

気候変動に伴う降水現象変化がヒゲナガカワトビケラ個体群動態に与える影響に関する基礎的研究

国立研究開発法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム ○傳田 正利
萱場 祐一

1. はじめに

気候変動に起因するとされる降水現象の極端化が全国の河川で確認され、その影響が懸念されている。河川生態系を構成する生物群集は、地域固有の流量変動に適応・進化してきたため、降水現象の極端化に伴う流量変動の変化は、河川生態系に何等かの影響を及ぼす可能性がある。

降水現象の極端化が河川生態系に与える影響を解明し、緩和策を検討するためには、シミュレーションの手法が有効である¹⁾。例えば、河川を一つのシステムと捉え、降水、流出、流況変化と生物群集というサブシステムを結合した生態シミュレーション（以下、「気候変動に対応した生態モデル」と記述する。）ができれば、IPCCの結合モデル相互比較プロジェクト（以下、「CMIP」と記述する。）において提供される気候モデルの降水変化予測データとこのデータに基づく対応した流況変化を推定することが可能となる。その結果として、降水現象の極端化での河川生態系変化を推定することが可能となると考えられる。

筆者らは、この研究の一環として、河川の水生昆虫に着目して気候変動に対応した生態モデルの開発を行っている。本発表では、筆者らの開発した水生昆虫の気候変動に対応した生態モデルの概要および気候変動が水生昆虫の生態に与える影響評価の試行について結果を報告する。

2. 研究の方法

(1) 対象河川および調査地の概要

対象河川は信濃川水系千曲川で行った。本河川は流域面積 7163km²、流路延長 214km の大河川であり甲武信ヶ岳（標高 2,475m）から、長野盆地を流下し、新潟県境に入り信濃川と名前を変える。調査地は千曲川の中流部に位置する常田新橋付近（長野県上田市、以下、「調査地」と記述する）で行った。

(2) ヒゲナガカワトビケラ (*Stenopsyche marmorata*) の選定理由と生態の概要

調査地を含む千曲川の水生昆虫群集ではヒゲナガカワトビケラが優占し、他の水生昆虫に比べて湿重量が大きく、千曲川における水生昆虫現存量への主要な部分を占める。

ヒゲナガカワトビケラは、卵、幼虫、蛹、成虫の順で成長する。幼虫段階では5回の脱皮を行い5齢幼虫に成長する。その後、蛹化（ようか）し、成虫に成長する。初夏・晩秋の水位安定期に、成虫の雌雄が飛翔し、飛翔の過程で交配・着床が行われる。その後、越冬し、翌年に上述の孵化・成長・再生産の過程が行われる。一般に1年に2~3世代の回転があるとされ、その特性は、河川の流況・水温特性（成虫になるまでに必要な積算温度等）により異なることが知られている²⁾。

(3) ヒゲナガカワトビケラの気候変動に対応した生態モデルの概要、検証・実証及びモデル実験

a) ヒゲナガカワトビケラの気候変動に対応した生態モデルの概要

気候変動に対応した生態モデルは、IPCCのCMIPプロジェクト参加する気候モデルの予測結果に基づく降雨特性変化傾向の把握部（気候モデル部）、土木研究所が開発した分布型流出モデル（WEPモデル）部、河川の特定区間の生態系を表現する生態モデル部で構成される（図-1）。

一般に、気候モデルはモデル間でのバラツキが多く、平均化しデータを利用する必要性（マルチモデル平均）が指摘されている³⁾。気候モデル部においては、マルチモデル平均処理した降水量データをWEPモデルに与える。WEPモデルは、気象特性、流域特性を考慮し、降水特性変化を流量変化に変換する。流量変化を上流端条件として、生態モデル部においては、流況計算及び生態モデリングを行う。生態モデリングは多くの手法が開発されているが、その中で、個体ベースモデル（Individual Based Models :IBMs）を選択した。IBMsは、生物種の個体レベルでの生態に着目し、その生態（成長過程等）をモデル化する手法である。IBMsの様な詳細なモデリング手法を選択した

のは、特定区間の微生息空間内（例：瀬，淵）を選択しながら生息する指標生物の生態への影響を評価する場合、各生息段階の評価を丁寧に行い、その後、数式化することが重要であると考えたためである。

