

1. SHER モデル

開発経緯

SHER (Similar Hydrologic Element Response) モデル^{1 2 3 4 5 6 7 8}は虫明教授 (東京大学生産技術研究所) の指導の下にヘーラト教授 (当時日本工営株式会社所属、現東京大学生産技術研究所) が中心となって開発してきたモデルである。同モデルは不飽和浸透現象の物理過程を可能な範囲で忠実に数値計算してモデルパラメータの物理的な根拠を明らかとし、また、水文学的に均一と見なせる範囲毎 (特に地下水深度に着目して) にブロックを設定して、それによって地形要因による流出特性を客観的に反映できるという特徴を有する。これらの特徴により、単に不浸透面積率が増加するときの影響のみならず、造成などにより土壌の透水性が減少した場合のシミュレーションが可能となった。また、地形・地質データが得られれば、流量観測データの無い所でも、ある程度の水循環系の推定が可能であるといえる。この点で、SHER モデルはタンクモデル、NAM モデル (MIKE-11) 新安江モデル、TOP モデルなどと区別される。

建設省 (当時) の「都市小流域における雨水浸透、流出機構の定量的解明」研究会では、SHER モデルを精緻なグリッド型の解析モデルと比較検討し、現況再現と将来予測の両方で精緻なグリッド型モデルと同様な計算結果を得ることを確認した。その過程で、河川水による地下水涵養機構をモデルに取り入れるなどの機能の向上を図った。

-
- ¹ Herath S., Hirose N. and Musiake K. (1990). A computer package for the estimation infiltration capacities of shallow infiltration facilities, Proc. 5th International Conference on Urban Storm Drainage, Japan, pp.111-118.
 - ² Herath S., Musiake K., Hirose N. and Matsuda S. (1992). A process model for basin hydrological modelling and its application, Proc. Japan Annual Conference of Society of Water Resources and Hydrology, pp.146-149.
 - ³ ヘーラト・スリカント・虫明功臣・広瀬典昭・松田慎一郎 (1992), 不飽和浸透を考慮した水循環モデルの開発と適用例, こうえいフォーラム
 - ⁴ Herath, S., and Musiake, K., (1992), Modeling basin hydrological changes due to urbanization and remedial measures, Re-discover water; A Priority. Proc. Innovative Technologies in the domain of Urban Drainage, pp 145-154.
 - ⁵ Ni, G., Herath, A.S and Musiake, K. (1994), Distributed Catchment Modeling with Efficient Computation of Unsaturated Flow: Proc. 48th Annual Conference, JSCE, pp. 96-97
 - ⁶ Bhatti, B.M., Herath, A.S. and Musiake, K., (1994), Physically Based Catchment Modeling & Its Application: Proc. of 1994 Annual Conference, Japan Society of Hydrology and Water Resources, pp. 10-11
 - ⁷ Ni, G., Herath, S., and Musiake, K., (1994), Numerical Simulation of Hillslope Infiltration and Discharge into River, 38th Annual Journal of Japan Hydraulic Conference, JSCE, pp 191-196
 - ⁸ Herath, S., Ni, G., Babar, B., Musiake, K., (1995), Investigation of scaling effect in hydrologic modeling using distributed hydrologic models, Proc. 2nd Study Conference on GEWEX Asian Monsoon Experiment, pp 207 - 211

同モデルは、ニュータウン開発をはじめとして、この十数年の間に国内の複数の流域に適用されて高い再現精度が確認されており、水循環系の解析手法として広まりつつある。今回公開するバージョンは洪水波の追跡部分は含めず、主に日流量を再現・予測対象とするプログラムである。

全体の構成

このモデルでは流域を地下水深度や地形などから水文学的に均一と見なせるブロックで区分し、そのブロック内を更に下記の4つの部分に分割する。ブロック内の水の流れを示すと図 1-1 のようである。

以下に裸地モデル（水田および2種類の浸透域）、不浸透域モデルの順に説明した。

表 1-1 モデル上の地目分類

地表面の分類	概要	対応するモデル
不浸透域	屋根や道路	不浸透域モデル
水田	水田。水田は特殊な土壌であることから他と区分した。	浸透域モデル
浸透域 (締め固められていない土地)	国土数値情報の土地利用で山林と畑地をこの区分とした	
浸透域 (締め固められた土地)	造成などにより締め固められた土地利用の浸透域	

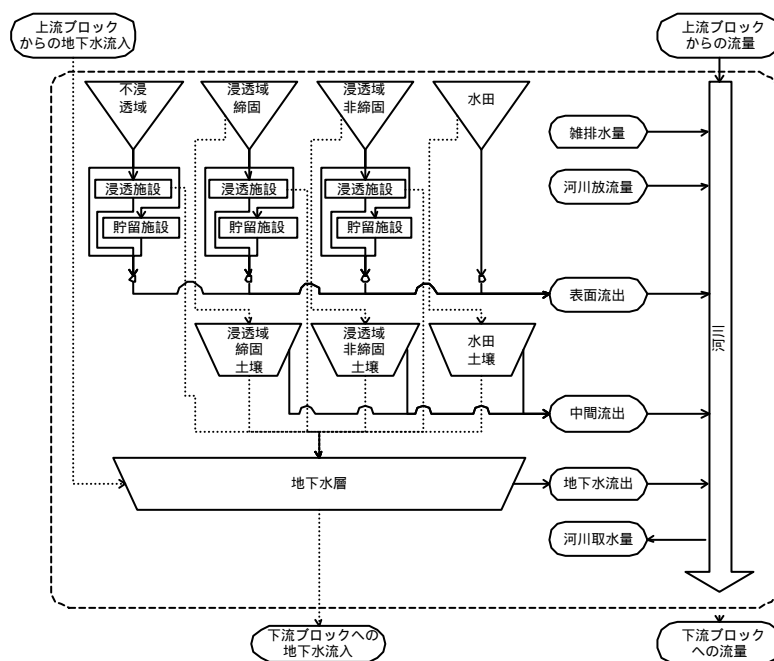


図 1-1 ブロック内の水の流れ概要図

不浸透域モデル

概要

不浸透域モデル (図 1-2、図 1-3) の基礎式を示すと次式となる。

式 1-1
$$\frac{dS_{imp}}{dt} = P - D_{imp} - E_{imp}$$

ここに、

- P : 降水量
- S_{imp} : 不浸透域窪地貯留池の貯留量
- D_{imp} : 不浸透域からの表面流出
- E_{imp} : 不浸透域窪地貯留池からの蒸発量

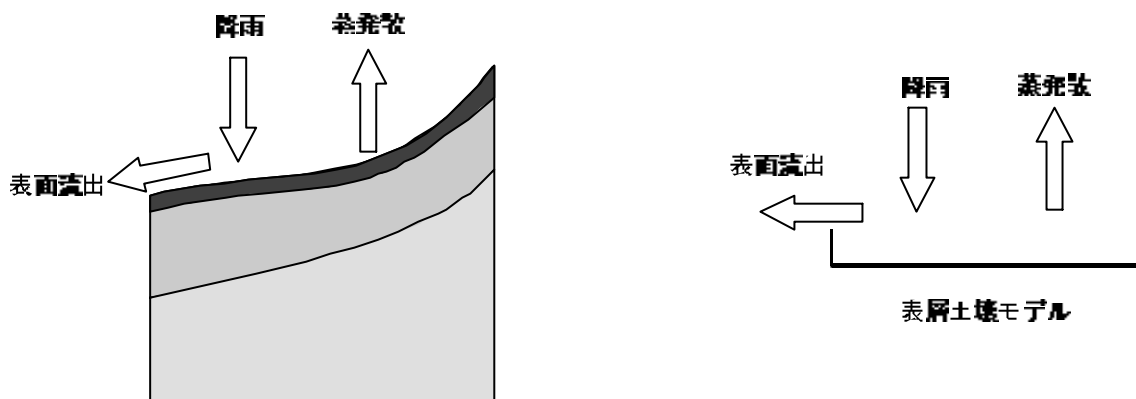


図 1-2 不浸透域のモデル化の概念

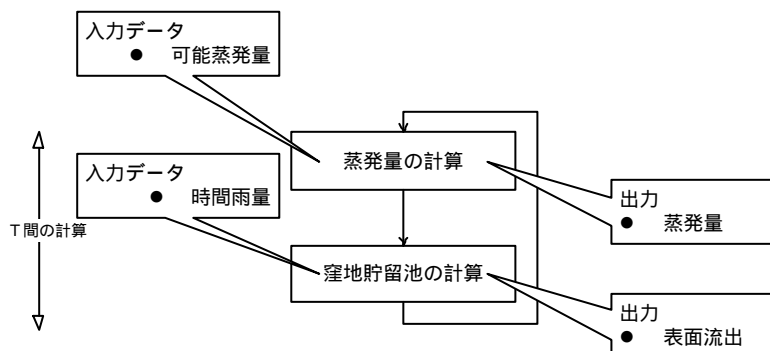


図 1-3 不浸透域モデルの計算フローと入出力の関係

表面流出

降水量と窪地貯留能を比較して、降水量が上回れば、その余剰分を表面流出とする。

地表面上の水深と窪地貯留能を比較して、窪地貯留能を上回る部分の水量は、表面流出させる。

蒸発散

ここではハーモン式により可能蒸発量を算定し、窪地貯留池の水量を上限として実蒸発量を算定する。計算の手順は下記である。

降水中は、可能蒸発量はゼロとする。

窪地貯留池の水量と可能蒸発量を比較し、窪地貯留池の水量を上限として実蒸発量を求める。

浸透域モデル

概要

一般に河川への流出は表面流出と中間流出（速い中間流と遅い中間流）それに地下水流出により構成されていると言われる。ここでは、図 1-4に示すようなモデルを作成する。図中の左側の図が雨水流出経路の概念図であり、それを右図のように表層土壌モデル及び地下水層モデルとして表現することとする。表層土壌モデル内では、土壌の水分伝達特性を、Richards 式を基礎式として表現し、簡単な数値解法で水分量の追跡を行うこととする。計算フローと入出力の関係を図 1-5に示した。

貯留量を窪地貯留池、表層土壌内、および地下水層内の3種類に分けて考えることとし、次式を基礎式とする。

$$\text{式 1-2} \quad \frac{dS_1}{dt} = U_s - E_1 - D_s$$

$$\text{式 1-3} \quad \frac{dS_2}{dt} = P - E_3 - R - I - U_s + P_{a1}$$

$$\text{式 1-4} \quad \frac{dS_g}{dt} = R - D_g - P_{a2}$$

ここに、

S_1 : 窪地貯留池の貯留量

S_2 : 表層土壌内の貯留量

- S_g : 地下水層内の貯留量
- D_s : 表面流出量
- E_1 : 窪地貯留池からの蒸発量
- E_2 : 表層土壌内からの蒸発量
- P : 表層土壌への浸潤量 (= 降水量)
- R : 地下水涵養量 (降水浸透量)
- I : 中間流出量 (側方浸透流)
- U_s : 地表面への復帰流
- D_g : 地下水流出量
- P_{a1} : 表層土壌へ浸入する人工系水循環水量
(灌漑水量 (水田の場合のみ) 上水道漏水量などの合計)
- P_{a2} : 帯水層から引き抜かれる人工系水循環水量
(井戸揚水量、下水道管渠への浸入水量などの合計)

以下に、蒸発散、鉛直浸透、側方浸透、復帰流及び地下水流出の順に計算手法を説明する。

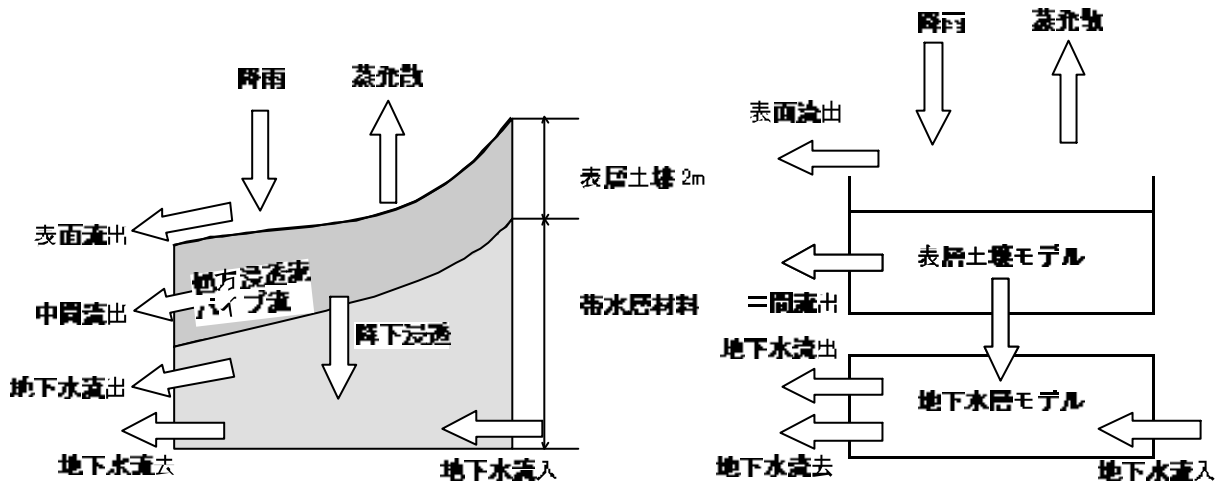


図 1-4 裸地のモデル化の概念

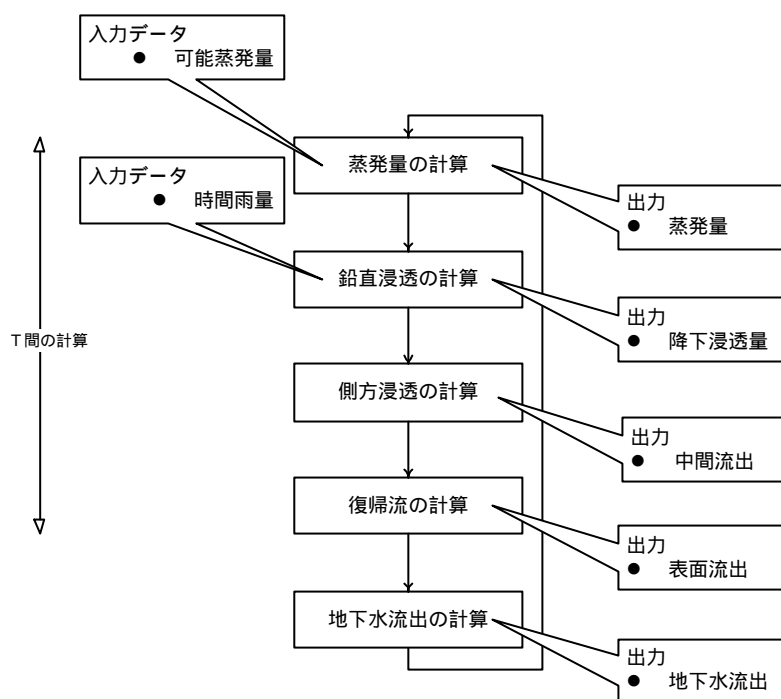


図 1-5 裸地モデルの計算フローと入出力の関係

蒸発散

蒸発散は、樹冠などからの蒸散と窪地や裸地からの蒸発に大別できる。これらの現象に影響を与える要因は、気温、風速、湿度、樹種など多くが言われており、その確定した評価手法は未だ開発段階といってよい。そこで、ここではハーモン式により可能蒸発量を算定し、窪地貯留池と土壤含水量の合計を上限として実蒸発量を算定する。計算の手順は下記である。

降水中は、可能蒸発量はゼロとする。

窪地貯留池の水量と可能蒸発量を比較し、窪地貯留池の水量を上限として実蒸発量を求める。

可能蒸発量から で算定した実蒸発量を比較して、可能蒸発量が余る場合は、その余剰部分を土壤からの可能蒸発量とする。

土壤からの可能蒸発量と土壤含水量を比較して、土壤含水量を上限として実蒸発量を求める。 で求めた窪地貯留池からの実蒸発量にこれを加えて、流域からの実蒸発量とする。

土壤の体積含水率は、実蒸発量を減じた値で更新する。

鉛直浸透

浸潤（地表面を通過する浸透量）

地表面を通過する浸潤量（浸透量）は、土壌の含水率（乾き具合）により様々に変化することが言われている。含水率が低ければ、浸潤の速度は大きくなり、この速度は土壌が飽和に近づくとつれて飽和透水係数に漸近する。しかし、ここでは単純に、地下水層モデルが飽和するまでは無条件で浸潤が生じるとする。

降水量と窪地貯留池の水分量は全て、地表面を通過し、その分だけ土壌含水量が増加することとする。計算上は一時的な過飽和状態（土壌の全空隙よりも水分量が上回る状態）が生じる場合もある。

降下浸透（地下水涵養）

土壌の水分量は、鉛直下方向には重力により排水されるが、排水が進み含水率が低下すると、土壌の不飽和透水係数が小さくなり、排水速度が減少することとなる。ここでは、この機構を単純にモデル化するために、 T （ここでは1時間）を10等分して、状態量（土壌の体積含水率）を順次更新して行く陽形式の差分計算とする。計算手法は下記である。

土壌の含水率から不飽和透水係数を算定する。

dt （ $= T/10$ ）の間はその不飽和透水係数が継続するとして、土壌含水量を重力排水する。流速は（不飽和透水係数） \times （1.0）とする。

土壌含水量から排水量を減じ、土壌の体積含水率を更新する。

に戻り、これを10回繰り返す。

$$\text{式 1-5} \quad R = \int_T^{T+\Delta T} K_0 \cdot k_r(\theta) dt$$

ここに

K_0 : 飽和透水係数
 $k_r(\theta)$: 相対透水係数
 θ : 体積含水率

側方浸透

土壌内に浸潤した水分は鉛直方向に重力排水されると同時に斜面に平行な方向（斜面方向）にも流速ベクトルを生じる。これには直接流出成分を構成する速い中間流と基底流出を構成する遅い中間流が含まれる。速い中間流は、土壌中の大孔隙（動植物がつくる穴な

ど)や土壤中に発達した亀裂や水みちを通る流れでが主成分と考えられ、これはパイプ流などと呼ばれる。他方、遅い中間流は土壤の中を一様に進行する浸透流であり、側方浸透などと呼ばれる。

斜面方向の流れは鉛直方向の浸透現象と同時に生じているが、モデル化の際には簡単化のために、鉛直方向の浸透を先に計算し、その状態から斜面方向の流れを計算する。また、パイプ流の存在を考えて、鉛直方向と斜面方向の飽和透水係数は異なることとし、斜面方向を大きな値とする。計算手法は下記である。。

土壤の含水率から不飽和透水係数(斜面方向)を算定する。

dt (= $T/10$)の間はその不飽和透水係数が継続するとして、流量を算定する。流速は(不飽和透水係数)×(斜面勾配)とする。

土壤含水量から流量を減じ、土壤の体積含水率を更新する。

に戻り、これを10回繰り返す。

$$\text{式 1-6} \quad I = \int_T^{T+\Delta T} K_{0I} \cdot k_r(q) \cdot s dt$$

ここに

- K_{0I} : 斜面方向飽和透水係数
- k_r : 相対透水係数
- s : 斜面勾配

復帰流

側方浸透流の計算を終えた段階で、土壤の含水率が飽和含水率を上回る場合は、復帰流が生じたこととして、地表面流を発生させる。計算手法は下記の通りである。

側方浸透の計算を終了した時点で、土壤の体積含水率と飽和含水率を比較して、土壤の体積含水率が飽和含水率を上回る場合は、その過剰分を地表面へ戻す。地表面上の水深と窪地貯留能を比較して、窪地貯留能を上回る部分の水量は、表面流出させる。

水分伝達特性

鉛直方向と斜面方向の浸透量を計算する際に、不飽和透水係数を用いるが、その式形はここでは Mualem の式形を用いる。鉛直方向は式 1-8であり、斜面方向は式 1-9で求める。

- Mualem(1978) の不飽和透水係数 ~ 含水率の関係

$$\text{式 1-7} \quad k_r(\mathbf{q}) = \left(\frac{\mathbf{q} - \mathbf{q}_r}{\mathbf{q}_0 - \mathbf{q}_r} \right)^n$$

$$\text{式 1-8} \quad k = K_0 k_r(\mathbf{q})$$

$$\text{式 1-9} \quad k = K_{0r} k_r(\mathbf{q})$$

- ここに、 k_r : 相対透水係数
 k : 不飽和透水係数[cm/s]
 K_0 : 飽和透水係数[cm/s]
 K_{0r} : 斜面方向飽和透水係数[cm/s]
 n : 定数 (Mualem の n)
 \mathbf{q} : 体積含水率[cm³/cm³]
 \mathbf{q}_0 : 飽和水分量[cm³/cm³]
 \mathbf{q}_r : 残留水分量[cm³/cm³]

