

気候変動がもたらす愛媛県の水質変化について

井上誠也 山内正信 横溝秀明 横山英明 泉喜子 二宮千秋

Keywords : climate change, water quality

気候変動は愛媛県においても県民生活や地域産業等、幅広い分野に影響を及ぼしており、その対策が喫緊の課題となっている。水環境分野においても、水温上昇や海域における貧酸素化及び酸性化等が懸念されることから、愛媛県の水環境分野における気候変動対策の基礎資料とするため、公共用水域の水質について、1984年度から2019年度までの長期変化傾向を解析した。

その結果、今回解析した範囲において、一部の海域及び河川における水温の上昇傾向と海域における酸性化の傾向が認められ、これらは気候変動による気温上昇が要因の一つと考えられた。また、河川において、水温上昇が要因の一つとみられるpHの上昇傾向が認められた。一方で、貧酸素化の傾向は認められなかった。

公共用水域の水質は、水温上昇の他、有機汚濁負荷や藻類の繁殖状況、季節変動等の複合的な影響を受けるため、引き続き、解析対象地点や解析対象項目を追加する等により長期的傾向の把握に努める必要がある。

はじめに

地球温暖化の進行に伴い、気候変動による被害が世界的に深刻化しており、愛媛県においても、平成30年7月豪雨災害や農林水産品の品質低下等、県民生活や地域産業等の幅広い分野において被害が生じており、その対策が喫緊の課題となっている。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書(AR5)¹⁾によると、気候システムの温暖化には疑う余地がないとされており、気象庁によると、愛媛県においても、松山市の年平均気温は100年あたり1.8℃の割合で上昇しているとされている²⁾。

気候変動による気温の上昇は、湖沼やダム貯水池、河川、海域の水温を上昇させ、水質にも影響することが懸念されており³⁾、また、海洋生態系へのストレスとして、水温上昇の他、貧酸素化や酸性化も指摘されている⁴⁾。

そこで、愛媛県の水環境分野における気候変動対策の基礎資料とするため、愛媛県内の公共用水域の水質について、気温の変化を踏まえた長期変化を解析したので報告する。

方法

1 解析対象地点及びデータ

愛媛県は東予、中予、南予の3地域に区分されることから、海域については、各地域に面している四国中央海域(10地点)、松前・伊予海域(5地点)、愛南海域(8地点)を対象とした。また、河川については、県下最大の河川である肱川流域を対象とし、本流の下宇和橋、天神橋、成見橋の3地点に支流の小田川、舟戸川、黒瀬川の各1地点を加えて、合計6地点を対象とした(図1)。

