

筑後・佐賀平野における浅部地下水涵養モデルの構築と解析

九州大学工学部 学生員○吉岡 隆宏 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 周 国云 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩

1. はじめに

筑後・佐賀平野における地盤沈下は、広域かつ過剰な地下水の揚水に起因する地盤中の軟弱な粘土層の圧密により生じる。地盤沈下は1957年から続いており、1999年までに累積最大沈下量は124cm、沈下面積は320km²に及んでいる。

本研究では、広域地下水流動—地盤沈下に関連する降雨による平野の浅部地下水への涵養量を明らかにするために、空間情報の管理・解析機能に優れたGIS(Geographic Information System)を用いて、降雨量、浅部地下水位の変動、蒸発散を考慮したタンクモデルによる筑後・佐賀平野における浅部地下水涵養モデルの構築と解析を行う。

2. GISを用いた筑後・佐賀平野の水収支解析

2.1 解析方法

解析は日単位で行うものとして、より実現に近い解析が可能なタンクモデルを用いる。Fig.1に地下水涵養モデルの概念図¹⁾を示す。筑後・佐賀平野の地表面は平坦であり、降雨による地下水の中間流出は無視できるものとし、降水、蒸発散、涵養のみを考え、タンク内の水位が初期損失雨量より大きい場合に涵養が生じ、地下水位の上昇が起こるものとしてモデルを構築する。以下にタンク内の水位の変化式及び地下水への涵養を表す式を示す。

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

$$q_w(t) = a_L \{h_T(t) - R_0\} \times Y[h_T(t) - R_0] \quad (2)$$

ここで、 h_T : タンク内の水位(mm) $q_w(t)$: 涵養量(mm)

$r(t)$: 表面流出を除いた降水量(mm) a_L : 流出係数

$ET(t)$: 蒸発散量(mm) R_0 : 初期損失雨量(mm)

n_e : 有効空隙率 $Y[h_T(t) - R_0]$: $h_T \geq R_0$ のとき1,

$h_T < R_0$ のとき0をとるステップ関数

一方、観測井の水位を h_w とすると次式が成り立つ。

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

以下に上式(1)~(3)の各パラメータの具体的な算出方法について述べる。

2.2 地下水涵養モデルの構築

解析範囲には、数点のアメダス観測所、及び数十点の地下水位観測所が散在する。観測所の数は限られているため、ティーセン法を用い、観測所のデータを代表値としてそれぞれの分割領域に与える。Fig.2に観測所によるティーセン分割を示す。解析は各地下水位観測所ごとに行い、解析期間は1979~2000年の22年間とする。

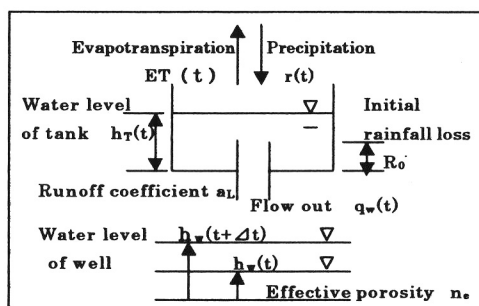


Fig.1 Concept model of shallow groundwater recharge.

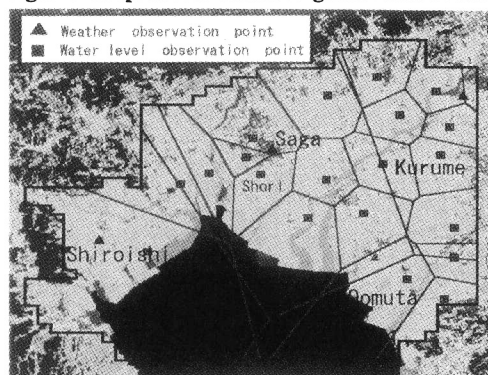


Fig.2 Thiessens division of weather and water level observation point.

2.2.1 降水量 $r(t)$

降水量は筑後・佐賀平野に関係するアメダスデータを用いる。実際にタンクモデルに用いる場合は、降水量から表面流出を除いた値を用いる必要がある。そこで、GISの空間解析機能を用い、それぞれの分割領域毎に土地利用区分を集計し、表面流出率 F を算出する。Table 1に例として正里の土地利用区分の集計結果及び土地利用毎の基本表面流出係数 B の値を示す。

2.2.2 蒸発散量 $ET(t)$

蒸発散量の推定には、日単位での推定が可能なペンマン(Penman)の方法²⁾を用いた。蒸発散の推定結果では、年間蒸発散量は、700~800mmという平均値が得られた。また、Fig.3に各地点の月別日蒸発散量の平均値を示すと、季節的な変化もよく表現された。

2.2.3 初期損失雨量 R_0

初期損失雨量は、降雨に対して、地下水位上昇が起こらない場合の最大の降雨量と定義する。そこで連続した一雨の降雨量に対して、地下水位が上昇しない場

合の降水量（損失雨量）を求める。確率的に降水により地下水位が上昇する場合としない場合の境界を判断して、分割領域の地質及び一雨の降雨量毎の損失雨量の頻度を考慮しながら、初期損失雨量を決定する。正里においては3mmという値が得られた。