地下水流出

地下水層と河川間の水分移動は河川水位と地下水位との相互関係により、式 1-10と式 1-11を使い分ける。式 1-10が河川水位がその付近の地下水位よりも高い場合であり、他の場合は式 1-11である。但し、涵養の場合は河道上の水量以上に涵養が生じないように上限を設ける。また、同時に地下水位の値も式 1-13を用いて更新する。

$$\text{式 1-10} \quad Q_d = k_0 A_{bed}$$

$$\text{式 1-11} \quad Q_d = k_0 \frac{h - H_{rivbed}}{b_{bed}} A_{bed}$$

- ここに、 Q_d : 河川への浸漏又は河川からの涵養[m³/s]
 k_0 : 河床材料飽和透水係数[m/s]
 A_{bed} : 浸潤面積[m²]
 b_{bed} : 河床材料厚さ[m]
 H_{rivbed} : 河床標高[m]

$$\text{式 1-12} \quad Q_g = K_0 \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \ell \cdot T$$

- ここに、 Q_g : 地下水流動
 K_0 : 帯水層の透水係数

$\frac{\partial h}{\partial x}$: 地下水位の勾配
 ℓ : 分割流域間の接続線の長さ
 T : 流域内の平均帯水層厚さ

$$\text{式 1-13} \quad A \cdot S \frac{dh}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$$

ここに、 Q_{in} : 帯水層への流入[m³/s] (涵養など)
 Q_{out} : 帯水層からの流出[m³/s] (揚水など)
 A : 流域面積[m²]
 S : 貯留係数
 h : 地下水位[m]

人工系

灌漑用水と上水道漏水は浸透域の表層土壌タンクへ流入させ、井戸揚水(浅層)および下水道への浸入水量は地下水タンクから流出させ、雑排水量は河川へ直接流入させる。これらは灌漑用水を除いて年間を通して一定の値とする。灌漑用水については灌漑期に限り一定の値を流入させる。

貯留浸透施設モデル

浸透施設

雨水浸透施設(浸透ます、浸透トレンチなど)はすべて浸透トレンチの長さに換算し、浸透トレンチとしてモデル化する。予め設定した集水面積の雨量を貯留能まで貯留し、その貯留分を一定の浸透能で不圧地下水に直接涵養させることとする。トレンチ内の連続の式は次式である。但し、トレンチ内の貯留は無視できる範囲であるとしてゼロとする。

$$\text{式 1-14} \quad \frac{dS_t}{dt} = Q_t - Q_{inf} - Q_{tovf} = 0$$

ここに、 S_t : トレンチ内貯留量
 Q_t : トレンチへの流入量
 Q_{inf} : トレンチから不圧地下水への涵養量(計画能力値)
 Q_{tovf} : トレンチからの越流量($Q_t > Q_{inf}$ のとき $Q_{tovf} = Q_t - Q_{inf}$)

貯留施設

貯留施設は浸透トレンチのモデル化と同様に、窪地貯留を経て貯留施設に流入するものとする。支配方程式は次式となる。

$$\text{式 1-15} \quad \frac{ds_s}{dt} = Q_s - Q_{dis} - Q_{sovf}$$

ここに S_s : 貯留施設貯留量
 Q_s : 貯留施設流入量
 Q_{dis} : 貯留施設流出量
 Q_{sovf} : 貯留施設からの越流量

貯留施設からの最大流出量は次式のように計画高水の比流量で与える。

$$\text{式 1-16} \quad Q_{\max dis} = \frac{Q_p}{A_b} A_{cat}$$

ここに $Q_{\max dis}$: 貯留施設からの最大流出量
 Q_p : 計画高水流量
 A_b : 流域面積
 A_{cat} : 貯留施設集水面積

貯留施設への流入量が最大流出量を越えないときは、流出量 = 流入量とし、貯留量の変化はない。流入量が最大流出量を越えたときは、その超過分を貯留分とみなして貯留量を増加させる。貯留量が最大貯留量を越えた場合は、その分は越流量として流出することとする。貯留水がある間は、最大流出量に従って、それらを流出させる。

流域分割手法

流域分割の方針

地下水位と河川水位の関係を現実に近いものとするため、また、部分流出寄与域（図 1-6）の考え方にない、低平地で地下水深度が浅い地域では流出応答が異なることを再現するために流域分割を行う。従って、分割は河川近傍とその外周部分とに分割することを基本的な方針とする（図 1-7）。

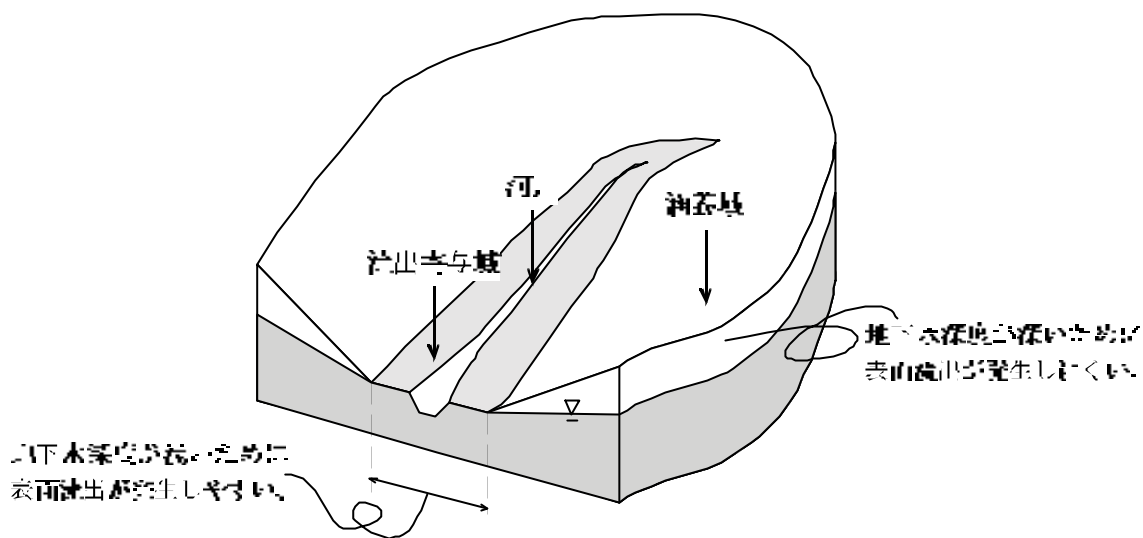


図 1-6 涵養域と流出寄与域

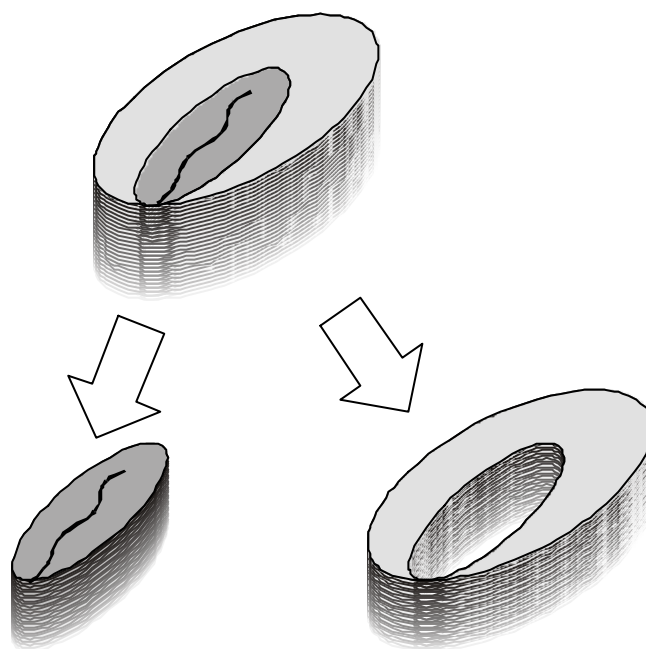


図 1-7 流域分割のイメージ (涵養域と流出寄与域で分離)

分割した流域の接続方法

このような分割を行うと、それぞれの間では、河道流、表面流、中間流および地下水流動が高い方から低い方へ一方的に流れることとなる。また、水循環解析の最終的な流量は日単位であるので、流域の大小にもよるが、河道流、表面流、中間流については分割流域間

の移動を考慮することなく、懸案地点まで流下していくとして問題は無いはずである。そこで、残りの分割流域間の地下水流動は式 1-17により算定する。

但し、地下水位の勾配については式 1-18に示すように、2種類の取り方が可能である。流域が丘陵地などの勾配が比較的急な斜面である場合には、地下水位勾配は下流ブロックの地下水位の影響をあまり受けず、一定と見なしてもよいと考えられる。他方、地形が平坦である場合、上流側と下流側のブロックの間で、地下水揚水などの影響により、地下水勾配が明らかに変化することが分かっている場合には、時間的に変化する両ブロックの地下水位を用いて勾配を算定する必要がある。この場合の代表長さ L については、ブロック間に複数の地下水の流線（地下水位コンターに直行する線）を引き、それらの平均値をとるなどして求める必要がある。

$$\text{式 1-17} \quad Q_g = K_0 \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \ell \cdot T$$

ここに Q_g : 地下水流動
 K_0 : 帯水層の透水係数
 $\frac{\partial h}{\partial x}$: 地下水位の勾配
 ℓ : 分割流域間の接続線の長さ
 T : 流域内の平均帯水層厚さ

$$\text{式 1-18} \quad \frac{\partial h}{\partial x} = \begin{cases} \text{const.} & \text{比較的急勾配の地形} \\ \frac{H_2 - H_1}{L} & \text{地形が緩勾配のとき} \end{cases}$$

ここに H_1 : 上流ブロックの地下水位
 H_2 : 下流ブロックの地下水位
 L : ブロック間の代表長さ

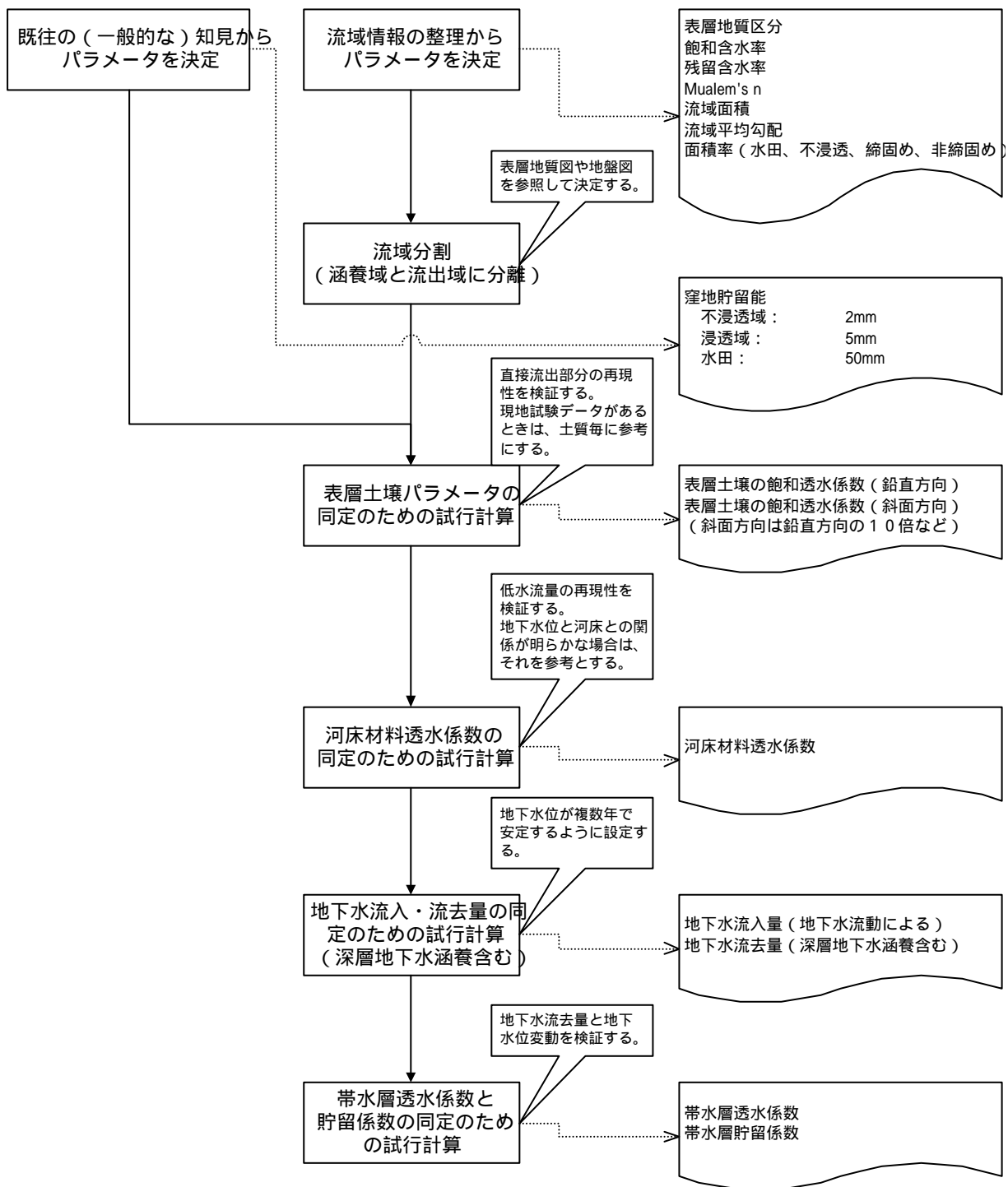


図 1-8 モデルパラメータの設定手法フロー図

表 1-2 モデルパラメータの推定方法

パラメータ		パラメータ推定方法
表層土壌	飽和含水率	流域の実測値を採用
	残留含水率	同上
	Mualem's n	同上
	飽和透水係数 [cm/s] (鉛直方向)	キャリブレーション対象
	飽和透水係数 [cm/s] (斜面方向)	キャリブレーション対象
流域面積 [km ²]		地形図より
流域平均勾配		数値地図標高(50m)から各メッシュ間の勾配を算定し、それを平均する。
窪地貯留能 [mm]		一般的な値を採用。(不浸透域に対して 2mm、浸透域に対して 6mm が報告されている。)
面積率 (不浸透域)		土地利用から算出。
面積率 (水田)		同上
面積率 (締固め)		例えば細密数値情報 (10 mメッシュ土地利用) より、「山林」と「畑地」を「非締固め」とし、その他を「締固め」とする。
面積率 (非締固め)		
地下水	河床材料透水係数	キャリブレーション対象
	河床材料厚さ	キャリブレーション対象であるが、河床材料の透水係数を主に調節することとして、1[m]と仮定する。
	帯水層透水係数	キャリブレーション対象
	貯留係数	同上
	深層地下水涵養量	地下水水位が経年的に極端な変動をしないように設定する。

対策の効果評価

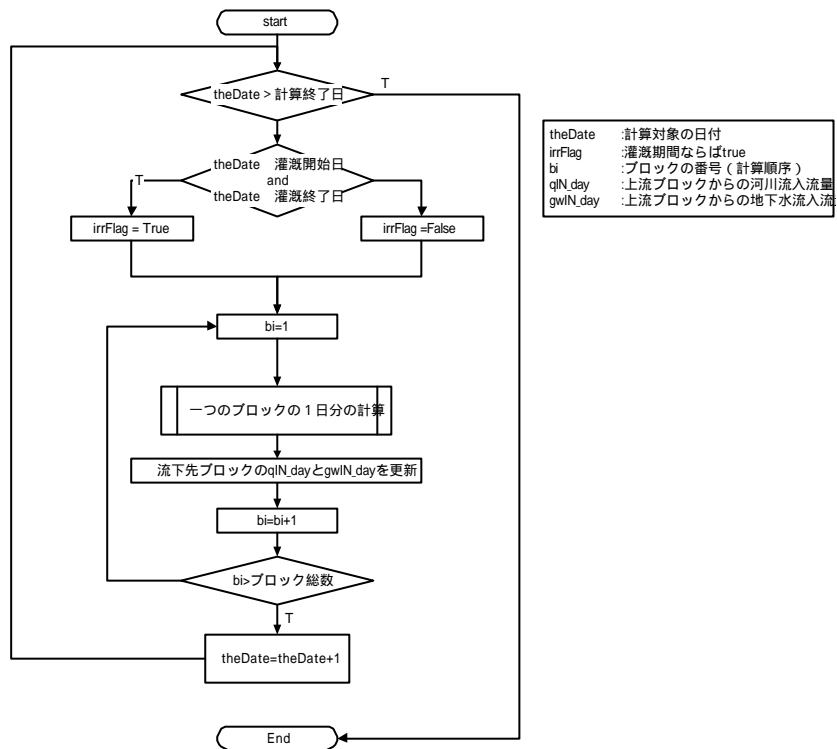
対策の効果評価はモデル上で、それぞれの対策が改変する水循環系の構成要素をモデルに於いても変更することで行う。各対策について、モデル上で変更する項目を示すと表 1-3 である。

表 1-3 対策の評価手法

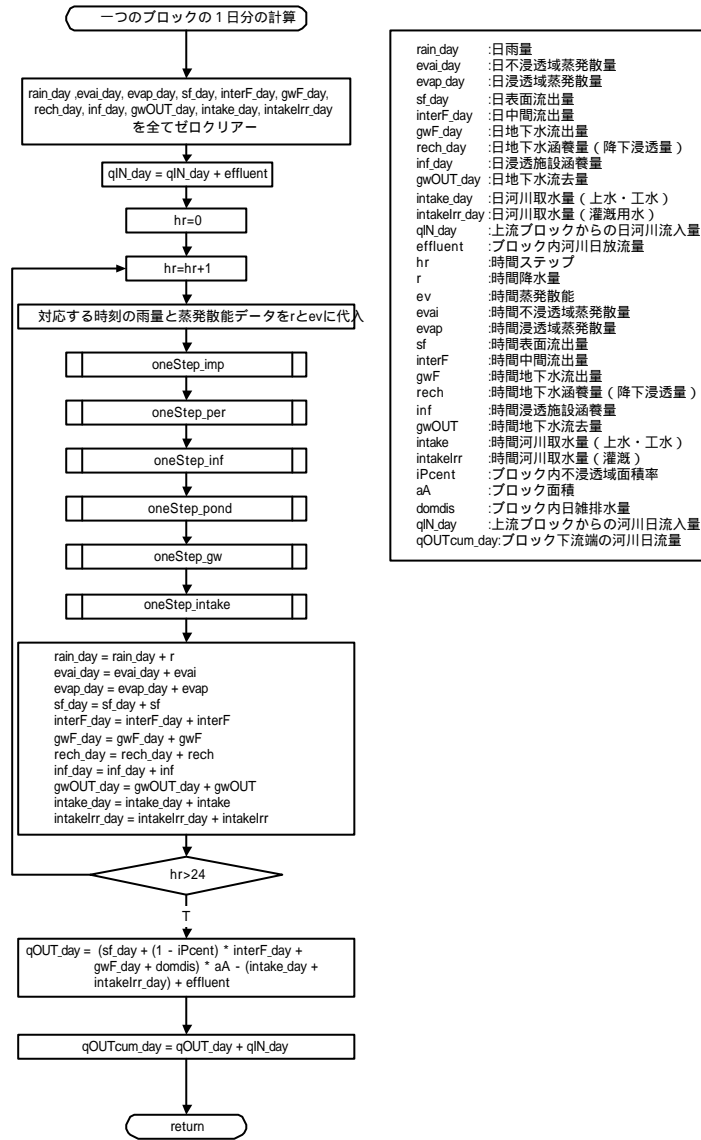
課 題	対 策 分 類	評価の為にモデル上の変更	変更する パラメータ
洪水制御	河川の整備	-	
	下水道の整備	河川に対する取水・排水量を変更。	雑排水量
	雨水貯留	雨水貯留モデルの諸元（設置面積など）を変更。	浸透施設 集水面積
	雨水浸透	浸透施設モデルの諸元（設置面積など）を変更。	貯留施設 集水面積
水資源の保全と開発	雨水、再生水の利用	河川に対する取水・排水量を変更。	河川放流量 河川取水量
汚濁制御	浄化用水の導入	河川に対する取水・排水量を変更。	河川放流量
	下水道の整備	河川に対する取水・排水量を変更。	雑排水量 河川放流量
	合流式下水道の越流対策	-	
	河川、池沼における直接浄化	-	
	汚濁負荷流入の分離	-	
	下水道未普及地域での汚水処理	-	
平常時の流量の確保	河川水の利用	河川への排水量を変更。	河川放流量 河川取水量
	下水処理水の活用	同上	河川放流量
	地下水の利用	河川に対する取水・排水量を変更。 地下水揚水量を変更。	河川放流量 地下水揚水量
	貯留水の利用	河川に対する取水・排水量を変更。	貯留施設諸元
	雨水浸透	浸透施設モデルの諸元（設置面積など）を変更。	浸透施設 集水面積
	自然地の保全	不浸透面積、土壌転圧状況を変更。	不浸透面積 締固裸地面積
生態系の保全と復元	-	-	
熱環境の改善等	-	-	

