

【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

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

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、2002年から2021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、植物プランクトン細胞数は夏季に増加し、秋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ラフィド藻類の出現比率に差が見られた。細胞数と水質項目の間で相関はなく、優占種別に見ても関連性は見られなかった。

Key words : 植物プランクトン phytoplankton

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り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²⁾³⁾が、相当の期間が経過しており、直近の情報が少ない。そこで本報告では、公開されている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を解析した。また、関連する水質項目についても同様に解析を行い、植物プランクトンとの関連性を検討したのでその結果を報告する。

II 方法

環境省水環境総合情報サイト⁴⁾より、広域総合水質測定データ（プランクトン）及び広域総合水質測定データ（水質）を入手した。プランクトンについては表層 0.5 m の植物プランクトン優占種及び細胞数 (cells/m³) 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「NO₂-N」という。）、硝酸態窒素（以下「NO₃-N」という。）、アンモニア態窒素（以下「NH₄-N」という。）、りん酸態りん（以下「PO₄-P」という。）、TN、TP 及び Chl a の各濃度を入手した。また、NO₂-N、NO₃-N 及び NH₄-N の各濃度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（一部欠測あり）。

解析対象年度は、「JODC 海洋生物コード（プランクトン）2001 年版」⁵⁾ が適用された 2002 年度から 2021 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)。



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) 細胞数

植物プランクトン細胞数 (cells/mL) の経年変化を図 2 に示す。20 年間での細胞数の変動をみると、両地点ともに増加傾向にあったが、st-164 よりも st-110 の増加率が高かった。また、両地点とも細胞数の増減は同様の傾向を示しており、夏季に増加、秋季に減少が見られた。特に st-164 においては 2011 年夏に、st-110 においては 2010 年夏に大幅な増加が見られた。

(2) 優占種

植物プランクトン優占種の経年変化を図 3 に、季節別経年変化を図 4 及び 5 に示す。

st-164 では主に珪藻類の出現比率が高いが 2013 年からは 50%前後を推移しており、渦鞭毛藻類やラフィド藻類が多

く出現するようになった。季節別で見ると、春季は 2013 年から珪藻類がほとんど出現せず、渦鞭毛藻類やラフィド藻類が多く出現するようになったが、2021 年は再び珪藻類の出現比率が増加した。夏季は年によって変動が激しく、秋季は 2013 年を境に渦鞭毛藻類が多く出現するようになった。冬季は 2014 年から珪藻類の出現比率が減少し、渦鞭毛藻類やラフィド藻類が増加したが、2021 年は再び珪藻類が増加した。

st-110 では珪藻類が圧倒的優占種であり、st-164 に比べて渦鞭毛藻類やラフィド藻類の出現比率は低かった。珪藻類は 2012 年から出現比率が減少したものの、2019 年を境に増加に転じている。季節別で見ると、春季は数年おきに渦鞭毛藻類が多く出現しており、夏季は一部年を除いて珪藻類の出現比率が高い状態が継続していた。秋季は 2013 年から渦鞭毛藻類、2014 年からラフィド藻類の出現比率が高くなり、2018 年～2020 年はその他プランクトンも多く出現した。冬季は 2013 年からそれまでほとんど出現していなかった渦鞭毛藻類やラフィド藻類が出現するようになった。

また、2002 年から 2021 年までの 20 年間のうち、前半 2002～2011 年と後半 2012～2021 年に分け、それぞれ主に出現した種属を優占順に表 1 に示す。両地点で出現する種属は類似しているものの、前後 10 年での出現傾向はやや異なっていた。st-164 では、前の 10 年まで特に出現頻度の多かった珪藻類 *Skeletonema* 属が後の 10 年では減少し、*Thalassiosira* 属や *Navicula* 属も減少が見られた。また、後の 10 年では渦鞭毛藻類の *Prorocentrum* 属やラフィド藻類の *Heterosigma* 属の出現頻度が多くなっていた。st-110 では、出現頻度の多かった珪藻類 *Skeletonema* 属、*Leptocylindrus* 属及び *Chaetoceros* 属が後の 10 年でも継続して出現していた。なお、赤潮の原因となることが知られている *Chattonella* 属は両地点で前後 10 年ともに出現が見られた。

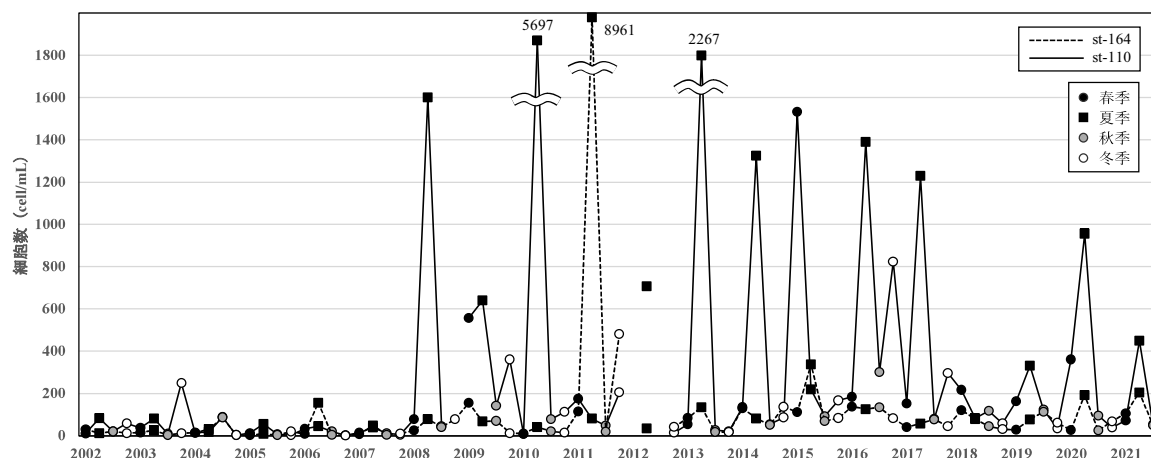


図 2 植物プランクトン細胞数の経年変化

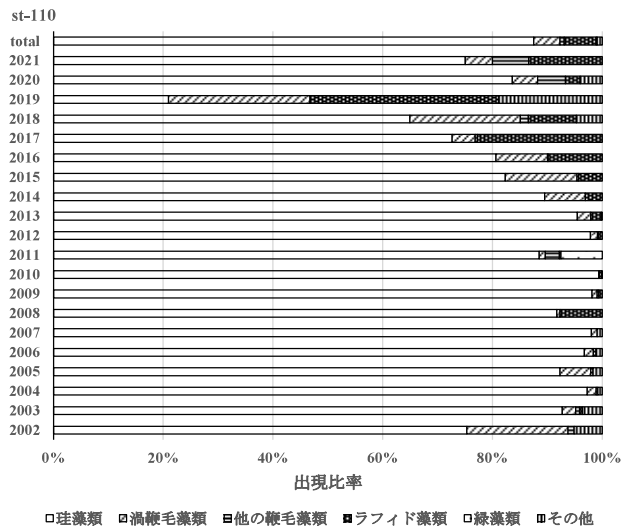
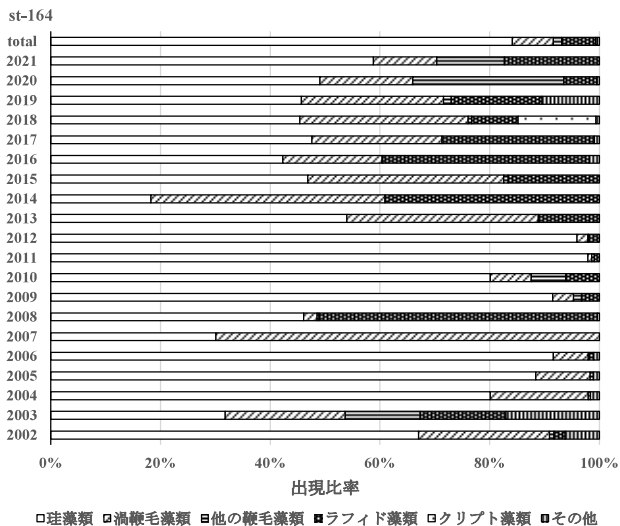


