

スジアオノリ養殖漁場の水質環境について

環境増養殖担当 池脇 義弘

Key word; スジアオノリ、吉野川、感潮域、水温、塩分、DIN

はじめに

吉野川の下流、河口周辺に徳島県の特産物の一つであるスジアオノリの養殖漁場があります(図1)。これらの漁場は、淡水と海水が混じり合う”感潮域”に形成され、性質の異なる水の混合により独特の水質環境が見られます。

以下の文章では、”海水以外の水”を次のように定義して表現することにします。

河川水：川に流れている水

淡水：全く海水の影響を受けていない河川水

陸水：あまり馴染みがない言葉かもしれませんが、海水以外の水の総称です。

スジアオノリ漁場に影響を与える可能性のある”海水以外の水”としては、淡水のほかに流域周辺から流入する雨水や地下水(伏流水)が考えられます。

表1に、淡水や陸水と海水に見られる特徴をごく簡単にまとめました。

スジアオノリ養殖は、水質環境条件の中でも、水温、塩分、そして植物の生長に欠かせない栄養塩(特に硝酸イオンなど無機態の窒素-”DIN”)に強く影響されます。

徳島県水産研究課は、スジアオノリの養殖漁期(10月から翌年3月まで)の期間、図1に示した地点(●印)において週1回の間隔で、これらの水質環境の観測を行ない、県のホームページで公表しています(「藻類養殖漁場栄養塩調査」)。また、図1の★印の地点に自動水温観測ブイ(写真1)を浮かべ、水深0.5mの水温を1時間おきに観測し、リアルタイムでインターネットに配信しております(<https://tokusuiken.jp/>)。

今回は、スジアオノリ養殖漁場で観測した、水温、塩分、DIN濃度の変動から、スジアオノリ養殖漁期の水質環境に見られる特徴について考えてみます。

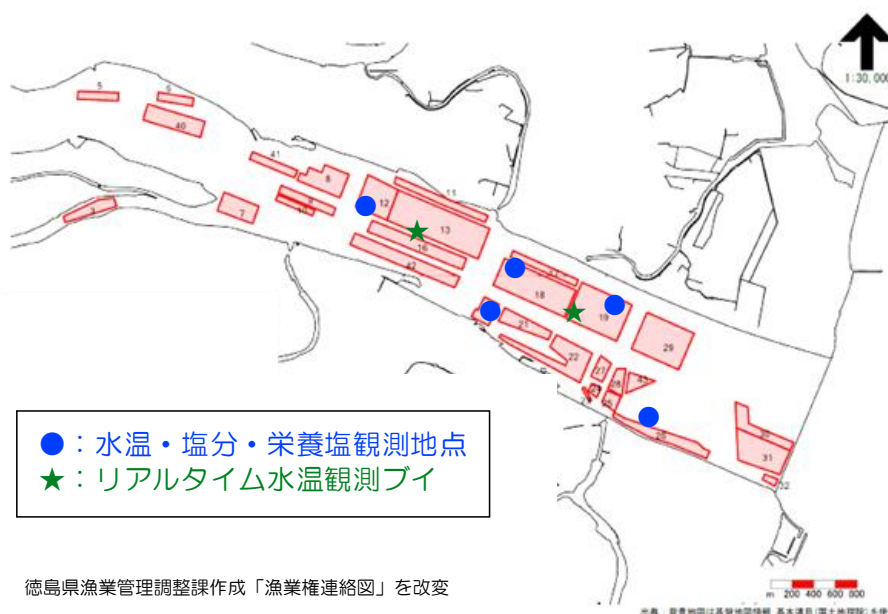


図1. 吉野川下流、観潮域のスジアオノリ漁場の位置(赤色の網掛けの区域)と水質情報の観測地点

表 1. スジアオノリ養殖漁期に淡水・陸水と海水に見られる水質環境の特徴

| | 淡水・陸水 | 海水 |
|-----|-------|-----|
| 水温 | 低い | 高い |
| 塩分 | 無し | 高い |
| 栄養塩 | 豊富 | 少ない |

