

【短報】

## 徳島県沿岸海域に生息する植物プランクトンと水質の関連性について

### (第2報)

徳島県立保健製薬環境センター

上岡 新

Relationship between Phytoplankton and Water Quality in Tokushima Coastal Waters(II)

Shin UEOKA

Tokushima Prefectural Public Health, Pharmaceutical and Environmental Sciences Center

#### 要 旨

環境省による広域総合水質調査の測定データを用いて、1982年から2001年までの徳島県沿岸海域に生息する植物プランクトンの種類と、その経年変化を解析した。また、植物プランクトンに関連する水質項目（水温、塩分、化学的酸素要求量（以下「COD」という。）、全窒素（以下「TN」という。）、全りん（以下「TP」という。）、クロロフィルa（以下「Chl a」という。）等）との関連性を検討した。その結果、植物プランクトン個体数は夏季に増加し、冬季に減少する傾向が見られた。優占種の出現比率は主に珪藻類が高かったが、地点間で渦鞭毛藻類やその他鞭毛藻類の出現比率に差が見られた。個体数と水質項目の間では塩分のみ非常に弱い相関があり、その他の項目では見られなかった。優占種別に見ても、水質との項目との関連性は見られなかった。

Key words : 植物プランクトン phytoplankton, 優占種 dominant species

#### I はじめに

海の生態系においては、栄養塩類を取り込んだ植物プランクトンが増殖し、それをより高次の生物が捕食することで食物連鎖が成り立っている。このように植物プランクトンは栄養塩類を生態系へとつなげる重要な役割を担い、生態系の基礎を支えている。また、植物プランクトンの富栄養階級表<sup>1)</sup>により海域の富栄養度を評価できるなど、環境指標としての側面も持つ。これらのことから、海域における植物プランクトンの情報は非常に重要な意味を持つ。

当センターでは過去に植物プランクトンに関する調査研究を実施していた<sup>2,4)</sup>が、相当の期間が経過しており、直近の情報が少ない。そこで前報<sup>5)</sup>では、公開されている2002年

度から2021年度までの広域総合水質調査の測定データを用いて、徳島県沿岸海域に生息する植物プランクトンの種類と経年変化、及び関連する水質項目との関連性を検討した。これに続く本報告では、更に過去の測定データを用いて同様の検討を行ったので、その結果について報告する。

#### II 方法

環境省水環境総合情報サイト<sup>6)</sup>より、広域総合水質測定データ（プランクトン）及び同データ（水質）を入手した。プランクトンについては表層0.5mの植物プランクトン優占種及び個体数（/m<sup>3</sup>）を、水質については同表層における水温、pH、溶存酸素量（以下「DO」という。）、塩分、COD、亜

硝酸態窒素（以下「NO<sub>2</sub>-N」という.）、硝酸態窒素（以下「NO<sub>3</sub>-N」という.）、アンモニア態窒素（以下「NH<sub>4</sub>-N」という.）、りん酸態りん（以下「PO<sub>4</sub>-P」という.）、TN、TP 及び Chl a の各濃度を入手した。また、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N 及び NH<sub>4</sub>-N の合計値から溶存態無機窒素（以下「DIN」という.）濃度を算出した。なお、広域総合水質調査は年 4 回（春夏秋冬）実施の調査であり、各年度 4 回分の測定データが存在する。

解析対象年度は、「JODC 海洋生物コード（旧）（以下、プランクトンコード（旧）という.）」が適用された 1982 年度から 2001 年度までとし、データは年単位の整理とした。報告下限値未満の項目については、報告下限値として扱うこととした。解析対象地点は、徳島県沿岸海域におけるプランクトン測定地点である播磨灘の st-164 及び紀伊水道の st-110 とした（図 1）。1982 年度のみ紀伊水道 st-98 のデータも存在するが、他の年度では存在しないため解析の対象外とした。

プランクトンの調査手法について、2001 年度以前は 2002 年度以降と異なる点がいくつかあり、本報告ではプランクトンは細胞数（cells/mL）ではなく、個体数（/mL）での解析とした。また、調査対象プランクトンは植物のみではなく、動物と植物の両方であることから、動物プランクトンも一部解析の対象とした（ただし、種での解析は行わなかった）。

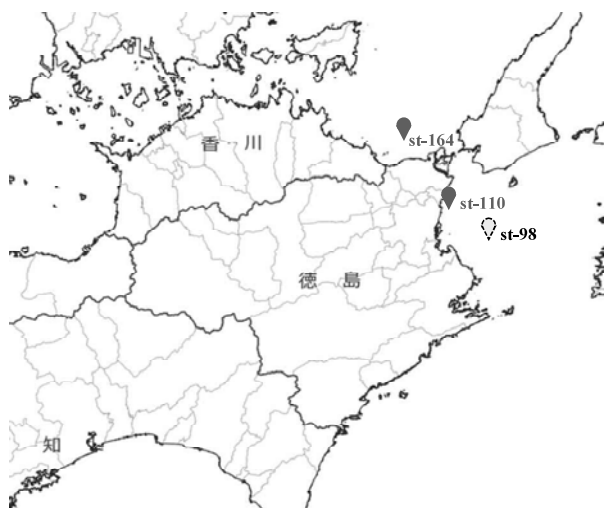


図 1 解析対象地点

提供元：国土地理院 電子地形図（基盤白地図）

### III 結果

#### 1 植物プランクトンの経年変化

##### (1) 個体数

植物プランクトン個体数（/mL）の経年変化を図 2 に示す。20 年間での個体数の変動は、両地点ともにほぼ横ばいであった。季節別で見ると、両地点とも夏季に個体数の増加が見られたが、st-110 は st-164 に比べて突出した部分が多く、増加

率が高い傾向にあった。また、1990 年から 1992 年にかけては、他の年と比較して個体数が極端に少ない（10<sup>4</sup>~10<sup>6</sup> 程度少ない）期間であったが、夏季に増加する傾向は同様であった。春季や秋季は、年によっては個体数の増加が見られたが、冬季は 20 年間を通じて最も個体数が減少する傾向であった。

