

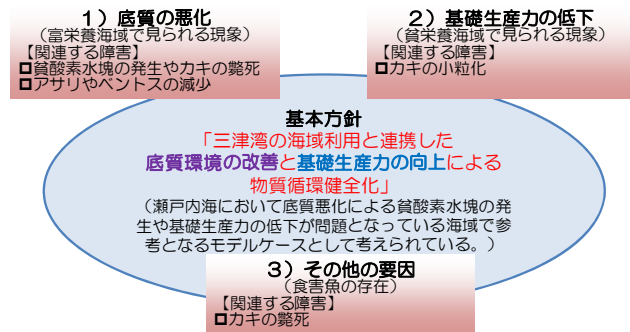
(2) 現地調査結果による三津湾

1. 調査目的と内容

(1) 調査目的

本調査では、陸域・海域を含めた三津湾の物質循環を解析するにあたり不足する情報を得ることを目的とする。

【今年度及び昨年度の調査項目】



(2) 調査内容

本調査では、三津湾の現状を把握するために、右表の調査項目を実施した。

現地調査項目	目的	実施時期	分析方法
1. 底質の悪化要因解析のための現地調査			
(1) 底質の成分分析	湾内に堆積する底質の発生起源等の解明	H23秋冬、H24春夏	表層堆積物2層(0~3cm、3~6cm層)を採取し、分析 粒度組成: 篩による測定、COD: 底質調査方法Ⅱ 20、 強熱減量: 底質調査方法Ⅱ 4、 TOC: 沿岸環境調査マニュアル[底質・生物編] 5.5.1、 T-N: 底質調査方法Ⅱ 18、T-P底質調査方法Ⅱ 19、 硫化物(T-S): 底質調査方法Ⅱ 17、硫化水素(H ₂ S): 検知管(ガステック)
(2) ベントス調査	湾内のベントスの主な出現種、現存量の把握	H23秋冬、H24春夏	スミスマッキンタイヤ型採泥器で3回採泥したものを1試料とし、目合い1mmの篩上の捕集生物を計測
(3) 貧酸素水塊の把握(湾内観測)	湾内における貧酸素水塊の出現状況の把握	H23秋冬、H24春夏	多項目水質計による環境(水温、塩分、Chl.a、DO、光量子(夏のみ))の鉛直分布データを取得
(4) 貧酸素水塊の把握(湾口連続観測)	湾外及び湾内における貧酸素水塊の動態の把握	新規: H24夏	DO計及び水温、塩分計を海底上50cmに設置し、15日間のデータを取得(10分間隔)
(5) セジメントトラップ調査	カキ養殖筏からの物質の集積、沈降量の把握	H23冬、H24夏	養殖カキ筏の直下に設置し、沈降粒子を捕集
2. 基礎生産力の解析のための現地調査			
動・植物プランクトン調査	湾内における基礎生産力の解明	H23秋冬、H24春夏	動物プランクトン: 北原式ネットを用いて採集した試料 植物プランクトン: 表層、下層で1L採水した試料に含まれるプランクトンを計測した。
3. 物質収支モデル構築に必要な情報の取得			
(1) 流況調査	モデル構築に必要な流況の把握	H23冬、H24夏	表層及び下層に電磁流速計を設置し、データを取得(10分間隔、1秒を60回測定)
(2) 水質調査	躍層の設定や窒素、リンの存在形態等の把握	H23秋冬、H24春夏	表層及び下層で採水し、分析 DO: ウィンター法、Chl.a、フェオフィチン: ロレンツェン法、 COD: 酸性過マンガン酸法、TOC: 燃焼酸化法 T-N、NO ₃ -N: 銅・カドミウム還元法、NH ₄ -N: インドフェノール法 NO ₂ -N: ナフチルエチレンジアミン吸光法、 T-P: ヘルオキシニ硫酸法、 PO ₄ -P: モリブデン青吸光光度法 (D-PO ₄ -Pは1μmガラスフィルターでろ過後に分析)
(3) 底質	蓄積や溶出等の底質を介した物質収支の検討	H23秋冬、H24春夏	柱状コア(表層約30cm)を採取し、0、1、2、3、6、12時間後の直上水(海底上5cm)を採水し、DO、T-N、T-Pを分析
(4) アマモの分布	物質収支におけるアマモの影響把握	新規: H24春	漁業者へのヒアリング後、調査地点を決定し、アマモの分布状況を3段階別に分けて水中ケーブカメラで観察
(5) 付着珪藻調査	物質収支における付着珪藻の影響把握	新規: H24春夏	表層1cmの堆積物を採取し、Chl.aの測定
4. その他			
(1) 食害調査	カキの斃死の要因解析	H23秋、H24春	食害が起きている筏に水中ビデオカメラを設置し、魚類の蟄集状況を把握

2. 調査実施時期の気象

【調査時期の気象】

- 6月は、気温、降水量ともに平年値と同程度であった。
- 8月は、気温は平年値と同程度だが、降水量は顕著に少ない（但し、東広島のアメダス欠測期間に、近傍では強い降雨が観測。実際には平年と同程度とみられる）
- 8月調査前10日間は降水量が少なく、日照時間が長い。

【調査前の降水量と日照時間】

調査前10日間は殆ど降雨がなく、日照時間も23日を除いて、6時間以上であった。
調査2週間前の11日～15日は、東広島の観測所は欠測となっているが、近傍の広島や呉では11日に35mm強、14日に80mm強の降雨が記録されており、東広島でも強い雨が降った可能性が高い。

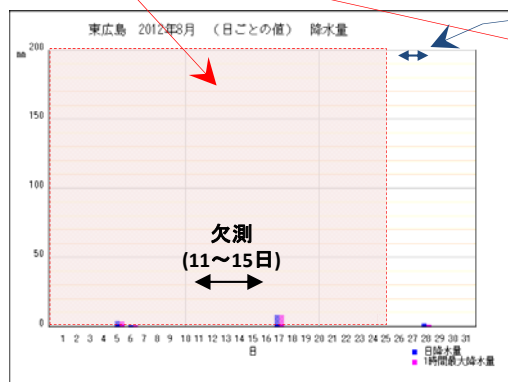
【気温と降水量の比較】

	2012年(6月)	平年値(1981～2010年)
平均気温(°C)	20.9	21.0±0.8
降水量(mm)	177.5	219.7±125.1
⇒気温、降水量ともに平年値通り		

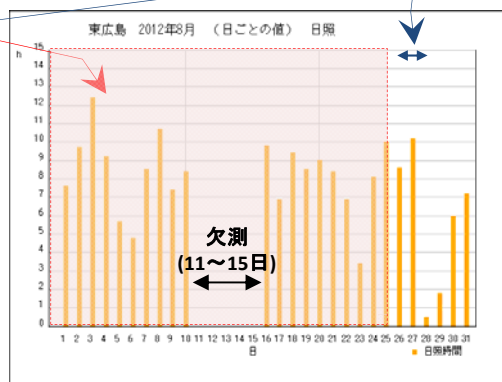
	2012年(8月)	平均(1981～2010年)
平均気温(°C)	26.5	25.6±0.9
降水量(mm)	24.5	124.6±90.7
⇒気温が高かった。		

【8月調査前の降水量と日照時間】

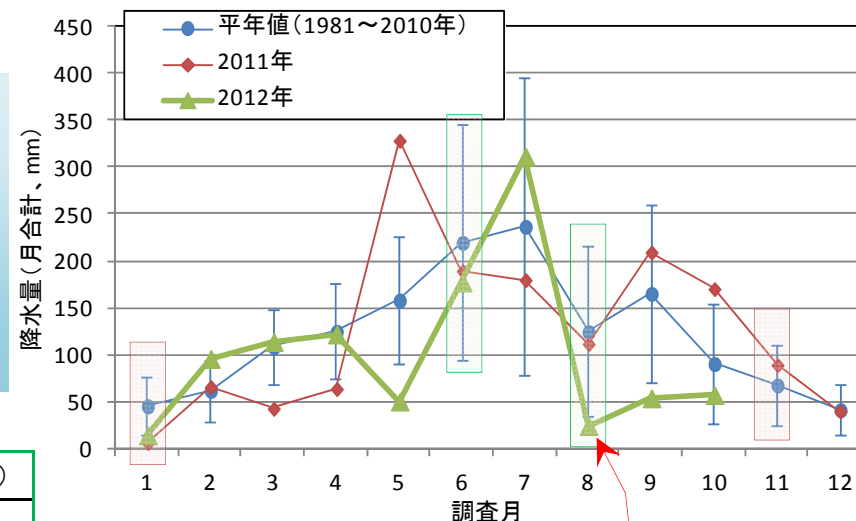
夏季調査日
H24.8.26-28



【降水量(H24.8)】



【日照時間(H24.8)】

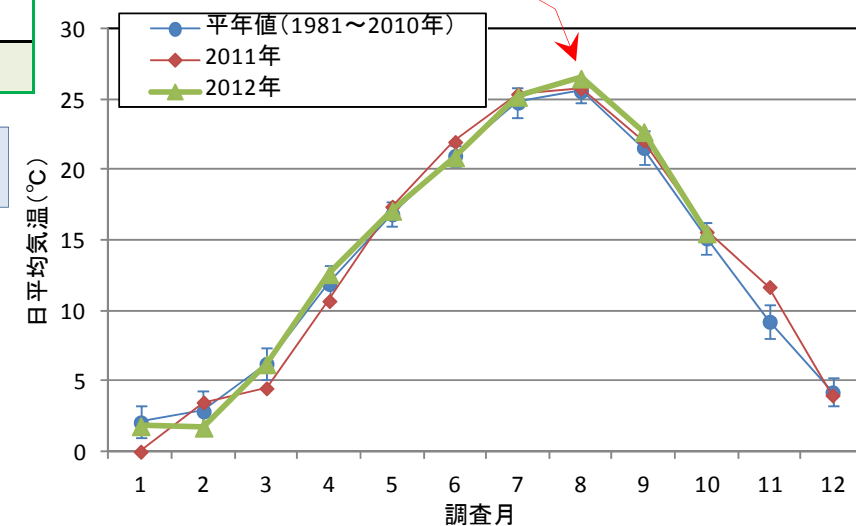


【降水量】

H24.8は、平年値に比べて少なかった。
(欠測が影響した可能性があり、実際は同程度とみられる)

【気温】

H24.8は、平年値に比べて若干高かった。



【気象(月別変化)】

(気象庁(東広島)HPより)

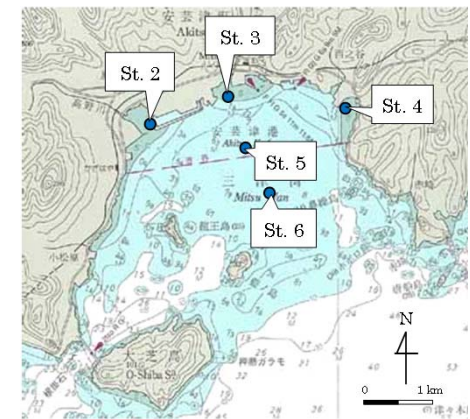
3. 調査結果

(1) 底質の悪化要因解析

1) 底質の成分分析

① 粒度組成

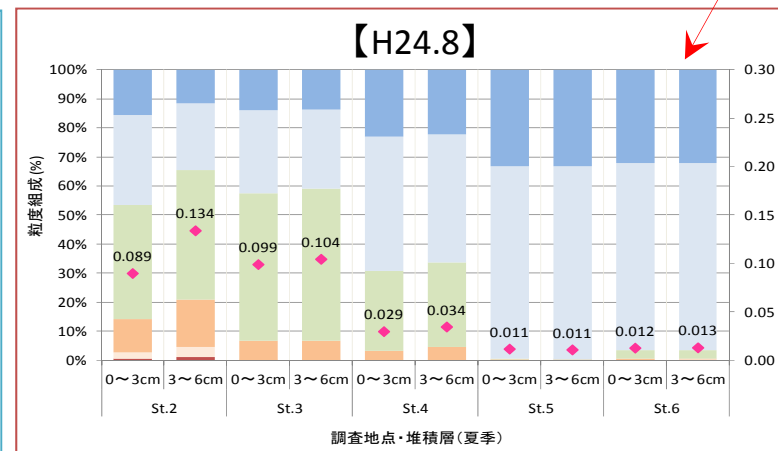
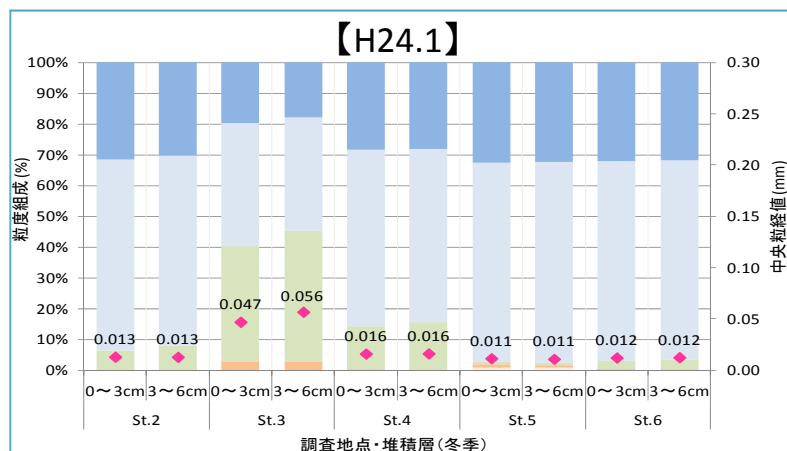
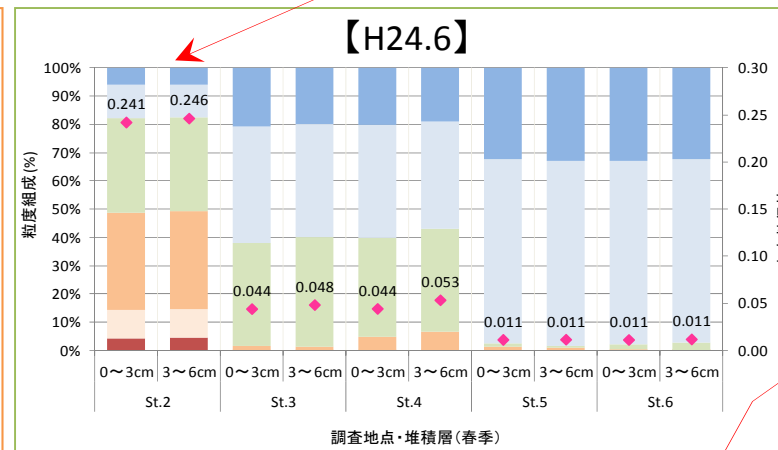
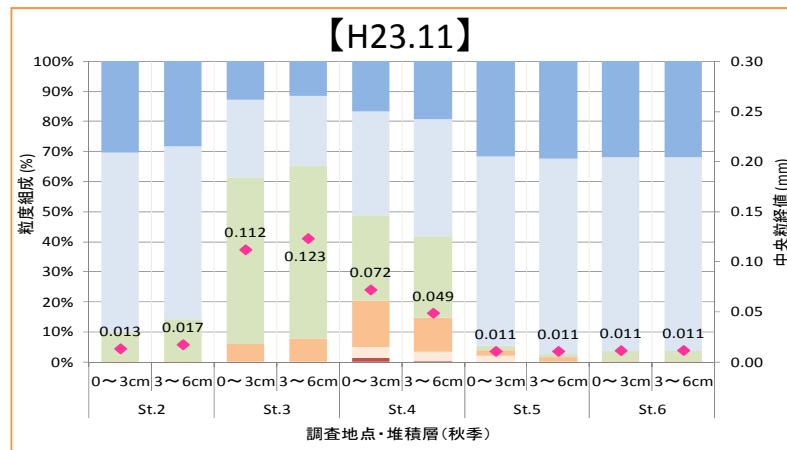
- 全地点において、0～3 cm層と3～6 cm層との間に顕著な差はみられなかった。
- St. 2で粒度組成の変化が大きく、様々な粒度の底質がパッチ状に分布している可能性が高いと考えられた。
- Sts. 5、6は、他地点に比べて細かい粒度組成であった。



【調査地点】

【St. 2の粒度】
0～3、3～6 cm層
ともに調査毎に変化
が大きくなった。

【Sts. 5、6の粒度】
他地点に比べて、粒
度が細かった。

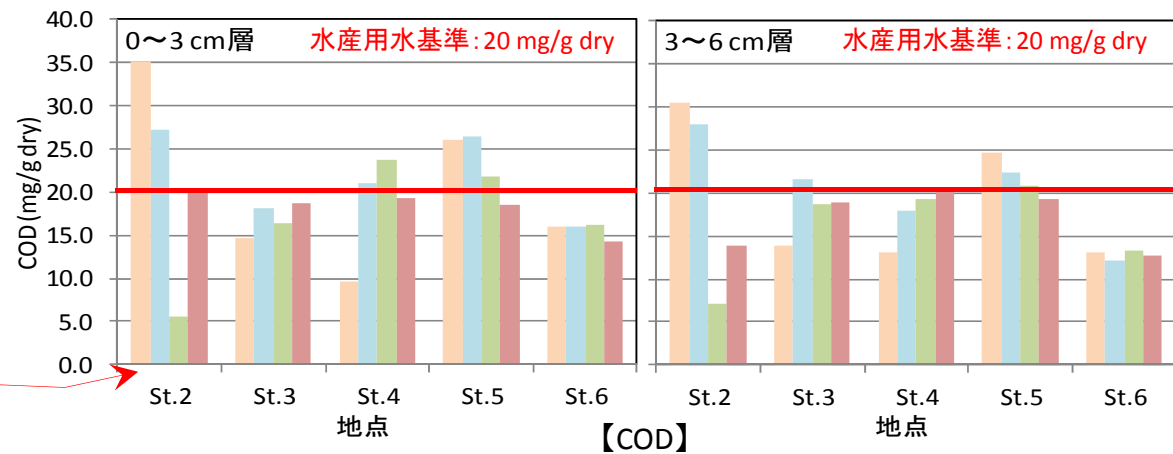


- 粘土 (0.005mm未満)
- シルト (0.005～0.075mm)
- 細砂 (0.075～0.25mm)
- 中砂 (0.25～0.85mm)
- 粗砂 (0.85～2mm)
- 礫 (2～75mm)
- ◆ 中央粒径 (mm)

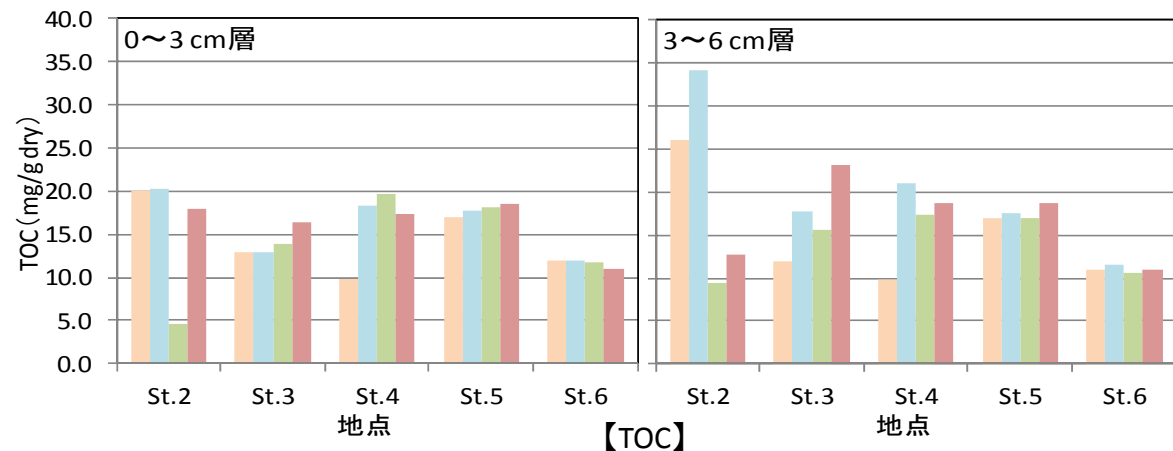
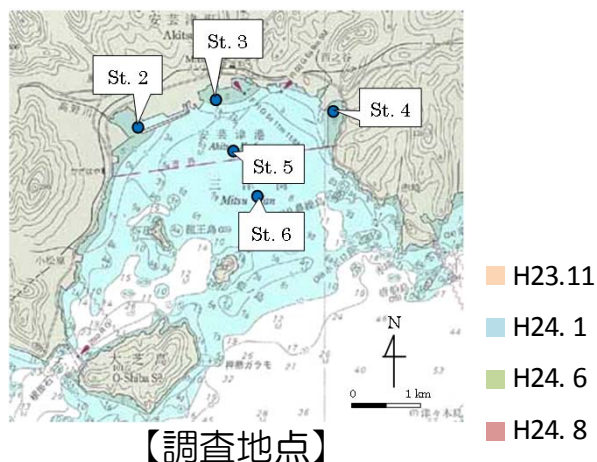
【粒度組成と中央粒径値】

