

東京大学生産技術研究所 正会員 虫明功臣
 東京大学 大学院 学生員 関 泰道

1. まえがき

流域の水循環機構を解明するには、地表面下での水の挙動を把握する必要があり、従って不飽和帯水分の動態に依存する地下水涵養量の評価は重要な課題となる。本稿では、多摩丘陵長池試験流域(図1)の尾根部に設置された不圧地下水観測井のうち、W1-L~W4-Lの4つを対象として、タンクモデルを用いた不圧地下水位変動モデルを作成し、モデルと流域の土質条件との対応、或いは地下水涵養量の時間的な変動特性について解析した。さらに、地下水位の低減特性から地下水涵養量を推定し、モデルの妥当性について検討を加えた。解析は日単位としている。

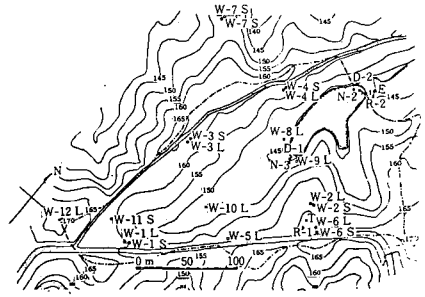


図1 長池試験流域の概要

2. 不圧地下水位変動モデルによる涵養量の推定

尾根部における観測井の地下水位変動の概念図と、ここで用いたモデルとの対応関係を図2に示す。基本的な考え方は以下の通りである。(1)観測井が尾根部に位置することから、不圧地下水の変動を支配するのは鉛直方向の地下水涵養と下流方向への地下水流出の二つの要素とする。(2)不飽和帯の土湿不足が補われるまでは地下水涵養が行なわれないと考え、モデルの上段タンクに不飽和帯の限界容量を設ける。上段タンクの高さは不飽和帯の水分保留能に対応し、これを越える降雨は表面流出となる。(3)上段からの浸透高をm倍して下段に入れるという操作を施す。このmの逆数は地下水変動部付近の土層の平均的な有効空隙率に相当する。(4)下段の横穴からの流出は地下水流出量に対応する。(5)蒸発散は、当試験流域に近接する東京農工大波丘地利用実験実習施設の小型蒸発計の資料を用い、月平均蒸発量(冬期1~3月はその値の70%)を無降雨日に上段タンクから差し引く。

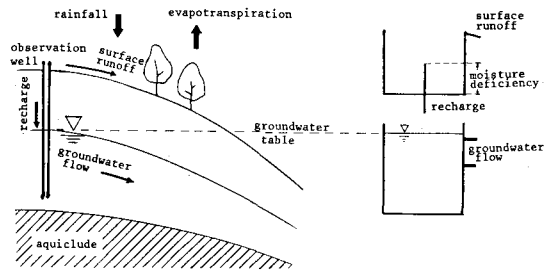


図2 地下水位変動モデルの概念図

こうして作成したモデルが図3であり、モデルによる計算結果の一例を図4に示す。降雨に対する時間遅れは通常1~2日となっている。W1-Lは最も浅い観測井で、モデルの上でも他の三つと異なることがわかる。上段から下段へ浸透させる際の倍率mに着目すると、 $m=18\sim40$ となっており、有効空隙率にして2.5~5.6%に相当する。一方、6-L地点(図1)で得られた有効空隙率の実測値が4%であり、上の値とほぼ符合している⁴⁾。また、このモデルで計算した地下水涵養量は表1(a)欄に示す通りで、観測井によって差がみられ、年間630~720mmとなっている。

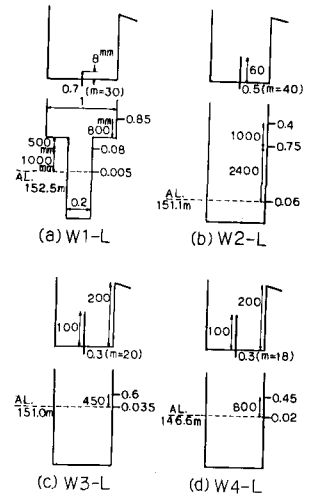


図3 各観測井のモデル

3. 地下水位の低減特性による涵養量の推定

尾根付近の地下水位が、鉛直方向の涵養と水平方向の地下水流去によって変動するものと考えるとき、 $R - G = \Delta H \cdot Pa$ (1)

R: 鉛直涵養量, G: 地下水流去量

ΔH : 地下水位上昇量, Pa : 有効空隙率

地下水流去量Gは、地下水位Hに依存するものと仮定して、涵養がないと考えられる期間について、 $G = f(H)$ の関係を調べた。その結果、図5に示すように、 $\Delta H \propto -H^2$ の関係が推定される。

