

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣
 東京大学大学院 学生員 〇岡 泰道

1. はじめに

本稿では、多摩ニュータウン内の都市化試験流域における雨量・不圧地下水位の観測記録に基づき、タンクモデルを用いて不圧地下水位変動モデルを作成した。さらに、モデルのパラメータ及び地下水涵養量について、前報¹⁾で得られている自然流域での結果と比較し、都市化の影響についても検討を加えた。

2. 永山試験流域の概要

図1に示す永山試験流域は多摩川水系谷田川の支川の最上流部の住宅団地に位置し、関東ローマで被覆された第3紀丘陵地が造成されたものであり、流域面積は2.8 km^2 、標高は113~119 m である。図1の6-6、D-D断面での地層断面図を図2に示す。図中、稲城互層は泥岩質のもので、不透水層と見なされる。この層は流域地下全体に連続して広がり、約1.5%の勾配をもって下流に下がっていることがわかる。本研究で対象としている不圧地下水は、この層の上部の砂層中に存在している。不圧地下水観測井はW-1~W-3の三つであるが、今回はW-1、W-2の二つについて解析を行なった。解析の対象とした期間は'78年11月~'80年11月のほぼ2年間である。

3. 不圧地下水位変動モデルと地下水涵養量

モデルとしては基本的には自然流域の場合と同様、図3に示す直列2段のタンクモデルを用いる。上段タンクが不飽和帯に、下段タンクが地下水帯に対応しており、下段の水位が地下水位を表わす。上段の R_g は不飽和帯の限界容量で、 R_g を越える降雨のみが地下水に涵養される。 R_g 以下の水分は毛管力等によって不飽和帯に保持されているものを表わす。また、実測と計算の地下水位を対応させるため、上段からの浸透高を m 倍して下段に入れる。この m の逆数は、地下水位変動部付近の土層の有効空隙率に相当する。このモデルは観測井の上流側からの地下水流入がない場合にのみ有効であり、W-1、W-2のように泥成斜面にある観測井の場合、高水位部での波形

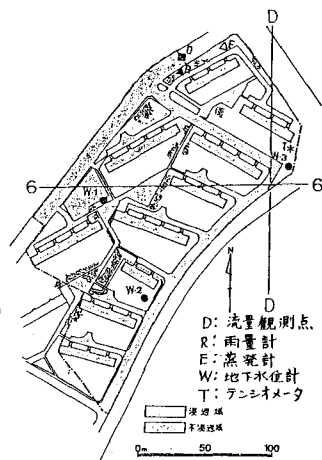


図1 永山試験流域の概要

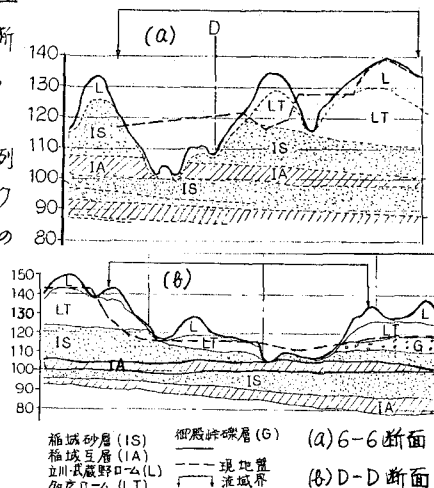


図2 地層断面図

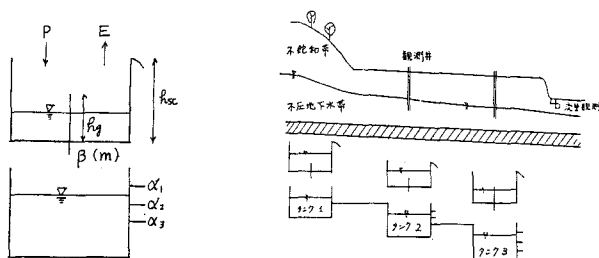


図3 地下水位変動モデル

図4 永山流域のモデルの概念図

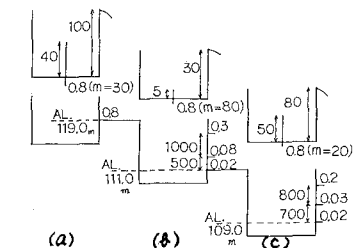


図5 不圧地下水位変動モデル(永山)

