

# REW モデルの現地適用性に関する基礎的検討

足利工業大学 学生員 ○宮下真樹  
 足利工業大学 非会員 関口淳史  
 足利工業大学 学生員 横尾善之  
 足利工業大学 学生員 長尾昌朋

## 1. はじめに

Reggiani *et al.*(2000)は、小流域スケールの水移動を質量保存則と運動量保存則によって定式化した次世代型水収支モデル(REWモデル)を提案した。REWモデルは今後の継続的改善を柔軟に受け入れる発展途上のモデルであり、実際の流域への適用はベルギーとオーストラリアの流域で行われただけである。よって、日本を含めた他の流域における適用可能性は明らかではない。そこで本研究は、REWモデルを日本の14ヶ所の流域に適用することにより、日本の流域への適用性の検討および適用に当たっての問題点の整理を行うことを目的としている。

## 2. REWモデルの概要

REWモデルの構造は図1に示す通りである。支配方程式は式(1)から(3)に示す。式(1)は不飽和域の質量保存則である。左辺第1項は、貯留量変化量である。右辺第1項は浸透量、第2項は毛管上昇量、第3項は蒸発量である。式(2)は、不飽和域の運動量保存則である。左辺第1項は重力、第2項は毛管力である。右辺は摩擦力である。(3)式は、飽和域の質量保存則である。左辺は貯留量変化量である。右辺第1項は浸透量、第2項は地中流出量である。なお、式に使用したパラメータの詳細は表2に示す。

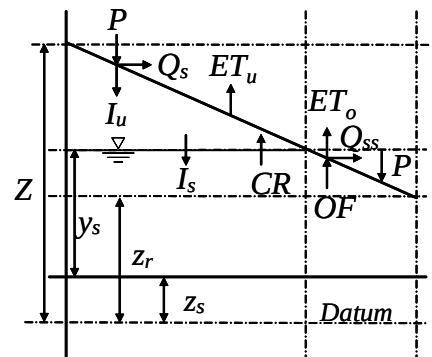


図1 REWモデルの概要図。各パラメータの意味は表1にまとめた。

表1 図1に使用したパラメータ

|        |                |          |               |
|--------|----------------|----------|---------------|
| $P$    | 降水量(m)         | $OF$     | 飽和域からの地中流出(m) |
| $Z$    | 土壌厚(m)         | $y_s$    | 地下水位(m)       |
| $Q_s$  | 表面流出(m)        | $Q_{ss}$ | 表中流出(m)       |
| $ET_u$ | 不飽和域からの蒸発散(m)  | $ET_o$   | 飽和域からの蒸発散(m)  |
| $z_r$  | 基準面からの河床の高さ(m) | $z_s$    | 基準面の高さ(m)     |

<不飽和域の質量保存則>

$$\begin{aligned} \rho \varepsilon \frac{d}{dt} (s_u y_u \omega_u) = & \\ \min \left\{ \rho P \omega_u, \frac{\rho K_{sat} \omega_u}{\Lambda_u} \left[ \frac{1}{2} y_u - \psi_u \right] \right\} \cdot \delta_P & \\ + \rho \varepsilon \omega_u v_u & \\ - \rho \omega_u \frac{1}{R} \left( \tanh \frac{5}{2} s_u \right) (1.0 + R^{-5})^{-(1/5)} PET \cdot \delta_{ET} & \end{aligned} \quad (1)$$

<不飽和域の運動量保存則>

$$-\varepsilon \rho g s_u y_u \omega_u + \varepsilon \rho g \omega_u \left[ \frac{1}{2} y_u - \psi_u \right] = K^{-1} \varepsilon \rho g y_u \omega_u v_u \quad (2)$$

<飽和域の質量保存則>

$$\begin{aligned} \rho \varepsilon \frac{d}{dt} (y_s \omega_s) = & -\rho \varepsilon \omega_u v_u \\ & - \frac{\rho K_{sat} \omega_o}{\cos(\gamma_o) \Lambda_s} \frac{1}{2} (y_s - z_r + z_s) \end{aligned} \quad (3)$$

キーワード 流出, 浸透, 毛管力, 流域, 水収支

連絡先 〒326-8558 足利市大前町 268-1 足利工業大学都市環境工学科 TEL: 0284-62-0605 Email: yokoo@ashitech.ac.jp