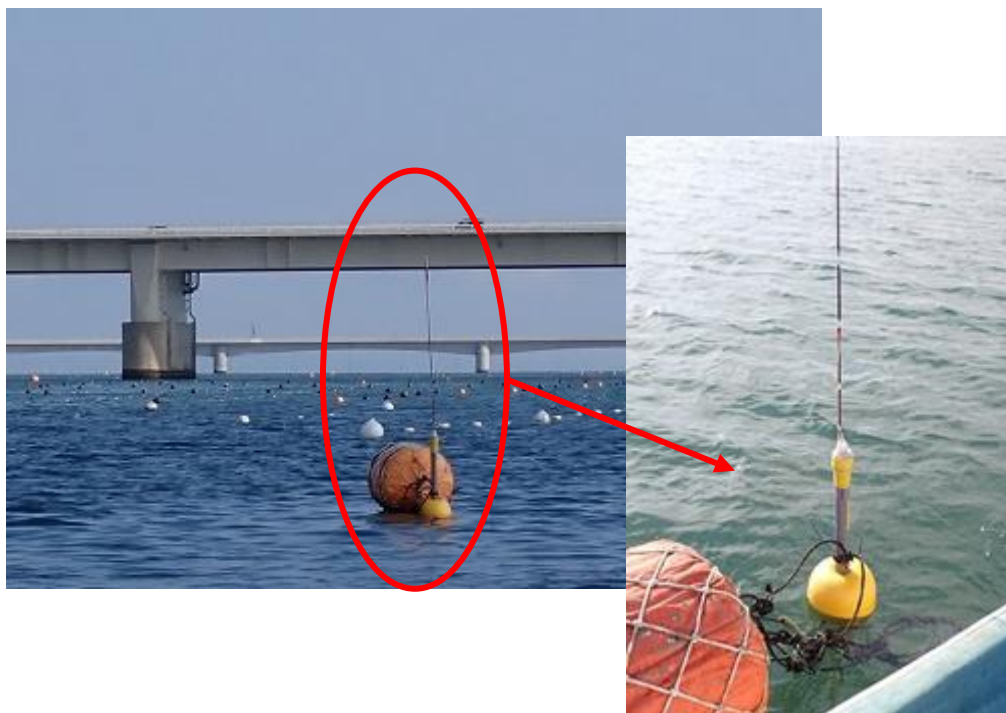


写真 1. 吉野川に設置した自動水温観測ブイ

短期的な水温変動の特徴とその要因

図 2 に自動水温観測ブイによる観測例として 2023 年 11 月 23～30 日の観測値の変動を示しました。

2 箇所の観測値は概ね似たような変動を示しています。1 日 2 回の水温上昇がみられますが、この上昇は、図 3（上図）に示した小松島港の潮位に見られる満潮時にほぼ一致しています。とくに大潮にあたる 11 月 26、27 日が顕著で、観測ブイの設置場所まで、河川水より暖かい海水が浸入していることが分かります。細かく見れば、大潮の時期は水温上昇のピークの後低下するタイミングが、上流のブイよりも下流のブイの方が遅く、（当然のことですが）下流の方が海水の影響を受ける時間が長いことが分かります。

また、図 3（下図）に、同じ期間の、徳島のアメダス観測値による気温の変動を示しましたが、このとき、寒波の襲来により 11 月 24 日午後から気温が急激に低下し、その後 3 日間ほど気温の低い状態が続きました。一方、水温は 11 月 23、24 日は 16～17℃で推移していたのが、24 日の後半から数時間で 2℃ほど低下し、以降おおよそ 14～15℃で推移しました。河川は海洋と比較するとエリアが狭いため、河川水は気象の影響による水温変動が比較的短時間に起こることが分かります。

