

## 足柄平野扇状地における不飽和帯水層の水分測定

濱田浩正\*・二平 聡\*・宮下雄次\*\*

### Measurement of Water Content in Unsaturated Aquifer in the Ashigara Alluvial Fan

Hiromasa HAMADA\*・Satoshi NIHIRA\* and Yuji MIYASHITA\*\*

\* National Research Institute of Agricultural Engineering

\*\* Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

#### Abstract

Most of irrigated water in paddy fields infiltrates underground. This process, however, has not been clarified. In the case that groundwater table is deep, the measurement of water content in unsaturated aquifer has not been reported. We measured water content in unsaturated aquifer in the Ashigara Alluvial Fan using neutron moisture meter. As a result, there was no difference in the water content between in irrigation period and in non-irrigation. It was revealed that the infiltrated water from the paddy fields goes down, not increasing water content in unsaturated aquifer in the Ashigara Alluvial Fan.

**Key words** : Unsaturated Aquifer, Water Content, Neutron Moisture Meter, Groundwater

#### 1. はじめに

扇状地は水資源が豊富なことから水田地帯が広がり、地下には良好な帯水層となる厚い砂礫層が発達している。水田にかんがいされた水の多くは地下に浸透し地下水をかん養するが、その浸透過程は明らかにされたとは言い難い状況である。特に、地下水面が地表から数 m の深さにある場合、地表から地下水面までの水分分布の測定例すらない。そこで、本研究では、地下水面が 10 m より深い扇状地で、中性子水分計を用いて、地表から地下水面下までの水分測定を実施した。その結果について報告する。

地表から 10 m 以深の深度までの水分分布を測定した例として、中野ら (1981) の研究がある。彼らはシラス地帯で地表から 15 m までの三相分布を測定しているが、扇状地での測定例や同一地点でかんがい期と非かんがい期に水分測定を実施した例はまだない。

#### 2. 方 法

##### 2.1 中性子水分計

中性子水分計は線源と検出部から構成され、水素が地層の主要元素に比べて 100 倍以上も高い中性子減速能をもつことを利用している。線源から放出された中性子は地層中の様々な元素の原子核と衝突し減速を繰り返して最後に熱中性子となるが、水素の原子核の減速効果は他の原子に比べて大きいため、線源から放出された中性子が熱中性子になる割合は地層中に含まれる水素原子の割合、すなわち水分率に支配される。この熱中性子を検出器で計測することにより地層中の水分の割合を測定し、土壌水分の深度分布を調べる方法を中性子水分検層という。

中性子水分計を使う場合、計数値と水分率の関係をあらかじめ求めておかなければならない。このキャリブレーション作業は、55 ガロン (約 200l) 入りのドラム缶に井戸と同じ口径と材質のパイプをたて、まわりに一定の水分状態に調整された試料を詰めた後、中性子水分計をパイプに挿入して熱中性子を計測する。試料には粘

\* 農業工学研究所 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-2, \*\* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586  
キーワード : 不飽和帯水層, 水分分布, 中性子水分計, 地下水

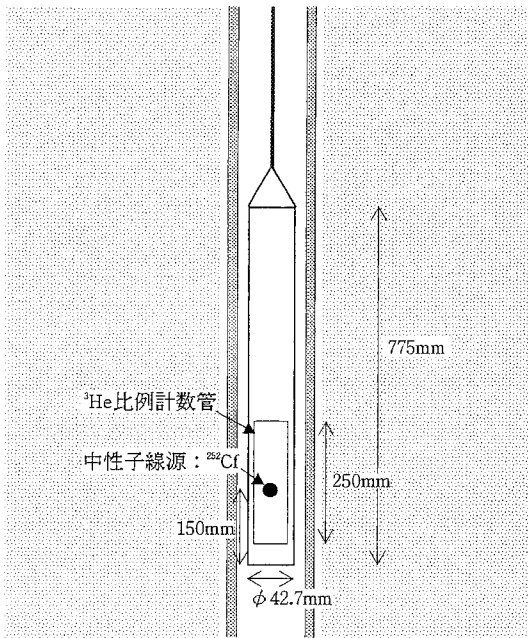


図-1 中性子水分計の構造

上、砂、礫が用いられる。解析には、線源の減衰を補正するために、計数値を標準計数スタンドによって得られた標準計数値で割った計数率が用いられる。試料の水分状態を変化させ、計数率と体積含水率の関係を図化しキャリブレーション式を求める。この式によって、現地で得られた計数率を体積含水率に換算することができ