②CODとTOC

- St. 2におけるCOD、TOCは、粒度組成と同様、調査毎の変化が大きかった。
- CODの年間平均値は、St. 5（0～3 cm層：23.3±3.8 mg/g dry、3～6 cm層：21.7±2.3 mg/g dry）で最も高かった。
- St. 5におけるTOCの年間平均値は、0～3 cm層では他地点に比べて最も高く、3～6 cm層ではSt. 2に次いで高かった。

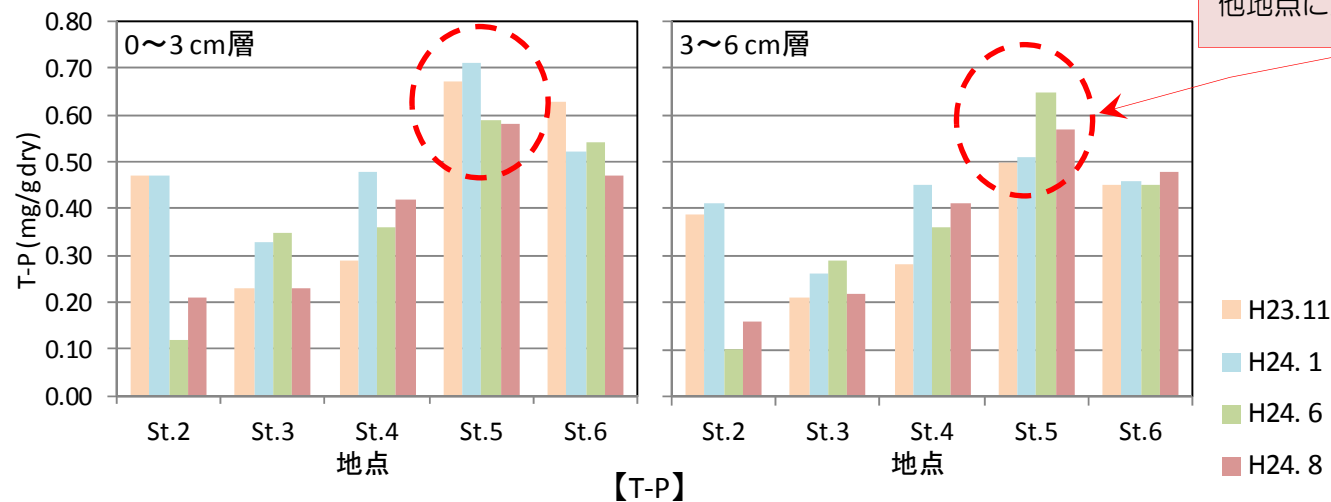
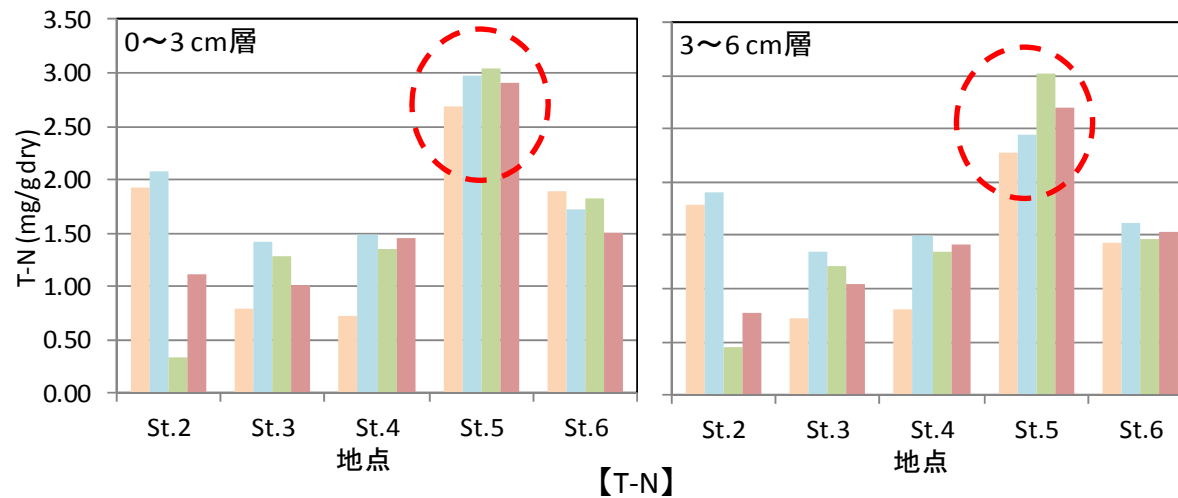
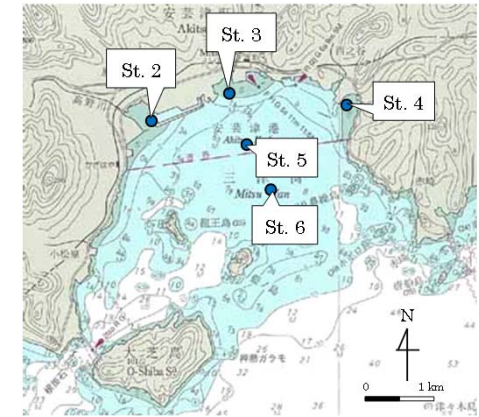


【St. 2のCOD】
粒度組成と同様、調査毎の変化が大きかった。



③T-NとT-P

- T-Nの年間平均値は、St. 5 (0~3 cm層：2.90±0.16 mg/g dry、3~6 cm層：2.61±0.32 mg/g dry) で最も高かった。
- T-Pも同様にSt. 5 (0~3 cm層：0.64±0.06 mg/g dry、3~6 cm層：0.56±0.07 mg/g dry) で最も高かった。



【St. 5のT-N、T-P】
0~3、3~6 cm層ともに
他地点に比べて高かった。

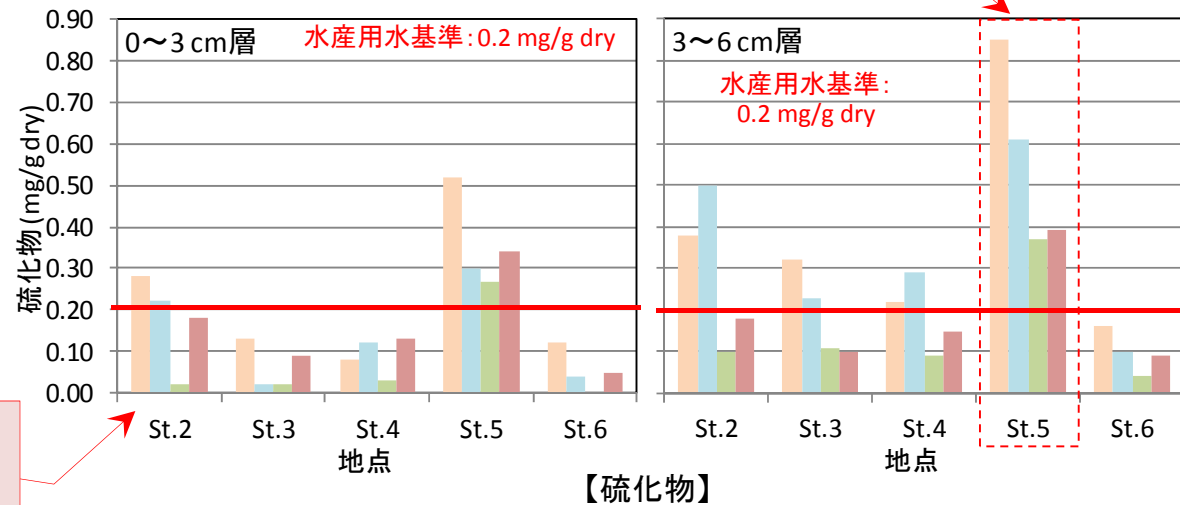
○ H23.11
○ H24. 1
○ H24. 6
○ H24. 8

④硫化物

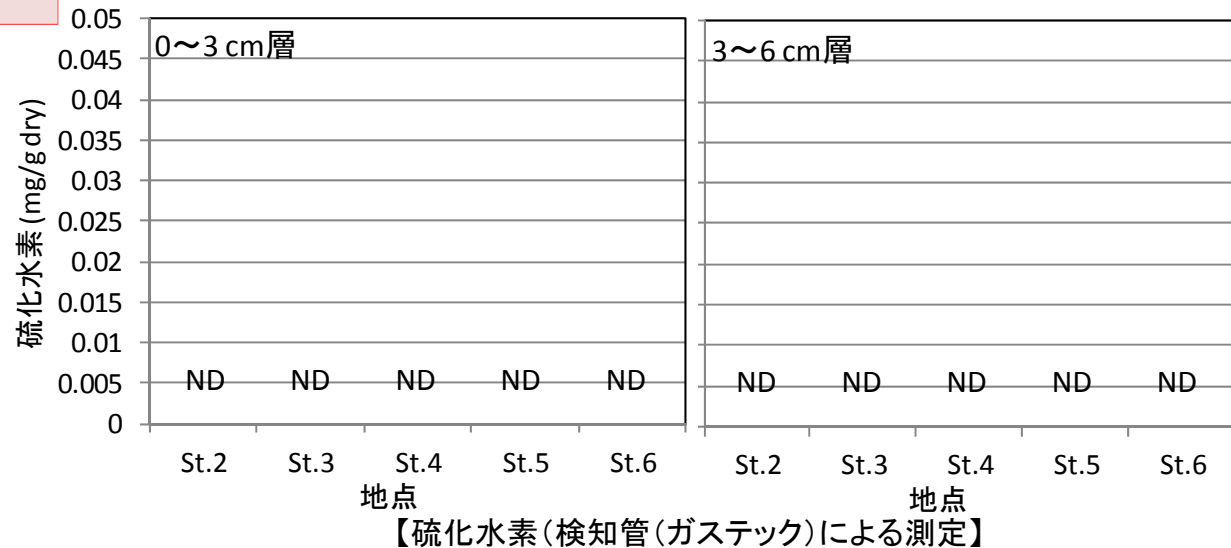
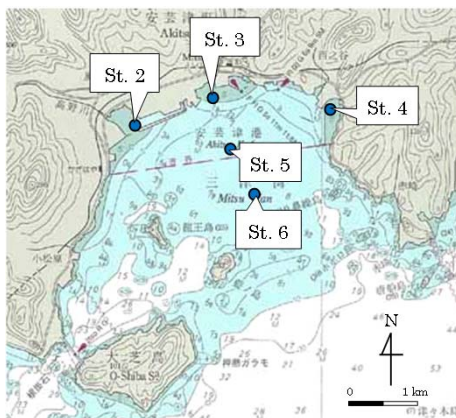
- St. 5の硫化物が最も高くなる傾向にあり、全調査月において水産用水基準（0.2 mg/g dry）を超えた。
- 硫化水素は検出されなかった。

H23.11
 H24. 1
 H24. 6
 H24. 8

【St. 5の硫化物】
他地点に比べて高かった。

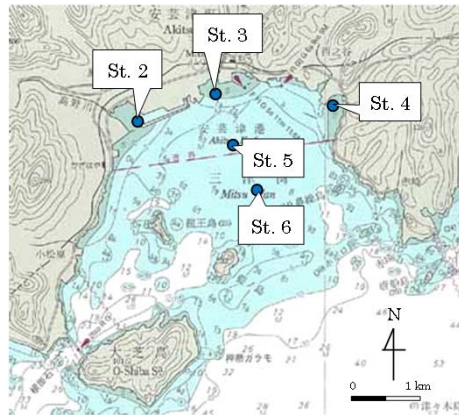


【表層0~3 cm層の硫化物】
3~6 cm層に比べて低く、特にSt. 5では顕著に低い傾向があった。



2) ベントス調査

- ▶ 個体数は8月に多くなる傾向があり、St. 2で最も多く出現した。
- ▶ 環形動物門が大きな割合を示し、次いで軟体動物門が多くなる傾向であった。
- ▶ アサリは確認されなかった。

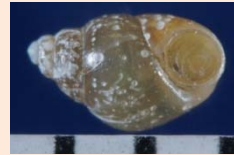


【調査地点】

【11月】

河口域のSt. 2において、最優占種はエドガワミズゴマツボであり、St.s 5、6ではカタマガリギボシイソメが最優占種となった。

汽水域に生息し、泥干潟やタイドプールにも生息する。



エドガワミズゴマツボ
(軟体動物門)

【6月】

干潟のSt. 4ではマルヘノジガイが、St. 5ではカタマガリギボシイソメが最優占種となった。

砂泥底に生息し、クモヒトデ等の棘皮動物と共生する。



マルヘノジガイ
(軟体動物門)

【1月】

Sts. 3、4において、最優占種は *Ophiopeltis* sp. であり、St. 5では *Heteromastus* sp. が最優占種となった。

泥分と有機物の多い底質環境に生息するが過度に泥質化した環境は好まない。



Heteromastus sp.
(環形動物門)

【8月】

Sts. 2、4、5でカタマガリギボシイソメが最優占種となった。また、St. 5ではシズクガイも優占種となった。

内湾の砂泥底に生息。有機汚濁指標種として報告されている。



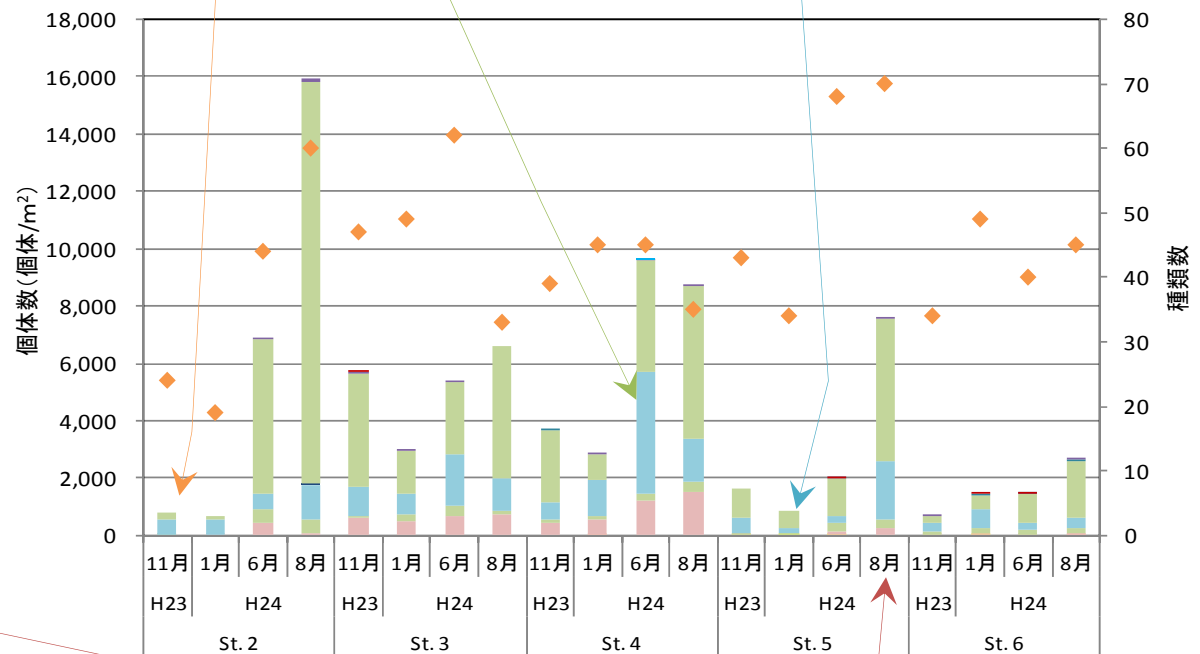
カタマガリギボシイソメ
(環形動物門)

砂泥底に生息し、汚濁指標種の1種である。



シズクガイ
(軟体動物門)

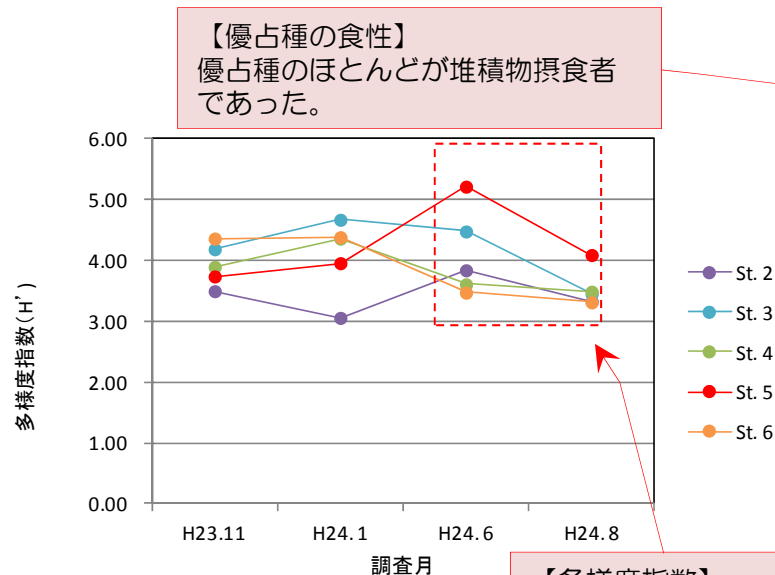
- 腔腸動物門
- 扁形動物門
- 紐形動物門
- 星口動物門
- 環形動物門
- 触手動物門
- 軟体動物門
- 節足動物門
- 棘皮動物門
- 半索動物門
- 原索動物門
- ◆ 種類数



調査地点・時期

2) ベントス調査

- 優占種の食性でみると、ほとんどが堆積物摂食者であった。
- 多様度指数 (H') も3.00以上と高く、海域全体の平均値は3.92 (3.06~5.22) と、他海域と同程度であった。



【多様度指数】

【多様度指数】
6、8月には、St. 5
が他地点に比べて高
くなった。

【他海域の多様度指数】

Sea Area	D.I.	(min.~max.)
Kii Channel	3.86 ave.	(1.31~3.12)
Osaka Bay	2.86 ave.	(0.0 ~2.55)
the sea of Harima	3.21 ave.	(0.0 ~3.25)
the sea of Bisan-Seto	2.93 ave.	(1.28~3.11)
the sea of Bingo	3.71 ave.	(0.0 ~3.16)
the sea of Hiuchi	3.11 ave.	(0.0 ~2.78)
the sea of Aki	4.27 ave.	(1.95~3.52)
Hiroshima Bay	3.92 ave.	(0.0 ~3.31)
the sea of Iyo	4.29 ave.	(0.0 ~3.71)
the sea of Subo	3.18 ave.	(0.0 ~3.08)
Bungo Channel	4.15 ave.	(0.0 ~3.47)
Beppu Bay	2.41 ave.	(0.0 ~3.04)
the sea of Hibiki	3.63 ave.	(0.99~3.18)

【近隣海域との比較】
同程度であった。

引用：村上ら (1998)

【優占種とその食性】

St. 2	H23.11(秋季)	H24.1(冬季)	H24..6(春季)	H24.8(夏季)
第1優占種	エドガワミズゴマツボ	マツシマコメツブガイ	ミナミシロガネゴカイ	カタマカリギボシイソメ
第2優占種	カタマカリギボシイソメ ムシロガイ	シズクガイ	カタマカリギボシイソメ	ナガオタケフシゴカイ
第3優占種		エドガワミズゴマツボ	<i>Chone</i> sp.	
第4優占種		カタマカリギボシイソメ	コケゴカイ	
第5優占種			<i>Thelepus</i> sp.	