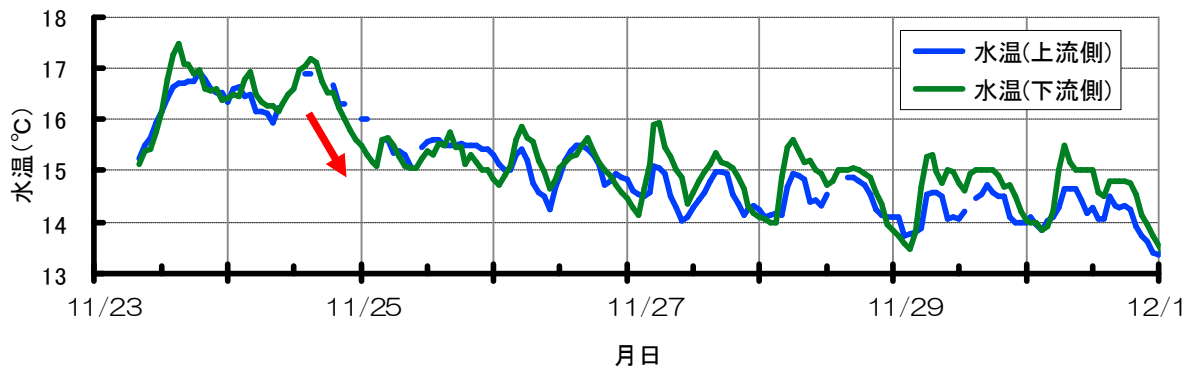


図 2. 2023/11/23~11/30 の自動水温観測ブイによる水温観測結果

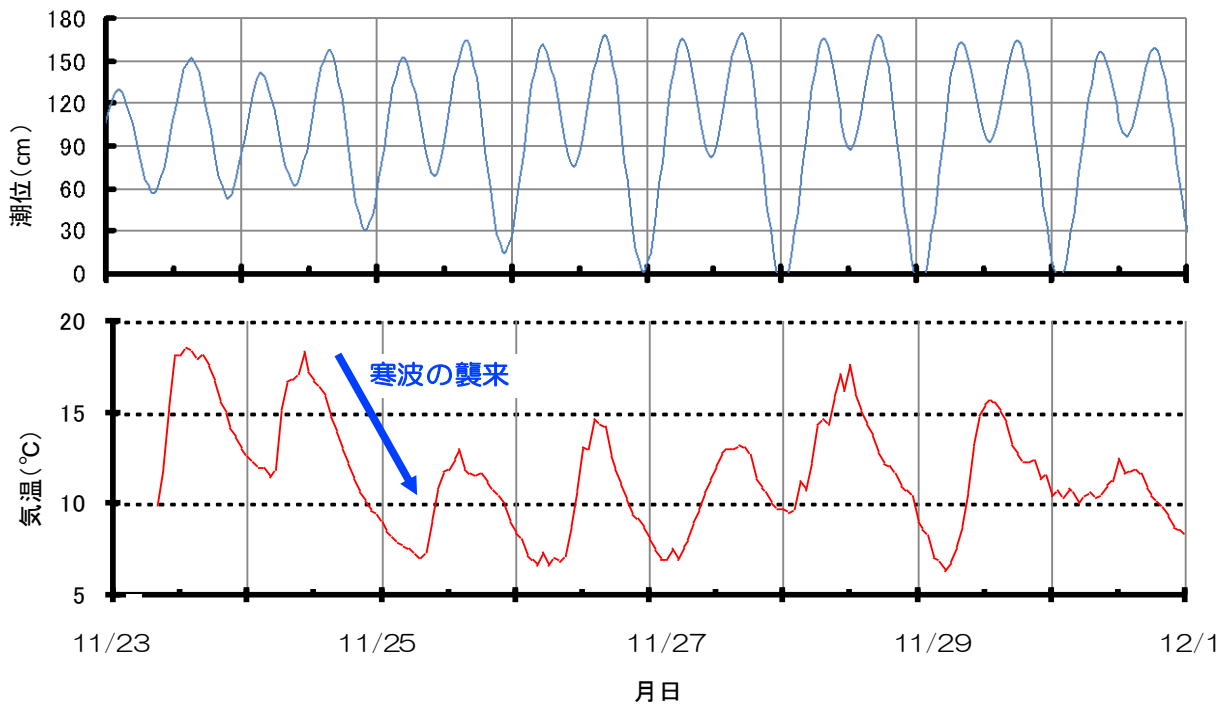


図 3. 2023/11/23~11//30 の小松島港の潮位変化. 上図: 気象庁が公表している満潮・干潮の時刻及び潮位を用いて作図、下図: アメダス(観測地点: 徳島)で観測された気温の変化

塩分と DIN 濃度の関係 (陸水による DIN の供給が減少?)

