

メッシュ農業気象データを用いた日本全国河川流量計算アルゴリズム構築のための検討

筑波大学大学院 学生会員 ○藤原 誠士

筑波大学大学院 正会員 白川 直樹

1. 目的

水力発電や灌漑用水の確保のために河川から水を過度に取水する場合、流量減少に伴い生物種や個体数が減少することが確認されている。こうした流量が人工的に調整される状況において、健全な河川生態系を維持するために川に残しておくべき流量のことを「環境流量」という。現在、先進国を中心にその設定手法が開発されており、河川の流況特性を反映させた水文統計法や、生態モデル法などが水資源開発に活用されている。

ここでは、水文的な流況変動と河川生態系の質を統合した環境流量グローバルモデル（篠崎，2016）の妥当性検証のために、流量や水質、生物量などの実測値のそろった個別流域に適用することを見据え、環境流量の基本となる河川流量について過去再現計算を行い、モデルに必要なパラメータをキャリブレーションにより決定する。

2. 手法

①全球水資源モデル H08

長期間の河川流量を計算するために全球水資源モデル H08（Hanasaki. et.al., 2008a,b）を利用する。H08 は蒸発・流出といった自然水循環と、取水・ダム操作といった人間の水利利用を扱うことができるモデルで、全球からガンジス川やチャオブラヤ川など個別流域まで広く適用実績がある。気象データと河道網さえあればシミュレーションが可能であり、データ観測や技術開発コストに制約のある途上国への適用を期待して開発された点で、全球スケールでの環境流量設定とも相性が良い。本研究では自然水循環を解く陸面過程サブモデルと河川サブモデルから、2002-2006 年の期間で日単位の河川流量過去再現計算を行い、観測データと比較したパラメータ最適化シミュレーションを行う。

②キャリブレーション

本研究では Table.1 に示す 4 つの水文パラメータ

をそれぞれ 3 通りずつ、34 通りの組み合わせで計算を行い、最適なパラメータの組み合わせを同定する。これらは SD, CD は蒸発に関し、 γ, τ は中間流出に関するパラメータである。全球計算を行う場合の標準値は草原での代表的な値に相当する 1.0m, 0.003, 2.0, 100days であり、流域に適用する場合、これらのパラメータを変更することで、独自の水文特性などを反映する。これらのパラメータは本来物理的に決定されるべきだが、空間代表的な値を決めるのが困難なことから開発者が推奨する③の評価手法を用いる手法で同定する。蒸発散、土壌水分量、中間流出は式(1),(2),(3)より解く。

$$ET = \beta \rho C D U (qSAT)(T_s) - q_a \quad (1)$$

ここで、 β は蒸発効率で有効土壌水分量の関数、 ρ は空気の密度[kg m⁻³]、 C_d はバルク輸送係数、 U は風速[m s⁻¹]、 $qSAT$ は飽和時の比湿[kg kg⁻¹]、 T_s は地表面温度[K]、 q_a は比湿である。

$$dW/dt = Rainf + Q_m - ET - Q_s - Q_{sb} \quad (2)$$

ここで、 $Rainf$ は降雨量[kgm²s⁻¹]、 Q_m は融雪量[kgm²s⁻¹]、 Q_s は表面流出[kgm²s⁻¹]、 Q_{sb} は中間流出[kgm²s⁻¹]である。 W は圃場用水量で最大値の W_f 、しおれ点で最小の 0 をとる。土壌深さを SD [m]、圃場用水量としおれ点の含水率の差を 0.15 とみなし、 W_f は $0.15 \cdot SD$ とする。表面流出は有効土壌水分が W_f を上回った場合に発生する。

$$Q_{sb} = W_f \tau - 86400(W_f) \gamma \quad (3)$$

ここで、 τ は時定数[days]、 γ は形状係数である。

Table. 1 Parameters for calibration

		A	B	C
Soil Depth	SD	0.5	1.0	2.0
Bulk transfer coefficient	CD	0.0015	0.003	0.006
Shape factor	γ	1.0	2.0	4.0
Time constant	τ	50	100	200

③評価手順

最適なパラメータの選択に水文評価手法 Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) 式(4)を利用する。

キーワード 河川流量 H08 メッシュ農業気象データ 将来予測 過去再現計算 融雪出水

連絡先 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院システム情報系白川研究室 E-mail:s1720971@s.tsukuba.ac.jp

$$NSE=1-\sum(Q_i-Q_i')^2/n=1/\sum(Q_i-Q)^2/n=1 \quad (4)$$

ここで、 Q_i は流量の実測値、 Q_i' はモデル値 Q 、 Q は実測値の平均値である。NSE は $-\infty$ から 1 までを取り、1 に近いほど観測との一致が高くなり、0.5 を超えると再現性が高いとされる。そして、NSE が最大の値をとる組み合わせが最適パラメータとなる。

