

作物成長と流水管理を考慮した分布型水循環モデルの開発とチャオプラヤ川流域への適用

京都大学工学部工学研究科 学生員 ○山本晃輔  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 萬 和明  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 立川康人  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 市川 温

1 序論 供給源の水資源量を考慮に入れた灌漑取水量、並びにその取水量に応じた作物成長や河川流量を推定できるシミュレーションモデルを著者らは提案してきたが、先行研究で提案してきたモデルでは河川流量に大きな影響を与えるダムの効果を考慮に入れていないため、一年を通して精度のよい流量推定ができていない。そこで本研究では、既存のモデルにダムの効果を組み込むことで分布型水循環モデルを開発し、さらに開発したモデルを対象流域に適用することでその精度評価を行った。

2 分布型水循環モデルの構成

2.1 陸面過程モデルSiBUC SiBUCはSiBををベースとして開発されてきた陸面過程モデルであり、植生・都市・水体の3つの地表面状態を表現できる。萬ら<sup>1)</sup>は、SiBUC単独では表現できない日々の気象条件や灌漑による水分供給に応じた作物の成長を表現するため、水稲用作物モデルをSiBUCに組み込んだ。

2.2 河道追跡モデル1K-FRM-event 分布型水循環モデルでは流出モデルとして、緯度経度分解能30秒格子の河道追跡モデル(1K-FRM-event)を用いている。1K-FRM-eventは全格子にkinematic waveモデルを適用して河川流量を計算する。

2.3 変数の受け渡し 松原ら<sup>2)</sup>は、SiBUCより得られる表面流出量と基底流出量の和から灌漑取水量を引いたものを1K-FRM-eventの入力値とし、そこで計算された流量を基準としてSiBUCで灌漑取水量を計算することで、分布型水循環モデルを構築した。構築された分布型水循環モデルの流出過程における連続式が(1)式である。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L \tag{1}$$

ただし

$$q_L = (D_g + Q_3 - W) \frac{G_s}{L} \tag{2}$$

$$W = \frac{W_{in,r}}{\delta t} \tag{3}$$

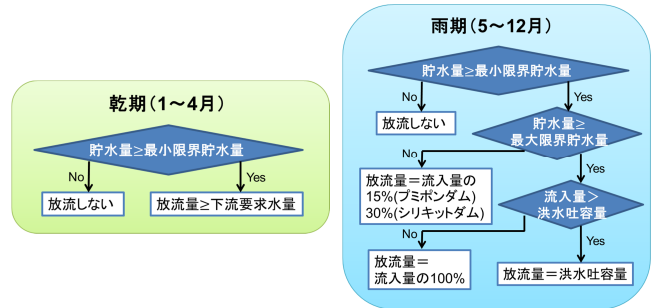


図1 乾期・雨期におけるプミポンダム・シリキットダムの貯水池操作のフローチャート。

ここで、 $Q$ は流量、 $A$ は通水断面積、 $t$ は時間、 $x$ は流路上端からの距離、 $q_L$ は側方流入量、 $D_g$ は表面流出量、 $Q_3$ は基底流出量、 $W$ は単位時間当たりの灌漑取水量、 $G_s$ はSiBUCの格子面積、 $L$ は河道長、 $W_{in,r}$ は $\delta t$ の間の灌漑取水量、 $\delta t$ は時間間隔である。

3 ダムモデルの導入 本研究では、対象領域を世界でも有数の稲作地帯であるタイ国のチャオプラヤ川流域に設定し、領域における主要なダムであるプミポンダム、シリキットダムによる流水管理を想定したダムモデルの導入を行うことで、分布型水循環モデルを開発した。導入するダムモデルには、Supattana<sup>3)</sup>が作成したものを使用した。具体的には、1K-FRM-eventの30秒格子において、プミポンダム、シリキットダムの各地点の緯経度を含むグリッドをダムグリッドとして定め、そこに流入する流量を図1に示す手順に沿って操作を行うように設定した。

4 開発した分布型水循環モデルの適用

4.1 計算条件 気象強制力として、気象庁が提供するJRA-55プロダクトを使用した。このうち、総降水量データについては、過大推定となっていることが報告されているため、APHRODITE Water Resourcesプロジェクト、並びにUSGSが提供するCHIRPSのそれぞれの観測降水量データを用いて補正を行い使用した。JRA-55では3時間あるいは6時間毎のデータが提供

キーワード 作物成長, 灌漑取水, 貯水池操作, 分布型水循環モデル, チャオプラヤ川  
 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CクラスターC1棟, 電話: 075-383-3363