##### (2) 優占種

植物プランクトン優占種の季節別経年変化を図 3 及び 4 に示す。st-164 では、春季は渦鞭毛藻類が多く出現する傾向にあり、ほとんどの年で珪藻類より出現比率が高いという特徴的な結果を示した。珪藻類は 5 年程度の周期で多く出現が見られた。夏季は珪藻類の出現比率が最も高く、1983 年を除く全ての年で 70~90%前後で推移していた。秋季は 1987 年までは渦鞭毛藻類が多く出現していたが、その後は珪藻類を主として、動物プランクトンを含め様々な優占種が出現していた。冬季は夏季と同じような傾向だったが、珪藻類以外の出現比率はやや高かった。

st-110 では、春季は他のプランクトンの出現比率が他の季節よりも高く、特に 1990 年は突出していた。夏季は主に珪藻類の出現比率が高い状態が継続していたが、1983 年や 2001 年などでは渦鞭毛藻類や他の鞭毛藻類、他のプランクトンの出現が多く見られた。秋季は 1984 年及び 1997 年に渦鞭毛藻類の、2000 年に他のプランクトンの出現比率が高く、珪藻類以外が多く出現した年がいくつか見られた。冬季は珪藻類がほとんどを占めており、出現比率が 80%を切ることなく安定していた。

なお、ラフィド藻類については、少なくともプランクトンコード（旧）に記載されている種属の出現は見られなかった。

また、1982 年から 2001 年までの 20 年間のうち、前半 1982~1991 年と後半 1992~2001 年に分け、それぞれ主に出現した種属を個体数順に表 1 に示す。両地点で出現する種属は類似しているものの、出現傾向はやや異なる点が見られた。st-164 では、珪藻類において前後 10 年ともに *Chaetoceros* 属と *Nitzschia* 属が多く出現していた。栄養塩類が競合することで海苔の色落ちの原因となる *Eucampia* 属は、後の 10 年では出現数の増加が見られた。渦鞭毛藻類においては、前の 10 年では *Ceratium* 属の出現が多く見られたが、後の 10 年では *Peridinium* 属が多く出現した。また、前の 10 年では、赤潮の原因となることが知られている珪質鞭毛藻類 *Dictyocha* 属の出現が多く見られていたが、後の 10 年では出現数が減少した。st-110 では、珪藻類において前の 10 年で出現数の多かった *Chaetoceros* 属は、後の 10 年ではやや減少し *Skeletonema* 属及び *Leptocylindrus* 属の増加が見られた。渦鞭毛藻類においては、前の 10 年では *Gonyaulax* 属の出現が多く見られたが、後の

10年では*Peridinium*属及び*Ceratium*属が多く出現した。また、いわゆるミドリムシとして知られているユーグレナ藻類

*Euglena*属は、後の10年で多く出現が見られた。

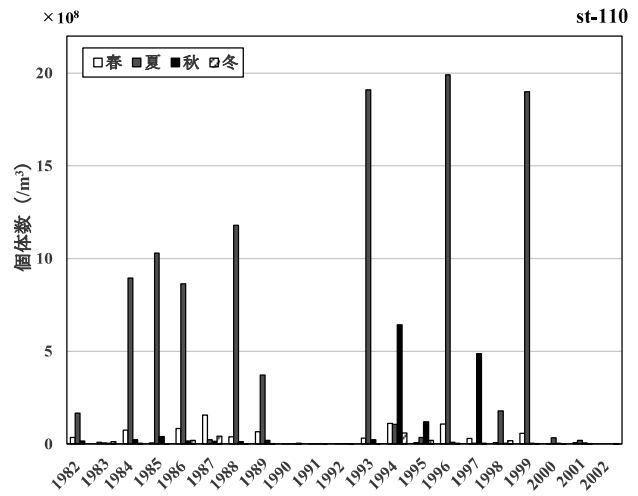
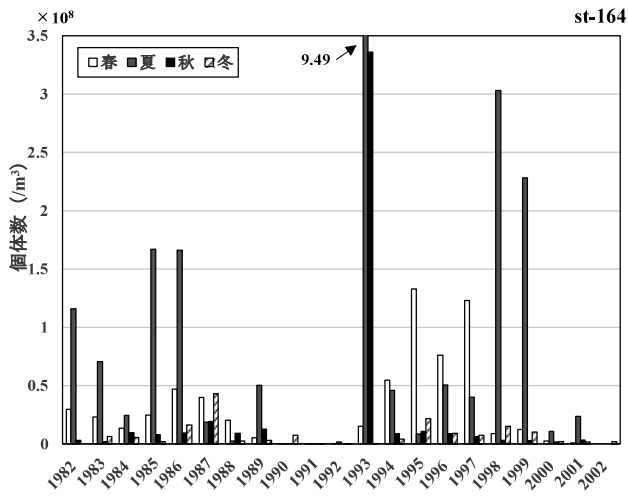


図2 植物プランクトン個体数の経年変化 (左: st-164, 右: st-110)