図3 植物プランクトン優占種の経年変化 (左: st-164, 右: st-110)

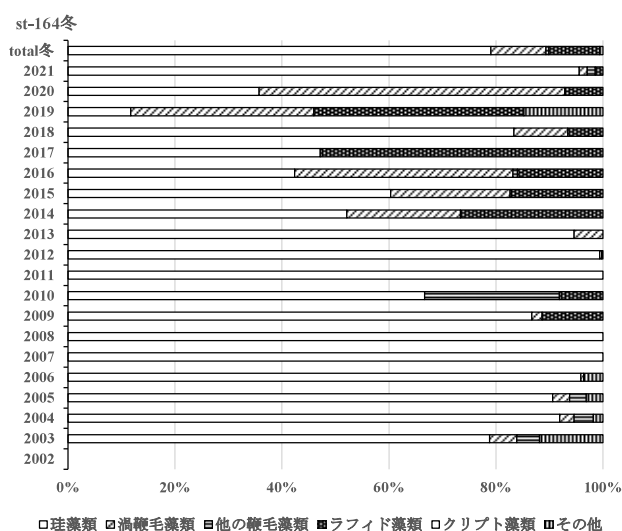
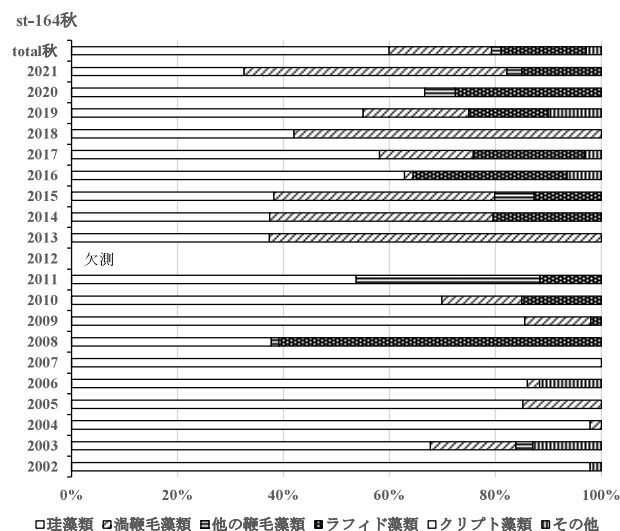
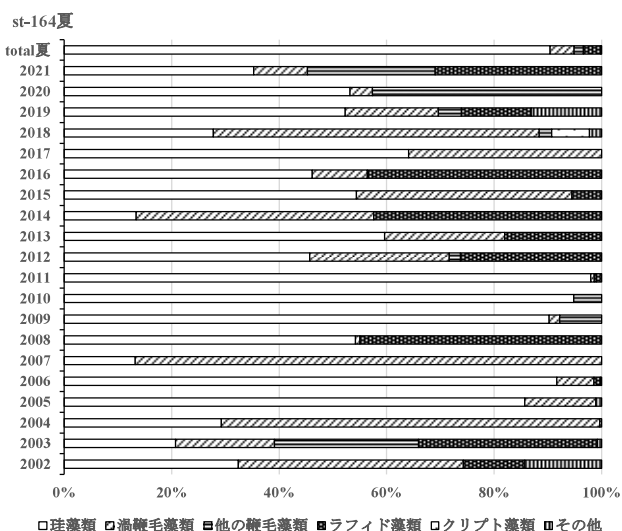
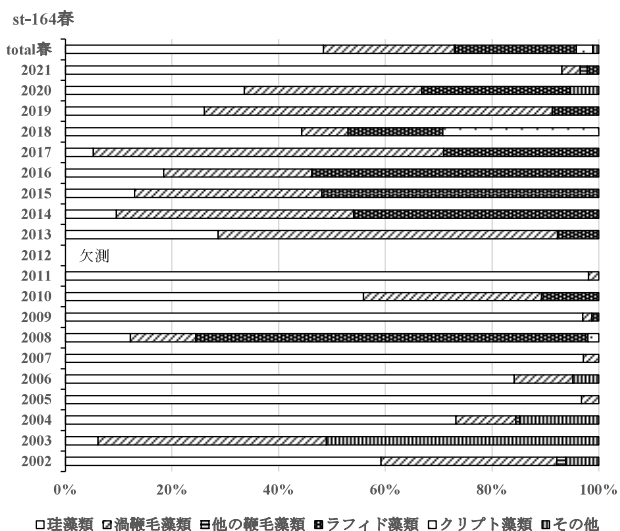


図4 植物プランクトン優占種の季節別経年変化 (st-164)

