第Ⅱ部門　　分布型水文流出モデルの構築と紀ノ川流域への適用

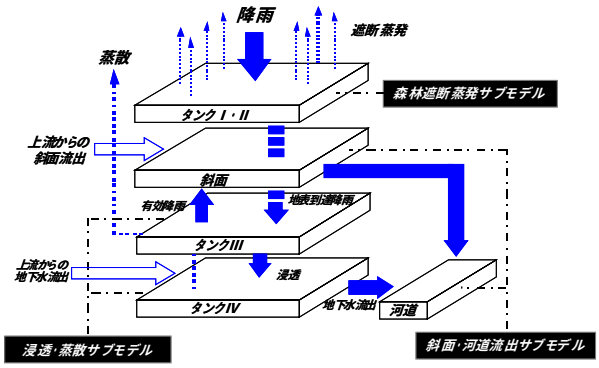
和歌山大学システム工学部　正会員　石塚　正秀
和歌山大学大学院システム工学研究科　学生員　○福波　大典
和歌山大学システム工学部　塩野　昌宏

１．はじめに

本研究の目的は，流域で生じる水文流出現象を再現する数値モデルを構築し，流域内の水収支を定量的に把握すると同時に，土地利用，気象条件の変化に伴う流出変化を理解することである．そこで，流出現象を表現する水文素過程モデルと国土数値情報を組み合わせて，長期計算可能な分布型水文流出モデルを構築した．そして，構築したモデルを紀ノ川流域に適用し，モデルの適合性について検討するとともに，紀ノ川流域の水収支解析を行った．とくに，紀ノ川流域では，水利用に対する農業用水の割合が 81%と高い点に特徴があり，数値モデルを使って水利用の実態を調査した．

２．モデルの概要

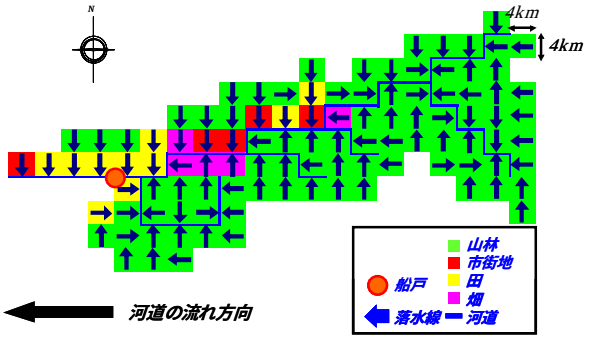
本モデルは大きく三つのサブモデルに分けられる [1)] (**図－1**)．一つは，グリッド上の降雨遮断を解く森林遮断蒸発サブモデル [2)]．一つは，蒸散過程・地下浸透過程を解く浸透・蒸散サブモデル [2)]．一つは，河道および斜面の流れを解く斜面・河道流出サブモデル [3)] である．これらのサブモデルはある時間においてグリッド毎に計算され，時間進行する．タンクⅢは貯留関数法，斜面側方流と河道流はキネマティックウェーブ法により算定する．



図－1　水文流出モデルの構造

３．計算条件

図－2 は紀ノ川のモデル流域を示す．水平格子間隔は 4 km×4 km とした．土地利用，河道網，斜面勾配データは国土数値情報により得た．大小 181 本の支川のうち，貴志川，大和丹生川，紀伊丹生川を考慮した．計算期間は，1999 年および 2000 年とした．入力データは，流域周辺の AMeDAS 観測所の 1 時間降水量(11 箇所)・気温(7 箇所)を与えた．なお，斜面・河道流出サブモデルの水平格子間隔は 40 m，差分時間間隔は 0.001 hr とした．各種パラメータの感度解析には，山地小流域(3.8 km^2) [1)] と紀ノ川流域の 8 km×8 km モデルを利用した．モデルの検証には，国土交通省の流量年表(1 日データ)および船戸観測所の 1 時間毎の河川流量データを用いた．

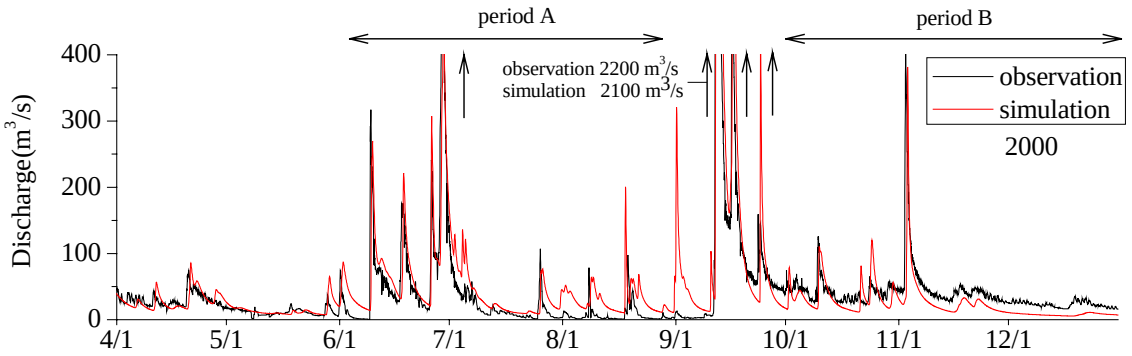


図－2　紀ノ川モデル流域 (4 km×4 km)

