

河川水温の上昇が有機物代謝に及ぼす影響に関する基礎的研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27～平 30

担当チーム：河川生態チーム

研究担当者：中村 圭吾、傳田 正利

【要旨】

本研究は、気候変動に起因する気温上昇が河川水温の上昇・有機物生産に与える影響の把握を目的に、全国の河川水温上昇傾向の把握と対象河川の選定、選定河川における将来河川水温上昇幅の設定、将来河川水温上昇幅が有機物生産と水質に与える影響を推定した。その結果、①全国の河川においては年平均河川水温が上昇した河川、減少した河川があること、②河川水温が上昇したと推定される那珂川においては、20年後約1.5℃の上昇が見込まれること、③有機物生産・河川水質への影響は限定的であると推定されるが、今後の研究成果を踏まえ慎重な理解が必要なこと、以上の3点を明らかにした。

キーワード：気候変動、河川水温上昇、有機物生産、那珂川、千曲川

1. はじめに

気候変動に伴い予想される河川水温の上昇は河川生態系の様々な要素に影響を及ぼすことが懸念されている。また、この結果として、河川に生息する生物相・河川水質等が変化する可能性が高い。しかし、水温上昇に伴う河川生態系の応答のメカニズムは複雑であり、河川水質・生物相に対する影響は未解明なままとなっている。

河川水質に対する影響の一つとして、水温上昇に伴う飽和溶存酸素濃度の低下が考えられる。同時に河床に繁茂する付着藻類等自生的有機物の生産力の増大が有機物代謝に変化を及ぼし、結果として、水中のBOD物質の増大、溶存酸素濃度の更なる低下を引き起こす可能性もある。これらの自生的な有機物生産力の増大は、河川に生息する藻類食者等に影響を及ぼし、餌資源を介して、河川における生物群集に影響を及ぼす可能性もある。河川水温については幾つかの既往研究があるが、個別の河川を対象として水温上昇が生じる季節・水温差を明確にした研究はない。有機物代謝の測定は河川生態学の分野でも実施事例が少なかったが、水環境研究グループにおいて開発した測定方法によって定量的な評価が可能となっている。

このような背景から、本研究では、気候変動に伴う水温上昇が有機物代謝に及ぼす影響を解明し、河川水質・生物群集の変化を予測するための基礎的知見を得ることを最終的な目的とする。

本研究では、3つの達成目標を設定した。達成目標1は、「河川における水温上昇の季節・水温差の解明

である。日本における河川水温に関するデータベースを構築し、日本における代表的な河川を対象として水温上昇が顕在化する季節・温度差を明確にする。達成目標2は、「河川水温の上昇が有機物生産に及ぼす影響の解明」である。達成目標1において、明確にした季節・温度差を参考にして、水温上昇が顕著な季節を想定した条件を設定して、自生的な有機物生産速度の変化を明確にする。達成目標3は、「粒状有機物の流下過程と河川水質への影響解明」である。河川において自生的な有機物の流下過程を水理モデルおよび統計モデルから明確にし、河川水中における有機物濃度の変化を定量的に予測・評価する。

次章以降に、各達成目標の成果の概要を報告する。詳細な成果に関しては、研究発表成果を示すので、適宜参照いただきたい。

2. 達成目標1：河川における水温上昇の季節・水温差の解明

2.1 はじめに

気候変動に起因すると推定される気温上昇は、夏期における最高気温記録の更新など、実感できるレベルにまで達している。河川水温の上昇もいくつかの研究事例で報告されるが、全国の河川を俯瞰し比較し、確認している事例は少ない。

このような背景から、本研究では、日本の河川に関する統計データより全国の河川水温観測データを時系列データとして整理し、達成目標1において、河川水温上昇の季節・温度差の傾向を分析することを目的と

する。

2. 2 研究の方法

2. 2. 1 気温・河川水温のデータベース構築

全国における気温の観測データである地上気象観測所統計値・AMeDAS データ、河川水温の観測データである国土交通省水質水文データベース、環境省公共用水域データを収集し、地理情報データベース化した（以下、本データベースを「気温・河川水温 DB」と記述する）。

2. 2. 2 気温・河川水温 DB を用いた気温・水温の関係性の分析

気温・河川水温 DB を精査したところ、全ての観測地点において連続的な時系列データが観測されていないため、全国の主要河川が流下し、連続的なデータが観測されている各都道府県の県庁所在地付近の観測地点のデータを抽出した。抽出した観測所において、気温と水温の関係性を分析した。