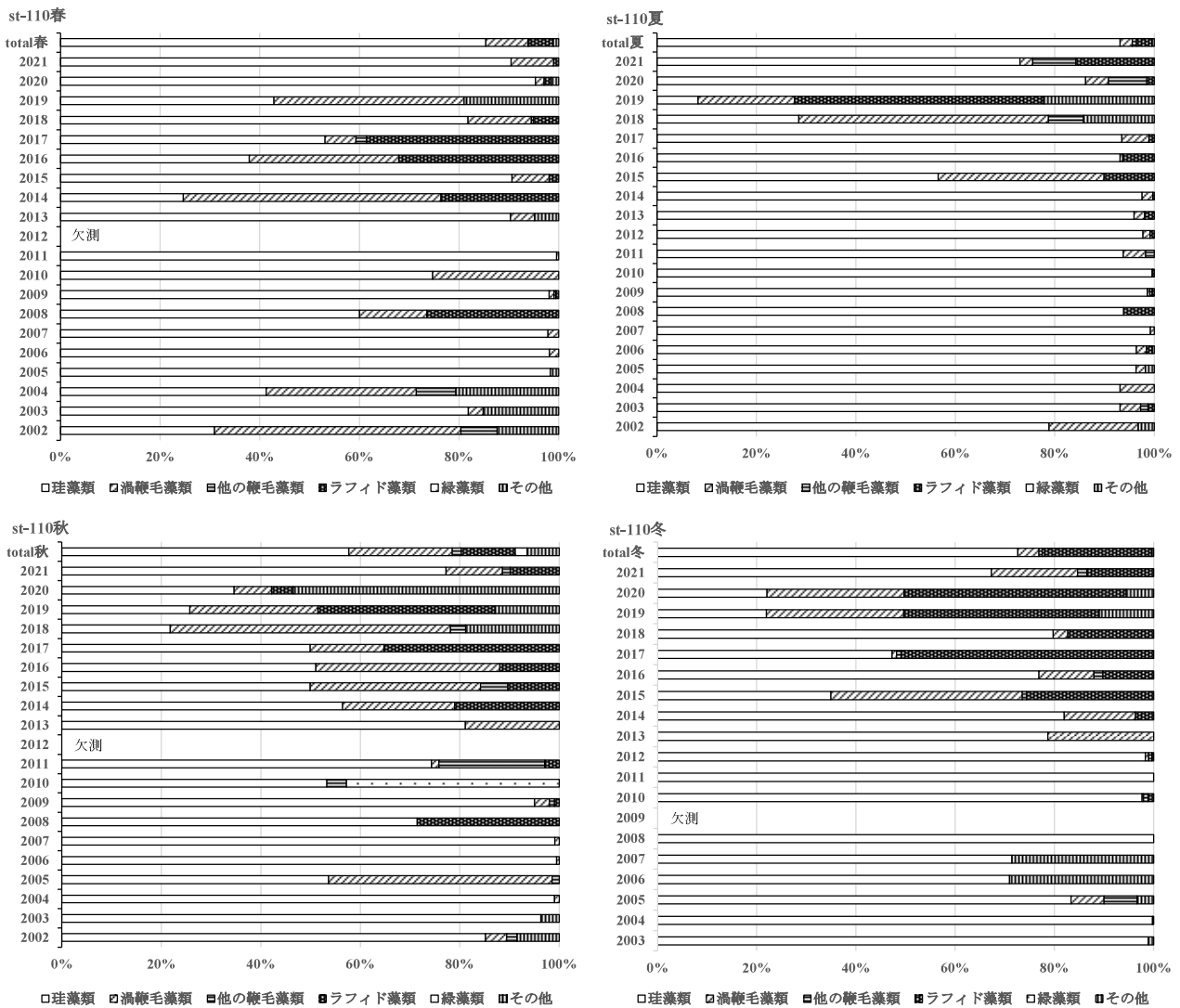


図5 植物プランクトン優占種の季節別経年変化 (st-110)

表1 出現した主な植物プランクトン優占種

st-164		st-110	
2002～2011年	2012～2021年	2002～2011年	2012～2021年
<i>Skeletonema</i> 属	<i>Chattonella</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属
<i>Nitzscha</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Skeletonema</i> 属
<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属
<i>Chattonella</i> 属	<i>Prorocentrum</i> 属	<i>Eucampia</i> 属	<i>Chattonella</i> 属
<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Nitzscha</i> 属	<i>Nitzscha</i> 属	<i>Prorocentrum</i> 属
<i>Chaetoceros</i> 属	<i>Leptocylindrus</i> 属	<i>Chattonella</i> 属	<i>Nitzscha</i> 属
<i>Eucampia</i> 属	<i>Heterosigma</i> 属	<i>Navicula</i> 属	<i>Heterosigma</i> 属
<i>Ceratium</i> 属	<i>Ceratium</i> 属	<i>Rhizosolenia</i> 属	<i>Eucampia</i> 属
<i>Navicula</i> 属	<i>Noctiluca</i> 属	<i>Thalassiosira</i> 属	<i>Rhizosolenia</i> 属

2 水質項目の経年変化

水質項目の経年変化を図6及び7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st-164ではTN及びTPが減少傾向にあるのに対し、st-110では横ばいであった。DINは両地点で減少傾向にあり、PO₄-Pは横ばいであった。また、Chl aはst-110で

増加傾向にあり、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、Chl a及び栄養塩類であり、pHは変動が少なく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, 夏季は高温かつ低DOを示していた(図8). COD, Chl a, TN 及び TP 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. DIN 及び PO₄-P は夏季に減少, 秋季に増加が見られ, その変化はst-110の方が大きかった.

一方, 塩分については両地点で差が見られ, st-164 では横

ばいで安定しているが, st-110 では夏季に低下が見られた. st-110 は今切川河口や吉野川河口に近いこともあり, 降雨量の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. また, 塩分とTNには負の相関があり(図9), 河川水の流れが増えて塩分が低下すると栄養塩類が増加することを示唆していた.

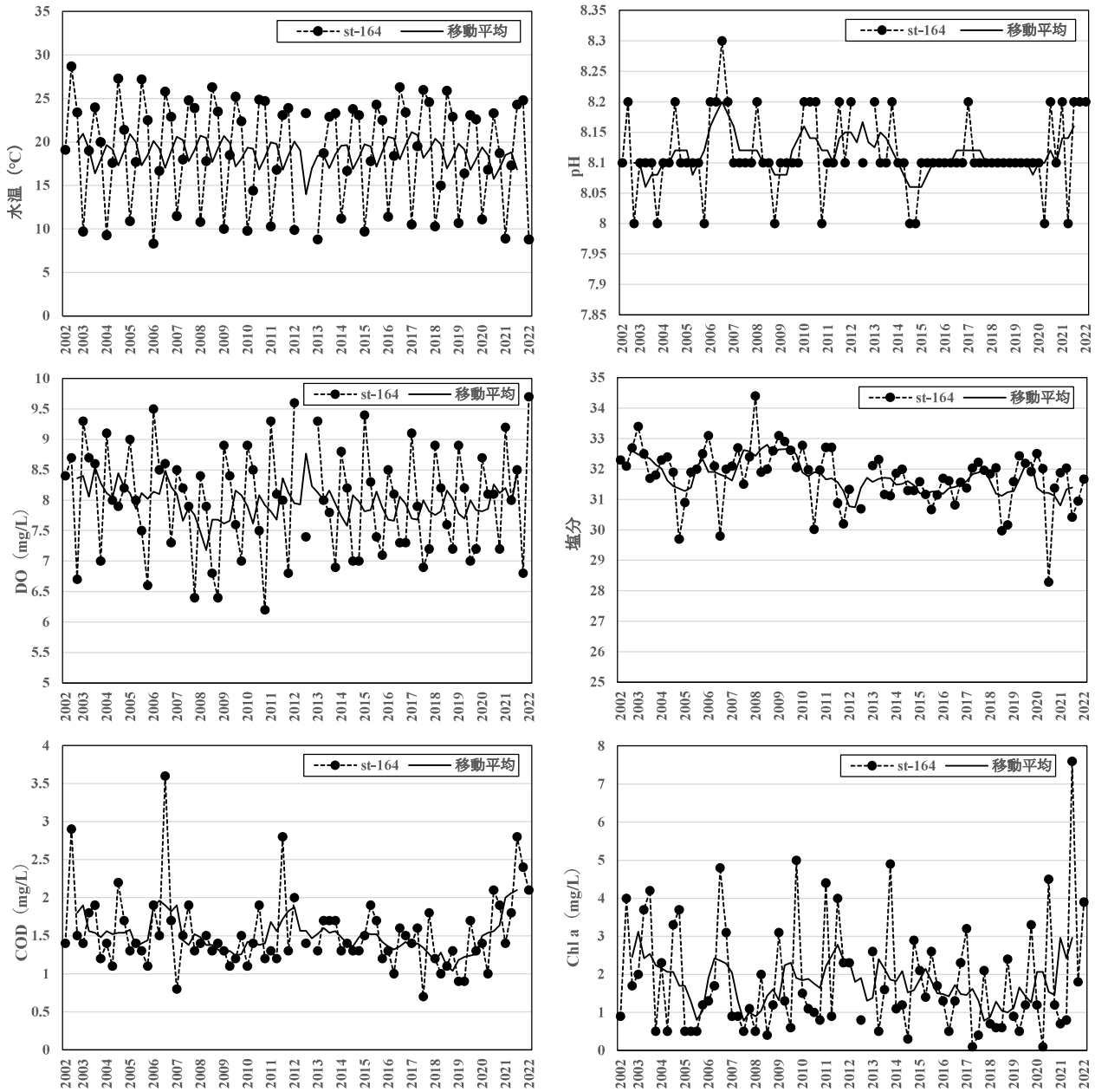


図 6-1 水質項目の経年変化 (st-164)