図 4 に、「藻類養殖漁場栄養塩調査」の観測結果のうち塩分と DIN 濃度の関係を示しました。吉野川における調査は 2008 年漁期から始めましたが、図 4 では、最も古いデータ、新しいデータそしてその中間の時期のデータとして、2008~2009 年漁期、2021~2022 年漁期そして 2014~2015 年漁期 の観測値をまとめてそれぞれのグラフに示しました。

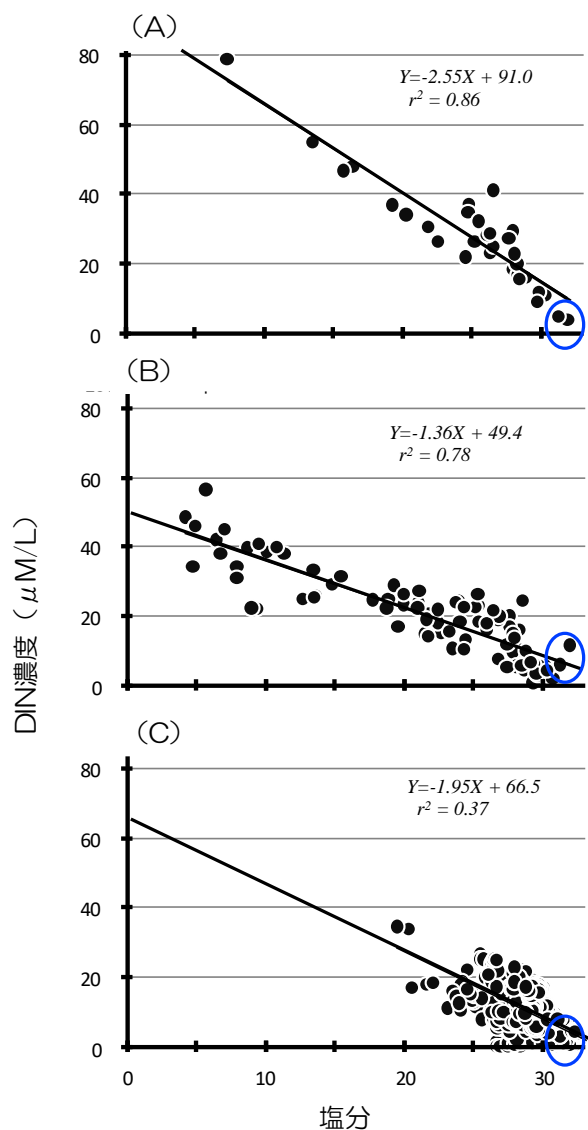


図 4. スジアオノリ養殖漁場で観測された塩分と DIN の関係.

(A):2008～2009 年漁期、(B):2014～2015 年漁期、(C):2021～2022 年漁期

※図中の直線は、両者の一次回帰式

表 1 に示した、淡水は塩分が 0 で栄養塩が豊富、海水は塩分があり栄養塩は少ないという特徴からわかるように、この 2 つの水が混じり合う感潮域では、塩分と DIN には負の相関関係（塩分が高いほど DIN が低い）が見られます。

各グラフには、両者の相関関係を示す一次回帰式を表示しましたが、この回帰式の塩分濃度 32～33 付近の DIN の値（図の青い丸で囲んだ部分）は、吉野川河口に隣接する海域の塩分濃度がおおよそ 32～33 であることから、吉野川河口周辺海域の DIN 濃度を概ね示していると考えられます。一方で、一次回帰式が Y 軸に接するときの値（一次回帰式を $Y = aX + b$: X は塩分、Y は DIN 濃度としたときの b に相当）は、この式が示す塩分が 0 のときの「DIN 濃度の理論値」です。この値は、「その漁期にスジアオノリ養殖漁場に流入した”陸水の平均的 DIN 濃度”」とみなすことができます。ここで、図 4 の 3 つのグラフの一次回帰式の” b ”の値を見ると、2008～2009 年漁期が 91.0 $\mu\text{M/L}$ であったのに対して、2014～2015 年漁期は 49.4 $\mu\text{M/L}$ と半分の値になっています。また、2021～2022 年漁期は塩分があまり下がらず値としての信頼度は低いですが、やはり 66.5 $\mu\text{M/L}$ と 2008～2009 年漁期に比べて値が低くなっています。スジアオノリ漁場の栄養塩は、その殆どが吉野川の上流（そして周囲の陸地から）流入する陸水によって供給される