(2)節で述べたように、ヒゲナガカワトビケラの世代交代数は、降水変化とそれに伴う流況変化・河川水温により大きな影響を受ける。本研究では、既往文献からヒゲナガカワトビケラの生態を整理するとともに、調査地における流況・水温から、その成長に関するパラメータを定量的に整理した。

b) ヒゲナガカワトビケラの生態シミュレーションの検証・実証及びモデル実験概要

上記で定量化したヒゲナガカワトビケラの生態モデルの検証・実証を行った。2013年～2015年の流況・水温を生態モデル部に与えた。モデルの検証は、ヒゲナガカワトビケラの羽化時期等が正確に再現されているかを重点的に検証した。その後、ヒゲナガカワトビケラの個体群が複数年間維持状況からその実証性を検討した。

生態モデルの検証・実証後、CMIP3のデータを用いて、マルチモデル平均の降水量変化特性をWEPモデルに与え、流量変化特性を把握した。降水変化特性を与える際には、降雨面積（ティーセン分割域）を変化させ、流況変化特性の把握、流況変化に伴う生態モデル部の結果の変化傾向を把握した。

3. 結果と考察

(1) ヒゲナガカワトビケラの生態シミュレーションの検証・実証結果

生態モデルは、ヒゲナガカワトビケラの生態を良好に再現した。特に、羽化時期は、一般的なヒゲナガカワトビケラモデルの生態、千曲川での研究報告に合致する良好な再現となった。また、個体群動態は、個体が流失する河床材料粒径0.04m程度が流出する流況で個体が流出する条件、雌雄各1個体のペアが孵化まで到達する卵約2個を産卵する条件で、個体群が10年程度維持される結果となった。

(2) モデル実験結果

CMIP3のマルチモデル平均結果、千曲川流域では台風出水期までの月降水量平均が約1.2倍増加し、調査地上流のティーセン区域全体でこれらの降水変化が生じた場合、5月、7月の出水の流量が最大で約3倍に増加することを明らかにした。これらの変化を生態シミュレーションに与えた結果、日最大流量が約2倍以上に増加すると個体群存続可能性が減少に転じる傾向を確認することが出来た。

4. まとめ

降水現象極端化が河川生態系に与える影響を評価するため、CMIPの気候モデル、分布型流出モデル及びヒゲナガカワトビケラの生態モデルを結合したモデルを開発した。その結果、降水特性変化と降水域変化がヒゲナガカワトビケラの生態に与える影響を推定すること可能となった。

引用文献

- 1) 楠田哲也・巖佐庸：生態系とシミュレーション，朝倉書店，pp. 130-140，2002.
- 2) 西村登：日本の水生昆虫⑨ ヒゲナガカワトビケラ，pp. 24- pp. 96，文一総合出版，1987.
- 3) 道広有理・佐藤嘉展・鈴木靖：CMIP3 マルチ気候モデルにおける日本の気候再現性比較，京都大学防災研究所年報，第53号B，2010.

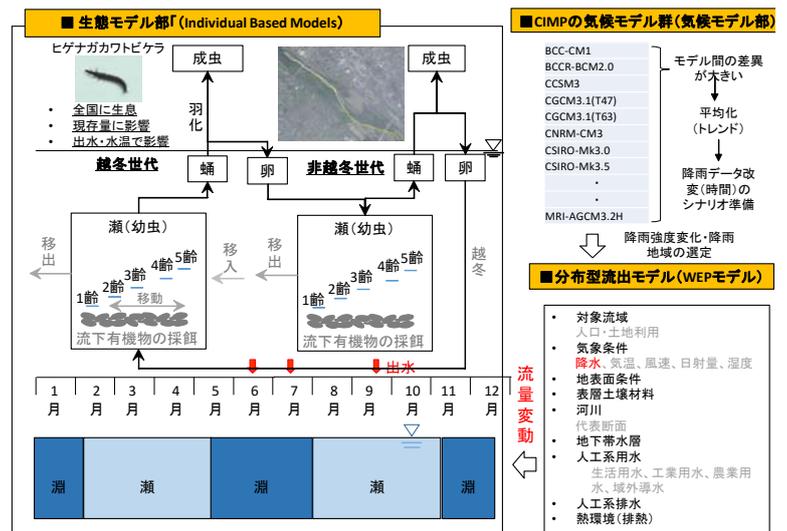


図-1 気候変動に対応した生態系モデルの概要