

2017 年度にみられたケイ藻プランクトン大増殖による藻類 養殖海域の栄養塩の低下について

環境増養殖担当 池脇義弘

Key word; ケイ藻プランクトン, *Coscinodiscus wailesii*, *Eucampia zodiacus*, 栄養塩, 藻類
養殖, 色落ち

以前, 2017 年(平成 29 年)1 月に発行された徳島水研だより第 100 号に, 「徳島県沿岸の栄養塩濃度の低下について」と題して, 徳島県沿岸で近年問題になっている栄養塩濃度の低下について記しました。栄養塩とは, 海水中の無機態のチッ素やリン酸のことをいい, 海の植物, すなわち海藻や植物プランクトンの生長や増殖に必要な栄養源となります。栄養塩の低下が問題となるのは, ある一定レベル以上に栄養塩のひとつである溶存態無機窒素(以下 DIN といいます)が減少するとノリやワカメなど養殖藻類の色調が低下しその商品価値を損なう, いわゆる“色落ち”が発生するためです。

水研だより第 100 号の記事では, 図 1 に示したように, 20~30 年という長い期間をかけて DIN が次第に減少していった現象を取り上げ, その要因, 今後必要な取り組み等について述べました。この長期的な減少傾向には, かつて高度成長時代に工場排水等で“汚染”され, 栄養塩が過剰すなわち富栄養化した海を元の“きれいな海”に戻すために, 工場排水や家庭排水の環境基準の強化が継続的になされたことなど, 主に“人為的”要因が関わっていると言われています。

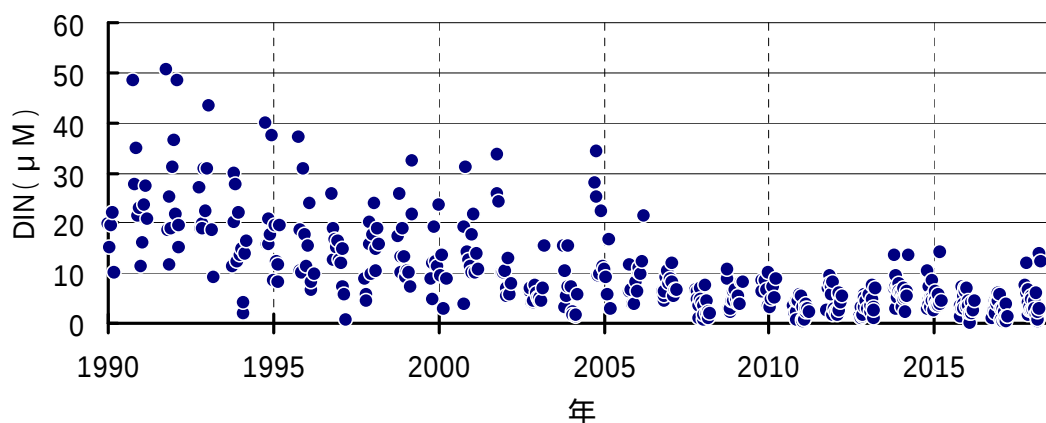


図 1. 吉野川河口周辺の DIN 濃度の変動

一方で, 主に“自然”要因で引き起こされる, 短期的な栄養塩の変動もあります。

例えば, 栄養塩が少ない外洋水の流入による低下, 大雨により栄養塩が豊富な河川水が沿岸域に流れ込むことによる増加など, 海象・気象現象に起因するもののほか, ケイ藻など植物プランクトンの大増殖による低下といった生物的要因で引き起こされるものもあります。

今回はこの, ケイ藻の増殖による栄養塩の低下についてお話しします。

1．栄養塩低下の原因藻

先に述べたように，栄養塩は海の植物，すなわち海藻や植物プランクトンの生長や増殖に必要な栄養源であり，ノリやワカメなど養殖藻類とケイ藻など植物プランクトンは，栄養塩を“取り合う”競合関係にあります。栄養塩の低下が問題となるのは，藻類養殖時期である晩秋から冬季が中心になりますが，この時期に，ケイ藻が大増殖し，藻類養殖漁場周辺の栄養塩をことごとく消費してしまったら，“色落ち”という問題が発生します。

徳島県沿岸も含まれる瀬戸内海東部海域で色落ちの原因藻として最も問題視されているのは，*Coscinodiscus wailesii* と *Eucampia zodiacus* の2種のケイ藻です（西川 2007，渡邊 2009，酒井・上田 2012）。

