

岐阜市の地下水変動について

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄
岐阜大学工学部 〇学生会員 新井 博

1. まえがき

地下水は生活用水として古代から利用されてきたが、社会の発展に伴い、かんがい用水、工業用水、ビル用水などの水源として、近年、重要な水資源のひとつとなってきた。しかし、地下水の利用の増大に伴い、地下水位の異常低下、地盤沈下、地下水の汚染、地下酸欠空気などの被害をもたらし、大きな社会問題となっている。これらの問題に対処しつつ、地下水の適正な利用を図るためには、地下水の流動を適切に把握する必要がある。地下水は降水量、蒸発散量、河川水位、揚水、人工注水などの外的要因や、水文地質構造、帯水層の性状などの内的要因に影響されて流動している。このように種々の要因に影響されて、複雑に流動している地下水を把握することは非常に困難であるが、地下水流動を把握するための第一歩として、著者等が岐阜市の不圧地下水を対象にして、シミュレーションの結果を報告する。

図-1 シミュレーション領域

2. シミュレーションの手順

2次元の不圧地下水の水位変動は、連続の式(1)と運動の式(2)により表現される。

$$S \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = W \quad (1)$$

$$q_x = -T_x \frac{\partial h}{\partial x}, \quad q_y = -T_y \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2)$$

ここに、 q_x, q_y はx方向、y方向の単位幅あたりの流量、 T_x, T_y はx方向、y方向の透水量係数、 S は貯留係数、 W は補給項といわれる単位面積あたりの流量である。

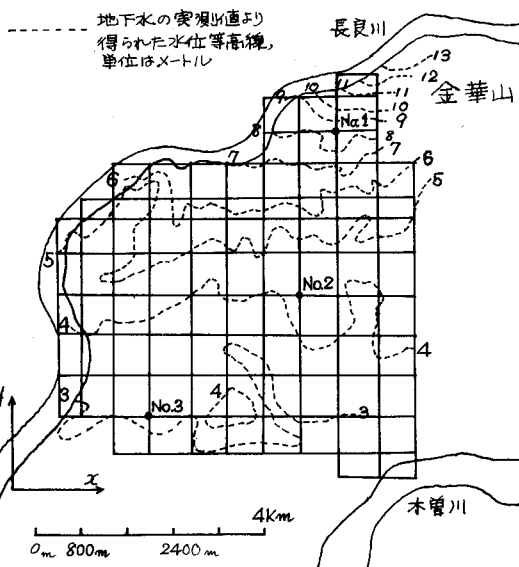
補給項 W は、降水量、蒸発散量、揚水量、被圧地下水へのかん養量などを総和した量と想像され、補給項 W を推定することは非常に困難なことである。

そこで、揚水期の昭和48年2月10日に岐阜市の316地点で実測された地下水位を利用して、補給項 W の

量を仮定した。場所的に異なる揚水量、蒸発散量、被圧地下水へのかん養量などの総和(W_1)が、ラプラスの方程式を満す地下水の定常の流れに影響を与えているため、図-1の実測のように流動すると仮定し、連続の式(1)と定常状態の運動の式(3)より式(4)が導びかれる。

$$\frac{\partial^2 x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 y}{\partial y^2} = W_1 \quad (3) \quad \frac{\partial}{\partial x} (T_x \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (T_y \frac{\partial h}{\partial y}) + W_1 = 0 \quad (4)$$

式(4)に揚水期の実測の地下水位、揚水試験などを参考にして仮定した透水量係数を与えて、 W_1 を算定し、その W_1 に降水量を加えて補給項 W とし、式(1)、式(2)を解析することによって、岐阜市の不圧地下水のシミュレーションを行った。



3. 岐阜市の不圧地下水への適用

シミュレーション領域は図-1の長良川と木曽川に挟まれた透水性がよいと想像される平野部である。式(1)、式(2)において $T_x = T_y = T$ と仮定して、図-2の差分スキームで差分近似し整理すると式(5)が得られる。

$$-A⑥ - B⑦ + (E + A + B + C + D)⑧ - C⑨ - D⑩ \\ = A① + B② + (E - A - B - C - D)③ + C④ + D⑤ + W_i^t \quad (5)$$