St. 3	H23.11(秋季)	H24.1(冬季)	H24..6(春季)	H24.8(夏季)
第1優占種	タケフシゴカイ科	<i>Ophiopeltis</i> sp.	<i>Chone</i> sp.	ニホンヒメエラゴカイ
第2優占種	カタマカリギボシイソメ	カタマカリギボシイソメ	<i>Ophiopeltis</i> sp.	カタマカリギボシイソメ
第3優占種	<i>Ophiopeltis</i> sp.	ナガオタケフシゴカイ	マツシマコメツブガイ	ナガオタケフシゴカイ
第4優占種	ニホンヒメエラゴカイ	マルヘノジガイ	ホトギスガイ	セマタスエモノガイ
第5優占種		<i>Glycinde</i> sp. <i>Polydora</i> sp.	ナガオタケフシゴカイ	<i>Ophiopeltis</i> sp.

St. 4	H23.11(秋季)	H24.1(冬季)	H24..6(春季)	H24.8(夏季)
第1優占種	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Ophiopeltis</i> sp.	マルヘノジガイ	カタマカリギボシイソメ
第2優占種	カタマカリギボシイソメ	マルヘノジガイ	<i>Chone</i> sp.	<i>Ophiopeltis</i> sp.
第3優占種	タケフシゴカイ科	<i>Heteromastus</i> sp.	<i>Ophiopeltis</i> sp.	ナガオタケフシゴカイ
第4優占種	<i>Notomastus</i> sp.	カタマカリギボシイソメ	カタマカリギボシイソメ	マルヘノジガイ
第5優占種	<i>Ophiopeltis</i> sp.	マツシマコメツブガイ	ヒメシラトリガイ	<i>Heteromastus</i> sp.

St. 5	H23.11(秋季)	H24.1(冬季)	H24..6(春季)	H24.8(夏季)
第1優占種	カタマカリギボシイソメ	<i>Heteromastus</i> sp.	カタマカリギボシイソメ	カタマカリギボシイソメ
第2優占種	ムシロガイ	カタマカリギボシイソメ	<i>Heteromastus</i> sp.	シズクガイ
第3優占種	<i>Heteromastus</i> sp.	ムシロガイ	<i>Thelepus</i> sp.	ニホンヒメエラゴカイ
第4優占種	ニホンヒメエラゴカイ	<i>Marphysa</i> sp.		ナガオタケフシゴカイ
第5優占種	キヌボラ			<i>Heteromastus</i> sp.

St. 6	H23.11(秋季)	H24.1(冬季)	H24..6(春季)	H24.8(夏季)
第1優占種	カタマカリギボシイソメ	カタマカリギボシイソメ	ナガオタケフシゴカイ	ナガオタケフシゴカイ
第2優占種	シズクガイ	シズクガイ	カタマカリギボシイソメ	カタマカリギボシイソメ
第3優占種	ヒメカノコアサリ	ヒメカノコアサリ	シズクガイ	シズクガイ
第4優占種	<i>Amphipplus</i> sp.		<i>Euphilomedes</i> sp.	ニセタマガシフサゴカイ

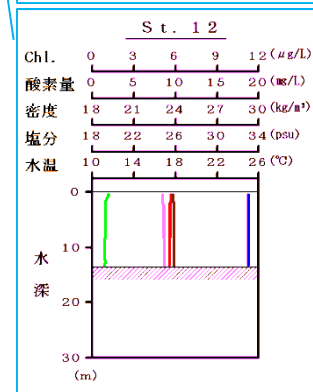
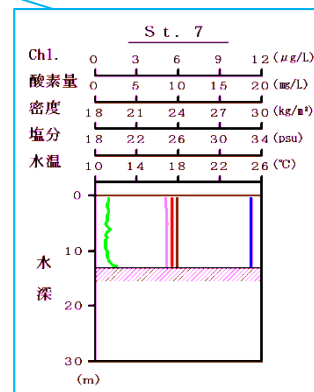
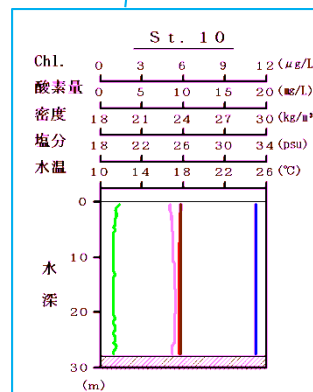
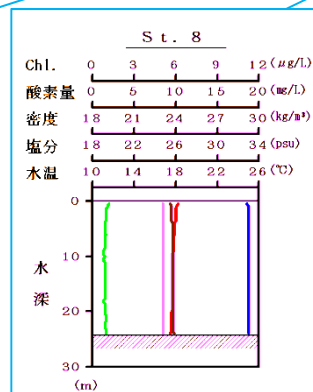
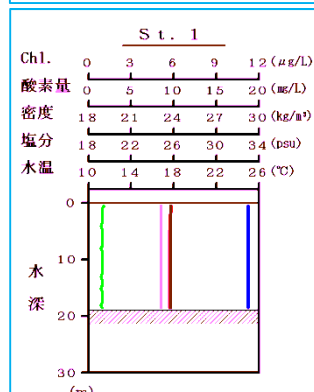
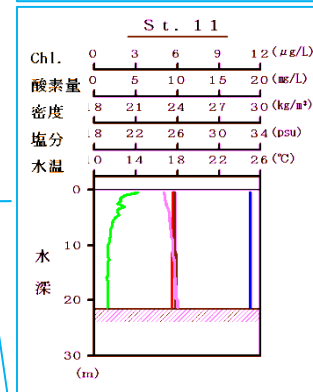
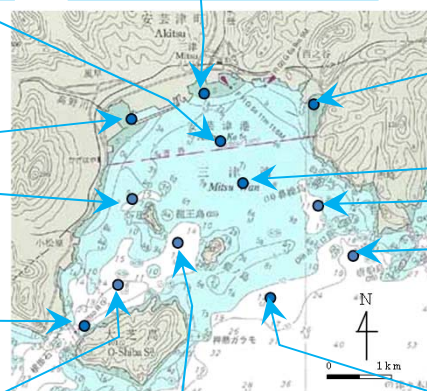
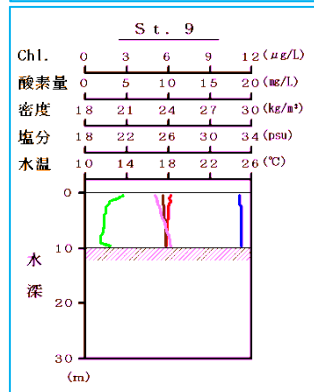
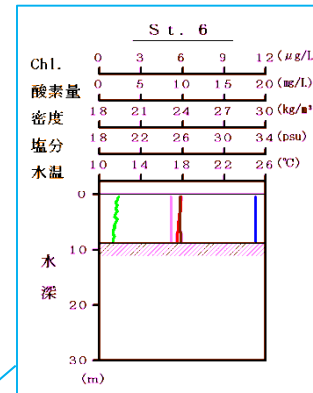
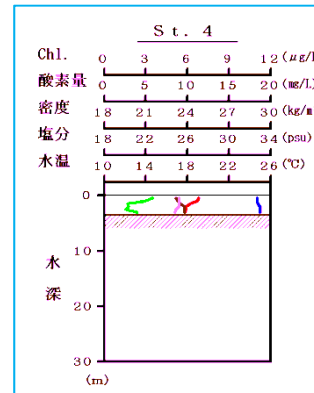
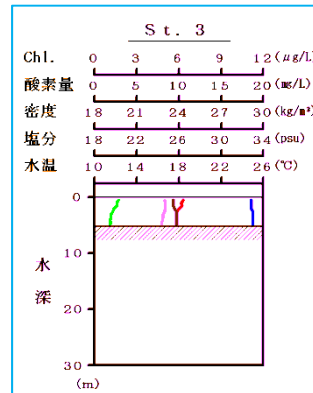
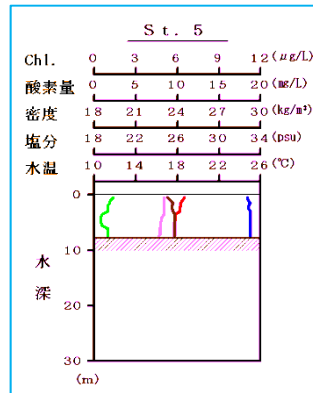
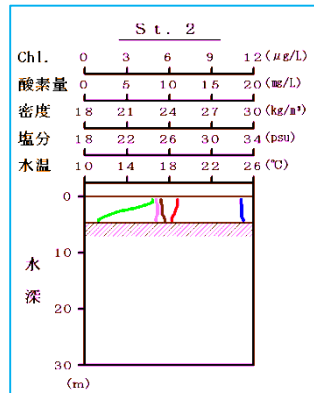
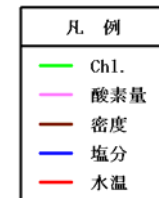
オレンジ 堆積物摂食者
緑 懸濁物摂食者
青 肉食者
黒 不明

優占種・・・
個体数が上位5位以内かつ優占率が5%以上の種

3) 貧酸素水塊の把握（湾内観測）

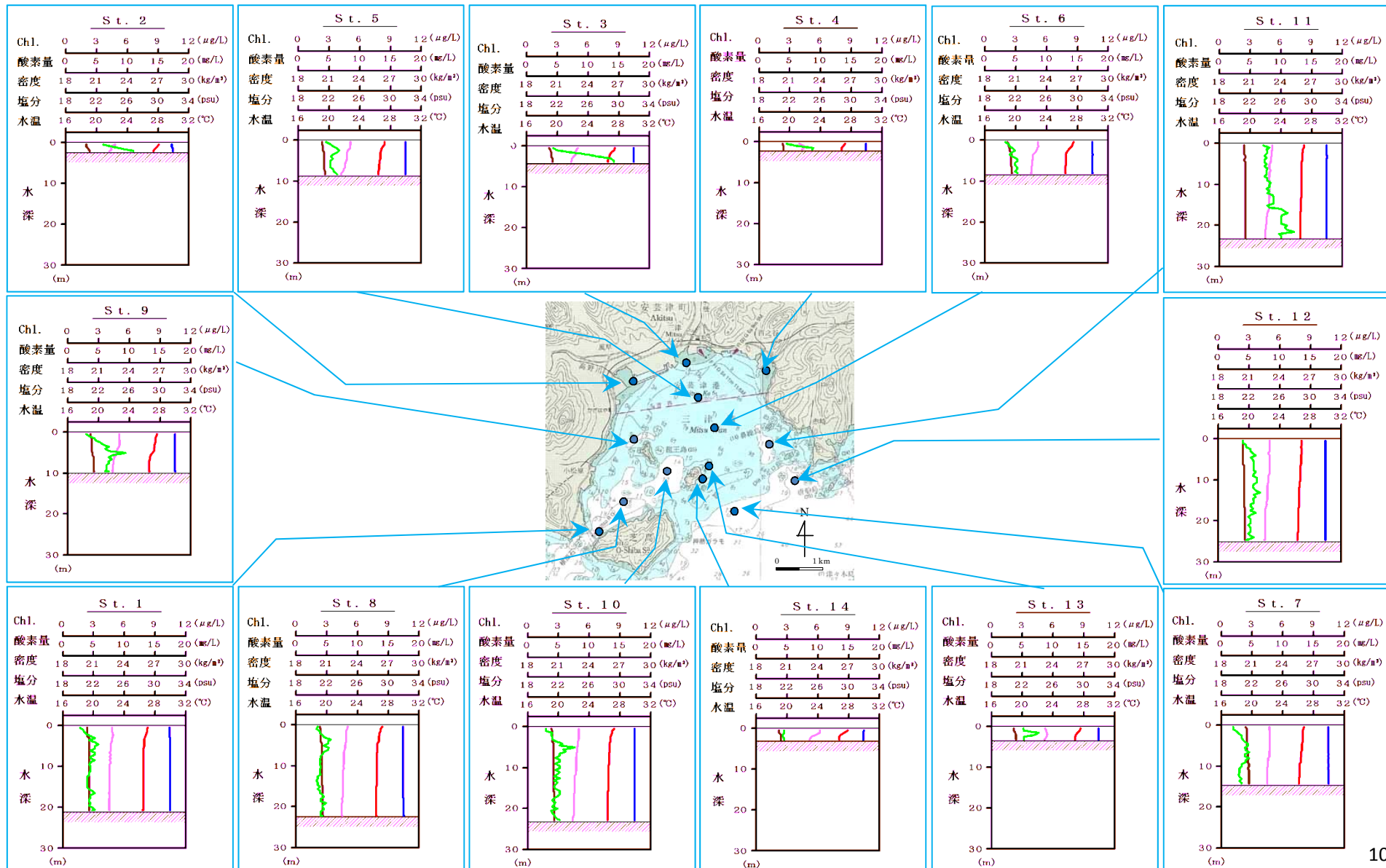
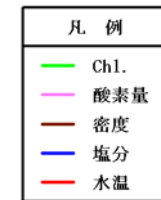
①6月

➤ 成層構造も発達しておらず、貧酸素水塊（水産用水基準：4.3 mg/L 未満）は出現していなかった。



3) 貧酸素水塊の把握 (湾内観測) ②8月

➤ 成層構造もあまり発達しておらず、貧酸素水塊も出現していなかった。



3) 貧酸素水塊の把握 (湾内観測)

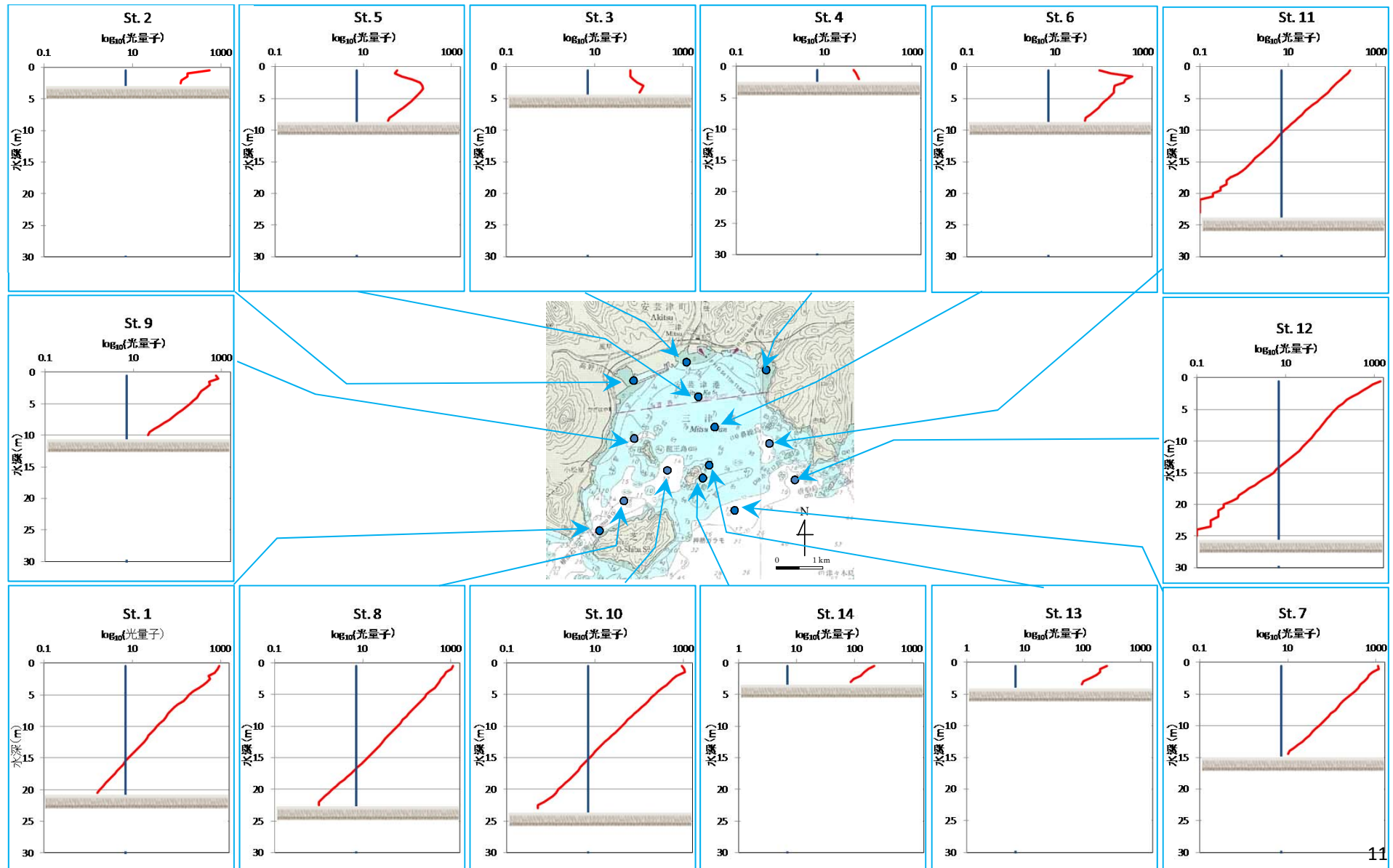
②8月 (下層の光量子)

➤ St. 2~7、9、13、14における海底の光量子が付着珪藻 (*Nitzschia* sp.) が増加可能な光条件であった。

— 光量子

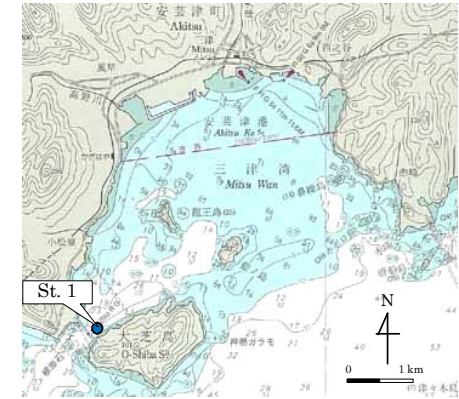
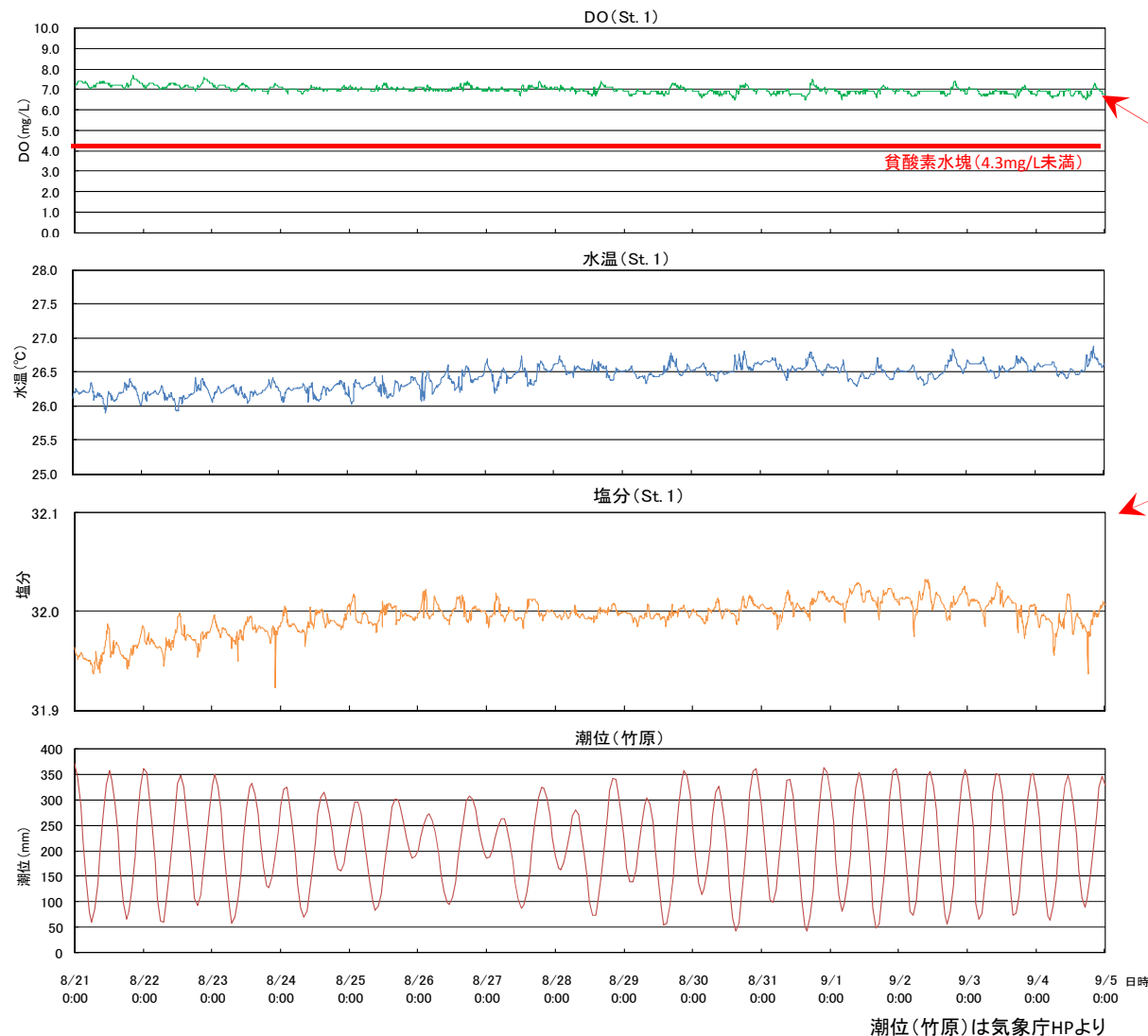
— *Nitzschia* sp.の増加
可能な光条件※