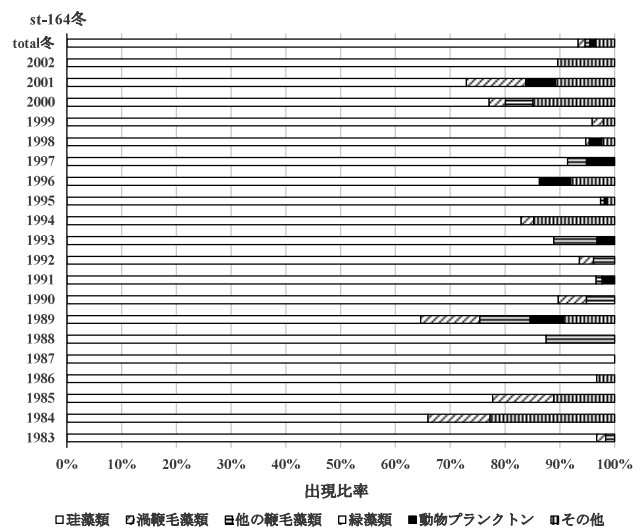
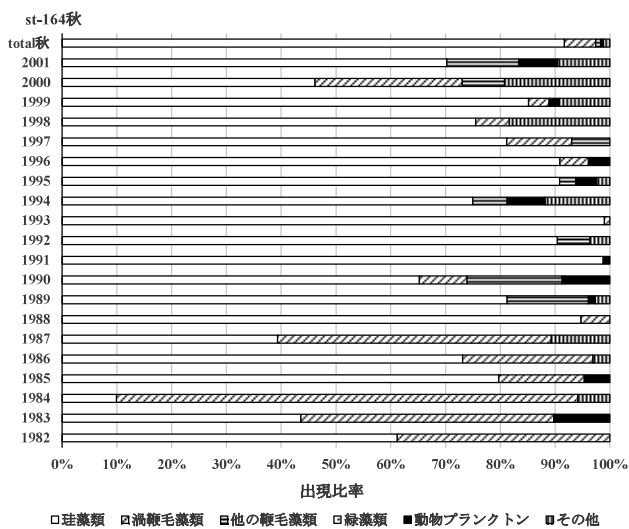
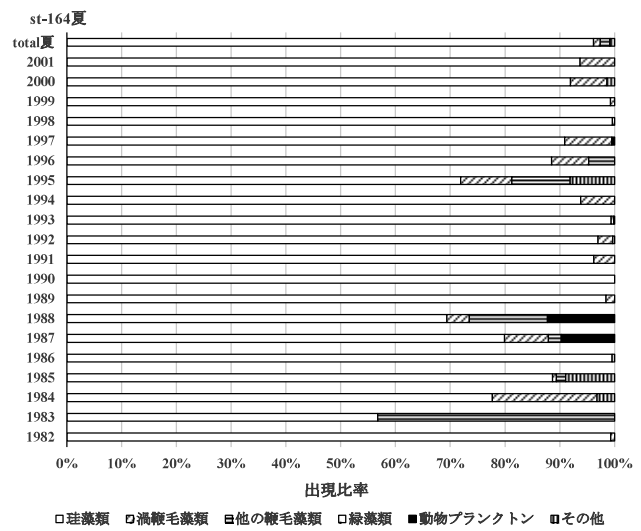
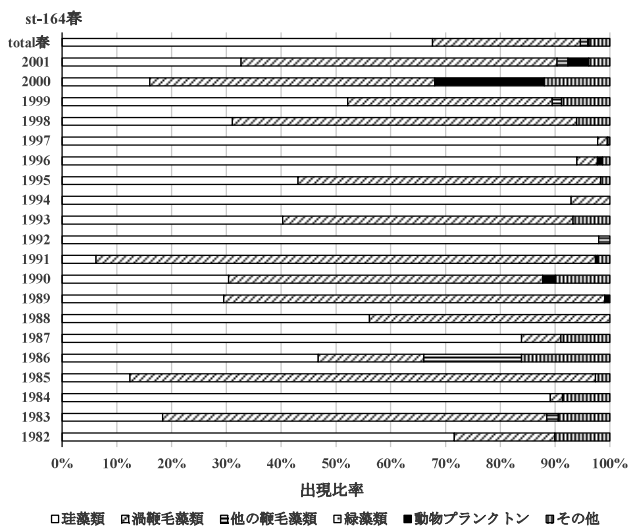


図3 植物プランクトン優占種の季節別経年変化 (st-164)

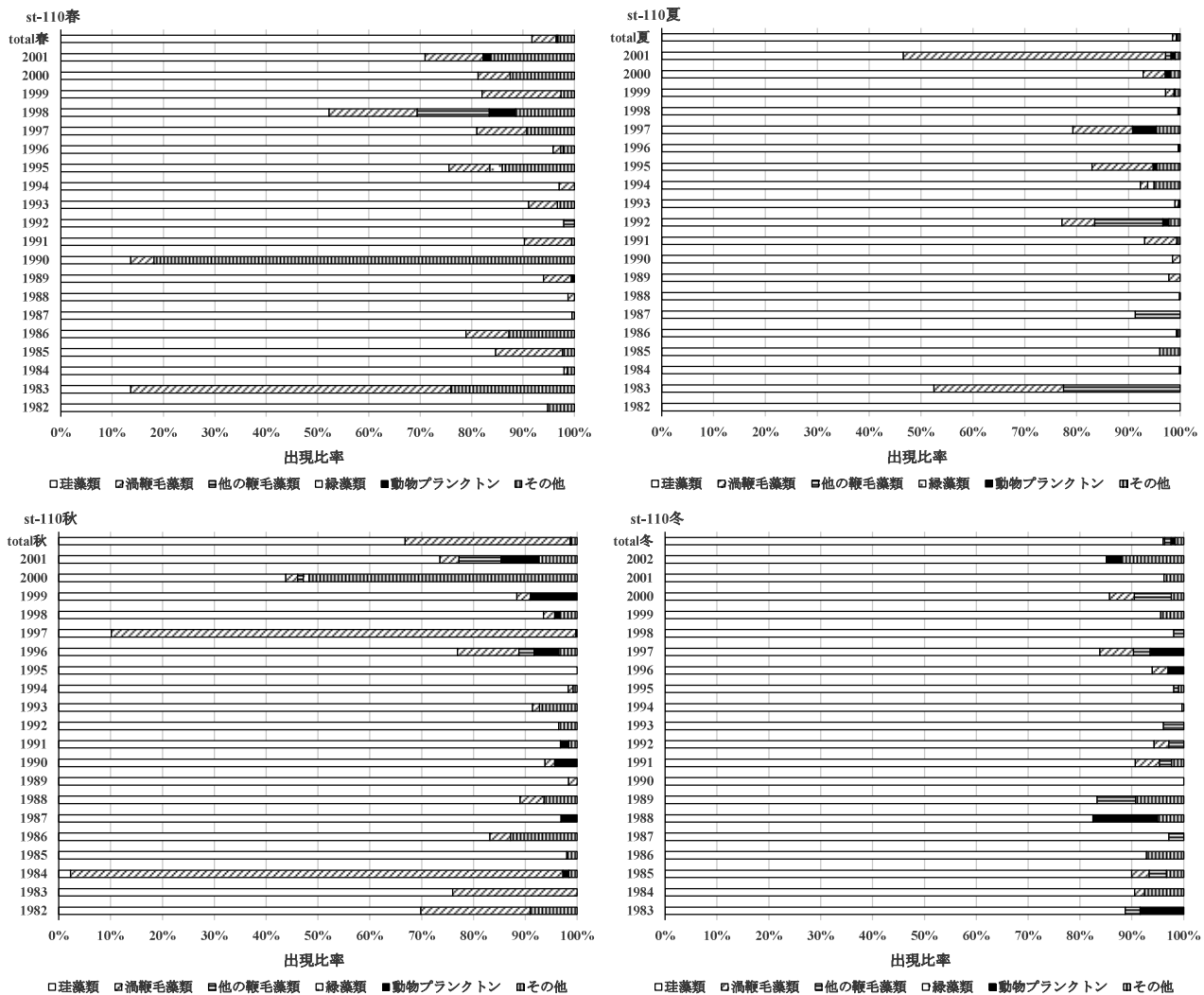


図4 植物プランクトン優占種の季節別経年変化 (st-110)

