

分布型流出モデルを用いた小丸川流域におけるダムと気候変動による流況改変の評価

宮崎大学大学院工学研究科 学生会員 ○峯田陽生
 宮崎大学工学部 正会員 糠澤桂
 宮崎大学工学部 正会員 鈴木祥広

1. はじめに

世界的に治水や水資源開発, 気候変動によって河川における自然の流況が改変されている¹⁾. 河川の流況の変化は, 生物の生活史のかく乱や生息場の劣化を通じて生物多様性を減退させることが指摘されているため²⁾, 予期される流況改変を適切に把握する必要がある. 発電用取水により河川流量が減少する区間(減衰区間)の発生を例として, ダムは河川流況に大きな影響を与えている. さらに, 気候変動が河川流況に及ぼす影響は昨今の豪雨災害をはじめ顕在化しており, 今後もその極端化が加速することが予想されている. よって, ダムや気候変動による流況改変を定量的に評価することは, 適切な水資源管理と環境保全にとって重要な課題と言える.

気候システムの変化やダムの放流操作による流況改変を流域全体で定量化することは, 水系内における流況改変の全容把握にとって重要である. しかし, 流域全体の評価を目的として, ダムや気候変動による流況改変を予測した研究³⁾は極めて限定的なのが現状である. さらに, ダムと気候変動の影響を分離し, それぞれの流況改変程度を流域全体で定量化した研究は著者の知る限り存在しない.

そこで本研究では, 宮崎県小丸川流域を対象に分布型流出モデルを適用し, ダムと気候変動による流況改変を流域全体で比較・評価することを目的とする. 具体的には, ダム放流量データと気候変動下の気象データを独立して用いた分布型流出解析により, ダムと気候変動による水文過程への影響を分離して評価しつつ, 既往研究において困難であった両者の広域的かつ定量的な比較を行う.

2. 方法

(1) 気象データ

流出モデルの入力値として, 地域気象観測データと地上気象観測データから降水量, 気温, 風速, 日照時間, 雲量, 気圧, 相対湿度を利用した(図-1). 気温, 風速, 降水量は観測地点のデータをもとに, 重みつき距離平均法で空間補間して流域全体で面的に入力した.

将来気候データは, 8つの全球気候モデル(GCM)からそれぞれ月毎の地上気温と降水量のデータを入手した. 評価期



図-1 小丸川流域図.

青・水色線はモデル内において河道部として定義した評価対象の河川. 紫色の矢印はダム・堰からの導水.

間は近未来(2031年~2050年)と遠未来(2081年~2100年)の2期間とした. 代表濃度経路(RCP)シナリオとして, RCP2.6, RCP4.5, およびRCP8.5の3つのシナリオを選択した.

(2) 流出解析と精度検証

宮城県名取川流域において開発された分布型流出モデルを一部改変して小丸川流域に適用した²⁾. 評価期間は2010年から2019年の10年間とした. 本モデルでは, 直接流をkinematic wave法, 基底流を貯留関数法, 河道流をdynamic wave法, 融雪にdegree-day法, 蒸発散量に修正Penman-Monteith式を用いて計算した. その後, 10年間を対象に, 3地点(渡川ダム, 松尾ダム, 高城観測所)におけるNash-Sutcliffe効率係数(以下, NS係数)を算出し, 流出解析の精度検証を行った. 一般的に, NS係数は0.7以上の時に流出解析の再現性が高いとされている.

(3) 流況改変の評価

ダムや取水堰による取水や放流量操作等が無い流出解析(以下, ダム無し条件), ダムや取水堰による取水や放流量操作等がある流出解析(以下, ダムあり条件), ダム無し条件における気温と降水量のデータに将来気候データを使用した流出解析(以下, 将来気候条件)を実施した. 将来気候条件においては, 2将来期間×3RCPシナリオ毎に, 8GCMの流出解析値から平均値を算出し, この6通りの平均値を流況改変の評価に使用した.