※Yamamoto et al. (2004)



4) 貧酸素水塊の把握（湾口連続観測、St. 1）

➤ St. 1における下層（海底上0.5 m）のDOは、貧酸素水塊になることはなかった。



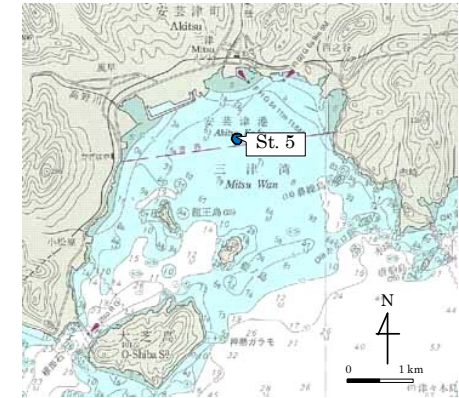
【調査地点】

【下層DOの連続観測】
調査期間を通じて、貧酸素水塊が出現することはなかった。

【水温、塩分の変動】
潮位変動に合わせて、塩分が変化していた。

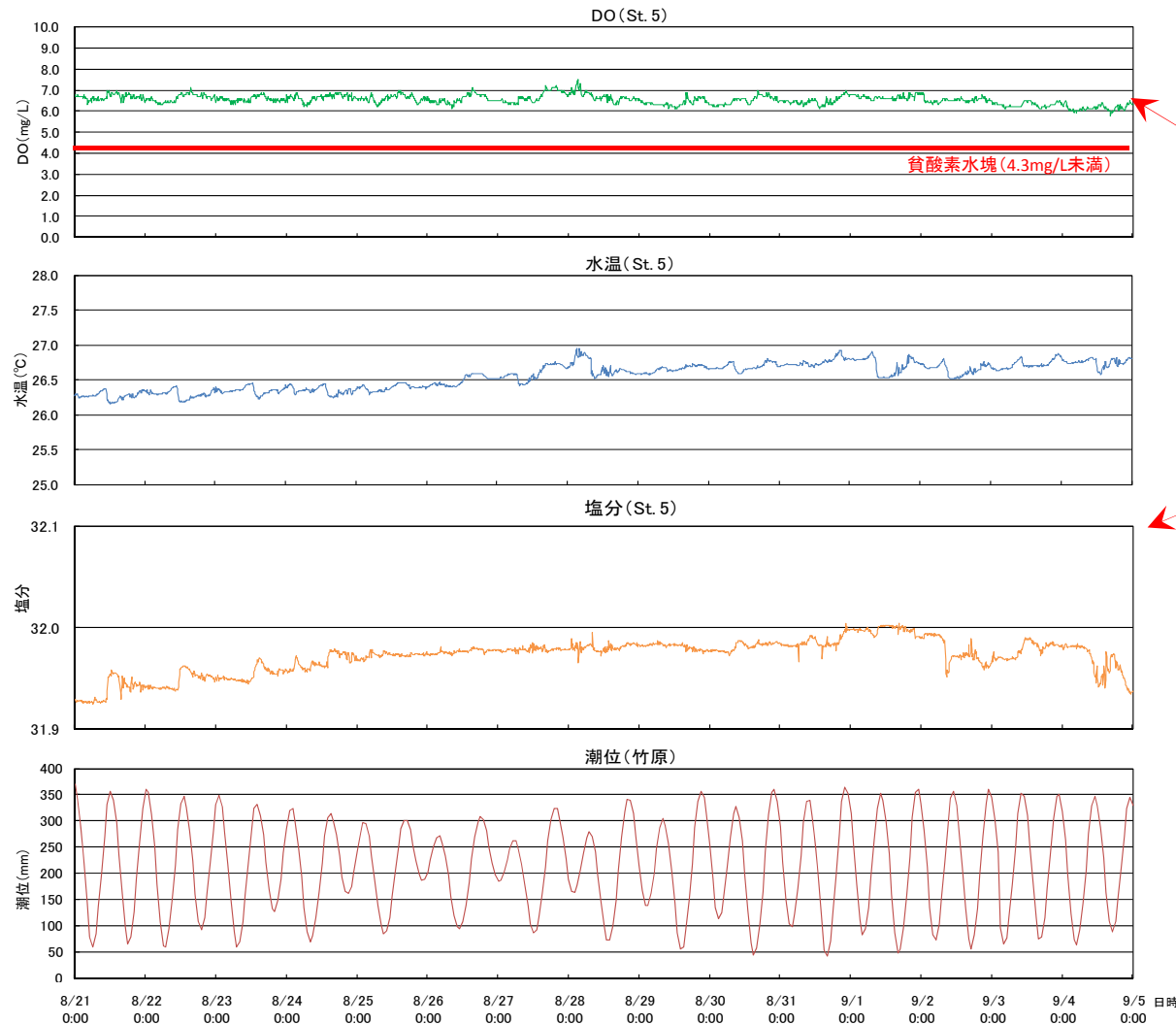
4) 貧酸素水塊の把握（湾口連続観測、St. 5）

➤ St. 5における下層（海底上0.5 m）のDOは、貧酸素水塊になることはなかった。



【調査地点】

【下層DOの連続観測】
調査期間を通じて、貧酸素水塊が出現することはなかった。

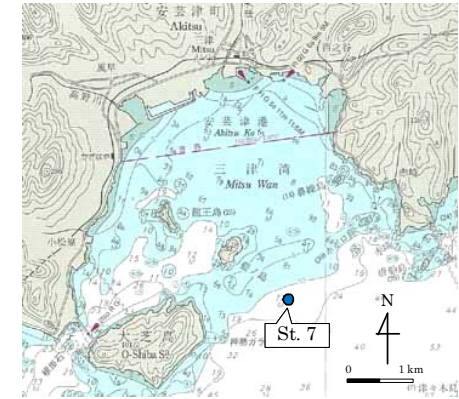
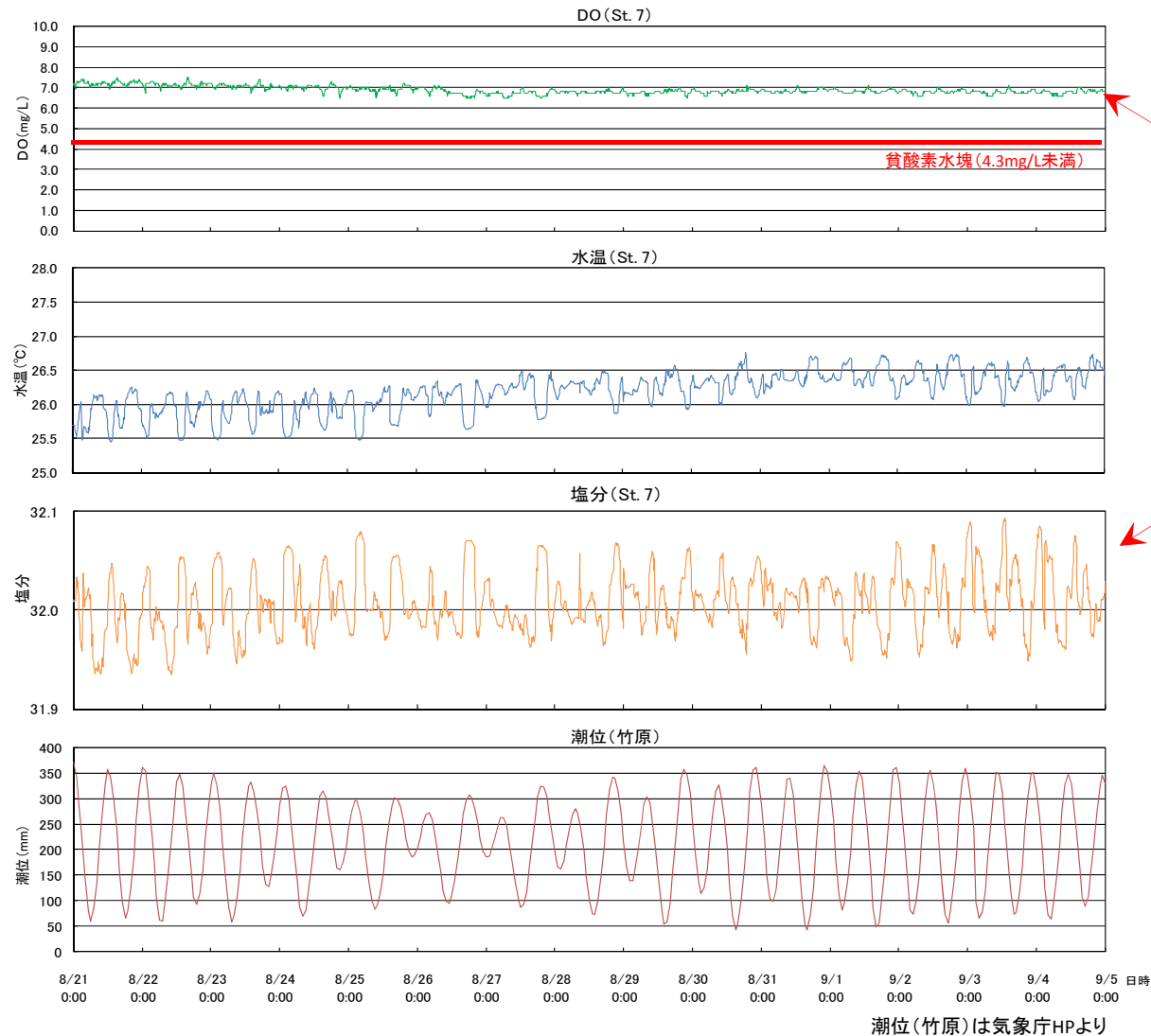


【水温、塩分の変動】
潮位変動と関係なく、水温、塩分が変動した。

潮位(竹原)は気象庁HPより

4) 貧酸素水塊の把握（湾口連続観測、St. 7）

➤ St. 7における下層（海底上0.5 m）のDOは、貧酸素水塊になることはなかった。



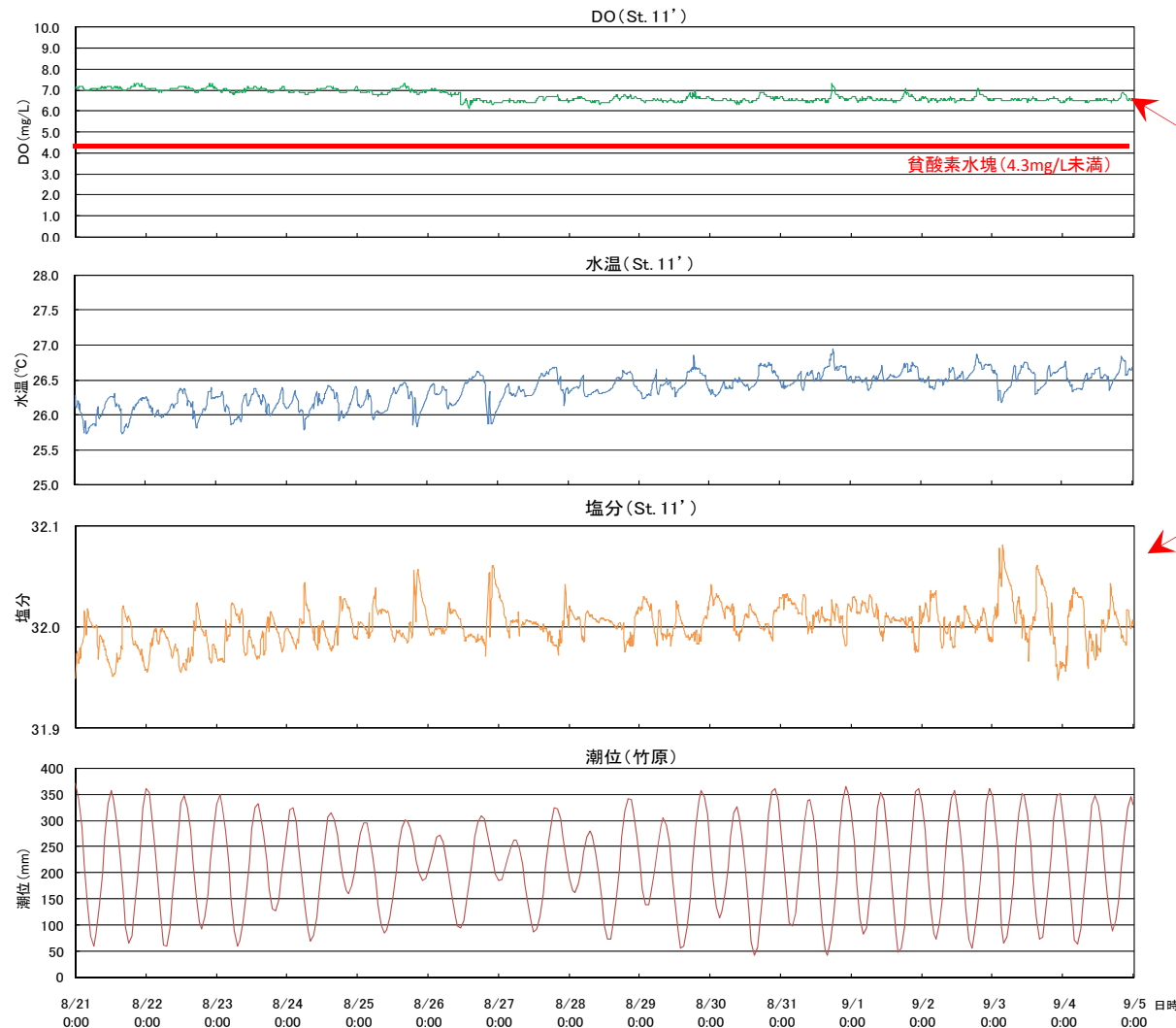
【調査地点】

【下層DOの連続観測】
調査期間を通じて、貧酸素水塊が出現することはなかった。

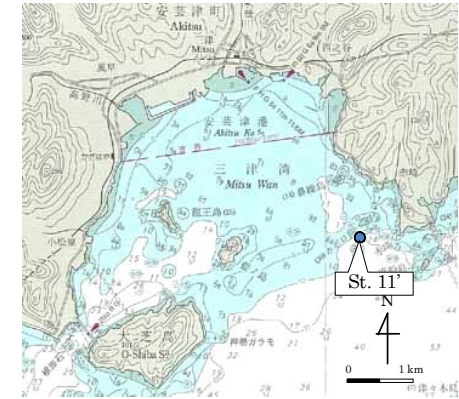
【水温、塩分の変動】
水温、塩分の変動幅が他地点より大きく、潮位変動と連動して変動していた。

4) 貧酸素水塊の把握（湾口連続観測、St. 11'）

➤ St. 11' における下層（海底上0.5 m）のDOは、貧酸素水塊になることはなかった。



潮位 (竹原) は気象庁HPより



【調査地点】

【下層DOの連続観測】
調査期間を通じて、貧酸素水塊が出現することはなかった。

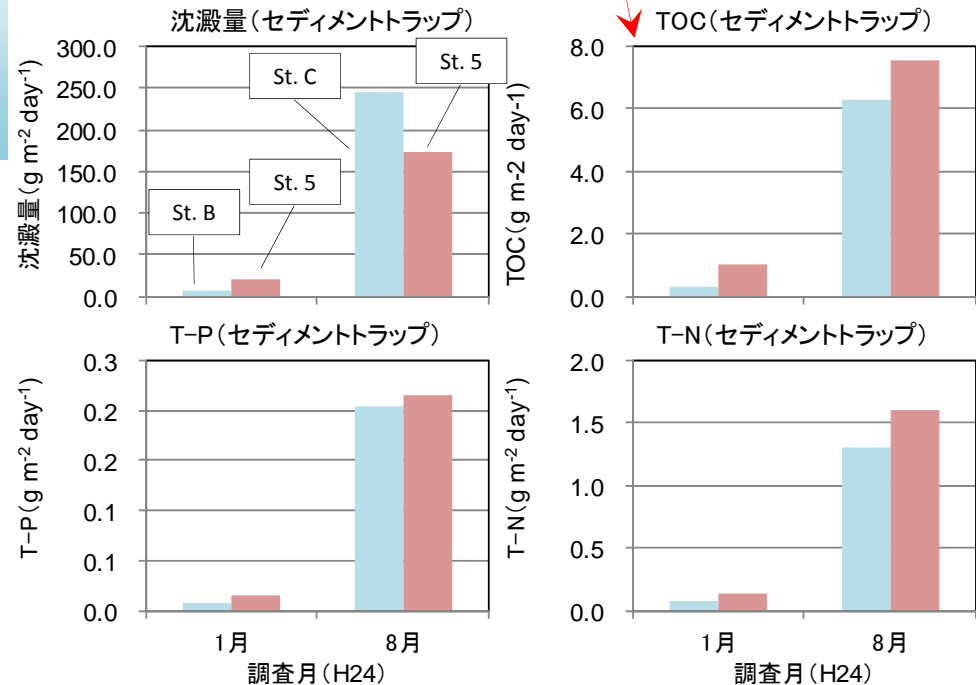
【水温、塩分の変動】
塩分の変動幅が大きく、潮位変動と連動して変動していた。

5) セジメントトラップ調査

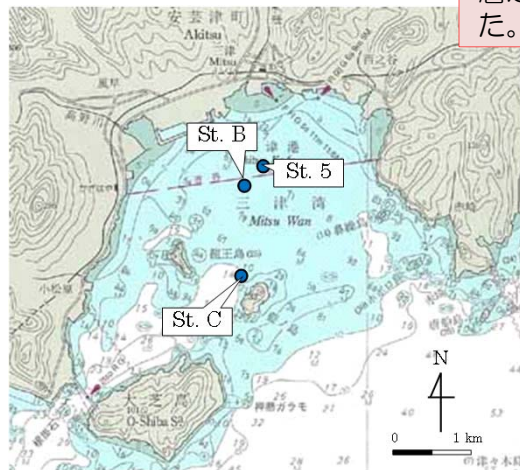
- 1月に比べて、8月には沈澱量、TOC、T-N、T-Pは高かった。
- 沈澱量あたりのTOC、T-P、T-Nは、1、8月ともに3年養殖の方が高かった。

