

降雨に対する山地地下水応答の空間分布特性

九州大学工学部 学生員 ○西崎 朋和
九州大学工学部 学生員 中川 啓
九州大学工学部 正会員 神野 健二

1. はじめに：土地を新規に開発するにあたって、その地域の水収支を評価することは重要なことである。そこで本研究では、F市のある地区における降雨量と地下水位のデータを解析し、観測井戸ごとに有効空隙率を算出し、その浸透特性の把握を行うため、地下水涵養モデルを用い降雨に対する地下水涵養量の空間的な分布を検討した。

2. 観測地点の概要：図-1に本研究における解析地域の概要を示す。同地区の地下水は、これまでの調査から変成岩類、花崗岩類中の不圧地下水であることが明らかになっている。また、観測地点の海拔標高についてはWL1は1m、WL2は32m、WL3は9m、WL4は15mである。

3. 地下水涵養量の推定：

3.1 地下水涵養モデル：ここでは、図-2に示すように地下水位の上昇期みのデータと時間雨量とを用いる降雨の地下水涵養モデルを考えた。なお、今回は蒸発散 $ET(t)$ は考慮していない。 $R(t)$ を時間降雨量、 $Y(h_r(t)-R_0)=h_r(t) \geq R_0$ のとき1、 $h_r(t) < R_0$ のとき0をとるステップ関数、 $h_r(t)$ をタンク中の水位、 h_L を流出孔の高さ、 a_L を流出係数、 $q_w(t)$ を不飽和帯から地下水面への流出量として、

$$\frac{dh_r}{dt} = r(t) - q_w(t) - ET(t) \quad (1)$$

$$q_w(t) = Y(h_r(t) - R_0) a_L \{h_r(t) - R_0\} \quad (2)$$

一方、時刻における地下水位の標高を $H_w(t)$ 、有効空隙率を n_e とすれば、次式が成り立つ。

$$\frac{dH_w(t)}{dt} = \frac{q_w(t)}{n_e} \quad (3)$$

したがって、パラメータである a_L を観測した地下水位の上昇に、上式による計算値が最もあうように求めることにより降雨 $R(t)$ に対する応答モデルを作ることができる。そこで、 a_L の値を変化させ、次式で示される評価関数 J を求め、この J を最も小さくする値を a_L として同定した。

$$J = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(h_{obs.}(t) - h_{cal.}(t))^2}{N}} \quad (4)$$

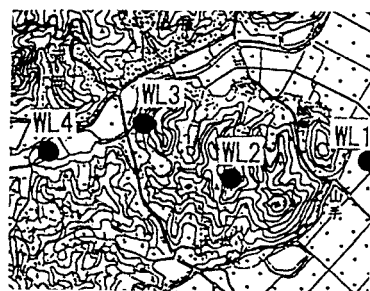


図-1 解析対象地の概要

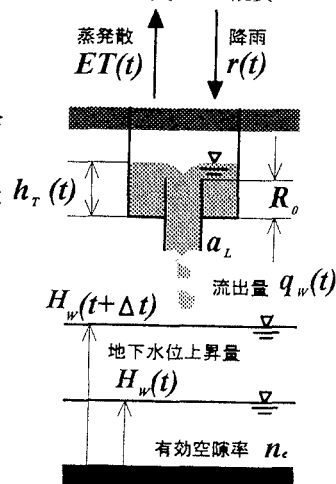


図-2 地下水涵養モデル

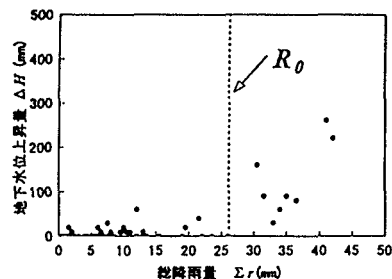


図-3 降雨と地下水位との関係 (WL2)

ここで、 $h_{\text{obs}}(t)$:地下水位上昇量の実測値(mm)、 $h_{\text{cal}}(t)$:地下水位上昇量の計算値(mm)、 N :観測時間数とする。