計算プログラムのフローチャート

流域全体の計算

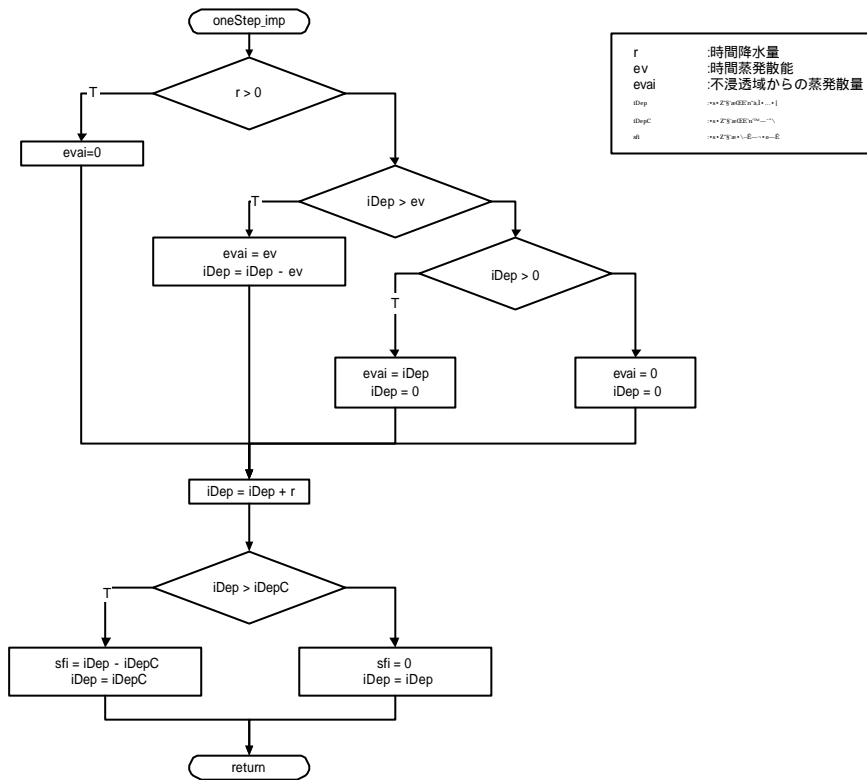


ブロック内の一日分の計算

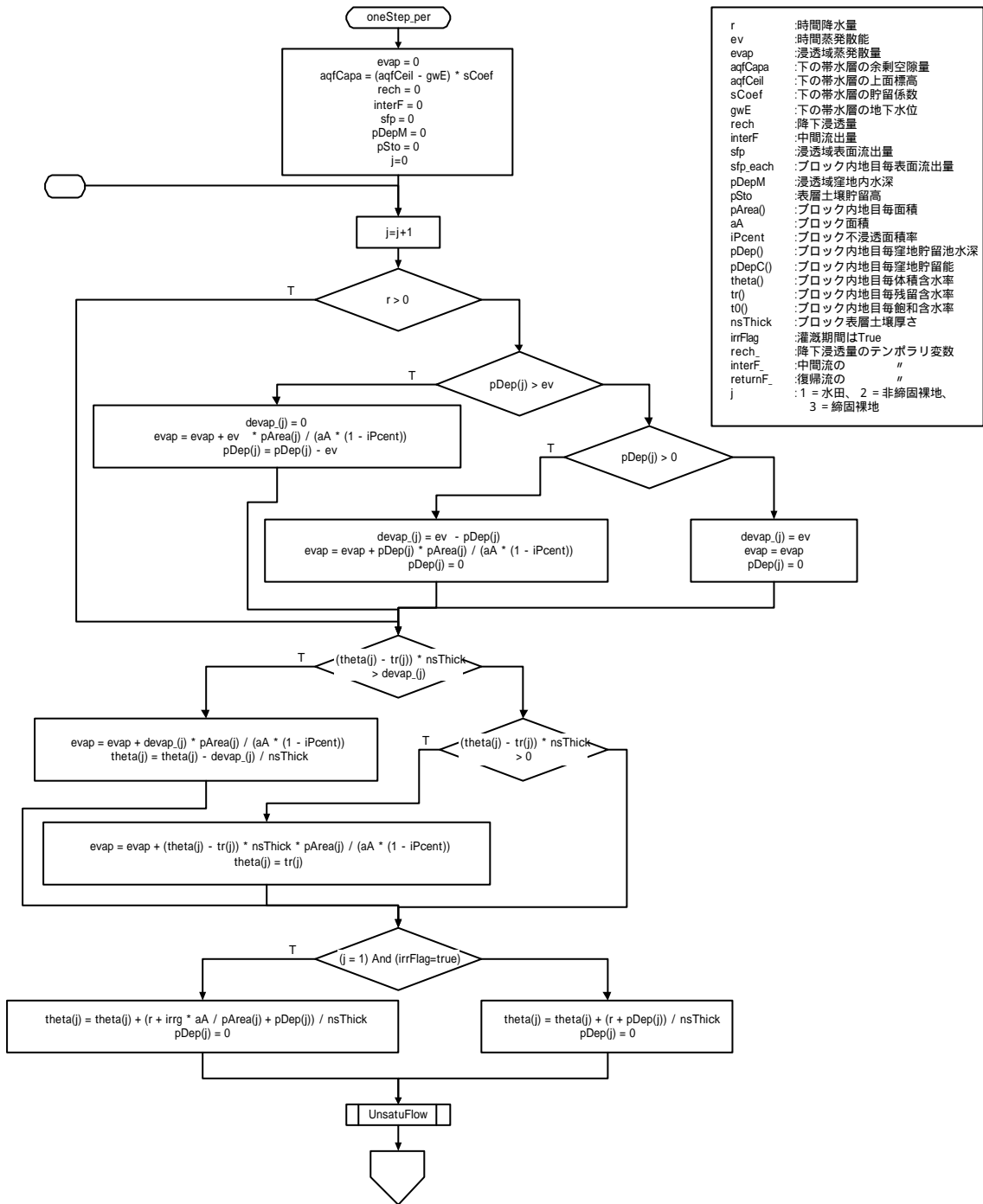


rain_day	:日雨量
evai_day	:日不浸透域蒸発散量
evap_day	:日浸透域蒸発散量
sf_day	:日表面流出量
interF_day	:日中間流出量
gwF_day	:日地下水流出量
rech_day	:日地下水涵養量 (降下浸透量)
inf_day	:日浸透施設涵養量
gwOUT_day	:日地下水流出量
intake_day	:日河川取水量 (上水・工水)
intakerrr_day	:日河川取水量 (灌漑用水)
qIN_day	:上流ブロックからの日河川流入量
effluent	:ブロック内河川日放流量
hr	:時間ステップ
r	:時間降水量
ev	:時間蒸発散能
evai	:時間不浸透域蒸発散量
evap	:時間浸透域蒸発散量
sf	:時間表面流出量
interF	:時間中間流出量
gwF	:時間地下水流出量
rech	:時間地下水涵養量 (降下浸透量)
inf	:時間浸透施設涵養量
gwOUT	:時間地下水流出量
intake	:時間河川取水量 (上水・工水)
intakerrr	:時間河川取水量 (灌漑)
iPcent	:ブロック内不浸透域面積率
aA	:ブロック面積
domdis	:ブロック内日雑排水量
qIN_day	:上流ブロックからの河川日流入量
qOUTcum_day	:ブロック下流端の河川日流量

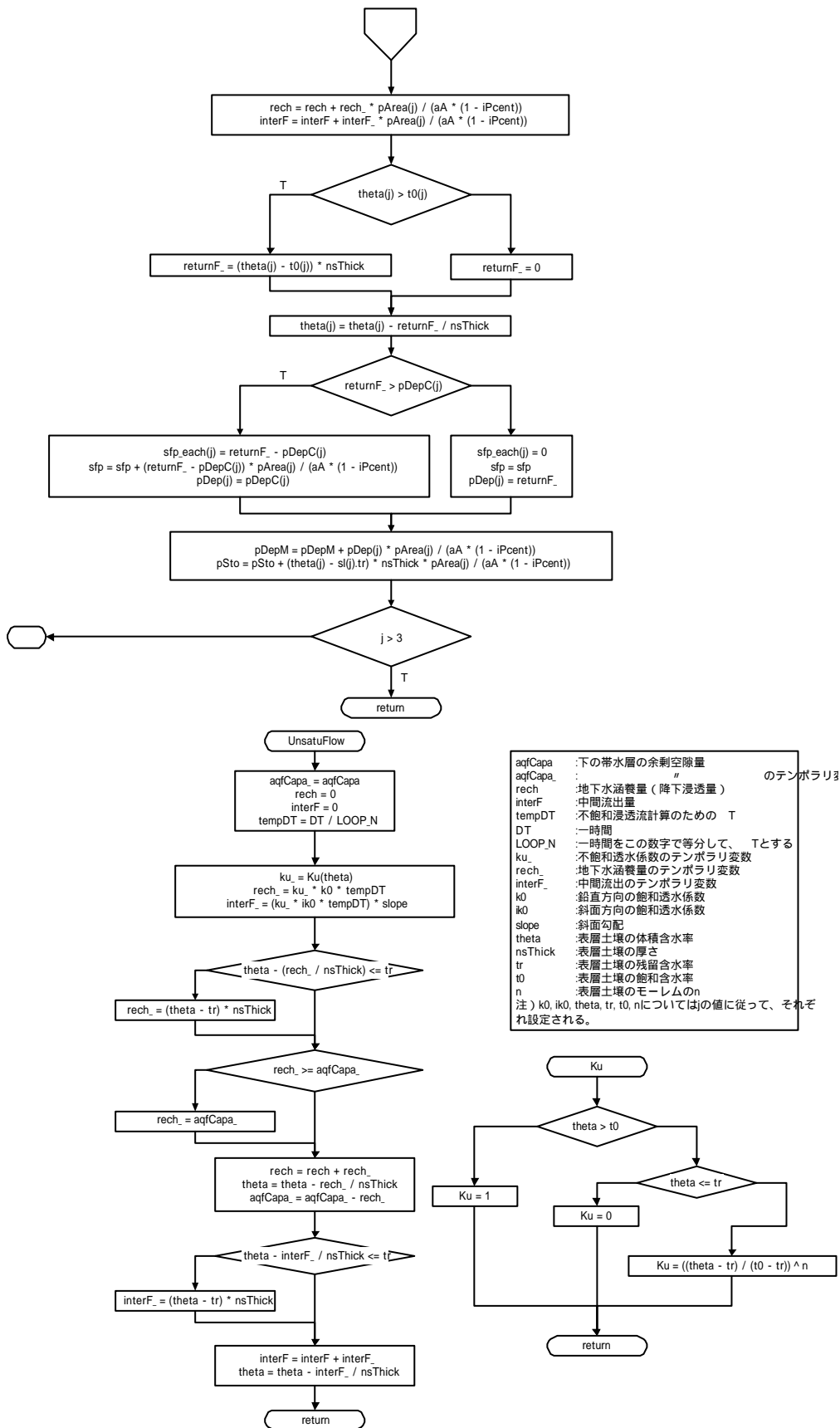
不浸透域の一時間分の計算



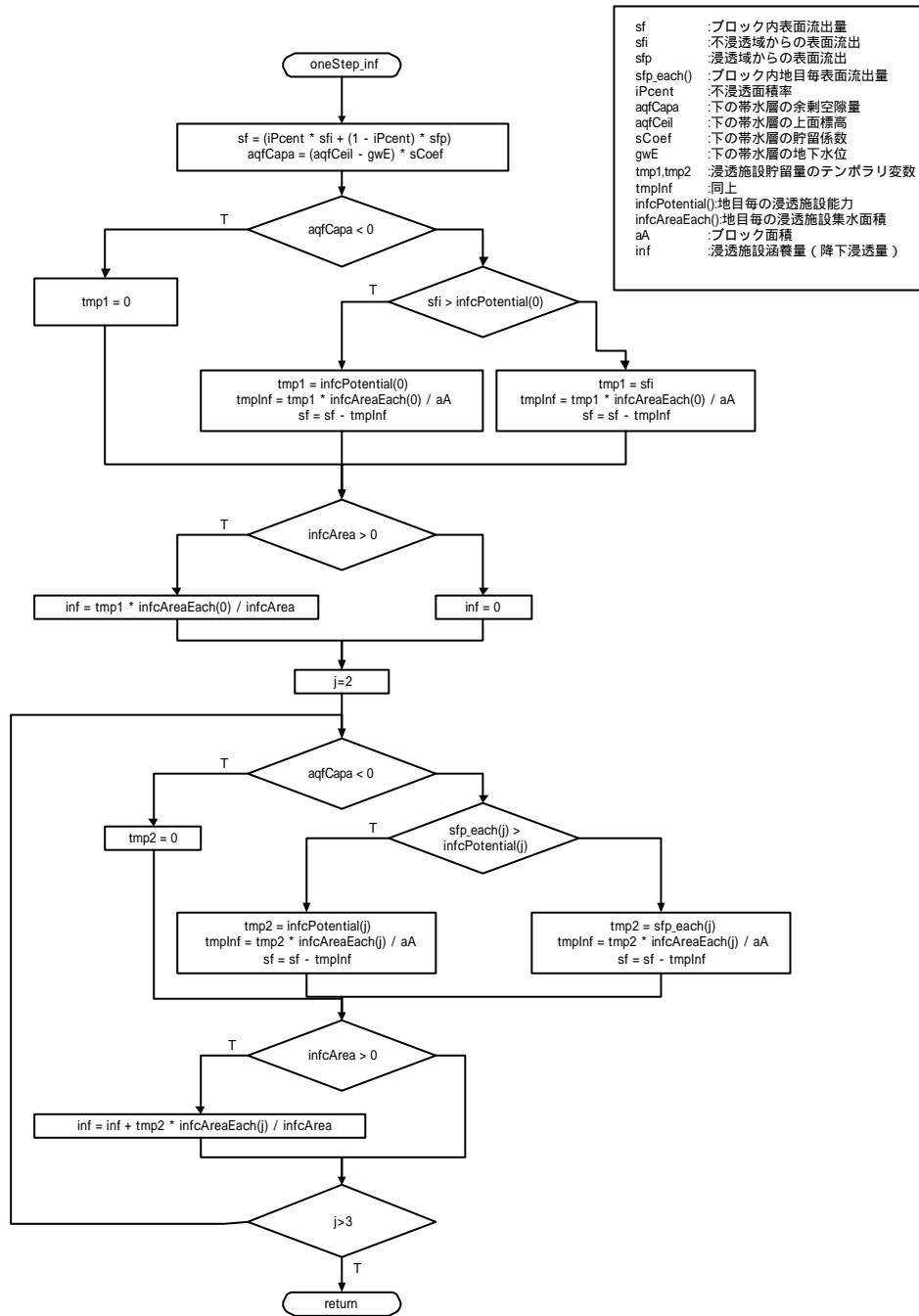
浸透域の一時間分の計算



r	:時間降水量
ev	:時間蒸発散能
evap	:浸透域蒸発散量
aqfCapa	:下の帯水層の余剰空隙量
aqfCeil	:下の帯水層の上面標高
sCoef	:下の帯水層の貯留係数
gwE	:下の帯水層の地下水位
rech	:降下浸透量
interF	:中間流出量
sfp	:浸透域表面流出量
sfp_each	:ブロック内地目毎表面流出量
pDepM	:浸透域窪地内水深
pSto	:表層土壌貯留高
pArea()	:ブロック内地目毎面積
aA	:ブロック面積
iPcent	:ブロック不透水面積率
pDep()	:ブロック内地目毎窪地貯留池水深
pDepC()	:ブロック内地目毎窪地貯留能
theta()	:ブロック内地目毎体積含水率
tr()	:ブロック内地目毎残留含水率
t0()	:ブロック内地目毎飽和含水率
nsThick	:ブロック表層土壌厚さ
irrfFlag	:灌漑期間はTrue
rech_	:降下浸透量のテンポラリー変数
interF_	:中間流の "
returnF_	:復帰流の "
j	: 1 = 水田、 2 = 非締固裸地、 3 = 締固裸地