表1 出現した主な植物プランクトン優占種

st-164			st-110		
1982~1991年	1992~2001年	通年	1982~1991年	1992~2001年	通年
<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属
<i>Nitzschia</i> 属	<i>Nitzschia</i> 属	<i>Nitzschia</i> 属	<i>Nitzschia</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属
<i>Ceratium</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Eucampia</i> 属
<i>Dictyocha</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Nitzschia</i> 属	<i>Nitzschia</i> 属
<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Peridinium</i> 属	<i>Peridinium</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Peridinium</i> 属	<i>Peridinium</i> 属
<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Coscinodiscus</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属
<i>Skeletonema</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Ceratium</i> 属	<i>Gonyaulax</i> 属	<i>Thalassionema</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属
<i>Eucampia</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Lauderia</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Euglena</i> 属
<i>Guinardia</i> 属	<i>Guinardia</i> 属	<i>Coscinodiscus</i> 属	<i>Rhizosolenia</i> 属	<i>Euglena</i> 属	<i>Thalassionema</i> 属
<i>Rhizosolenia</i> 属	<i>Thalassionema</i> 属	<i>Dictyocha</i> 属	<i>Coscinodiscus</i> 属	<i>Ceratium</i> 属	<i>Coscinodiscus</i> 属

## 2 水質項目の経年変化

水質項目の経年変化を図5及び6に示す。移動平均の採用データ数は5(約1年分)とした。20年間での変動を見ると、栄養塩類について、TNは両地点で5年程度の周期的な増減を繰り返しつつ横ばい、TPはst-164で増加、st-110で横ばいだった。DINはst-110では周期的に増減がありつつも横ばい、

st-164では微増傾向だったが、st-164は1992年頃までの春季及び夏季データの欠測が多い(特にNO<sub>2</sub>-NとNO<sub>3</sub>-N)ことが影響しており、正確に評価できなかった。なお、比較的欠測の少なかったNH<sub>4</sub>-NについてはDINと同様微増傾向だった。PO<sub>4</sub>-Pは両地点で増加、Chl aは減少傾向であり、その他の項目は横ばいであった。以上のことから、この20年間での水質

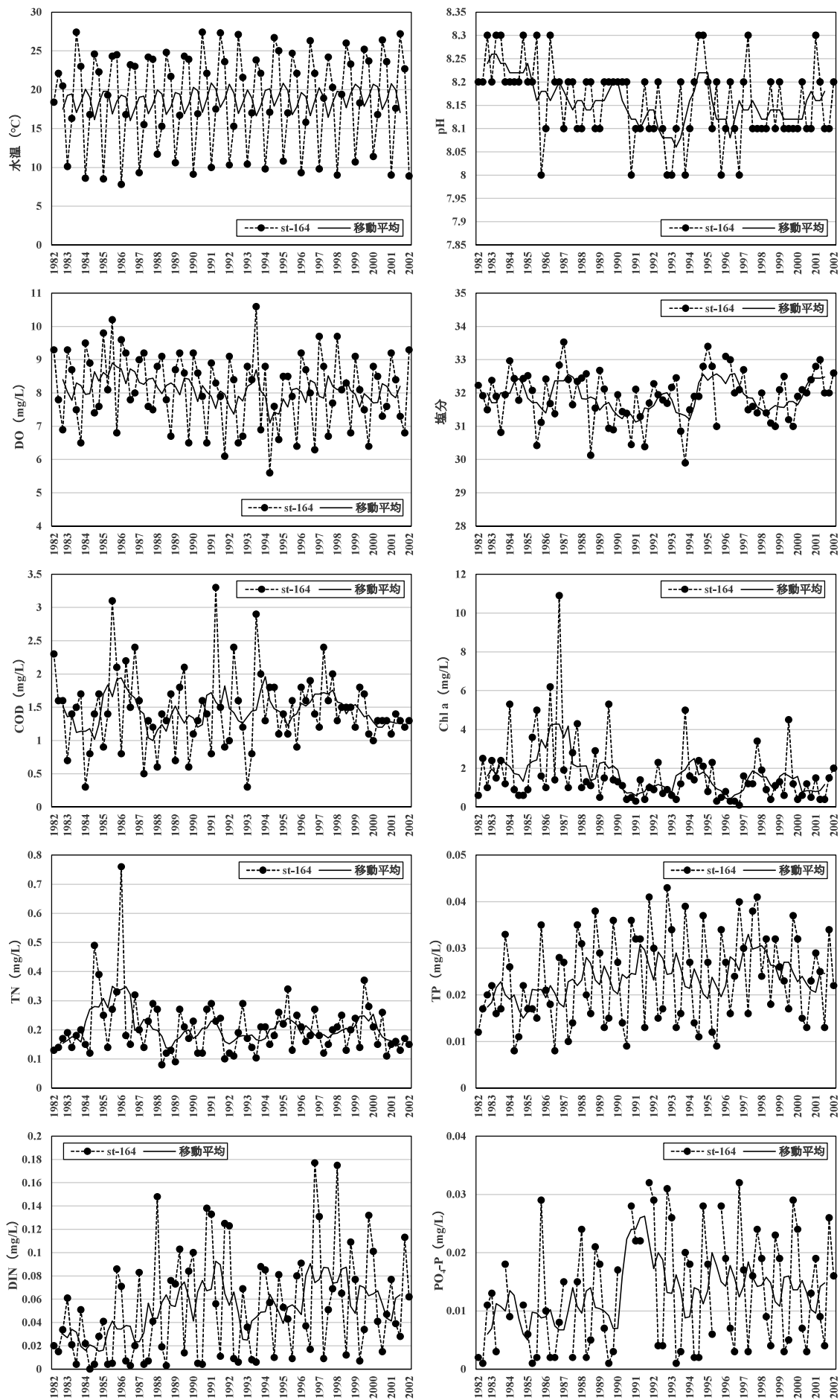


図5 水質項目の経年変化 (st-164)

