

京都大学工学部	学生員	○小泉有輔
京都大学大学院工学研究科	正員	立川康人
京都大学大学院工学研究科	正員	萬 和明
京都大学防災研究所	正員	Kim Sunmin
京都大学大学院工学研究科	正員	椎葉充晴

1 はじめに 地球温暖化による気候変化が進行し、水災害の発生や水資源の変化が懸念される。そのような変化の可能性のある地域を検出して、河川流量の変化を予測し適応策を立てることが重要である¹⁾。本研究では、1km 格子の全国分布型流出モデル 1K-FRM²⁾ を用い、気象庁気象研究所の全球 20km 格子モデル MRI-AGCM3.1S, 3.2S による出力データを用いて、九州地方の現在気候の河川流量の再現計算を行う。

2 全国分布型流出モデル 1K-FRM の構築 全国分布型流出モデル 1K-FRM を構築する手順を以下に説明する²⁾。

2.1 地形データの設定 地形データ作成プログラム hydrosched2topo を用いて流出計算用の地形データを作成する。入力データには HydroSHED を用いる³⁾。

2.2 1 時間単位流出発生量データの作成 MRI-AGCM3.1S, および 3.2S 出力データを 1K-FRM へ入力する際には、洪水のピーク流量を再現できるように時間単位の流出発生量を作成する。MRI-AGCM3.1S では 1 時間単位降雨量、日単位表面流出量、日単位基底流出量データを用いる。まず日単位表面流出量を 1 時間単位降雨量と同じ比率で分解し、時間単位表面流出量を算出する。次に 1 時間単位表面流出量と日単位基底流出量を足し合わせて入力値とする。MRI-AGCM3.2S では 1 時間単位降雨量、3 時間単位流出発生量、日単位表面流出量データを用いる。まず 3 時間単位流出発生量、日単位表面流出量データから日単位基底流出量データを作成する。そしてこれを 8 で除し 3 時間単位とする。次に 3 時間単位流出発生量から 3 時間単位基底流出量を引き、3 時間単位表面流出量を求める。これを 1 時間単位降雨量と同じ比率で分解し、1 時間単位表面流出量を求める。最後に 1 時間単位表面流出量と日単位基底流出量を 24 で除した 1 時間単位基底流出量を足し合わせて入力値とする。

2.3 流れのモデル 全国分布型流出モデルでは、全グリッドに kinematic wave モデルを適用しており、以下の 2 つの基礎式を連立させて河道流量を計算する。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_L, \quad Q = \alpha A^m$$

ここで、 Q : 流量、 A : 流積 (通水断面積)、 α : パラメータ ($\alpha = (1/B)^{m-1} \sqrt{\sin \theta} / n$, θ : 勾配、 n : 等価粗度)、 B : 河道幅、 m : 定数 ($=5/3$)、 q_L : 単位長さ当たりの側方流入量である。また、斜面流出過程を表現するため集水面積の閾値 A_0 を定め、その値により異なる等価粗度を設定する。閾値を 250 とし、集水グリッドが 250 未満の時 n を 11.0、250 以上の時 n を 0.03 とする。

3 結果と考察 MRI-AGCM3.1S, 3.2S のデータをもとに九州全域を対象とした 25 年間および 30 年間の連続流出シミュレーションを行った。MRI-AGCM3.1S を入力値とした計算結果、3.2S を入力値とした計算結果、観測値 50 年分 (1954~2003)⁴⁾ をもとに、筑後川瀬ノ下地点における流況曲線を比較した (図 1)。流況曲線の作成法であるが、MRI-AGCM3.1S, 3.2S、観測値データをそれぞれの全日流量を大きい順に並び替える。そして 3.1S では 1~25 番目のように連続する 25 個ごと、3.2S では 30 個ごと、観測値では 50 個ごとの平均値をとってそれを 1 日分とし、365 個のデータを作成した。またこの図から最大流量、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量を比較した (図 2)。次に年ごとの流況曲線を用いて 10%タイル値、中央値、90%タイル値を比較した (図 3, 図 4)。

MRI-AGCM3.1S による計算結果は、最大流量では観測値と近い値であるが、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量とも観測値を大きく下回っている。また 10%タイル値、中央値、90%タイル値のグラフでも観測値と重なる部分はごくわずかで、計算値の再現性はあまり高いと言えない。一方で MRI-AGCM3.2S による計算結果は、最大流量では観測値が大きく上回って

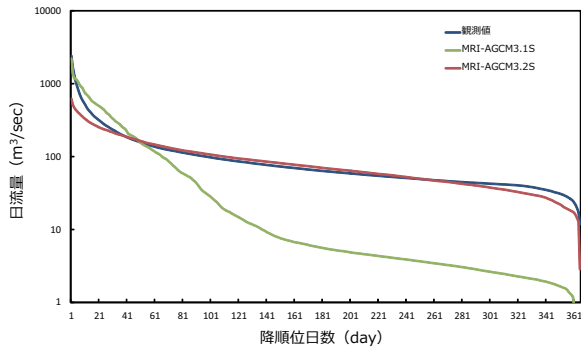


図 1 観測値と計算値による流況曲線の比較 (筑後川瀬ノ下地点) (青:観測値 緑:3.1S 赤:3.2S)