2. 2. 3 気温・水温に特徴的關係性を持つ観測地点におけるトレンドと季節別水温変化の把握

抽出した河川における代表的な観測地点の時系列データ作成し、トレンドの変化と季節別の水温変化の傾向を分析した。

2. 3 研究の結果

2. 3. 1 気温・河川水温のデータベース構築

図-1 に気温・河川水温 DB の気温観測地点、図-2 に気温・河川水温 DB の水温観測地点を示す。気温・水温の観測地点は、全国の河川流域を網羅するように設置されていることがわかる。

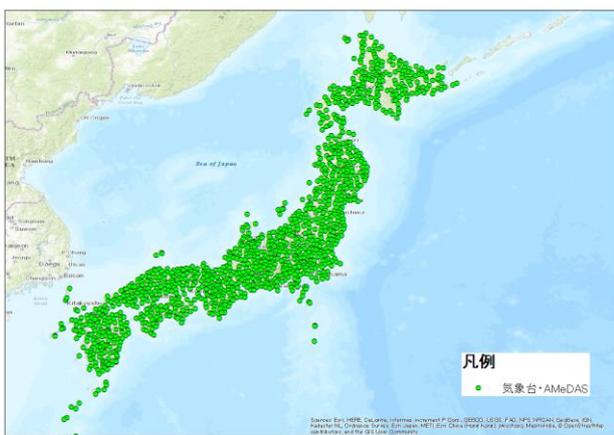


図-1 気温・河川水温 DB の気温観測地点

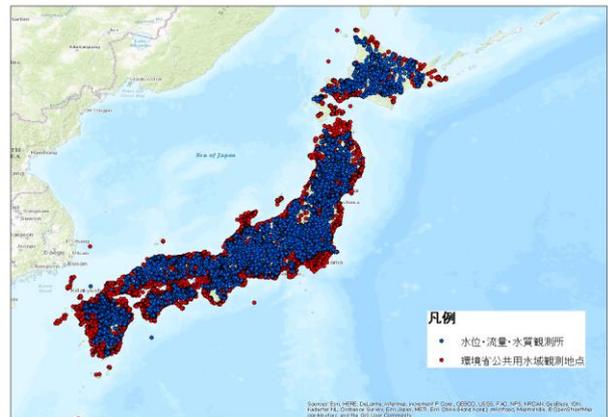


図-2 気温・河川水温 DB の水温観測地点

2. 3. 2 構築したデータベースを用いた気温・水温の関係性の分析

図-3 に気温上昇の回帰直線の傾きと水温上昇の回帰直線の傾きの相関図を示す。全国の都道府県の観測地点において、気温上昇の回帰直線は全てプラスであったのに対し、水温上昇の回帰直線の傾きは、プラスとマイナスの河川に分かれた。

本研究では、現地観測が比較的行い易い、那珂川水系那珂川を気温・水温ともに回帰直線の傾きがプラスの河川として抽出した。同様な理由から、信濃川水系千曲川を気温の回帰直線の傾きがプラス、水温の回帰直線の傾きがマイナスの河川として抽出した（図-3）。

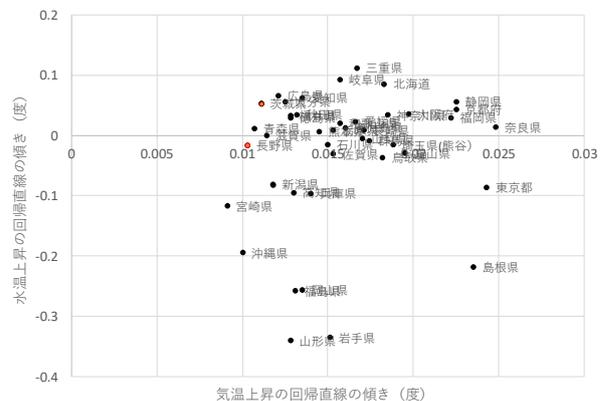


図-3 全国の県庁所在地近傍の観測地点における気温上昇と水温上昇の回帰曲線の傾きの関係性

2. 2. 3 那珂川・千曲川におけるトレンドと季節別水温変化の把握

図-4 に那珂川（上合橋）における年平均河川水温の時系列変化を示す。那珂川においては、1980 年以降、明瞭な河川水温上昇トレンドが把握できた。特に、2008 年以降は急激な上昇が確認された。

