

近年の研究紹介⑤総合研究(河川水温)

河川水温の時空的変動と それが河川生態系に与える影響

熊本大学大学院先端科学研究部 一柳英隆

1. はじめに

温度は、生物の生理や行動、分布、群集の構造、生態系の機能などに強く影響を及ぼす要因である。気候変動による温度上昇により、生物の季節性、体サイズ、生活史特性、分布などが過去と比較して変化しているという報告が世界的に蓄積されつつある。

河川水温の上昇についても、世界各地から報告されている。しかし、河川の水温は時空的に不均質であり、また、気候変動による水温上昇についても地点間で変異がある。実際の河川の水温やその変動には、様々な自然及び人為的な要因が影響する。気候変動への適応策を導くためには、要因を分離し、各要因によりどのような水温変化をもたらされるのかを把握する必要がある。

温度の上昇による生物や生態系の変化については、陸上や海洋と比較して、河川では信頼性の高い長期観測結果が乏しい。日本においては、過去から河川環境の様々な調査が行われ、それを統合することで、河川における温暖化の影響を解析することが可能であると考えられる。

我々は、今回、河川生態学術研究会の総合研究グループとして、気候変動に伴う河川水温の変化について研究する機会を得た。ここでは、河川水温と河川に生息する生物について、実際にどのような変化が起こってきたのか、その実態を明らかにすることを目的として研究を進めた。本報では、そのトピックを紹介したい。

なお、ここで紹介する研究は、一柳のほか、皆川朋子、石田桂(以上、熊本大学)、佐藤辰郎、Morid Reihaneh(以上、九州大学)、加賀谷隆(東京大学)、小林草平(温州大学)、乾隆帝(福岡工業大学)、大槻順朗(山梨大学)により行われたものである。現在、研究の途中段階であり、未発表成果が含まれている。

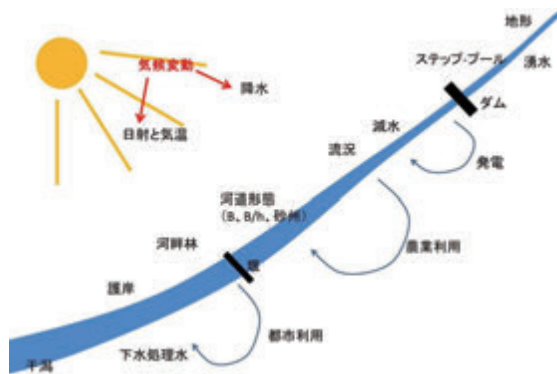


図1 河川水温に影響を与える主要要因概念図

2. 河川の水温変化とその要因

河川の水温については、さまざまな要因が関連している(図1)。気温や降水量、日射などの自然的要因のほか、様々な土地利用に不随する河川の流量変化や、温度の改変も影響する。また、それらの要因の影響は、季節によっても異なり、生物に対する温度変化の影響も季節ごとに異なる。水温の変化による生態系への影響を明らかにするためには、季節性も考慮して水温変化の実態を把握することが必要であると考えられる。

我々は、河川水温について、データベースを活用した全国的な経年変化とその要因分析、特定の河川(九州の菊池川と球磨川)における流域内の多地点における水温の観測とその空間変異をもたらす自然的・人為的要因の解析を行った。ここでは、前者を中心に紹介する。

全国のデータベースを活用した解析では、国土交通省の水文水質データベース及び環境省の公共用水域水質測定結果の水温データを用いた。これらの水温データの多くは、水質調査として月に1回任意の時刻に計測されたものである。時刻を調整し、月ごとに1981~2015年の35年間のトレンドを算出した。また、そのトレンドと、各地点の環境要因(各月の降水量変化率、各月の気温変化率、標高、勾配、人口密度、流域面積、気温変動に対する水温変動の大きさ、土地利用割合の変化(水田、他農用地、建物用地、森林)、ダムの有無、下水処理場の有無の13項目)との関連を解析した。

季節を通じた水温変化率は、全国平均で $0.03^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり、上昇傾向が確認された。地方によって水温変化率には違いがあり、関東地方で高い場合が多く、北海道、東北地方及び九州地方で低い傾向がみられた(図2)。月ごとの水温変化率には差が認められ、日本全国の平均的には10月が最も水温の上昇が高かった。

水温変化率は、河川の地点間で変異がある。湧水流入率と関連すると考えられる水温の気温に対する反応が最も変異を説明し、水温の気温に対する回帰の傾きが小さな地点ほど、経年的な水温変化率が低かった。その結果、どの地方においても、標高の高い場所ほど水温上昇が小さく、河口近くの標高が低い地点では水温上昇率が大きい傾向があった。詳細な現地観測をしている菊池川でも流れ込む支流のうち、湧水量の大きく年較差が小さい支流では経