解析には、愛媛県が実施した公共用水域の常時監視における水質測定結果を用いた。

なお、調査頻度は四国中央海域及び肱川流域は毎月、松前・伊予海域及び愛南海域は四半期毎である(表1)。

気温については、各解析対象地点の直近にある気象庁の観測所(以下、アメダスという。)のデータを利用した。

表1 各水系の調査頻度と対応するアメダス

水系	調査頻度	アメダス
四国中央海域	毎月	四国中央
松前・伊予海域	四半期毎	松山
愛南海域	四半期毎	御荘
肱川水系	毎月	大洲

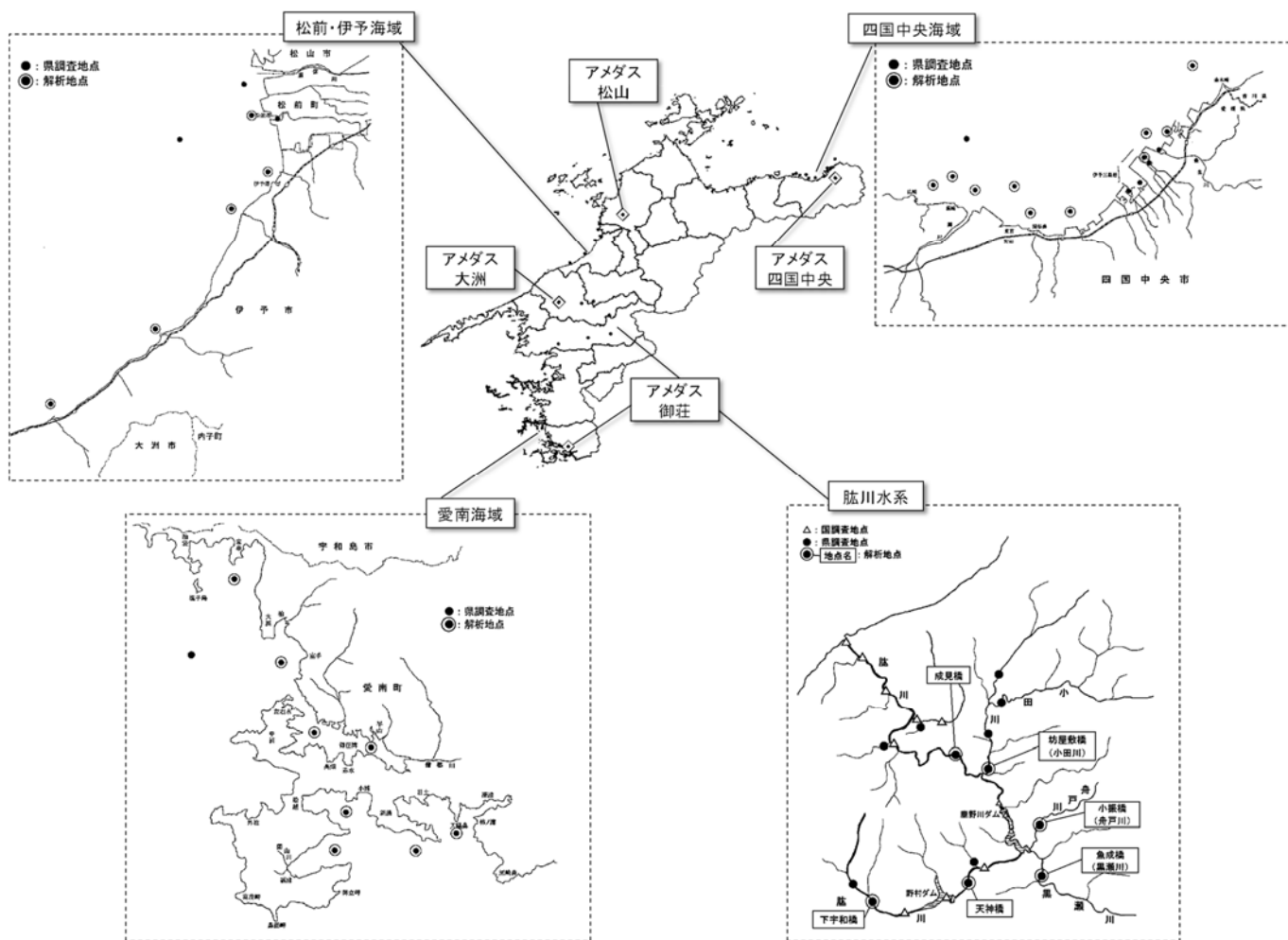


図1 解析対象地点図

2 解析対象項目

気候変動による海洋生態系への三大ストレスは貧酸素化・水温上昇・酸性化とされていることから、溶存酸素量(DO)、水温及び水素イオン濃度(pH)を対象とした。

その他、有機汚濁物質の経年変化を解析するため、化学的酸素要求量(COD:海域)、生物化学的酸素要求量(BOD:河川)を対象とした。また、全窒素(TN)及び全りん(TP)も対象とした。なお、海域のデータはすべて表層(水深:0.5m)のものとした。

3 水質分析の方法

解析に用いたデータは「水質汚濁に係る環境基準について」(昭和46年環境庁告示第59号)及び「排水基準を定める省令の規定に基づく環境庁長官が定める排水基準に係る検定方法」(昭和49年環境庁告示第64号)に従って分析したものである。

4 解析対象期間

解析対象期間は水質測定結果のうち、全解析地点に

ついて、項目毎に連続したデータが確保できた期間とした(表2)。

表2 項目毎の解析対象期間

解析項目	解析対象期間
DO, 水温, pH, COD, BOD	1984年4月～2020年3月 (昭和59年4月～令和2年3月)
TN, TP	海域: 1994年4月～2020年3月 (平成6年4月～令和2年3月) 河川: 1986年4月～2020年3月 (昭和61年4月～令和2年3月)