【8月の沈降物】
1月に比べて、全項目で高くなった。

■ 1年養殖筏
■ 3年養殖筏



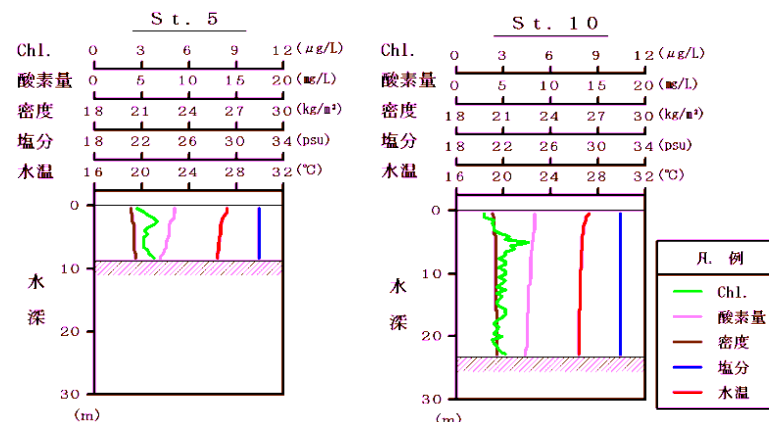
セジメントトラップの設置筏に近い調査地点では、躍層が形成されていなかった。



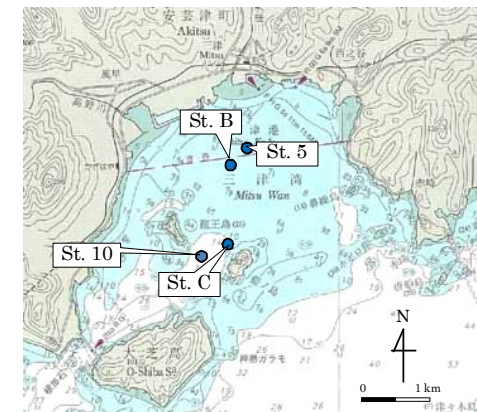
【調査地点】

St. 5 (1月、8月) : 3年養殖
St. B (1月) : 1年養殖
St. C (8月) : 1年養殖

【沈降物の分析結果】



【調査地点近隣の水質の鉛直分布(8月)】

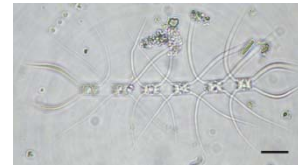


【水質調査とセジメントトラップ調査地点の関係】

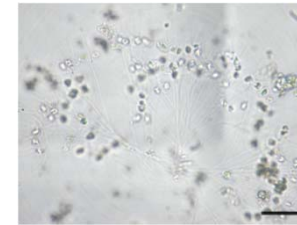
(2) 基礎生産力の解析

1) 植物プランクトン

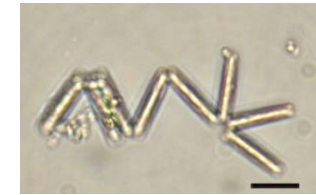
- 珪藻の割合が、61.1～92.3%と高かった。
- 細胞数は、11月、1月、6月に比べて8月に顕著に多く、珪藻が急激に増加した。
- 8月に急激に増加した珪藻の中で、*Skeletonema*属以外に、*Chaetoceros sociale*などの*Chaetoceros*属の増加が顕著であった。
- 出現種数も、細胞数と同様、8月に最も多くなった。



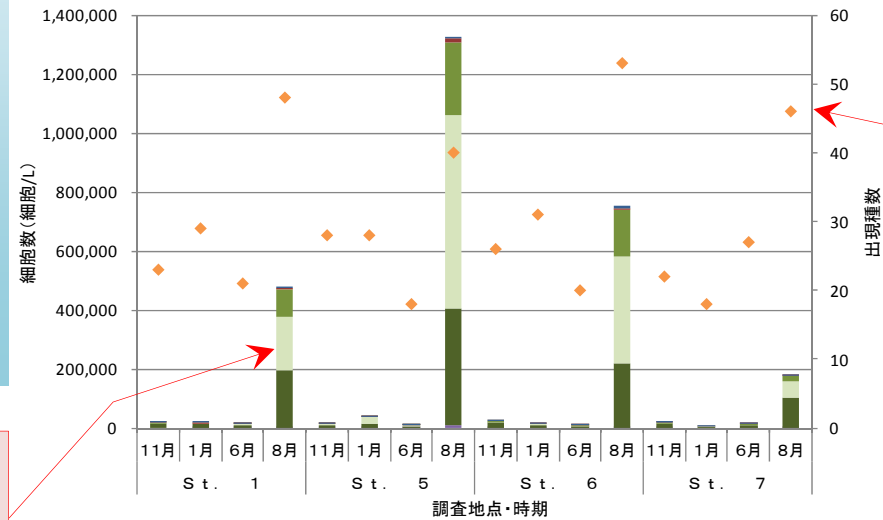
Chaetoceros didymum
var. *anglica*
(珪藻網)



Chaetoceros sociale
(珪藻網)
表層(海面下1.0m)

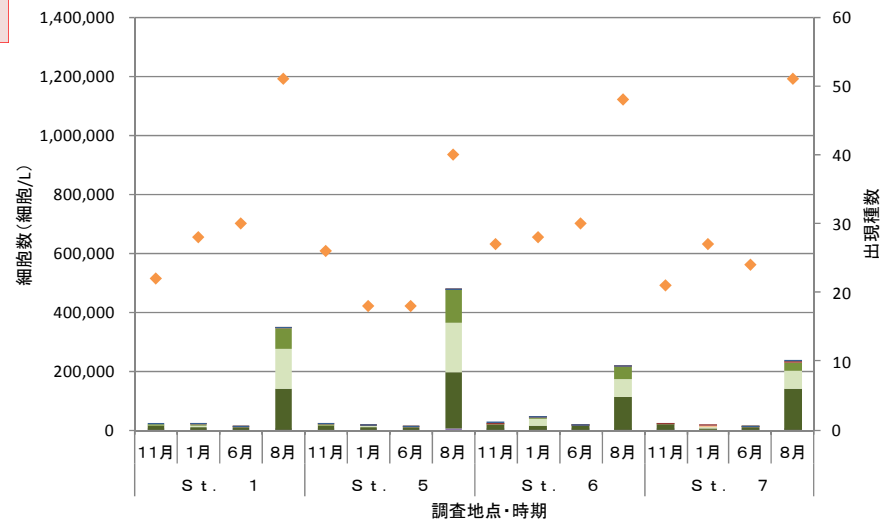


Thalassionema nitzschioides
(珪藻網)

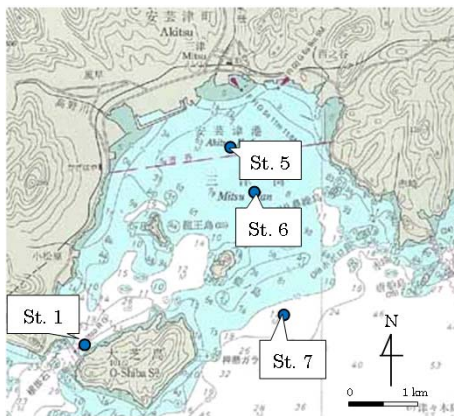


【出現種数】
全地点において、
6月までに比べて
8月に多くなっ
た。

8月に珪藻の細胞数が急激に増加した。*Skeletonema*属以外に、*Chaetoceros*属が多くなる傾向がみられた。



- クリプト藻
- 渦鞭毛藻
- 黄金色藻
- *Skeletonema*属(珪藻)
- *Chaetoceros*属(珪藻)
- その他の珪藻
- その他
- ◆ 出現種類数



2) 動物プランクトン

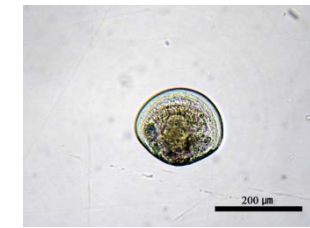
- 個体数は、植物プランクトン同様、8月に急激に増加した。
- 特に、*Oithona davisae*などの節足動物門が急激に増加した。
- 節足動物門以外では、8月のSts. 1、7で二枚貝綱のアンボ期幼生が優占した。
- 出現した種類数も、個体数と同様、8月に多くなる傾向がみられた。



Nauplius of COPEPODA
(節足動物門)



Oithona davisae
(節足動物門)

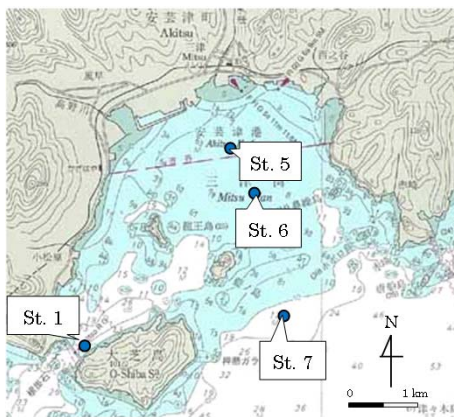
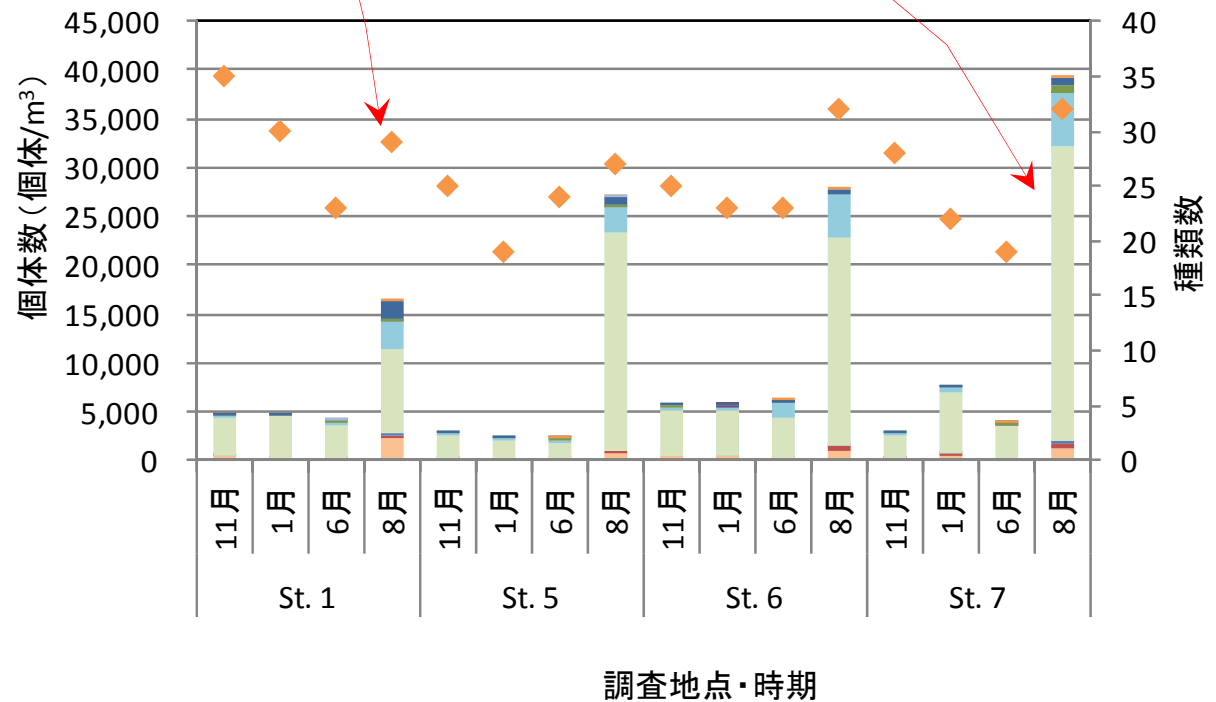


二枚貝綱のアンボ期幼生
(軟体動物門)

- 袋形動物
- 腔腸動物
- 原生動物門
- 紐形動物
- 環形動物門
- 触手動物門
- 軟体動物門
- 節足動物門
- 毛顎動物門
- 棘皮動物門
- 原索動物門
- 不明
- ◆ 種類数

種類数は、昨年11月に比べて6月までは減少傾向であった。8月の種類数は、6月に比べて全地点で多くなった。

全地点において、8月に個体数が急激に多くなった。その中、*Oithona davisae*など夏季に多くなる種が多かった。



【調査地点】

(3) 物質収支モデル構築に必要な情報

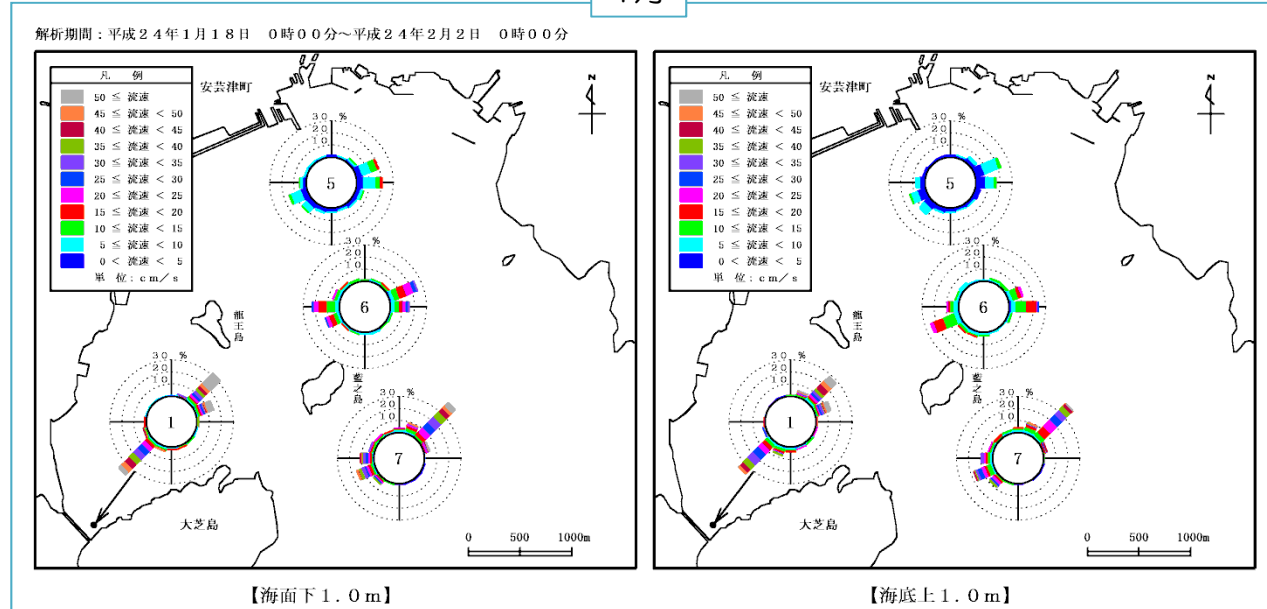
1) 流況調査

【8月】

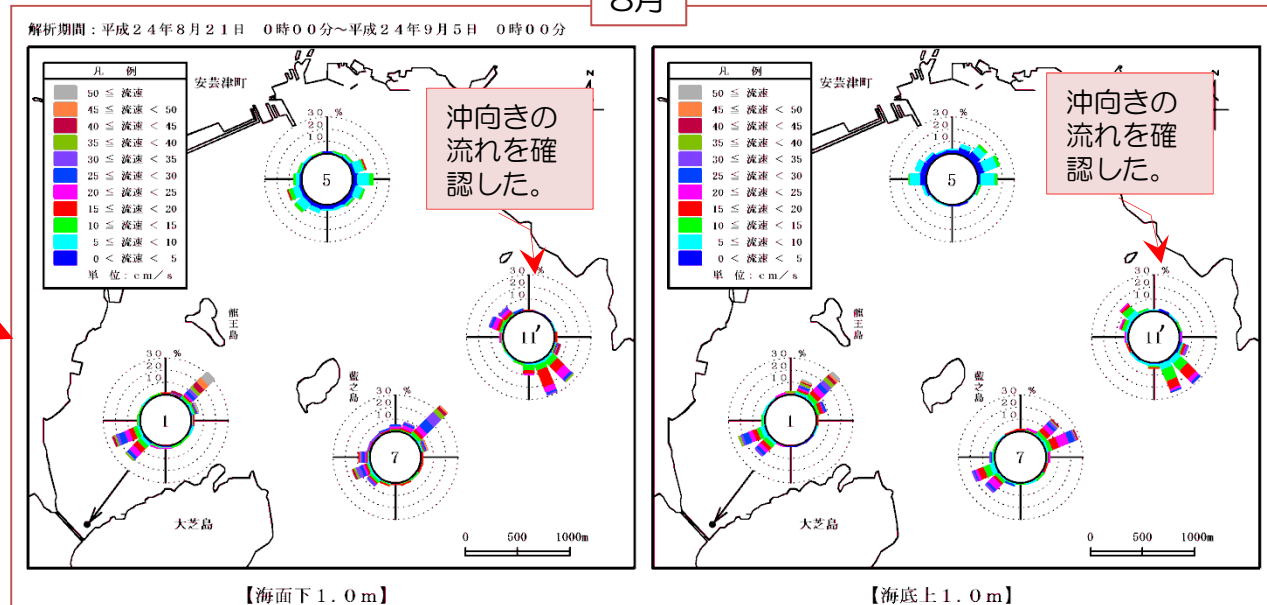
- Sts. 1、5、7における8月の流向は、1月に比べて多少のバラツキがみられるものの、1月と概ね似ていた。
- St. 11' では、南南東（表層：28.8%、下層：25.5%）及び南東（表層：26.1%、下層：27.9%）の流れが卓越した。その一方、対角方向においては、表層で西北西（12.3%）、下層で北西（13.8%）と若干小さくなった。
- St. 7においては、表層では北東（34.8%）、下層では東北東（27.6%）及び北東（18.6%）が卓越していた。

1月と同様、St. 1では地形に沿った流れが卓越し、St. 5は他地点に比べて流速が顕著に遅かった。

1月



8月

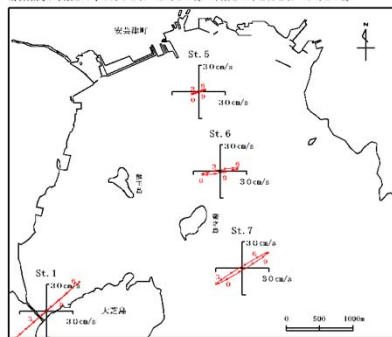


1) 流況調査

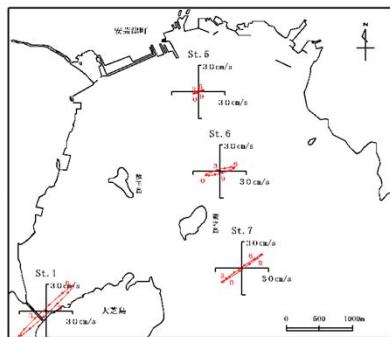
- M₂分潮※について各地点でみると、Sts. 1、7、11' の順で小さくなり、St. 5 が最も小さかった。
- 風向と25時間移動平均の流向の間に、関係はみられなかった。