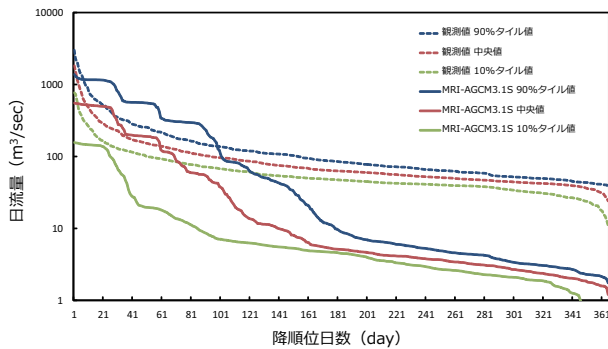


図 3 観測値と計算値 (3.1S) による流況曲線のパーセンタイル値の比較 (筑後川瀬ノ下地点) (青:90%タイル値 赤:中央値 緑:10%タイル値) 実線が観測値, 点線が計算値を表す。

いるものの、上位 20 日以降は計算値と観測値との差はわずかである。また、図 4 では、90%タイル値、中央値は年上位 40 日、10%タイル値は年上位 20 日頃までの再現性は低い、それ以降は観測値とほぼ同じ値となり、計算値の再現性は高い。以上より MRI-AGCM3.2S の値は、MRI-AGCM3.1S と比較して高水部以外での河川流量の再現性は高いことが分かった。

MRI-AGCM3.1S と 3.2S とで流況曲線が大きく異なるのは、表 1 に示すように 1K-FRM 入力値である 1 時間単位流出発生量のうち、3.1S では時間変化による変動が大きい表面流出量が大部分を占め、3.2S では時間変化による変動が小さい基底流出量が大部分を占めているためと考えられる。これは、3.2S は 3.1S よりも地表面から地中への浸透量を大きくして、基底流出量が大きく、表面流出量を小さくするような設定がなされているためである。

4 まとめ 本研究では、1K-FRM を用いて九州地方を対象とした河川流量の再現計算を行い、流況曲線を比較した。その結果 MRI-AGCM3.1S による計算結果は

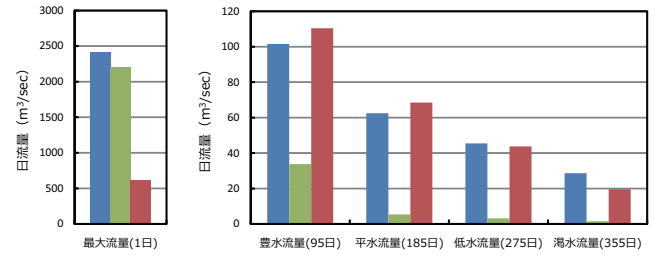


図 2 観測値と計算値による最大流量、豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量の比較 (筑後川瀬ノ下地点) (青:観測値 緑:3.1S 赤:3.2S)

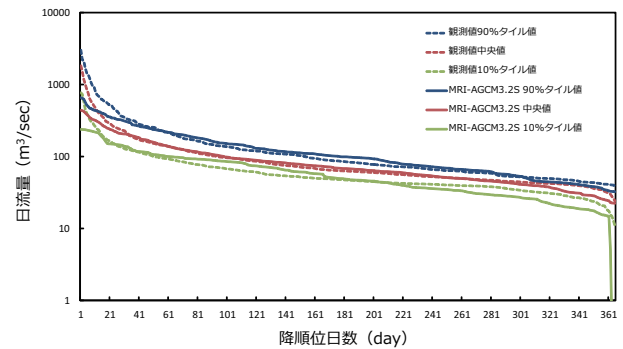


図 4 観測値と計算値 (3.2S) による流況曲線のパーセンタイル値の比較 (筑後川瀬ノ下地点) (青:90%タイル値 赤:中央値 緑:10%タイル値) 実線が観測値, 点線が計算値を表す。

表 1 MRI-AGCM3.1S, 3.2S の現在気候実験での平均年流出発生量と年降水量の内訳 (筑後川瀬ノ下地点)

モデル	流出発生量	表面流出量	基底流出量	年降水量
3.1S	1067(mm)	1026(mm)	41(mm)	2006(mm)
3.2S	1257(mm)	103(mm)	1154(mm)	2094(mm)

最大流量の再現精度が高く、MRI-AGCM3.2S による計算結果は流況全体の再現精度が高いことが分かった。謝辞：本研究で用いた GCM データは気象庁気象研究所から提供されました。ここに謝意を示します。

参考文献

- 1) 立川康人, 滝野晶平, 藤岡優子, 萬和明, キムスンミン, 椎葉充晴: 気候変化が日本の河川流量に及ぼす影響の予測, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 67, No. 1, 1-15, 2011.
- 2) Y.Tachikawa, Duong Duc Toan: User Manual for Distributed flow routing model: 1K - FRM Version 1.32, May 9, 2012, <http://hywr.kuciv.kyoto-u.ac.jp/products/1K-DHM/1KFRM-ver132.pdf>
- 3) アメリカ地質研究所: USGS HydroSHEDS, <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/datasets.php>
- 4) 日本河川協会: 雨量・流量年表データベース.