

16. 地球温暖化による気温上昇が源流域の 底生動物群集に与える影響

新井 涼允^{1,2*}・糠澤 桂²・風間 聡²・竹門 康弘³

¹(現)一般財団法人電力中央研究所 (〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646)

²東北大学大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

³京都大学大学院工学研究科 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄官有地)

* E-mail: arai@criepi.denken.or.jp

宮城県中央部に位置する名取川流域の河川源流域において、水温の測定および底生動物群集の採集を行うことにより、水温と底生動物群集の定量的関係性を評価し、カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目を合わせた分類群であるEPTの個体数密度において、平均水温と負の有意な関係を得られた。また、複数の全球気候モデル(GCM)から得られた将来気温をインプットとして、分布型流出・水温モデルにより将来(近未来、遠未来)の水温を計算した。EPTの個体数密度と水温の有意な負の相関関係と、計算した将来の水温を用いて、将来のEPTの個体数密度を推定した。以上より、地球温暖化によるEPTの減少は、それぞれの温暖化シナリオおよび将来期間において定量的に評価された。

Key Words : Water temperature, EPT, Distributed hydro-thermal model, Global Climate Model

1. はじめに

底生動物群集は、河川物理環境の影響を受けやすく、特に水温は成長、代謝、生存に大きな影響を及ぼす¹⁾。これまでに底生動物群集と水温の関係性を観測データに基づいて評価する研究は多く行われているが²⁾、複雑な物理環境により構成される現地の河川環境において正確に水温の影響を検知することは困難であった。

一般的に山間部における河川源流域は、森林地域に分布することが多いため、その森林と森林土壌の効果により、年間を通じて降雨による流出作用が緩和され³⁾、水質が浄化される⁴⁾。一方、水温は、異なる源流域においても標高や季節の変化に応じて大きく変動する。以上より、異なる標高・季節の源流域において調査することによって、水温の変化が底生動物群集に与える影響を正確に把握することが可能である。

地球温暖化は、淡水生態系において生物多様性の低下、種の消滅等大きな影響を与えること懸念される一方で、この影響は十分理解されていないのが現状である⁵⁾。

本研究では、底生動物群集と河川水温の関係を明らかにする目的から、源流域を対象として底生動物群集の採

集および平均水温を測定して両者の関係性を定量的に評価した。次に、白岩ら⁶⁾によって構築された河川水温を推定する分布型流出・水温モデル(以下、水文モデル)に、全球気候モデル(以下、GCM)の気温データを入力値として与え、将来の平均水温を計算した。最終的に、底生動物群集と平均水温の定量的関係性と、将来の平均水温計算結果を用いて、地球温暖化が底生動物群集に与える影響評価した。

2. 研究対象流域

本研究では、宮城県中央部に位置する名取川流域内の源流域において、それぞれ標高の異なる全10地点の調査地点を設定した(図-1)。それぞれの調査地点は山地森林内を流れる類似した水勢および勾配を有する河川次数1の河川に位置している。また調査地点周辺には人家がなく、調査地点の上流側には砂防ダムや治山ダムなどの河川構造物は設置されていない。

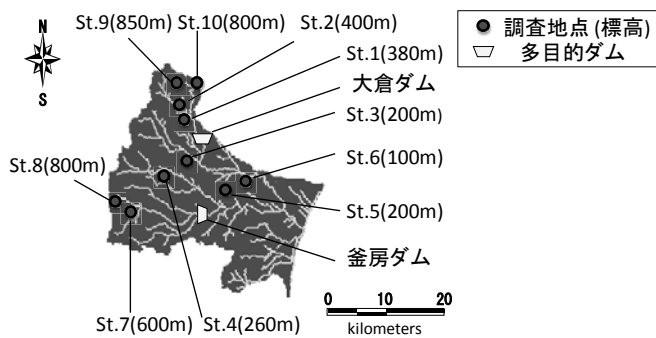


図-1 研究対象流域

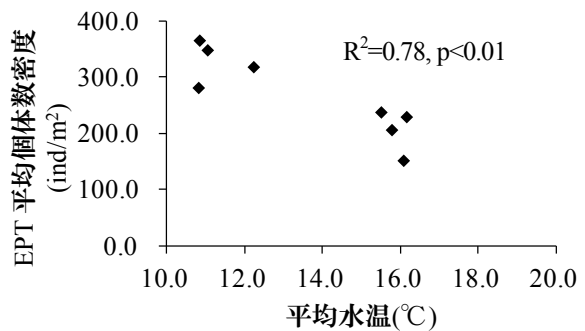


図-2 平均水温と EPT 平均個体数密度の関係

3. 方法

(1) 調査方法

底生動物の採集と水温測定を含む現地調査は、2012 年の 5～10 月において毎月 1 回行った。水温を、温度ロガー(tidbidV2, Onset 社)を用いて同期間内で連続的(毎時)に計測した。底生動物は、定量サンプリングにより採集した。まず、1 つの地点の約 10m の河川区間内において、流水部と止水部に各 1 箇所選定した。次に、選定した場所においてコドラード付きサーバーネット(30cm×30cm, メッシュサイズ 250μm)を河床に設置し、区画内の石礫に固着する種はブラシを使用して採集し、砂層に生息する種は河床間隙層を掘り起こしてネットに捕捉し、なるべく全ての底生動物を採集するようにした。各地点において 2 回サンプリングした底生動物群集の合計を、その地点のサンプルデータとした。