【M₂分潮】

観測期間：平成24年1月18日 0時00分～平成24年2月2日 0時00分

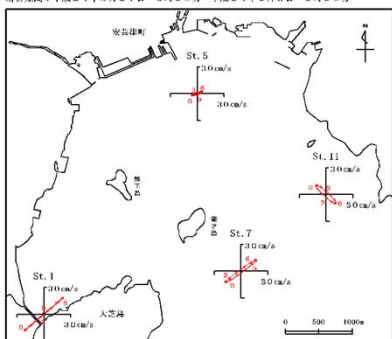


【海面下1.0m】

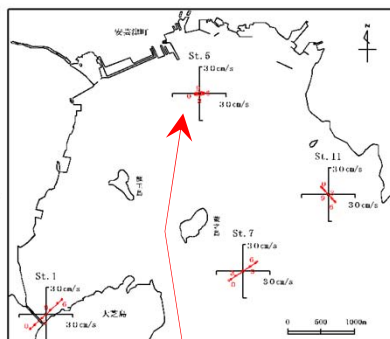


【海底下1.0m】

観測期間：平成24年8月21日 0時00分～平成24年9月5日 0時00分



【海面下1.0m】



【海底下1.0m】

【各地点のM2分潮】

表層、下層ともに、St. 5では、他地点よりも顕著にM₂分潮が小さかった。

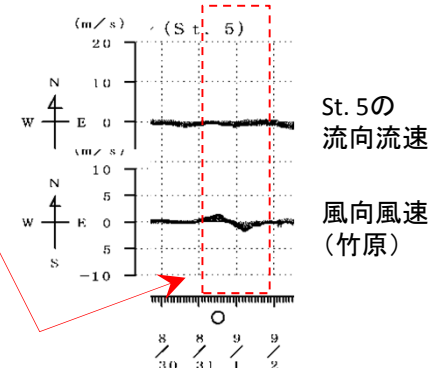
※M₂分潮とは…

月の影響で生じる半日周期（約12.5時間）の潮流。

【St. 5における風の影響】
風向が変化しても流向に変化がみられなかった。

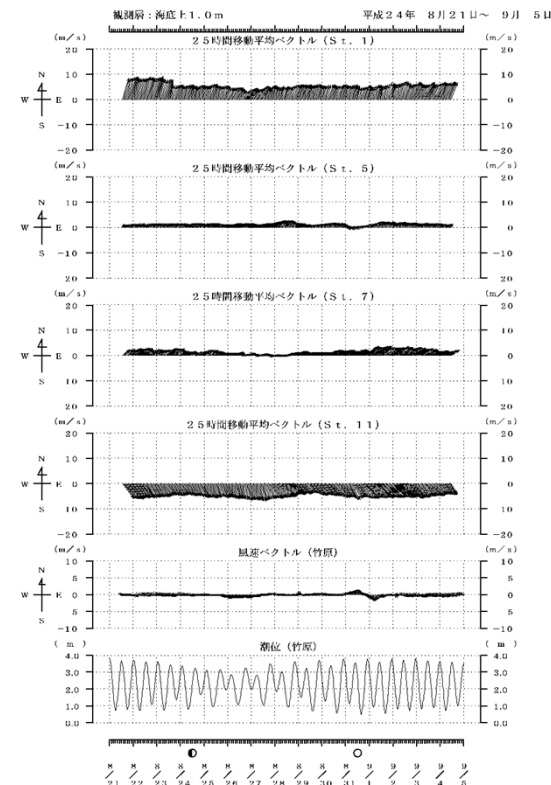
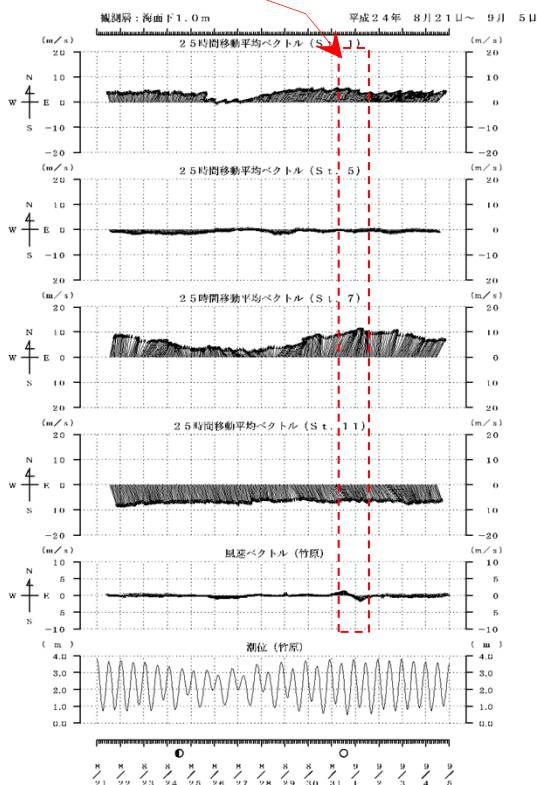
【風の影響】

全地点において、風向の変化時に流向が大きく変化しなかった。



St. 5の
流向流速

風向風速
(竹原)

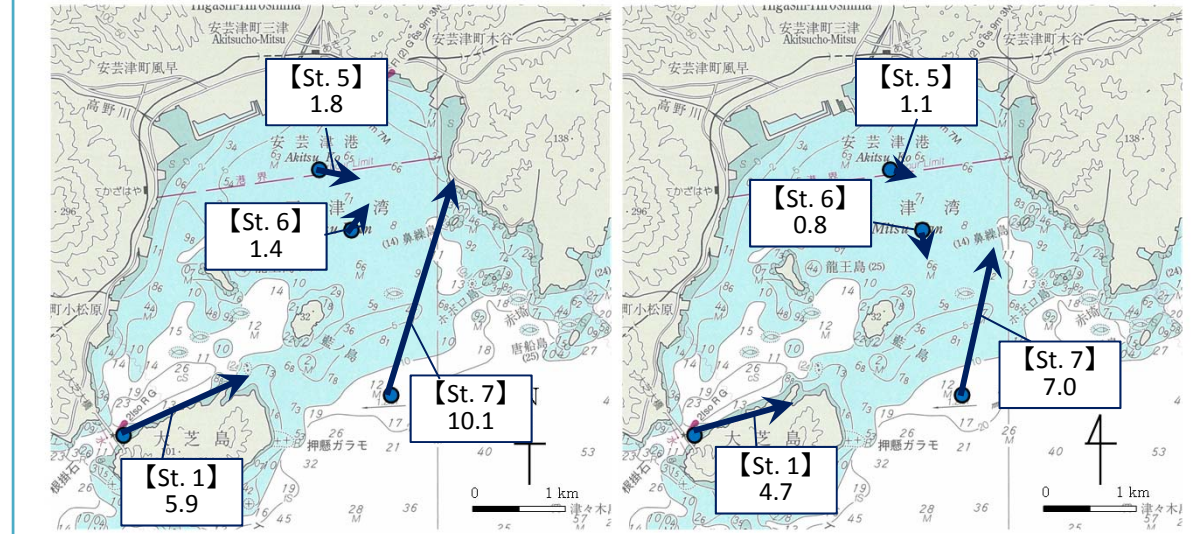


【25時間移動平均流の経時変化(左:表層、右:下層)】

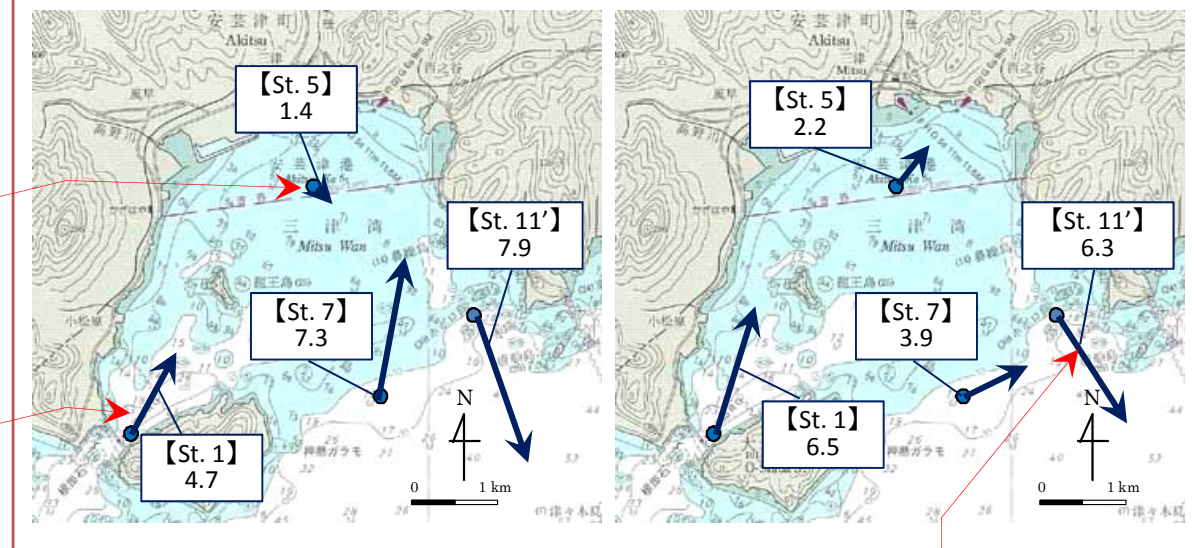
1) 流況調査

- 8月の表層における平均流は、1月とほぼ同じ流向であった。
- St. 1における平均流は、表層、下層ともに湾内に向かう流れであり、St. 7でも表層は湾内に向かう流れが強かった。
- St. 11' では、表層、下層ともに湾外に向かう流れであった。
- St. 5の流速は最も小さく、表層と下層でほぼ同程度の流れであった。

1月



8月



湾奥に位置するSt. 5の平均流は、最も小さかった。

St. 1では、表層、下層ともに1月調査と同様、湾内に向かう流れであった。

単位: cm/s

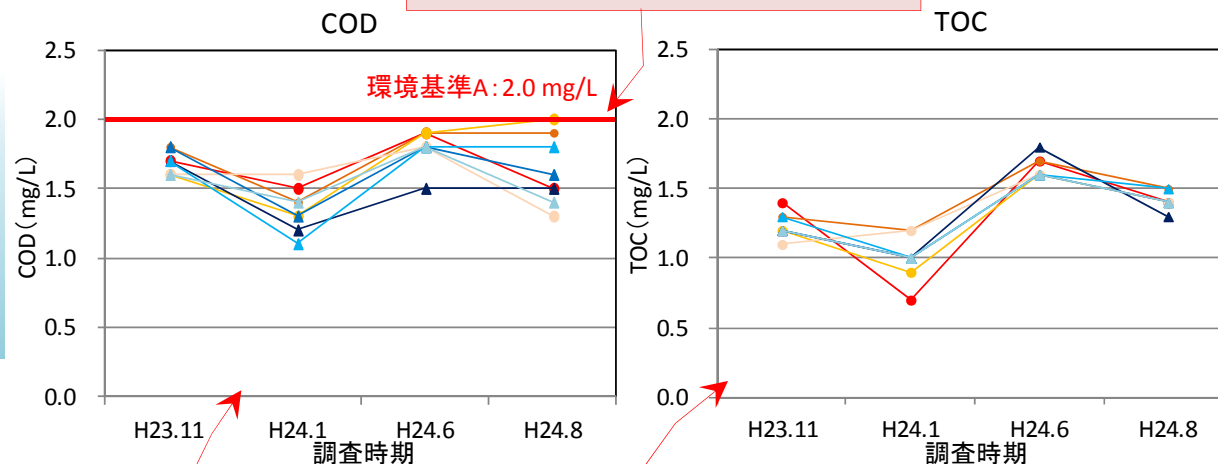
【平均流(右:表層、左:下層)】

St. 11' では湾外に向かう流れであった。

2) 水質調査

①COD、TOC

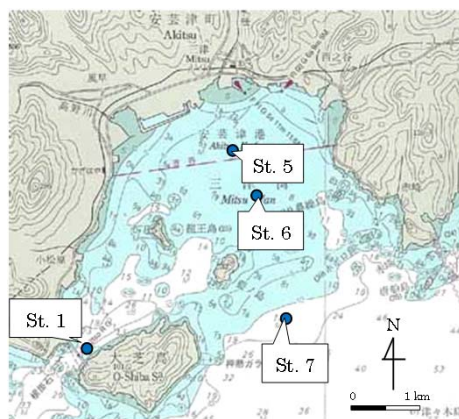
- COD、TOCともに1月に低く、6月に高かった。
- 全調査地点、調査層でCODは基準値以下であった。
- 他海域と比べて、低い水準であった。



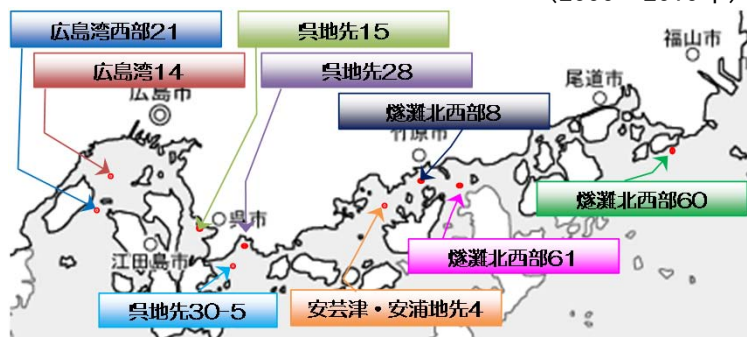
1月に低くなる傾向があった。
また、8月には沖合に面するSts. 1、7よりSts. 5、6でわずかに高くなった。

CODと同様、1月に低くなり、6月に高くなった。

● St. 1(表層) ● St. 1(下層)
● St. 5(表層) ● St. 5(下層)
● St. 6(表層) ● St. 6(下層)
● St. 7(表層) ● St. 7(下層)

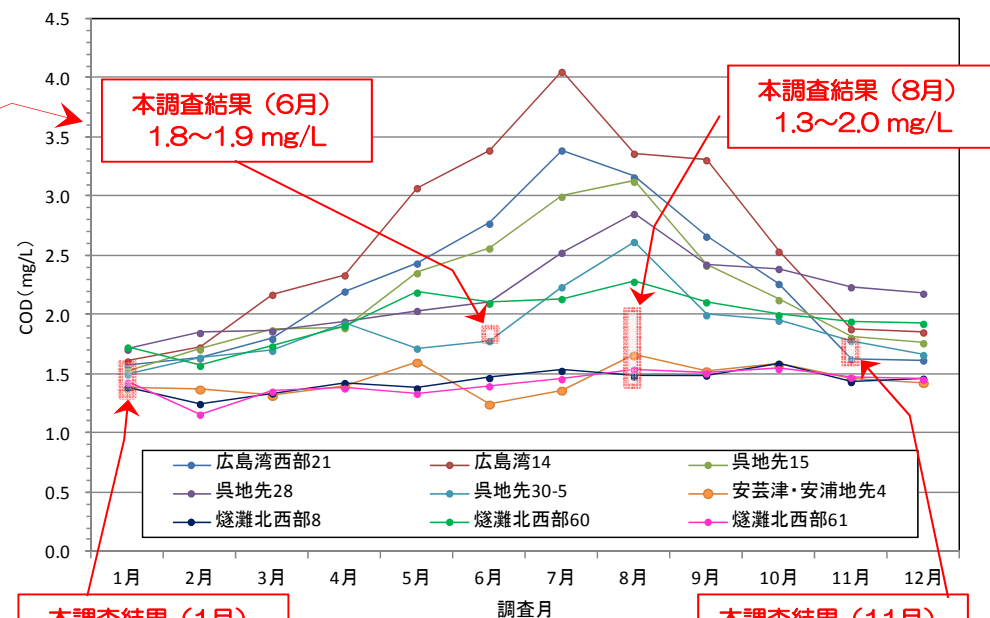


【調査地点】



出典：
公共用水域水質
測定結果
(2000～2010年)

【三津湾におけるCODとTOC】



【他海域(表層)との比較】

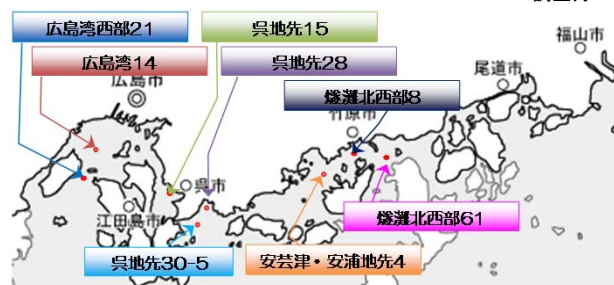
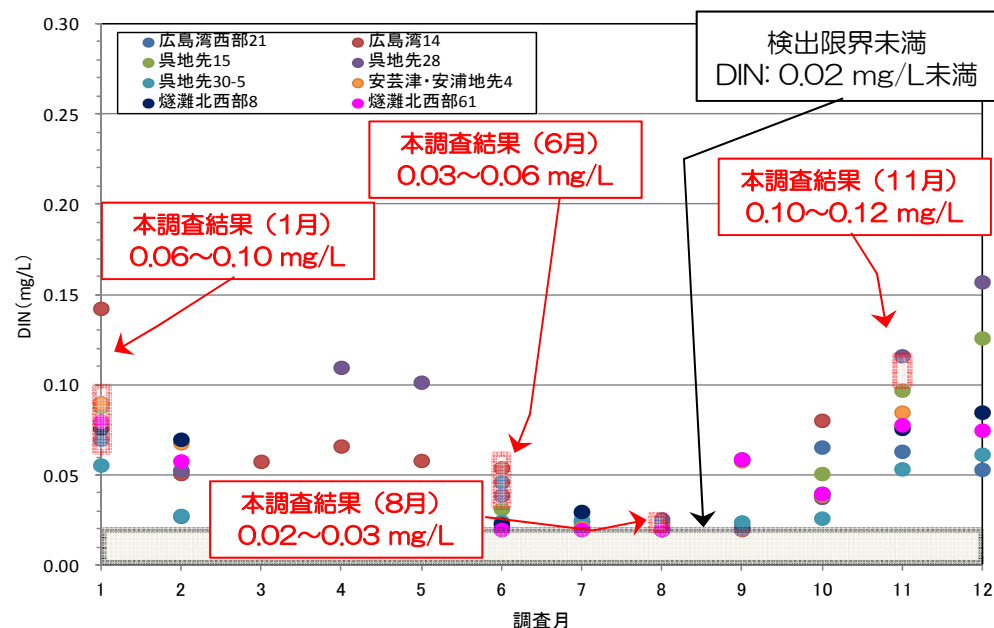
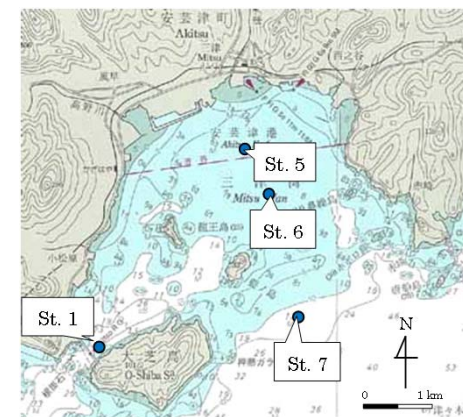
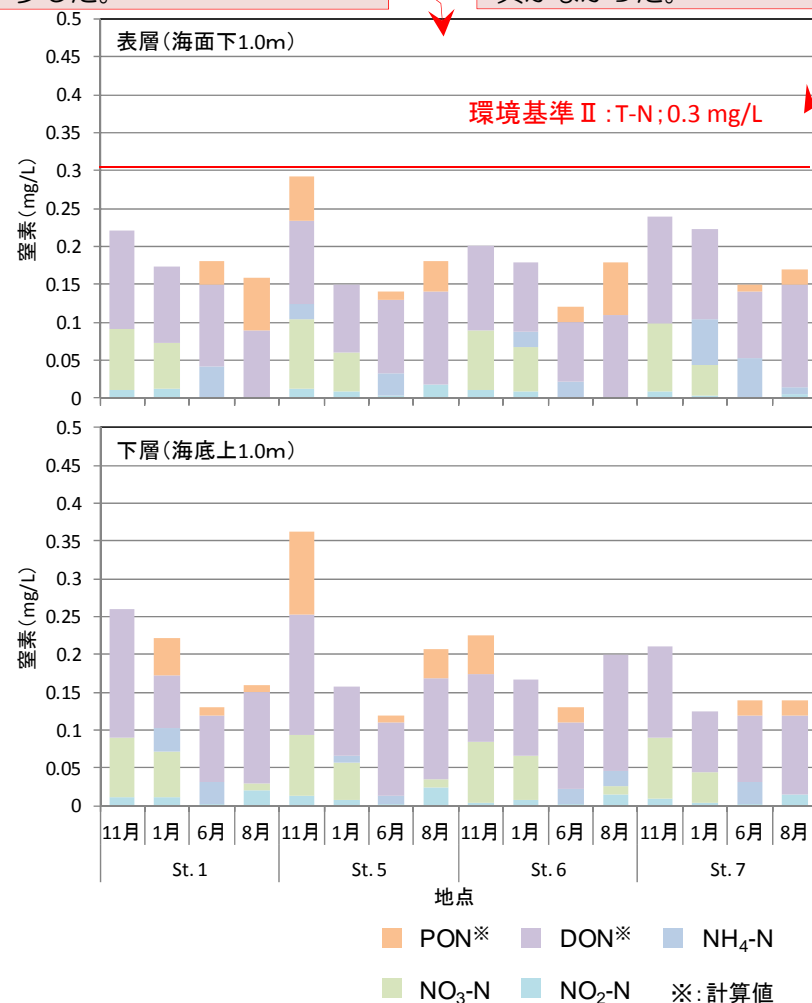
2) 水質調査

②窒素

- DIN ($\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$) は11月、1月に多く、6月、8月に少ない傾向があった。
- 表層と下層に、大きな差異はなかった。
- 他海域とほとんど差異はなかった。