る。キャリブレーションの作業はすでに確立されており、その手順に従って実施した(例えば、今泉 1996)。

今回の調査で使用した中性子水分計は、ソイルアンドロック社の挿入型 RI 水分計 (SRM-1 d×3) である。水分計の構造を図-1 に、計数率と体積含水率の関係を図-2 に示す。

## 2.2 試験地の概要

試験地として神奈川県足柄平野を選定した。足柄平野は神奈川県西部に位置し、酒匂川によって形成された長さ約 12 km、幅約 4 km の北西から南東にのびる長方形をした沖積平野である。平野には多くの水田が存在し、地下には豊富な地下水が胚胎されている(小沢ら、1982)。

図-3 に試験地の概要、図-4 に地質断面図を示す(神奈川県温泉地学研究所、1991)。足柄平野は礫層が広く分布し、それが良好な帯水層となっている。観測井は水田地帯で集落が点在している足柄平野の上流部に設定した(図-3)。観測井は、材質が塩ビパイプの VP75 (口径 75 mm) で、長さは 70 m、スクリーンの深度は、18~22 m、42~46 m、60~70 m である。観測井周辺の地質は 1 m 足らずの表土の下には数十 m の厚さの礫層が存在している。図-5 に観測井における地下水位の年変化の例を示す(開成町、1994)。地下水位は 3 月から上昇に転じ、かんがいが始まる 5 月以降急上昇する。8 月から 9 月に最高水位となった後は、水位が低下し 3 月に再び上昇する。地下水位の変化には降雨の影響は見られず、かんがいによる水位の上昇がみられる。地下水位の年変化は 30 年前から同じ傾向で推移しているの、不飽和帯水層の測