3. 対象流域

計算対象流域は阿賀野川流域 (Fig.1) とする。上流に猪苗代湖が位置し、年間を通じた流量が国内の河川で最も安定しているため、環境流量グローバルモデルの妥当性の最初の検証対象として適している。また、融雪出水が豊富な流域で水文解析するという点で、H08 の精度の検証が可能である。

4. 入力データ

①気象データ

流出計算に必要な気象データは、気象庁が公開している過去の AMeDAS 日別観測値を用いる。このうち地表面気圧、降水量、気温、湿度、風速、日照時間、降雪の 7 要素を用いて気象要素 8 項目の日平均データを各観測地点で作成し、空間内挿して入力気象データを生成する。AMeDAS は計算対象範囲に 47 地点配置されており、このうち 11 か所は雨量観測所、2 か所は三要素観測所 (降水、気温、風速)、29 か所は四要素観測所 (降水、気温、風速、日照時間)、4 か所は気象官署 (気圧、降水、気温、湿度、風速、日照時間) である。この 47 地点の観測所のうち 20 か所は積雪深観測所である。

②河道網

河川サブモデルで流下方向を決定するために必要な河道網の作成には、標高データ SRTM30Plus を用いた。ArcGIS が搭載するアルゴリズム (周囲との標高差から最急勾配を推定して流下方向を決定) を利用して河道網を作成し、現実と異なる地点は手作業で修正した。

③流量観測値

観測流量データは国土交通省の水文水質データベースから取得する。本研究では解析対象とする阿賀野川流域の 5 地点の流量を日単位で取得した。

5. 結果

①標準パラメータを用いたハイドログラフ

H08 の標準パラメータを用いて算出した 2002 年

馬下のハイドログラフを Fig.2 に示す。Fig.2 より 3 月の融雪洪水の時期は流量を過大評価、逆に 2, 4, 5 月の低水時には過小評価していることがわかる。

②パラメータ同定

馬下における 34 通りのパラメータ組み合わせの NSE を Fig. 3 に、各観測点の最適組み合わせと NSE の値を Table 2 に示す。Fig.3 より、バルク輸送係数 (γ) が 0.015 の時、再現性がかなり低く、土壌深さ (SD)、形状係数 (γ)、時定数 (τ) がそれぞれ小さいほど再現性が高くなることわかる。また Table 2 より各観測点の最適パラメータの NSE はすべて理論値である 0.5 を下回っており、特に融雪出水が最も豊富な片門において現実との乖離が大きい。Fig.4,5 に同定パラメータでの馬下のハイドログラフを日単位と月単位でそれぞれ示す。日単位では Fig.3 と比較して低水時の流量が底上げされ現実に近いが、洪水時に過小評価しすぎている。月単位でみると、日単位ほどの乖離はみられないが、やはり洪水時と融雪洪水時期に課題が残る。

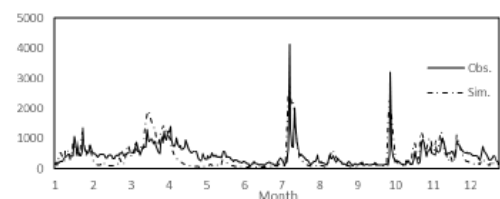


Fig. 2 Daily hydrograph by using default parameters at Maoroshi in 2002

Table 2 Optimal parameter and NSE at each station

ID	Station	Optimal parameter	NSE
1	Maoroshi	CBAA	0.37
2	Ymashina	CCAA	0.21
3	Miyako	CBCA	0.40
4	Katakado	CBAA	-0.16
5	Minamiohashi	CAAA	0.19

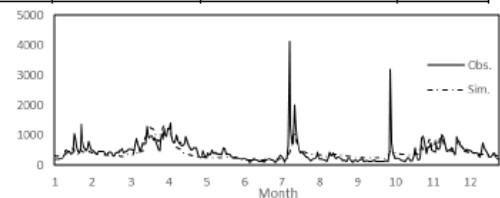


Fig. 4 Daily hydrograph by using optimal parameters at Maoroshi in 2002

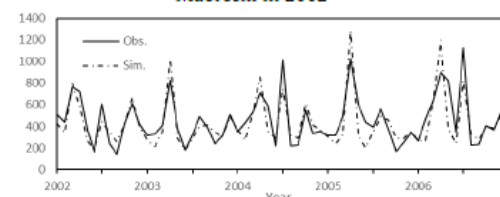


Fig. 5 Monthly hydrograph by using optimal parameters at Maoroshi between 2002-2006