5 長期変化解析の方法

各解析地点の年度平均値から、水域毎の年度平均を算出し、Mann-Kendall検定により、長期変化傾向の有無を判断した(有意水準:0.05)。なお、有意な傾向が認められるものについては、回帰直線の式を枠囲みした。また、2項目間の関係については、相関係数(r)を算出し、無相関の検定により有意性を評価した(有意水準:0.05)。

気温については、各アメダスの月平均気温を年度単位で平均したものを解析した。

結果及び考察

1 海域の長期変化傾向

(1) 気温及び水温

気温については、全ての海域で有意な上昇傾向が認められ(図2)、10年あたりで見ると、四国中央海域で約0.17、松前・伊予海域で約0.29、愛南海域で約0.28上昇していた。

水温については、松前・伊予海域及び愛南海域では有意な上昇傾向が認められ、10年あたりで見ると、松前・伊予海域で約0.39、愛南海域で約0.29上昇していたが、四国中央海域では有意な傾向がみられなかった。

また、各海域について、気温と水温の関係をみると(図3)、いずれの海域においても気温と水温の間に有意な正の相関関係が認められ($p < 0.05$)、解析期間の前期(1984~1995)のデータ(△)は概ね「低水温で低気温」に集中しており、解析期間の中期(1996~2007)と後期(2007~2019)は概ね「高水温で高気温」の領域に分布していた。

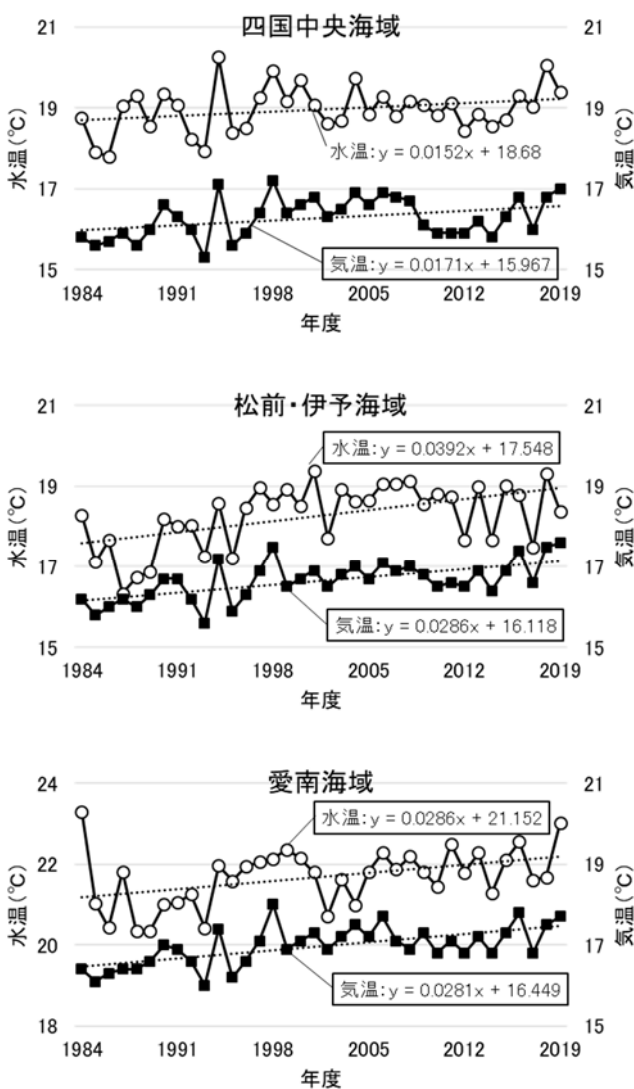


図2 各海域の気温と水温の推移

これらのことから、地点による違いはあるものの、今回解析した範囲においては、気温の上昇が海水温の上昇に関係していることが示唆された。しかしながら、気候は数年から数十年程度の規模でも変動することから、今後も引き続き調査・解析を進める必要があると考えられる。

