

咸陽市の地下水源に関する調査

関西大学工学部 正 員 谷口 敏一郎
 関西大学工学部 正 員 井 啓 司
 ドリコ株式会社 正 員 谷村 恭

1. まえがき

近年咸陽市では自己水源確保の必要性にせまられ、昭和46年から地下水を対象として自己水源開発を主とする浄水施設拡張計画が立案された。同計画は逐年的に着工され、現在までに8本の揚水井が完成し、それぞれの井戸で1500³/日程度の揚水量を得ている。また各揚水井は長期にわたって継続的に地下水の揚水が行なわれており、今後もその供給量は増大すると予想される。このような状況下で、現在帯水層の性状、ならびに地下水汲み上げによる帯水層への影響を把握することは重要な意義があると考えられる。本報ではこれまでの水源開発に関する諸調査から明らかになったことの結果について報告を行なう。

2. 地形・地質および井戸配置

咸陽市は、木津川右岸に位置し地は宇治川ならびに天ヶ瀬貯水池に、東は田原川によって囲まれている。東南部は古生層からなる山地を呈し、木津川右岸の低地帯はちゅう積層で覆われ、これらの中央部に丘陵地帯であるこう積層が分布している。今回の調査にあたって地域は、このこう積層に位置しており、揚水井の位置は図-1に示したような配置になっている。各揚水井の地層の状態は、図-1の破線ごとの断面より示すと、図-2のような断面図となる。

また、この地域の地下水は、これまでの調査結果より、天ヶ瀬ダム上流宇治川支流の田原川との合流点付近を涵養源として図-1の矢印方向に流動している被圧地下水と推定される。

3. 地下水の貯留状態

この地域の帯水層の貯留係数を、No.3号井を揚水井、No.1・2・4号井を観測井とする揚水試験結果から示すと、表-1から判るように観測井によ、く異、に値を呈する。得られた各貯留係数の値と各井戸の自然圧力水頭(標高)と比較すると、図-3のような関係が求められ、これらはほぼ比例関係にあると考えられる。ここにJacobの貯留係数についての関係式を次に示すと、

$$S = \rho \cdot \theta \cdot \beta (1 + \alpha / \theta \cdot \beta) m \quad (1)$$

$$= m \cdot \rho \cdot (\theta \cdot \beta + \alpha) \quad (2)$$

$$\alpha = m \cdot \rho \cdot P \cdot a$$

ρ : 水の比重, θ : 間隙率, m : 被圧帯水層厚, P : 自然圧力水頭(標高)

β : 水の圧縮率($=1/E_w$), α : 定数

a : 砂れき層の垂直圧縮率($=1/E_s$)

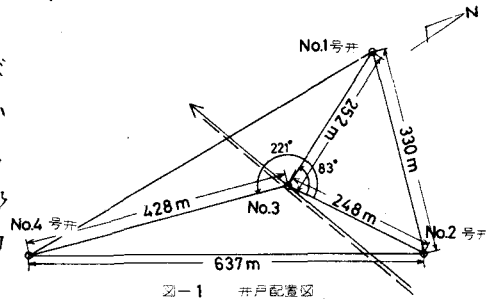


図-1 井戸配置図

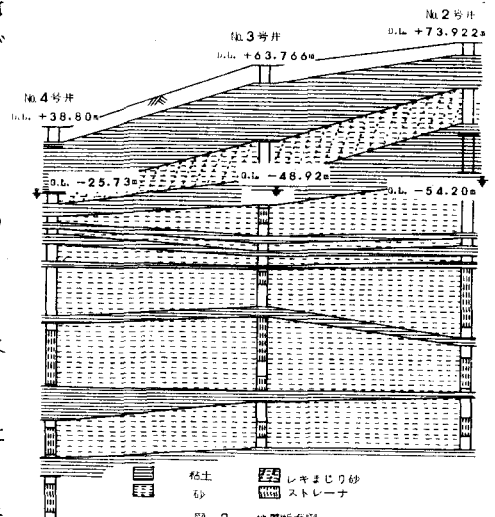


図-2 地層断面図

となり、(9.3+4)が自然圧力水頭と1次対数関係にあると考えたとき式(1)は式(2)に変形される。式(2)の貯留係数と圧力水頭の関係から、図-3の3点と与る標高5mの差が $P=0$ となり、この位置が砂水層と単一帯水層と見做した場合の帯水層と被覆層の境界と、つまり帯水層の上限であると推定できる。なお定数 a は、図-3の傾き(斜率)と式(2)に代入することによって決定できる。

