

東京大学生産技術研究所	正會員	虫 明 功 臣
東京大学大学院	○學生員	岡 泰 道
東京大学生産技術研究所	正會員	小 池 雅 洋

1. はじめに

筆者らは、流域の水循環機構及びその都市化による変化を解明する上で、地表面下での水の動き、即ち不飽和帯水分量、地下水涵養量、地下水流出量等の評価に重点を置いて研究を進めている。前報では、図1に示す長池試験流域（未開発地区）における不圧地下水観測井のうち、W1-L~W4-Lの4つを対象として、タンクモデル及び地下水収支の二通りの方法で年間地下水涵養量を算定し、タンクモデルが水循環の部分機構の評価にも有効であることを示した。しかし、①蒸発散の引き方、②地下水面が浅いW1-Lの水位変動特性の季節的相違についての扱い方、が問題として残されていた。本報では解析の対象とする期間を1977年8月~1980年9月と延ばすとともに、これらの二つの問題の解決を試みた。

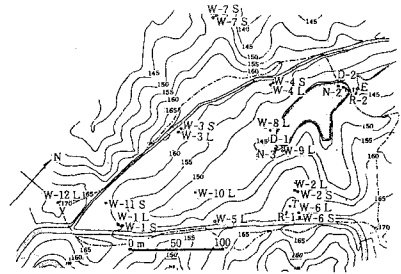


図1 長池試験流域の概要

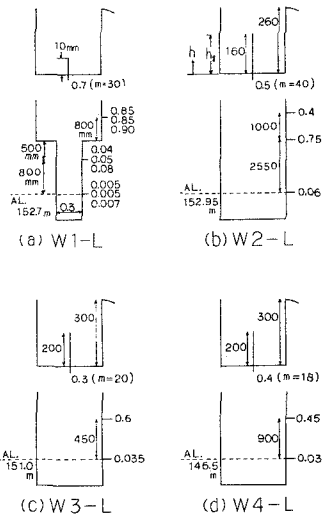


図8. 改良したモデル

2. 不圧地下水位変動モデルの改良

前報まで蒸発散は負の入力として、パン蒸発量 E_p の月平均値を上段タンクから引いていた。しかし、テニシオメータによる観測記録の解析より、不飽和帯水分量が減少すれば蒸発数量も少なくなるという関係が得られており、²⁾ 今回はこの結果をモデルに組み込むことにする。

Horton³⁾は、降雨終了後 t 時間後の土湿度に対して次式を提案している。

$$\theta = \theta_h + (\theta_f - \theta_h) e^{-kt} \text{ ----- (1)}$$

ただし、 θ_f :最小容水量、 θ_h :吸着水容量、 k :定数

ここで土湿の減少を蒸発散量 E と考えれば次式を得る。

$$E = k(\theta - \theta_h) \quad \text{--- --- --- (2)}$$

この関係はタンクモデル上で表現すると(図2(b)参照)

$$E = \begin{cases} \alpha E_p & h \geq h_g \\ \alpha E_p (h/h_g) & h < h_g \end{cases} \quad \text{-----}(3)$$

ただし、 α :係数で0.7~0.8を使用、 E_p :パンからの月平均蒸発量

こうした操作に伴い、いずれの観測井についても、上段タンクの限界容量 f_g はかなり大きくなった。また、W1-Lにおいては、地下水面が浅いため、蒸発散として消費される水分が、毛管上昇により地下水帯からもある程度補給されると考え、(3)式のEの3割を下段から引いた。さらに、地下水位の低減に季節的に顕著な差が見られるため、1年を3期に分け、下段の流出孔の係数を、①5, 6, 11月、②12~4月、③7~10月でそれぞれ変えた。改良したモデルは図8に示す通りである。W2-Lを除けば、計算水位と実測水位はほぼ一致し、妥当

な結果を与えることがわかった。W2-Lについては、実測値と計算値の適合度があまりよくない。この原因は、W2-Lが厳密には尾根をはずれた山腹斜面にあり、地下水位の変動を支配する要素として、鉛直方向の地下水涵