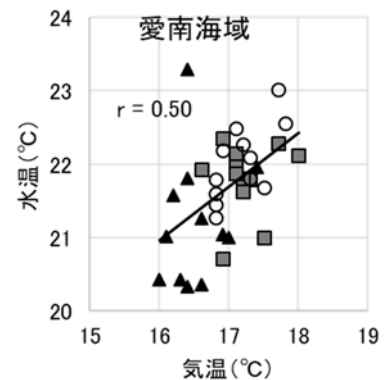
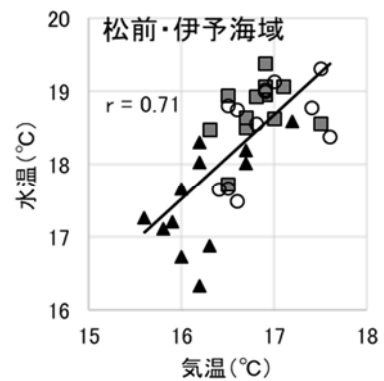
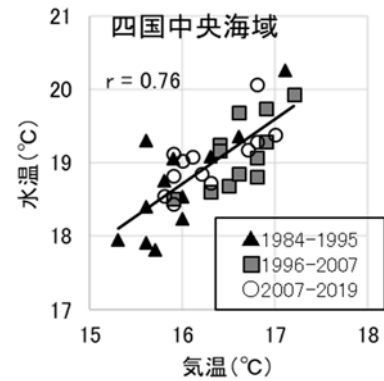


図3 各海域の気温と水温の関係

(2) pH

pHについては、解析した全ての海域で有意な低下傾向が認められ(図4)、10年あたりで見ると、四国中央海域で約0.02、松前伊予海域で約0.03、愛南海域で約0.02程度、低下していた。

日本の沿岸域では、海域による違いはあるものの平均的には酸性化の傾向にあり、pHは10年あたり約0.02の速度で低下していることが報告されている⁵⁾。本研究においても、同程度の低下率を示しており、愛媛県沿岸域でも酸性化が進んでいることが分かった。