と考えられます。したがって、図4は、近年、陸水の栄養塩濃度が低下し、スジアオノリ漁場への栄養塩供給量が減少していることを示しているのかもしれませんが、このことについては、今後さらに詳しく分析してゆきたいと思っています。

水温情報から塩分・DIN濃度を推定できる？

水温、塩分、DIN濃度のうち最も簡単に測定できるのは水温です。温度計があればその場ですぐ測定できます。塩分の測定は少し”敷居が高い”です。例えば、水温観測ブイに搭載されている温度センサーは千円未満のもので十分ですが、塩分計は最低数万円する上センサーが汚れると値がおかしくなるので定期的にメンテナンスする必要があります。DINの測定に至ってはさらに高額な観測器や分析装置が必要になります。

そこで、手軽に測れる水温から、塩分やDIN濃度が推定できないか検証してみます。

ここでは、表1に示した、淡水と海水の性質の違いを活用します。最近のデータのうち2021、2022年漁期は雨が少なく塩分濃度が低くならなかった(図4C)ので、今回はその前年2020年漁期のデータを用い、水温と塩分やDIN濃度との関係について見てみました。図5に各調査日の結果を月別にまとめて示しました。各グラフの横軸は水温で、縦軸は左のグラフが塩分、右のグラフがDIN濃度になっています。

最初の調査日2020/10/13には、数日前の豪雨で塩分がほぼ0と他の調査日と異なる結果となっており、DIN濃度も50 $\mu\text{M/L}$ 以上と最も高くなっています。それ以外の10月の調査日では、水温と塩分の関係は右肩上がりの直線上に並び、水温が高いほど塩分濃度が高い、すなわち暖かい海水の影響が強いほど水温が高くなるという関係が明瞭に見られました。一方、水温とDIN濃度との関係は逆に右肩下がり直線上に並び、水温が高いほどDIN濃度は低くなる傾向が見られました。これは、前述のように淡水に比べて海水のDINが少ないためです。

11月も10月と同様の関係がみられましたが、水温とDIN濃度との関係では、11/10以外の調査日では、右肩下がり”線の傾き”が急で、1~2°Cの水温の違いでDIN濃度が大きく異なっていました。

12月は、塩分があまり下がらず、水温と塩分との関係は不明瞭でした。一方、水温とDIN濃度との関係は、各調査日で値が右肩下がりになり並び、この月が最もその傾向が顕著に見られました。

1、2月は、1/26を除いて、塩分に顕著な低下は見られませんでした。また、これらの月では12月のような明瞭な水温とDIN濃度との関係は見られませんでした。

以上のように、全ての場合に当てはまるような一貫した傾向は見られませんでした。 「次のような場合がある」ことが明らかになりました。

スジアオノリ漁場で、同じ日に水温を測定した場合、

①水温が高い所ほど塩分が高い

②逆に、水温が低い所ほどDIN濃度が高い。

塩分やDIN濃度の実際の値までは分からないものの、高いか低いという”傾向”は類推可能な場合がありそうです。また、”所”といたしましたが、自動観測ブイなどにより同じ場所で連続して水温を測定した場合、図2に示したような潮汐に対応した水温変動が見られるなら、”所”を”時刻”に言い換えることもできるのではと考えています。ただし、どのような場合にこのような推定方法が通用するのかについては、今回の2020年漁期だけの分析では分かりませんでした。今後、他の漁期も含め、また、海水温や気温、潮汐などの影響も考慮して分析し、もう少し”ましな”推定方法を見つけられることができればと考えています。