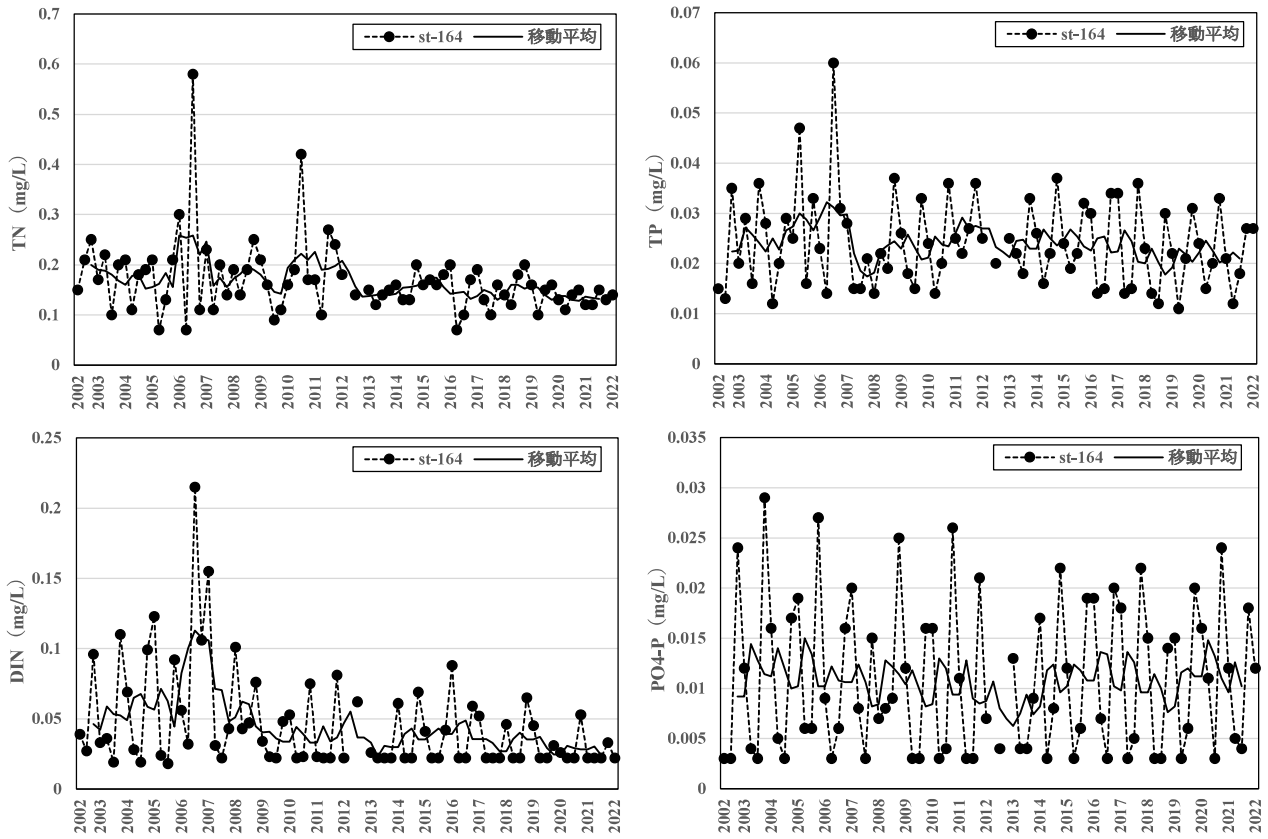


図 6-2 水質項目の経年変化 (st-164)

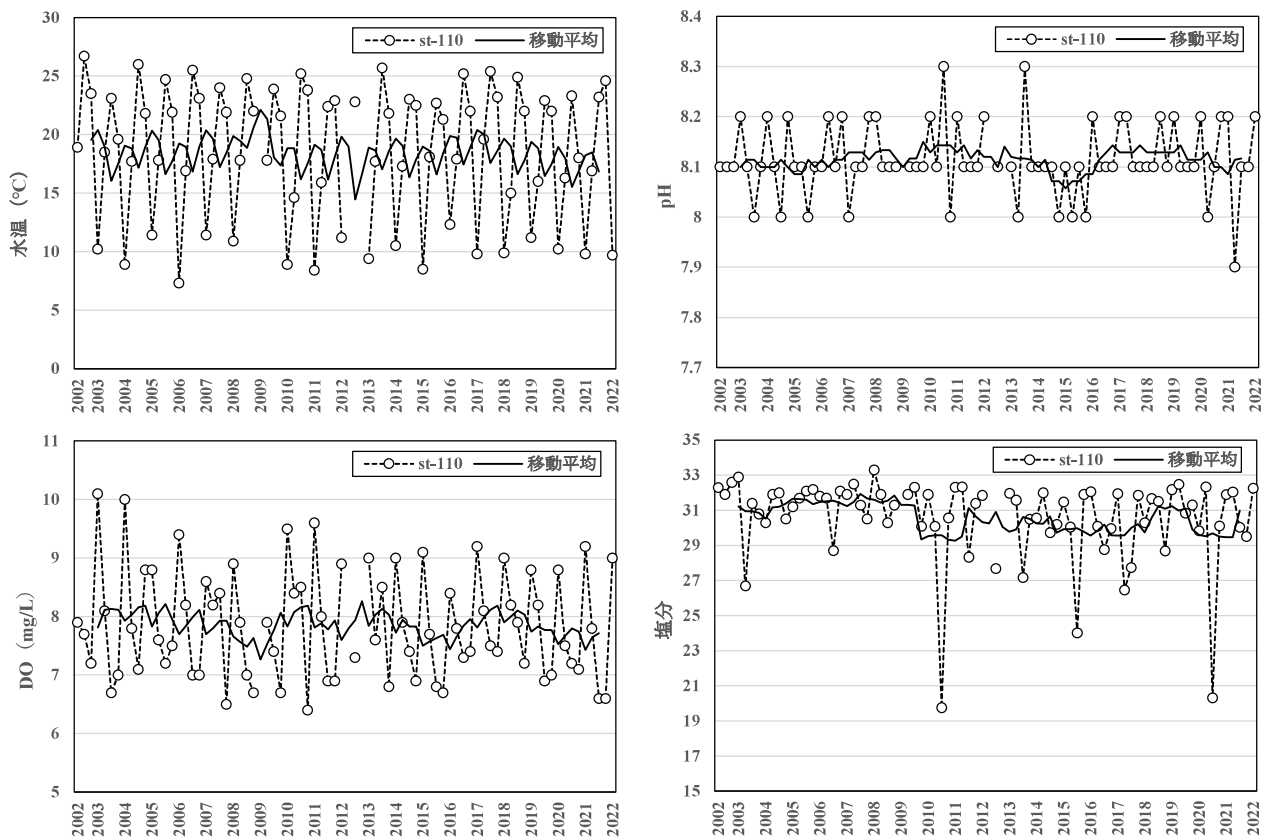


図 7-1 水質項目の経年変化 (st-110)