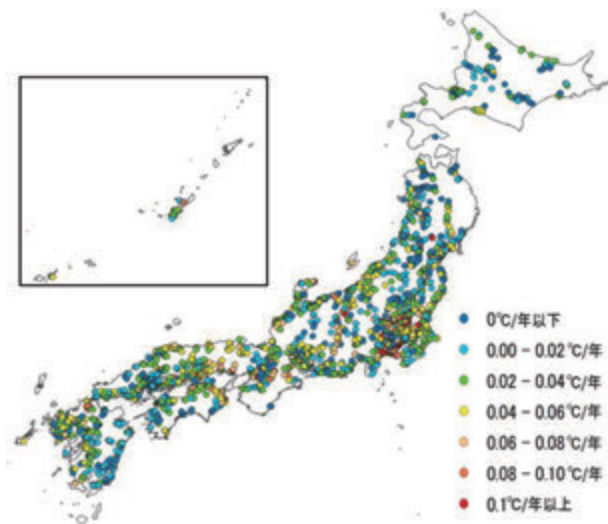


図2 全国の水温観測地点における1981-2015年の年平均水温の変化

年間的な温度上昇が小さい傾向が確認されている。また気温や降水量の変化には地理的な変異があり、それが水温変化率の変異に影響していた。ただし、降水量に関しては、夏には降水量増加で水温の上昇は抑えられるものの、冬には降水量増加で上昇した。

人為的な要因については、人口密度や建物用地割合が高くなった地点で、水温上昇が大きい傾向があり、その傾向は冬季に強かった。調査対象期間内で下水処理場が存在しつづけた場所でも温度の上昇は確認され、下水処理場一つ一つをみても、排出する熱量が増加していると推測された。近隣の水田面積割合が減少すると、河川水温の上昇は抑えられる傾向があったが、一方で逆に水田が増えることで河川水温が低下する地点もあった。球磨川での現地観測では、水田の温度上昇は、暖められた水が水田から入ることよりも河川水の減少の方が影響が大きいことが推測されている。また、本流から引いた用水が水田を経ずに支流に入り、かんがい期に支流の流量が増えて支流の河川水温が低下する場合もあり、そのような水の利用・移動の仕方によって河川水温が影響を受けていると考えられた。

このように、河川の水温変化の空間変異においては、気温と降水、及び湧水等の河川の特徴との関連、人為的な影響の相対的な影響度を明示することができた。

3. 河川生物の変化

河川の温度上昇に伴う河川生態系の変化については、各地の群集の変化と水温上昇との関係、河川生息生物の分布の変化について研究を進めた。後者の分布については、地理的な変化、水系内の標高変化、河川内の微生物場レベルでの変化の3つの空間スケールで研究を行ってきた(図3)。ここでは、水系内の分布変化の成果を紹介したい。

地理的な分布の変化については、河川水辺の国勢調査等を活用した広域スケールでの解析が有効であるが、同調査は、国土交通省直轄区間中心に行わ

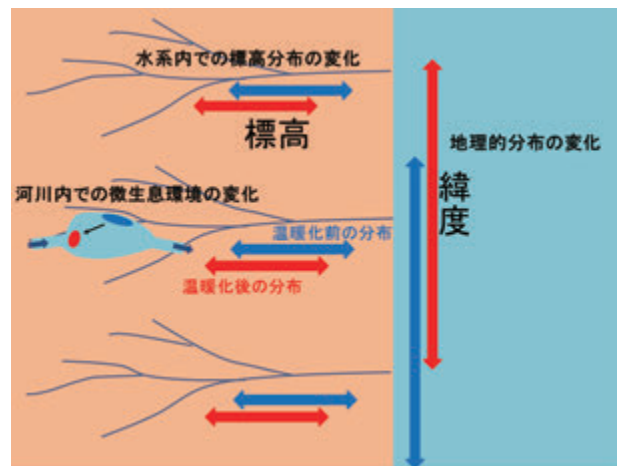


図3 河川生物の分布変化のスケール

れており、水系内の分布変化を解析するには上流域の分布確認が十分ではない。そのため、過去に記録のある多摩川水系のトビケラ類を調査対象とした。

多摩川水系でのトビケラ相は、1989～1991年に各地点での水温とともに明らかにされている(加賀谷ら1997)。同じ地点53地点において、トビケラ類の採集と水温観察を2019～2020年(30年後)に行った。

多摩川での調査地点の水温は、上昇していることが確認された。また、水文水質データベース等のデータでも、過去とくに2009年以降の水温上昇が認められた。トビケラ類各種の標高分布平均は、平均で30年間に49m上昇していた。温暖化に伴う陸上生物の分布標高の変化は、様々な分類群や場所における平均で10年あたり10～15mと評価されており、ここの値(10年あたり約17m)は、それと似た値であった。

分布標高の変化の大きさは、種によって異なった。大きな上昇が認められたのは、瀬の急流に生息する種であった。一方で、淵のリター堆積に生息する種では、標高分布の上昇が認められないことがあった。分布の年代間の違いの種による変異については、地理的な変化(緯度)においても認められている。水系内標高変化とあわせ、分布の変化と種の特性的関係性を一般化することは、今後の気候変動による生態系変化を予測するのに重要になるだろう。

4. おわりに

今回、我々のチームでは、30～40年の水温と生物の変化のパターンを把握した。これらを統合的に議論し、水温の上昇を抑えられる河川構造、水温上昇が河川生態系に与える影響を緩和できる河川構造を提示できるようにしたい。

ところで、気候変動の研究では、蓄積されたデータの活用が非常に重要である。今回、河川の水温データの収集と整理については、国土交通省水管理・国土保全局河川環境課及びリバーフロント研究所に大変お世話になった。公的に取得され、かつ収集されたデータが利用可能なよう、また我々自身が河川各地で取得した水温や生物分布のデータも、将来の河川の研究や保全のため、利用可能な状態にしておくことが必要だろう。