

## 肝属川流域における地下水涵養モデルの構築

鹿児島大学農学部 正会員 ○中川 啓・梶井和朗

鹿児島大学農学部 堀 貴典

九州大学大学院工学研究院 正会員 神野健二

### 1. はじめに

鹿児島県大隈半島は、我が国有数の食糧生産基地であるが、化学肥料や家畜糞尿が原因と考えられる硝酸性窒素による地下水汚染が問題になっている。周辺住民は飲料水の大部分をこの地下水に頼っているため、健康を害する危険性が懸念されている。よって現状での汚染物質の動態を数値シミュレーションにより明らかにし、適切な対処法を確立することが求められている。本研究では広域的な数値シミュレーションモデルを構築する第一段階として、降雨による地下水涵養量を評価する為の地下水涵養モデルを検討した。

### 2. 地下水涵養モデル<sup>1)-3)</sup>

図-1 に本研究で適用した地下水涵養モデルの概要を示す。降雨  $r$  は、蒸発散量  $ET$  と表面流出成分  $F(r) \cdot r$  を除く  $\{1-F(r)\} \cdot r$  が地下浸透成分となり、タンクへ貯留される。タンクの水位  $h_w$  が初期損失高  $R_0$  を超えると、地下水への涵養が開始される。また流出係数  $a$  を考慮した量が地下水涵養量  $q_w$  となる。この涵養量  $q_w$  は、地下水位  $h_f$  の上昇に寄与する。以下、本モデルで用いる基礎式を示す。なお蒸発散量は修正ペンマン式によった。

・ タンク内の水位の変化を表す式 :

$$\frac{dh_w}{dt} = \{1 - F(r)\} \cdot r - q_w - ET \tag{1}$$

・ 地下水への涵養量を表す式 :

$$q_w = a \cdot (h_w - R_0) \times Y(h_w - R_0) \tag{2}$$

ここで、 $Y(h_w - R_0)$  は  $h_w \geq R_0$  のとき 1,  $h_w < R_0$  のとき 0 をとるステップ関数とする。

・ 表面流出率を表す式 :

$$F(r) = \frac{r}{r + r_{1/2}} \cdot F_\infty \tag{3}$$

ここで、 $F_\infty$  は  $r \rightarrow \infty$  に対応する  $F(r)$  の極限值、 $r_{1/2}$  は  $F(r) = F_\infty / 2$  に対応する  $r$  の値を表すパラメータである。

・ 地下水位の上昇を表す式 :

$$\frac{\partial h_f}{\partial t} = \frac{q_w}{n_e} \tag{4}$$

ここで、 $n_e$  は有効間隙率で、対象地のシラス層の場合 0.6 とした。

### 3. モデルパラメータの同定

#### 3-1. 初期損失高 $R_0$ の同定

研究対象地で測定された深度 10 cm から 100 cm における 10 cm 毎のマトリックポテンシャルを、van Genuchten 式を用いて土層 10 cm 毎の土壌水分量  $\theta$  に換算した。図-2 は、一雨の降雨イベントとそれに対応した深度 50 cm における土壌水分増加量  $\Delta \theta$  の関係を示す。これより  $R_0$  は、土壌水分の増加  $\Delta \theta$  が無視できる積算降雨量  $\Sigma r$  の最小値と考え、 $R_0 = 4.5$  (mm) と定めた。

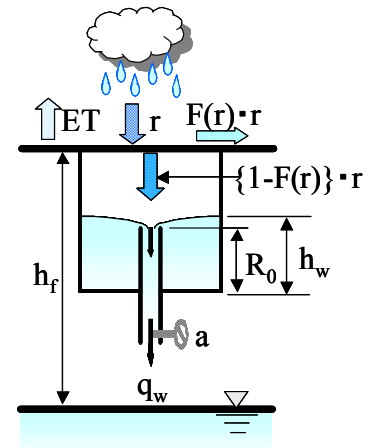


図-1 地下水涵養モデルの原理

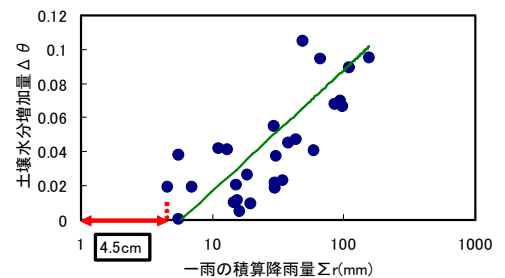


図-2 一雨の積算降雨量と土壌水分増加量

3-2.  $r_{1/2}$  の同定

図-3は500m×500mのメッシュで区切った肝属川流域における土地利用状況を表している。土地利用分布や各要素の規模が確認できる。図-4は、一雨の降雨イベントによる肝属川流量の増分 $\Delta Q$ と流域全体の積算表面流出量 $\Sigma\{F(r)A\}$ の関係を表す。 $A$ は1メッシュの面積、すなわち、250000 $m^2$ である。 $\Delta Q$ は図-3に示した俣瀬で観測された流量を基に算出し、 $\Sigma\{F(r)A\}$ は、式(3)から表面流出率 $F(r)$ を求めて $\Delta Q$ と同じになる様にパラメータ $r_{1/2}$ を決定する。 $F_{\infty}$ は土地利用状況から定まる値として既存の技術資料<sup>4)</sup>より与えた。以上より同定された値は、 $r_{1/2}=106$ (mm/day)となる。