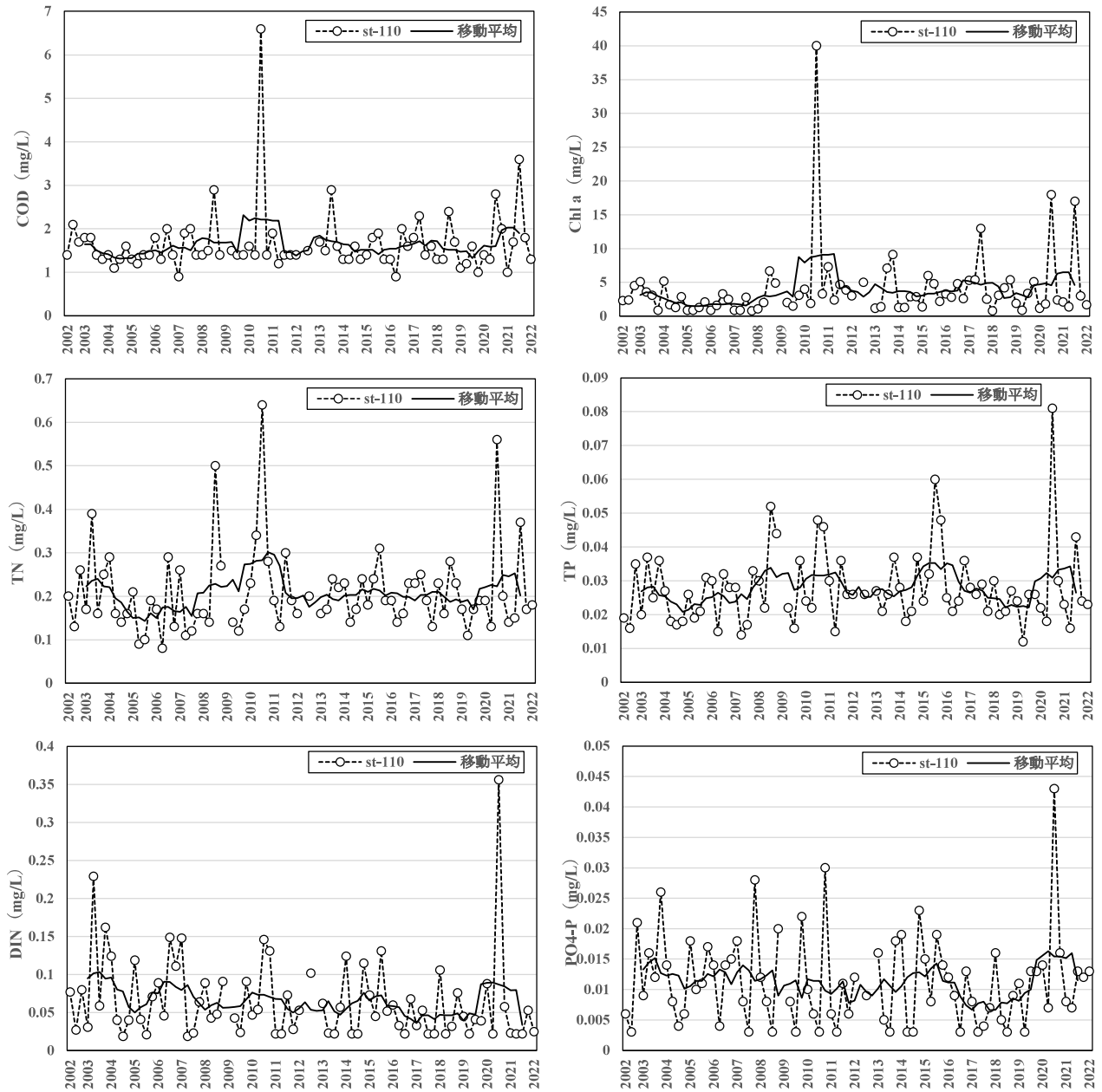


図 7-2 水質項目の経年変化 (st-110)

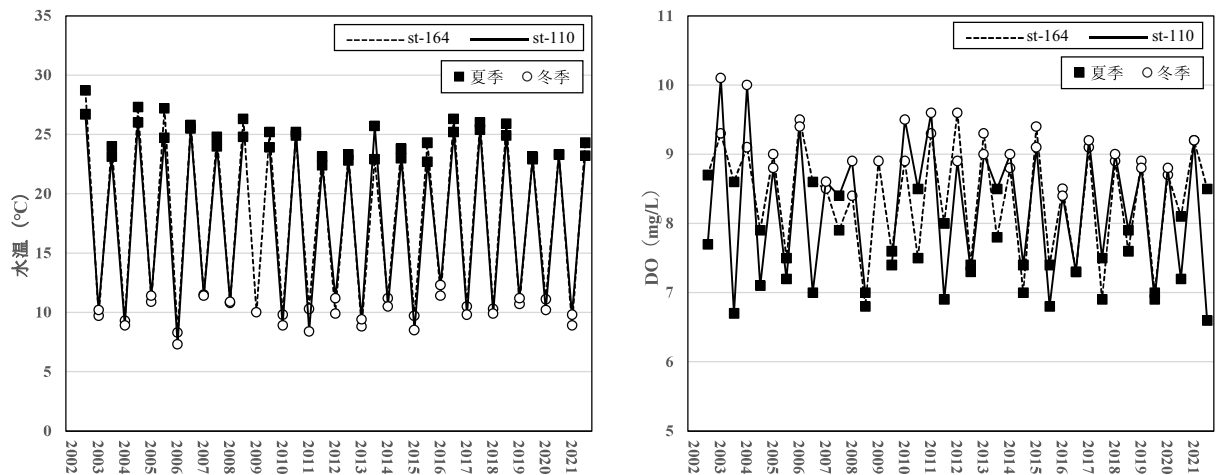


図 8 水温及び DO の季節性

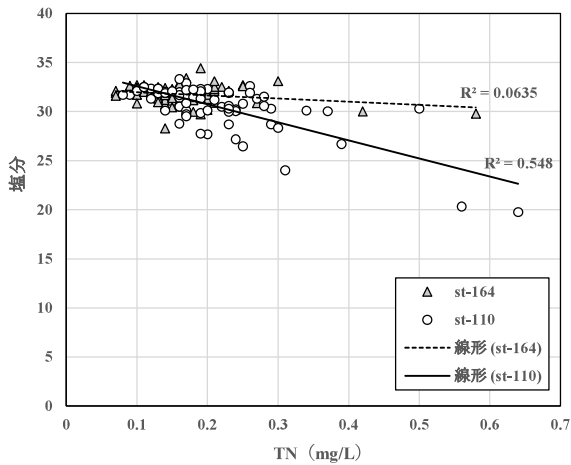


図9 塩分とTNの相関

3 植物プランクトンと水質項目の関連性

(1) 植物プランクトン細胞数と水質項目

図10に植物プランクトン細胞数と水質項目の相関を示す。st-110におけるCOD及びChl aは正の相関が見られたが、細胞数が大幅に増加した2010年夏に大きく影響を受けており、当該データを除くと相関は見られなかった。他の項目についても、両地点で細胞数との相関は見られなかつ