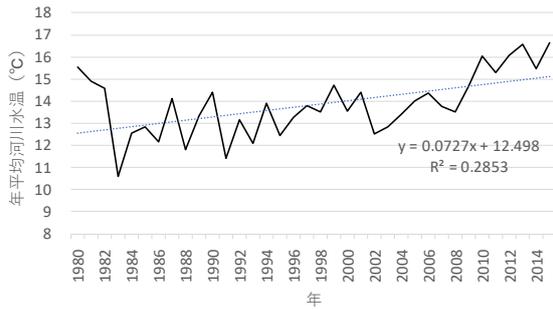


図-4 那珂川（上合橋）における年平均河川水温の時系列変化

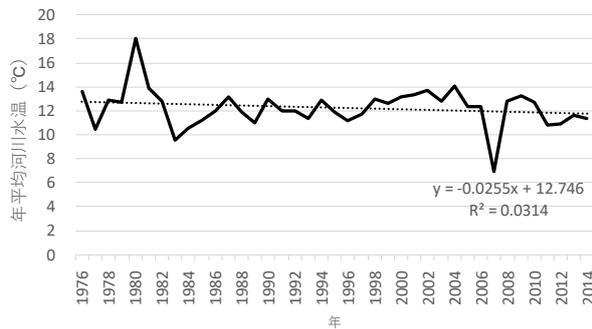


図-5 千曲川（生田）における年平均河川水温の時系列変化

図-5 に千曲川（生田）における年平均河川水温の時系列変化を示す。千曲川においては明瞭な上昇または下降のトレンドが把握されていないが、若干の下降トレンドが推定された。

図-6 に那珂川（上合橋）における日平均河川水温の時系列変化を示す。那珂川においては、1980 年以降、緩やかな上昇傾向を推定でき、2009 年以降は、夏期、冬期ともに明瞭な水温上昇トレンドが把握できた。

図-7 に千曲川（生田）における日平均河川水温の時系列変化を示す。千曲川においては、冬期の上昇、夏期の減少が把握できるが、那珂川のような明瞭なトレンドは把握できなかった。

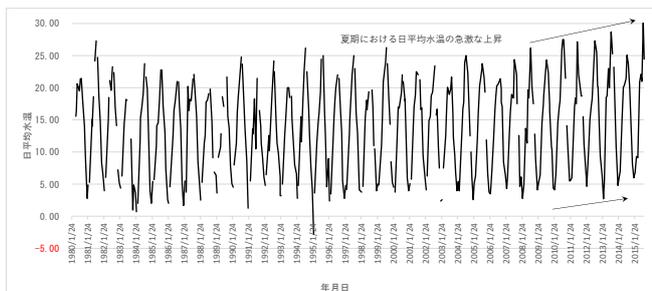


図-6 那珂川（上合橋）における日平均河川水温の時系列変化

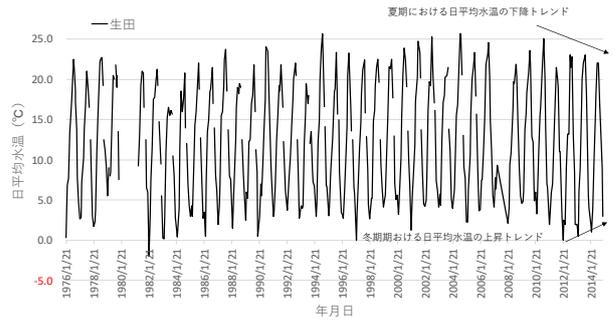


図-7 千曲川（生田）における日平均河川水温の時系列変化

3. 達成目標 2：河川水温の上昇が有機物生産に及ぼす影響の解明

3. 1 はじめに

本章においては、那珂川・千曲川において、溶存酸素計測を用いた有機物生産方法の推定を適用し、河川水温上昇時の有機物生産変化を推定した。

3. 2 研究の方法

3. 2.1 溶存酸素計測法（2点法）の概要

河川内の有機物生産（一次生産）を計測する方法として、2点法が挙げられる。2点法は、2地点の溶存酸素変化から2地点間の有機物生産を推定する方法であり、広範囲・面的に広がり直接的に求められない有機物生産を間接的に計測する手法である。

図-8 に2点法の概要を示す。少なくとも3日間、連続的に DO 濃度変化を計測する。太陽光（光量子）が水中に透過する昼間は光合成と呼吸の作用により DO の生産と消費が行われる。これに対し、太陽光（光量子）が水中に透過しない夜間は、呼吸のみが行われる。昼間と夜間の DO 濃度の差から、再抜気係数を求め、昼間の DO 濃度の内、光合成に由来する DO 濃度を推定する形で有機物生産を推定する手法である。