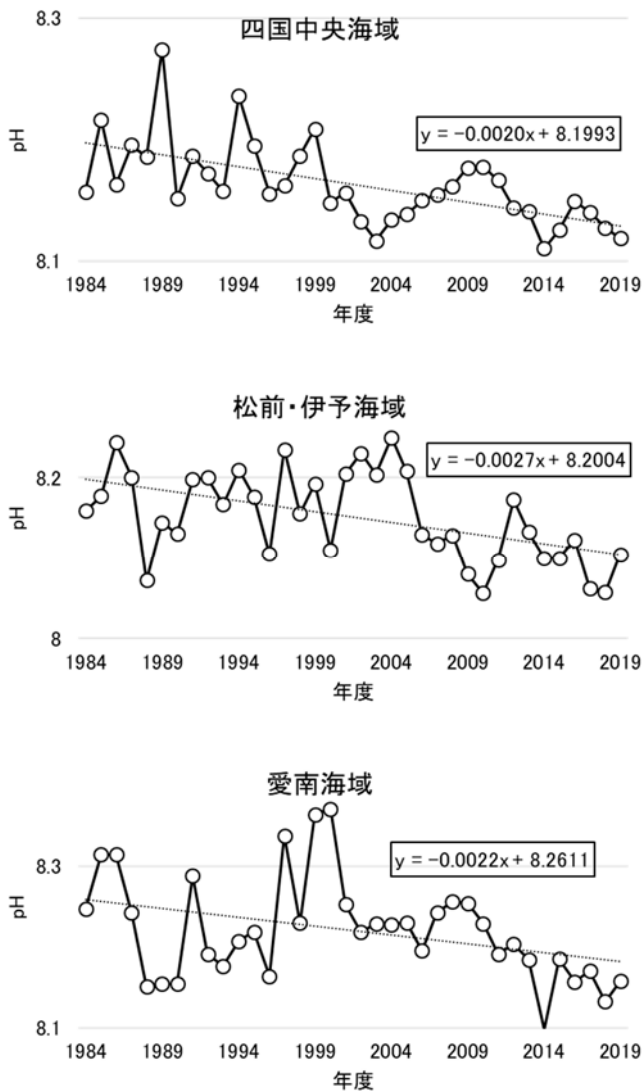


図4 各海域のpHの推移

(3) DO及びCOD

DOについては、全ての海域で有意な低下傾向は認められず(図5)、今回解析した範囲においては、貧酸素化は進行していないことが分かった。

海域ごとにみると、四国中央海域は有意な水温の上昇はみられず、DOについても有意な変化傾向はなかった。伊予・松前海域及び愛南海域については、水温に有意な上昇傾向があったが、DOは低下しておらず、逆に有意な上昇傾向が認められた(図5)。

DOの上昇については、有機汚濁負荷の減少に伴う微生物の酸素消費量の低下が一因として考えられることから、有機汚濁の指標であるCODの長期変化について解析を行ったところ(図5)、全ての海域で有意な低下傾向は認められなかった。

このように、今回解析した範囲では、貧酸素化の傾向は認められず、その要因も明確にはできなかったが、DO

は水温上昇や有機汚濁負荷の他、海洋循環の変化や藻類の繁殖等にも影響されることから、これら要因が複合的に関係しているものと推察された。

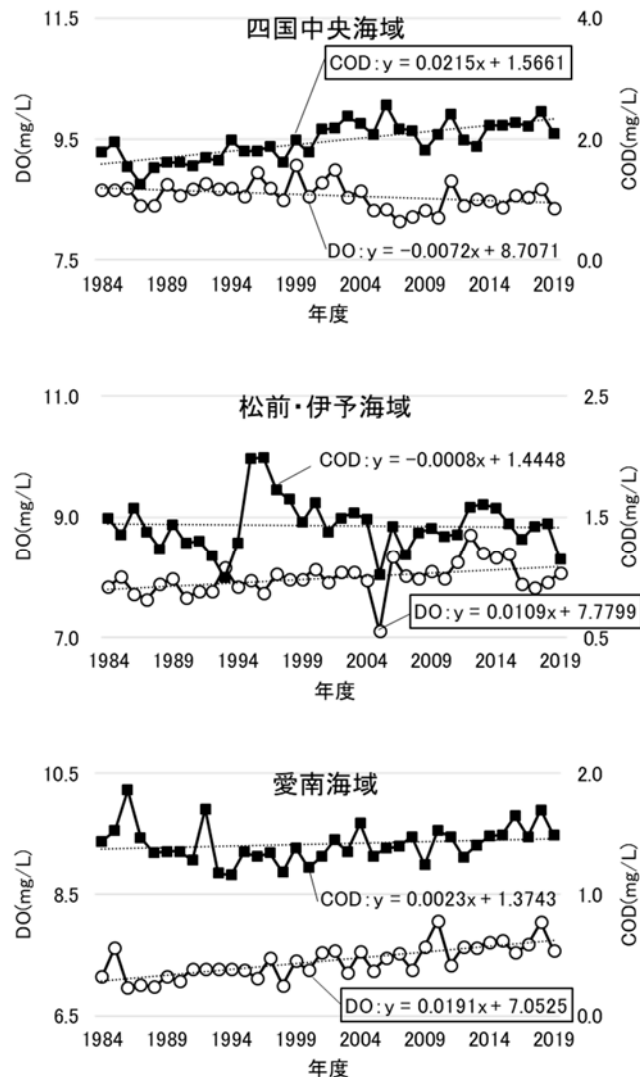


図5 各海域のDOとCODの推移

(4) TN及びTP

TNについては、全ての海域で有意な低下傾向がみられた(図6)。

TPについては、松前・伊予海域及び愛南海域では有意な低下傾向が認められたが、四国中央海域では有意な傾向は認められず、概ね横ばいで推移していた(図6)。

TN及びTPは平成13年度に水質総量規制の対象に追加され、工場・事業場に対する排出規制や下水道及び浄化槽の整備などの対策が講じられてきたところであるが、これらの対策により、TN・TPが低下してきたものと考えられた。