2.2.4 有効空隙率 n_e

有効空隙率とは材料母材内に存在する母材の微小欠損部分である空隙部分において、実際に重力水が流れる有効部分の空隙の割合と定義され、次式で求められる。算出した値の平均値をその観測所の有効空隙率 n_e とした。正里においては0.14という値が得られた。

$$n_e = \frac{\sum r - R_0}{\Delta H} \quad (4)$$

ここで、 $\sum r$ ：一雨の降雨量 (mm)
 ΔH ：地下水位の上昇高さ (mm)

2.3 流出係数 a_L の同定

求められた初期損失雨量 R_0 と有効空隙率 n_e を地下水涵養モデル式(1)~(3)に適用して、 a_L を逆算する。さらに a_L の値を変化させ、次式で示される評価関数 J が最小となる流出係数 a_L を求め、その観測所における流出係数 a_L とする。Fig.4 に評価関数 J による感度解析の結果を示す。

$$J = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(h_{obs}(t) - h_{cal}(t))^2}{N}} \quad (5)$$

ここで、 $h_{obs}(t)$ ：地下水位上昇量の実測値 (mm)
 $h_{cal}(t)$ ：地下水位上昇量の計算値 (mm) N ：観測日数

Table 2 に求めた正里の表面流出率 F 、初期損失雨量 R_0 、有効空隙率 n_e 、流出係数 a_L の値を示す。

2.4 地下水涵養モデルの適用

以上のようにして求めた地下水涵養モデルのパラメータである流出係数 a_L を用いて、実測値との比較を行った。Fig.5 に正里における地下水位上昇を再現した結果を示す。構築したモデルは地下水位上昇の傾向を表現している。正里の平均日涵養量は7月で2.2(mm/day)、12月で0.2(mm/day)という結果が得られた。

3. 結論

本研究では、降水、蒸発散、浅部地下水位の変動を考慮し、浅部地下水涵養モデルを構築した。このモデルにより計算した地下水位と実測値との比較の結果、降水による地下水上昇現象を反映することができ、さらに、浅部地下水への涵養量を日単位で評価することができた。今後、地質地形特性からのパラメータの検討、及び観測所同士の涵養の特徴や関係を調べ、平野全体の涵養量を求める予定である。

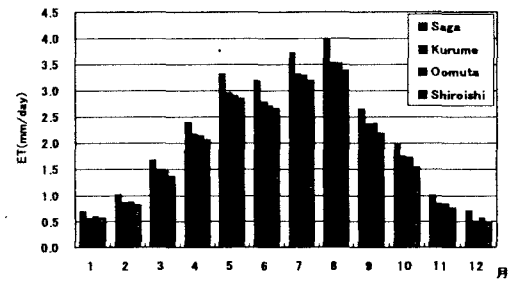


Fig.3 Daily average evapotranspiration of each month in Chikugo-Saga plain.

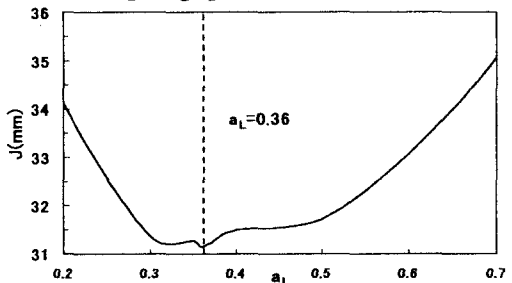


Fig.4 Sensitivity analysis results in Shori.

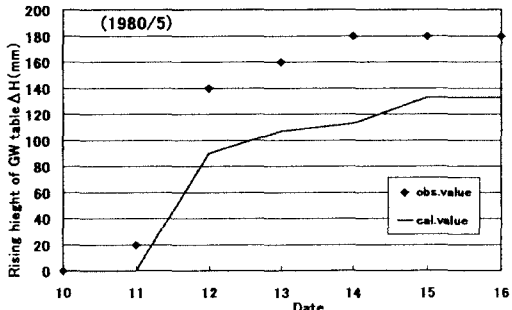


Fig.5 Grandwater level simulation results in Shori.

Table 1 Land use rate in Shori and basic surface runoff coefficient in each land use.

land use	Area(m ²)	Area/total	B
paddy	22215538	76%	0.7
patch	0	0%	0.52
orchard	25302	0%	0.63
other orchard	0	0%	0.63
forest	0	0%	0.52
barren land	50605	0%	0.6
structure1	506049	2%	0.9
structure2	5642443	19%	0.9
traffic lot	75907	0%	0.85
other traffic lot	581956	2%	0.8
seashore	0	0%	0.2
total	29097801	100%	

Table 2 Tank model parameter in Shori.

F	Ro(mm)	n_e	a_L
0.74	3	0.14	0.36

参考文献

- 1) 餅原実：沖積平野における地下水位の塩化解析
九州大学修士論文，2000
- 2) 八千代エンジニアリング株式会社：大野城市域水賦存量調査検討委員会資料，2000