C. wailesii（以下，ワイレシー）は，直径0.16～0.35mmの円柱状をした大型種（写真1），*E. zodiacus*（以下，ユーカンピア）は，細胞の幅0.01～0.10mmで円形に長くつながった群体を形成します（写真2）。ともに，晩秋から冬季に大増殖することがあるため，色落ちを引き起こす原因プランクトンとして要注意です。

2017年度（平成29年度）のノリ・ワカメの養殖漁期には，徳島県沿岸でこの2種がともに大増殖し海域の栄養塩濃度に少なからぬ影響を与えました。

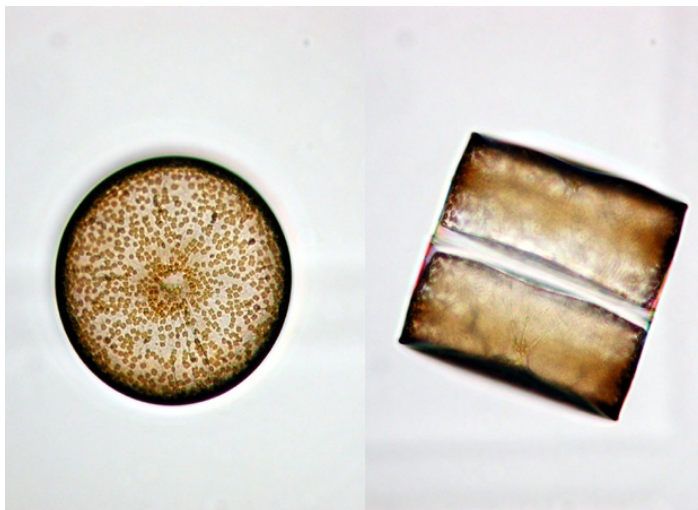


写真1. *Coscinodiscus wailesii*



写真2. *Eucampia zodiacus*

2．2017年の藻類養殖時期の栄養塩の動向

徳島県をはじめ瀬戸内海で養殖藻類の色落ちの原因となるのは栄養塩のうちのDINです。図2は，2017年10月から翌年3月にかけての徳島県沿岸の藻類養殖漁場におけるDIN濃度の変動です。この値は，藻類養殖時期（10月中旬から翌年3月末）まで，週一回の間隔で実施している藻類養殖漁場栄養塩調査結果を元としています。この調査の調査地点を図3に示したようにいくつかの海域に分けて平均値を求めました。

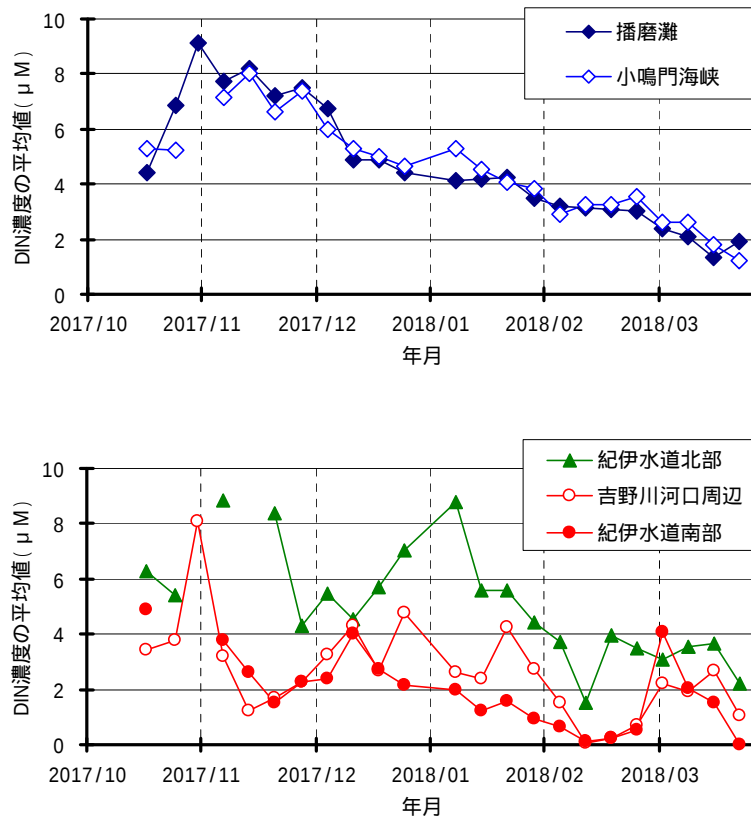


図2. 2017年度漁期の藻類養殖漁場におけるDIN濃度の変動。

値は、図3.に示した地区ごとに平均した。また、局所的な河川水の影響を除去するため、塩分濃度が30psu未満の地点は計算から除外した。
上図：播磨灘と小鳴門海峡，下図：紀伊水道北部以南