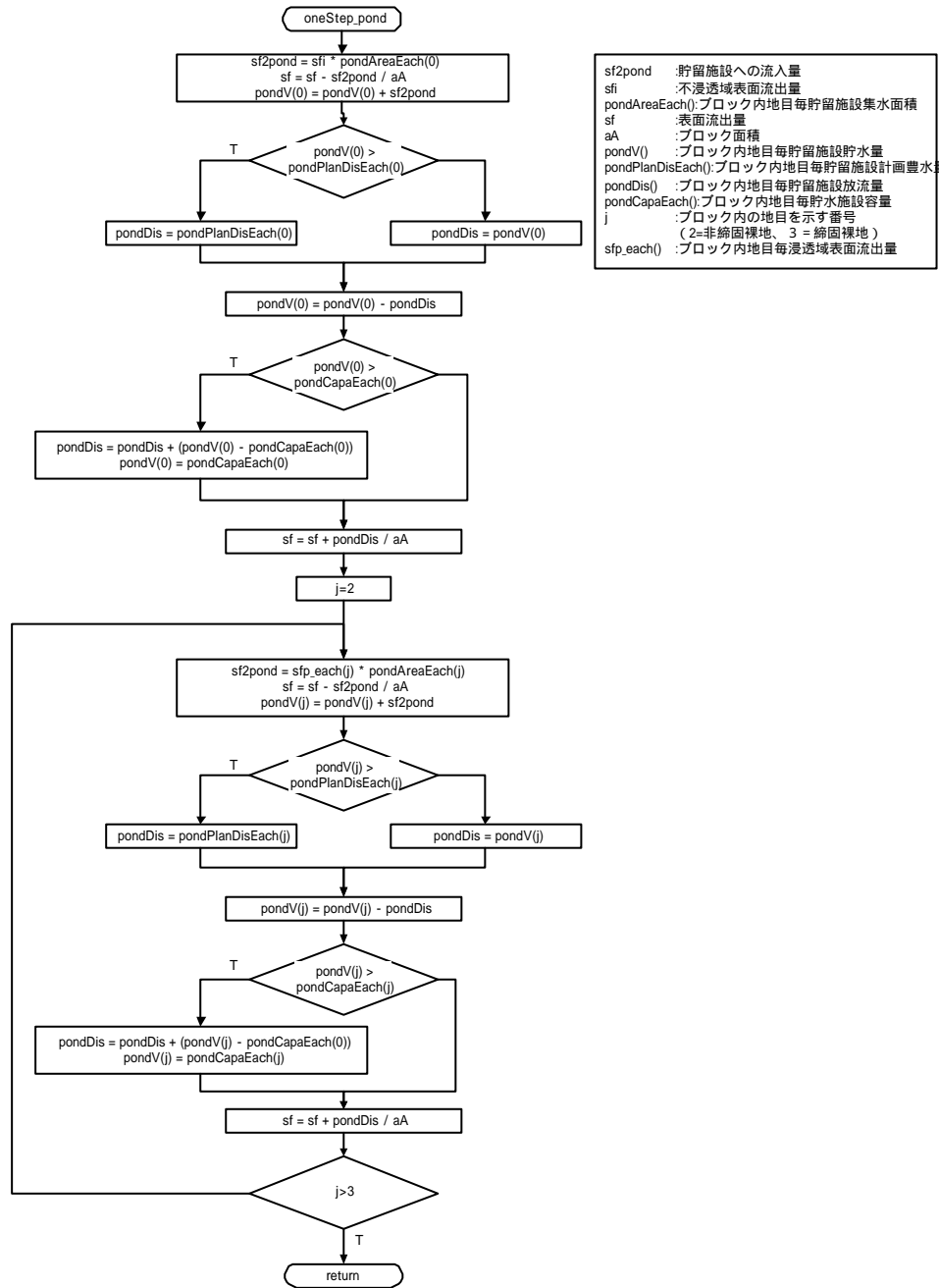


浸透施設の一時間分の計算



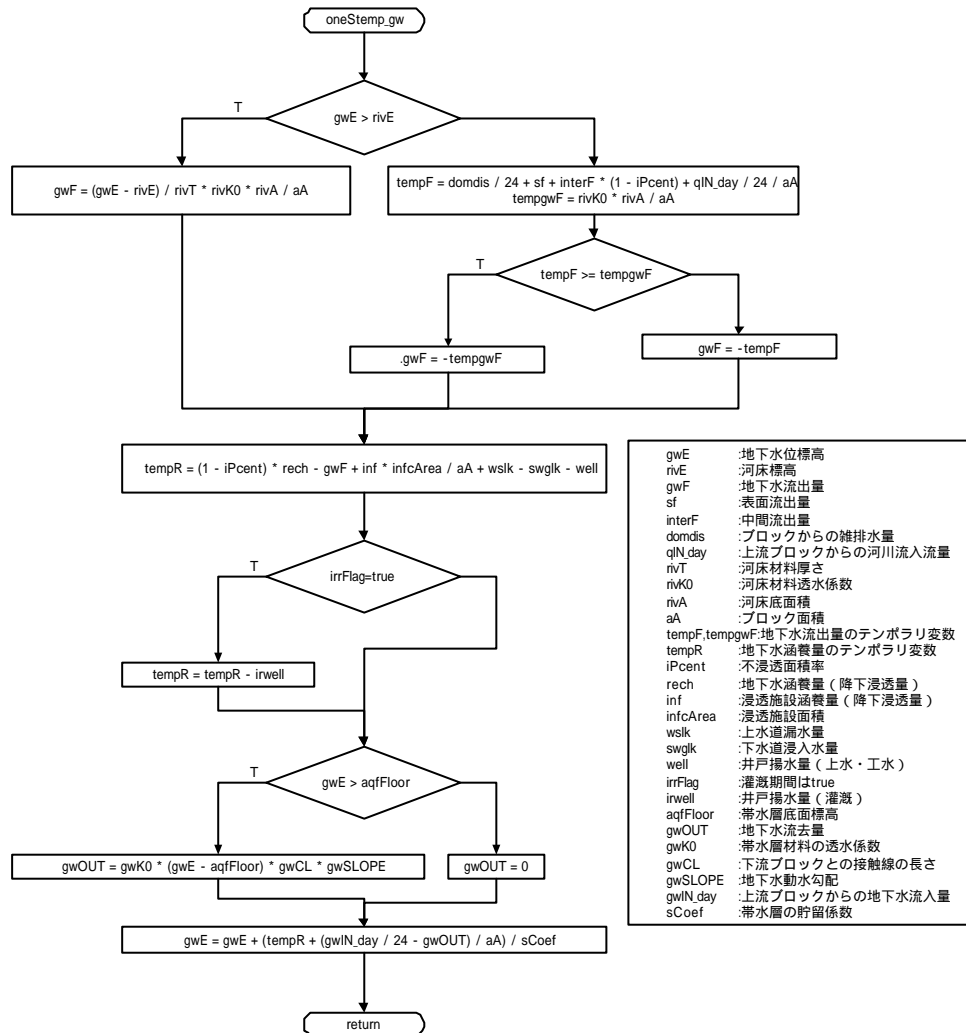
sf	:ブロック内表面流出量
sfi	:不透透域からの表面流出
sfp	:浸透域からの表面流出
sfp_each()	:ブロック内地目毎表面流出量
iPcent	:不透透面積率
aqfCapa	:下の帯水層の余剰空隙量
aqfCeil	:下の帯水層の上面標高
sCoef	:下の帯水層の貯留係数
gwE	:下の帯水層の地下水位
tmp1,tmp2	:浸透施設貯留量のテンポラリ変数
tmpInf	:同上
infcPotential()	:地目毎の浸透施設能力
infcAreaEach()	:地目毎の浸透施設集水面積
aA	:ブロック面積
inf	:浸透施設涵養量 (降下浸透量)

貯留施設の一時間分の計算



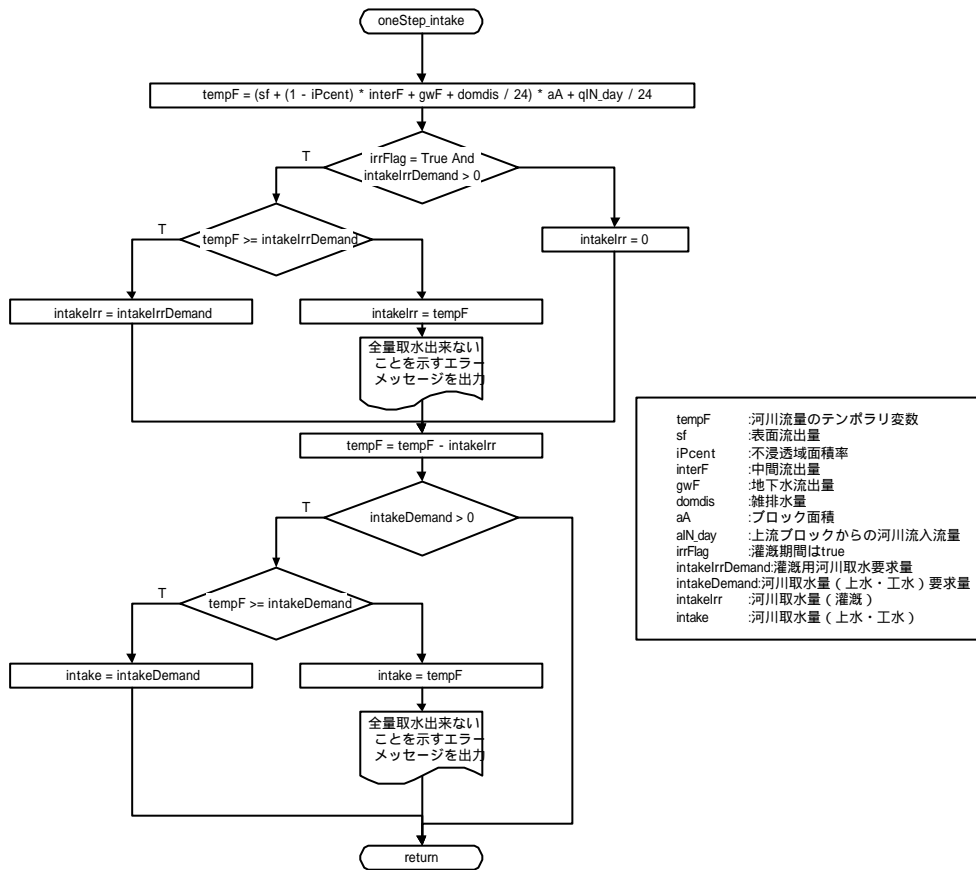
sf2pond : 貯留施設への流入量
 sfi : 不透透域表面流出量
 pondAreaEach(): ブロック内地目毎貯留施設集水面積
 sf : 表面流出量
 aA : ブロック面積
 pondV() : ブロック内地目毎貯留施設貯水量
 pondPlanDisEach(): ブロック内地目毎貯留施設設計画豊水量
 pondDis() : ブロック内地目毎貯留施設放流量
 pondCapaEach(): ブロック内地目毎貯留施設容量
 j : ブロック内の地目を示す番号
 (2=非締固裸地、3 = 締固裸地)
 sfp_each() : ブロック内地目毎浸透域表面流出量

帯水層の一時間分の計算



gwE	地下水位標高
rivE	河床標高
gwF	地下水流出量
sf	表面流出量
interF	中間流出量
domdis	ブロックからの雑排水量
qIN_day	上流ブロックからの河川流入流量
rivT	河床材料厚さ
rivK0	河床材料透水係数
rivA	河床底面積
aA	ブロック面積
tempF,tempgwF	地下水流出量のテンポラリ変数
tempR	地下水涵養量のテンポラリ変数
iPCent	不透水面積率
rech	地下水涵養量 (降下浸透量)
inf	浸透施設涵養量 (降下浸透量)
infcArea	浸透施設面積
wslk	上水道漏水量
swgk	下水道浸入水量
well	井戸揚水量 (上水・工水)
irrfFlag	灌漑期間はtrue
irwell	井戸揚水量 (灌漑)
aqfFloor	帯水層底面標高
gwOUT	地下水流出量
gwK0	帯水層材料の透水係数
gwCL	下流ブロックとの接触線の長さ
gwSLOPE	地下水動水勾配
gwIN_day	上流ブロックからの地下水流入量
sCoef	帯水層の貯留係数

河川取水の一時間分の計算



tempF	: 河川流量のテンポラリ変数
sf	: 表面流出量
iPcent	: 不透流域面積率
interF	: 中間流出量
gwF	: 地下水流出量
domdis	: 雑排水量
aA	: ブロック面積
aIN_day	: 上流ブロックからの河川流入流量
irrFlag	: 灌漑期間はtrue
intakeIrrDemand	: 灌漑用河川取水要求量
intakeDemand	: 河川取水量（上水・工水）要求量
intakeIrr	: 河川取水量（灌漑）
intake	: 河川取水量（上水・工水）

2. 解析計算に際しての留意点

精度管理の指標

水循環解析は単に河川の流量を再現することではなく、地下水位その他の指標も再現することが望ましい。実測値として河川流量のみが与えられている場合にも、複数年の計算を行い、地下水位が長期的に安定していることを確かめる必要がある。地下水位が安定していない場合は、パラメータの誤差を地下水位変動が吸収して、河川流量にはその影響が現れないということが考えられる。

また、河川流量の精度検証としては次式がある。

相対誤差の平均：

$$\text{式 2-1} \quad \bar{R}(1) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Q_o(t) - Q_c(t)|}{Q_o(t)}$$

WMO の指標：

$$\text{式 2-2} \quad \bar{R}(2) = \frac{1}{n\bar{Q}_0} \sum_{t=1}^n |Q_o(t) - Q_c(t)|$$

ここに、

- $Q_o(t)$: 時刻 t における観測流量[m³/s]
- $Q_c(t)$: 時刻 t における計算流量[m³/s]
- \bar{Q}_0 : 比較対象期間の観測流量の平均値 [m³/s]
- n : 比較の個数

モデルパラメータの感度分析

パラメータについては、それぞれ感度分析を実施して、各パラメータが解析精度に及ぼす影響を把握し、敏感なパラメータについては慎重に決定する必要がある。

3. 計算事例の紹介

海老川前原川流域

海老川前原川流域は流域面積3.35km²、不浸透面積率32%の都市化した流域である。



図 3-1 前原川流域の流域概要 (赤い線はブロック分割線である)

自然系水循環系構成要素の把握

降雨

流域内及び近傍の複数の雨量観測所の1時間ごとの雨量データを用いた。それぞれの雨量観測所が代表する地域はティーン分割によって決定した。ある観測所が欠測の場合はその観測所を除いてティーン分割を行った。

蒸発散

流域から最も近いアメダス船橋の日ごとの気温データを用いてハーモン式により可能蒸発量を算定した。

人工系水循環系構成要素の把握

上水道使用水量

流域を含む市区町村ごとに収集した年間の使用水量データ(上水と工業用水および個別井戸による揚水を含む)をもとに作成した。ブロック上への投影に際しては、人口分布(図3-7)による重み付けを行った。海老川流域の一人当たり使用水量(家庭用井戸からの揚水は含まない)を元に、これにブロック内の人口を乗じてブロック内使用水量とした。

雑排水

ブロック内の使用水量に、ブロック内の下水道面積率および下水道接続率を乗じて、下水道へ行く水量として、その残りを直接河川へ流下する雑排水とした。また、家庭用井戸からの汲み上げ水量は全量が下水道へ流入するものとした。

上水道漏水量

海老川流域平均の上水道漏水率を用いた。漏水率は平成5年の実績を採用した。

上水用地下水揚水

海老川流域内の総揚水量を人口分布に従って各ブロックへ振り分けた。

農業用水

水田への灌漑水量を対象とした。水田への灌漑は天水を除いて全て地下水揚水(浅井戸、深井戸含む)により賄われるとした。海老川流域内の年間総灌漑揚水量を元に、灌漑期間

を5月1日から8月15日（107日間）として、当該期間に均等に給水（平成5年相当量）があるものとした。

灌漑揚水量

灌漑用の井戸の内、水循環系モデルが対象とした第一層の帯水層（深さ100mより浅いもの）から揚水しているものを集計し、海老川流域内の年間総揚水量（平成5年相当量）を求め、これを水田面積に従って各ブロックに分布させた。

下水道浸出水量

「下水道施設設計指針と解説」によれば、下水処理場計画では、下水道への浸入水量は一人一日最大汚水量の10～20%とされているが、ここでは下水道へ流入する量の年間平均値の15%とした。

下水処理場からの汚水処理水放流量

流域内の処理場放流は直接東京湾に放流しており、懸案地点における流量に影響を与えないことからモデルに組み込まなかった。

流出抑制施設

流出抑制施設として流域貯留と雨水浸透に貢献する貯留施設（調整池含む）と貯留浸透施設をモデルに組み込んだ。それぞれについて以下とした。

- 貯留施設

貯留施設を含むブロックについて、貯留施設の集水面積を設定した。分布させた集水面積に従って、各ブロック内に貯留容量を分配した。

- 浸透施設

貯留施設と同様な手法により、集水面積を分配し、集水面積に従って浸透施設のト/フ換算長を各ブロックに分配した。

流域情報

地形諸元

- 地表面標高

数値地図の50mメッシュ標高データから当該流域の平均標高をブロック毎に算定した。

- 地表面勾配

地表面勾配は50m格子点のそれぞれの最急勾配を計算し、それをブロック内で平均した。

不浸透面積

不浸透面積率は土地利用地目毎（表 3-1）に設定することとし、当該流域で以前に行われた流出解析報告書（表 3-2）との対比から表 3-3のように設定した。

締め固められた地域の面積

人為的な行為などにより締め固められた地域の判別は土地利用地目（表 3-1）によることとし、農地・山林等に区分される地目（表 3-1中のコード 1～3）を除く全ての土地利用地目を締め固められた地域とした。

表 3-1 細密数値情報の土地利用区分(首都圏)⁹

コード	分類区分		定義	
1	農地・山林等	山林・荒れ地等	樹林地、竹林、篠地、笹地、野草地(耕作放棄地を含む)、裸地、ゴルフ場等	
2		田	水稲、蓮、くわいなどを栽培している水田(短期的な休耕田を含む)をいい、季節により畑作を栽培するものを含む	
3		畑・その他の用地	普通畑、果樹園、桑園、茶園、苗木畑、牧場、牧草地、採草放牧地、畜舎温室等の畑およびその他の農地	
4	造成地	造成中地	宅地造成、埋め立て等の目的で人工的に土地の改変が進行中の土地	
5		空き地	人工的に土地の整理が行われ、現在まだ利用されていない土地および簡単な施設からなる野外駐車場、ゴルフ練習場、テニスコート、資材置き場等を含む	
6	宅地	工業用地	製造工場、加工工場、修理工場、採掘場、採石場、発電所、ガス製造工場などの用地をいい、工場に付属する倉庫、原料置き場、生産物置き場、厚生施設等も含む	
7		住宅地	一般低層住宅地	3階以下の住宅用建物からなり、一区画あたり100m ² 以上の敷地で、建物の密集していない住宅地をいい、農家の場合は屋敷林を含め一区画とする
8			密集低層住宅地	3階建て以下の住宅用地からなり、一区画100m ² 未満の敷地で、建物の密集している住宅地
9			中・高層住宅地	4階建て以上の中高層住宅の敷地からなる住宅地
10		商業・業務用地	小売店舗、スーパー、デパート、卸売、飲食店、映画館、劇場、旅館・ホテル等の商店、娯楽、宿泊棟のサービス業を含む用地および企業の事務所、銀行、新聞社、放送局、流通施設、その他これに類する用地	
11	公共公益施設用地	道路用地	有効幅員4m以上の道路、駅前広場等で工事中、用地買収済みの道路用地も含む	
12		公園・緑地等	公園、緑地、動・植物園、墓地、寺社の境内地、遊園地等の公共的性格有する施設および総合運動場、競技場、野球場等運動競技を行うための施設用地	
13		その他の公共公益施設用地	公共業務施設、教育文化施設、供給処理施設、社会福祉施設、鉄道用地、バス発着センター、車庫、港湾施設用地、空港等の用地	
14	河川・湖沼等		河川(河川敷、堤防を含む)、湖沼・溜池、養魚場、海浜地	
15	その他		防衛施設、米軍基地、基地跡地、演習場、皇室に関する施設および、居住地等	

⁹ 建設省国土地理院、日本地図センター；数値地図ユーザーズガイド pp.487；日本地図センター；平成4年

表 3-2 海老川水理解析報告書の不浸透面積率¹⁰

地目	不浸透面積率
過密地域	0.64
中高層住宅地域	0.35
住宅地域	0.52
農家型住宅	0.26
学校・工場	0.35
水田	1.00
畑・林地・空地・その他	0.00

表 3-3 土地利用地目毎の不浸透面積率

コード	地目	不浸透面積率
1	山林・荒れ地等	0.00
2	田	0.00
3	畑・その他用地	0.00
4	造成中地	0.52
5	空き地	0.00
6	工業用地	0.35
7	一般低層住宅	0.52
8	密集低層住宅	0.64
9	中・高層住宅	0.35
10	商業・業務用地	0.64
11	道路用地	1.00
12	公園・緑地等	0.00
13	その他の公共公益施設	0.52
14	河川・湖沼等	0.00
15	その他	0.00
	新規市街地	0.52

地下水帯水層

当該流域の地下水賦存状況は、地表面に近い所ではローム中あるいは上総粘土層の上に宙水的なものと、その下の成田砂層の不圧地下水とに分けられる。成田砂層中の地下水は、井戸の深度が100mを超えるものとそれよりも浅いものでは水位差があることから、深い被圧地下水的なものと浅い不圧地下水的なものとに2分して考えることとした。

今回の解析モデルでは、PDE モデルでは上総粘土層上の宙水的なものと成田砂層中の100mよりも浅い範囲の不圧地下水の2枚、SMPT モデルとSHER モデルではこれらを合わせて一枚の帯水層として再現することとした。成田砂層中の100m以深の部分は、深層地下水への涵養という境界条件で考慮した。

¹⁰ 千葉県土木部河川課；海老川水理解析報告書；昭和55年3月

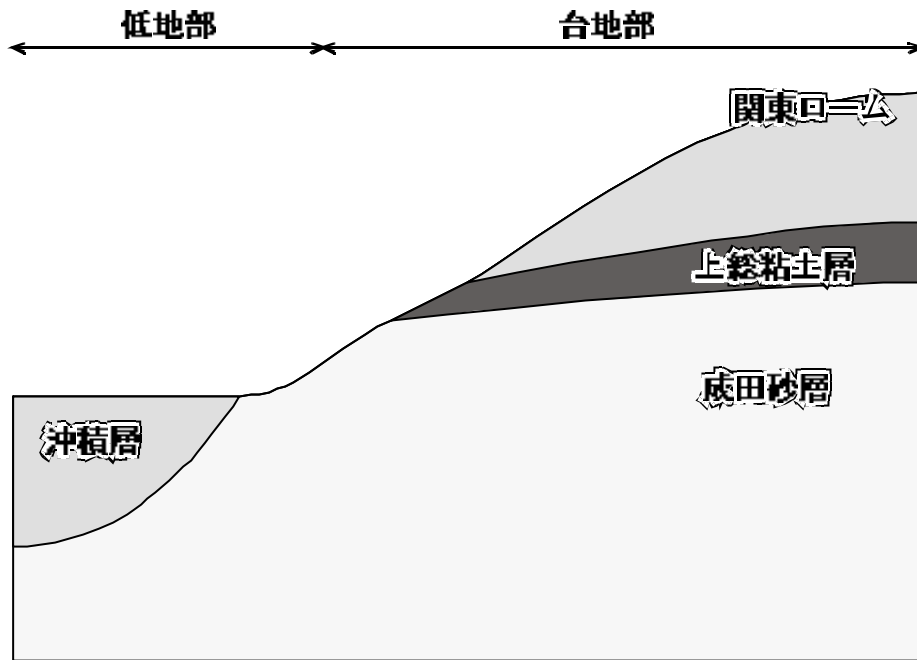


図 3-2 海老川流域の帯水層構造概念

表層地質諸元

当該流域の表層地質はローム、上総粘土層、成田砂層、沖積層に分けられる（図 3-5）。ここでは、これら 4 種類の土質を区別することとし、各ブロック毎に一種類の土質を対応させた。表層地質分布と解析ブロックを重ね合わせて、各ブロック内で最も広い面積を占める土質がそのブロックの土質であるとした。表 3-4、図 3-3、図 3-4 に採用した土壌物性の係数一覧と特性曲線を示した。なお、沖積層については土壌物性データが得られないことから、ロームが再堆積したものと解釈して、ロームの特性と等しくした。また、表層土壌の透水係数は土質と地覆状況に従って変化すると仮定し、土地被覆状況（締め固めと非締め固めに区分）に従って飽和透水係数の変化をつけることとした。但し、水田については、年間の灌漑水量（農業用地下水揚水量）と灌漑期間の雨量および灌漑期間の蒸発散能から水収支式（下式）を用いて飽和透水係数を推定した。

