

分布型水文モデルによる那珂川上流域のモデル化 Distributed hydrological modeling of the upper basin of Nakagawa River

○樋口 慶亮*, 松井 和土**, Chhom Sangha SAM***, 後藤 章****

○Keisuke Higuchi*, Wato Matsui**, Chhom Sangha SAM***, Akira Goto****

1. 背景と目的 栃木県から茨城県に流れる一級河川、那珂川は豊かな水量に恵まれた清流河川として知られ、その河川環境や景観が観光資源であるとともに、鮎などの内水面漁業がまだまだ盛んである。那珂川の水源地には、那須野ヶ原という広大な扇状地が広がっており、その豊富な地下水が低水時の重要な水源となるなど、天然のダムのような役割を果たしている。那珂川の健全な水環境はこのような水源流域に支えられているが、近年の農村地域の疲弊や、宅地・工業の開発行為など、人間活動の変化により、水源流域の土地利用の変化、保全管理の荒廃が起り、流域水循環に悪影響を及ぼす懸念がある。そこで本研究では、水源流域における人間活動の変化が水循環構造に与える影響を評価する基礎モデルとして、分布型水文モデルにより那珂川上流域の水循環構造をモデル化することを目的とする。

2. 流域水文モデルの基礎構造 本研究では最終的に扇状地での複雑な地下水挙動を表現しうる分布型流域水文モデルの構築を目標としているが、今回はその前段階の基礎モデルとして Sangha・松井の分布型モデルを利用する。本モデルは、Sangha (2007) によって、水田灌漑計画を含むカンボジアの流域に対して提案され、その後、松井 (2011) が北タイの灌漑地域に修正を加えつつ適用した。モデルは流域を二重構造のメッシュに区切り、セルごとに計算が行われる。その概要を Fig.1 に示す。また、水の移動に関する物理式を Table.1 に示す。入力するパラメタは土性に関するものが6つ、地表の等価粗度を含め7つである。その一覧を Table.2 に示す。

3. 那珂川上流域のモデル化 解析対象は小口流量観測所より上流側とした。那須野ヶ原扇状地などの特色のある地域を分割するため、流域を4つのサブ流域に分割した(Fig.2)。サブ流域ごとに分布型モデルを適用し、流域間にダム運用モデル・灌漑モデルを構築する。今回は前者のみを行った。また土地利用を6種に分類した(Table.2)。さらに、土地利用の影響をモデルに反映させるため、種別ごとに係数を設定し、上層の透水係数に乗じることとした。入力データはGISにより作成、メッシュサイズは250m×250mとした。

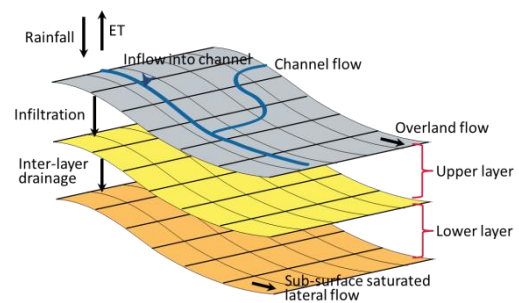


Fig.1 モデル構造図

Table.1 水移動の運動方程式

水の移動	式
蒸発散量	酒井式(Sakai K.et al,1997)
浸透量	Green-Ampt式
層内の水挙動	Darcy式
サブサーフィスにおける水挙動	Darcian式
地表流	Kinematic wave法
河川流	Muskingum-Cunge法

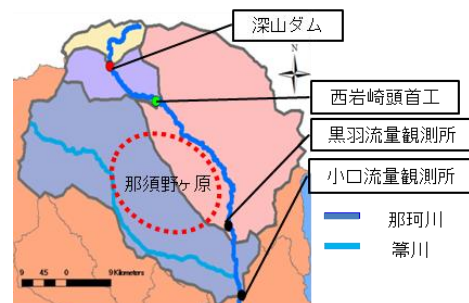


Fig.2 流域分割概要

*宇都宮大学大学院, **建設技術研究所, ***カンボジア水資源気象省, ****宇都宮大学農学部
*Grad. School, Utsunomiya Univ., **CTI Eng.Co., ***MOWRAM, Cambodia, ****Utsunomiya Univ.
Keyword: 分布型水文モデル, 那須野ヶ原, 地下水, 土地利用