図2をみると、10月下旬から11月上旬にかけては、徳島県沿岸のDIN濃度は、昨年やここ数年の平均と比べて高いことがわかります。これは、2017年10月下旬に四国に接近した2つの台風（台風21号と22号）がもたらした、四国での大雨の影響によるものです。

ここ2、3年は、藻類養殖が始まる時期の栄養塩はさほど高くなかったもので、その時点では、「2017年度漁期の藻類養殖は栄養塩不足に悩まされることはないかもしれない」と期待していました。

しかし、11月中旬以降のDIN濃度の変動を見ると、徳島県北部沿岸（播磨灘と小鳴門海峡）では、ゆるやかに下降しているのに対して、徳島県中南部沿岸（吉野川河口周辺と紀伊水道南部）では、11月中に急減しています。

この違いの原因はいったい何だった

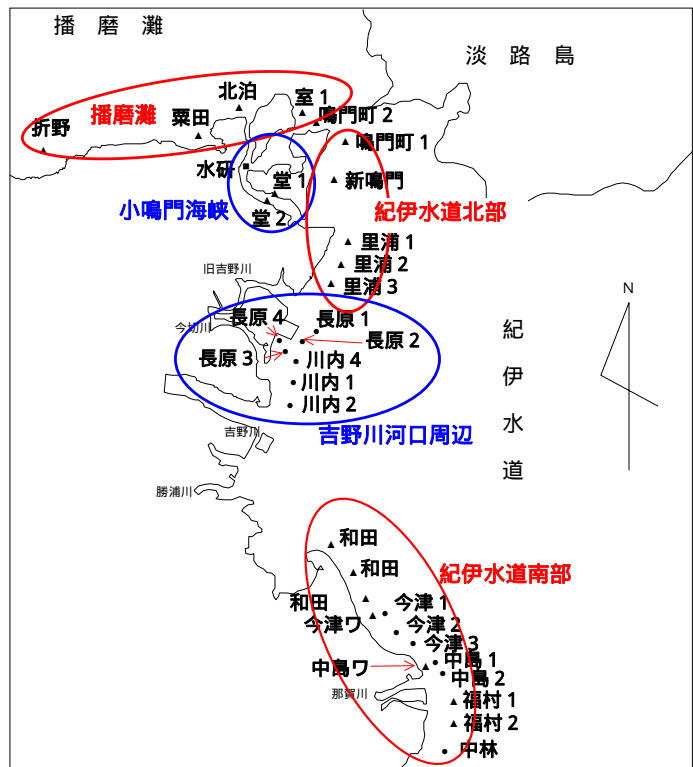


図3. 藻類養殖漁場の調査海域区分

のでしょうか。それは、ワイレシーの大量増殖ではないかと考えています。

3 . *C. wailesii* の大量増殖

藻類養殖漁場栄養塩調査では、各種栄養塩の濃度のほか、色落ちの原因となるケイ藻の個体数も調べています。図4に各調査海域のワイレシーの平均密度の変動を示しました。図4をみると、播磨灘や紀伊水道北部では、ワイレシーはほとんどみられなかったのに対して、吉野川河口周辺と紀伊水道南部では、11月にワイレシーが大量増殖しています。これは、吉野川河口周辺や紀伊水道南部のDIN濃度急減の時期とぴたりと一致します（図2.下図）。一方で、ワイレシーがほとんどいなかった徳島県北部沿岸では、この時期に栄養塩はごく緩やかに減少しているだけです。