ここに、 $A = T_x^{i-1} / (4y_{i-1} + 4y_i) \cdot 4y_{i-1}$, $B = T_x^{i+1} / (4x_{i+1} + 4x_i) \cdot 4x_{i+1}$, $C = T_y^{i-1} / (4x_{i-1} + 4x_i) \cdot 4x_{i-1}$, $D = T_y^{i+1} / (4y_{i+1} + 4y_i) \cdot 4y_{i+1}$, $E = S^2 / \Delta t$, $\Delta x, \Delta y$ はそれぞれ x 方向, y 方向のきざみ幅, Δt は時間のきざみ幅, ①, ②, ..., ⑩ は図-2の各格子点上の水位である。

又、式(2)と式(3)において $T_x = T_y = T$ と仮定して、図-3の差分スキームで差分近似し整理すると、式(6)が得られる。

$$W_i^t = -2A① - 2B② - 2(A + B + C + D)③ - 2C④ - 2D⑤ \quad (6)$$

揚水試験, Eckis の粒度と貯留係数の関係より透水量係数, 貯留係数を図-4のように仮定した。式(6)に揚水期の地下水位の

実測値と図-4の T を与えて、 W_i を算定した結果、負の総量は $-1.325 \text{ t/(m}^2 \cdot \text{day)} = -507937 \text{ t/day}$ であった。 $\Delta t = 1$ 日として、この W_i に降水量を加えて、図-1の長良川、木曽川にあたる格子点には河川水位を与え、金華山は不透水層とし、領域の右端の部分は、水位等高線図を参考に、 x 方向の水の流動はないものとし、領域の下端の部分は動水勾配一定とし、図-4の T, S を用いて、昭和48年2月から49年12月31日までの地下水位の変動を式(5)により試算した。図-1のNo. 1の格子点の計算値と実測値を、図-5に併記する。

他のNo. 2, No. 3の格子点については講演時に示す。図-5において、実測値と計算値は比較的一致しているようであるが、 W_i を場所的に異なる時間的に一定な量と仮定したこと、領域の下端の境界条件として動水勾配一定としたことなどは今後さらに検討しなければならない問題点である。

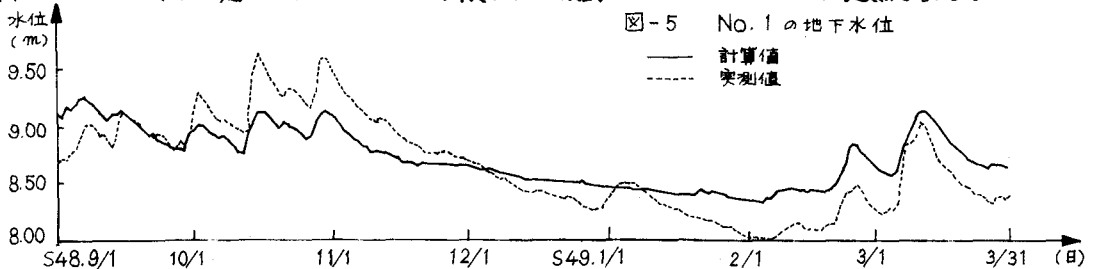


図-5 No. 1の地下水位

—— 計算値
----- 実測値

図-2 差分スキーム

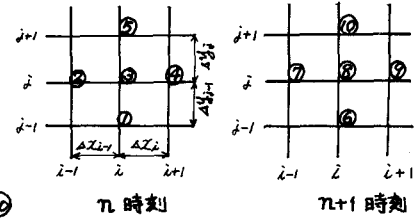


図-3 差分スキーム

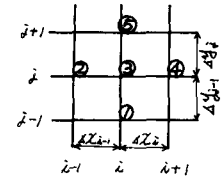
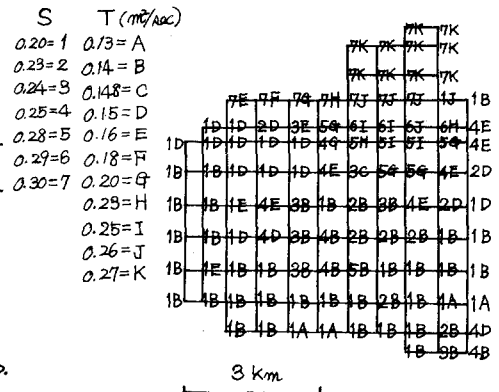


図-4 T, S 分布図



参考文献 1) 宇野尚雄: 透水問題の差分式解法について, 土木学会第30回年講, III-233, PP. 465 ~ 466 (1975), 2) 村下敏夫: (改著) 地下水学要論, 昭晃堂, P. 13