一方、高木²⁾の不圧地下水モデルが尾根付近($\alpha = 0$)の地下水位変動に適用されるものとするれば、 $H(t) = H_0 / (\alpha t + 1)$ より、

$$dH/dt = -(a/H_0) H^2 \propto -H^2 \quad \text{..... (2)}$$

以上の考察から、 ΔH とHの関係に二次曲線を適用し、最小二乗法によって係数を定めた。

$$\left. \begin{aligned} W2-L; \quad \Delta H &= -5.74(H - 153.56)^2 \\ W3-L; \quad \Delta H &= -14.6(H - 146.93)^2 \\ W4-L; \quad \Delta H &= -19.0(H - 151.01)^2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(3)式に Pa を乗じたものが地下水流去量Gであり、これと(1)式によって、涵養が行なわれる期間に対して涵養量を計算することができる。 Pa については、すべての観測井で4%とした場合、及びモデルで得られた値を用いた場合の2つのケースについて涵養量を計算した。結果は表1(b)欄に示す。なお、W1-Lでは ΔH とHの関係に季節的に顕著な差が見られ、一本の曲線をあてはめることに問題があるため、今回の検討対象からは除外した。W1-Lでは、地下水位が地表面下5~6mと浅いために、蒸発散の影響がでているものと推察される。

4. まとめ

本稿では、地下水位変動を再現するように定めたタンクモデルと、地下水変動の水収支関係の2つの方法により、地下水涵養量の比較を行なった。 Pa を一律に4%とした場合、モデルによる涵養量と水収支によるそれとはかなり差があるが、モデルで得られた各観測井ごとの Pa を用いた場合、両者は比較的近い値を示す。このことは、タンクモデルが、帯水層の有効空隙率や地下水涵養量といった水循環の部分機構の評価にも有効であることを示唆している。

今回の解析では、蒸発散や土壌不足の扱いに問題が残されており、テンシオメーターによる観測資料の解析結果なども取り入れて、今後検討を進めるつもりである。

<参考文献> 1) 虫明・岡, 丘陵尾根部における不圧地下水位変動モデル, 土木学会関東支部年講 1980年1月
2) 高木不折, 低水流の低減特性に関する研究, 土木学会論文集 128号 PP.3~10, 1966年5月。

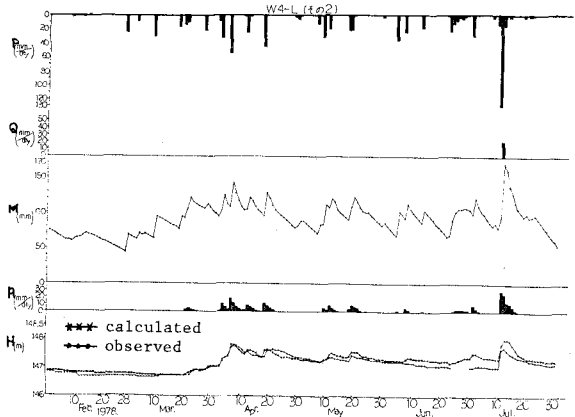


図4. モデルによる計算結果の例。
(P: 日雨量, Q: 表面流出量, R: 地下水涵養量
M: 不飽和帯水分量(上段タンクの水位), H: 地下水位)

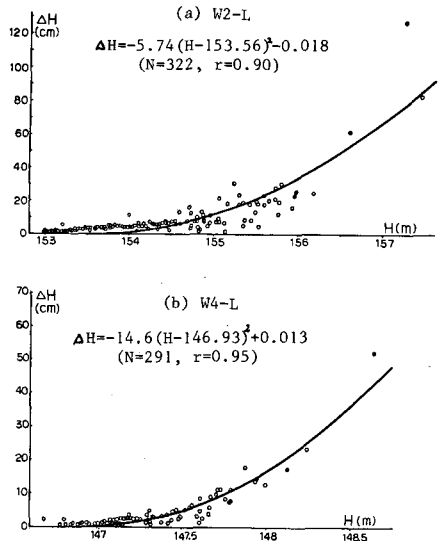


図5 ΔH とHとの関係

表1. 年間地下水涵養量
('77 9/1 ~ '78 8/31, 年雨量 1364mm)

観測井	単位 (mm)			
	(a) タンクモデル		(b) 地下水収支 (欠測期間は除外)	
	年間	欠測を除外した期間	モデルの Pa を使用した Pa	$Pa = 4\%$
W2-L	720	360	350(2.5)	570
W3-L	630	320	350(5)	280
W4-L	630	420	250(5.6)	180