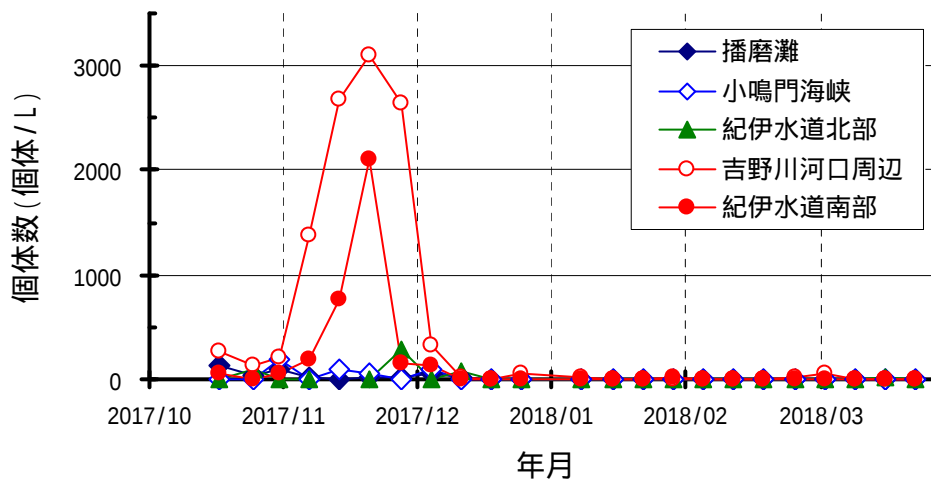


図4. *C. wailesii* の分布密度の変動

吉野川河口周辺から紀伊水道南部で、およそ半月で一気に増殖したワイレシーは、11月下旬にわずか1週間で激減しています（図4）。このような個体数変動は、ワイレシーによく見られる特徴的なものと考えられます。このときの、海域のDIN濃度は平均 $2\mu\text{M}$ まで下がっています（図2）。ワイレシーは、ケイ藻プランクトンの中でも飛び抜けて大型で、海域の栄養塩を消費する量も極めて高いのですが、海域の栄養塩濃度が低下すると他の植物プランクトンとの競合に負けるなどして、大量増殖の終息が早いのが特徴といわれています（西川・堀 2004）。2017年12月になるとワイレシーはほとんど見られなくなり、結局、海域のDINは平均 $2\mu\text{M}$ よりも低下することなく逆に $4\mu\text{M}$ 程度まで回復し、DINが“枯渇”することはありませんでした。

4 . *E. zodiacus* の大量増殖

ユーカンピアは、徳島県沿岸では1月から3月頃に大量増殖することが多いケイ藻プランクトンです。2017年10月～2018年2月のユーカンピアの個体数変動を図5に示しました。図4に示したワイレシーの個体数の変化と比べると、増殖した海域は吉野川河口周辺から紀伊水道南部と同じですが、大量増殖の時期がずれていることが分かります。図5をよく見ると、海域によっても個体数が急増する時期が異なり、紀伊水道南部では1月中下旬、吉野川河口周辺では1月下旬から2月上旬にかけて、紀伊水道北部では2月中旬と、大量増殖する海域が、紀伊水道の南部から北の方向に広がっていったように見えます。

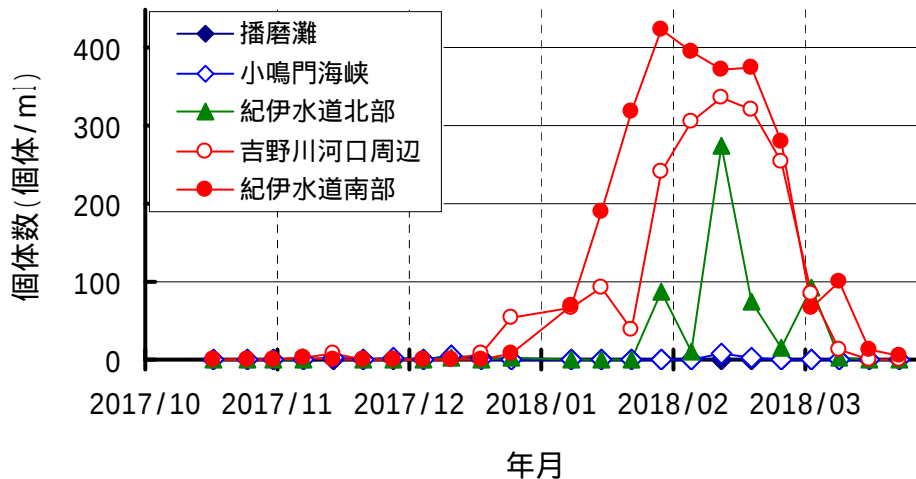


図5. *E. zodiacus* の分布密度の変動

各海域のユーカンピアが増殖した時期（図5）とそのときのDIN濃度（図2）を比較すると、ワイレシーの大増殖の時とは異なり、ユーカンピアが大増殖する1ヶ月程前からDIN濃度は低下し始めていることが分かります。これは、徳島県の気候と関係が深く、冬季は通常雨量が少ないため、陸域からの栄養塩の供給量が少なくなり、植物プランクトンが大量発生しなくても栄養塩は次第に減少する傾向があります。今回の調査期間を通じて植物プランクトンが非常に少なかった播磨灘の栄養塩濃度の変化を見ると、冬季に栄養塩が次第に減少しており、この“基本的”な傾向がよくわかります（図2.上図）。