サンプリングした底生動物は実験室に持ち帰り、その日のうちに99.5%エタノールを用いて固定した。サンプルは、150倍の実体顕微鏡を用いて日本産底生動物検索図鑑⁷⁾に従い可能な限り細かい分類レベル(種・属・科)の同定を行い、それらをまとめて分類群とした。その後、サンプルごとに底生動物の分類群数、分類群ごとの個体数密度を計測した。

(2) 将来気温データ

計 8 つの GCM (MIROC5, MRI-CGCM3, CCSM4, CanESM2, NorESM1-M, INM-CM4, GFDL-ESM2G, CNRM-CM5), 2 種類の RCP シナリオ (RCP2.6, RCP8.5), 1981～2000 年(現在気候), 2081～2100 年(遠未来気候)の期間のデータを使用した。それぞれの GCM 気温出力値は、1981～2000 年の AMeDAS 観測値を用いて、渡辺ら⁸⁾の手法により詳細な地形の異質性に起因する系統的な誤差(バイアス)を補正した。

(3) 水文モデル

分布型流出・水温モデルは河川水温を推定するモデル

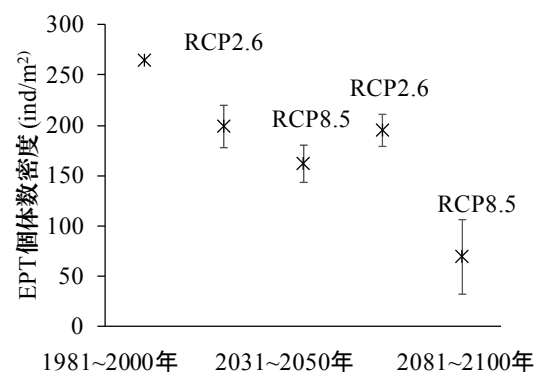


図-3 将来の EPT 平均個体数密度の推定結果

であり、流出解析及び水温解析により構成され、高い精度で水温を推定できることが確認されている⁹⁾。計算期間は現地調査と等しい5～10月の6ヵ月間であり、各RCPシナリオにおける8つのGCM気温データの平均値と現在気候の気温の差を気温上昇値として、将来の源流域における平均水温を計算した。なお、土地利用が森林であり、調査地点の集水面積をもとに集水面積0.63～3.75km²(10～60メッシュ)の範囲を源流域として表現した。

4. 結果と考察

全調査期間において得られた底生動物群集の平均個体数密度と温度ロガーによる平均水温の単回帰分析において、EPT(カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目を合わせた分類群)の平均個体数密度が平均水温と負の有意な相関関係を示した($R^2=0.78, p<0.01$)(図-2)。よって源流域におけるEPTは、低い水温環境を選好することが考えられる。以上より、EPTの平均個体数密度と平均水温の線形回帰モデルを構築し、水文モデルによって計算された将来の平均水温を説明変数とし、将来のEPTの個体数密度を推定した(図-3)。図-3より、EPTの個体数密度は近未来のRCP2.6において約25%の減少、遠未来のRCP8.5において約74%の減少が確認された。Hamiltonら⁹⁾は、米国の河

川において、2050年代までに地球温暖化に伴う水温上昇によって、EPTの種数が40%程度低下することを報告している。よって、EPTは地球温暖化によって種数ならびに個体数密度が低下することが考えられる。

参考文献

- 1) Quinn, J. & Hickey, C.: Characterisation and classification of benthic invertebrate communities in 88 New Zealand rivers in relation to environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 24: 387-409, 1990.
- 2) Duggan, I., I. Boothroyd & Speirs, D.: Factors affecting the distribution of stream macroinvertebrates in geothermal areas: Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Hydrobiologia* 592: 235-247, 2007.
- 3) 福嶋義宏：田上山地の裸地斜面と植栽地斜面の雨水流出解析, 日本林学会論文集 88, 1977.
- 4) 柴田英昭, 戸田 浩人, 福島 慶太郎, 谷尾 陽一, 高橋 輝昌, 吉田 俊也：日本における森林生態系の物質循環と森林施業との関わり, 日本森林学会誌 91(6) : 408-420, 2009.
- 5) Durance, I. & Ormerod, S. J.: Climate change effects on upland stream macroinvertebrates over a 25-year period. *Global Change Biology* 13: 942-957, 2007.
- 6) 白岩淳一, 風間聡, 沢本正樹：気候変動による河川水温の影響. 水工学論文集 50 : 1063-1068, 2006.
- 7) 川合禎次（編）：日本産水生昆虫 - 科・属・種への検索, 東海大出版会, 2005.
- 8) 渡部哲史, 内海信幸, 鼎信次郎, 瀬戸心太, 沖大幹, 平林由希子：GCM, RCP シナリオ, バイアス補正手法の選択が日降水量極値の将来予測に与える影響の考察. 土木学会論文集 B1 (水工学) 69 : I_385-I_390, 2013.
- 9) Hamilton, A. T., Stamp, J. D. & Bierwagen, B. G.: Vulnerability of biological metrics and multimetric indices to effects of climate change. *J N Am Benthol Soc* 29:1379-1396, 2010.