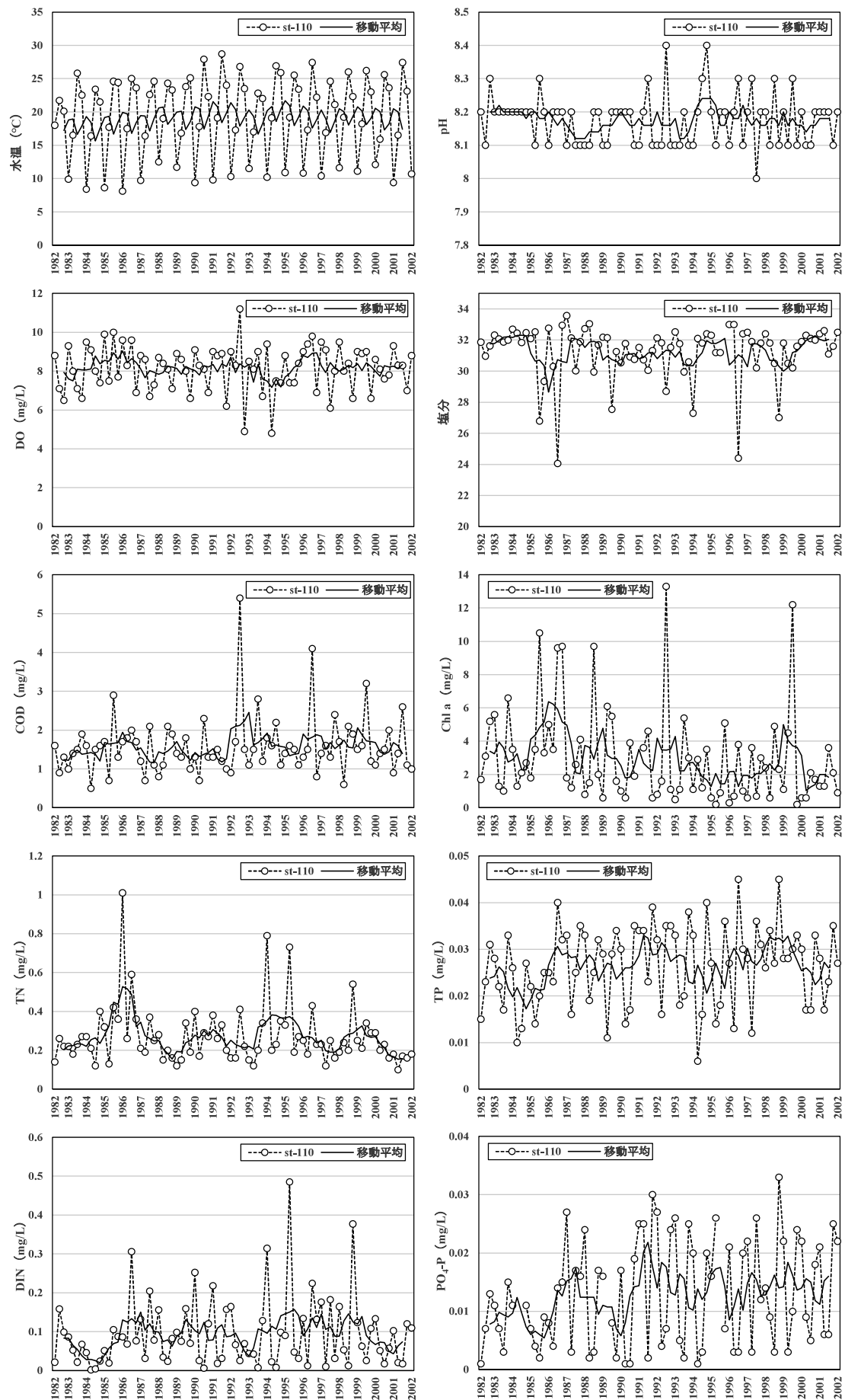


図6 水質項目の経年変化 (st-110)

は大きく変動していないと考えられる。

両地点で同様の傾向が見られたのは水温、pH、DO、COD及び栄養塩類であり、pHは変動が少なく概ね7.9から8.3の間で安定していた。水温及びDOは季節性があり、冬季は低水温かつ高DO、夏季は高水温かつ低DOを示していた。DIN、TP及びPO<sub>4</sub>-Pも季節性を示しており、秋季及び冬季は増加、春季及び夏季は減少が見られた(ただし、st-164の1992年頃までは除く)。COD、TNは両地点とも夏季に増加する傾向が見られたが、その変化はst-110の方が大きかった。

一方、塩分及びChl aについては両地点で差が見られた。塩分はst-164では30~33程度で安定しているが、st-110では主に夏季に大きく減少していた。Chl aはst-164では季節に関係なく増加するが、st-110では夏季に急激に増加していた。これは地点上の特徴であり、st-110は河口部が近く、降雨量が多い夏場は河川水流入の影響を受けていると考えられる。しかし、前報でも報告した塩分とTNの負の相関については見られなかった。この時代は海域の栄養塩類濃度が現在よりも高く、河川水の流入が増えても影響を受けづらかったと推測する。

また、1982~1991年及び1992~2001年の前後10年ずつで水質を比較すると、いくつか特徴的な変化が見られた。st-164では、TP及びPO<sub>4</sub>-Pが後の10年で増加が見られ、その増加率は前の10年に対しTPが約20%、PO<sub>4</sub>-Pが約50%だった。Chl aは減少が見られ、減少率は約30%だった。st-110では、TPが横ばいだったのに対しPO<sub>4</sub>-Pが後の10年で増加しており、増加率は約30%だった。これはTPに対するPO<sub>4</sub>-Pの割合が増加していたことを示唆しており、図2では個体数の増加率が後の10年の方が高くなっていることから、プランクトンが増殖しやすい水質になっていた可能性が考えられる。一方、個体数と相関がありそうなChl

aについては、後の10年で減少が見られ、減少率が約40%とst-164よりも大きかった。

### 3 植物プランクトンと水質項目の関連性

#### (1) 植物プランクトン個体数と水質項目

図7に植物プランクトン個体数と水質項目の相関を示す。st-110における塩分においては、非常に弱い負の相関が見られた。st-110は河口部に近いことから、塩分の低下は河川水の流入を意味しており、河川水の流入が増えると、やや植物プランクトンが増殖しやすい環境になっていたことを示唆していた。一方でその他項目では相関が見られなかったことを踏まえると、前報での考察同様、植物プランクトンの増殖には単純に一つの水質項目のみではなく、気象も含めた様々な条件が複合的に関係していると考えられる。