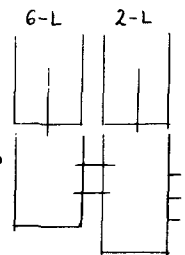


图 3

養以外に上流からの水平方向の流入があるためと考えられる。従って今後は、図3に示すような2×2型のモデルで解析する必要があると思われる。

3. 地下水収支による涵養量の推定

地下水涵養がないと考えられる期間の尾根部の地下水位の低減は $\Delta H \propto (H - H_0)^2$ の関係で表わされる²⁾。ただし、 ΔH は地下水位低下量 (cm)、 H は地下水位標高 (m) である。この $\Delta H \sim H$ の関係を実測資料をもとに最小二乗法により決定し、実際の水位低下量 (或いは上昇量) と ΔH との差から地下水涵養量を求める。W2-L ~ W4-L については発表済みであるので、ここでは W1-L について述べる。

W1-L では、地下水位変動に季節的な差がみられ、 $\Delta H \sim H$ の関係を一本の曲線に当てはめることには難があるため、図6に示すように、7~10月と11~6月の2つに分けた。これはタンクモデル法において下段の流出孔の係数を3期に分けたことに対応しており、実際は同様に3期程度に分けた方が妥当であると思われる。このことはグラフ上でも、低水位部において、同じ ΔH に対する H が広範囲に分布しており、大体において冬期に近い程右寄り、夏期に近い程左寄りになっていることからもうかがえる。しかし高水位部のデータが少ないため、現時点では2期に分けるのが限界であった。

4. タンクモデルと地下水収支による涵養量の比較

タンクモデルと地下水収支により算定した地下水涵養量を、各観測井毎、年毎に表1 (a) (b) 欄に対比する。W1-L では上記の理由により水収支の方がタンクモデルより大き目の値となっているが、比較的適合している。W2-L ~ W4-L については2年目以降に特に差がみられるが、 $\Delta H \sim H$ 曲線が最初の一年のデータに基づいていることが原因の一つとして挙げられる。さらに W2-L では、前節のタンクモデルのシミュレーションでも指摘したように、鉛直涵養の他に上流からの地下水流入が水位変動に影響を及ぼしていると考えられ、この効果を取り入れてタンクモデル、水収支とも再検討が必要であろう。

今回の解析に際し、パン蒸発量の資料は、東京農工大波丘地利用実験実習施設から載いた。また、研究費の一部として財団法人とうきゅう環境浄化財団の助成を受けている。記して感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 虫明・岡；関東ローマ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，Ⅱ-295，1980.
- 2) 虫明・小池・内田；深度別テンシオメーターの観測記録に基づく日蒸発散量の推定，第35回年講，Ⅱ-297，1980.
- 3) Horton, R. E: Analysis of runoff-plat experiment with varying infiltration-capacity, Trans. Amer. Geophys. Union, 693-711, 1939.

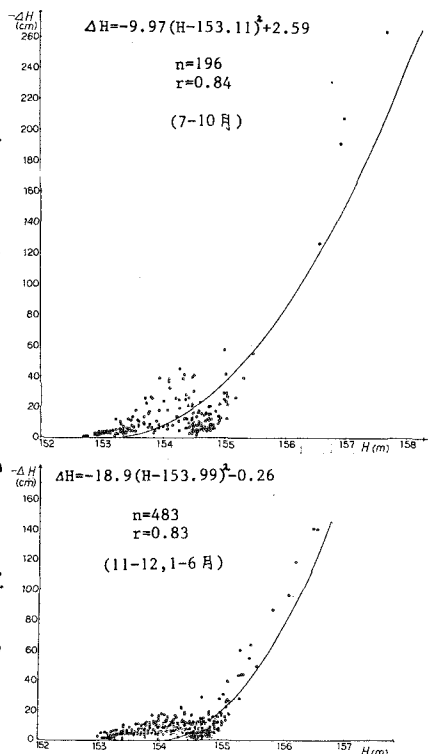


図4 $\Delta H \sim H$ の関係 (W1-L)

表1. 各観測井の年間地下水涵養量

期間	雨量	観測井	(a) タンクモデル		(b) 地下水収支 (公測期間日数)	
			年間	尺測を除いた期間	モデルの係数を使用	$P_0 = 4\%$
1977 Sep 1978 Aug	1369	W1-L	1080	770	880	1050
		W2-L	680	370	350	560
		W3-L	650	320	350	280
		W4-L	660	450	250	180
1978 Sep 1979 Aug	1295	W1-L	1000	770	1210	1450
		W2-L	560	360	190	300
		W3-L	520	350	630	500
		W4-L	530	380	260	190
1979 Sep 1980 Aug	1910	W1-L	1630	1510	1900	2280
		W2-L	1210	710	170	280
		W3-L	1160	1050	1140	910
		W4-L	1180	1090	710	510