表 2 支配方程式のパラメータ

|               |                            |               |                     |
|---------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| $PET$         | 可能蒸発散量                     | $\omega_u$    | 不飽和域面積率             |
| $R$           | 乾燥指数                       | $\omega_o$    | 飽和域面積率              |
| $\varepsilon$ | 空隙率                        | $\psi_u$      | 不飽和域の圧力水頭           |
| $K_{sat}$     | 飽和透水系数                     | $v_u$         | 不飽和域の水移動の速度         |
| $K$           | 不飽和透水系数                    | $A_i$         | 浸透に関する長さのスケール       |
| $\Lambda_s$   | 地中流出に関する長さのスケール            | $\delta_p$    | 降雨時は1.0その他は0.0になる関数 |
| $\gamma_o$    | 地表面流出場の勾配                  | $\delta_{ET}$ | 降雨時は0.0その他は1.0になる関数 |
| $s_u$         | 飽和度                        | $t$           | 時刻                  |
| $y_u$         | 不飽和域の厚さ                    | $\rho$        | 水の密度                |
| $y_s$         | 飽和域の厚さ                     | $g$           | 重力加速度               |
| $\psi_0$      | $\theta - \psi$ 曲線の変曲点の毛管圧 | $\psi_c$      | 水分量が飽和状態でありうる最大不圧   |

### 3. REW モデルの現地適用性の検討

REW モデルの適用性は、(1)現地の地理条件から REW モデルのパラメータを決定する方法(図 2)、(2)観測流量に合わせて REW モデルのパラメータを決定する方法(図 3)の合計 2 通りの方法で検討した。

現地適用の結果、(1)流域の地理条件から REW モデルのパラメータを決定することはできないこと、(2)地中流出モデルの再現性を上げるようにパラメータを決めることで、計算値を観測値に近づけることができることを確認した。ただし、REW モデルの表面流モデルを組み込んでいないことにより、表面流出の再現性が悪いことがわかった。

REW モデルの日本国内の適用性を広く確認するため、REW モデルを日本の 14 ヶ所のダム流域に適用した。計算流量と観測流量の差を一日平均の相対誤差で評価したのが図 4 である。この図から、河床高  $z_r$  が高いほど(地表面勾配が小さいほど)誤差が大きくなることがわかる。地表面勾配が小さいときは表面流出が卓越するため、表面流の再現性が低いことが誤差の増大に繋がっていると考えられる

### 4. まとめ

本研究の結論をまとめると以下の通りになる。  
(1)REW モデルのパラメータを現地の地理条件から直接決定することはできない。  
(2)表面流出をうまく再現することができれば REW モデルの適用性が向上する可能性がある。  
(3)地表面勾配が小さいほど再現性が悪くなる傾向がある。よって、REW には表面流モデルを追加して適用することがこのモデルの適用性の向上に繋がると考えられる。

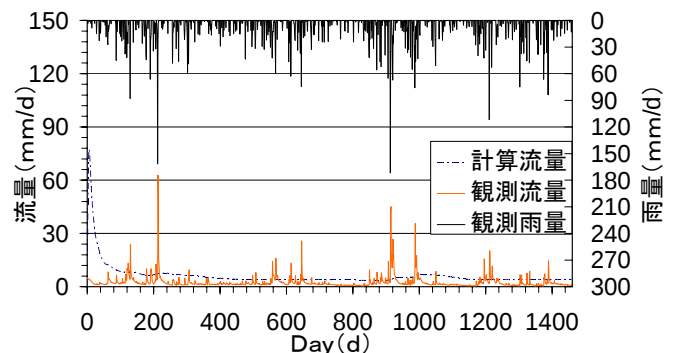


図 2 流域の地理条件からパラメータ決定した結果

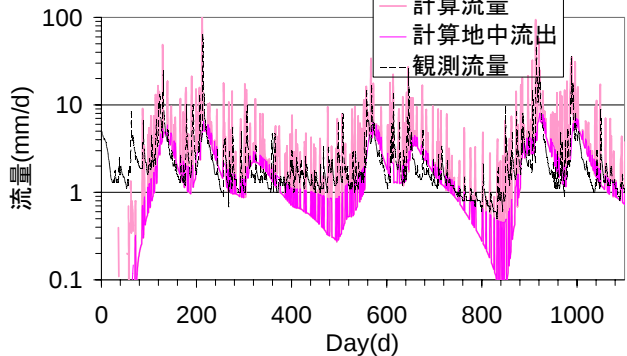


図 3 再現性重視でパラメータ決定した結果



図 4 1 日の平均誤差。横軸の番号 1~3 はそれぞれシルト質ローム、砂質ローム、砂を示す。円の大きさは誤差の大きさを示す。