式 3-1

$$K_0 = \frac{Q_{padi} + R_{padi} - E_{padi}}{T_{padi}} \times 0.1 \quad (4-1)$$

ここに、
 Q_{padi} : 灌漑水量[mm]
 R_{padi} : 灌漑期間の総雨量[mm]

E_{padi} : 灌漑期間の総蒸発散能[mm]

T_{padi} : 灌漑期間[sec]

K_0 : 水田の飽和透水係数 [cm/sec]

表 3-4 表層土壌物性

土質区分	水分保持特性				Mualem の n	備考
			o	r		
ローム 沖積層	366	4.13	0.772	0.589	4.17	前原団地の深度 1.0m
上総粘土層	6.576E6	9.00	0.394	0.120	4.38	関東平野の平均的な値として設定。
砂質土	1.752E10	16.95	0.400	0.077	3.37	同上

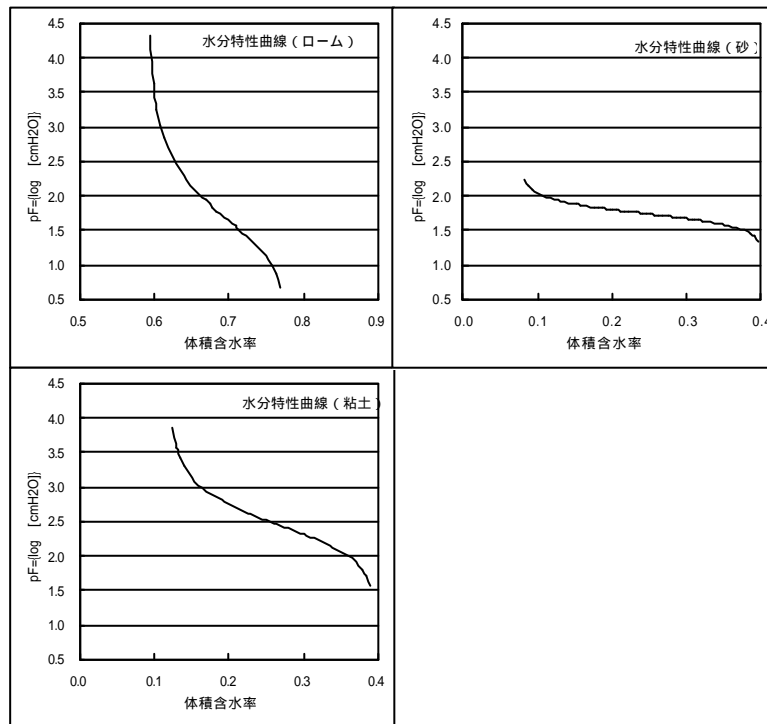


図 3-3 海老川流域の土壌水分保持特性

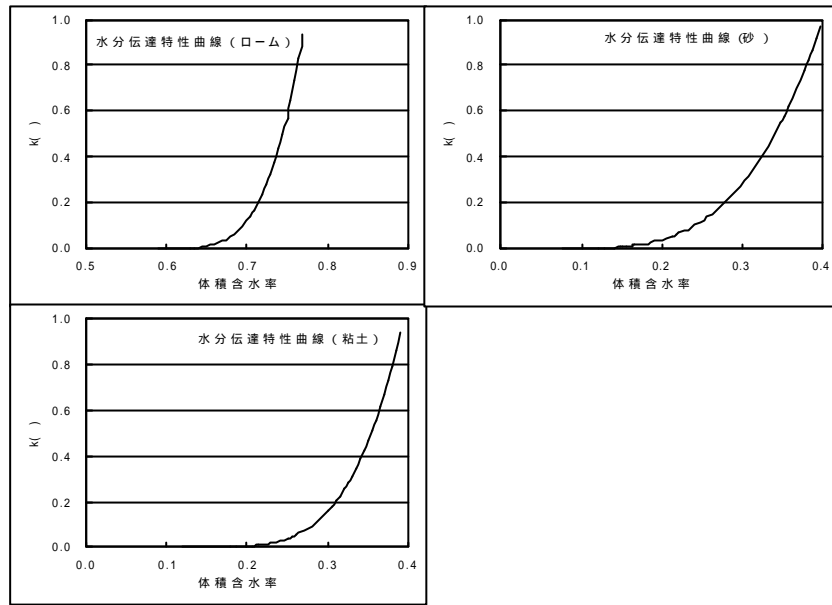


図 3-4 海老川流域の土壤水分伝達特性（不飽和透水係数）

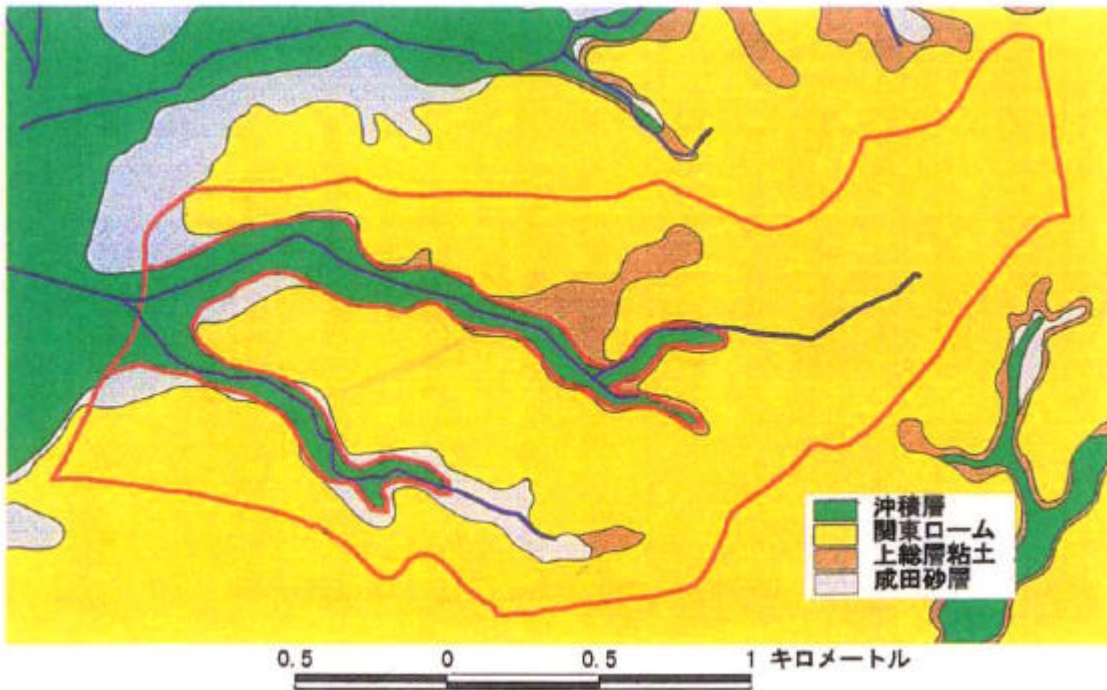


図 3-5 流域表層地質図

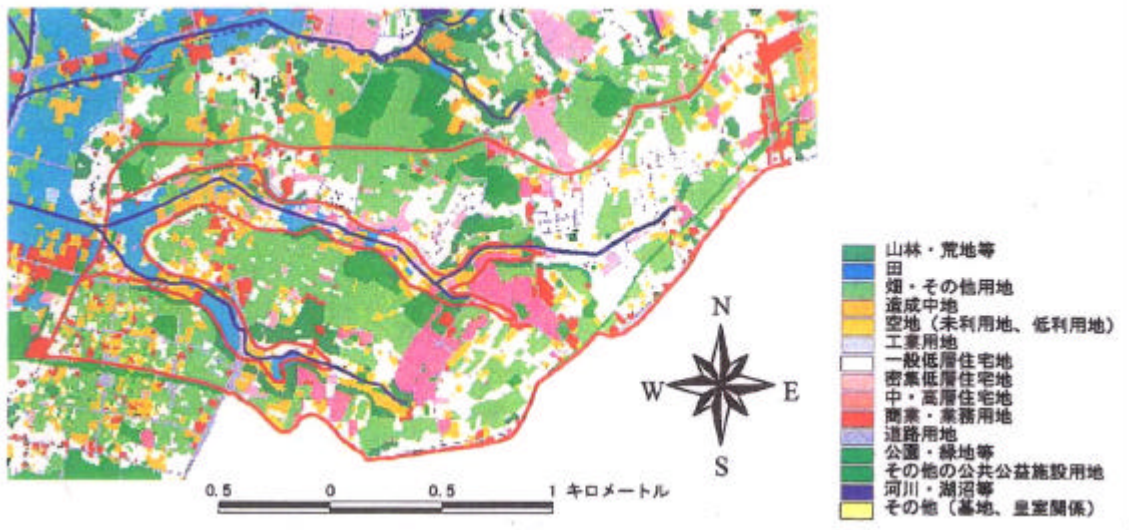


図 3-6 流域土地利用図

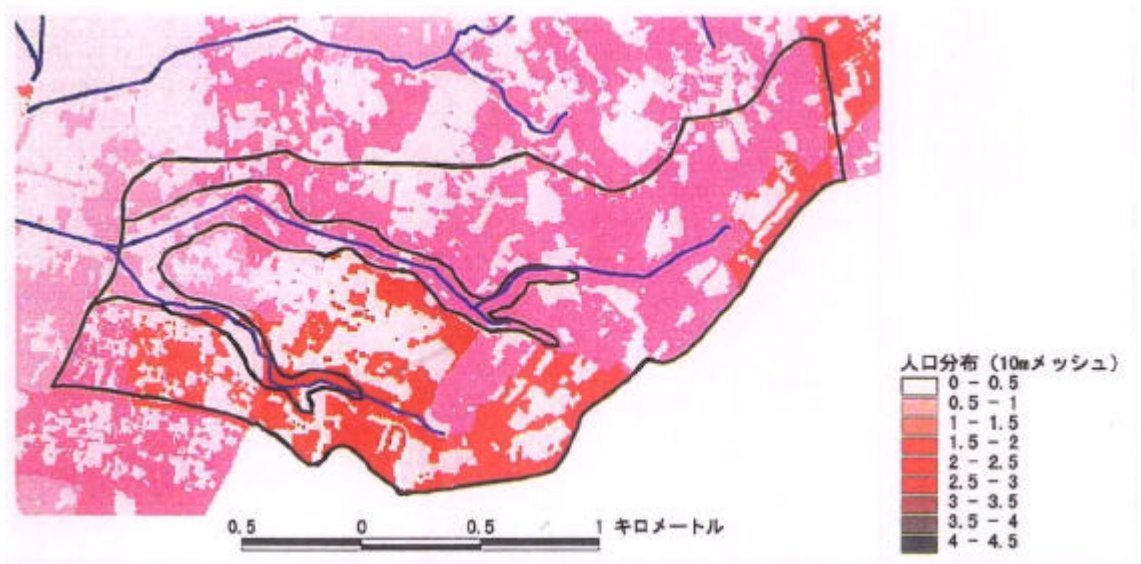


図 3-7 流域人口分布図

河道諸元

当該流域内の河川縦断図と平面図から、500m間隔の河床標高と勾配を読みとり、また、横断図（横断図がない部分は1/2500平面図）から河道の巾を読みとり、河道モデルを作成した。

表 3-5 前原川流域の諸元 (SHER モデルに適用、現況と将来)

		内容	単位	前原川 (現在)		前原川 (将来)	
流域基本諸元		ブロック名	-	低地部	台地部	低地部	台地部
		ブロック面積	[km ²]	0.4225	2.855	0.4225	2.855
		地表面平均勾配	率	0.042	0.033	0.042	0.033
不浸透域		不浸透域の面積	[km ²]	0.103	0.849	0.160	1.270
		窪地貯留能	[mm]	2	2	2	2
浸透域	浸透域共通	表層土壌厚さ	[m]	2	2	2	2
	1:水田	面積	[km ²]	0.113	0.013	0.043	0.002
		窪地貯留能	[mm]	50	50	50	50
		飽和含水率	率	0.772	0.772	0.772	0.772
		残留含水率	率	0.589	0.589	0.589	0.589
		τ-レム の n	-	4.17	4.17	4.17	4.17
		飽和透水係数	[cm/s]	1.06E-05	1.06E-05	1.06E-05	1.06E-05
		InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	1.06E-04	1.06E-04	1.06E-04	1.06E-04
		2:裸地	面積	[km ²]	0.048	1.068	0.019
	窪地貯留能		[mm]	5	5	5	5
	飽和含水率		率	0.772	0.772	0.772	0.772
	残留含水率		率	0.589	0.589	0.589	0.589
	τ-レム の n		-	4.17	4.17	4.17	4.17
	飽和透水係数		[cm/s]	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	InterFlowの飽和透水係数		[cm/s]	0.005	0.005	0.005	0.005
	3:固い裸地		面積	[km ²]	0.160	0.926	0.200
		窪地貯留能	[mm]	5	5	5	5
		飽和含水率	率	0.6073	0.6073	0.6073	0.6073
		残留含水率	率	0.589	0.589	0.589	0.589
		τ-レム の n	-	4.17	4.17	4.17	4.17
		飽和透水係数	[cm/s]	0.000071	0.000071	0.000071	0.000071
		InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	0.00071	0.00071	0.00071	0.00071
		浸透施設	浸透施設の集水面積	[km ²]	0	0	0
		設計浸透強度	[mm/hr]	200	200	200	200
	人工系給排水	かんがい給水量	[mm/y]	354	7	134	2
かんがい給水開始日			5月15日	5月15日	5月15日	5月15日	
かんがい給水終了日			9月7日	9月7日	9月7日	9月7日	
雑排水量		[mm/y]	908	994	58	67	
水道漏水量		[mm/y]	38	43	51	59	
下水道浸入水量		[mm/y]	0	0	175	204	
井戸揚水		[mm/y]	16	18	16	18	
深層地下水涵養		[mm/y]	264	264	264	264	
かんがい用揚水量		[mm/y]	245	5	92	1	
地下水流出機構と帯水層		河床標高	[m]	8.2	18.8	8.2	18.8
	河床底面積	[m ²]	8,775	3,956	8,775	3,956	
	河床材料厚さ	[m]	1	1	1	1	
	河床材料透水係数	[cm/s]	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	1.00E-04	
	初期地下水位	[m]	6.3	9.2	6.3	9.2	
	地表面下 2 m の標高	[m]	8.6	19.0	8.6	19.0	
	帯水層の底面標高	[m]	-30.0	-30.0	-30.0	-30.0	
	貯留係数		0.05	0.05	0.05	0.05	
	帯水層透水係数	[cm/s]	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	
	地下水面動水勾配	-	0.00341	0.00344	0.00341	0.00344	
	下流ブロックとの接続線	[m]	355	7521	355	7521	

計算結果

現況の再現（河川流量と地下水位）と将来想定土地利用と水利用をいれて予測した将来の状況を図示した。

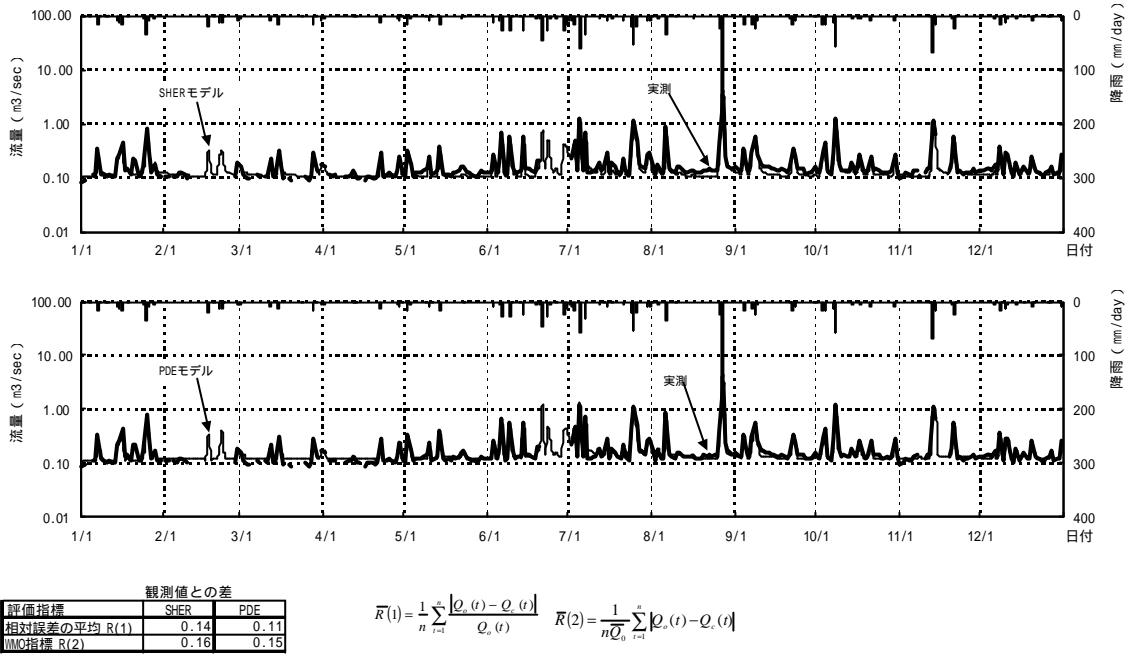


図 3-8 前原川の河川流量再現結果（図中には精緻なグリッド型モデルである PDE との比較をした）

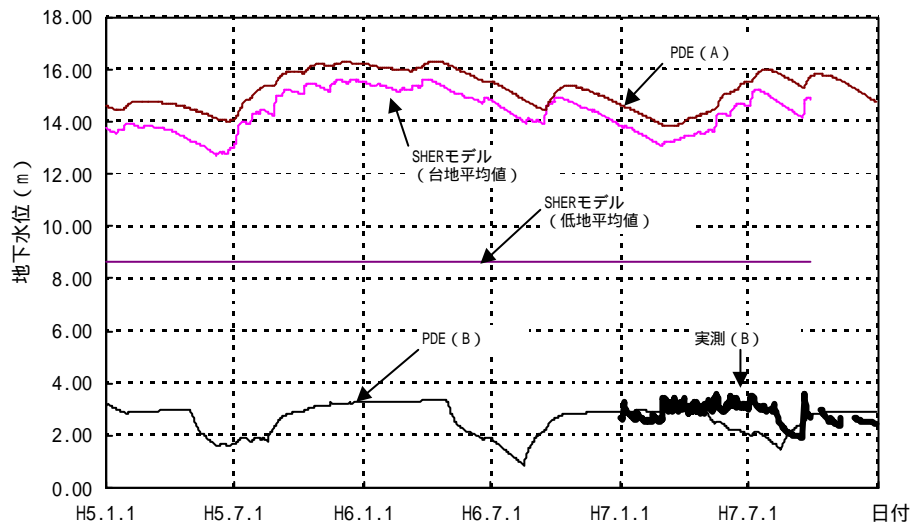
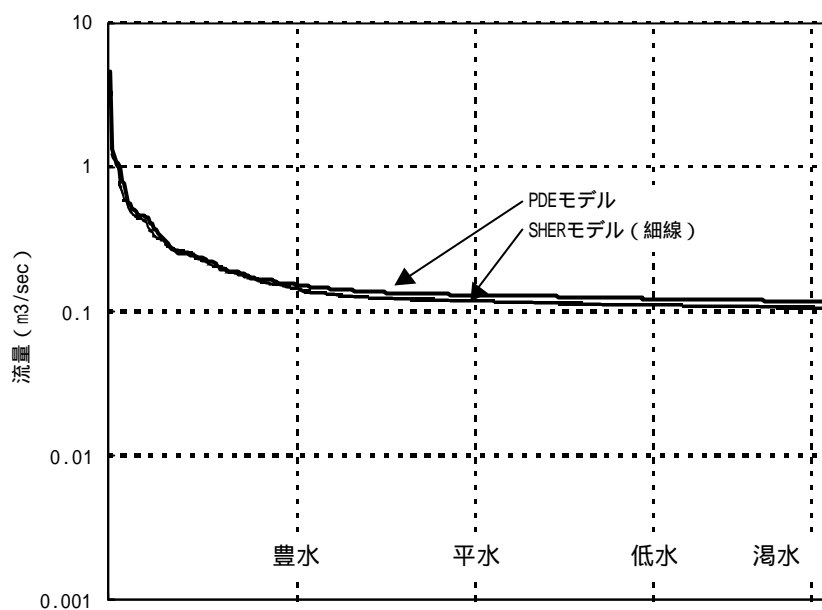