た。このことから、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細胞数と水質項目年間平均値の経年変化を図11及び12に示す。変動の少なかったpH、季節性を示した水温及びDOについては解析を行わなかった。両地点ともに一部を除いて、優占種ごとの平均細胞数の変化と水質変化に関連性は見られなかった。

st-164は2011年に、st-110は2010年に珪藻類の平均細胞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。特にst-110では他の年と比較して塩分の低下、COD、Chl a、TN、TP及びDINの増加が見られたことから、河川水の流入が影響していることが示唆された。気象データによると採水日の1週間前は大雨であり、その後は晴れが続いていたことから、降雨により河川からの流入が増えて富栄養化した後、光合成により大量の植物プランクトンが発生した可能性が考えられる。これに対しst-164では特異的な水質変化は見られなかった。

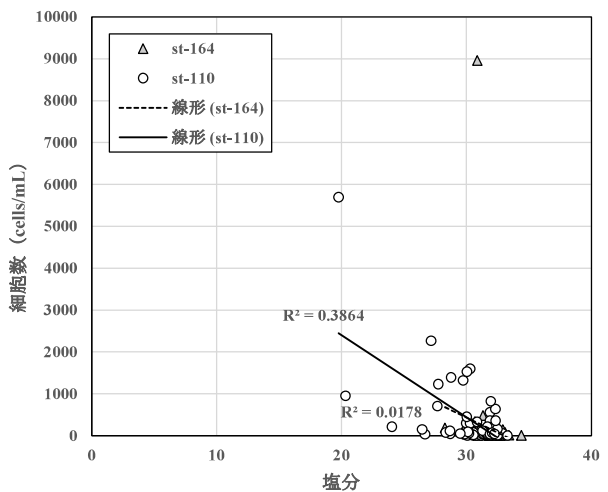
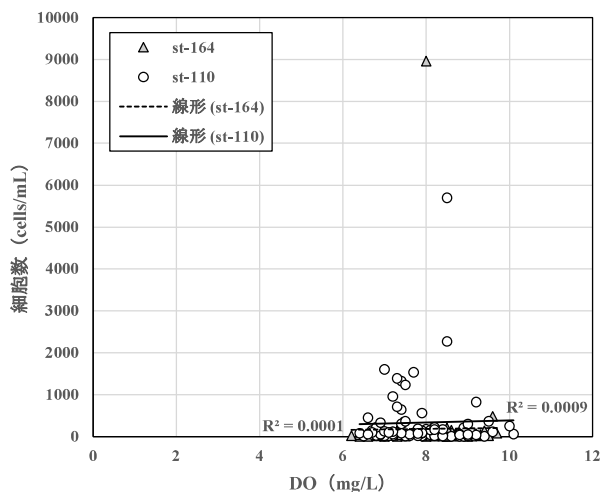
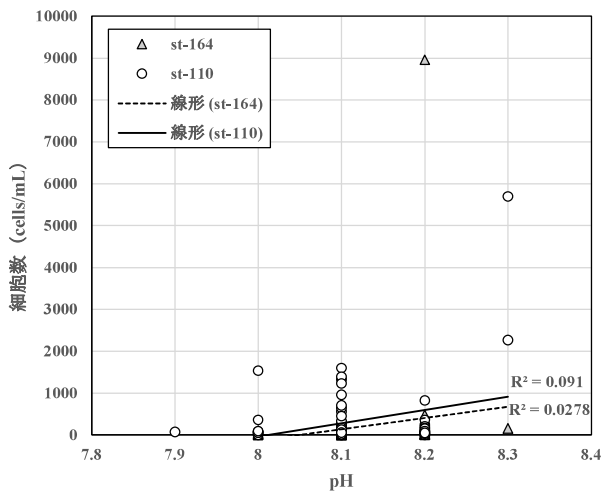
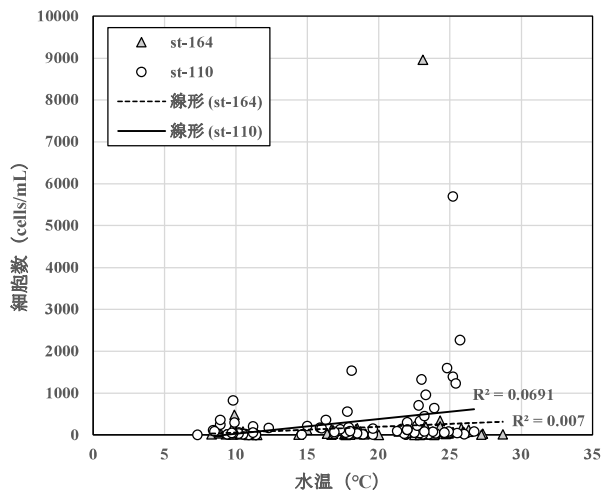