表層のDINは8月にかけて減少した。

表層と下層では、大きな差異がなかった。



出典:
公共用水域水質測定結果
(2000~2010年に測定した
結果だけを用いた)

【他海域(表層)との比較】

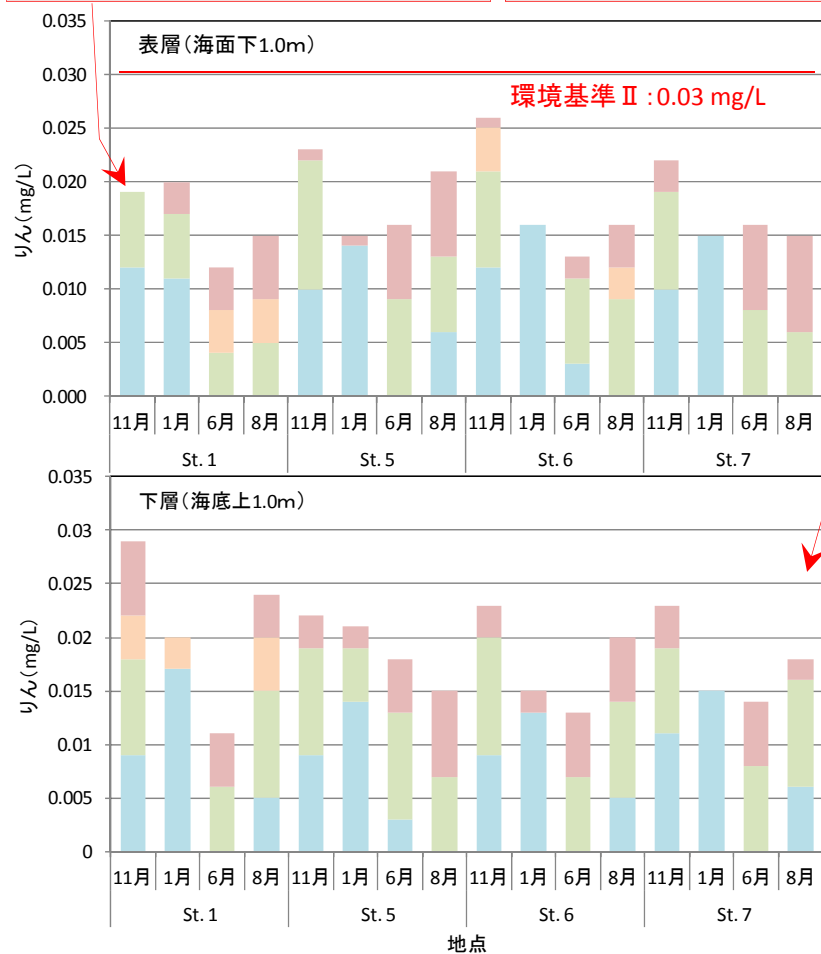
2) 水質調査

③りん

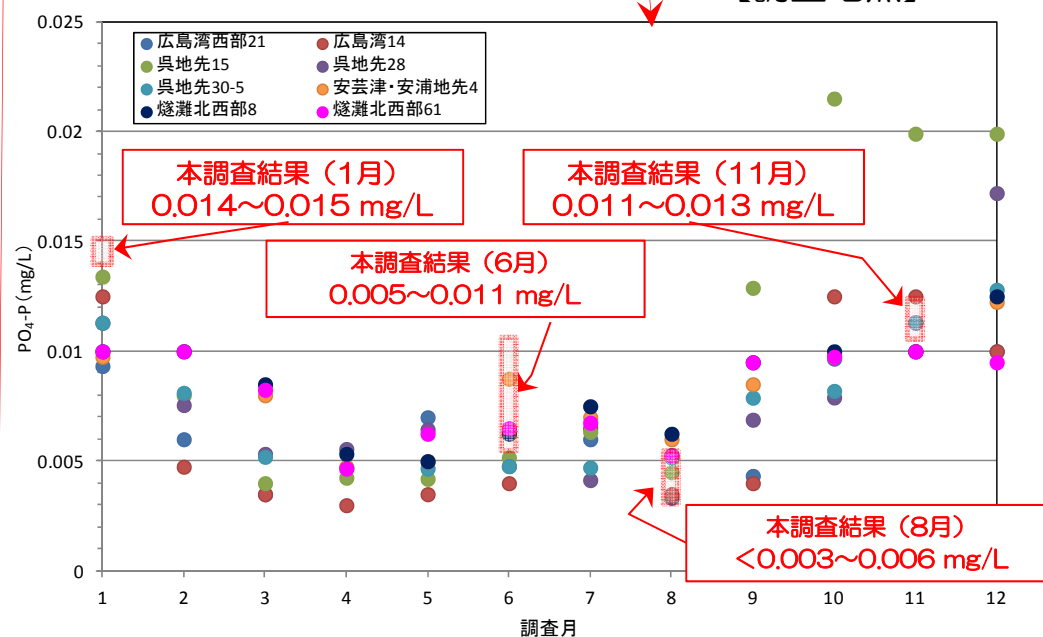
- D-PO₄-Pは、11月、1月に比べて6月、8月に低かった。
- T-Pは、11月に高くなる傾向があった。
- 8月には表層と下層で顕著な差異はなかった。
- PO₄-Pは、他海域と同様の季節変化を示した。

D-PO₄-Pは、11月、1月に高く、
6月、8月に低くなった。

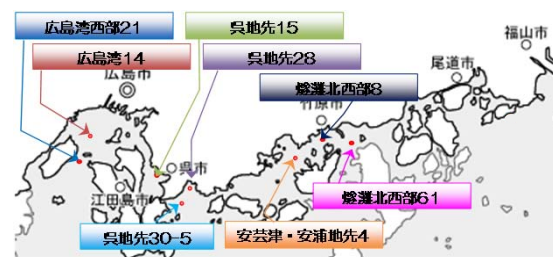
表層と下層に顕著な差
異はなかった。



PO₄-Pは、他海域と同様の
季節変化であった。



【調査地点】



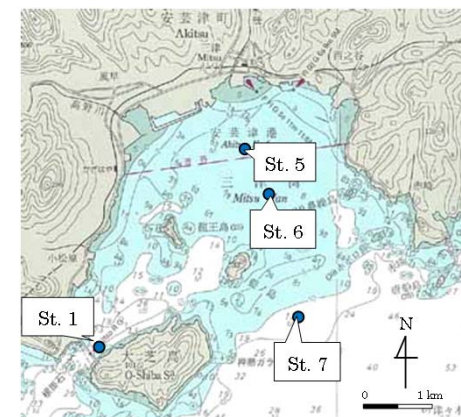
出典:
公共用水域水質測定結果
(2000~2010年に測定した
結果だけを用いた)

【他海域(表層)との比較】

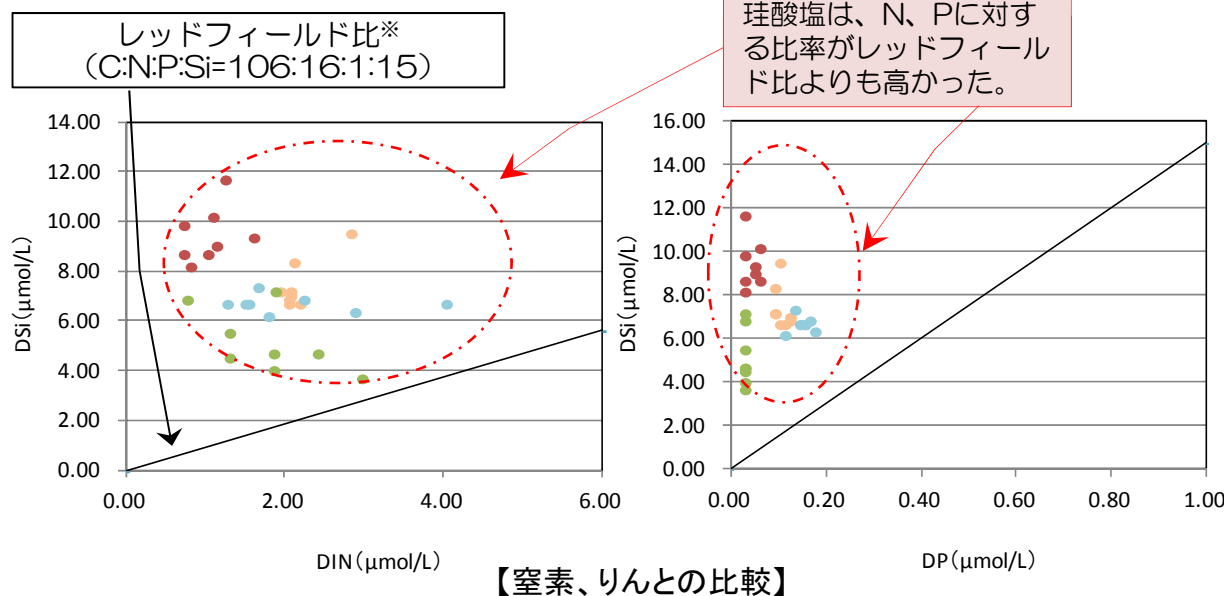
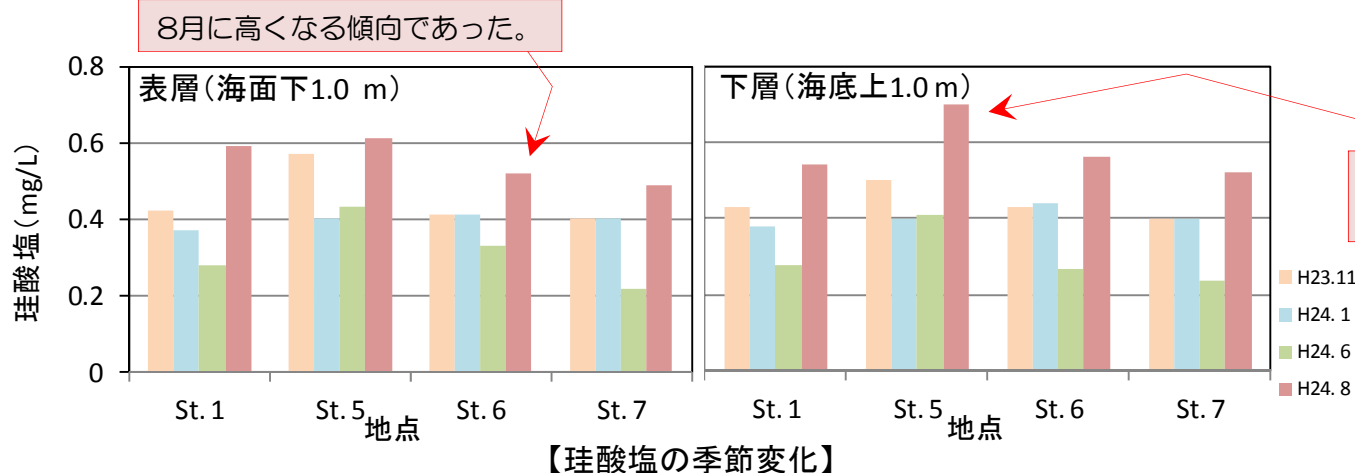
2) 水質調査

④珪酸塩

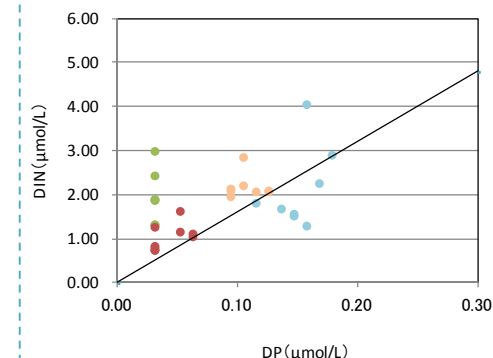
- 珪酸塩は、表層と下層でほとんど差異はなかった。
- 8月は他の月に比べて高くなる傾向があった。
- St. 5は他地点に比べて高かった。
- レッドフィールド比※と比較すると、珪酸塩は十分にあると考えられた。



【調査地点】



(参考)
DPとDINとの関係は、6月を除いてレッドフィールド比とほぼ同等の比率であった。

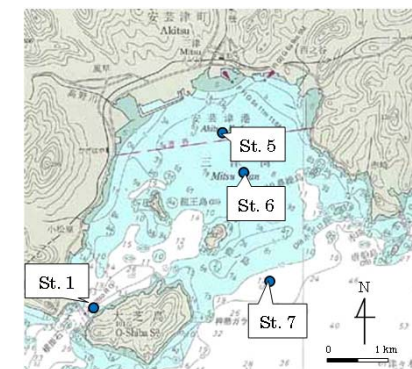


※レッドフィールド比とは・・・植物プランクトンが取り込む炭素と窒素、りんの比率を表し、一定である。今回は、これに珪酸塩を加えた比率を使用した。

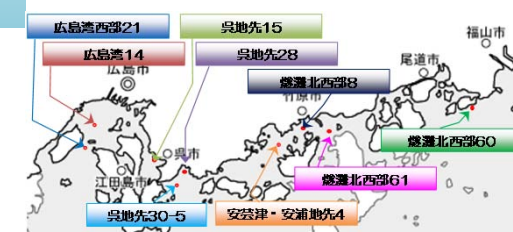
2) 水質調査

⑤Chl. a、フェオフィチン

- ▶ 11月、1月において、Chl. aは地点間、層間にほとんど差異がなかった。
- ▶ 8月のChl. aは、全地点、全層で6月に比べて高くなり、St. 5の表層では6月と同様、顕著に他地点より高かった。
- ▶ 他海域と比較すると、低い水準であったが、6、8月は近隣の安芸津・安浦地先4よりは若干高い程度であった。
- ▶ フェオフィチンは、6月に高くなる傾向であった。



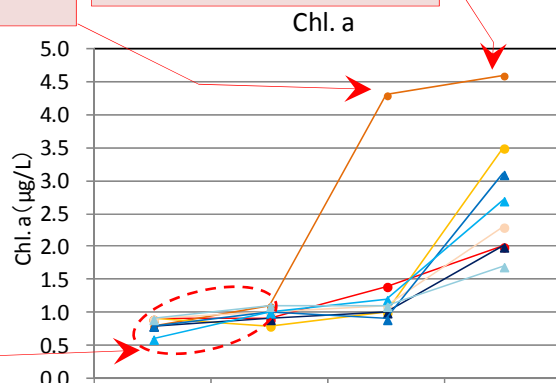
【調査地点】



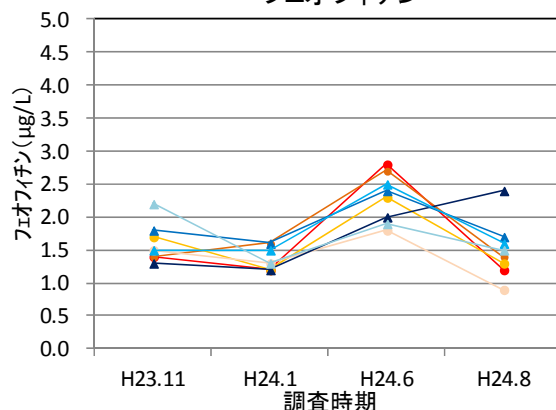
6月は、St. 5の表層で顕著に高くなった。

8月は、6月に比べて高くなる傾向にあった。

11月、1月には、地点間、層間にほとんど差がなかった。



フェオフィチン



- St. 1(表層)
- St. 5(表層)
- St. 6(表層)
- St. 7(表層)
- St. 1(下層)
- St. 5(下層)
- St. 6(下層)
- St. 7(下層)

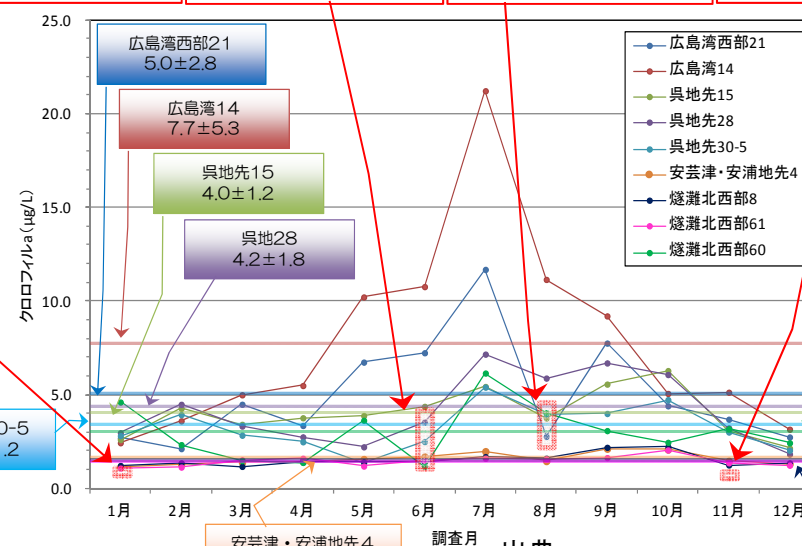
三津湾の年間平均
 $1.72 \pm 1.29 \mu\text{g/L}$

本調査結果(1月)
 $0.8 \sim 1.1 \mu\text{g/L}$

本調査結果(6月)
 $1.0 \sim 4.3 \mu\text{g/L}$

本調査結果(8月)
 $2.0 \sim 4.6 \mu\text{g/L}$

本調査結果(11月)
 $0.8 \sim 0.9 \mu\text{g/L}$



出典:
公共用水域水質測定結果
(2000~2010年に測定した
結果だけを用いた)

【他海域(表層)との比較】

3) 底質（酸素消費実験：8月）

- 酸素消費速度は、0.44～2.52 g/m²/dayであった。
- 酸素消費速度は、St. 5で最も大きかった。
- 堆積物の表層は、1月と同様、褐色であり、酸化層であった。

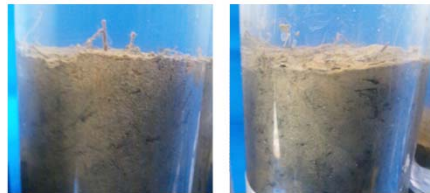
表層堆積物は、褐色であり、酸化層であったと考えられる。



St. 2

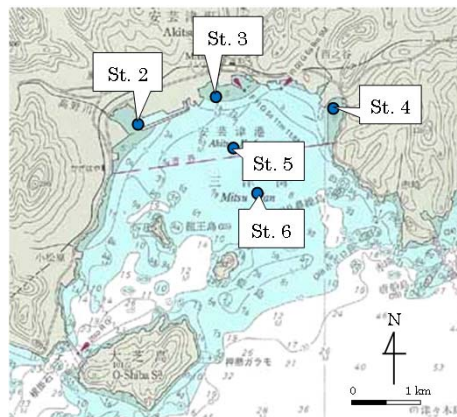
St. 4

St. 6



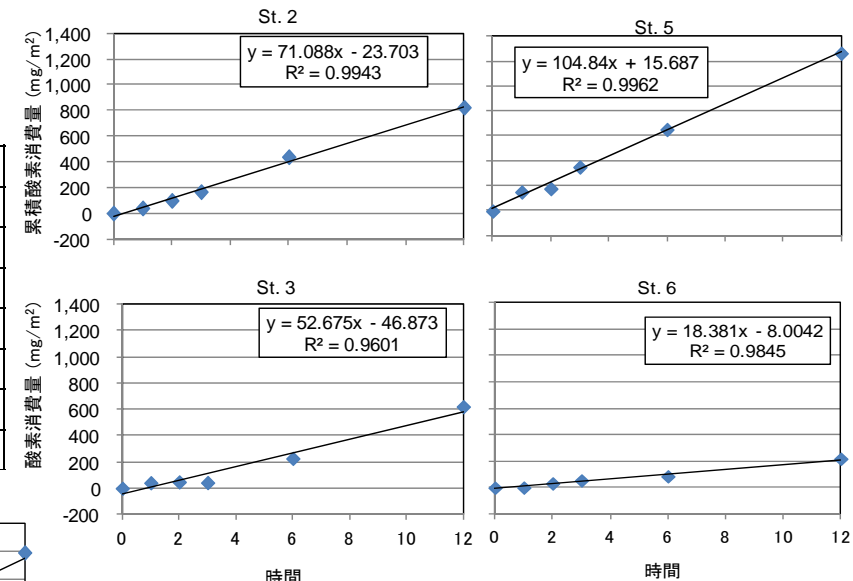
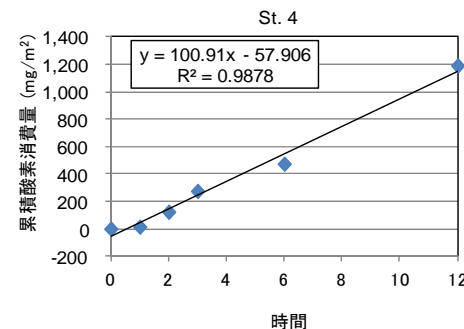
St. 3