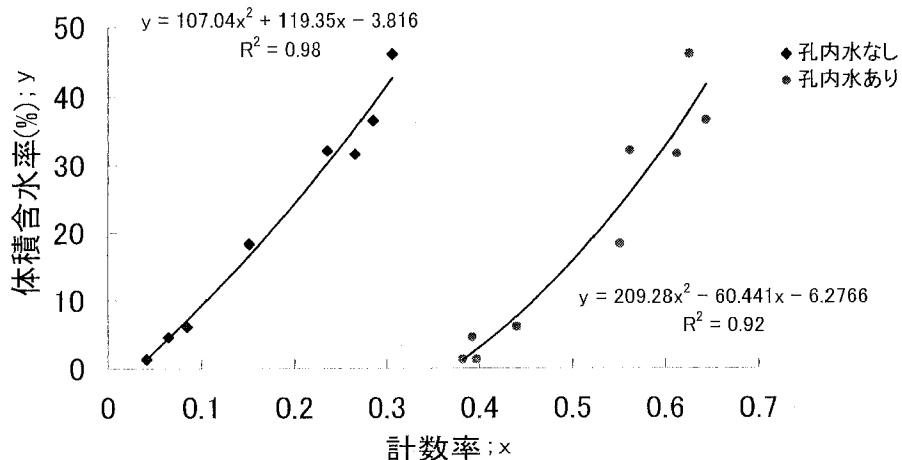


図-2 計数率と体積含水率の関係

孔内水なしは地下水面より上、ありは水面下での関係を示す。

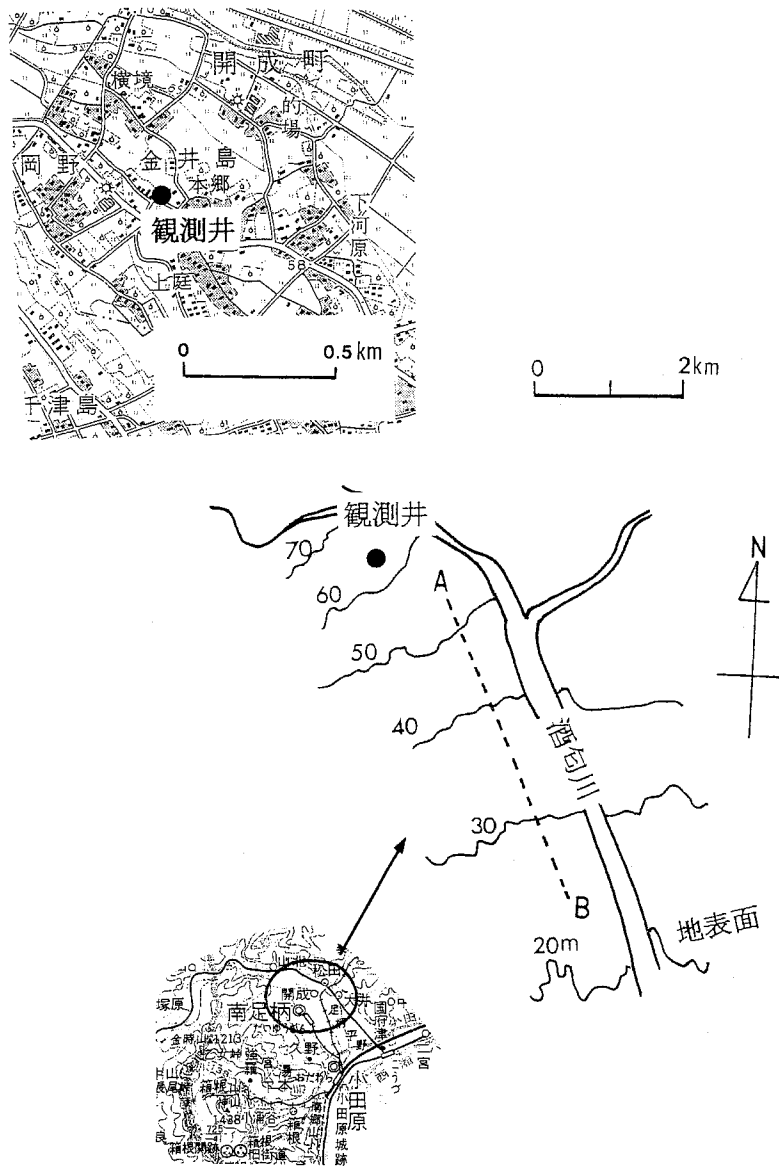


図-3 試験地の概要

定結果は年にかかわらずその季節の水分変化を反映しているものと考えられる (宮下, 1999)。

水分測定は、この観測井に中性子水分計を挿入し実施した。調査は、かんがい期 (1998年7月27日) と非かんがい期 (1999年1月25日) に行った。水分測定は20mの深度から地表に向かって20cmごとに実施し、計測時間は1分間とした。

### 3. 結果および考察

図-6に調査結果を示す。深度は井戸の管頭から水分計の中心までの距離を表している。かんがい期の地下水位である13mより上では、地層中の水分分布には、かんがい期と非かんがい期で差が見られない。従って、水田からの浸透水は間隙中の水分率を増やすことなく、降下していることがわかる。中野 (1991) は、厚く堆積した地層中で地下水面が深く上層から常に水のフラックスが