一方で、気候変動による水温上昇等の環境変化とも相まって、瀬戸内海での一部の海域では、窒素やりん等、

栄養塩類の不足等による水産資源への影響が生じていることから、令和3年2月26日に瀬戸内海環境保全特別措置法の一部を改正する法律案が閣議決定され、栄養塩類管理制度が創設されることになった。今後はこのような状況も踏まえて、栄養塩類の濃度変化を監視していく必要があると考えられる。

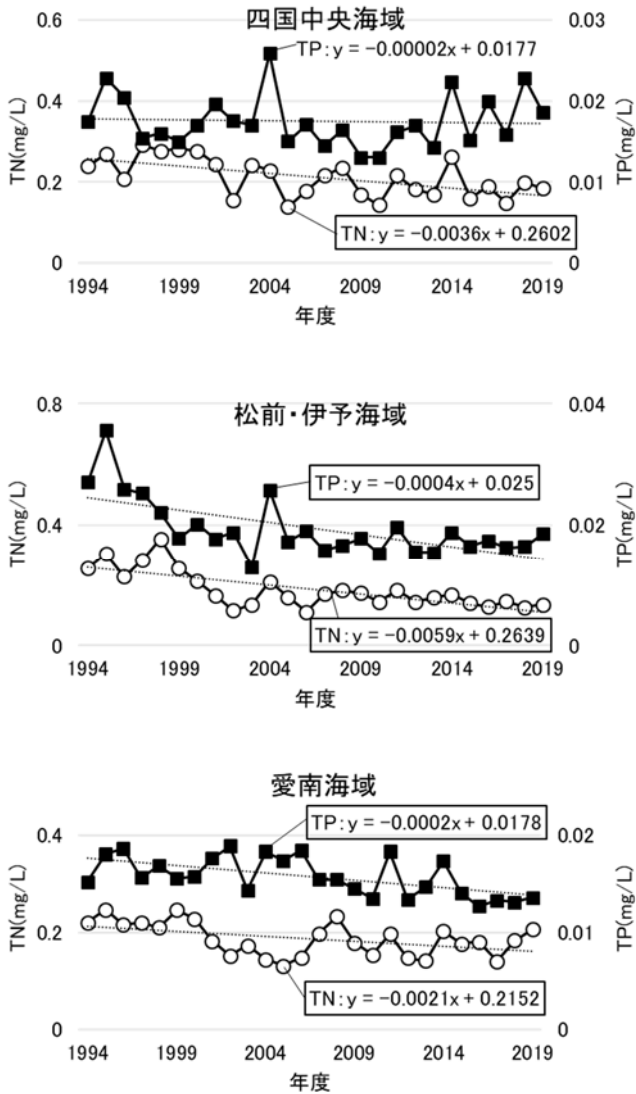


図6 各海域のTNとTPの推移

2 肱川水系の長期変化傾向

(1) 気温及び水温

気温については、有意な上昇傾向が認められ、水温についても、有意な上昇傾向が認められた(図7)。

また、水温と気温の関係を見ると(図8)、気温と水温の間に有意な正の相関が認められ($p < 0.05$)、解析期間の前期(1984~1995)のデータ()は概ね「低水温で低気温」に集中しており、解析期間の中期(1996~2007)と後期(2007~2019)は概ね「高水温で高気温」の領域に分布していた。