#### (2) 植物プランクトン優占種と水質項目

植物プランクトン優占種ごとの平均個体数と水質項目年間平均値の経年変化を図8及び9に示す。珪藻類については、個体数が圧倒的に多く支配的であることから、除外して解析を行った。また、変動の少なかったpH、季節性を示した水温及びDOについても解析を行わなかった。結果として、両地点において優占種ごとの平均個体数の変化と水質変化に関連性は見られなかった。

st-164は1993年に、st-110は1993年、1996年及び1999年に珪藻類の平均個体数が突出しているが、これはいずれも夏季における大幅な増加の影響を受けていた。しかし、両地点ともに水質の特異的な変化は見られず、原因を考察するに至らなかった。過去の記録<sup>8-10</sup>と照らし合わせると、発生時期や増殖した種属が異なることから、少なくとも赤潮は発生していなかったと考えられる。

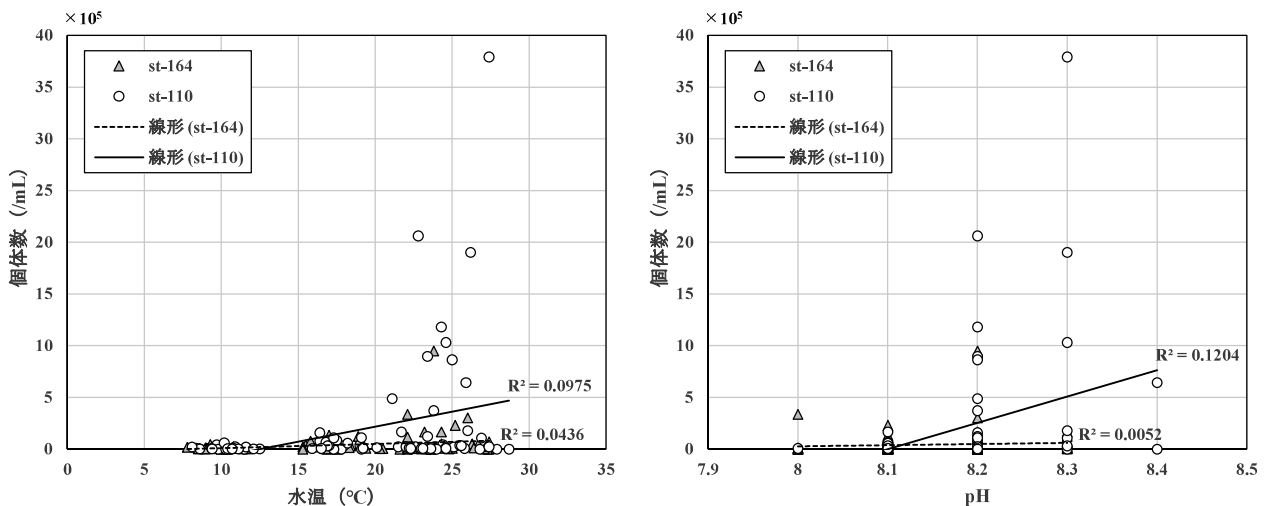


図7-1 植物プランクトン個体数と水質項目との相関

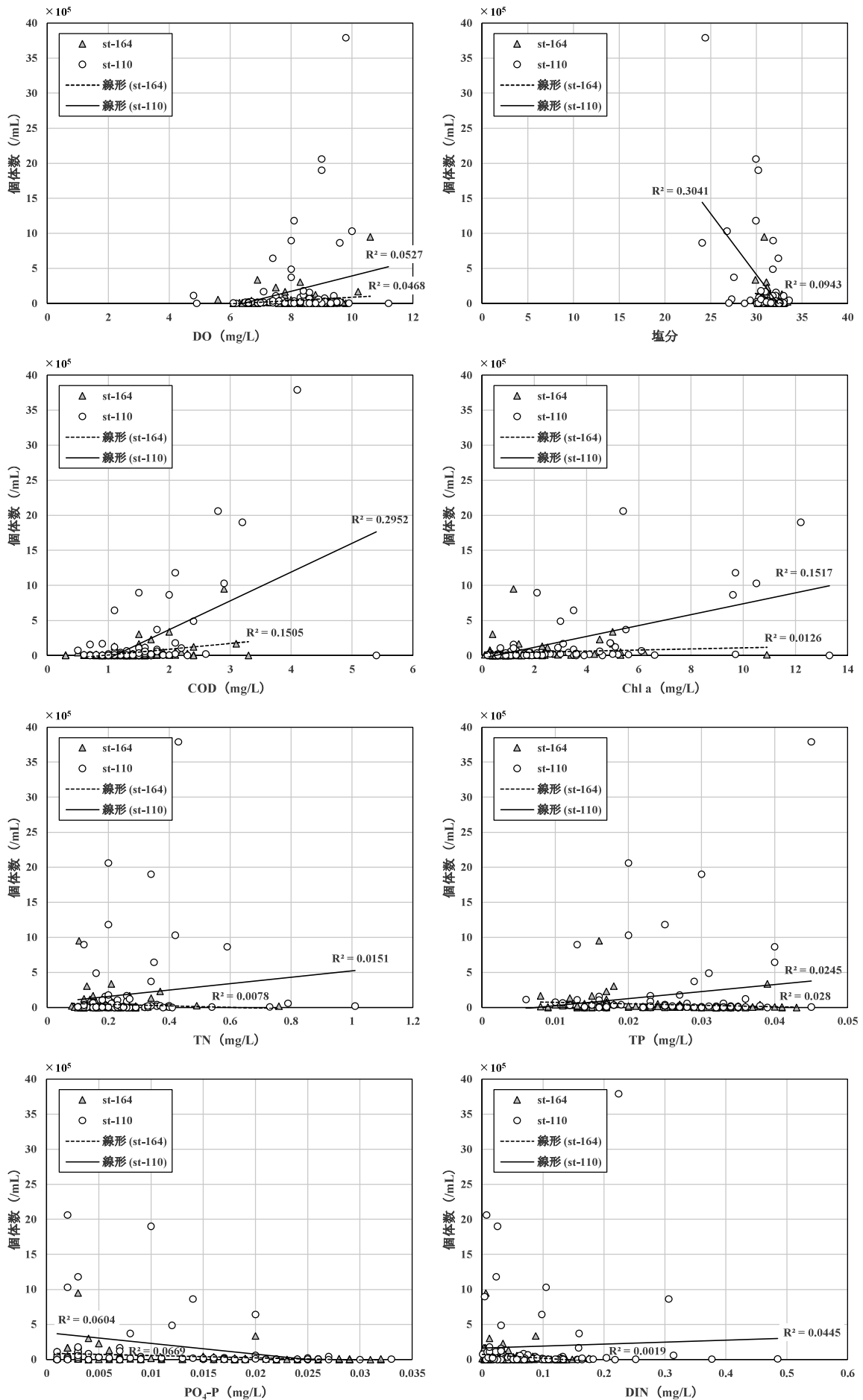


図 7-2 植物プランクトン個体数と水質項目との相関

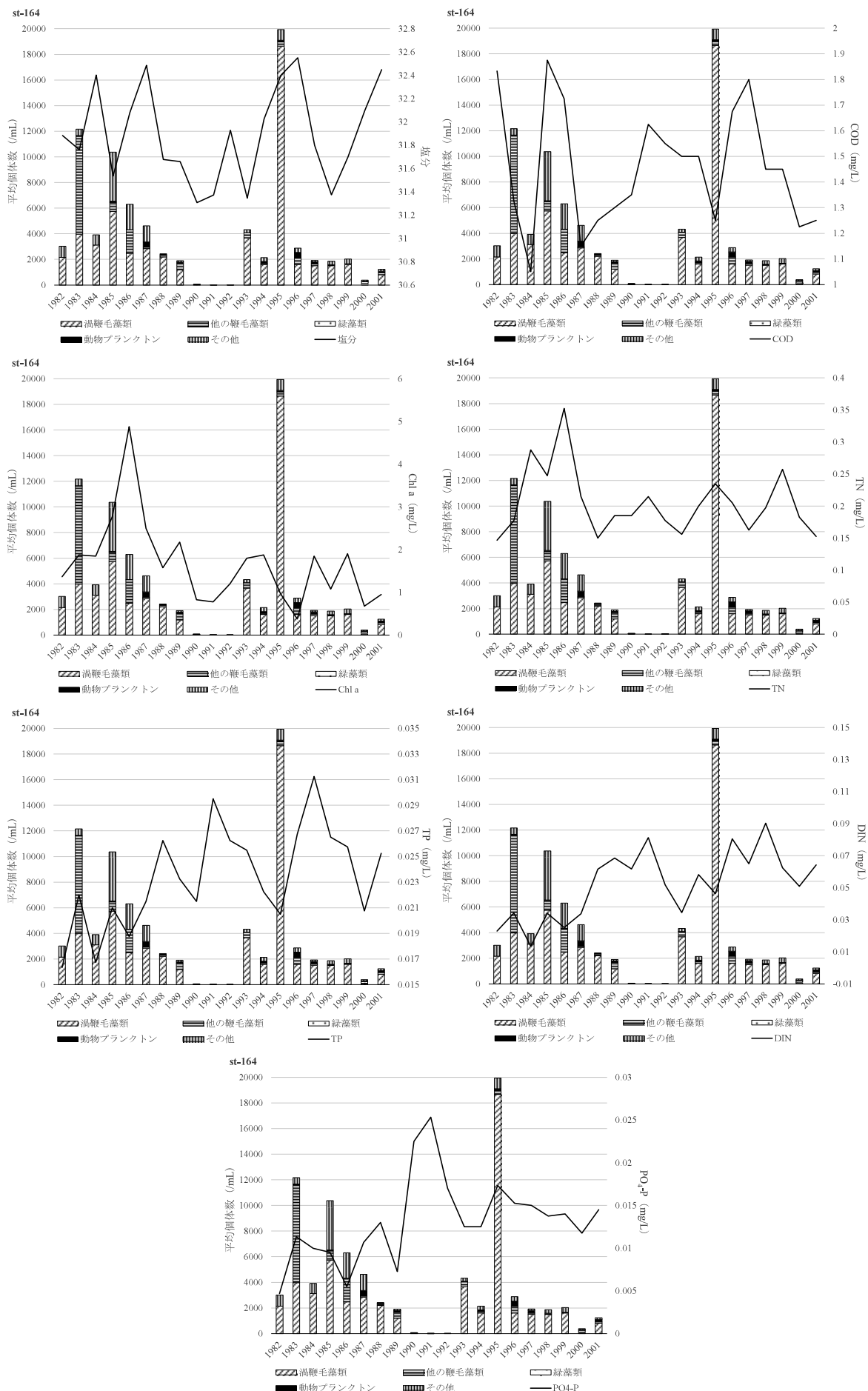


図8 植物プランクトン優占種別平均個体数と水質項目年間平均値の経年変化 (st-164)

