

II-87 埼玉県栗橋付近の地下水のかん養と流出に関する1考察

西松建設株式会社 正員○新川雅之  
 東京大学工学部 正員 松尾友矩

§1 はじめに

一般に、河川のピーク流量は表面流出に依存し、基底流量は地下水流出に依存する。

流域の都市化に伴う表面流出の増大に対して、東京都等では雨水浸透型下水道を設置して表面流出を低減する試みがなされている。しかし、一方では都市化によって地下水流出が減少し、河川の基底流量と考えられる低水量の低下を引き起こしているのではないかとということが推測される。低水量の低下はひいては河川水質の悪化にもつながるものである。

ここでは、未都市化地域での地下水位と降雨との関係を考察し、より効果的な地下水のかん養方法を検討する。

§2 調査地概要

地下水位の観測は、埼玉県栗橋町・茨城県五霞村に設置された40個所の観測井で行われている(図-1参照)。付近は水田や果樹園が多い農業地帯である。表層は主として関東ロームで覆われており、帯水層には砂質土が分布している。ここでは40個所のうち52年度より継続して観測されている8個所を解析対象井戸とした。

降雨量は、久喜・古河雨量観測所での平均値を本解析に用いた。

§3 解析方法

地下水位は降雨により上昇し、無降雨期に下降する。以下にそれぞれにかかわるパラメータについて述べる。

(1)雨量係数

一般に、降雨量が大きくなるにしたがって地下水位上昇量も増大する。雨量係数 $a$ を次式により定義し、解析例を図-2に示す。

$$a = dH_w / dR = d(H_{wp} - H_{wi}) / dR \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 $H_{wp}$ : 降雨後ピーク地下水位、 $H_{wi}$ : 降雨前地下水位、 $R$ : 一連降雨量。

(2)低減係数

地下水位の低減状態は水位の高い時と低い時とで異なっており、水位の高い時は低減が大きく、低い時に小さい。地下水位 $H_w$ が時間とともに指数関数的に低減するとして、次式を仮定する。

$$H_w = H_{wb} + (H_{wo} - H_{wb}) \cdot \exp(-C_w \cdot T) \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 $H_{wb}$ : 基底地下水位(m)、 $H_{wo}$ : 初期地下水位(m)、 $C_w$ : 地下水位の低減係数( $d^{-1}$ )、 $T$ :  $H_w = H_{wo}$ からの経過時間(d)。

すなわち、 $dH_w / dT = -C_w \cdot (H_w - H_{wb})$ である。したがって、日地下水位低下量と地下水位との関係から $C_w$ が推定で



図-1 調査地概要 S=1/320,000

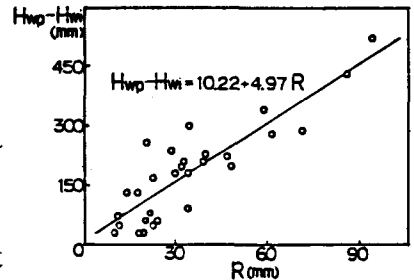


図-2 一連降雨量と地下水位上昇量 (観測井No.16)

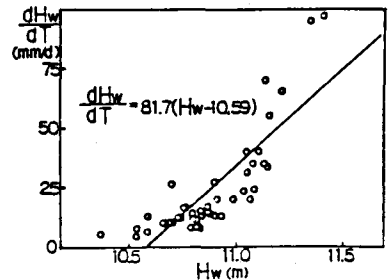


図-3 日水位低下量と地下水位 (観測井No.16)

きる。解析例を図-3に示す。

§4 結果

8井戸について解析した結果を表-1に、実測値との比較例を図-4に示す。

§5 考察

(1)地下水流出量の推定

降雨のうち表面流出を除くすべての成分が浸透し地下水位の上昇に寄与すると仮定すれば、地下水位上昇量は次式のように表される。

$$H_{wp} - H_{wi} = R \cdot (1 - f) / P \quad (3)$$

ここに、 $f$  : 表面流出率、 $P$  : 帯水層の有効間隙率、 $P = (1 - f) / a$ 、 $a$  : 雨量係数

概略の地下水流出量 $Q_w$ は次式により求められる。

$$Q_w = P \cdot d H_w / d T \quad (4)$$

表面流出率 $f$ を問題はあるが一律0.3と仮定し、各井戸について有効間隙率と地下水流出量を求めた結果を表-2に示す。表-2において低水位、豊水位とはそれぞれ、超過確率75%、25%の日平均地下水位を表す。