これらのことから、今回解析した範囲においては、気温の上昇が水温の上昇に關係していることが示唆された。

河川の年平均水温の上昇は主に低水温域の水温上昇によるものとされており⁶⁾、今後は夏季・冬季それぞれの水温上昇に着目した調査・解析が必要であると考えられる。

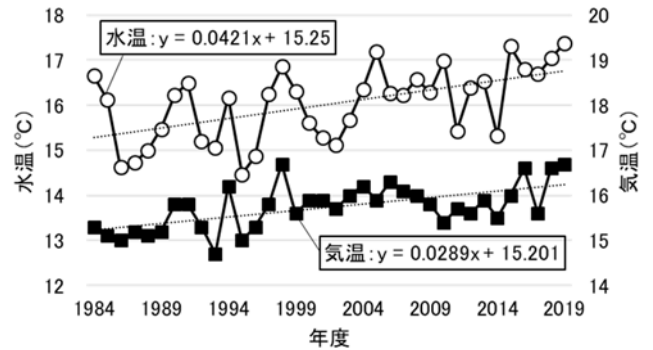


図7 肱川水系の気温と水温の推移

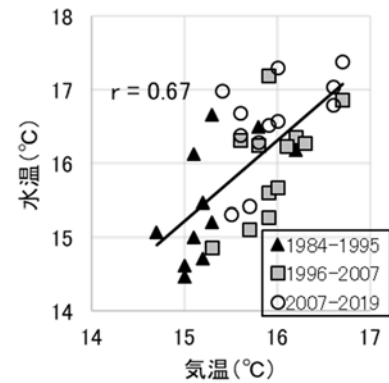


図8 肱川水系の気温と水温の関係

(2) pH

pHについては、有意な上昇傾向にあった(図9)。水温も上昇傾向にあったことから、水温と pH の関係を解析したところ(図10)、有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$)。

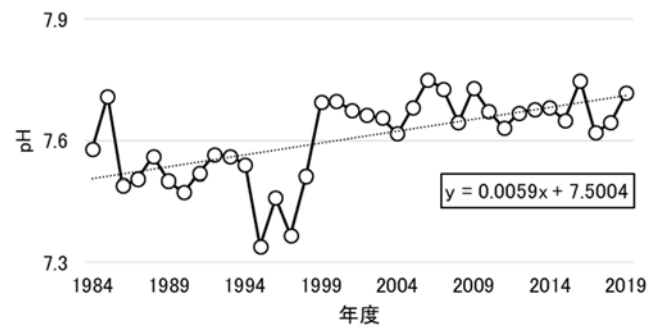


図9 肱川水系のpHの推移

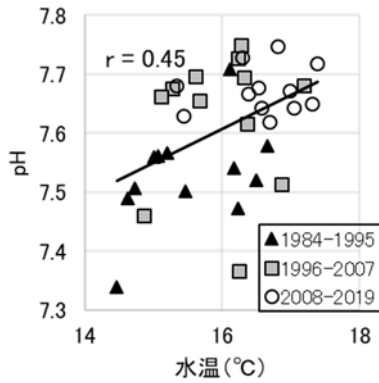


図10 肱川水系の水温とpHの関係

河川における pH 上昇は、河川水温の上昇に伴う藻類の光合成の活性化等も要因と考えられたが⁶⁾、長期的変化の要因を明らかにするためには、さらなる調査・解析が必要である。

(3) DO及びBOD

DO については、有意な傾向は認められず、ほぼ横ばいで推移していた(図11)。

DO は有機汚濁負荷に左右されると考えられることから、BOD について解析したところ、DO と同様に有意な傾向は認められず、ほぼ横ばいで推移していた(図11)。

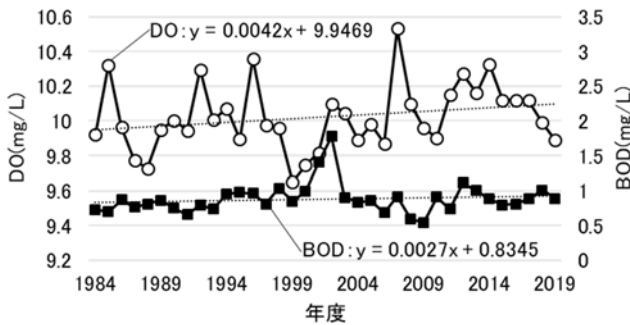


図11 肱川水系のDOとBODの推移

(4) TN及びTP

TNについては、有意な傾向が認められなかったが、TPには有意な上昇が認められた(図12)。

水温も上昇傾向にあったことから、TPと水温の関係を解析したところ(図13)、有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$)。