ユーカンピアの密度が最も高かった紀伊水道南部について、ユーカンピアの密度とDIN濃度の変化を見てみると、冬季のDIN濃度の低下傾向の中、ユーカンピアの大増殖の時期に、平均 $2\mu\text{M}$ になったDINがさらに低下しほぼゼロになっていることが分かります（図2.下図）。

ユーカンピアは、栄養塩濃度が非常に低い状態でも海域の栄養塩を取り込んで増殖し、栄養塩をほぼ枯渇させることができます。紀伊水道南部のDIN濃度の変動は、このようなユーカンピアにより海域のDINが「吸い尽くされた」状態をよくあらわしています。

5. 発生・非発生の謎

ここ2, 3年ユーカンピアは毎年、紀伊水道南部を中心に1月～3月頃に大発生して海域のDINを低下させ、ノリやワカメの色落ちを発生させました。一方、徳島県沿岸でワイレシーは、2011年度（平成23年度）から2016年度（平成28年度）漁期の間はほとんど発生していなかったにもかかわらず、2017年度漁期に突然大発生しました（ユーカンピアは、2011年度以降は2012年度（平成24年度）と2014年度（平成26年度）以外の年度はすべて大発生しています）。2017年度漁期のワイレシーの発生密度は、記録が残っている2004年度（平成16年度）以降でもっとも高い値でした。ワイレシーが、なぜ今年度に突然大増殖したのか、その原因は特定できていません。大増殖直前の10月下旬は、台風による大雨で、DIN濃度は高かったのですが、似たような傾向はワイレシーの大増殖がなかった年にも見られます（例えば、2013（平成25）年度が該当します。）。また、今年度についても、同じように10月下旬にDIN濃度が高かった紀伊水道北部で（吉野川河口周辺海域と隣接しているにもかかわらず）ワイレシーが増殖しなかった原因はわかりませんでした。

また、播磨灘から小鳴門海峡にかけての海域では、ワイレシーだけでなくユーカンピアも、増殖しませんでした。これらの海域と、ユーカンピアが大増殖した紀伊水道とは、”

灘”が違うとはいえ，両海域に，植物プランクトンの増殖に影響しそうな条件（例えば，水温，塩分，その他の植物プランクトンの分布量，増殖時期直前のDIN濃度など）に大きな差異はみられませんでした。

プランクトンの分布量は，増殖したかどうかだけでなく，隣接海域からの流入や海域外への移出などの影響を受けます。これらの問題は，徳島県海域だけでなく，隣接した海域の情報とあわせて今後検討してゆく必要があります。

6. さいごに

2017年漁期は，2個の台風でせっかく漁期初めの栄養塩濃度が高くなったにもかかわらず，ワイレシーとユーカンピアの2種のケイ藻，そして冬季の少雨が，意図せぬ“連係ブレイ”によって栄養塩を枯渇させた年と言えます。もちろん，水研だより第100号の記事で述べた栄養塩の長期的な減少傾向が，今回の栄養塩の枯渇の根本にあります。まず，この状態をなんとか改善する方策を検討することが重要でしょう。

文 献

池脇義弘(2017)徳島県沿岸の栄養塩の低下について．徳島水研だより，**100**，1-8.

西川哲也(2007)珪藻赤潮の発生とノリ養殖への色落ち被害．海洋と生物，**172**，405-410.

渡邊康憲(2009)ノリ養殖と珪藻赤潮・栄養塩．海洋と生物，**181**，112-117.

酒井基介・上田幸男(2012)徳島県沿岸の藻類養殖漁場における計雄増殖が DIN 濃度減少に及ぼす栄養．徳島水研報，**8**,1-6.

西川哲也・堀 豊(2004)ノリの色落ち原因藻 *Coscinodiscus wailesii* の増殖に及ぼす窒素，リンおよび珪素の影響．日水誌，**70**，872-878.