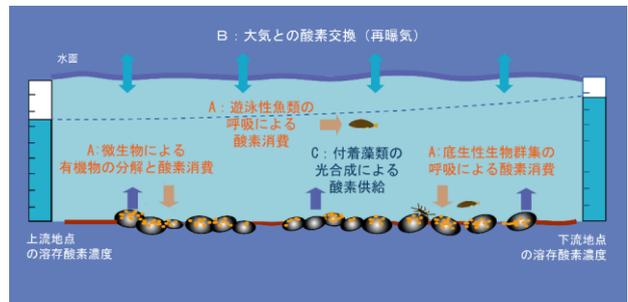


図-8 2点法の概要¹⁾

主要パラメータは、河川水温、DO 濃度変化を計測・

推定すればよく、比較的、簡便に有機物生産を求められる手法である。

本研究では、選定した千曲川と那珂川において、2015年度、2016年度に試行的計測、2017年度、2018年度に那珂川御前山地区においての本格的な計測を行った。本章においては、明瞭なDO濃度変化を示した那珂川における結果を報告し、次節において設定する河川水温上昇幅の変化が生じた場合の有機物生産変化を推定する。

3. 2.2 水温上昇幅の設定

図-4、図-6に示すように那珂川（上合橋）においては、夏期、冬期ともに明瞭な水温上昇トレンドが把握できた。

図-4で求めた回帰直線を用いて、2015年の年間平均水温を起点に2035年の年間河川水温上昇幅を求めた結果、約1.45°Cの上昇が生じると推定できた。計算の簡便化のため、1.5°Cの河川水温上昇が推定されるとして、2点法の河川水温データを变化させた。

3. 3 結果と考察

図-9に那珂川（上合橋）における2017年度の2点法を用いた有機物生産の推定と1.5°Cの河川水温が上昇した場合の有機物生産の上昇を示す。一日を通した有機物生産の平均上昇幅は、約75%の上昇がみられた。2018年度も類似の傾向が確認され、有機物生産の上昇が推定される結果となった。

しかし、本結果は、再曝気係数の設定により値が大きく変化する傾向があるために慎重な解釈が必要となると考えられる。現在、2点法で用いるDO濃度計の発達と低価格化が進んでおり、これらの機器を活用したDO濃度の多地点での連続観測を通した長期間のDO濃度時系列変化の把握が望まれる。

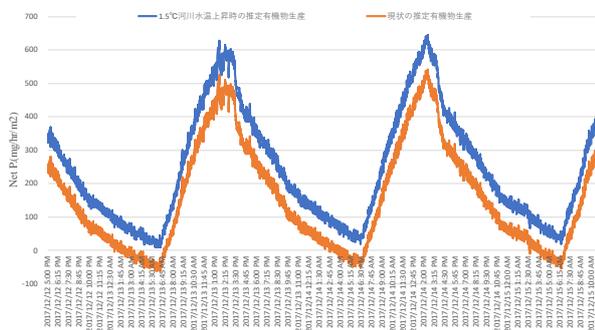


図-9 2点法を用いた有機物生産の推定と河川水温上昇時の有機物生産の推定の比較

4. 達成目標3：粒状有機物の流下過程と河川水質への影響の解明

4. 1 はじめに

粒状有機物の流下過程と河川水質への影響を求めるには、純粋な有機物生産量から、有機物の枯死、上位捕食生物（魚類、水生昆虫等）の有機物生産場における直接的捕食、有機物の剥離による流下、流下有機物の上位捕食生物の間接的捕食（流下有機物の直接捕食、流下有機物溜りの捕食等）を考慮し、推定する方法が考えられる。しかし、これらは、変動が激しい河川生態系においては、長期観測により、有機物生産、上位捕食者の現存量・摂食量等の観測データを揃える必要があるため、基盤研究の観測項目・データだけで結果を明示するのは難しい。そのため、競争的資金「河川中流域における生物生産性の機構解明と河川管理への応用」において、詳細な研究を実施しているため、本研究では試行的な推定に留める。以下に選択したモデルの概要と試行計算の結果を示す。

4. 2 選択したモデルの概要と試行計算結果

選択したモデルとして、萱場により提案された現存量推定モデル（以下、「萱場モデル」と記述する。）を示す。

萱場モデルは、有機物生産量（純生産から呼吸量を差し引いたもの）、有機物の枯死、上位捕食生物（魚類）の直接的捕食、有機物の剥離による流下を考慮したモデルである。ただし、上位捕食者（水生昆虫）、流下有機物の上位捕食生物の間接的捕食（流下有機物の直接捕食、流下有機物溜りに関する捕食等）は未考慮で、スポット的な有機物生産に関する限定したモデルである。

