

濃尾平野中流部における 不圧・被圧地下水状態の変遷

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 安藤 幸則

名城大学理工学部 学生員 ○澤 竜一郎

1. はじめに

地下水は水資源として優れた特質をもつことから、近年大量に揚水され、我々の社会生活を支えてきた。とくに沖積平野では、地下に複数の帯水層から成る地下水盆が存在し、豊富な地下水が流動している。濃尾平野においても、地表からの涵養を受ける不圧帯水層の下部には、難透水層を挟んで被圧帯水層G1、G2等が存在するが、これら個々の帯水層は完全には独立しておらず、相互の水頭差に応じた鉛直方向の流動も生じている。本研究では、濃尾平野中流部に位置する一宮市気象水象観測所において、複数帯水層の水頭を同時に30数年にわたって観測した記録を解析することにより、地下水盆中の帯水層間の流動過程を評価するとともに、濃尾平野における長期間の水利用と地下水状態の変遷について考察した。

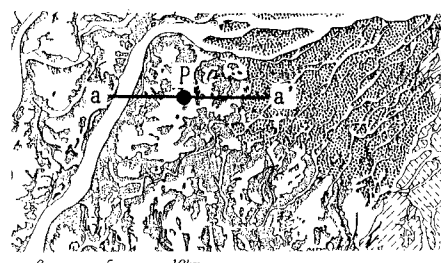
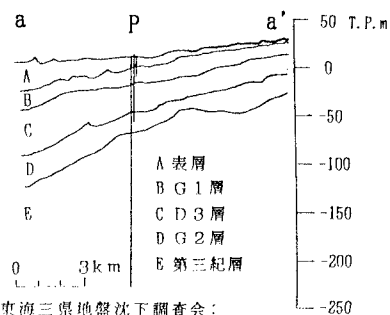
2. 清水 治による不圧水位・被圧水頭の長期間記録

図-1, 2は濃尾平野中流部の地形図および地質断面図である。清水 治は1957年、図に示すP地点に気象・地下水・地震動の観測所を開設して以来、93年まで37年間余にわたって地道に観測を継続してきた。観測所には深度の異なる3本の観測井が設置されている。図-2に示すように、7m井は浅層の不圧水位、70m井はG1層の被圧水頭、250m井はさらに深部の被圧水頭を測定している。今回、これら水頭値の日データおよび日降水量を電算入力し、種々の解析を行うこととした。

図-3は7m井と70m井の水位・水頭の経年変化である。図中に示すように、不圧水位は毎年4月～8月の灌漑期に降雨や水田からの涵養によって地表近くにまで上昇するが、9月～3月の非灌漑期には降雨が少ないことも手伝って水位は低下する。さらに、この不圧水位の年間変動幅は経年的に変化しており、60年以前の変動幅に比べ、73年の変動幅は数倍以上に増大している。

一方、70m井の経年変動を見ると、被圧水頭は50年代末から一方的に低下し続け、73年を境にやや上昇に転じている。これは、高度経済成長に伴い地下水揚水量が増加し続けたことと、深刻な地盤沈下を抑制するために揚水規制が74年に実施されたことを反映したものである。

このように被圧水頭が経年的に低下すると、不圧層との水頭差が増大し、鉛直方向の漏水現象が発生する²⁾。柴崎³⁾は不圧水位変動幅の増大は被圧層への漏水量の増大に等しいと仮定して、73年までの資料について漏水係数を求めている。同様な解析は、83年までの資料について原田⁴⁾も行っている。資料がさらに10年分追加された現在、これら解析の妥当性を改めて見直してみたい。

図-1 濃尾平野中流部の地形¹⁾

東海三県地盤沈下調査会：
「濃尾平野の地盤沈下と地下水」より編図

図-2 模式的な地質断面(a-a')

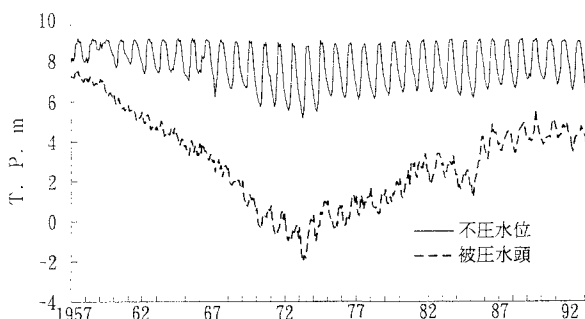


図-3 不圧水位と被圧水頭の経年的変化

3. 不圧地下水位の年間水位変動幅に及ぼす影響

Y 年における非灌漑期 (T 日) において, 観測地点の単位面積当りの不圧帯水層の水収支を考えると,

$$\lambda \cdot D(Y) = (O - I)_Y + Q(Y) - R(Y) + L(Y) \quad (1), \quad L(Y) = C \cdot T \cdot [h(Y) - H(Y)] \quad (2)$$

