

毛管連絡切断含水量について

椎 名 乾 治*

野 中 仙 三 郎**

1. 毛管連絡切断含水量の概念

毛管連絡切断含水量の測定は現在広く行なわれてはいない。しかし、畑作生産の場において、土壌—作物—気象系における水分移動を取り扱うときには、必ず問題となる概念で、難動毛管水点、毛管力遅滞点などとも呼ばれている、毛管張力の理論と測定が土壌水分エネルギーに着目して行なわれているのに対して、毛管連絡切断含水量の概念と測定は、あくまで毛管水膜の実態を明らかにしようとする立場から行なわれるのが特徴で、土壌中において、毛管水膜が連続して移動できる限界水分量を求めようとするものである。

ローゼの定義によると、毛管連絡切断含水量とは、この値をこえると、懸垂水が水消費の点または面へ連続体として移動できるようになる土の最少の含水量である。彼によると毛管連絡切断含水量のとき土壌中には、強結合水の最大可能量と弱結合水の相当量が含まれており、この値は隔離した土壌柱で懸垂水の蒸発実験を行なって決めるが、生長遅延含水量の値に等しいかまたはそれに近いとしている。

このようなローゼの考え方は、ワイドストエヤマクロウグリニのいう Lento capillary point の概念にも通じるもので、作物根の吸水に対する土壌の水分供給能力を示すものである。彼らは、1912年カンガイされた畑の水の運動に関する実験を行い、毛管水を最大毛管容水量、最適毛管水量（圃場容水量）、毛管力遅滞点（Lento capillary point）の三つに分類し、毛管力遅滞点付近の水分では、その移動が非常に遅くなるもので、その値は吸湿係数のほぼ2倍に当るが、正確には決められないとしている。

わが国では真下が1960年に毛管移動水の性質を明らかにするため、吸水板を使用して、不攪乱土壌の水分を脱水させ、土壌水の移動が事実上停止する含水状態は、ほ

ぼ pF 2.7 に相当することを示している。

1960年椎名は畑地水分の減少機構を研究し、連続水膜を形成して迅速に根毛の吸水点に移動できる限界水分を連続水膜形成限界水分点と名づけ、同じく吸水板で脱水して、その値を求め、pF 値でほぼ2.7~3.0に相当することを明らかにしている。

2. 測定方法

ローゼのいうような、蒸発実験による方法も考えられるが、この測定法では相当の長時間を要することが予想され、多数の試料を処理するには問題がある。そこで、ここでは筆者等が行なっている吸水板（素焼板）による脱水方法について、具体的な測定法と問題点を述べることにあ

(1) 具体的測定法

原理：100cc円筒の一端に吸水板を密着させると、吸水板に直接接する土粒子の水分を除いて、大部分の土壌水は連続水膜を形成する限界水分量までは、移動して吸水板に吸水される。

試料および操作：100ccの定容採土器で採土する。採土した試料は実験室で毛管吸水させ、ほぼ最大飽和容水量の状態とした後、30cmの砂柱にのせ平衡状態（pF 1.5に相当する水分量）とし、これを吸水板に密着させ、土壌面蒸発を防ぎながら24~48時間後の土壌含水量を測定する。

表示方法：土壌の容積水分率で表示する。

(2) 測定方法上の問題点

a. 採土円筒内の水分量変化 100ccの採土円筒の平均含水量を求めて、毛管連絡切断含水量としているが、はたして円筒内に水分勾配がついていないかどうか問題がある。

そこで、砂土、砂壤土、壤土の三つの種類について、上記方法で測定を行なった後採土円筒内の吸水板よりの高さの異なる部位において含水量の測定を行なった結果を表一に示した。

* 農業土木試験場

** 宮崎県総合農業試験場

表一 吸水板からの高さによる水分変化

| 土 壤 別 | 吸水板からの高さ | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| | 0.5~1.5cm | 2.0~3.0cm | 3.5~4.5cm |
| 砂 土 | 11.3% | 11.7% | 12.0% |
| 砂 壤 土 | 36.5 | 36.7 | 36.8 |
| 壤 土 | 55.9 | 55.9 | 56.0 |

この結果からすくなくとも5cmの距離では、各部位でほとんど含水量は変わらず、連続水膜を形成して吸水板まで移動吸収される水量とその限界水分量が存在することは明らかである。

しかし、毛管連絡切断含水量が土壌の作物根への水分供給能力を示すものとする、作物根の吸水速度と吸水点からの距離に関係して定めなければならない値であると考えられる。これらの点について、さらに土柱の長い試料についての検討が必要である。

