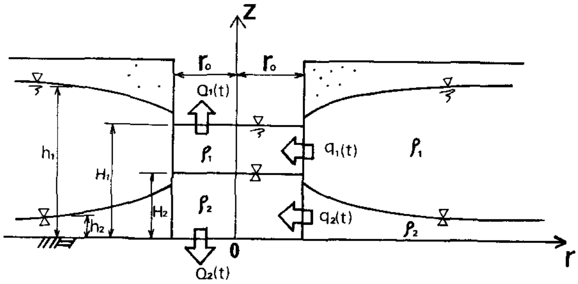
II－3

非定常な地下密度流のシミュレーション

京都大学　正員　岩佐義朗
電力中央研究所　正員　○田中伸和
三菱重工　上村道夫

1）　まえがき

淡・塩水が二成層をなす浸透層より，淡水の有効な取水を考えるにあたり，従来は定常的な問題として取り扱われていた。しかし，実際には非定常であり，このための影響が，取水量にあらわれる。ここでは，取水井と浸透層を定式化し，非定常水位変動の数値解析より，淡水の可能総取水量を求めようとするものである。なお，定式化において用いた仮定は，以下に示すようである。(i) 半径 r_0 の取水井からの取水を取り扱い，座標は円筒座標 (r, θ, z) を用い，θ 方向の変化は無視する。(ii) 浸透流はダルシー則に従い，透水係数は等方で一定である。(iii) 鉛直方向の流速は無視し，圧力は静水圧分布とする。(iv) 浸透流体および浸透層空隙は，圧力に対して弾性的であり，その圧縮率はきわめて小さい。(v) 淡・塩水境界面での混合・拡散は無視する。(vi) 浸透層から取水井への溜出水位は，鉛速方向の流速を加味したものを用いる。



（Fig－1）

2）　基礎方程式

(1)　浸透層に対して

前述の仮定を用いて，準一様流として取り扱うとつぎのようになる。

$$\frac{\partial h_1^*}{\partial t^*} = a^* \frac{\partial h_1^*}{\partial r^*} + b^* \frac{\partial^2 h_1^*}{\partial r^{*2}} + c^*$$

$$\frac{\partial h_2^*}{\partial t^*} = d^* \frac{\partial h_2^*}{\partial r^*} + e^* \frac{\partial^2 h_2^*}{\partial r^{*2}} + f^* h_2^*$$

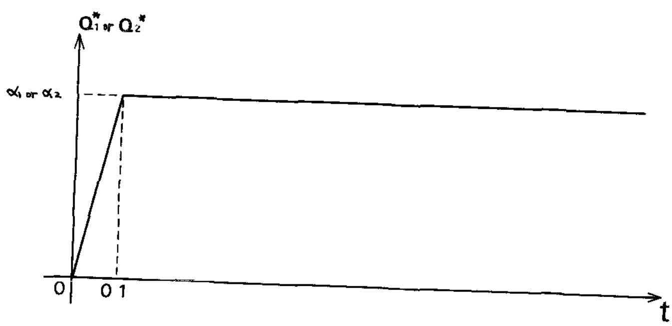
ここで，

$$a^* = \frac{1}{g^*}\left\{\lambda_0 \frac{\partial h_1^*}{\partial r^*} + \varepsilon \delta^* h_2^* \left(\frac{\partial h_1^*}{\partial r^*} - \frac{\partial h_2^*}{\partial r^*}\right)\right\} + \frac{b^*}{r^*}$$

$$b^* = \frac{1}{g^*}\left\{\lambda_0 h_1^* + \varepsilon \delta^* h_2^* (h_1^* - h_2^*)\right\}$$

$$c^* = \frac{\varepsilon \lambda_0}{g^*}\left\{\frac{\partial h_2^*}{\partial r^*}\left(\frac{\partial h_2^*}{\partial r^*} + \frac{h_2^*}{r^*}\right) + h_2^* \frac{\partial^2 h_2^*}{\partial r^{*2}}\right\}$$

$$d^* = \frac{1}{g^*}\left[(\lambda_0 + \delta^* h_1^*)\frac{\partial h_1^*}{\partial r^*} + \varepsilon\left\{\lambda_0 + \delta^*(h_1^* - h_2^*)\right\}\frac{\partial h_2^*}{\partial r^*}\right] + \frac{e^*}{r^*}$$



（Fig－2）

$$e^* = \frac{\varepsilon h_2^*}{g^*}\left\{\lambda_0 + \delta^*(h_1^* - h_2^*)\right\}, \quad f^* = \frac{1}{g^*}\left\{\left(\frac{\lambda_0}{r^*} - \delta^* \frac{\partial h_1^*}{\partial r^*}\right)\frac{\partial h_1^*}{\partial r^*} + \lambda_0 \frac{\partial^2 h_1^*}{\partial r^{*2}}\right\}, \quad g^* = (\lambda_0 + \delta^* h_1^*)(\lambda_0 + \varepsilon \delta^* h_2^*) - \varepsilon (\delta^* h_2^*)^2$$

