

岐阜高専 正員 鈴木孝男
愛知県庁 正員 津田健司

1. はじめに

適正揚水量を求めるための手法のひとつとして広域地下水のシミュレーションが行なわれるようになって久しいが、その際の基本的問題に入力としての揚水量の精度があげられる。現実の井戸では多層取水を行なっているのが普通であり、調査によって得られた揚水量資料は多層からの合計揚水量である。ところで多層地下水の動態の解析には各帯水層からの揚水量を推定する必要があるが、実際にはストレーナーの長さ、あるいは層厚によって配分を行なっている段階であり、この可否はいまだ十分解明されていない。本報では、小型で簡単な実験装置を用いて上述した各帯水層からの揚水量比どのような特性量に影響されるかを比較検討した。

2. 実験装置と実験条件

実験装置の概略図は図1に示すもので、砂層の両端は金網および防砂布を隔てて水溜部が連結しており、そこから給水装置につながっている。給水装置は水位を一定に保つため高水槽を有しまた帯水層の水頭を可変にするため高水槽の位置を変えられるようにした。この砂層を上、下2層設置し中央部にストレーナーパイプで連結したものが図2である。揚水方法は

ストレーナーパイプに連結している取水口を帯水層中央部の水頭高より下げることによ、て行なった。取水口の位置は図2に示した基準線からの高さで、60, (55), 50, (45), 40 cm とした。この数値の小さいものほど揚水能力が大きいことを示す。実験砂には粒径の異なる2種類の砂を用い、別途試験を行なったところ透水係数はそれぞれ 5.5×10^{-2} (sand A), 2.2×10^{-2} (sand B) cm/sec となった。

またストレーナー長は4, 3, 2 cm の3種類とした。上層と下層の初期水頭差は砂層中央点、すなわちストレーナー取付部位置で0, 10, 15, 20, 30 cm の5種類とした。

3. 実験結果の検討

図3はストレーナー長を変化させた場合の全揚水量に対する上層からの揚水量の割合を示した。ここにa, bはそれぞれ上層、下層のストレーナー長を表す。図より他の条件の変化に対して揚水量比は2~8%程度の変動であり、とくに上下両層の透水係数が同一の場合はほとんど変化していないことがわかる。なおストレーナー長比が0あるいは1に近づけば揚水量比は急激に変動するはずであるが、現実の揚水状態ではストレーナー長がこれほどの差になる場合は少ない。

図4は透水係数の変化に対する上層からの揚水量の割合を示した。ここに $K^* = R_1 / (R_1 + R_2)$ であり R_1 , R_2 はそれぞれ上層、下層の透水係

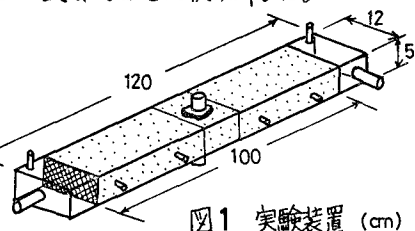


図1 実験装置 (cm)

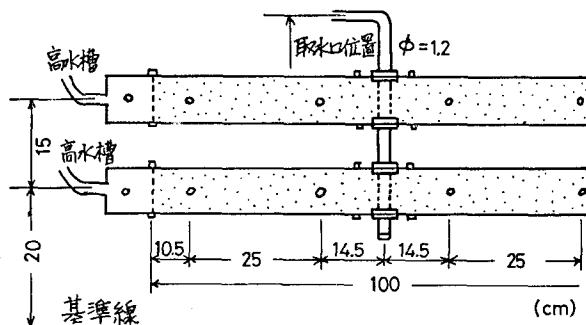


図2 実験砂層の概略図

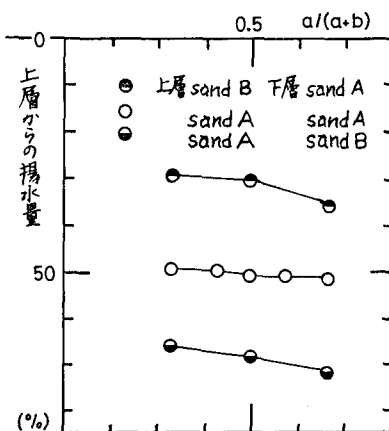


図3

数である。図より透水係数が2.5倍異なる場合揚水量比は20%程度も変動するものがある。また両層の初期水頭差が小さい場合には各層の揚水量は透水係数に比例していることがわかる。

図5は揚水地点の初期水頭の差による揚水量の割合を示した。水頭差がない場合にはほぼ透水係数に比例した揚水量となり、水頭差が大きくなるにしたがい上層からの揚水量が減少していることがわかる。