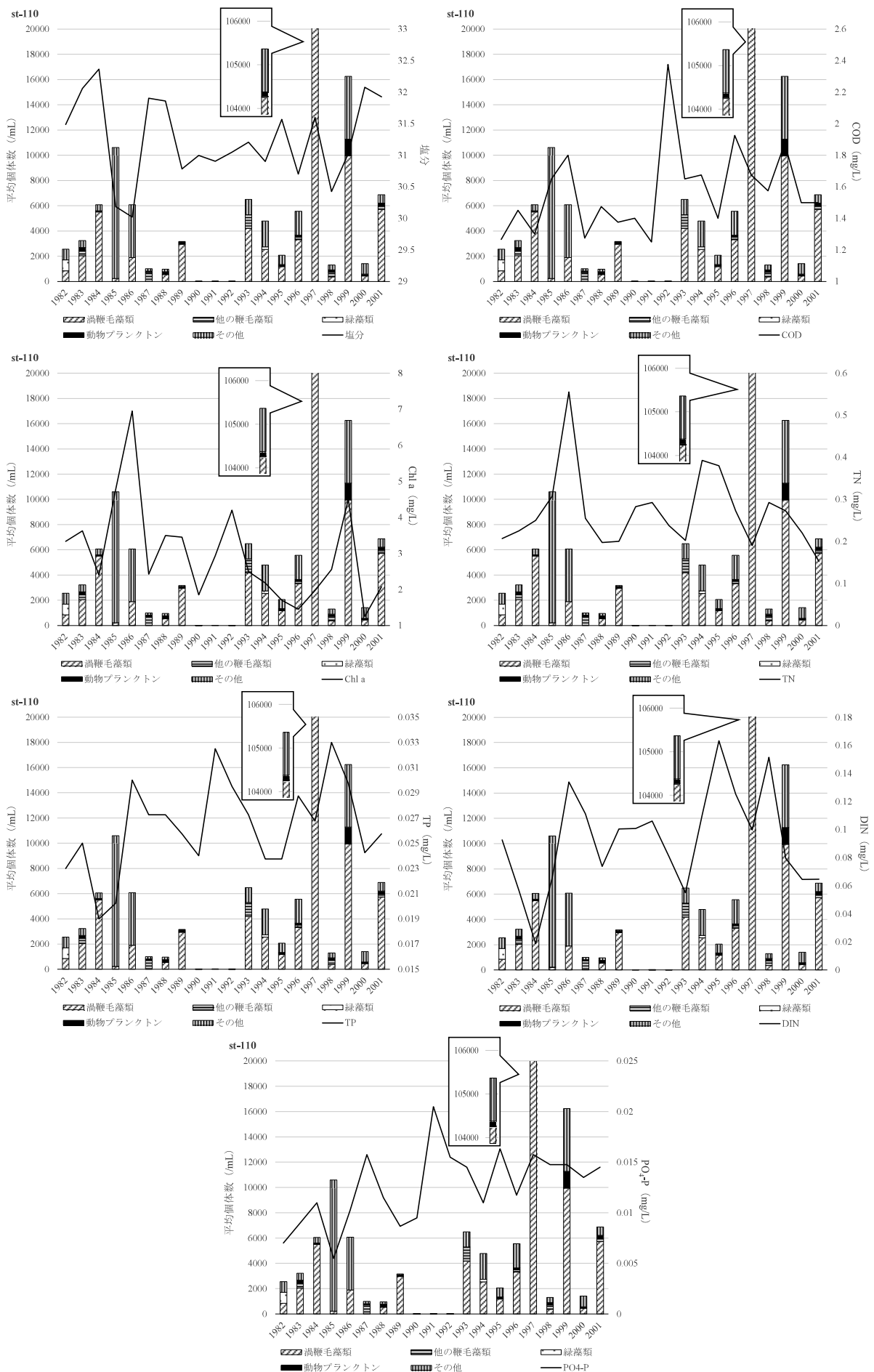


図9 植物プランクトン優占種別平均個体数と水質項目年間平均値の経年変化 (st-110)

#### IV まとめ

広域総合水質調査の測定データを用いて、1982年から2002年までの植物プランクトンの経年変化を解析し、水質項目との関連性を検討したところ、次のことがわかった。

- 1 20年間での植物プランクトン個体数の変動は、st-164及びst-110の両地点ともほぼ横ばいであった。また、両地点ともに個体数は夏季に増加し、冬季に減少する傾向が見られた。
- 2 両地点において植物プランクトン優占種は主に珪藻類の出現比率が高かったが、st-110はst-164よりもその傾向が強かった。春季のst-164では、珪藻類よりも渦鞭毛藻類の出現比率が高い傾向だった。
- 3 水質項目の20年間での変動について、栄養塩類のうちTN及びTPは両地点でそれぞれ横ばい、DINはst-110で増加、PO<sub>4</sub>-Pは両地点で増加傾向が見られた。その他の項目ではChl aの増加傾向以外は横ばいであり、この20年での水質は大きく変動していないと考えられる。
- 4 植物プランクトン個体数と塩分の間には非常に弱い負の相関が見られ、河川水流入による植物プランクトン増殖の可能性を示唆していた。その他の項目では相関は見られなかった。
- 5 植物プランクトン優占種ごとの平均個体数の変化と水質項目の変化に関連性は見られなかった。

前報と本報により、1982年度から2021年度までの植物プランクトンに関する解析が完了したが、いずれも1対1での解析では限界があり、より複合的な解析が必要である。また、窒素及びリンの水質総量規制が開始された2002年を境として、前後20年での比較を行うなど更なる検討の余地がある。今後は、水質項目に関する多変量解析、日照や降雨などの気象条件も含めたより詳細な解析、及び前述した20年ずつでの比較等について検討を進めていく。

#### 参考文献

- 1) 山田真知子, 鶴田新生, 吉田陽一: 植物プランクトンの富栄養階級表, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **46** (12), 1435-1438 (1980)
- 2) 伊沢茂樹, 竹田正裕, 大久保孝樹, 他: 環境水におけるプランクトンの分布について, 徳島県保健環境センター年報, **3**, 129-140 (1985)
- 3) 伊沢茂樹, 竹田正裕, 清水享, 他: 環境水におけるプランクトンの分布について (第2報), 徳島県保健環境センター年報, **4**, 111-120 (1986)
- 4) 伊沢茂樹, 竹田正裕, 佐坂克己: 環境水におけるプランクトンの分布について (第3報), 徳島県保健環境センター年報, **6**, 95-111 (1988)
- 5) 上岡新: 徳島県沿岸海域に生息する植物プランクトンと水質の関連性について, 徳島県立保健製薬環境センター年報, **14**, 22-33 (2024)
- 6) 環境省: 水環境総合情報サイト,  
<https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/kouiki/dataMap.asp> (2025年8月16日現在)
- 7) 環境省: 水環境総合情報サイト (植物プランクトンデータの説明について),  
[https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/kouiki/plankton\\_manual.xls](https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/mizu/download/kouiki/plankton_manual.xls) (2025年8月16日現在)
- 8) 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課: 平成5年度水産試験場事業報告書(赤潮発生状況について),  
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/file/attachment/445693.pdf> (2025年8月16日現在)
- 9) 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課: 平成8年度水産試験場事業報告書(赤潮発生状況について),  
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/file/attachment/445475.pdf> (2025年8月16日現在)
- 10) 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課: 平成11年度水産試験場事業報告書(赤潮発生状況について),  
<https://www.pref.tokushima.lg.jp/file/attachment/445288.pdf> (2025年8月16日現在)
- 11) 住友寿明: 1990-2009年における徳島県北灘沿岸における水質およびプランクトン相の変化, *Bull. Tokushima Pref. Fish. Res. Ins.*, **7**, 11-16 (2011)
- 12) 鈴木元治, 古賀佑太郎, 前川鈴世, 他: 広域総合水質調査観測データによる播磨灘の植物プランクトンの表層分布の経年変化, 公益財団法人ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター紀要, **10**, 6-11 (2019)
- 13) 岩国市立微生物館: 瀬戸内海プランクトン図鑑, 有限会社潮風, 山口 (2008)