なんといっても、水温は、自動観測ブイを使えば、手軽に、遠隔からでも、リアルタイムで観測できる唯一の”水質情報”なので、できるだけ有効に活用したいと思っています。

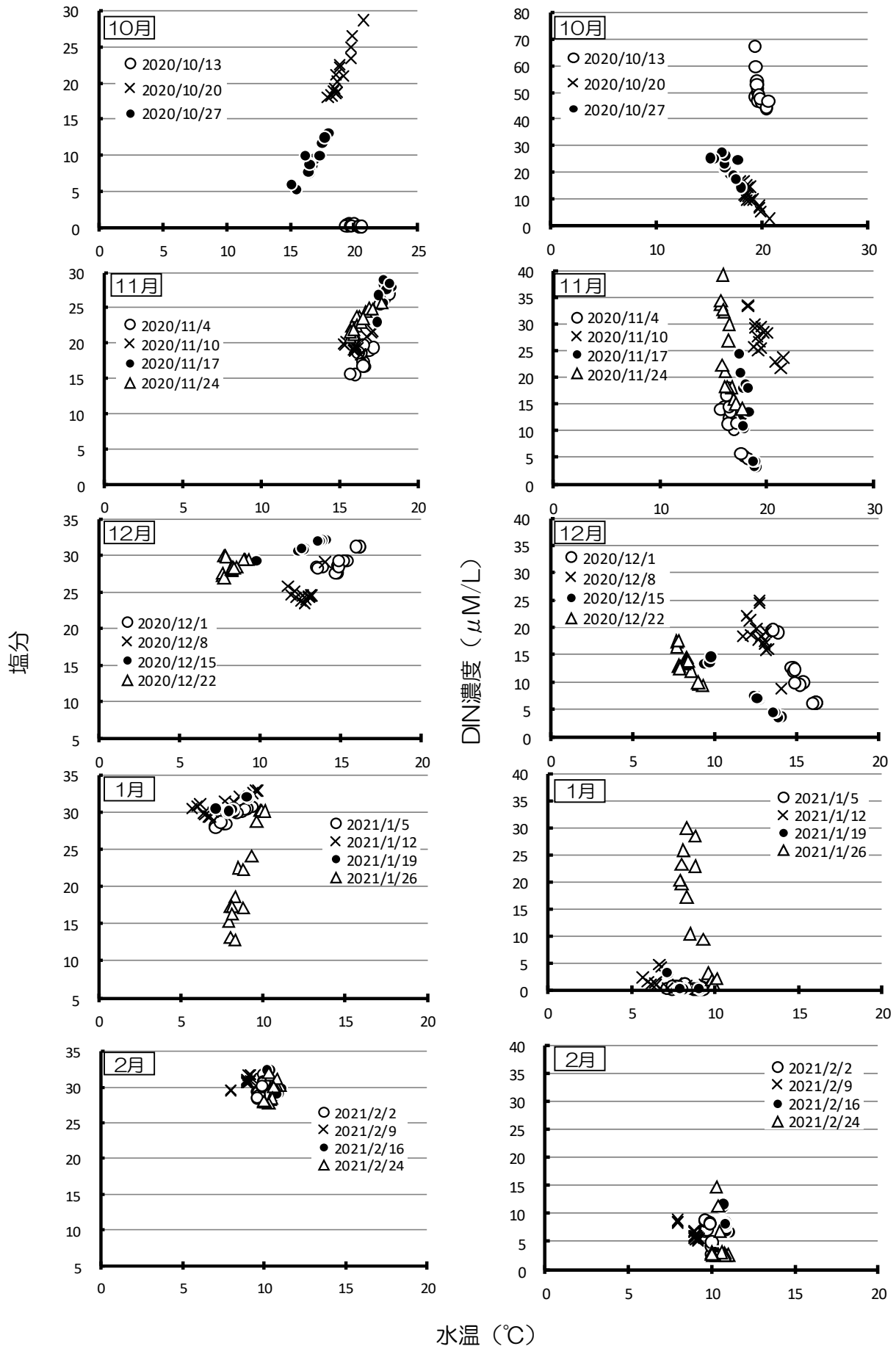


図 5. 2020 年漁期の各調査日の水温と塩分の関係(左図)と水温と DIN 濃度との関係(右図). グラフは月別に作成した

参考資料

気象庁のホームページから

「海洋の健康診断表」小松島の潮位.

(<https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/suisan.php?stn=KM>)

「過去の気象データ検索」アメダス（観測地点：徳島）の観測値

(<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>)

徳島県水質情報配信システム (<https://tokusuiken.jp/>)