

II - 4

蒸発散・地下貯留を考慮した長江上流域の洪水流出解析

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○加藤 宏康
東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

大気循環モデルをもとにまとめられた ISLSCP Ⅱの
全球気象データベースは6時間という微細な時間分解能
を持っており、それによって大陸規模河川における数日
単位の洪水ピーク流量を評価できる可能性がある。デー
タが全球規模であるのでこれで流量を評価できるように
なれば世界各地の河川にも適用でき、大変有用である。
しかしながらそのためにはその時間分解能に対応する微
細な空間分解能が必要となる。そこで本研究は、長江上
流域の 1km メッシュ擬河道網をもとにした洪水流出モ
デルを構築することを目的としている。

2. モデルの概要

1km メッシュの擬河道網は USGS の TOPO30 データ
ベースから作成された。擬河道網は本流と主な支流とから
成り、河道の通らないメッシュはそこから最短距離に
ある河道メッシュの集水域に分類され、各河道メッシュ
にはその集水域に属する複数の非河道メッシュからの流
水が時間遅れなしで流入する。このようにして流域全体
は複数の微細な集水域から構成され、それらは数日単位
の洪水ピーク流量を表現する重要な要素となっている。

降水量と蒸発散量は ISLSCP のデータベースを使用し
た。非河道メッシュからの流出量は、降雨量から蒸発散
量を差し引いた有効降雨量に相当する。各河道メッシュ
の集水域面積が十分小さいので、各領域内で気象デー
タを一様に分布させても結果への影響は小さいと考え、各
河道メッシュの気象データをその集水域面積内の全メ
ッシュに分布させた。これにより、データ量が大幅に削減
され、計算時間が短縮された。なお、降水の地下への浸
透は考慮されていない。河川水の流出過程は kinematic
wave 法によって表現した。²⁾

3. サブモデルの改良

3-1. 蒸発散量の補正

これまでのモデルでは流域全体での年間水収支が合わ
ないという問題が生じていた。この原因の一つとして、
蒸発散量推定値の精度の問題が考えられる。そこで次の

水収支式を用いてその値を補正した。

$$\sum \text{Pr} = \sum F + \sum F_G + \sum E + \sum G_W \quad (1)$$

ここで、Pr は降水量、F は河川流出量、 F_G は地下水
流出量（地中を流れて流域外へ出てしまう分）、E は蒸
発散量、 G_W は流域内貯留の増加量である。ここで $\sum$ は
流域の和かつ2年間の和を示す。期間が2年と長いので
 $\sum G_W$ は他のパラメータに比べて無視でき、流域が十分
広いので $\sum F_G$ も無視できる。したがって、流域での2
年間総蒸発散量は次式によって求められる。

$$\sum E = \sum \text{Pr} - \sum F \quad (2)$$

$\sum F$ は上流域最下流端の宜昌測水所での観測流量を2
年間積分した値を用いた。

一方、ISLSCP による蒸発散量 E' を用いて流域での
2年間総蒸発散量 $\sum E'$ を求めた。そして $\sum E = k \sum E'$
となる補正係数 k を求め、各時間各メッシュでの蒸発散
量を $E = kE'$ として算定した。

3-2. 地下浸透サブモデルの導入

水収支が合わないもう一つの原因として、降水の地下
への浸透が考慮されていないことが考えられる。蒸発散
推定量には地中からの蒸発散量も含まれており、地下浸
透を考慮しないと乾季に乾燥地の水収支が合わなくなっ
てしまう。また集中豪雨がいった際にはそれがそのまま
河川に流出し、実際以上のピーク流量が出てしまう。

そのような問題を解決するために地下貯留サブモデル
を導入した。中間流を表す上層（深さ $h_{\max 1}$ ）と基底流
を表す下層（深さ $h_{\max 2}$ ）の二層構造から成るタンクを
各河道メッシュ集水域の地表面下に設置した。

地下貯留サブモデルを図・1に示す。地面に到達した雨
水 q_{re} は速度を持ち、まず表面流（時間遅れ無しに直接
河川へ流入）と上層タンクへの浸透流に $\lambda_1 : 1 - \lambda_1$ の割
合で振り分けられる。上層タンクからの流出強度は
 $\lambda_2 : 1 - \lambda_2$ の割合で中間流と下層タンクへの浸透流に
振り分けられる。下層タンクの水はそれ以上地下に浸透
することなく全て流出する。地中への浸透量が土の含水
量に依存することを考慮し、式(3)のようにタンクへの浸
透がタンク内の水深に依存するようにした。各タンクか