４．実測流量との比較

図－3 は 2000 年の流域下流の船戸における河川流量のシミュレーション結果(以下，モデル流量)と実測結果との比較を示す．降雨に対する流量変化の応答性がよく，全体的に実測値とよく一致する結果が得られた．モデル流量と実測流量との相関係数 R は 0.93 (2000 年)であった．とくに 9 月 11 日の大雨(東海豪雨)のピーク流量は，ほぼ同じ結果が得られた．また，季節的な変化をみると，6～8 月にかけて流量低減時に実測流量がモデル流量を下回っている．一方，10～12 月はモデル流量が実測流量を下回っている．また，河川流出量の総量を月毎に比較すると(**図－4**)，実測流量との誤差が 5.8%であった（降水量に対する百分率）．

Masahide ISHIZUKA, Hironori FUKUBA, Masahiro SHIONO



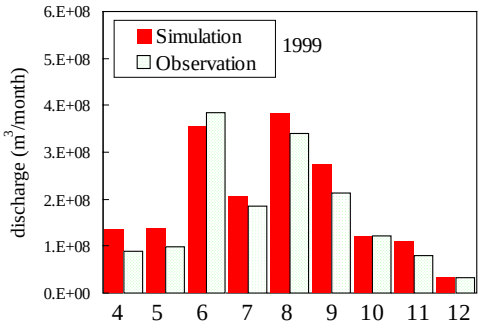
図－3　実測流量とシミュレーション流量の比較 (船戸，2000 年) ．初期条件の影響が低減する 4 月以降を示す.

５．紀ノ川流域における水収支

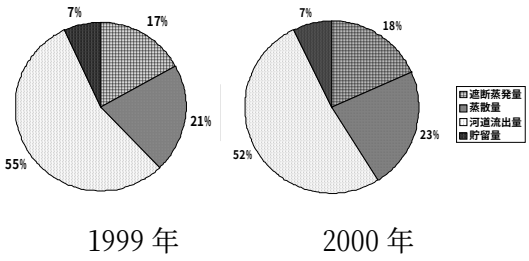
1999・2000 年の紀ノ川流域における水収支を算定した(**図－5**). 総降水量に占める蒸発散量(遮断蒸発量＋蒸散量)の割合は 38－41%，船戸の通過流量は 52－55%，貯留量は 7%となった．また，1999 年の結果は 2000 年とほぼ同じであり，各年の降水特性の違いはみられなかった.

６．灌漑期における河川流量の変化の考察

2000 年の灌漑期は降水量が少なく, 無降雨時の流量低減時に実測流量が極端に低下している(**図－3** 中期間Ａ). 一方，モデル結果では，無降雨時に河川流量が維持されている．紀ノ川には農業用ダムが４箇所，堰・頭首工が７箇所設置されており，これらの施設による灌漑期の取水量の合計は約 60 m³/s である．そのうち，７割が還元水として河道に戻り，３割が蒸発散すると考えると，実測流量の減少量は 18 m³/s となる．この概算値は灌漑期の河川流量の減少量とほぼ一致することから，本モデルが堰や頭首工を考慮していないことが原因と考えられる.



図－4　河道流出量の比較 (船戸，1999 年)



図－5　紀ノ川流域 (船戸) における水収支

一方，非灌漑期 (10～12 月)の流量を比較すると (**図－3** 中期間Ｂ)，逆に，実測流量がわずかにモデル流量を上回っている．これは，無降雨時に基底流量以上の河川水が実際に流れていることを示しており，ダムからの定常的な放流などの影響が考えられる.

７．おわりに

本研究では，森林遮断蒸発，浸透・蒸散，斜面・河道流出を考慮した分布型水文流出モデルの構築し，紀ノ川流域に適用した．その結果，紀ノ川における流出特性をよく再現できる結果が得られた．しかし，無降雨時の流量低減時の再現性が低かった．紀ノ川では農業用水の利用割合が高く，灌漑期と非灌漑期における堰や頭首工・ダムなどの水制御過程を組み込むことが重要であることが分かった．今後は，農業用水の取水後の水量変化やダム・堰における貯水管理の情報を整理しながら，流域の水管理・治水計画などに本モデルを役立てていきたい.

【参考文献】1) 石塚正秀・福波大典・井伊博行・平田健正：流域スケールの水循環モデルの構築と山地小流域への適用，土木学会関西支部年次学術講演概要集，Ⅱ－4－1，2004．2)福嶌義宏・鈴木雅一：山地流域を対象とした水循環モデルの提示と桐生流域の 10 年連続日・時間記録への適用，京大演習，pp.162-185，1986．3)立川康人：水理公式例題プログラム集，第１編水文編（例題 1-9)，土木学会，2001.