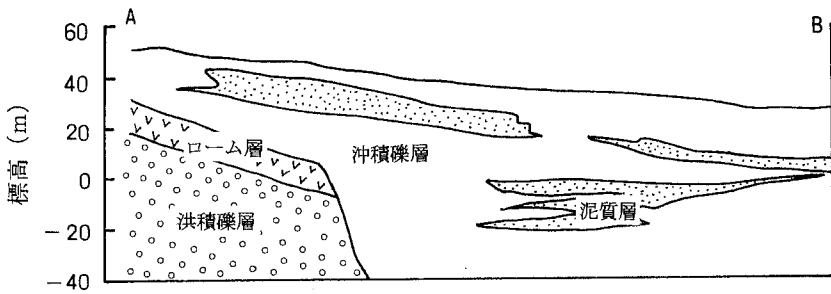


図-4 地質断面図

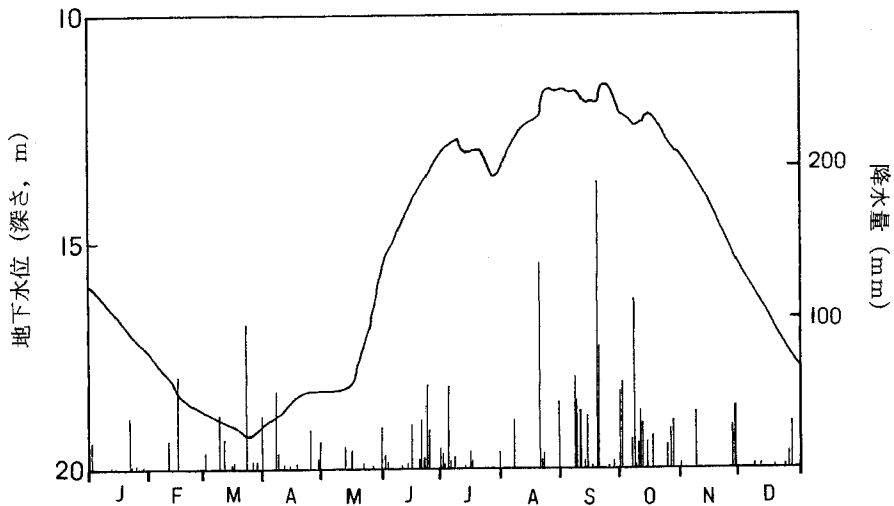


図-5 観測井における地下水位の変化 (1991年)

与えられている時、体積含水率の年変化はせいぜい数%程度であるとしている。今回の調査では、表層からの水の供給の有無にかかわらず、体積含水率には変化が見られなかった。

また、13mよりも上部の体積含水率はかんがい期、非かんがい期ともに約20%で推移しているのに対して、13mから17mまでの層では非かんがい期に約30%で推移している。これは13mよりも上部が地下水面下になることはほとんどないが、13mから17mでは毎年かんがい期には地下水面下になり飽和状態となる。土壌は、同じポテンシャルでは吸水過程よりも脱水過程の方が、水分量が多いことから、地下水位低下期には13mから17mではヒステリシス現象によって、体積含水率が約30%になっているものと考えられる。

地下水面下では体積含水率が約50%であることから、この値が地層の間隙率であると考えられる。不飽和帯の体積含水率が20~30%なので、飽和度は40~60%と算

出され、かなりの不飽和状態であることがわかる。一般に、砂礫などの透水性の良い土壌の上に透水性の悪い土壌が載っている場合、下層は不飽和状態になることが知られている(山崎, 1971)。水田土壌の飽和透水係数は $10^{-5} \sim 10^{-6}$  cm/s、下層の礫層の透水係数が $10^{-1}$  cm/sのオーダーであることから(横山ら, 1975)、下層が不飽和状態であることは十分に考えられることであり、今回の中性子水分検層によって、それが確認された。

また、かんがい期と非かんがい期で上層から礫層へ供給される水フラックスが異なっているにもかかわらず、礫層の水分分布がほぼ等しかったことに関しては以下のように考察した。下方への水移動が定常状態であったと仮定すると、礫層は下方への水フラックスに等しい不飽和透水係数を有する水分分布になるものと考えられる。一方、礫などの粗粒土はごくわずかの水分率の変化で不飽和透水係数が大きく変動することが報告されている(中野, 1991)。このことから、礫層を通過する水フラッ