4. モデルキャリブレーション 流量データの存在する1999年から2001年でキャリブレーションを実施した。キャリブレーションによって決定したパラメータを Table.2 に、深山ダム地点、モデル化の最下流地点である小口地点のキャリブレーション結果を Fig.3、Fig.4 に示す。深山ダム地点以外のキャリブレーション結果は、上流側サブ流域モデル計算結果に、ダムの放流量及び、頭首工による取水は実測値を用いている。モデル性能の評価は Model efficiency(ME)として知られる Nash-sutcliffe 係数を用い、低水期の流量を正しく評価するため観測地と計算値の Log を取る形で性能評価を行った。モデル性能の評価、降雨量の倍率を Table.3 に示す。深山ダム地点の LogME は低く、その下流では流入量に実測値を用いているため、黒羽地点を除いて LogME は高くなっている。流出モデルのみでの再現性は低いことが解る。

Table.2 モデルパラメータ

パラメータ	黒ボク土	褐色森林土	沖積土	グライ土		
透水係数(上層)[cm/s]	0.3	0.29	0.3	0.308		
透水係数(下層)[m/s]	0.35	0.01	0.35	0.1		
深度[m]	0.9	1.1	1	1		
間隙率	0.6	0.6	0.6	0.6		
土壌水分吸収力[cm]	55	55	55	55		
パラメータ	水田	その他農用地	森林	荒地	建物用地	その他用地
等価粗度	6.5	5.5	6	5	2	3
土地利用係数	1	1	1	0.9	0.7	0.8

Table.3 モデル評価及び降雨倍率

サブ流域	LogME	rain倍率
深山ダム	0.24	1.5
西岩崎頭首工	0.68	1.5
黒羽流量観測所	0.34	1.4
小口流量観測所	0.53	1.55

現段階では各サブ流域のモデル化のみを対象にし、ダムや灌漑の効果を考慮していない。この段階での各サブ流域のモデル計算結果の合計値を Fig.5 に示す。グラフから降雨に対する反応は再現できているが、冬季や流出量の減少部分の再現性に大きなずれがあることが解る。

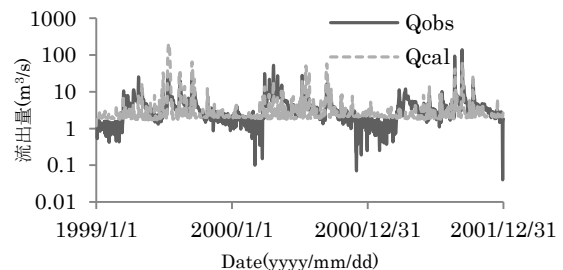


Fig.3 深山ダム地点キャリブレーション結果

5. 考察 とりあえず那珂川上流域のモデルの基礎の枠組みが完成したが、当初の目的に向けたモデルの完成のためには多くの改良が必要である。まず、低水部の低減傾向が再現できていない。これは那須野ヶ原や那須山麓の豊富な地下水の挙動のモデル化が不十分であることによると考えられ、地下水の涵養・貯留・流出の機構をより適切に表現できるようモデルの修正が必要である。また、流域水循環に直接影響を与える人間活動のモデル化として、ダム運用サブモデル、灌漑サブモデルの構築が必要である。灌漑サブモデルに関しては、河川取水に加えて地下水汲上げのアルゴリズム、受益地への灌水・水田湛水のモデル化が必要であり、これらによって水田・地下水循環系の解析を可能とすることが求められる。さらに、最上流域は積雪地帯であることから、積雪融雪サブモデルの構築・組み入れも必要である。

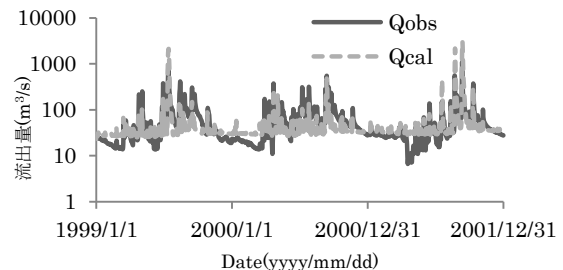


Fig.4 小口流量観測所キャリブレーション結果

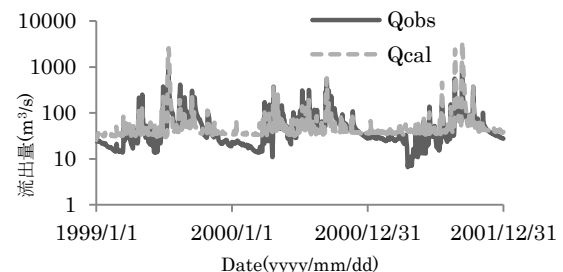


Fig.5 モデル計算結果のみ合計値 (小口)

[参考・引用文献] 1) Chhom Sangha SAM, A.Goto & M.Mizutani(2007):Distributed Hydrological of Upper Prek Thnot River Watershed,Cambodia.農業農村工学会論文集 2)松井和土 (2011): 気候変動が北タイの稲作灌漑システムに与える影響. 宇都宮大学修士論文