高さ50cmのガラス円筒に砂土と火山灰土とをてん出し、圃場容水量の状態、吸水板を上端に密着させ保留水分を吸引し各土層の5日毎の水分変化を測定した結果を表一に示した。

表一 高さ50cmの土柱の水分変化

| 高 さ | 平 塚 砂 土 | | | | | 相 模 原 火 山 灰 土 | | | | |
|-----|---------|------|------|------|------|---------------|------|------|-----|-----|
| | 0日 | 5日 | 10日 | 15日 | 20日 | 0日 | 5日 | 10日 | 15日 | 20日 |
| | cm | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 45 | 24.0 | 21.8 | 18.9 | 16.5 | 16.3 | 44.2 | 32.2 | 23.1 | 8.3 | 1.5 |
| 40 | 24.0 | 22.1 | 18.8 | 17.8 | 16.5 | 44.5 | 33.3 | 23.1 | 5.3 | 1.5 |
| 35 | 24.2 | 22.0 | 19.5 | 18.5 | 16.8 | 45.0 | 35.3 | 23.2 | 8.3 | 0.1 |
| 30 | 24.4 | 22.8 | 19.5 | 18.6 | 16.8 | 45.1 | 36.3 | 23.2 | 5.3 | 2.0 |
| 25 | 24.3 | 22.9 | 20.5 | 19.0 | 17.5 | 45.5 | 33.3 | 23.2 | 5.3 | 2.5 |
| 20 | 24.8 | 23.0 | 21.0 | 19.1 | 18.1 | 45.2 | 34.0 | 23.3 | 5.3 | 2.8 |
| 15 | 25.1 | 23.1 | 21.5 | 19.2 | 18.3 | 46.1 | 34.3 | 23.3 | 8.3 | 3.0 |
| 10 | 25.5 | 23.5 | 22.0 | 19.5 | 18.5 | 46.1 | 35.0 | 23.4 | 8.3 | 3.5 |
| 5 | 25.7 | 24.0 | 22.5 | 19.5 | 19.0 | 47.0 | 37.0 | 23.5 | 5.3 | 4.8 |

これをみると、50cmの距離でも時間をかければ、砂土で7~8%、火山灰土で15%程度の含水量は移動して吸水板に吸水されること、毛管連絡切断含水量まで完全に移動消費される距離はほぼ20cmであることなどがわかる。

しかし、これらは実際の畑地における吸水モデルとはやや異なっているので、さらに土壌の不飽和透水係数の測定とともに理論的、実験的な研究が必要であろう。

b. 吸水板の含水量と吸水力の関係 円筒を吸水板上に密着させて土壌水分を吸水させる場合、吸水板の含水量によって吸水力が変化することが予想される。このた

めに次のような実験を行なった。吸水板の最大吸水量を100としたとき、これの20%、40%、60%、80%の含水量状態の吸水板で同一試料の毛管連絡切断含水量を求めた。結果を表一に示す。

この結果は、60%以上の吸水状態の吸水板では、毛管連絡切断含水量はやや高い値を示しており、吸引した水分で素焼板の孔隙が飽和して吸引力が弱まることかわかる。このことから、実験に当っては、常に吸水板の含水比が50%以下になるように注意することが大切である。

表一 吸水板の含水比と毛管連絡切断含水量

| 土 壤 | 吸 水 板 の 含 水 比 | | | |
|-------|---------------|-------|-------|-------|
| | 20% | 40% | 60% | 80% |
| 砂 土 | 11.0% | 11.0% | 13.6% | 24.3% |
| 砂 壤 土 | 33.4% | 36.7% | 39.2% | 45.0% |
| 壤 土 | 55.9% | 56.6% | 60.1% | 70.1% |

c. 吸水時間 吸水時間すなわち素焼板上で放置する時間によって円筒内の水分量にどの程度の差異があるかをみると表一のようなものである。この結果から24時間でいづれの土壌もほぼ平衡状態に達し、それ以降の含水量の減少は1%以下であることがわかる。

このことは、特別の土壌を除いて24時間の吸水でほぼ毛管連絡切断含水量が求められることを示している。

表一 吸水時間による円筒内含水量の変化

| 土 壤 別 | 吸 水 時 間 | | | |
|-------|---------|-------|-------|-------|
| | 12時間 | 24時間 | 48時間 | 72時間 |
| 砂 土 | 15.1% | 11.0% | 11.0% | 10.7% |
| 砂 壤 土 | 42.0% | 36.5% | 36.4% | 36.3% |
| 壤 土 | 62.7% | 56.0% | 55.9% | 55.5% |