ここに, D : 非灌漑期の不圧水位低下幅, λ : 有効間隙率, I, O : 側方流入, 流出量, Q : 揚水強度 $\times T$, R : 降雨による涵養強度 $\times T$, L : 下層への漏水強度 $\times T$, C : 漏水係数, h : 不圧水位, H : 被圧水頭である. 一般に非灌漑期では降雨が少なく, 地下水位の空間分布は落ち着いた状態にあると考えられるため, $R(Y)$ や $(O - I)_Y$ は年によって大きく変化しないと仮定できる. 一方, 74 年以降について見れば, 井戸揚水量は揚水規制が実施されているため低く抑えられており, $Q(Y)$ の経年的変化は小さいと考えられるので, 結局(1)式は

$$\lambda \cdot D(Y) = Q + C \cdot T \cdot [h(Y) - H(Y)] + \text{Const.} \quad (3)$$

図-4 は $Y = 74 \sim 91$ 年について, $[h(Y) - H(Y)]$ と $D(Y)$ の関係をプロットしたものであり, 最小自乗法により漏水現象を支配するパラメータ $C \cdot T / \lambda = 0.1564$ が得られた.

漏水パラメータは物質定数であるから, 経年的に変化することはない. 図-5 は, この数値を用いて $Y = 57 \sim 91$ 年の $L(Y)$ を求め, $D(Y)$ とともに示したものである. これによると, $L(Y)$ は 揚水規制の行われていない 73 年までは不圧・被圧水頭差の拡大に応じて一方的に増大しているが, 規制後は減少傾向にある.

73 年以前は $Q = Q(Y)$ であるので, 式(3)は

$$Q(Y) = \lambda \cdot [D(Y) - L(Y) - \text{Const.}] \quad (4)$$

図-6 は, 図-5 をもとに $[D(Y) - L(Y)]$ の経年的変化を求めたものであり, 非灌漑期における揚水量 $Q(Y)$ の影響を表している. この図から, $Q(Y)$ は年を追って増加し続けるが, 74 年の規制によって急減し, その後はほぼ一定の状態にあることが分かる. このことから, 過去の研究において, $D(Y)$ の増加を $L(Y)$ の増加と見なしたことに問題があると言える.

4. おわりに

36 年という長期間の解析により, 過去の不圧水位の低下幅の経年変化には, 漏水現象だけでなく, 揚水量の変化の影響もかなり含まれていることが明らかとなった. 今回は, 降雨による影響を経年的に一定と考えたが, 図-6 に見られる年ごとの小さな増減は降雨の多少に起因する可能性もあるので, 今後検討して行きたい.

参考文献

- 1) 東海三県地盤沈下調査会: 「濃尾平野の地盤沈下と地下水」, pp. 8, 59-76, 名古屋大学出版会, 1985.
- 2) 藤縄克之監訳: 「地下水モデル — 実践的シミュレーションの基礎 —」, pp. 22-24, 共立出版, 1994.
- 3) 柴崎達雄: 水収支研究グループ「地下水盆の管理」, pp. 24-29, 東海大学出版会, 1976.
- 4) 原田守博・高木不折: 第 28 回水理講演会論文集, pp. 629-634, 土木学会水理委員会, 1984.

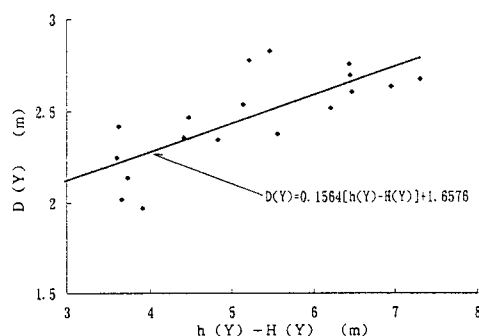


図-4 74 年以降における不圧・被圧水頭差と不圧水位低下幅の関係

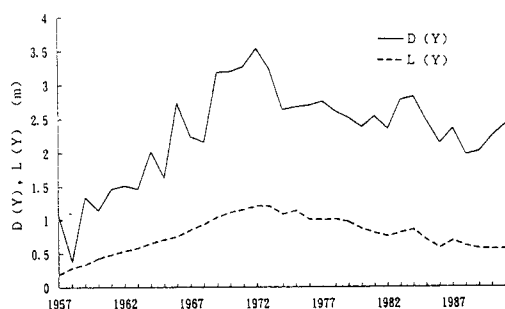


図-5 不圧水位低下幅に占める漏水項の変化

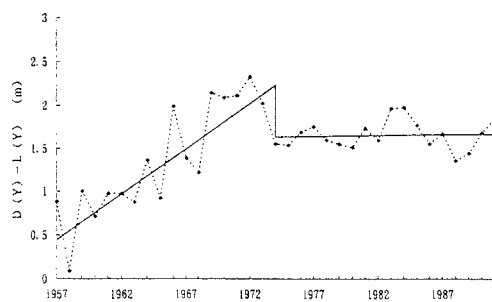


図-6 $[D(Y) - L(Y)]$ の経年的変化