(2)低減時間の比較

低減時間を地下水位上昇開始から上昇前水位に戻るまでの時間と定義し、50mmのモデル降雨に対して、集中して降る場合と10回に分けて降る場合の相違を図-5に示す。また、豊水位時と低水位時の低減時間の相違を図-6に示す。

図-5より明らかのように降雨量が同じ場合、集中降雨と分散降雨とでは分散降雨のほうが低減時間が長い。また図-6から、地下水位がより低い時の降雨の方が低減時間が長くなる。他の観測井についても試算した結果、総雨量50mmの集中降雨と5mm×10回の分散降雨との低減時間の比は約1.05~1.24、豊水位時と低水位時の低減時間の比はいずれの雨量においても約2~3であった。このモデル計算において集中降雨と分散降雨とは、それぞれ降った雨をそのまま浸透させる場合と一時貯留して徐々に浸透させる場合に対応する。

§6 おわりに

先述のモデル計算の結果より、自然地盤の場合でも、降雨をそのまま浸透させるのと一時貯留して徐々に浸透させるのとでは、低減時間にはたかだか1.2倍程度の差しかない。浸透式下水道によって地下水をかん養し、地下水流出を増やし、河川の低水量の増加を望むならば、現在のようなただ浸透させるという方法だけではなく、豊水期に降った雨を貯留して低水期に地下に浸透させる、といった方法がより効果的であると考えられる。

最後に、地下水位の観測記録をこころよく提供していただきました。埼玉県庁土木部砂防課の方々には厚く御礼申し上げます。

参考文献 金子 良：農業水文学, 1973

表-1 各井戸の雨量係数と低減係数

井戸No.	年度	雨量係数	相関係数	低減係数( $d'$ )	相関係数
1	S.52	1.8	0.81	0.018	0.65
	S.53~S.56	8.6	0.80	0.052	0.69
7	S.52~S.56	2.8	0.92	0.012	0.43
8	S.52~S.56	4.3	0.93	0.019	0.69
12	S.52~S.54	10.4	0.87	0.035	0.83
	S.55~S.56	4.5	0.97	0.036	0.81
13	S.52~S.56	3.7	0.82	0.013	0.83
16	S.52~S.56	5.0	0.88	0.082	0.83
17	S.52~S.54	3.4	0.77	0.019	0.66
20	S.52	3.0	0.94	0.029	0.80
	S.53~S.56	2.4	0.79	0.053	0.88

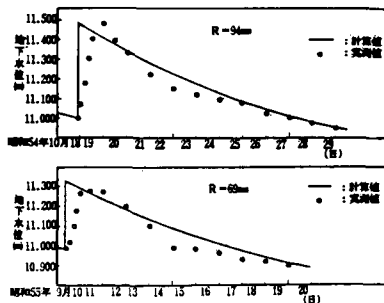


図-4 地下水位低減部の解析 (観測井No.16)

表-2 有効間隙率と地下水流出量

井戸No.	有効間隙率	S.55 地下水流出量(mm/d)		
		低水位時	豊水位時	比
1	0.08	1.40	2.71	1.9
7	0.25	1.90	2.42	1.3
8	0.16	2.07	5.20	2.5
12	0.16	0.50	2.05	4.1
13	0.19	2.52	4.71	1.9
16	0.14	1.61	5.28	3.3
17	0.21	4.63	7.66	1.7
20	0.29	1.25	6.70	5.4

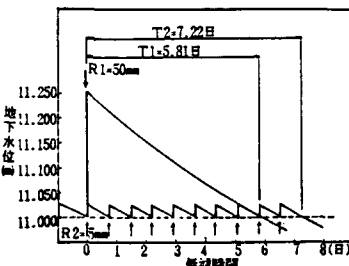


図-5 降雨形態による低減時間の相違 (観測井No.16)

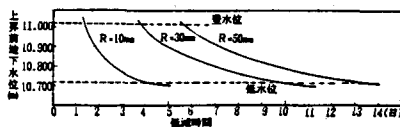


図-6 地下水位による低減時間の相違 (観測井No.16)