3.2 解析の方法: 地下水位の変化は、井戸からの揚水、灌漑用水の影響などの人為的要因と、降雨による上昇、淡水の海側への流出や蒸発散による低下、気圧変化にともなう変化などの自然的要因が考えられる。本研究では、降雨による地下水の上昇のみを考える。まず、一雨の涵養高さ($\Sigma r - R_0$)(mm)と有効空隙率 n_e について検討した。なお涵養高さは、一雨の積算降雨量 Σr (mm)から初期損失雨量 R_0 (mm)を差し引いたものである。ここで、 R_0 は一雨の降雨量 Σr の中で、地下水位上昇が認められなかった最大の Σr の値を初期損失雨量として取り扱った。また、有効空隙率 n_e は涵養高さ($\Sigma r - R_0$)を地下水位上昇量 ΔH で割ったものとして算出した。求められた n_e と R_0 を用いて、地下水涵養モデルを適用し(4)式で示される評価関数 J を最小にする a_L を求めた。

3.3 結果と考察: ここでは、例として、観測ボーリング孔地点WL2について示す。図-3には、WL1における一雨の降雨量と地下水位との関係を示す。同図より、この地点では、 $R_0=26\text{mm}$ と推定される。図-4には、 n_e を検討するための地下水位上昇量と涵養高さの関係を示している。 n_e は、0.014から0.233の間にばらついていますが、平均値0.0984をこの地点の有効空隙率として同定した。図-5には、 a_L の最適値を求めるための感度解析結果を示しており、 J の値を最小とする0.25が a_L として求められた。図-6には、以上のようにして求められた R_0 と a_L を用いた地下水涵養モデルによる計算値と実測値を比較して示しているが、おおむね、地下水位の上昇の再現ができています。表-1には、他の地点を含む、観測井戸ごとの有効空隙率 n_e 、初期損失降雨量 R_0 、流出係数 a_L について示している。全体的に n_e の値は高い値を示しており、対象地区の降雨の貯留能力は高いと考えられる。WL2地点は、 a_L が小さくなっていることから、地表面より浸透した雨水が地下水面に到達するまでに時間がかかることが推測される。WL4地点では、 a_L の値が1を越えているが、これは地下水位上昇時間を長くとりすぎたために地下水位の上昇が雨水によるものだけでなく、山からの淡水の流入を含んだためと考えられる。

4. おわりに: 本研究では、F市のある地区における降雨量と地下水位のデータから地下水涵養モデルを用いて、本地区における降雨の浸透特性について検討した。本モデルにより、おおむね、地下水位上昇の傾向を再現できることがわかった。

謝辞: 本研究にあたり貴重な資料を頂いた九州大学農学部脇水健次先生に深く感謝いたします。

参考文献: 1) 神野健二・茹瑛・中川啓・細川土佐男・田尻要・西山浩司: 塩水侵入阻止型地下ダムによる水資源開発可能量の評価について, 水工学論文集, 第40巻, pp. 51-56, 1996

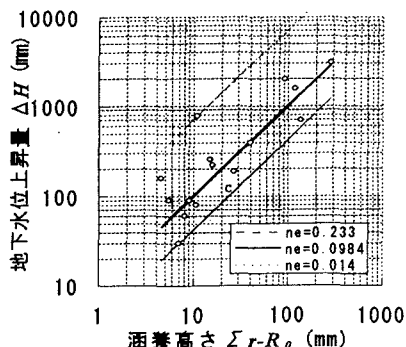


図-4 地下水位上昇量と涵養高さの関係(WL2)

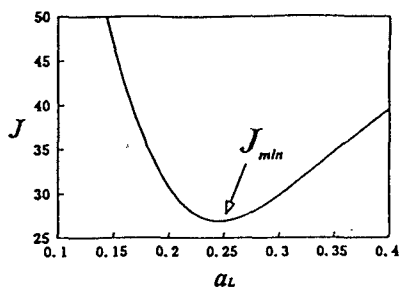


図-5 a_L の感度解析

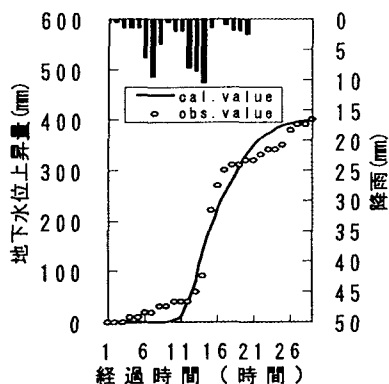


図-6 地下水位上昇の時系列(WL2)

表-1 観測井戸ごとの有効空隙率、初期損失雨量、タンクモデルの流出係数

観測地点	WL1	WL2	WL3	WL4
n_e	0.161	0.0984	0.161	0.175
R_0	8	26	7	14
a_L	0.9	0.25	0.66	1.27