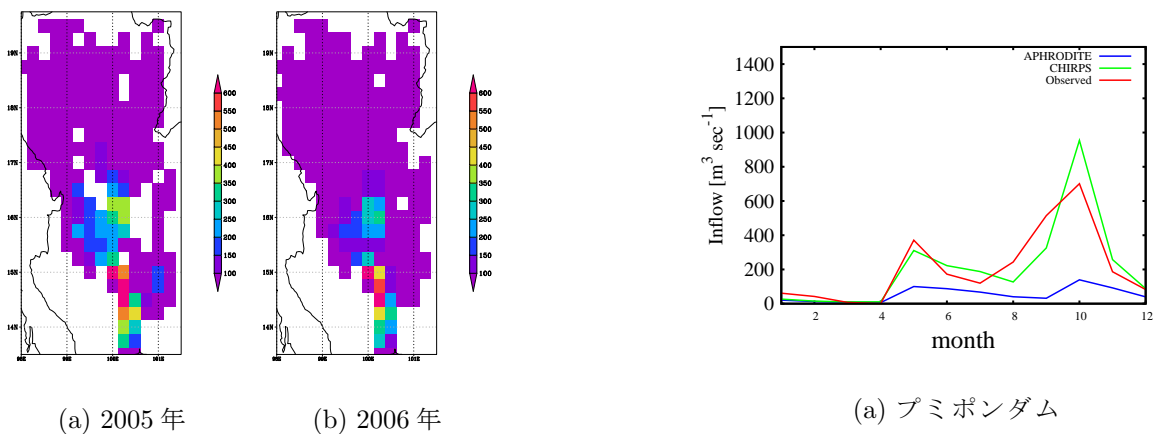


図2 2005年と2006年における年平均灌漑取水量推定値の比較。単位はmm。

されている。モデルへの入力値として使用するため、1時間毎のデータに内挿して使用した。土地利用条件は、松原ら<sup>2)</sup>がGLCCのSiB2カテゴリを元に修正したものを、地形データとしてはHydroSHEDSから対象領域の河道網や流域界などのデータを切り出したものを使用した。初期値については、まず2002年7月から12月までの半年間モデルを駆動させた場合の最終時刻における状態量を用い、2003年から2007年の5年間計算を行った。水稻の作付開始日は6月1日と12月1日で固定としている。

**4.2 適用結果** 降水量補正にAPHRODITEを用いて推定した灌漑取水量の年平均値を図2に示す。白く表示されている部分はチャオプラヤ川の領域外、もしくは灌漑取水量がゼロであった場所である。2005年と2006年を比較すると、2006年の方が領域全体にわたって万遍なく灌漑取水が行われており、このことから河川流況に応じた灌漑取水が表現できていると考えられる。次に、各地点における河川流量の推定値を図3に示す。特にCHIRPSを用いて補正した入力値で行った計算結果は、比較的観測値に近い結果が得られており、ダムによる貯水池操作が表現できていると言える。

**5 結論** 既存の分布型水循環モデルにダムモデルを組み込むことで、水循環モデルを開発した。開発したモデルをタイ国のチャオプラヤ川流域に適用し、灌漑取水量を推定した結果、供給源の水資源量を考慮に入れた推定値が得られた。また河川流量については、補正に用いた降水量データによって結果に変動が見られたため、今後は使用するプロダクトの選択に注意する

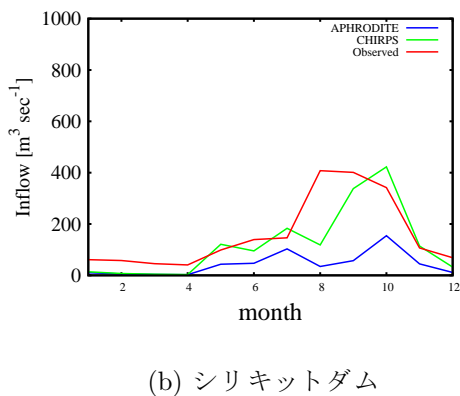


図3 各地点の2007年における月平均流入量推定値。赤線が観測値であり、黄緑線、青線がそれぞれ降水量補正にCHIRPS、APHRODITEを用いた場合の推定値。

必要がある。

**謝辞**

本研究で用いたダムモデルは、タイ国 TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd. のSupattana Wichakul氏に御提供いただきました。ここに感謝申し上げます。

**参考文献**

- 1) 萬和明, 松原拓也, 立川康人, 椎葉充晴: 陸面過程モデルへの2種類の作物モデルの結合と灌漑用給水量の将来変化推定, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.571-576, 2014.
- 2) 松原拓也: 作物成長と河川からの灌漑取水を実装した分布型水循環モデルの構築, 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻修士論文, 2014.
- 3) Supattana, W.: Development and applications of a distributed hydrological model for water resources assesment at the Chao Phraya River under a changing climate, *doctoral dissertation*, Kyoto University, 2014.