

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣

同 上 正員 岡 泰道

同 上 正員 小池 雅洋

1. はじめに

不飽和帯の間隙水圧(吸引圧: ψ)と含水率(θ)の関係、つまり ψ - θ 関係(pF -水分特性曲線)は、農学の分野で主として畑地の水分状態やカンガイの時期と量を判断する指標として活用されているが、工学の分野においても雨水浸透解析、特に浸透を量的に評価する上で重要な土壌特性の一つとなっている。この関係を解析に取り入れるためには、それぞれの現地地盤に即した適確な ψ - θ 関係が要求されるが、筆者らの知る範囲では ψ - θ 関係の決定に関する検討の報告例はあまり見られていない。

筆者らは、関東ローンを対象に表-1に示す試験手順により、脱水過程・吸水過程の ψ - θ 関係を求める室内試験を行ってきた。本稿では、そうした試験結果に基づき ① 試験方法、② サンプル採取方法、③ 飽和度、の相違が ψ - θ 関係へ及ぼす影響について検討したことを報告する。

2. ψ - θ 関係の決定の方法

ψ - θ 関係から重力水・毛管水の容量、および間隙分布が推定できる。また、テンシオ・メータ等による ψ の観測をすることにより土層内の水分移動方向、移動速度が推定できるなど ψ - θ 関係を求めることにより浸透に関する情報が得られる。 ψ - θ 関係を決定する方法には、テンシオ・メータと中性子水分計を用いて、直接野外資料から決定する方法と、現地の土壌サンプルによる室内試験による方法がある。筆者らは、表-1に示すように幾つかの試験方法を併用する室内試験を行ない ψ - θ 関係を決定した。

3. 各種試験方法による結果の整合性

室内試験は比較的容易であるが、一つの試験方法で飽和から乾燥まで一貫して ψ - θ 関係を求める方法は確立されていないので、低 pF と高 pF で試験方法を換えて試験をせざるをえない。ここでは、各試験法による結果の整合性を検討するため砂柱法(飽和 $\rightarrow pF1.5$)、吸引法(飽和 $\rightarrow pF2.0$)、加圧板法($pF1.5 \rightarrow 3.0$)、遠心法($pF2.0 \rightarrow 28$)による試験を行った。土壌サンプルは、砂柱法、吸引法、加圧板法とも同一のサンプルで試験し、遠心法では同深度のサンプルを用いた。

試験結果は図-1に示すように、いずれも脱水過程の ψ - θ 関係であるが遠心法を除き残り3つの試験法の結果は整合性が良いことが確認できる。そのことから吸引法と加圧板法、または砂柱法と加圧板法を組み合わせる試験することにより飽和から $pF3.0$ までの ψ - θ 関係を得ることができると判断した。以後の試験は全てこの2つの組み合わせによる室内試験から ψ - θ 関係を求めた。

4. サンプル採取方法による試験結果の相違

表-1. 試験手順

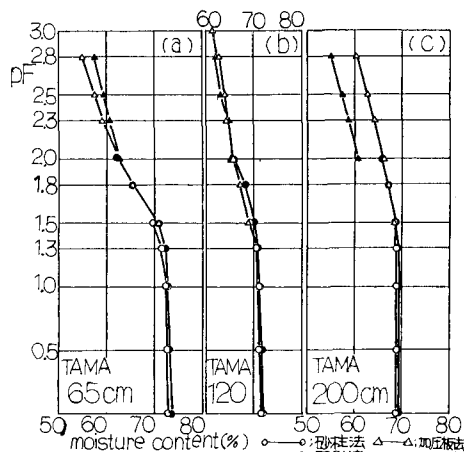
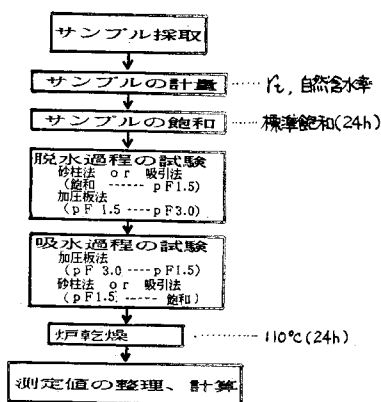


図-1 各種試験法による結果の整合性

土壌サンプルは、全て $\phi 50\text{mm}$ 、高さ 51mm 、容積 100ml の金属円筒内に充填することにして、次の3つの採取方法による違いをみた。

- ①、オーガー・ホールからの採土器による打ち込み充填。
- ②、所要深度の土壌をマウンド状に削り出し採土器による打ち込み充填。
- ③、ブロック状で採取し整形してサンフラーに充填。