らの流出強度はダルシーの法則をもとに式(4)のように表した。タンクの中には土粒子が詰められており、水粒子はその間隙を通して浸透する。

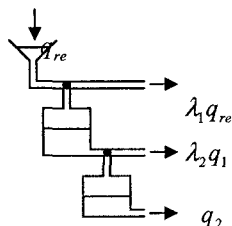
$$\lambda_n = \frac{h_n}{h_{\max n}} \quad (3)$$

$$q_n = ck_n \bar{I} \frac{h_n}{\Delta x} \quad (4)$$

ここで、 h_n はタンクの水深、 q_n はタンクからの流出強度、 k_n はタンクの透水係数、 $\bar{I}$ と Δx はそれぞれ河道メッシュ集水域内のメッシュの勾配と辺長の平均値、 c は長江上流域全体で一様な無次元の定数。各パラメータの $n=1,2$ はそれぞれ上層、下層タンクを表す。以上の式を組み合わせることによって、流出強度 q_{run} を式(5)によって求めることができる。

$$q_{run} = \lambda_1 q_{re} + \lambda_2 q_1 + q_2 \quad (5)$$

乾季にはこれらのタンクの水を蒸発させた。これは地中の水が蒸発することを意味している。



図・1 地下貯留サブモデル

4. 結果

4 - 1. 蒸発散量の補正結果

蒸発散補正係数は $k = 0.45$ と求まった。2年間総降水量を100とした時の蒸発散量と河川流出量の割合を、補正前後で比較したものを表・1に示す。

表・1 蒸発散量の補正結果

	降水量	蒸発散量	河川流出量
補正前	100	119	-19
補正後	100	53	47

このように、水収支のバランスが改善された。

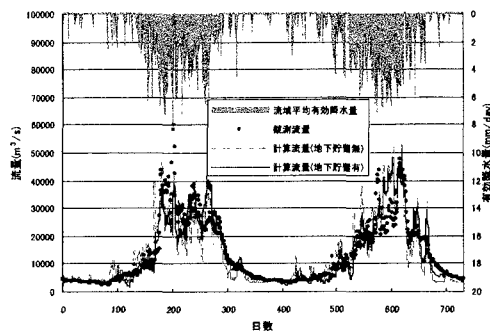
4 - 2. 観測流量と計算流量の比較

宜昌での流量を比較することによりモデルの妥当性を検討する。図・2に流域平均降水量と観測流量、地下貯留モデル導入前と後の計算流量を示す。地下貯留を考慮することによって、集中豪雨後の急激な流量増加が抑えられ、秋から冬にかけて流量が減衰していく様子を再現で

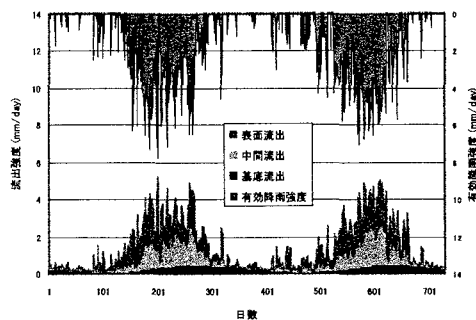
きていることがわかる。

4 - 3. 流出過程の定量的評価

図・3に流出過程別の流域平均流出強度を示す。表面流出、中間流出、基底流出と、より地下深くから流れ出す成分ほど降雨に対して応答が鈍くなっていることがわかる。また乾季には基底流出成分が河川水の重要な供給源になっていることがわかる。



図・2 宜昌での流量比較



図・3 流域平均の有効降雨強度と流出強度

5. まとめ

蒸発散量を補正し地下貯留を考慮することにより、大陸規模河川の洪水流量を精度良く再現することができた。また地表流と地下水流の流出過程を定量的に評価することができた。

参考文献

- 1) ISLSCP scientific community : ISLSCP INITIATIVE I, 1992, http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/ISLSCP/islscp_i1.html.
- 2) 加藤宏康・真野明: 長江上流部における水文特性と流出解析, 東北支部技術研究発表会講演概要, 2002.