図 3-9 前原川の地下水位再現結果（図中には精緻なグリッド型モデルである PDE との比較をした）

平成5年



将来

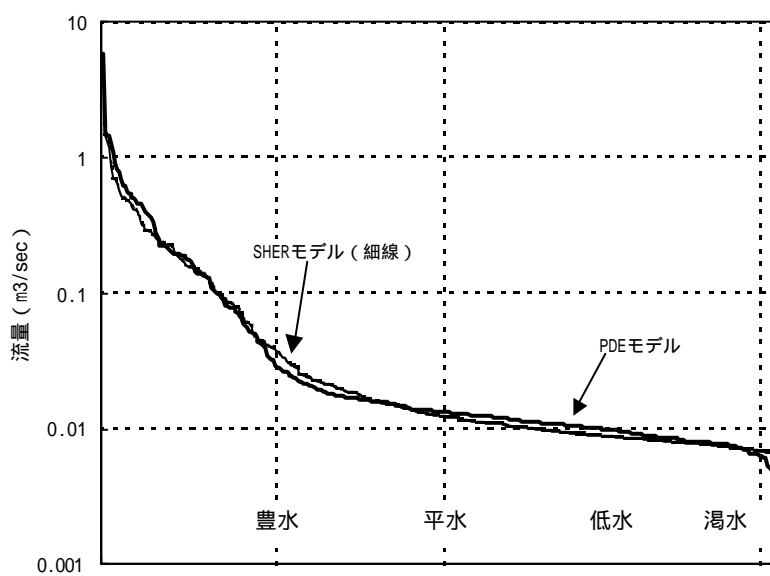


図 3-10 現在と将来の流況曲線比較 (現況と将来の両方でSHER モデルは精緻なモデルと同様な結果を算出した)

表 3-6 計算手法の違いによる年間水収支の比較（前原川流域）

				H5年		将来		
		番号	項目 (mm/年)	PDE	SHER	PDE	SHER	
家庭・事業所	IN	9	域外から上水道供給量 (漏水前)	1,007		1,371		
		7	上水道用揚水 (浅)	18		18		
		8	上水道用揚水 (深)	0		0		
	OUT	10	上水道漏水量	42		58		
		11	下水管への汚水 (地下水が浸入する前)	0		1,267		
		12	雑排水量	983		66		
地表+表層土壌	IN	1	降水量	1,476		1,476		
		5+6	かんがい水量	52		19		
		10	上水道漏水量	42		58		
	OUT	3	蒸発量	432	475	387	379	
		4	表面流出	630	471	893	664	
		16	中間流出	78	213	33	142	
		14	地下水涵養量 (トレンチ含む)	497	355	298	299	
			表層土壌貯水量変化	-67	13	-58	9	
	地下水層	IN	14	地下水涵養量 (トレンチ含む)	497	355	298	299
		OUT	5	灌漑用揚水 (浅)	36		13	
7			上水道用揚水 (浅)	18		18		
13			地下水浸入量 (若しくは地下水浸出量)	0		200		
17			地下水流出	95	-2	-1	-3	
19			深層地下水涵養	264	264	264	264	
18			地下水流出 (マイナスは流入)	46	4	-33	4	
			地下水貯留量変化	38	78	-163	-138	

最左欄の番号は図 3-11の番号に対応する。

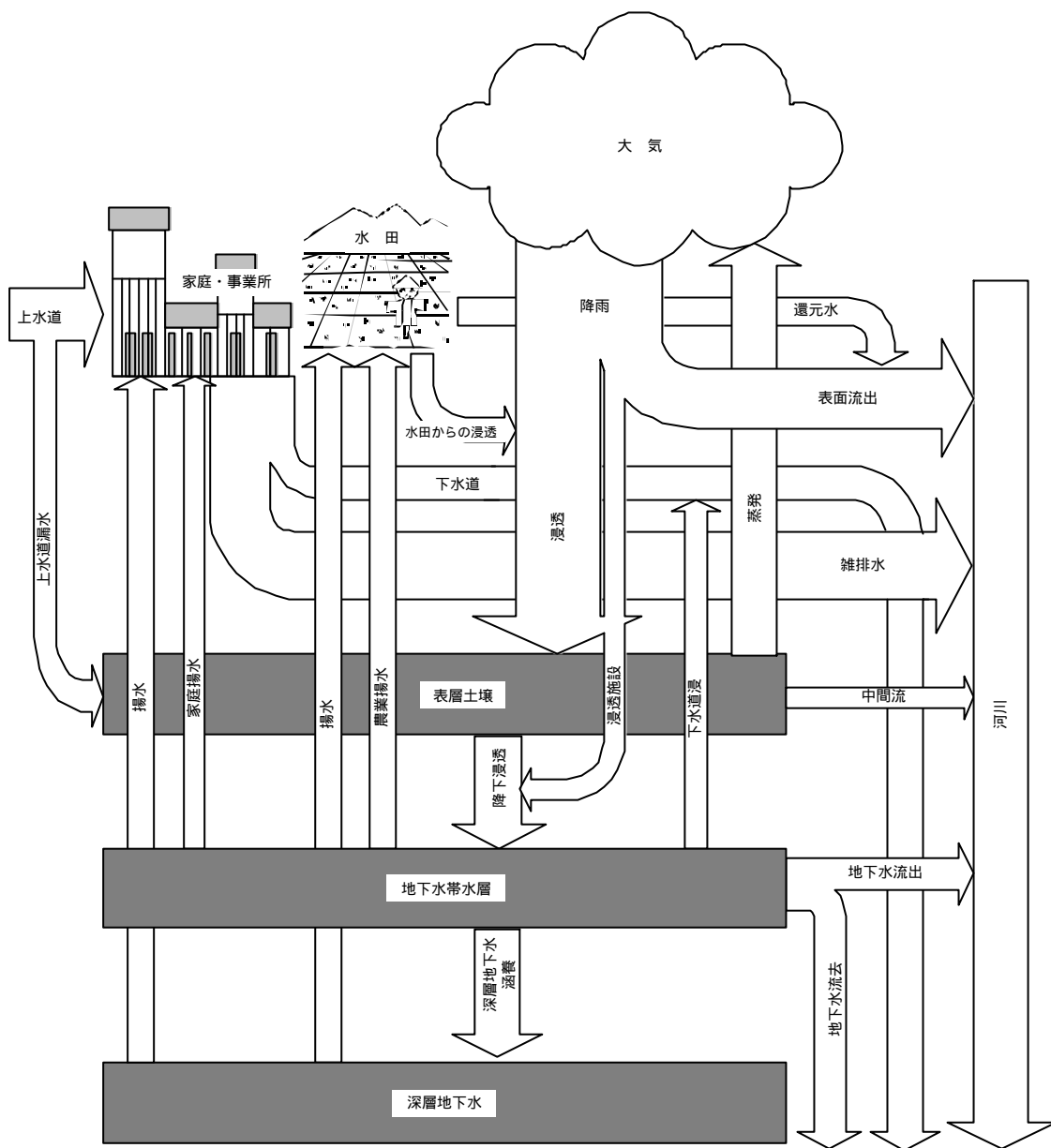


図 3-11 年間水収支項目

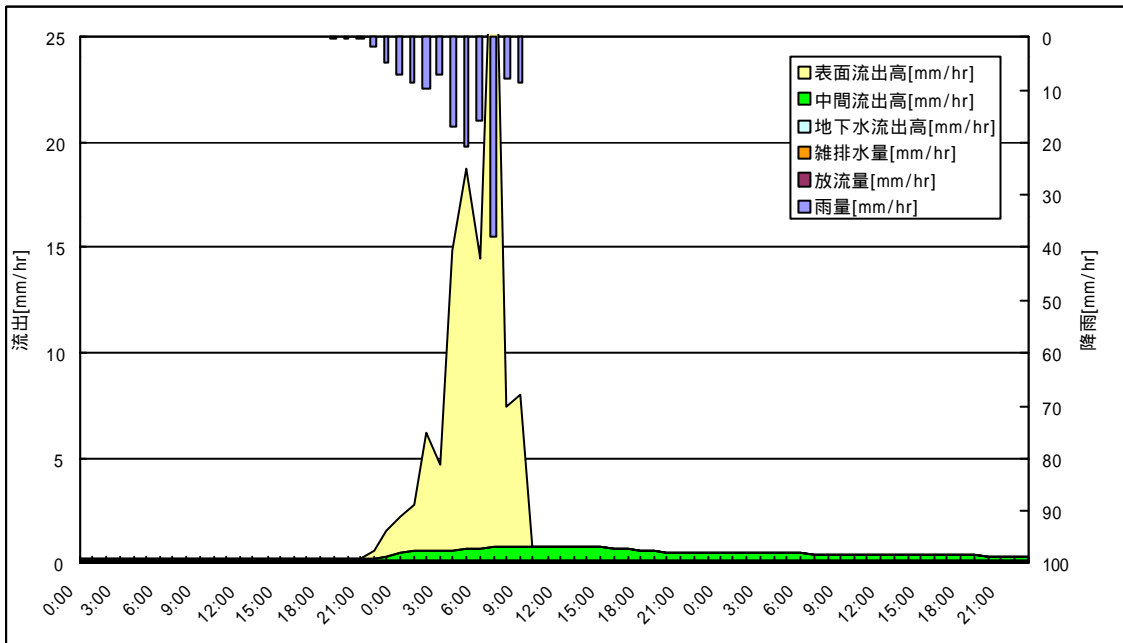
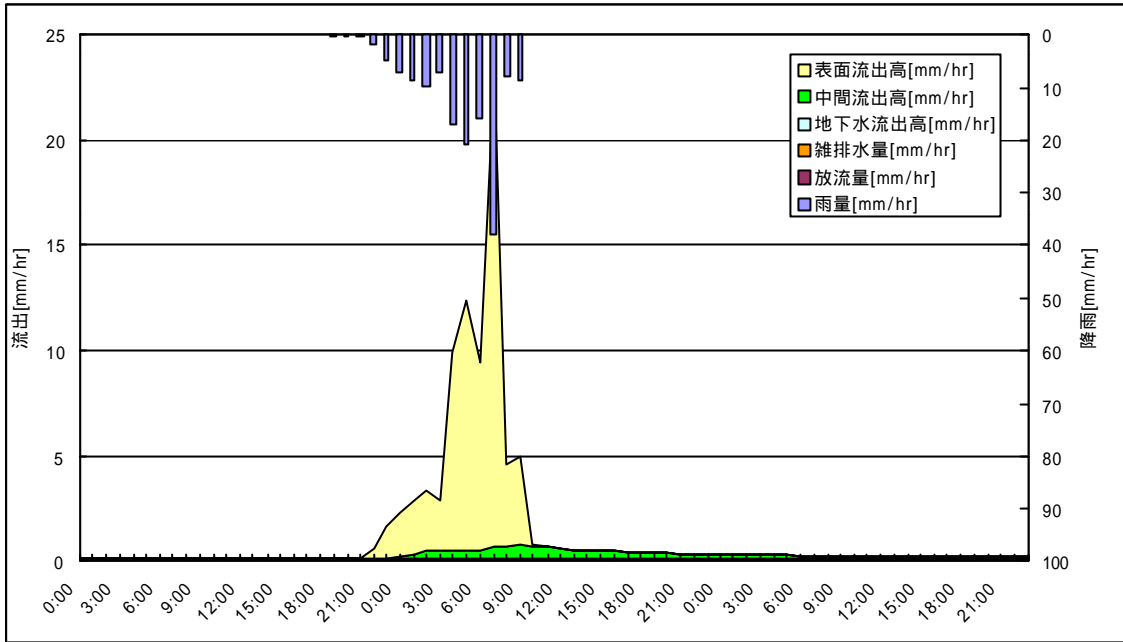


図 3-12 時間単位の流出成分の出力例(上段:台地部 下段:低地部)(1992年10月20日洪水)

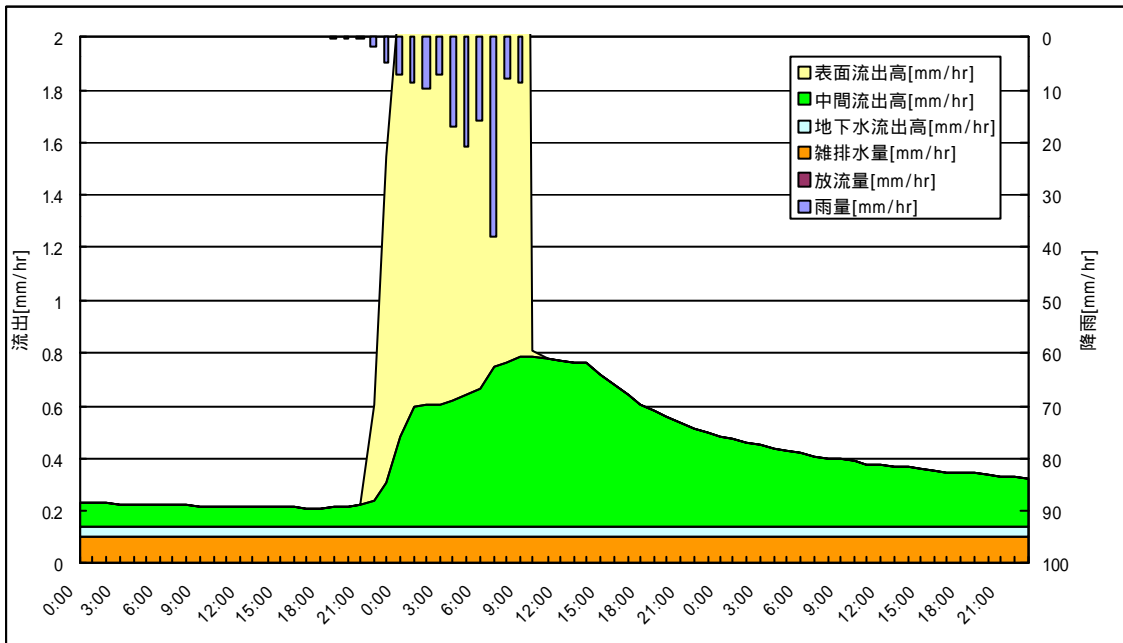
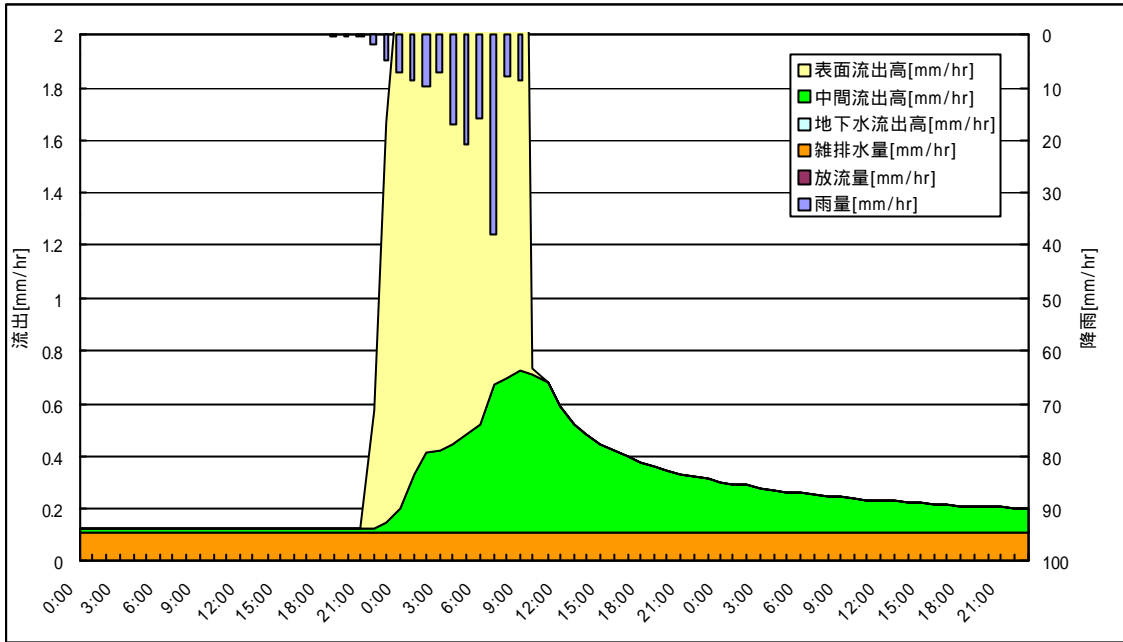


図 3-13 流出成分の出力例 (低水部分拡大) (上段: 台地部 下段: 低地部) (1992年10月20日洪水)

解析モデル実行ファイル

利用上の注意

SHER モデルによる計算を実行するファイルは、所定の URL からダウンロードして使用することができますが、その作成者および提供者は実行ファイルを使用したことによって発生したいかなる結果に対しても一切の責任を負いません。

実行ファイルは自由に利用できますが、同ファイル中のプログラム（ソースコード）に関する知的所有権は日本工営株式会社に帰属します。

必要システム

- Windows 9 5 又は Windows98 を搭載したパソコン
- Microsoft Excel（バージョンは Excel97 以降）

データ入力

流域諸元の入力

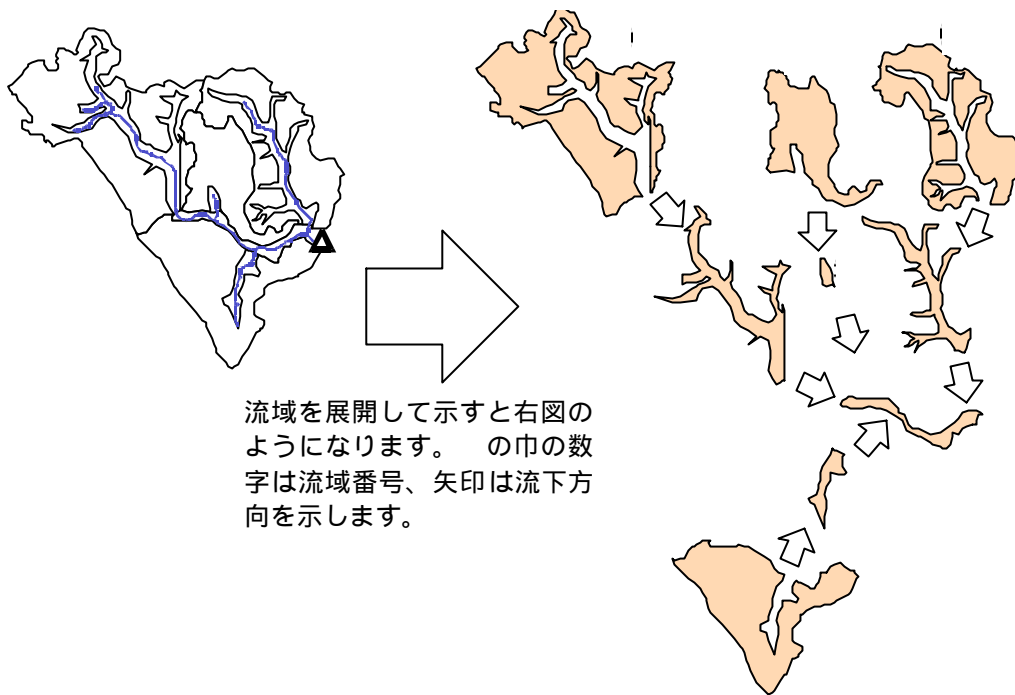
「流域諸元」という名前のシートをアクティブにして、2 行目から 6 8 行目までブロック毎の数値を入力します。下図の例では、2 つのブロックから成る流域の事例を示しています。配布するファイルでは、ブロックの数は 1 2 個（F ~ Q 列まで）まで設定できます。なお、「ブロック番号」とは各ブロックに付けた一意の通し番号です。また、「流下先ブロック番号」の欄には、各ブロックが流下する先の「ブロック番号」を記入します。R 列には 2 つのブロックを合わせた流域平均値を算出する式が入力されています。この列は、入力データの確認用にこのような数式を適宜入力して使用して下さい。

1	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K
2	ブロック構成		内容	単位	1	2				
3			ブロック番号	-						
4			流下先ブロック番号		2					
5	地形諸元		ブロック面積	[k.m2]	6.71	1.57				
6			地表面平均勾配	率	0.410825231	0.172077571				
7	不浸透域		不浸透域の面積	[k.m2]	1.77	0.14				
8			窪地貯留能	[mm]	2	2				
9	浸透域	共通	表層土厚さ	[m]	2	2				
10		○1水田	面積	[k.m2]	0.04	0.715				
11			窪地貯留能	[mm]	50	50				
12			飽和含水率 θ_s	率	0.772	0.772				
13			残留含水率 θ_r	率	0.589	0.589				
14			モレムn	-	4.17	4.17				
15			飽和透水係数	[cm/s]	1.06E-05	1.06E-05				
16			InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	1.06E-04	1.06E-04				
17		○2裸地	面積	[k.m2]	2.6425	0.3675				
18			窪地貯留能	[mm]	5	5				
19			飽和含水率	率	0.772	0.772				
20			残留含水率	率	0.589	0.589				
21			モレムn	-	4.17	4.17				
22			飽和透水係数	[cm/s]	5.00E-04	5.00E-04				
23			InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	5.00E-03	5.00E-03				
24		○3圃外裸地	面積	[k.m2]	2.259425	0.348125				
25			窪地貯留能	[mm]	5	5				
26			飽和含水率	率	0.6073	0.6073				
27			残留含水率	率	0.589	0.589				
28			モレムn	-	4.17	4.17				
29			飽和透水係数	[cm/s]	7.10E-05	7.10E-05				
30			InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	7.10E-04	7.10E-04				