(a)最上流部 (b)W-2 (c)W-1

を近似させることは困難であった。こうした点を改善するには図4に示すような並列モデルが必要となる。前節で指摘したように、永山流域の不圧地下水帯はW-2 からW-1 の方向に傾斜しており、かつ、地表水の流域界と地下水の流域界とが一致していないため、流域外からの地下水流入もあると考えられる。従って、図4のタンク1を最上流尾根部(流域外)に相当するタンクとし、タンク2, 3をそれぞれW-2, W-1に対応させ、実測地下水位に基づいてシミュレーションを行ない、パラメータを決定した(図5)。モデルによる計算結果は図6に示す通りで、P, Q, M, R, Hは雨量、直接流出量、不飽和帯水分量の変化(上段タンクの水
位)、地下水涵養量をそれぞれ表わす。次に図5のモデルを用いて計算した、各観測井の年間地下水涵養量を表1に示す。年雨量の半分程度が地下水に涵養されていることがわかる。

4. 自然流域と都市化流域の地下水涵養機構の比較

a) 不圧地下水位変動モデルのパラメータ

不飽和帯の限界容量 f_g は蒸発散量の算定方法に大きく依存するが、一方、不飽和帯表層の間隙特性によっても変化する。つまり、都市化流域では f_g が小さくなっているが、これは、向隙径が大きく、有効向隙の多い表層土壌が、切土・盛土・転圧等により消失したためと考えられる。また不飽和帯の水分保留能 f_{sc} も都市化流域の方がかなり小さく、表面流出が起りやすいという結果を示している。これについても、 f_g と同様な解釈が可能である。しかし、両流域で採取した土壌サンプルによれば、総向隙にあまり差がないことが認められており、モデル上での f_{sc} の差が、表層土壌水のエネルギーレベルの高低、植生の有無等に起因して、見かけ上表われているに過ぎないとも考えられる。係数 β は、一概には言えないが、都市化流域の方が大きく、有効向隙が少ないにもかかわらず、浸透水の伝達が速いという結果になっている。この事実は、降雨に対する地下水位の反応が極めて速いことと合わせて考えれば、地下水涵養がポテンシャルに基づく水分移動ではなく、ピストン流動的な現象となっていると解釈できる。次に、地下水涵養時の倍率 m 、あるいは下段の流出孔の係数とその位置は観測井付近の帯水層の特性によって決まるものであり、都市化の影響はあまり受けない。従って、流域の都市化による影響は主として不飽和帯タンクに表われることがわかる。

b) 地下水涵養量

今回対象とした都市化流域の降雨量は自然流域のものと異なっているため、ここでは比較の意味で、自然流域の3年間の雨量データを用い、都市化流域のモデルで涵養量を推定した。表2(a),(b)楠に自然・都市化両流域の、同じ雨量に対する年間地下水涵養を、各観測井毎に示すが、両流域に差は見られず、同程度の値となっている。

<参考文献> 1) 虫明・岡：南東ローム被覆丘陵の尾根部における不圧地下水涵養量、第35回年講、1980。
2) 虫明・岡・小池：南東ローム被覆丘陵の尾根部における不圧地下水涵養量(2)、第8回南東支部年講、1981。

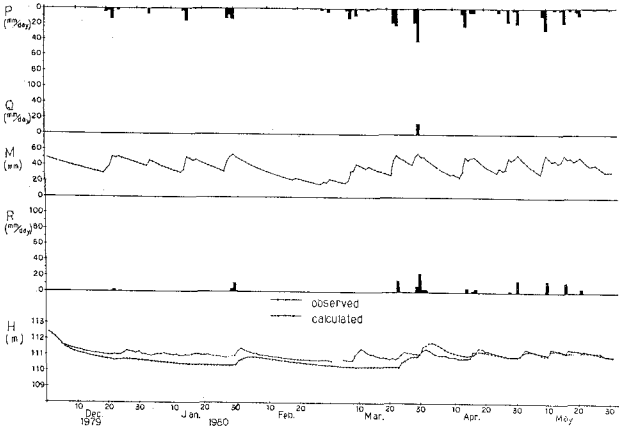


図6 モデルによる計算結果(永山 W-1)

表1 年間地下水涵養量(永山流域)
(79年12月~80年11月、単位mm)

雨量	W-1	W-2
1377	690	830

表2 長池雨量を用いた場合の
地下水涵養量の比較

期間	雨量	流域	観測井	涵養量
1977 Sep. 1978 Aug.	1369	長池 (自然)	W1-L	1080
			W2-L	680
			W3-L	650
			W4-L	660
		永山 (都市化)	W-1	550
			W-2	700
1978 Sep. 1979 Aug.	1295	長池	W1-L	1000
			W2-L	560
			W3-L	520
			W4-L	530
		永山	W-1	570
			W-2	730
1979 Sep. 1980 Aug.	1910	長池	W1-L	1630
			W2-L	1210
			W3-L	1160
			W4-L	1180
		永山	W-1	1050
			W-2	1160