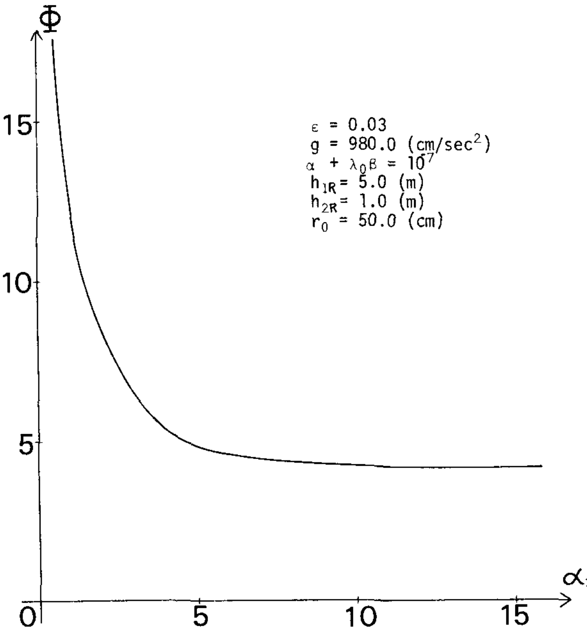
(2)　取水井に対して

$$\frac{dH_1^*}{dt^*}=\frac{1}{A^*}\left[D^*\left(h_1^*\frac{\partial h_1^*}{\partial r^*}+\varepsilon h_2^*\frac{\partial h_2^*}{\partial r^*}\right)_{r^*=r_0^*}-Q_1^*(t^*)-Q_2^*(t^*)\right]$$

$$\frac{dH_2^*}{dt^*}=\frac{1}{A^*}\left[D^*\left(h_2^*\frac{\partial h_1^*}{\partial r^*}+\varepsilon h_2^*\frac{\partial h_2^*}{\partial r^*}\right)_{r^*=r_0^*}-Q_2^*(t^*)\right]$$

ただし，$\varepsilon=(\rho_2-\rho_1)/\rho_1$，$h_1^*=h_1/h_{2R}$，$h_2^*=h_2/h_{2R}$，$\delta^*=(\alpha+\lambda_0\beta)\rho_1 g h_{2R}$，$r^*=r/h_{2R}$，$t^*=Kt/h_{2R}$，$A^*=\pi r_0^{*2}$，$D^*=2\pi r_0^*$，$Q_1^*(t^*)=Q_1(t)/(K h_{2R}^2)$，$Q_2^*(t^*)=Q_2(t)/(K h_{2R}^2)$

α,β；浸透層空隙および浸透流体の圧縮率，h_{2R}；影響半径での塩水位，K；透水係数，λ_0；浸透層空隙率，Q_1, Q_2；淡水および塩水の単位時間当りの取水量，その他の符号は，(Fig-1)による。

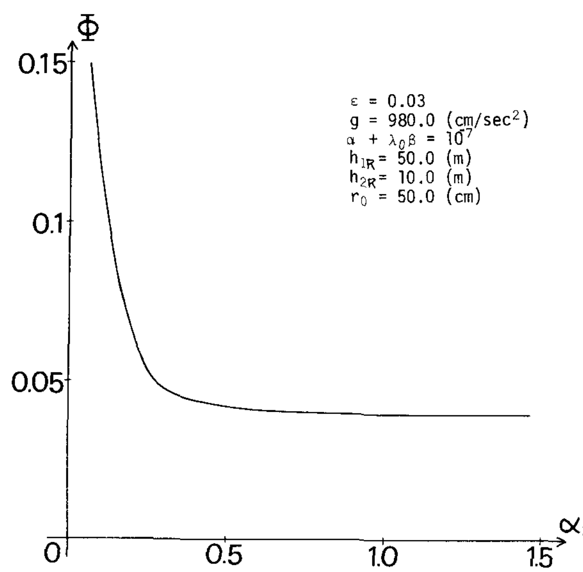


Fig－3

3)　可能総取水量

(Fig-2)のような淡水のみの取水においては，取水の仕方により，取水井内で塩水位が上昇し，淡水自由水面と一致する場合がある。したがって，淡水の可能総取水量は，この状態がおこるまでの全取水量で求めることができる。いま，境界条件として，影響半径で一定水位を与え，取水井壁では鉛直流速を加味した嶋の式[1]を用いて，可能総取水量(Φ)と単位時間当りの取水量(α_1)との関係を，前述の基礎方程式を数値シミュレーションすることにより求めると，(Fig-3，4)のようになる。ただし，α_1，Φ は，ともに無次元量である。

図より，すこしづつ取水するほど，総取水量が増加し，また，あるα_1をすぎるとΦは，一定値になることがわかった。



Fig－4

なお，この研究は，文部省　科学研究費による特定研究（代表者；埼玉大学・佐藤邦明）の一部であることを付す。

1) 嶋祐之；異方性透水層の波動現象について，第28回年講，II-177，P373～375，昭和48年10月