$$\alpha(\ln(P_1)/\alpha P = m \cdot P \cdot \alpha$$

$$\alpha = (\ln(P_1)/\alpha P) / m \cdot P \quad (3)$$

4. 地下水汲み上げによる影響

図-4に示す S - Q 曲線はNo.3揚水井の長期間継続揚水による運転水位と揚水量の関係の単位期間ごとの経過を示すものである。 S - Q 曲線上のランバーはそれぞれの時期を反映し、またIは揚水井完成時の段階揚水試験結果である。さらに地下水の汲み上げによる影響について図-4の結果から検討すると、

1). II~IIIの時期に最上部帯水層においてスケルトンヒズミが起こり、貯留量の低下が圧迫に。——これは水位降下量が他の揚水井からの干渉量を考慮した計算結果に比べてほぼ2倍の量であり、またこの時期においてNo.3揚水井の最上部カストレーナー部が運転水位から露出していることが判った。なお曲線IIの勾配が45以上であることより乱流の状態が揚水を行なっていると推定される。

2). IV~Vにおいては、スケルトンヒズミ現象はおちつき、帯水層全体としての貯留性透水性が回復の傾向にある。また被圧性の高い下部帯水層が主たる採水層と見做され、——これは図-3に示すように貯留係数が圧力水頭に比例すると考えるならば、水位降下が減少すること、貯留量は増加すると推定でき、また曲線の勾配が図-4

からもわかるように徐々に緩和していくことより、水圧の高い部分からの揚水が影響していると判断できる。

以上のことを総合すると、揚水開始初期において上部帯水層からおちつき現象を行なう、くいたが、湿潤な揚水よりその弊害として、帯水層、被覆層からの圧力荷重が増え上部帯水層にスケルトンヒズミ現象が起こり、その結果採水能力は低下した。しかし被圧性の高い下部帯水層が主たる採水層と見做されるに、全体としての貯留性・透水性が徐々に回復していくと推察できる。また他の揚水井においても同様の傾向が見られる。

以上の調査結果より、この地域の貯留性は自然圧力水頭に比例した分布状態を示しており、またこの貯留性は一時低下したが徐々に回復傾向にある。今更、継続時は地下水の観測を実施しながらこの地域の水資源の活用と消耗を防ぐことが必要であると考える。

表-1		
観測井	貯留係数 $S \times 10^{-4}$	自然圧力水頭(標高) P_m
No.1号井	6.94	14.332
No.2号井	10.90	19.722
No.4号井	5.88	13.070

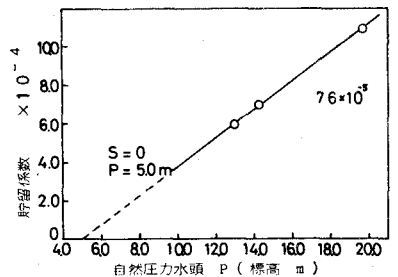


図-3 S-P 曲線

I—段階揚水試験 II—昭和50年12月
III—昭和50年8月 IV—昭和51年2月
V—昭和50年10月 VI—昭和51年4月

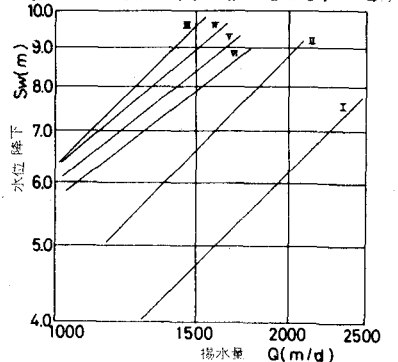


図-4 No.3号井 S-Q 曲線