

1. はじめに

近年地下水位が低下し、地盤沈下、地下水の塩水化のような公害が起っている。地下水の汲み上げ規制または禁止を唯一の安全対策とし、地下水涵養が積極的に行なわれないことは水資源の有効利用にたらないと思われる。地下水涵養は公害の面からだけではなく、地下水の保全、有効利用の立場から検討しなければならない。

この論文の目的は涵養井戸の水理的解析である。今回は定常状態を示す平衡式を利用して不圧井と被圧井の場合涵養井戸の水位上昇曲線をもとめて、注入量、滞水層、水位上昇、透水係数、井戸径および影響圏の間の関係を検討したものである。次回は非定常態の場合考察したいと思ふ。

涵養の数学的解析は Darcy 法則にもとづいている。滞水層は均質なもので等方性であると仮定する。

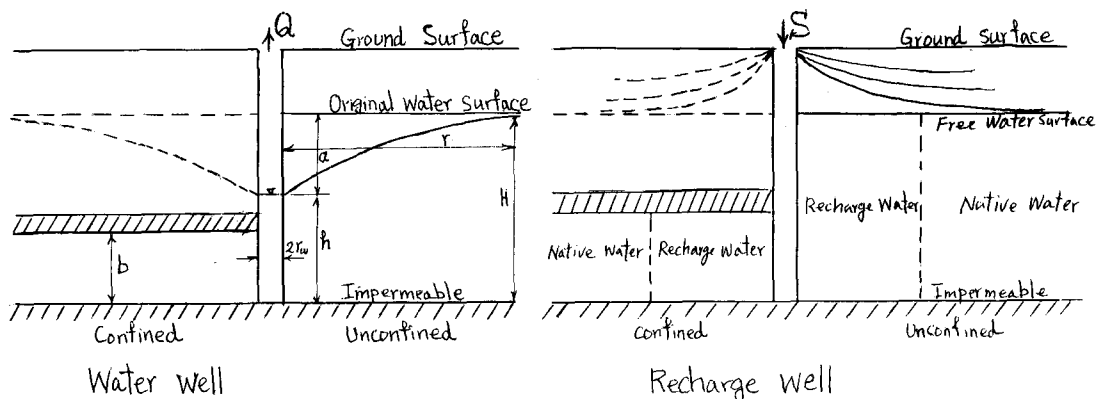


図1. 代表的な水井戸と涵養井戸

2. 基本式

(i) 不圧井: 定常状態を示す平衡式は、

$$K = \frac{0.732Q(\log r - \log r_w)}{(H^2 - h^2)}$$

なお注入量を $S = -Q$ と考えれば注入量 S に対して水位上昇は $Z = -a$ である。これを平衡式に代入すれば、

$$S = \frac{K(Z^2 + 2HZ)}{0.732[\log r - \log r_w]} \quad \text{で示される。} \quad \dots \dots \dots (1)$$

注入量 S_1 に対して水位上昇を Z_1 とすれば S_2 のとき Z_2 であり、

$$S_2 = \frac{11HZ_1 + Z_1^2}{(2HZ_2 + Z_2^2)} \quad (2)$$

(ii) 被圧井: 定常状態を示す平衡式は,

$$k = \frac{0.366 Q (\log r - \log r_w)}{b(H - h)}$$

$S = -Q$, $Z = -a$ と考えれば,

$$S = \frac{0.366 k b Z}{(\log r - \log r_w)} \quad \text{で示され(3)}$$

同様に

$$S_2 = \frac{S_1 Z_1}{Z_2} \quad (4)$$

a) 注入量(S)と滞水層(H)の関係

オ(1)式によて注入量と滞水層は直線関係を示す。

なお r, r_w, Z にはお一定値を選べば S は H と k だけの関数になる。図2. はおこれらの k 値に対お H と S の関係を示す。

b) 注入量(S)と水位上昇(Z)の関係

不圧井の場合, オ(1)式によて,

$$Z = -H + \sqrt{H^2 + \frac{0.732 S (\log \frac{r}{r_w})}{k}} \quad (5)$$

被圧井の場合オ(3)式によて,

$$Z = \frac{S (\log \frac{r}{r_w})}{0.366 k b} \quad (6)$$

図3. はおこれらの k 値に対お Z と S の関係を示す。

c) 滞水層(H)と水位上昇(Z)の関係

オ(1)式より,

$$\frac{0.732 (\log \frac{r}{r_w}) S}{k} - Z^2 = 2 H Z$$

$$H = \frac{1}{2Z} \left(\frac{0.732 (\log \frac{r}{r_w}) S}{k} - Z^2 \right) \quad (7)$$

図4. は (H) と (Z) の関係を示す。

d) 井戸半径(r_w)と水位上昇(Z)の関係

(i) 不圧井: オ(1)式によて,

$$\log r = \log r - \frac{k(Z^2 + 2HZ)}{0.732 S}$$

$$r_w = \frac{e^{\ln r}}{e^{\frac{\pi k (Z^2 + 2HZ)}{S}}} \quad (8)$$

(ii) 被圧井: オ(3)式によて,

$$r_w = \frac{e^{\ln r}}{e^{\frac{2\pi k b Z}{S}}}$$

上式には k, r, H にはお値を代入すればおこれらの S 値に対お r_w と Z の関係を図式的表わすことかできる。

Ref. (1) Ground Water Hydrology by David K. Todd

(1) Geohydrology by De Wiest

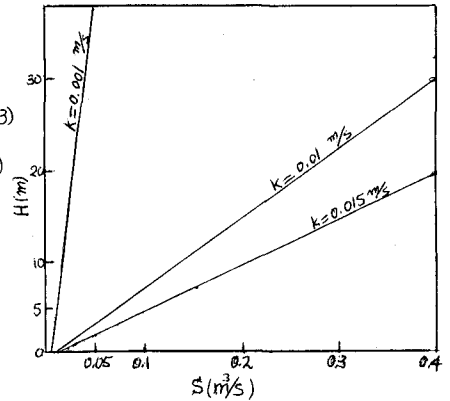


図2. 注入量(S)と滞水層(H)の関係

$r=50 \text{ m}, r_w=0.5 \text{ m}, Z=1.0 \text{ m}$

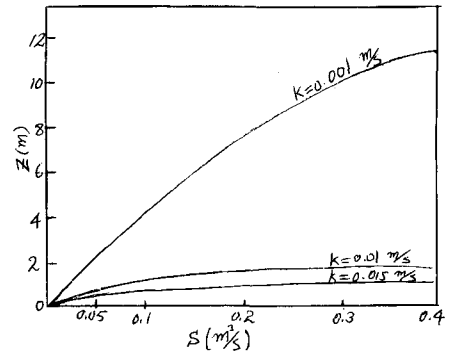


図3. 注入量(S)と水位上昇(Z)の関係

$r=50 \text{ m}, r_w=0.5 \text{ m}, H=20 \text{ m}$

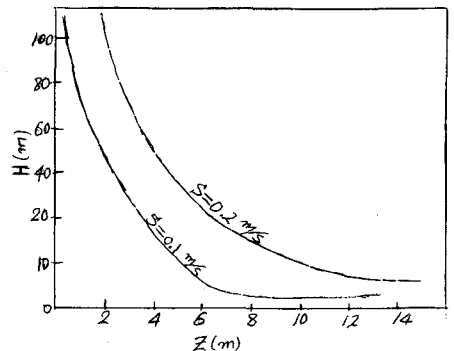


図4. 滞水層(H)と水位上昇(Z)の関係

$r=50 \text{ m}, r_w=0.5 \text{ m}, k=0.001 \text{ m/s}$