

稲沢地域における不圧・被圧地下水状態に関する検討
 — 不圧帯水層と漏水性被圧帯水層との相互作用 —

名城大学理工学部 正 員 原田守博
 名城大学理工学部 学生員 ○山下達之
 名城大学理工学部 学生員 竹内 健
 名城大学理工学部 学生員 早川 明

1. はじめに

濃尾平野に代表される沖積平野は扇状地、自然堤防・後背湿地帯、三角州から構成される。上流の扇状地は主に砂礫層から成るのに対し、臨海部の三角州では厚い粘性土層が堆積して複数の帯水層を分断している。一方、両者の間に位置する自然堤防帯では粘性土層は十分に発達しておらず、不圧地下水と被圧帯水層との間には何らかの水理学的連続性が保たれていることが多い。こうした中流域での地下水挙動を考える場合、不圧層と被圧層とはもはや独立して扱うことはできず、帯水層間にどのような水の移動が生じているかを把握しておくことが必要である。本研究では、濃尾平野中流部の稲沢地域を対象に、詳細な観測結果を用いて不圧層への涵養量ならびに被圧層への漏水現象を評価し、それらの年間変動について考察するものである。

2. 不圧・被圧帯水層系のモデル化

本研究で対象とする稲沢地域の地質断面を図-1に示す。図中の被圧帯水層G1の上部層は、粘性土から成る加圧層ではなく、鉛直方向に漏水を伴う半透水層としての性質をもつと考えられる。ここでは、これらの帯水層構造を図-2のようにモデル化し、地下水の水収支を評価することにする。図-2において re は地表から不圧帯水層(A層)への涵養強度、 λ はA層の有効間隙率、 F_1, F_2 はA層の側方流入流出量、 q_1, q_2 はそれぞれA層と半透水層(B層)中の鉛直浸透強度、 K_1, K_2 はA層およびB層の透水係数、 b はB層の厚さ、 h_1, h_2, h_3 は図中の①②③地点におけるピエゾ水頭をA層とB層の境界面を基準として表したものである。このモデルにおいて、A層に関する水収支式は

$$\lambda \frac{dh_1}{dt} = F_1 - F_2 + re(t) - q_1(t) \quad (1)$$

①～②および②～③地点間に関してダルシーの法則より、

$$q_1 = K_1 \frac{h_1 - h_2}{h_1} \quad (2) \quad q_2 = K_2 \frac{h_2 - h_3}{b} \quad (3)$$

鉛直方向への涵養強度は $q_1 = q_2 = q$ であるので、式(2)(3)より h_2 を消去すると式(4)が得られる。また、側方からの流入量 F_1 と流出量 F_2 がほぼ等しいと仮定すれば、式(1)は式(5)となる。

$$q(t) = \frac{K_1 (1 - h_3(t)/h_1(t))}{1 + K_1 b / K_2 h_1(t)} \quad (4)$$

$$re(t) = \lambda \frac{dh_1}{dt} + q(t) \quad (5)$$

地下水頭 h_1, h_3 の値は、それぞれ東海農政局と愛知県環境部による地下水位観測データ^{1), 2)}を使用した。また、B層の厚さ b は地質断面図より約10mである。

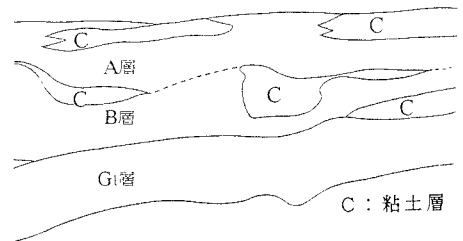


図-1 対象地域の地質断面(東西方向)