水深の浅い湖沼においては、水温の上昇によってTPが上昇することが確認されている⁷⁾。

今回のTP上昇にも水温上昇に伴う底泥からの溶出が考えられたが、河川は湖沼とは異なり常に動水状態にあ

ることから、長期的変化の要因を明らかにするためには、さらなる調査・解析が必要である。

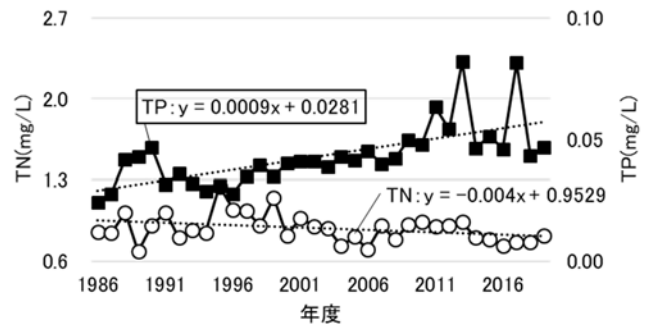


図12 肱川水系のTNとTPの推移

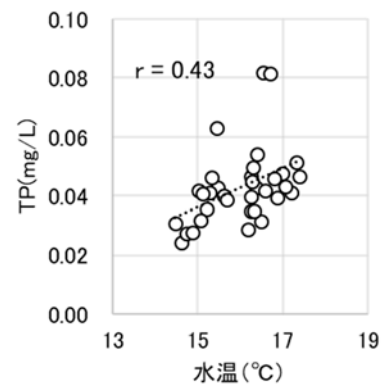


図13 肱川水系の水温とTPの関係

まとめ

1984年度から2019年度までの愛媛県の公共用水域水質測定結果について、気候変動により生じるとされている水温上昇や海域における貧酸素化及び酸性化について、長期変化傾向を解析し、次の知見を得た。

- 1 一部の海域及び河川における水温の上昇傾向と海域における酸性化の傾向が認められ、これらは気候変動による気温上昇が要因の一つと考えられた。
- 2 河川においては、pHの上昇傾向が認められ、河川水温の上昇が要因の一つと考えられた。
- 3 一方、貧酸素化の傾向は認められなかった。
- 4 公共用水域の水質は、水温上昇の他、有機汚濁負荷や藻類の繁殖状況、季節変動等の複合的な影響を受けることから、引き続き、解析対象地点や解析対象項目を追加する等して長期的傾向の把握に努める必要がある。

文献

- 1) 環境省:気候変動に関する政府間パネル第5次評価

- 報告書統合報告書, (2014)
- 2) 松山地方気象台:年平均気温,年間の猛暑日・真夏日・熱帯夜・冬日・無降水日の日数の長期的な変化
https://www.data.jma.go.jp/matsuyama/tokusei/kikouhendou/kikou_tempday.html
 - 3) 環境省:気候変動による水質等への影響解明調査, (2013)
 - 4) 気象庁:海洋内部の知識 貧酸素化
http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/mar_env/knowledge/deoxy/deoxygenation.html
 - 5) 文部科学省 気象庁:日本の気候変動2020, (2020)
 - 6) 鈴木穰:地球環境の変化が河川水質に与える影響の基礎的研究, (2007)
 - 7) 木賀田賢太:水温変化に伴う湖沼底泥からの栄養塩溶出特性に関する基礎的調査, (2009)

The environmental impact of climate change on public water quality in Ehime

Seiya INOUE, Masanobu YAMAUCHI, Hideaki YOKOMIZO, Hideaki YOKOYAMA,
Yoshiko IZUMI, Chiaki NINOMIYA

Climate change is affecting a wide range of areas, including prefectural life and local industry in Ehime Prefecture. Therefore, the countermeasure is a urgent issue.

In the field of water environment, there are concerns about increased water temperatures, further acidification, and oxygen decline, due to climate change. Therefore, we analyzed the long-term trends of water quality changes in public water bodies from 1984 to 2019 in order to use them as basic data for climate change countermeasures in Ehime Prefecture.

As a result, an increasing tendency of water temperature and an ocean acidification tendency were observed in some sea area and rivers. It was considered that these were partly due to the increase in temperature. On the other hand, there was no tendency for oxygen decline in sea areas and rivers.

The water quality of public water bodies is affected not only by the increase water temperature, but also by the combined effects of organic pollution load, algae breeding conditions, and seasonal fluctuations. Therefore, it is necessary to try to grasp the long-term change tendency by adding the analysis target points and items.