図10-1 植物プランクトン細胞数と水質項目との相関

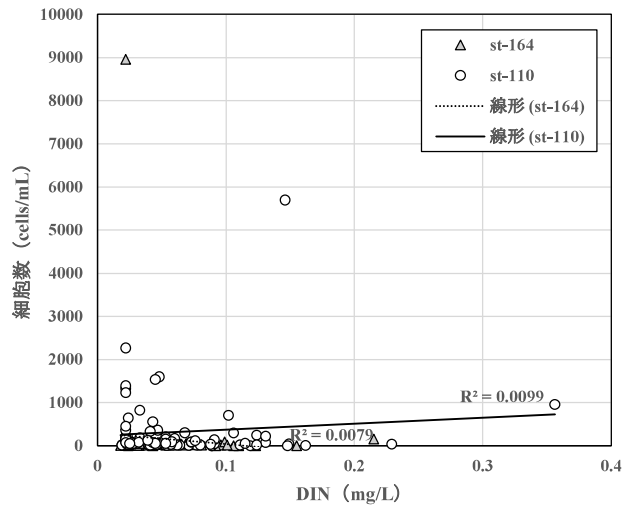
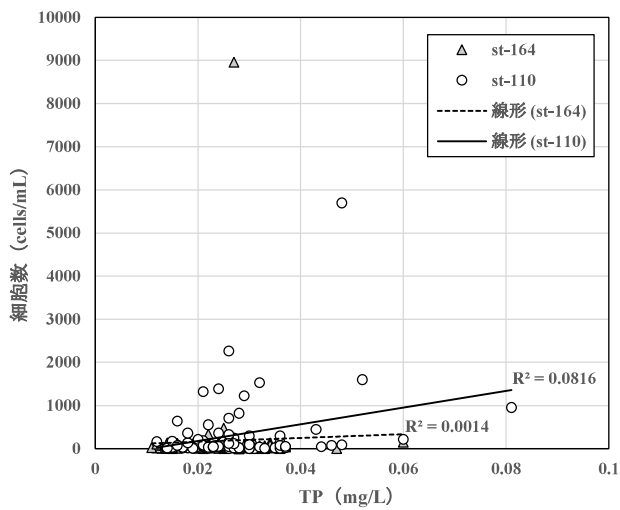
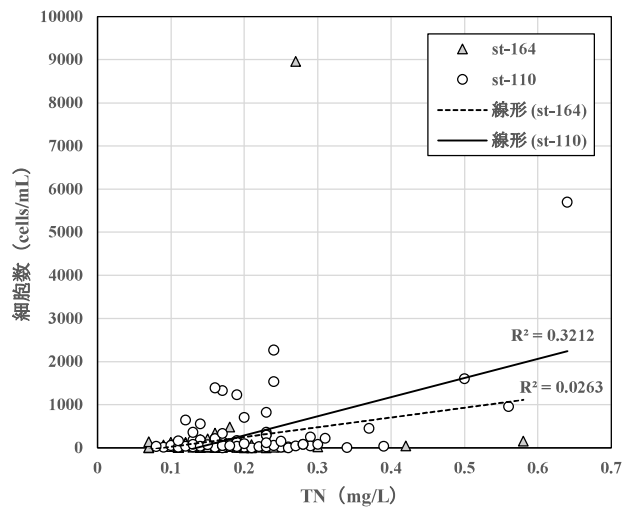
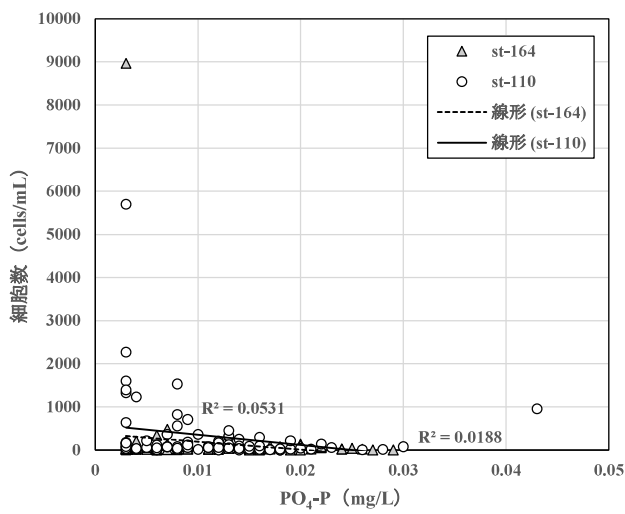
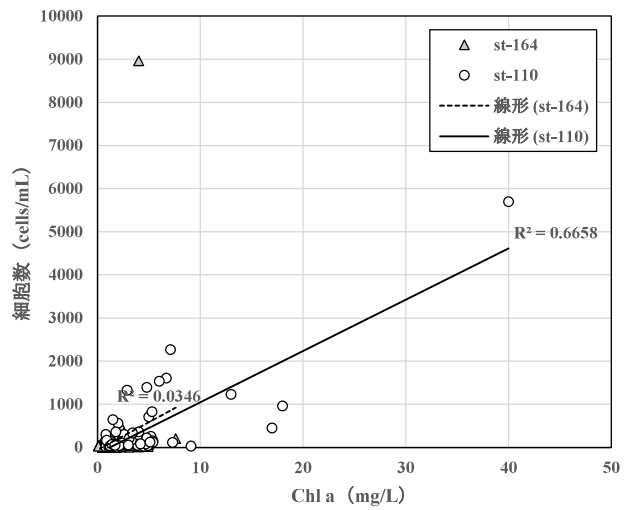
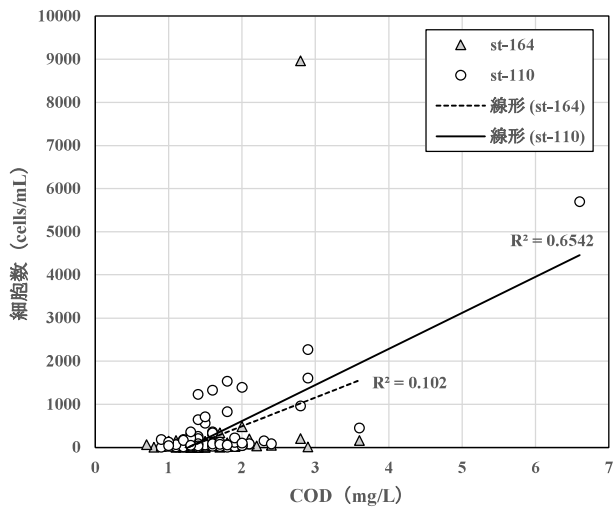