内容	単位	説明
ブロック構成	ブロック番号	-
	流下先ブロック番号	-
		各ブロックの通し番号。番号は一意であれば、順番は任意で良く、欠番が在ってもよい。但し、ブロックの計算は行列から右へ順番に進められるので、必ず上流部のブロックほど、左に位置するように並べること。
		自身のブロックの河川流量と地下水流動量が流下する先のブロック番号。下流端となるブロックについては、この欄は空欄とする。

下図のような流域を想定した場合、ブロック番号と流下先ブロック番号の設定は下表のようになります。

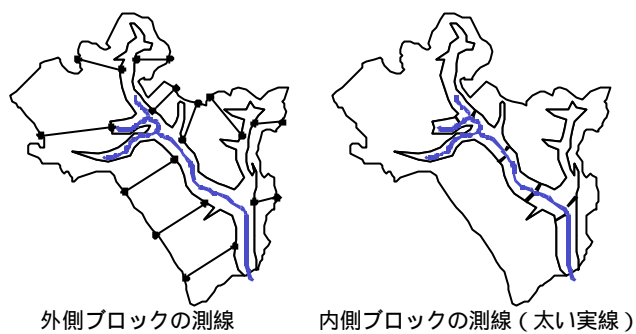
ブロック構成	ブロック番号	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	流下先ブロック番号		2	9	4	9	6	9	8	9		



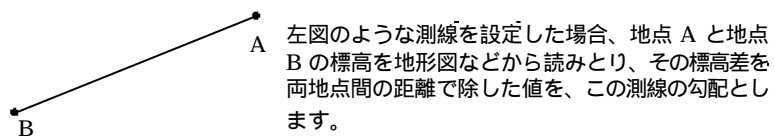
流域を展開して示すと右図のようになります。 の巾の数字は流域番号、矢印は流下方向を示します。

	内容	単位	説明
地形諸元	ブロック面積	[km ²]	ブロックの面積。
	地表面平均勾配	率	ブロック内の地表面流の流下方向に幾つかの側線を引き、それらの線上の勾配の平均値をとる。

下図に、外側と内側のブロックを設定した場合の測線の設定状況を例示します。



地形から判断して、河川へ向かう直接流出の方向に沿って測線を設定して、それぞれの勾配はブロック内で平均します。特に、内側ブロックでは河川の流下方向ではなく、河川へ向かう横断方向に測線を設定する必要があります。



内容		単位	説明
不浸透域	不浸透域の面積	[km ²]	ブロック内の土地利用などを元に不浸透面積を計測して与える。
	窪地貯留能	[mm]	不浸透域の窪地貯留能は一般的に2mmと言われている。この値を参考に与える。

不浸透域の求め方は、これまで下記のような手法が採られてきましたが、ブロック毎の分布を客観的に把握するために土地利用区分による方法が多く採用されています。その場合は下表のように既往の流出解析報告書の値と土地利用情報（ここでは細密数値情報）を対応させて設定することとなります。既往の不浸透面積率の情報が無い場合は、地目毎に抜き取り調査を行って不浸透面積率を設定する必要があります。

ある都市化の進んだ流域の洪水解析報告書の不浸透面積率

地目	不浸透面積率
過密地域	0.64
中高層住宅地域	0.35
住宅地域	0.52
農家型住宅	0.26
学校・工場	0.35
水田	1.00
畑・林地・空地・その他	0.00

土地利用地目毎の不浸透面積率（細密数値情報の土地利用地目毎に設定）

コード	地目	不浸透面積率
1	山林・荒れ地等	0.00
2	田	0.00
3	畑・その他用地	0.00
4	造成中地	0.52
5	空き地	0.00
6	工業用地	0.35
7	一般低層住宅	0.52
8	密集低層住宅	0.64
9	中・高層住宅	0.35
10	商業・業務用地	0.64
11	道路用地	1.00
12	公園・緑地等	0.00
13	その他の公共公益施設	0.52
14	河川・湖沼等	0.00
15	その他	0.00

	内容	単位	説明	
浸透域	共通	表層土壌厚さ	[m]	このモデルにおける表層土壌の厚さは、土壌の含水率が時間的に比較的大きく変化する深度を指している。例えば、関東ロームにおいては2m程度とされている。
		1:水田	面積	[km ²]
	窪地貯留能		[mm]	水田の窪地貯留能としては50mmなどの事例がある。これを参考に与える。
	飽和含水率 θ_0		率	土壌の飽和含水率である。この値は既往の調査事例などをもとに与える。
	残留含水率 θ_r		率	同上
	モ-ム ₀ のn		-	同上
	飽和透水係数		[cm/s]	再現計算を繰り返して同定する。
	InterFlowの飽和透水係数		[cm/s]	同上。例として、飽和透水係数の一律10倍などとして与えることも出来る。
	2:裸地	面積	[km ²]	ブロック内の裸地（締め固められていない）面積を与える。
		窪地貯留能	[mm]	浸透域の窪地貯留能としては5mmなどの事例がある。これを参考に与える。
		飽和含水率	率	土壌の飽和含水率である。この値は既往の調査事例などをもとに与える。
		残留含水率	率	同上
		モ-ム ₀ のn	-	同上
		飽和透水係数	[cm/s]	再現計算を繰り返して同定する。
		InterFlowの飽和透水係数	[cm/s]	同上。例として、飽和透水係数の一律10倍などとして与えることも出来る。
	3:固い裸地	面積	[km ²]	ブロック内の締め固められて固い裸地の面積を与える。
		窪地貯留能	[mm]	浸透域の窪地貯留能としては5mmなどの事例がある。これを参考に与える。
		飽和含水率	率	土壌の飽和含水率である。この値は既往の調査事例などをもとに与える。
		残留含水率	率	同上
		モ-ム ₀ のn	-	同上
		飽和透水係数	[cm/s]	再現計算を繰り返して同定する。
InterFlowの飽和透水係数		[cm/s]	同上。例として、飽和透水係数の一律10倍などとして与えることも出来る。	

モデル上の表層土壌の概念は、地表付近で斜面方向の地中流（中間流出）が生じており、土壌中に雨水を一時貯留できる程の空隙が存在する深さ（範囲）を指しています。この深さは土壌の性質などにより変化することがありますが、関東ローム層においては2m程度とされています。

水田、裸地、固い裸地の面積は下表に示した細密数値情報の土地利用地目を参考に、土地利用図あるいは地形図から判断します。造成や通行によって締め固められた地域は自然状

態の浸透能に比べて 1/10 程度に減少するといわれています。飽和透水係数の同定においても、これを参考に行います。

地表面の分類	国土数値情報上の地目
水田	「田」 (細密数値情報では「水田」)
浸透域 (締め固められていない土地)	「畑地」、「果樹園」、「その他の樹木畑」、 「森林」、「荒地」 (細密数値情報では「山林」、「畑地」)
浸透域 (締め固められた土地)	上記に含まれない地域

飽和含水率、残留含水率、モーレムの n については、現地のサンプリング試験（不飽和透水係数、 pF 試験）によって得られますが、既往の設定事例として下表があります。

土質区分	水分保持特性		モーレムの n
	θ	r	
ローム 沖積層	0.772	0.589	4.17
上総粘土層	0.394	0.120	4.38
砂質土	0.400	0.077	3.37

内容		単位	説明	
貯留施設	不浸透域	集水面積	[km ²]	不浸透域内に分布する貯留施設の集水面積を与える。
		最大貯留量	[m ³]	同施設の最大貯留能を与える。
		計画放流量	[mm/hr]	同施設の計画放流量を与える。
	裸地	集水面積	[km ²]	裸地内に分布する貯留施設の集水面積を与える。
		最大貯留量	[m ³]	同施設の最大貯留能を与える。
		計画放流量	[mm/hr]	同施設の計画放流量を与える。
	固い裸地	集水面積	[km ²]	締め固められて固い裸地内に分布する貯留施設の集水面積を与える。
		最大貯留量	[m ³]	同施設の最大貯留能を与える。
		計画放流量	[mm/hr]	同施設の計画放流量を与える。
浸透施設	不浸透域	浸透施設の集水面積	[km ²]	不浸透域に分布する浸透施設の集水面積を与える。
		設計浸透強度	[mm/hr]	同施設の設計浸透強度を与える。
	裸地	浸透施設の集水面積	[km ²]	裸地内に分布する浸透施設の集水面積を与える。
		設計浸透強度	[mm/hr]	同施設の設計浸透強度を与える。
	固い裸地	浸透施設の集水面積	[km ²]	締め固められて固い裸地内に分布する浸透施設の集水面積を与える。
		設計浸透強度	[mm/hr]	同施設の設計浸透強度を与える。

注1) 各地目毎の貯留施設と浸透施設の集水面積の合計は、その地目の面積を超えて設定出来ません。

注2) 各地目内では、貯留施設と浸透施設の集水域を重ねて設定することはできません。それぞれの施設は単独の集水域を有するものとします。

貯留施設と浸透施設の諸元は、ブロック内の地目毎に施設を集計した値を入力します。特に貯留施設の計画放流量は、施設の集水面積を用いて比流量として、それを加重平均して与えます。施設毎の計画放流量が不明の場合には、流域の計画高水を与えます。

	内容	単位	説明
人口系	かんがい給水量	[mm/y]	水田へ給水される灌漑水量を与える。この量を灌漑期間の日数で除した値が灌漑期間中に水田へ給水される。
	かんがい給水開始日		灌漑期間の開始日を与える。
	かんがい給水終了日		灌漑期間の終了日を与える。
	雑排水量	[mm/y]	雑排水の河川流出量を与える。この値を365日で除した水量が年間を通して与えられる。
	水道漏水量	[mm/y]	水道管から表層土壌への漏水量である。この値を365日で除した水量が年間を通して与えられる。
	下水道浸入水量	[mm/y]	地下水層から下水道管渠への浸入水量である。この値を365日で除した水量が年間を通して与えられる。
	井戸揚水	[mm/y]	地下水層からの井戸揚水量である。この値を365日で除した水量が年間を通して与えられる。
	深層地下水涵養	[mm/y]	地下水層から深層地下水への涵養量である。この量は解析領域の系外へ流出する量である。
	かんがい用揚水量	[mm/y]	灌漑用の地下水揚水量である。この値を灌漑日数で除した量を灌漑期間中に地下水から揚水する。

かんがい給水量は河川の水利権、都道府県で集計している届け出井戸の値を整理して設定します。資料が十分に揃わない場合は、水田の減水深の灌漑期間合計から当該期間の降水量を引いて求めることもできます。

雑排水量はブロック内の水使用量を求めて、以下の要領で求めます。

「市の上水道」や「県統計年鑑」などから流域を含む市区町村ごとに収集した年間の使用水量データ（上水と工業用水含および個別井戸による揚水を含むデータを取得）をもとに作成する。各市町区村ごとの一人当たり使用水量を元に、これにブロック内の人口を乗じてブロック内使用水量とする。算定式を次式に示した。

$$Q_{ws} = Q_c \times P \times 1000 / A$$

ここに、
 A : ブロック内面積[m²]
 Q_c : 一人当たり使用量[m³/日/人]
 P : ブロック内人口[人]
 Q_{ws} : ブロック内水道使用量[m³/日]

ブロック内の使用水量に、その内部の下水道整備面積率および下水道接続率を乗じて、下水道へ行く水量として、その残りを直接河川へ流下する雑排水とする。算定式を次式に示した。

$$Q_e = Q_c \times P \times (1 - A_s) + C_s \times A_s \times 1000 / A$$

ここに、
 Q_c : 流域内均一水道使用量[m³/年/人]
 P : ブロック内人口[人]
 A_s : ブロック内下水道整備面積率
 C_s : ブロック内下水道整備域の下水道接続率
 Q_e : ブロック内雑排水量 [mm/年]

水道漏水量は以下のように求めます。

上水道漏水率を用いて次式により、漏水量を算定する。漏水率は配水量と有取水量の比較から求める。

$$Q_\ell = \frac{C_\ell}{1 - C_\ell} \times Q_c \times P \times 1000 / A$$

ここに、
 Q_c : 流域内均一水道使用量[m³/年/人]
 P : ブロック内人口[人]
 Q_ℓ : 上水漏水量[mm/年]
 C_ℓ : 上水漏水率（5～10%程度の場合が多い）
 A : ブロック内面積[m²]

下水道浸入水量は以下の要領で求めます。

「下水道施設設計指針と解説」によれば、下水処理場計画では、下水道への浸入水量は一人一日最大汚水量の10～20%とされているが、例えば下水道へ流入する量の年間平均値の15%とすれば、次式により算定することができる。

$$Q_{s\ell} = (Q_c + Q_w) \times P \times A_s \times 1000 / A \times 0.15$$

or

$$= Q_c \times P_c + Q_w \times P_w \times A_s \times 1000 / A \times 0.15$$

ここに、
 Q_c : 流域内均一の水道使用量 [m³/日/人]
 P : ブロック内人口[人]
 P_c : ブロック内の上水道使用人口[人]
 P_w : ブロック内の井戸使用人口[人]
 A_s : ブロック内下水道面積率
 $Q_{s\ell}$: 下水道浸出水量[mm/日]
 Q_w : 井戸水使用量 [m³/日/人]
 （専用水道、家庭用、浅井戸、深井戸含む）
 A : ブロック内面積[m²]

井戸揚水は上水・工水用の井戸を想定しており、年間を通して一定量を揚水しているものとしてモデルに組み込まれます。以下の要領で求めます。

市区町村毎の総揚水量を市町村人口で除して一人当たり揚水量とし、各ブロックの人口に従って振り分ける。次式により算定する。

$$Q_{wp} = Q_w \times P \times 1000 / A$$

ここに、
 P : ブロック内人口[人]
 Q_w : 井戸揚水量[m³/年/人]
 Q_{wp} : 上水・工水用地下水揚水量[mm/年]
 A : ブロック内面積[m²]

深層地下水涵養量は、当該流域において既往の調査結果がある場合を除き、同定対象となりますが、同定作業の始めにおいてはゼロとして出発します。

かんがい用揚水量は以下の要領で求めます。

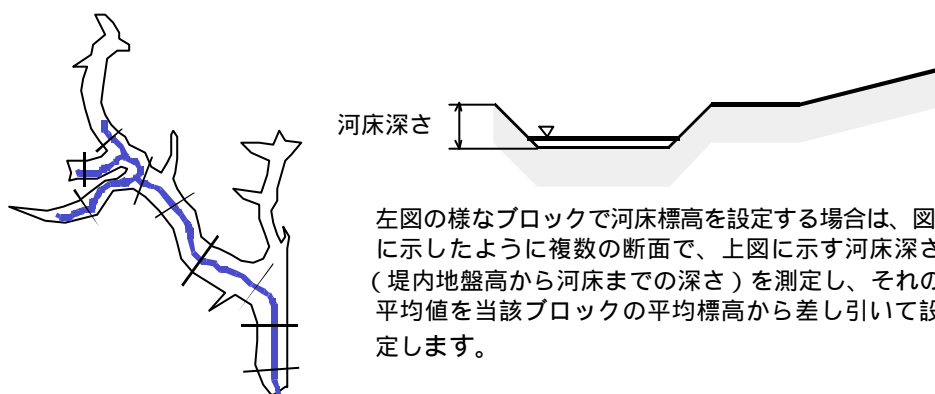
流域内の年間総揚水量を求め、これを水田面積に従って各ブロックに分布させる。算定は次式による。

$$Q_{wpi} = Q_{pi} \times A_p \times 1000 / A$$

ここに、
 A_p : ブロック内水田面積[m²]
 Q_{pi} : 単位面積当たり揚水量 [m³/年/ m²]
(Q_{pi} = 浅井戸年間揚水量/流域内水田面積/107)
 A : ブロック内面積[m²]

	内容	単位	説明
地下水	河床標高	[m]	ブロック内河川の標高である。
	河床底面積	[m ²]	同河床面積である。
	河床材料厚さ	[m]	河床材料の厚さである。この量は1mとする。
	河床材料透水係数	[cm/s]	再現計算を繰り返して同定する。
	初期地下水位	[m]	予備計算を行って、決定する。
	帯水層の上面標高	[m]	表層土壌の底面標高である。
	帯水層の底面標高	[m]	ブロックの水理地質構造を反映させて設定する。
	貯留係数		再現計算を繰り返して同定する。
	帯水層透水係数	[cm/s]	同上。
	地下水面動水勾配	-	ブロックの地下水位等高線図を推定して、地下水の流下方向に幾つかの側線を引き、それぞれの勾配を平均するなどして設定する。
	下流ブロックとの接続線長	[m]	ブロック分割図から計測する。

河床標高は、下図に示す要領で求めます。モデル上の河床標高は河床縦断面図に示されている河床標高の平均値とは異なります。河川横断面でみたときの地表面と河床高との関係を平均化した値となります。



河床材料透水係数は同定の対象となります。これまでの複数流域の事例から 1×10^{-4} cm/s を一次的な値として用いることができます。

初期地下水位は、解析対象とする年によって異なることとなりますので、再現対象期間から概ね1年程度前から計算を開始して、初期地下水位が再現対象期間の計算結果へ大きく影響しないように配慮する必要があります。

帯水層の上面標高は、地表面高から表層土壌の厚さを引いた値とします。また、帯水層の底面標高は既往の調査事例などを参考として決定します。一般的な資料としては地下水要覧（山海堂）や日本の水収支（市川・榎根、古今書院）などがあります。

貯留係数と帯水層透水係数はやはり同定対象ですが、前者は10のマイナス1乗から2乗の範囲で、後者は10のマイナス1乗から4乗が一般的な値と言えます。

地下水動水勾配は当該流域の地下水位等高線図がある場合には、地表面標高と同様に複数の側線を引いて求めますが、それが無い場合には、一般的に地表面標高よりも小さい値を設定します。

下流ブロックとの接続線長は下図のような要領で設定します。



左図のようなブロック分割とした場合、と
 : ブロックの間の接続線長は太線で示した
 線分の長さとなります。この線分の長さはブ
 ロック の接続線長さとして入力します。

内容		単位	説明
河川取水	河川取水量（上水・工水）	[mm/y]	上水・工水用の河川取水量である。この値を365で除した値を年間を通して河川から取水する。
	河川取水量（灌漑）	[mm/y]	灌漑用の河川取水量である。この値を灌漑日数で除した量を灌漑期間中に地下水から揚水する。
河川放流	河川放流量	[mm/y]	下水処理場などの放流量である。この値を365で除した値を年間を通して河川へ放流する。

河川取水量は水利権などの資料を元にブロック毎に集計して、ブロック単位で設定します。河川流量が不足して、取水が不可能となった場合には、エラーメッセージが画面に現れて、設定した全量が取水できなかったことを知らせます。その後も計算は続けられますが、取水量に関する水収支は誤差が生じることとなります。

河川放流量は、環境用水や下水処理場放流量などの合計値を与えます。

雨量データの入力

「雨量データ」というシートに下記の要領で時間毎雨量を入力します。

- 雨量データは流域平均値（流域内降雨観測所をティーセン分割して算出）を入力します。
- 3行目からデータを入力してください。
- A列（第一列）には日付を入力します。過去から現在の順に連続した日付を入力してください。
- 「計算制御」のシートで指定する「計算開始日」から「計算終了日」までの間のデータは必ず入力する必要があります。この期間を挟んで、前後の期間を余計に入力していても問題はありません。SHERモデル計算プログラムは日付を元に雨量データを読み込みます。
- 最後の日の次の行にはA列に「END」と入力してください。
- B～Y列には時間毎の雨量を[mm/hr]の単位で入力してください。例えば、「1時」とは0:00～1:00までの一時間のことを示します。
- Z列より右側の列はSHERモデル計算プログラムからは参照されません。備考などのメモに使用できます。
- 日付や雨量データは計算式で入力してもかまいません。SHERモデル計算プログラムからは計算式の結果が読み込まれます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	date	rain	1,476 rain[mm/hr]																
2		1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時
698	93/11/26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
699	93/11/27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
700	93/11/28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
701	93/11/29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
702	93/11/30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
703	93/12/01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
704	93/12/02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
705	93/12/03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
706	93/12/04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
707	93/12/05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
708	93/12/06	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11028	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.88972	0.11028	0
709	93/12/07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
710	93/12/08	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11028	1.88972	1	1	25	25	0.61028	1.27943	35	0.61028
711	93/12/09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38972	0	0	0	0	0	0
712	93/12/10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
713	93/12/11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38972	0	0	0	0.5	0	0	0	0
714	93/12/12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
715	93/12/13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
716	93/12/14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.88972	1.38972	1.61028	1	0	0	0	0.38972
717	93/12/15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
718	93/12/16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
719	93/12/17	1	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
720	93/12/18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
721	93/12/19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
722	93/12/20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38972	0.5	0.61028	1.38972	1.11028
723	93/12/21	0	0.11028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38972	0	0	0	0	0	0
724	93/12/22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
725	93/12/23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
726	93/12/24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
727	93/12/25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
728	93/12/26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
729	93/12/27	0	0	0	0.5	1.38972	0.11028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
730	93/12/28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
731	93/12/29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
732	93/12/30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
733	93/12/31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.38972	2.44113	0.38972	0
734	END																		