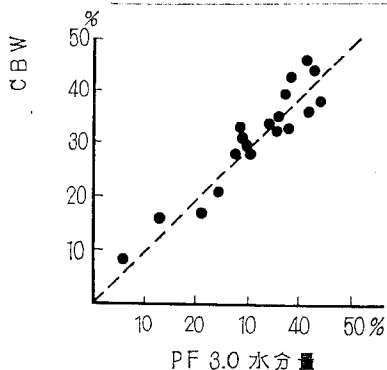
d. その他 毛管連絡切断含水量は、生長阻害水分点の指標となるものであるから、土層形態の異なる各土層から採土することが望ましい。

毛管連絡切断含水量は、それ自体作物土壌水分系における、一つの水分定数を表わすもので、pF値と関連させて考える必要はないわけであるが、総合的な判断を行なう場合などには、対応pF値がわかっている方が便利なが場合が多い。

そこで、筆者がいままでに各地の異なった土壌について、毛管連絡切断含水量とpF水分関係を測定したものについて、その相関関係をみると図一のようなものである。

表—5 試料採取場所および土壌

| | 場 所 | 土 壌 | 備 考 |
|----|-----------|---------------|------------------|
| 1 | 新潟市内野町 | 海岸堆積砂土 | |
| 2 | 平塚市農土試圃場 | 沖積砂壤土 | |
| 3 | 群馬県藤岡市三ツ木 | 沖積砂壤土(畑) | |
| 4 | 〃 | 〃 (水田) | ブルドーザで締固めて開田したもの |
| 5 | 福島県石川町 | 花崗岩風化砂壤土 | |
| 6 | 神奈川県相模原市 | 火山灰性壤土(黒色) | |
| 7 | 福島県石川町母畑 | 〃 (黒褐色) | |
| 8 | 鳥取県倉吉市 | 〃 (黒色) | |
| 9 | 新潟県大和町 | 〃 (黒褐色) | |
| 10 | 福島県吾妻町 | 礫混り壤土(暗褐色) | 2~5mm約20%含有 |
| 11 | 新潟県大和町 | 礫混り壤土(黒褐色)水田 | 2~5mm約15%含有 |
| 12 | 〃 | 〃 輪換畑 | 牧草に輪換して3年目 |
| 13 | 群馬県小持村 | 浮石混り壤土(灰褐色)水田 | 2~5mm約10% |
| 14 | 〃 | 〃 畑 | |
| 15 | 〃 | 〃 輪換畑 | 水田と1年輪換 コンニャク |
| 16 | 福島県吾妻町 | 洪積暗褐色壤土 | |
| 17 | 福井県三国町 | 洪積灰黒色植壤土 | |
| 18 | 山形県日河町 | 洪積赤褐色壤土 | |
| 19 | 新潟県小木町 | 洪積褐色植壤土 | |



図—1

これらから毛管連絡切断含水量は主としてpF 2.7~pF 3.2程度の水分量に対応しており、これらの値が生長有効水分量の上限界に相当するものと

考えられる。

3. あとがき

毛管連絡切断含水量の概念と測定法の概要を述べた。いくつかの試験結果から明らかなように、毛管水領域の中には、連続水膜を形成して、迅速に吸水の点または面に向かって移動できるものがあり、その限界水分量が存在する。従来生産力的水分定数を取り扱うには、水分エネルギーすなわち pF 理論によるものがほとんどで、このような土壌構造と吸水力およびその場によって定めら

れる実態的研究手法が用いられることはまれであった。もちろん、水分エネルギー理論は土壌水の研究を実態論的段階から、本質論的段階に高めるための有力な武器になりうるものではあるが、これを進める段階では、ここに述べたように土壌水の実態をより精確にしかも生産力関連を明確にししながら追求することは極めて重要であろう。

今後この定数の定量化をさらに合理的に行なう方法の開発とともに、この定数と作物生産との関連からの研究が盛んになることが望まれる。

参 考 文 献

- 1) Widtsoe, J. A. and W. W. Mclaughlin(1912): The movement of water in irrigated soils, 115, Utah Agr. Exp. Sta. Bull.
- 2) A. A. ローゼ (山崎不二夫監訳) (1963): 土壌と水 52.83 東京大学出版会
- 3) 椎名乾治(1963): 蒸発散による畑地水分の減少機構に関する研究 99~115. 農土試報告1号
- 4) 椎名乾治(1965): 畑土壌における生産力的水分定数の測定例 土壌物理研究28, 農土学会土壌物理研究会
- 5) 真下育久 (1960): 森林土壌の理学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究 17~20 林野土壌調査報告11号