オーガー・ホールからの採取法①の場合、図-2に示すように ψ - θ 関係にバラつきがみられる。この採取法では深度5~6mの土壌サンプルまで比較的容易に採取できるが、打撃によるサンフラーのズレ、サンプル内のキ裂、詰め過ぎ等が生じやすく、同じ条件で採取するのが難しいため試験結果がバラつくものと推定される。採取法②③ではバラつきが少なくほとんど同じ関係が得られた(図-3)。サンプルは②③の方法で採取するのが最良であるが、一般に数多くのサンプルを取るには①の方法をとらざるを得ない。①の方法でも採土器を工夫したり、間隙率の大きい ψ - θ 関係を採用することにより詰め過ぎ等の影響は防げると考えられる。

5. 飽和度の相違が試験結果に及ぼす影響

図-4は、標準飽和(24時間飽和)と減圧飽和($pF 2.8$ の負圧で12時間飽和)の状態から ψ - θ 関係を求め比較した図である。標準飽和は90%前後、減圧飽和ではほぼ100%に近い飽和度を示す。

試験は、まず標準飽和から $pF 3$ までの脱水過程の試験を行い、次に $pF 3$ から $pF 0.5$ までの吸水過程の試験を行った。 $pF 0.5$ の吸水段階で初期の飽和含水率よりも含水率が大となるため飽和に問題があると判断し、更に減圧飽和を行い同様に脱水過程の試験を行った。頭初、飽和度が異っても高 pF の範囲に行くに従い(1)図のように初期の曲線と一致し一本の曲線で表わされると予想したが、結果は(j)(k)図のように一致せず、初期の ψ - θ 関係とほぼ平行な ψ - θ 関係になるサンプルが大部分を示した。この事実から ψ - θ 関係のメイン・ループを求めるときの飽和度が新たな問題となるが、減圧飽和の場合は強制的に微細な間隙まで飽和させることになり、現場での雨水による飽和とは異った飽和状態と考え筆者暫定的に標準飽和の状態からメイン・ループを作ること^{うは}にしている。吸水過程の $pF 0.5$ 付近で含水率が脱水過程の飽和含水率を越えるのは、徐々に長時間かけて吸水しているためと考えられる。この処理としては脱水曲線と交差した点で吸水曲線をそれにつなげること^{うは}にしている。

6. おわりに 今回は、試験法・サンプル採取法・飽和度の違いによる ψ - θ 関係への影響について報告したが、現在、ヒステリシスの検討、および中性水水分計による現地観測を平行して行い室内試験で求めた ψ - θ 関係の妥当性の検討を進めている。

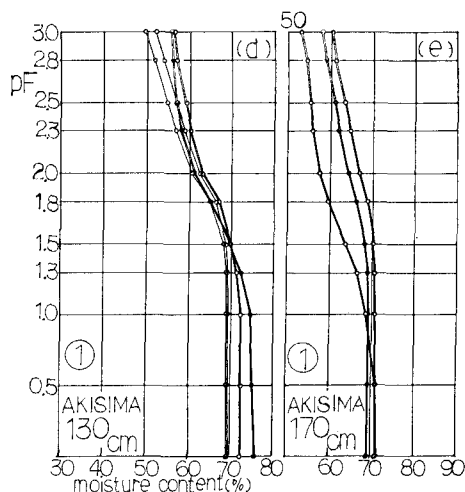


図-2. サンプル採取方法による試験結果の相違
採取方法①の場合

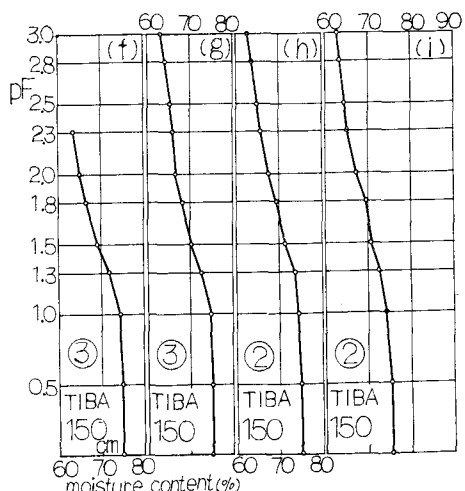


図-3. 採取方法②③の場合

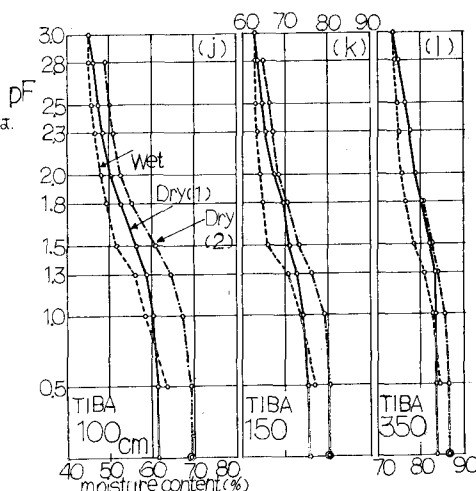


図-4. 飽和度による結果の相違