蒸発散能の入力

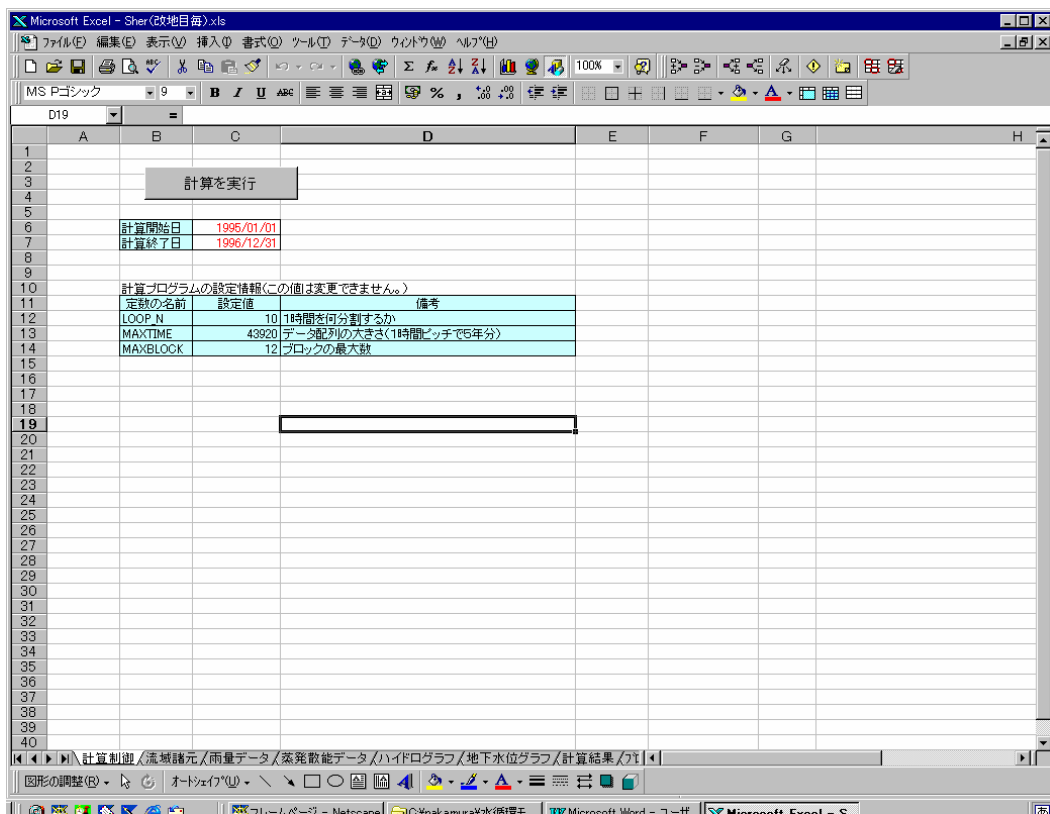
「蒸発散能データ」というシートに下記の要領で日蒸発散能を入力します。

- 蒸発散能は流域内均一の入力します。
- 3行目からデータを入力してください。
- A列（第一列）には日付を入力します。過去から現在の順に連続した日付を入力してください。
- 「計算制御」のシートで指定する「計算開始日」から「計算終了日」までの間のデータは必ず入力する必要があります。この期間を挟んで、前後の期間を余計に入力していても問題はありません。SHERモデル計算プログラムは日付を元に雨量データを読み込みます。
- 最後の日の次の行にはA列に「END」と入力してください。
- B列には日毎の蒸発散能を[mm/day]の単位で入力してください。
- C列より右側の列はSHERモデルの計算プログラムからは参照されません。備考などのメモに使用できます。
- 日付や蒸発散能データは計算式で入力してもかまいません。SHERモデル計算プログラムからは計算式の結果が読み込まれます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
686	93/11/24	0.828745056														
687	93/11/25	0.788084044														
688	93/11/26	0.858456289														
689	93/11/27	0.828518712														
700	93/11/28	0.871672584														
701	93/11/29	0.875414136														
702	93/11/30	0.902480136														
703	93/12/01	1.123100688														
704	93/12/02	0.952271304														
705	93/12/03	1.041190992														
706	93/12/04	0.894449352														
707	93/12/05	0.718625784														
708	93/12/06	0.605652336														
709	93/12/07	0.635775648														
710	93/12/08	0.597822192														
711	93/12/09	0.706269384														
712	93/12/10	0.710495832														
713	93/12/11	0.7428508														
714	93/12/12	0.746515728														
715	93/12/13	0.748922336														
716	93/12/14	0.699400704														
717	93/12/15	0.602308472														
718	93/12/16	0.565167744														
719	93/12/17	0.635775648														
720	93/12/18	0.60732984														
721	93/12/19	0.557018496														
722	93/12/20	0.59981292														
723	93/12/21	0.760504608														
724	93/12/22	0.66265488														
725	93/12/23	0.554997336														
726	93/12/24	0.62415744														
727	93/12/25	0.655798824														
728	93/12/26	0.719014944														
729	93/12/27	0.787271544														
730	93/12/28	0.647227128														
731	93/12/29	0.610358576														
732	93/12/30	0.567063072														
733	93/12/31	0.788325336														
734	END															

計算の実行

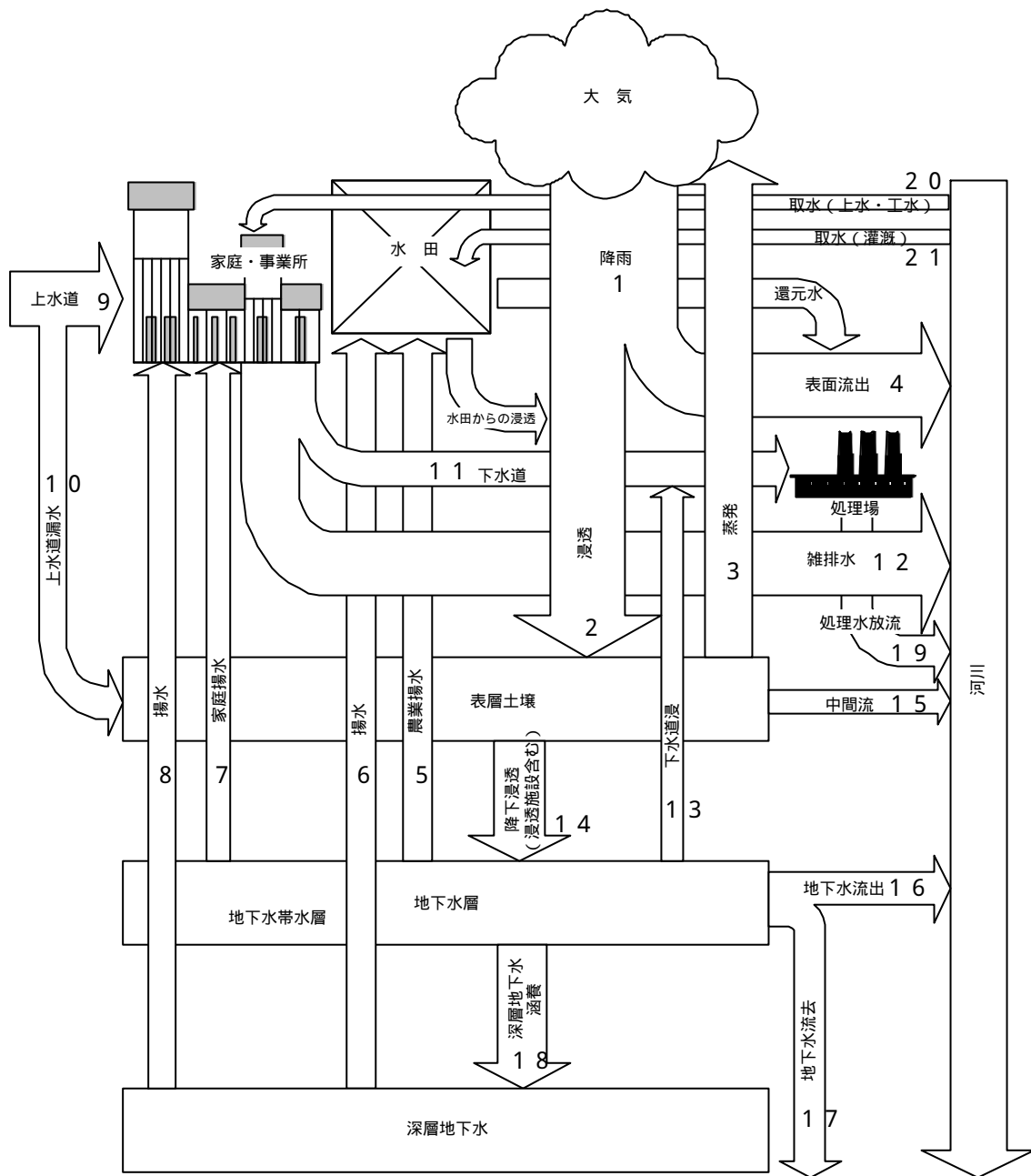
- 「計算制御」シートに計算開始日と計算終了日を入力して、「計算を実行」ボタンを押します。
- プログラムは連続する5年間まで計算できます。
- 計算に使用する T の値は1時間を LOOP_N で除した値となります。プログラムでは360秒となります。
- ブロックは最大12個まで設定することが出来ます。



計算結果

- 計算結果は「ハイドログラフ」と「地下水位グラフ」及び「水収支」のシートに図表として出力されます。
- ブロック毎の計算結果は「ブロック」(は「ブロック番号」)というシートに数値で出力されます。また、流域全体の値が「計算結果」というシートにやはり数値で出力されます。これらのシートの各列が示す値は下表の通りです。

列	列のタイトル(1行目)	内容	水収支図上の番号
B	雨量[mm/day]	データとして与えた降水量の日合計量	1
C	蒸発散量[mm/day]	蒸発散能から計算された実蒸発散量	3
D	表面流出高[mm/day]	表面流出高の計算結果	4
E	中間流出高[mm/day]	中間流出の計算結果	15
F	地下水流出高[mm/day]	地下水流出の計算結果(マイナスの場合は河川水が地下水へ涵養していることを示す)	16
G	地下水流去高[mm/day]	下流側ブロックへの地下水流動量	17
H	総流出高[mm/day]	表面流出、中間流出、地下水流出、雑排水量、河川放流量の合計値から河川取水量を減じたもの(ブロックからの総流出量)	$4 + 15 + 16 + 12 + 19 - 20 - 21$
I	総流出[m ³ /s]	H列をm ³ /sの単位へ変換した値	同上
J	地下水涵養量[mm/day]	表層土壌から地下水層への涵養量(効果浸透量)(浸透施設からの涵養量含む)	14
K	表層土壌貯留量[mm]	当日の終了時点の表層土壌の含水率に表層土壌厚さを乗じた値	-
L	地下水位[m]	当日の終了時点の地下水位	-
M	河川取水[m ³ /s]	上水・工水の河川取水量	20
N	河川取水(灌漑)[m ³ /s]	灌漑用の河川取水量	21
O	河川流量[m ³ /s]	ブロックの下流端地点の河川流量(上流に他のブロックがある場合は、それらの河川流量も含んだ値である)	-

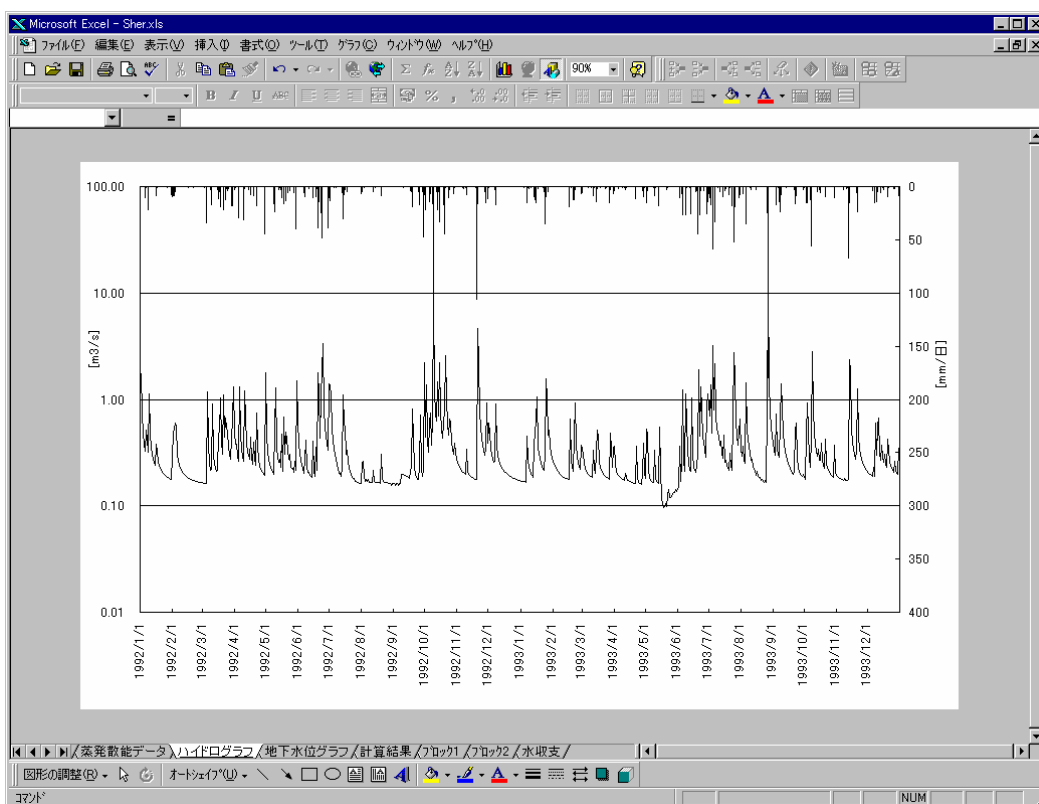


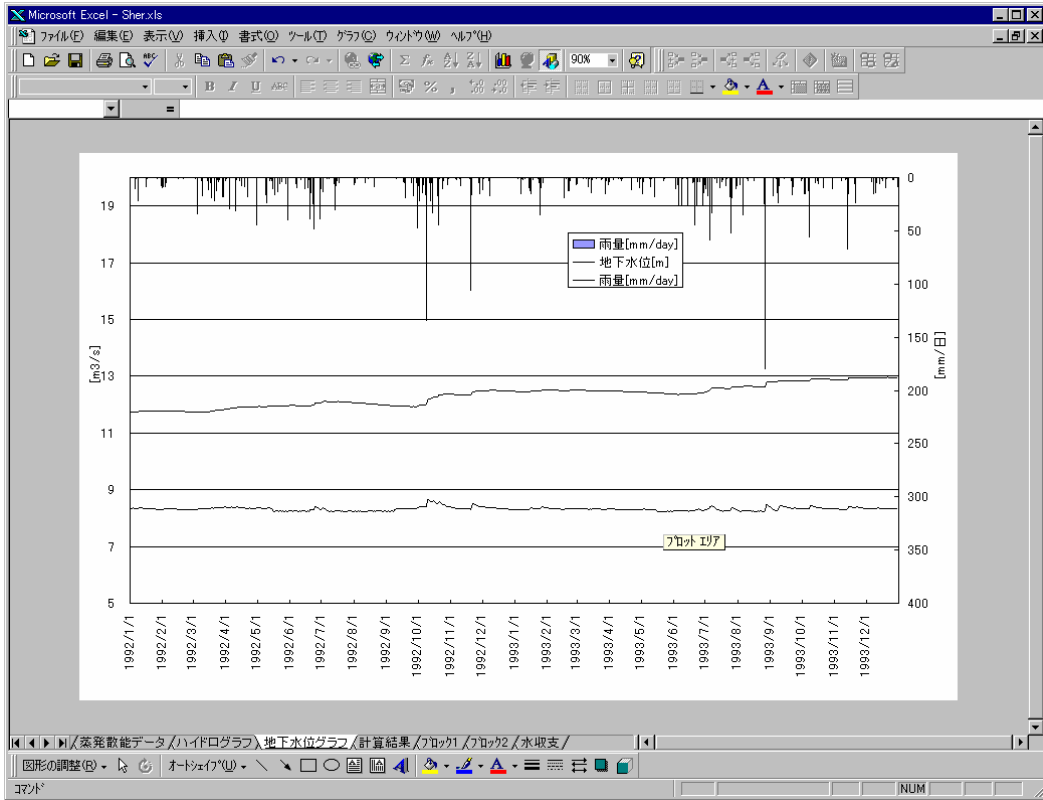
- 「ハイドログラフ」と「地下水位グラフ」は Excel のグラフを利用したものですので、ブロック毎の出力などは、対応するシートの値をグラフへ取り込んで描いて下さい。
- 「水収支」シートの T ~ V 列、1 ~ 3 行目には、水収支をとる期間の範囲を示す数字を入れる必要があります。下図に示す赤い数字は、水収支をとる期間の始まり（開始行番号）と終わり（終了行番号）の行番号であり、「雨量データ」シート上の行番号と「計算結果」シート上の行番号となります。配布する実行ファイルの例では、1993年の一年分の水収支をとることとして、「雨量データ」と「計算結果」シートの中で、当該年の1月1日に

該当する369行、368行と12月31日に該当する733行、732行がそれぞれ記入されています。

流域諸元シート名	雨量データの範囲	計算結果の範囲
開始行番号	368	368
終了行番号	732	732

- また、「水収支」シートの「域外からの上水道給水量（漏水前）」と「上水道用揚水（深）」および「下水管への汚水」については、水循環系の計算プログラムとは別に、水収支上の値を記入する必要があります。





番号	項目(mm/年)	計算結果
4	上水道漏水量	0
5	下水管への汚水 (地下水が浸入する前)	0
6	雑排水量	0
7	降水量	1,586
8	かんがい水量	0
4	上水道漏水量	0
9	蒸発量	#REF!
10	表面流出	#REF!
11	中間流出	#REF!
12	地下水涵養量(トレンチ含む)	#REF!
13	表層土壌含水率変化	#REF!
12	地下水涵養量(トレンチ含む)	596
14	灌漑用揚水(浅)	0
2	上水道用揚水(浅)	0
15	下水道浸入水量	0

1. SHER モデル	1
開発経緯.....	1
全体の構成.....	2
不浸透域モデル.....	3
概要.....	3
表面流出.....	4
蒸発散.....	4
浸透域モデル.....	4
概要.....	4
蒸発散.....	6
鉛直浸透.....	7
側方浸透.....	7
復帰流.....	8
水分伝達特性.....	8
地下水流出.....	9
人工系.....	10
貯留浸透施設モデル.....	10
浸透施設.....	10
貯留施設.....	11
流域分割手法.....	11
流域分割の方針.....	11
分割した流域の接続方法.....	12
対策の効果評価.....	15
計算プログラムのフローチャート.....	17
流域全体の計算.....	17
ブロック内の一日分の計算.....	18

不浸透域の一時間分の計算	19
浸透域の一時間分の計算	20
浸透施設の一時間分の計算	22
貯留施設の一時間分の計算	23
帯水層の一時間分の計算	24
河川取水の一時間分の計算	25

2. 解析計算に際しての留意点26

精度管理の指標	26
モデルパラメータの感度分析	26

3. 計算事例の紹介27

海老川前原川流域.....	27
自然系水循環系構成要素の把握	28
人工系水循環系構成要素の把握	28
流域情報.....	29
計算結果.....	38

解析モデル実行ファイル44

利用上の注意.....	44
必要システム.....	44
データ入力	44
計算の実行	59
計算結果.....	60

SHER モデル ユーザーズマニュアル(案)

平成13年7月

国土交通省河川局河川環境課