが、地下水涵養に直接影響をもつ重力水が満たすことのできる間隙(気相、ここではPF0.0~2.0の範囲と考え、有効間隙)は、ほぼ50cm付近を境に著しい相違を示している。すなわち、深度50cmから上部では有効間隙率が、20~35%と大きく、それより深部では10%前後の小さな値を示す。

各深度のサンプルに対してPF0.0~2.0の範囲で脱水過程と吸水過程の吸引試験を行なった結果のうち、深度5、25、200、および300cmの例を図3(a)~(d)に示す。深度の浅い5cm~35cmの資料は、脱水曲線と吸水曲線が顕著な相違を示し、50cm以深では、両者の差がほとんど認められない。

浅部の森林土壌は、団粒構造によって形成される粗大な間隙を含み、間隙の変化に富んでいることが、両者の違いの原因である。深部のローム層はより密な構造をなし、間隙径も比較的一様に近いものと推定される。三相区分の結果と比べると、有効間隙率が大きいところではスチレスルーフが大きく、小さいところでは両者の差が小さくなっている。深度35cm以下に対しては、脱水過程から吸水過程へ移行する場合(実際には、降雨がある場合に対応)についてPF0.0→1.5→0.0, PF0.0→1.3→0.0の2ケースで試験を行なった。深度25cmの場合の試験結果が図4の図中にプロットされている。また、図4中には、Muallemの方法による走査曲線の計算値が点線で示されている。実験例は小数であるが、実験の精度などを考慮すれば、実験値と計算値の対応は比較的良好であり、脱水曲線と吸水曲線の間の走査曲線を求めるにはMuallemの方法が有効であると言える。

〔参考文献〕Muallem, Y., A conceptual model of hysteresis,

Water Resour. Res., 10(3), 514~520, 1974.

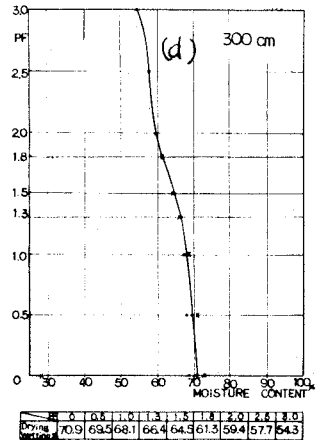
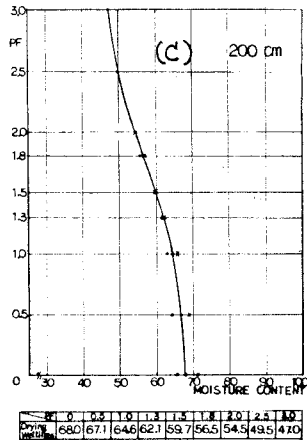
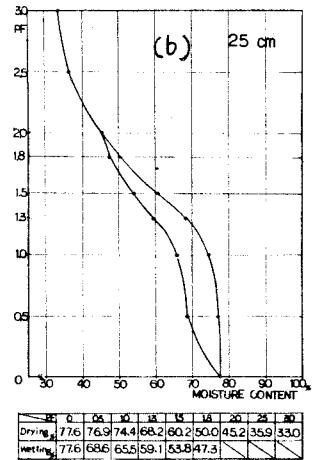
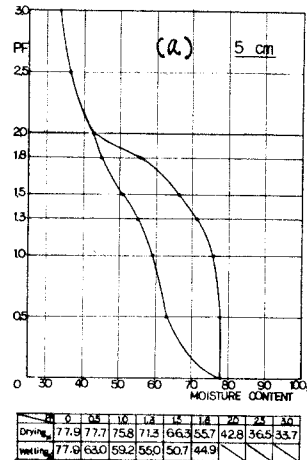


図3. PF-水分曲線の一例

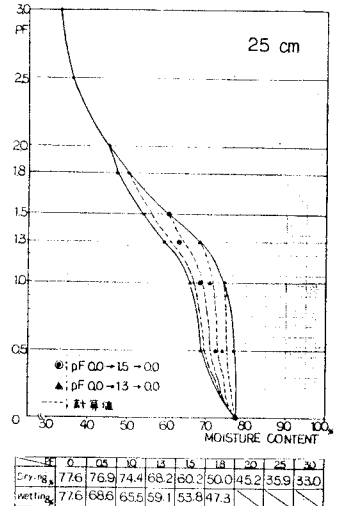


図4. 走査曲線と実験値の比較