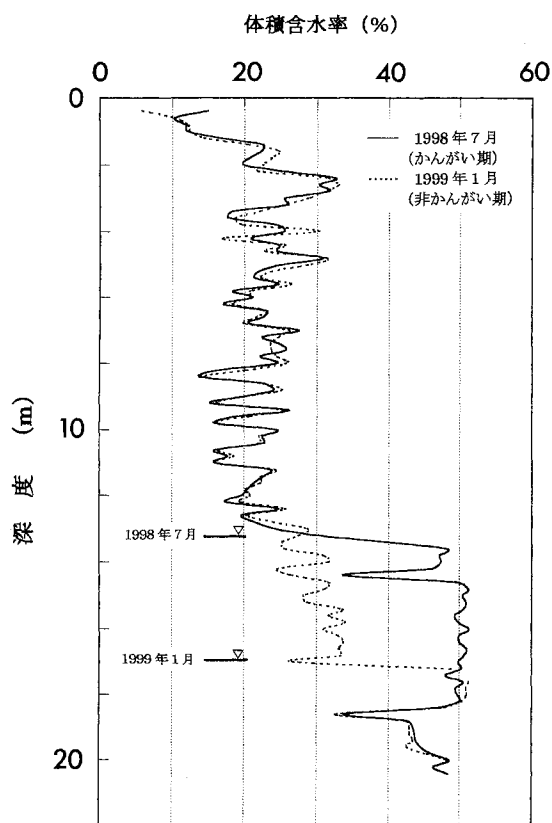


図-6 体積含水率の深度分布

クスが異なっていたにもかかわらず、かんがい期と非かんがい期で水分分布には差がなかったものと思われる。

今回の調査によって、上層の透水性が悪く下層の透水性が良い扇状地では、地下水面が深い時、上層からの浸透水は地層中の水分率を増やすことなく降下している実態を明らかにすることができた。

#### 4. まとめ

足柄平野の扇状地の不飽和帯水層において、かんがい期と非かんがい期に、中性子水分検層を実施した。得られた結果は、次の通りである。

1) 地下水面より常に上にある不飽和帯では、かんがい期と非かんがい期で、体積含水率に差が見られなかつ

たことから、水田からの浸透水は地層中の水分率を増やすことなく浸透していることが明らかになった。

2) かんがい期には地下水面で、非かんがい期には不飽和状態になる地層の体積含水率は、常に水面よりも上にある層よりも値が高かった。この原因に土のヒステリシス現象が考えられた。

3) 表土とその下の礫層の透水係数から礫層の飽和度は低いことが想定されたが、中性子水分検層によってそれが確認された。

#### 5. 謝 辞

今回の調査を実施するに当たりまして、神奈川県温泉地学研究所の横山尚秀博士のご協力を得ました。また、農業工学研究所の原口暢朗博士には、貴重なご助言をいただきました。記して感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 今泉眞之 (1996) : 中性子水分検層による第三紀層泥岩地すべり地のすべり面の判定方法, 地すべり, 32-4: 9~18.
- 開成町 (1994) : 開成町史自然編, p. 370.
- 神奈川県温泉地学研究所 (1991) : 平成2年度地下地質資料一県西地域一, 神奈川県.
- 宮下雄次 (1999) : 足柄平野および大磯丘陵における過去30年間の地下水位観測結果, 神奈川県温泉地学研究所報告, 31-1: 57~73.
- 中野政詩・雨宮 悠・武藤 勲・塩沢 昌・中村忠春 (1981) : 宮崎県東諸県郡塚原シラス台地の水文地質構造, 農土論集, 93: 7~12.
- 中野政詩 (1991) : 土の物質移動学, p. 15~44, 東京大学出版会, 東京.
- 小沢 清・荻野喜作・横山尚秀 (1982) : 足柄平野の地質 (その1), 神奈川県温泉地学研究所報告, 13: 193~200.
- 山崎不二夫 (1971) : 農地工学 (上), p. 82~84, 東京大学出版会, 東京.
- 横山尚秀・荻野喜作・加藤 浩・大木靖衛 (1975) : 足柄平野の地下水 (その2), 神奈川県温泉地学研究所報告, 6: 133~140.

受稿年月日: 2000年2月22日

受理年月日: 2000年4月24日