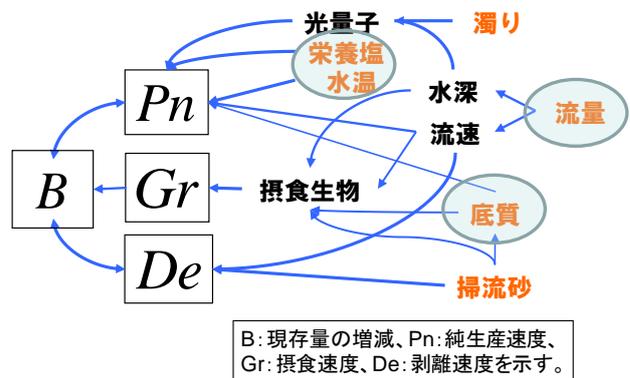


図-10 萱場モデルのモデル概要図¹⁾

千曲川においては、萱場モデルを現状で用いることができるパラメータの観測が比較的多いため、河川水質への影響を試行的に推定した結果、クロロフィル a

が約 25%上昇した。しかし、流下による希釈を考慮すると河川水質への著しい影響は少ないと考えることができた。本試行計算は、現状で推定し得る仮定パラメータを入れた値であるため、正確な推定は、上記の競争的資金における研究と現行基盤研究「河川水温変化の機構解明及び河川生態系に与える影響評価モデルに関する研究」の研究成果を踏まえた慎重な検討が必要と考えられる。

5. まとめ

本研究において、全国における河川水温上昇の傾向の分析、河川水温上昇が有機物生産と河川水質に与える影響について検討を行った。その結果、全国の河川において河川水温は上昇傾向・下降傾向の 2 種類の河川があること、上昇傾向のある河川の一つである那珂川水系那珂川においては、河川水温が 20 年後には約 1.5°C 上昇する可能性があることがわかった。河川水温上昇が 1.5°C 上昇した場合、有機物生産は最大 75% の上昇が推定されるが、本推定結果はパラメータ推定の結果により大きく変化するため、慎重な考慮が必要となることを把握した。河川水質への影響は、流下による希釈効果を考慮すると一定の範囲にとどまると推定されたが、河川生態系を構成する生物間相互作用などの考慮が待たれる結果となった。

参考文献

- 1) 萱場祐一：河川中流域における物理環境場が一次生産過程に及ぼす影響に関する研究、名古屋大学学位論文、2007
- 2) 傳田正利・萱場祐一：気候変動及び人口縮小下における河川生態系変動予測手法に関する基礎的研究、第 54 回土木計画学研究発表会・秋大会、2016.
- 3) 傳田正利・萱場祐一・平林公男・戸田任重・宮原祐一：気候変動に伴う水温上昇時の生産性変化の推定のための河川版コンパートメントモデルの開発、応用生態工学会 第 3 回北信越事例発表会、2016.
- 4) Masatoshi DENDA, Yuichi KAYABA and Kimio HIRABAYASHI : Development and verification of compartment model on production at pool and riffle structure in middle reach of the Chikuma river, 17th International Symposium on River and Lake Environment 3rd international Symposium, 2017.
- 5) Masatoshi DENDA, Yuichi KAYABA : Development of compartment model on primary and secondary production at pool and riffle structure in Japanese river middle reach,

RESEARCH ON INFLUENCE OF INCREASE OF RIVER WATER TEMPERATURE ON ORGANIC PRODUCTION

Research Period : FY2015-2018

Research Team : Water Environment Research Group(River restoration team)

Author : NAKAMURA Keigo, DENDA Masatoshi,

Abstract : To understand influence of increase of air temperature due to climate change on increase of water temperature and production of organic matter, this study conducted understanding on trend of river water temperature change and selection of river, estimating increase of river water temperature in the selected river, and estimation of increase of river water temperature on organic matter production and water quality. In the results, (1) among rivers nationwide, there are rivers whose annual average river water temperature has increased or decreased, (2) The Naka River, where the river water temperature is estimated to increase, increase range of river water temperature is approximately 1.5 ° C in after 20 years. (3) Although it is estimated that the impact of river water temperature on organic matter production and river water quality will be limited, and carefully we have to estimate the influence of river water temperature impacts, through the other studies.

Key words : Climate change, increase of river water temperature , production of organic matter , the Nakagawa river, the Chikuma river.