図 10-2 植物プランクトン細胞数と水質項目との相関

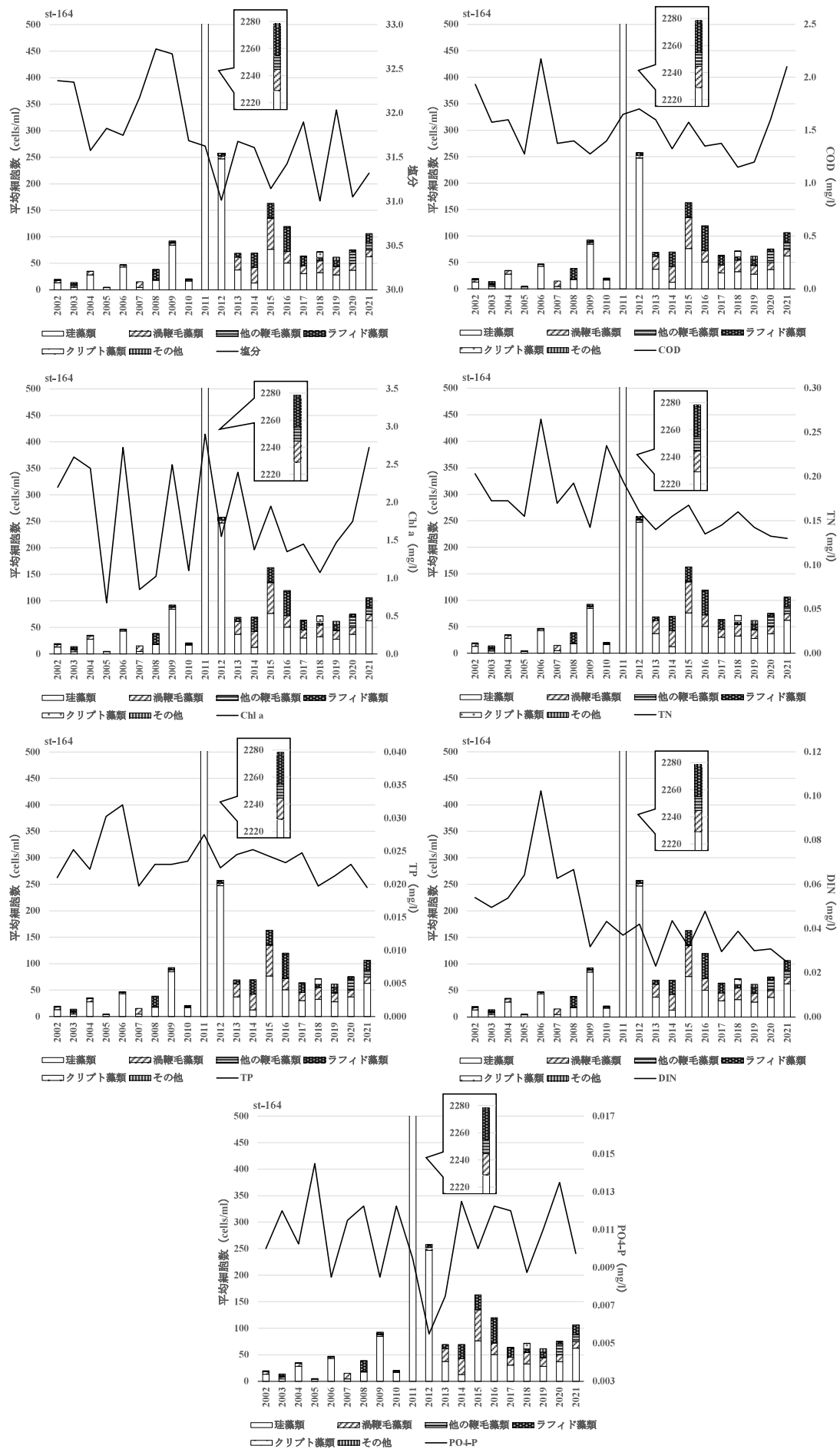


図 11 植物プランクトン優占種別平均細胞数と水質項目年間平均値の経年変化 (st-164)

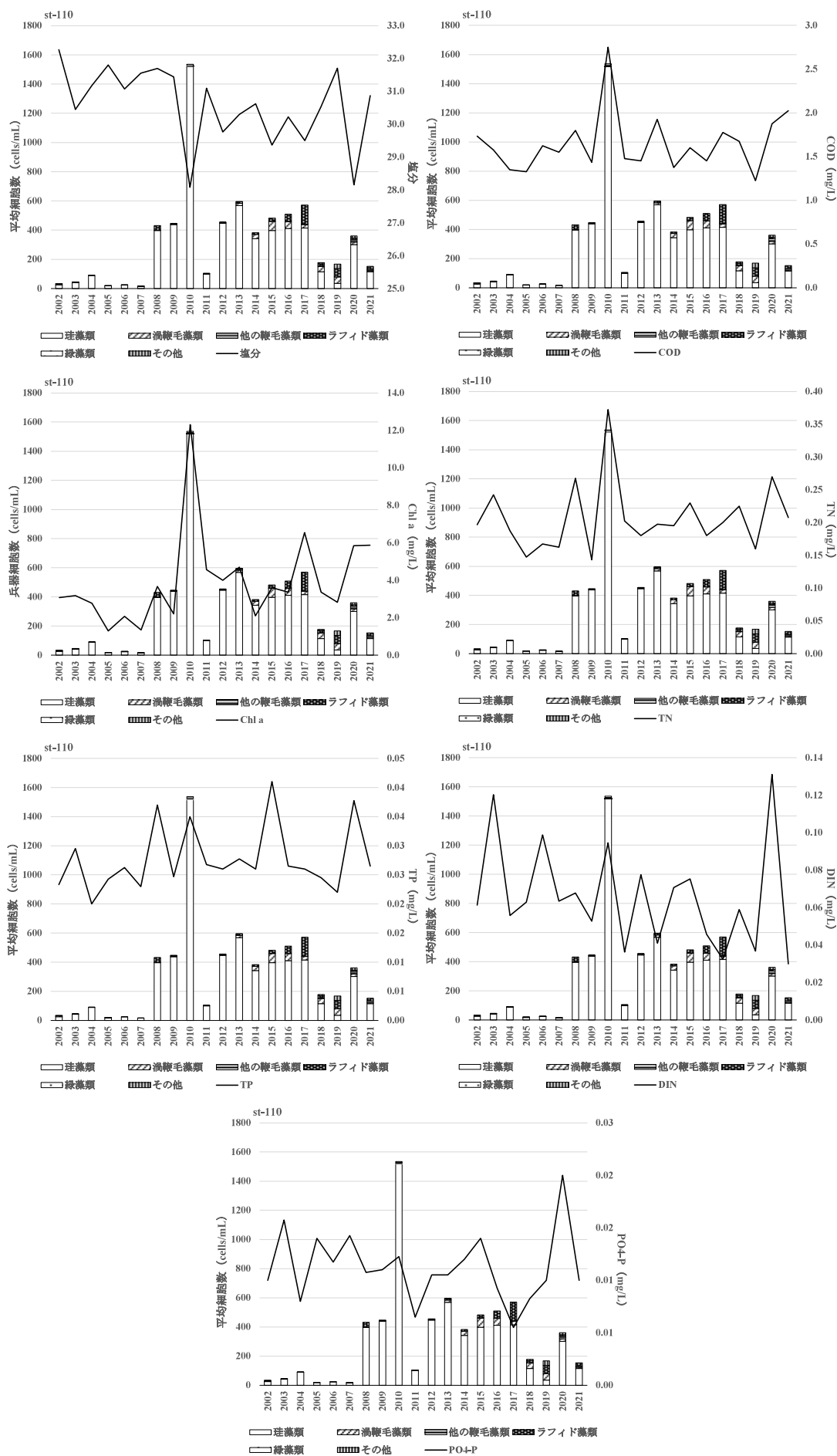


図 12 植物プランクトン優占種別平均細胞数と水質項目年間平均値の経年変化 (st-110)

IV まとめ

広域総合水質調査の測定データを用いて、2002年から2021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細胞数は、st-164及びst-110の両地点とも増加傾向にあったが、増加率はst-110の方が高かった。また、両地点ともに細胞数は夏季に増加し、秋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ではst-164よりも渦鞭毛藻類やラフィド藻類の出現比率が低かった。
- 3 水質項目の20年間での変動について、TN及びTPはst-164で、DINは両地点でそれぞれ減少傾向が見られた。st-110のChl aは増加傾向が見られたが、その他の項目は横ばいであり、この20年間での水質は大きく変動していないと考えられる。また、河川水流入の影響を受けると考えられるst-110は、st-164よりも水質項目の経年変化が大きかった。
- 4 植物プランクトン細胞数と水質項目の間に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細胞数の変化と水質項目の変化に関連性は見られなかった。

今回は2002年度から2021年度のデータを対象としたが、広域総合水質調査には1982年度から2001年度の測定データ（植物プランクトンは旧コードによる分類）も存在する。また、植物プランクトンの増殖には水質項目以外の日照、降水等の気象条件が関係していることも踏まえ、今後はそれらを含めた更なるデータ解析を行うなど検討を進めていく。

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) 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/d-ataMap.asp> (2024年8月16日現在)
- 5) 日本海洋データセンター: 海洋生物 (プランクトン) 分類コード, https://www.jodc.go.jp/jodcweb/JDOSS/infoTaxonomicCode_j.html (2024年8月16日現在)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)