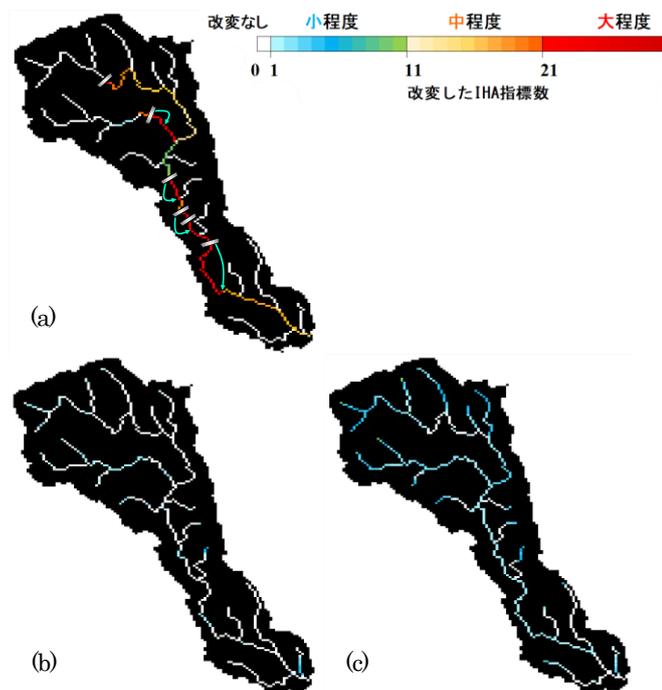


図2 河川メッシュにおける有意に改変した IHA の指標数マップ
 (a) ダムあり条件における有意に改変した IHA 指標数マップ
 (b) 近未来の RCP4.5 における有意に改変した IHA の指標数マップ
 (c) 遠未来の RCP8.5 における有意に改変した IHA の指標数マップ
 矢印はダムから発電放流先への導水を示している。

流況改変の評価のために、33 指標からなる水文改変指標 (Indicators of Hydrologic Alteration; IHA) を使用した。ダム無し・ダムあり・将来気候の 3 条件毎に、河道部として定義したメッシュ (以下、河川メッシュ) における日流量から IHA を算出し、ダム無し条件とダムあり条件の各 IHA 値、ダム無し条件と将来気候条件の各 IHA 値の変化率または変化程度を流域全体で求めた。各 IHA の変化率または変化程度は、絶対値が 20% または 20 day より大きいと有意に改変していると示される。さらに、総合的な流況改変評価として、有意に改変した IHA が無い時に流況改変なし、指標数が 1~10 指標、11~20 指標、21 指標以上の時に、それぞれ小程度、中程度、大程度の流況改変が発生していると定義されている。

3. 結果と考察

(1) モデルの精度検証

NS 係数は、渡川ダム地点で 0.921、松尾ダム地点で 0.964、高城地点で 0.957 であった。よって、小丸川流域において高い再現性を持つ分布型流出モデルが適用されたとと言える。

(2) 取水による流況改変の評価

鬼神野堰直下減衰区間では、中～大程度 (12~21 指標)、ダム直下減衰区間では大程度 (22~26 指標)、発電放流口直下の河川メッシュでは中～大程度 (16~27 指標) の流況改変が発生していた (図-2(a))。ダム直下減衰区間では、

特に低流量に関する指標の変化率が極めて大きいため、流量減少に伴う生息場面積の低下が河川生物の群集構造に影響していることが示唆される。

(3) 気候変動による流況改変の評価

2 将来期間×3RCP シナリオの全 6 通りの将来気候条件において、小丸川流域全体における有意に改変した IHA は 0~10 指標の範囲にあり、小程度の流況改変が発生することまたは流況改変が発生しないことが予測された (図-2(b), (c))。RCP8.5 では 2 将来期間両方において、流域全体で RCP2.6, RCP4.5 より有意に改変した指標数が多く、ほとんどの河川メッシュにおいて小程度の流況改変が発生することが予測された。

(4) ダムと気候変動の影響評価と比較

小丸川本川や渡川では、将来気候条件よりダムあり条件の方が多くの IHA を有意に改変し、各 IHA を大きく変化させていた。一方で、流域全体で見ると、将来気候条件はダムの影響が及ばない最上流や支流の流況改変をもたらし、その改変は下流域に比べて大きいことが分かった。特に、温室効果ガスの放射強制力が最も高い RCP8.5 において、多くの IHA を有意に改変させる傾向があった。

流況改変は小程度でもその改変へ脆弱な種 (e.g., 高流速・低流速選好種) にとっては個体群消失のリスクに繋がり、結果として生物多様性が失われる可能性が指摘されている。そのため、水系内の総流路延長の多くを占める支流における生物多様性保全のためにも、気候変動の影響緩和および適応のための環境保全施策が重要である。

4. まとめ

- 1) ダム・堰による流況改変は、鬼神野堰直下減衰区間では中～大程度、ダム直下減衰区間では大程度、発電放流後のメッシュでは中～大程度であった。
- 2) 気候変動による流況改変は、RCP2.6, RCP4.5 では流域全体においてほとんど発生せず、RCP8.5 では流域全体において小程度となることが予測された。
- 3) ダムは気候変動より多くの IHA を有意に改変し、各 IHA を大きく改変させていた。一方で、気候変動はダムの影響が及ばない最上流や支流といった流域全体に影響を及ぼし、RCP8.5 においてその影響が顕著であった。

参考文献

- 1) Poff, NL., Allan, DJ., Bain, BB., Karr, JJR., Prestegard, KL., Richter, BD., Sparks, RE. and Stromberg, JC. : The Natural Flow Regime, Biosciences, Vol.47, pp.769-784, 1997.
- 2) 峯田陽生, 糠澤桂, 中尾彰吾, 鈴木祥広: 分布型流出モデルを用いた小丸川水系におけるダム・堰による流況改変の縦断的評価, 土木学会論文集 G (環境), Vol.76, No.5, pp.1_65-1_74, 2020.