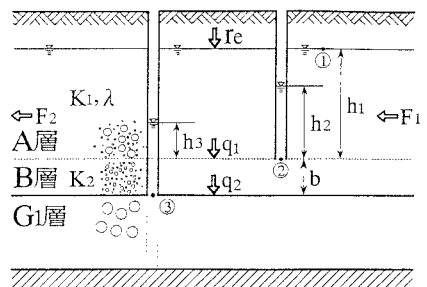


図-2 帯水層系のモデル化

3. 帯水層パラメータの設定

K_1 および K_2 の値を設定するに際して、A層とB層の構成土の粒度を比較すると、A層で細粒分が占める割合は50%以下、B層では75%以下である。また、50%粒度はサンプルによって大きくばらつくものの、A層では0.05~0.55mm、B層では0.05~0.40mmの値をとる。これらのことから、A層に比べてB層の方が細粒土を多く含むことが分かる。したがって、両層の透水係数は $K_1 > K_2$ と考えられ、ここでは $K_2 = K_1 / 100$ と仮定した。 K_1 および λ は、A層の粒度構成より $K_1 = 10^0 \sim 10^2$ (m/day)、 $\lambda = 0.05 \sim 0.2$ の範囲にあると考えられるが、実際の現象を考えると、次の3条件を満たしている必要がある。

- ① 涵養強度 re は常に鉛直下向きの流れであるから、 $re \geq 0$ である。
- ② 降雨強度 Ra によって生じる涵養強度の増加量 Δre は、 $\Delta re \leq Ra$ である。
- ③ $re = 0$ の場合には、水収支式(1)より $\lambda dh_1/dt$ は $q(t)$ に等しくなる。

条件③に関しては、 re が完全にゼロとなるような長期の無降雨期間は生じにくいので、今回は考慮していない。他の条件①②との関係を満たす値として $K_1 = 2.6$ (m/day)、 $\lambda = 0.05$ を採用した。

4. 涵養強度および漏水強度の年間変動

地下水頭の観測データ h_1 , h_3 を用いて、式(4)(5)により得られた1986年における $q(t)$, $re(t)$ の算定結果を図-3に示す。図中には一宮市気象水象観測所による日降水量のデータを併記した。図を詳しくみると、1~2月にかけては降水量が少ないため、不圧地下水への涵養量より被圧層への漏水量が上回っている。8~9月において、降雨が少ないにもかかわらず安定した涵養が認められるのは、水田湛灌の時期にあたっているため、水田からの大量の鉛直浸透が生じているものと考えられる。また、この時期が被圧帯水層からの揚水が増大する季節に当たっており、

その影響によって不圧層と被圧層の水頭差が増大し、涵養量のほぼ全量が被圧層への漏水となっているものと推測される。これら降雨の少ない季節では涵養強度の変動は小さいが、3~7月では強い降雨が断続的に降るために、涵養強度はそれを反映して、降雨のたびに激しい上下の変動が生じている。このように鉛直方向に大きな水の移動が生じている地域では、被圧帯水層の漏水性を無視することはできないことが分かる。

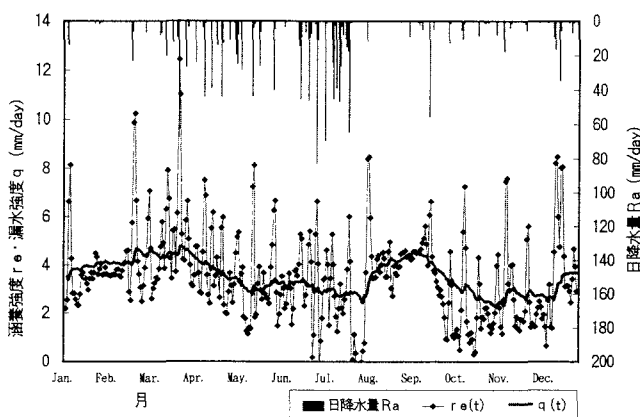


図-3 不圧層への涵養強度および被圧層への漏水強度の年間変動

5. おわりに

本研究では、被圧帯水層の上部層が半透水層としての性質をもつ地域を対象に、被圧帯水層を漏水性被圧層としてモデル化し、水収支の視点から不圧層への涵養ならびに被圧層への漏水特性を検討した。この解析では不圧層における側方流入流出による効果を考慮できていないが、不圧地下水位の面的な分布が観測情報として与えられるならば、側方流入流出量を評価することによって、解析の精度を上げることが可能であろう。現在、この地域における多数の防火用浅井戸を用いて地下水位の多地点観測を実施している。今後、観測データを蓄積し、地下水収支の解析に反映させる予定である。

参考文献 1) 愛知県環境部：地盤沈下・地下水位観測成果報告書(9)，昭和63年1月。

2) 東海農政局木曽川水系土地改良調査管理事務所：濃尾平野の浅層地下水位観測(その3)，平成5年9月。