図6は取水口の位置、つまり揚水能力の程度に対する揚水量の比率を示した。上下両層の初期水頭に差のない場合には揚水能力に関係なく揚水量比は一定値をとり、水頭差がある場合には揚水能力を増加させるにしたがい上層からの揚水量の比率が高くなる、ていることがわかる。

以上2層の地下水帯から1本の井戸によ、て揚水する場合、各層からの揚水量に関連するそれぞれの要因についてその揚水量比に及ぼす影響を考察した。その結果揚水量比を決定する最も大きな要因は両層の透水係数、水頭差、取水口の位置である。そこで後者の2つの要因を1つのパラメータ、 $H^* = (H_1 - H_p) / 2(H_2 - H_p)$ で集約することにする。ただし H_1, H_2, H_p はそれぞれ上層、下層の初期水頭、取水口の位置である。

一方これまで述べてきた揚水量比は上層、下層の揚水量をそれぞれ w_1, w_2 とすれば $w_1 / (w_1 + w_2)$ で表現される。これらの揚水量は透水係数と流れを起こす駆動力 G との積から、 $R_1 G_1 / (R_1 G_1 + R_2 G_2)$ とも表現される。ここに G は砂層内の水頭勾配に比例する量であり、 H^* と密接な関係にあることがわかる。以上の考察から無次元量、

$$P^* = \frac{R_1 H^*}{R_1 H^* + R_2 (1 - H^*)}$$

を考え、すべての実験結果をこの P^* に対して求めたのが図7である。これより2層から揚水する場合の揚水量比は上に導いた無次元量 P^* によって決定されていることがわかる。

4. まとめ

実験装置上の制約のため本研究では限られた条件下での議論ではあるが以下の知見を得た。すなわち、従来行なわれているストレーナーの長さや基礎とした揚水量の配分が許されるのは、2層の透水係数が等しくかつ2層の水頭に大きな差異がなく、層厚に対するストレーナー長の比がほぼ等しい場合である。以上の条件が満たされないときは、揚水量比は主として透水係数と水頭によって左右されるのでストレーナー長によって決定するのは合理的ではないと考えられる。

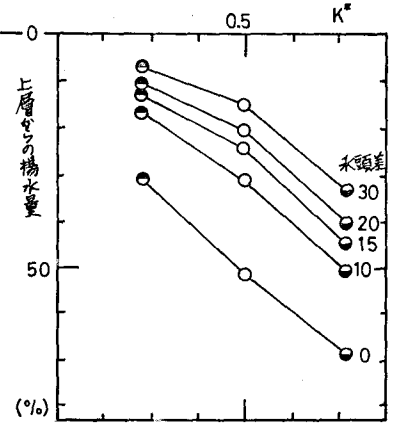


図4

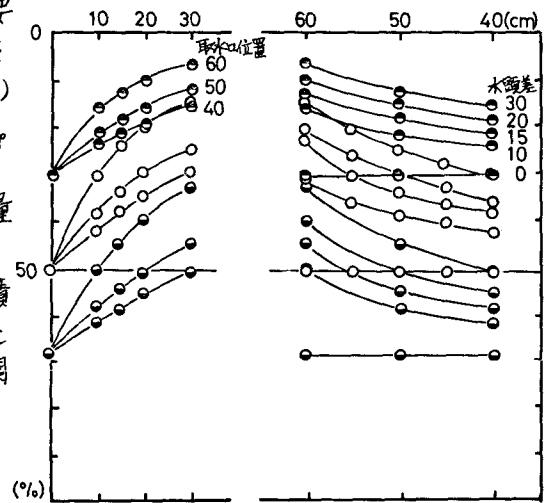


図5

図6

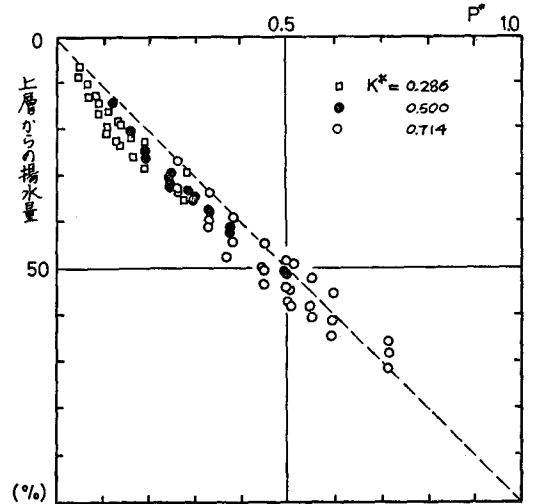


図7 P^* による層別揚水量比