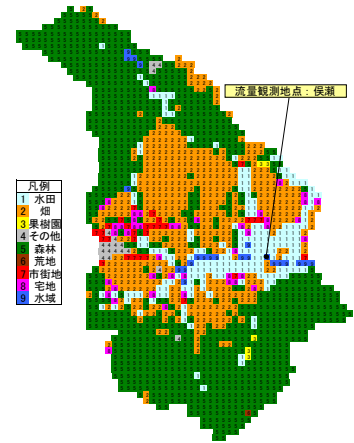


図-3 肝属川流域の土地利用図

図-4にこのときの積算流出量と河川流量増分の関係を示す。

3-3. 流出係数  $a$  の同定

研究対象地は、圃場における年間の水収支解析により降雨量の36.8%が地下水へ涵養されることが確認されている<sup>5)</sup>。その量を $q_{out}$ として、タンクモデルより算出された涵養量 $q_w$ が $q_{out}$ と同じになる様に流出係数 $a$ を同定する。 $q_w$ は、式(2)より求める。表面流出率は年間水収支が検討された畑の場合で考える。また $R_0$ と $r_{1/2}$ は、上で同定した値を用いる。その結果は図-5のようであり、 $a=0.31$ (1/day)と同定された。

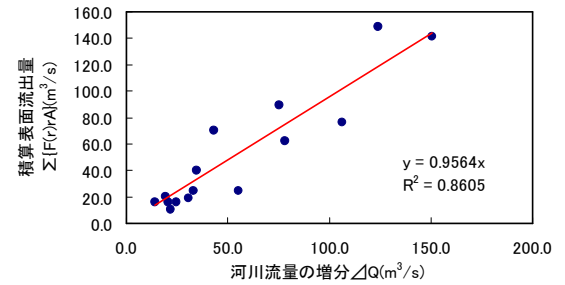


図-4 河川流量の増分と積算表面流出量

4. 地下水位上昇量の評価

式(4)より、タンクモデルで算出された涵養量 $q_w$ を基に地下水位 $h_f$ の日上昇量を求めた。また流域内のシラス台地で測定された地下水位から日差分量を求めた。図-6はこれら2つの年変動を比較した結果である。

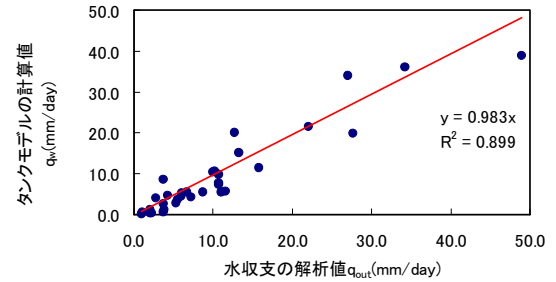


図-5 地下水涵養量

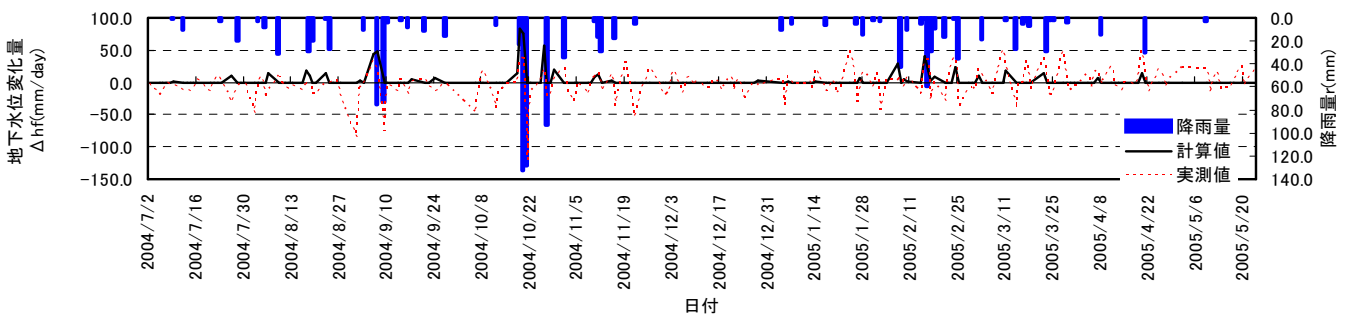


図-6 地下水涵養モデルによる地下水位上昇と地下水位日差分量の比較

参考文献

- 1) 茹・中川・神野・細川・田尻・長田, 九州大学工学集報, 68(3), pp.179-185, 1995.
- 2) 神野・茹・中川・細川・田尻・西山, 水工学論文集, 40, pp.51-56, 1996.
- 3) 堤・神野・森・広城, 土木学会論文集, 747(II-65), pp.29-40, 2003.
- 4) 文部科学省大臣官房文教施設技術課:平成9年3月 文部省 土木設計資料, p.47, 1997.
- 5) 鹿児島県農業開発総合センター大隈支場環境研究室:平成18年度春夏作試験成績書(土壌肥料), p.50, 2007.