St. 5



【調査地点】

項目	条件
実験水	止水(現地海水)
水温条件	26°C±1°C(夏季の水温想定)
塩分条件	現地海水
光条件	暗条件
底泥量	不攪乱試料(30cm)
採水時間	0,1,2,3,6,12時間後の計6回
測定方法	DOメーター



	酸素消費速度 (g/m ² /d)
夏季	
St. 2	1.71
St. 3	1.26
St. 4	2.42
St. 5	2.52
St. 6	0.44

St. 5で最も大きかった。

【酸素消費速度】

表-1 底泥と直上水が消費する酸素量の文献^{13), 14), 22)}とAD02000により測定結果(全体量のみ)。単位はg/m²/d。ただし、括弧内の値は全体を100とした場合の割合を示す。

	底泥	直上水	全体
大阪湾(1988年10月) ¹³⁾	1.15(89)	0.14(11)	1.29(100)
大阪湾(1989年12月) ¹³⁾	0.79(86)	0.13(14)	0.92(100)
ギンザケ養殖場 ¹⁴⁾	0.8(87)	0.12(13)	0.92(100)
カキ養殖場 ¹⁴⁾	1.2(43)	1.6(57)	2.8(100)
夏季の広島湾 ²²⁾ (*1)	-(-)	-(-)	0.49(-)
冬季の広島湾 ²²⁾ (*2)	-(-)	-(-)	0.24(-)
広島湾(1998冬季)	-(-)	-(-)	1.31(-)
海田湾(1999夏季)	-(-)	-(-)	1.61(-)

*1: 文献²²⁾のTable 2より、夏季におけるSt. 1, St. 2でのベルジャー観測結果を平均した。*2: 文献²²⁾のTable 2より、冬季におけるSt. 2でのベルジャー観測結果を平均した。長尾ら(2000)

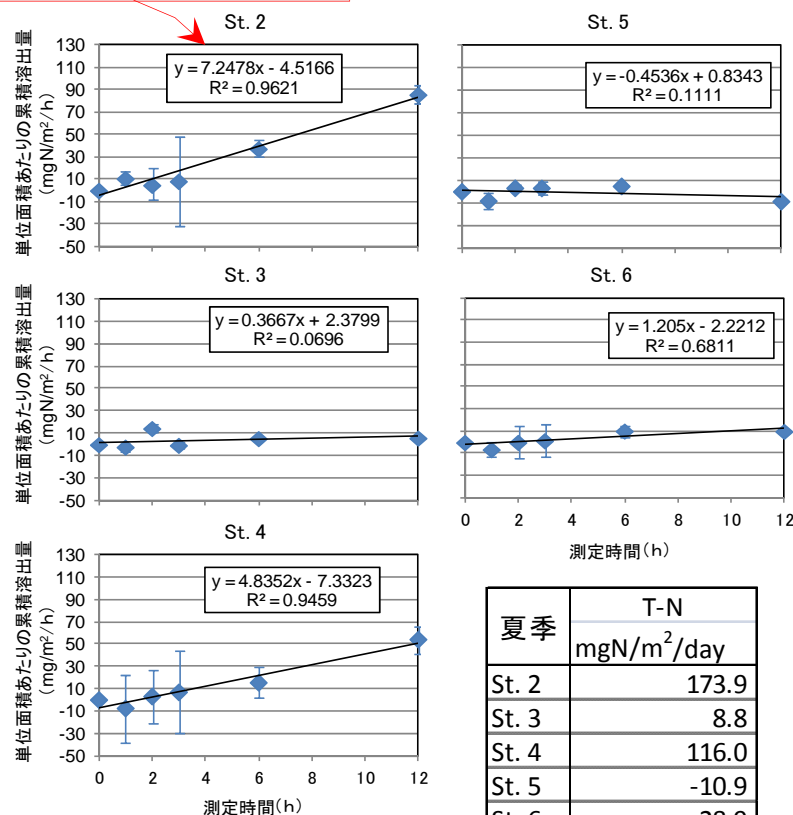
3) 底質（溶出実験：8月）

①窒素

- T-Nの溶出速度は、-10.9~173.9 (mgN/m²/day) であった。
- T-Nの溶出速度は、St. 2で大きかった。
- 溶出した窒素の形態の中で、NH₄-Nやその他（有機態など）が多く、反対にNO₂-N、NO₃-Nは、報告下限値付近の値であった。
- T-Nの溶出速度が大きかったSts. 2、4は、NH₄-Nの濃度が高くなる傾向がみられた。

項目	条件（窒素、リンの溶出実験）
実験水	止水（現地海水）
水温条件	26°C±1°C（夏季の水温想定）
塩分条件	現地海水
光条件	暗条件
底泥量	不攪乱試料（30 cm）
採水時間	0,1,2,3,6,12時間後の計6回
測定方法	✓ペリスタティックポンプで一定量循環 ✓0、1、2、3、6、12時間後に採水

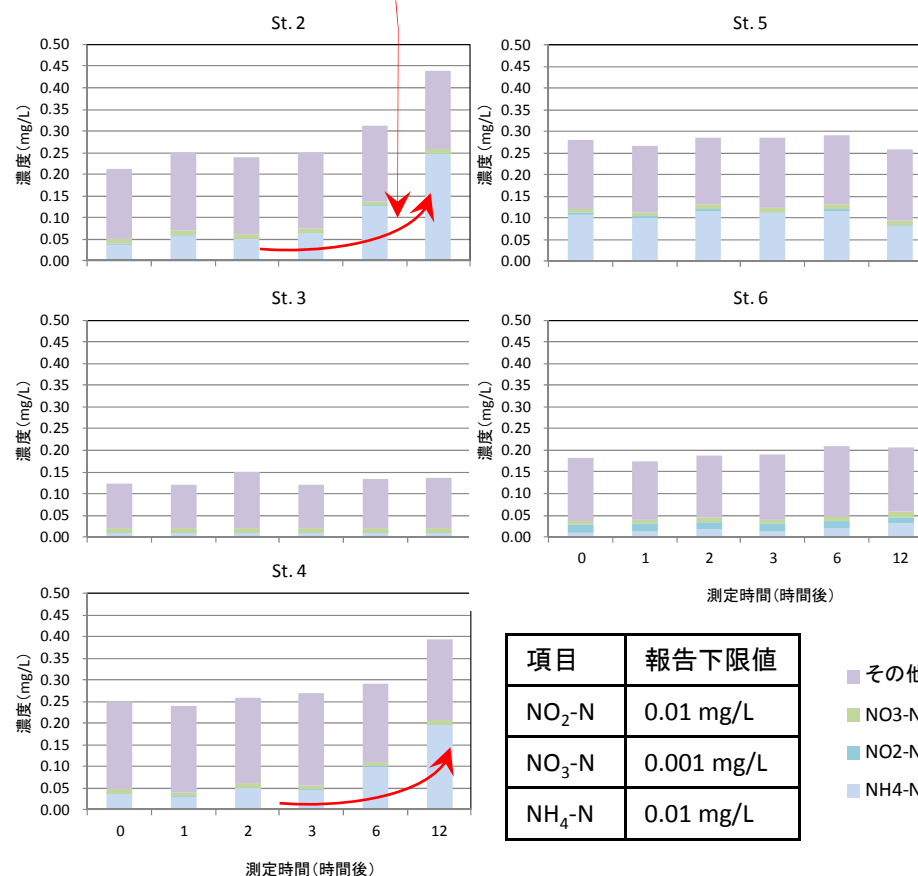
Sts. 2、4の溶出速度が大きくなった。



夏季	T-N mgN/m ² /day
St. 2	173.9
St. 3	8.8
St. 4	116.0
St. 5	-10.9
St. 6	28.9

【T-Nの溶出速度】

Sts. 2、4の12時間後の測定時に、NH₄-N濃度が高くなった。



項目	報告下限値
NO ₂ -N	0.01 mg/L
NO ₃ -N	0.001 mg/L
NH ₄ -N	0.01 mg/L

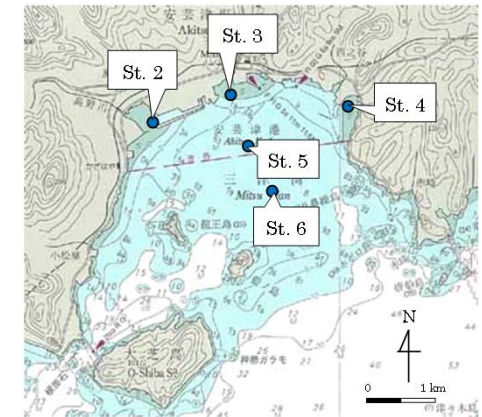
■ その他
■ NO₃-N
■ NO₂-N
■ NH₄-N

【T-Nの内訳】

3) 底質 (溶出実験: 8月)

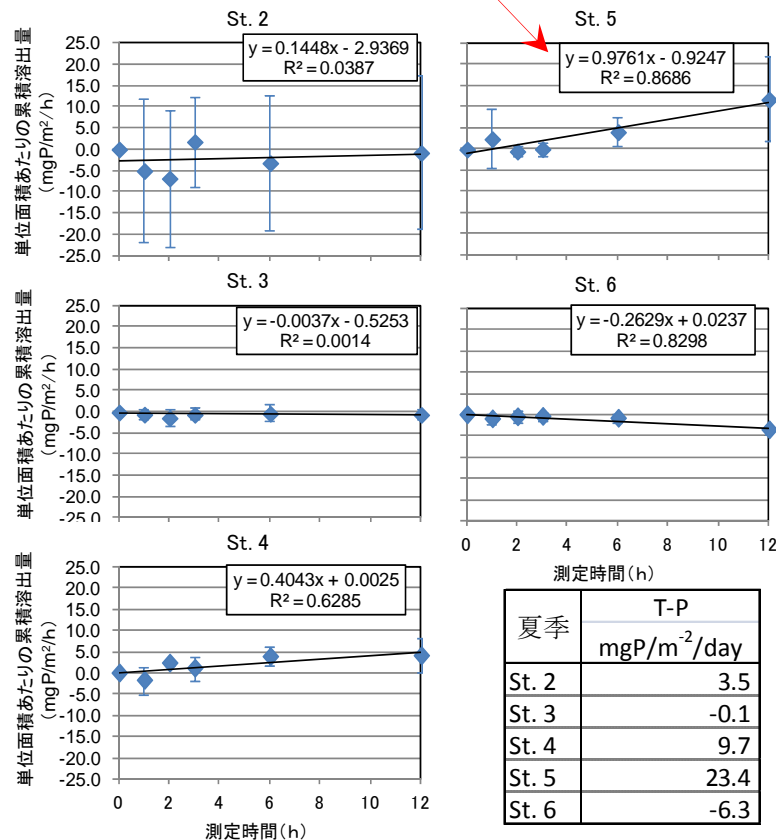
②りん

- T-Pの溶出速度は-6.3~23.4 (mgP/m²/day) であった。
- T-Pの溶出速度は、St. 5で大きかった。
- T-Pの溶出速度が大きかったSt. 5は、PO₄-Pの濃度が高くなる傾向がみられた。



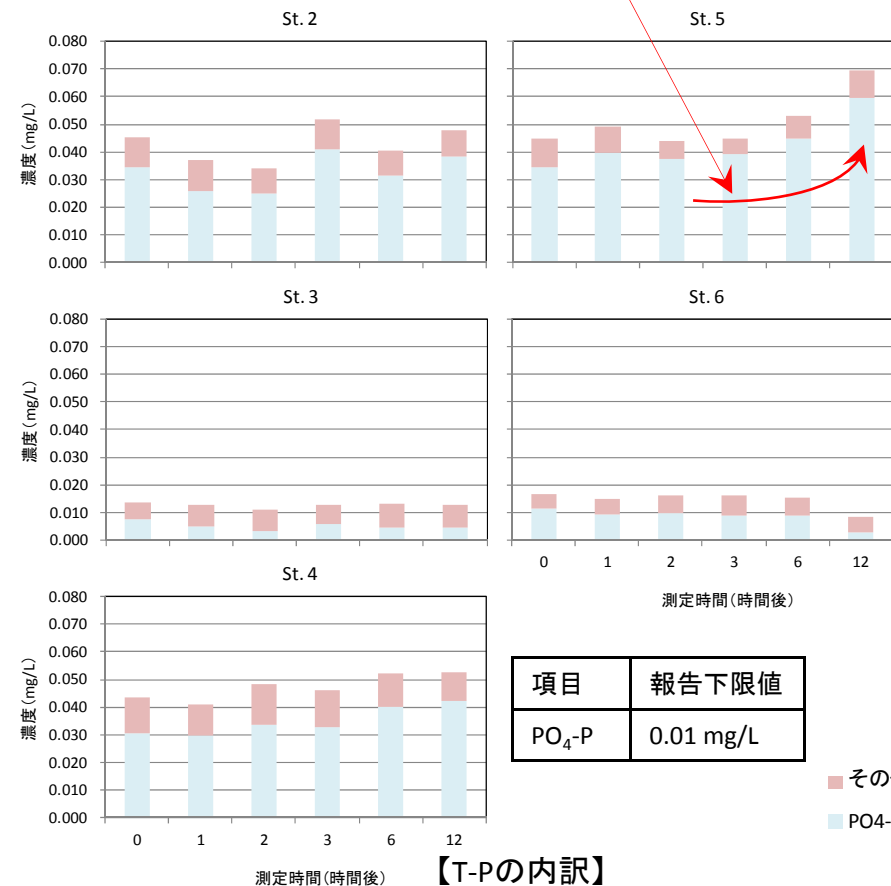
【調査地点】

St. 5の溶出速度が最も高くなった。



【T-Pの溶出速度】

St. 5の12時間後の測定時に、PO₄-P濃度が高くなった。

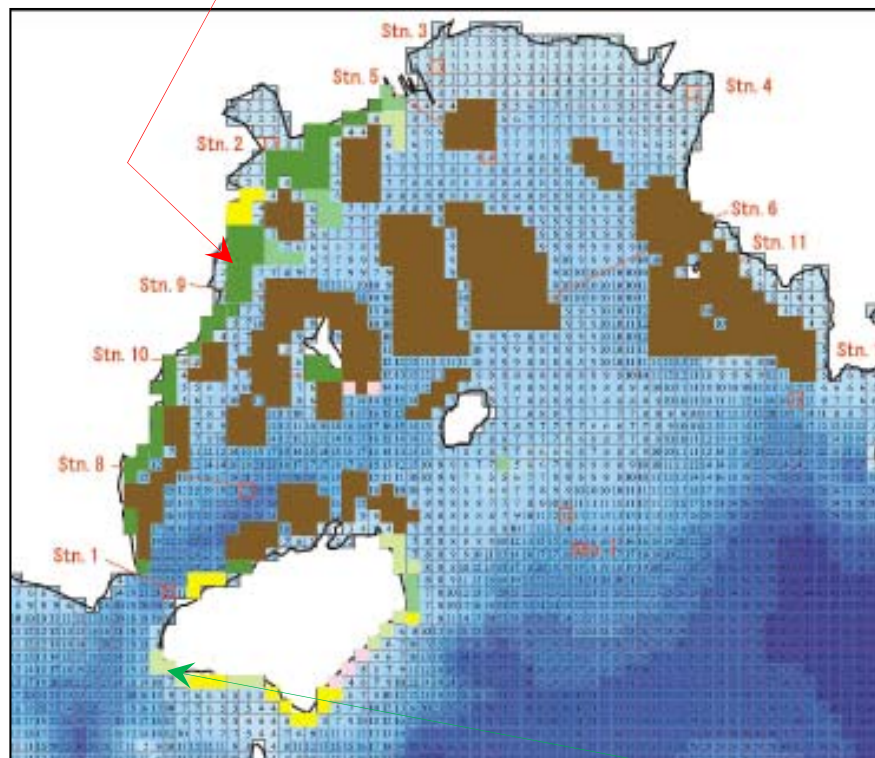


【T-Pの内訳】

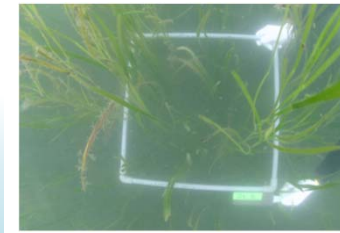
4) アマモ分布調査

- アマモは、調査範囲の西側に、集中的に分布していた。
- 藍之島から東南にある浅瀬でもわずかであるが、アマモを確認した。
- 大芝島沿岸域では、アマモ場だけではなくガラモ場も確認した。

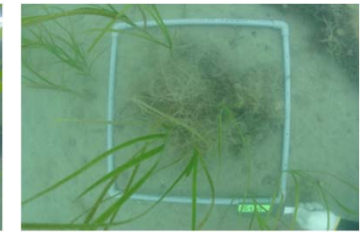
西側に分布が集中



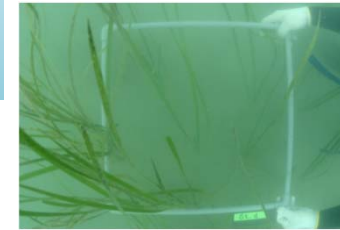
【アマモ分布図】



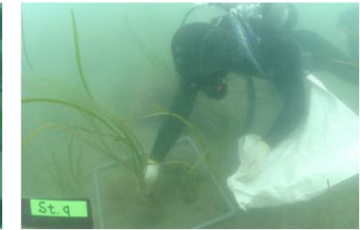
【■の繁茂状況】



【■の繁茂状況】



【■の繁茂状況】



【坪刈り状況】

※枠の大きさ：0.5×0.5m (0.25m²)

【St. qにおける他の藻類】

【ホソバミリン】



【ミル】

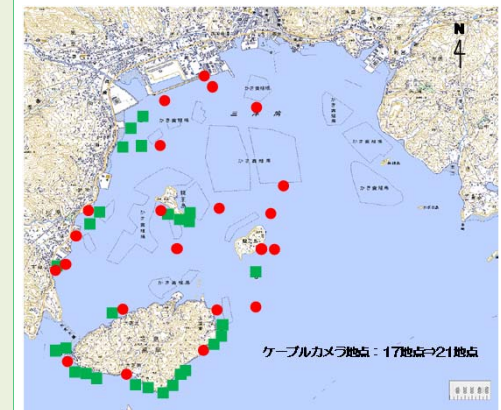


【コスジフシツナギ】



凡例

- : アマモ (多い)
- : アマモ (中程度)
- : アマモ (少ない)
- : ガラモ
- : アマモとガラモが混在
- : カキ養殖筏

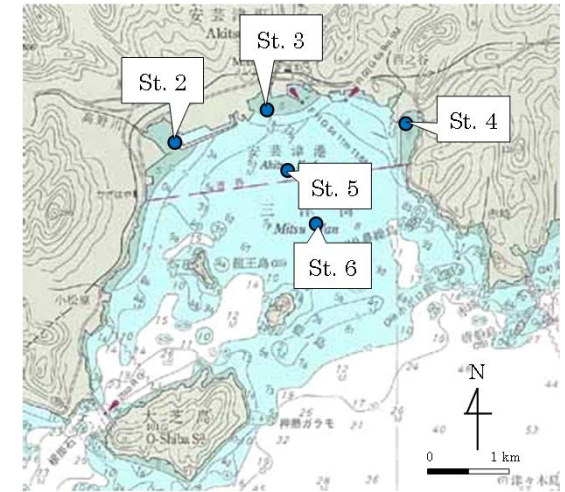


- : ケーブルカメラでの調査地点
- : 箱メガネ又は目視での調査地点

【アマモ調査地点図】

5) 付着珪藻調査

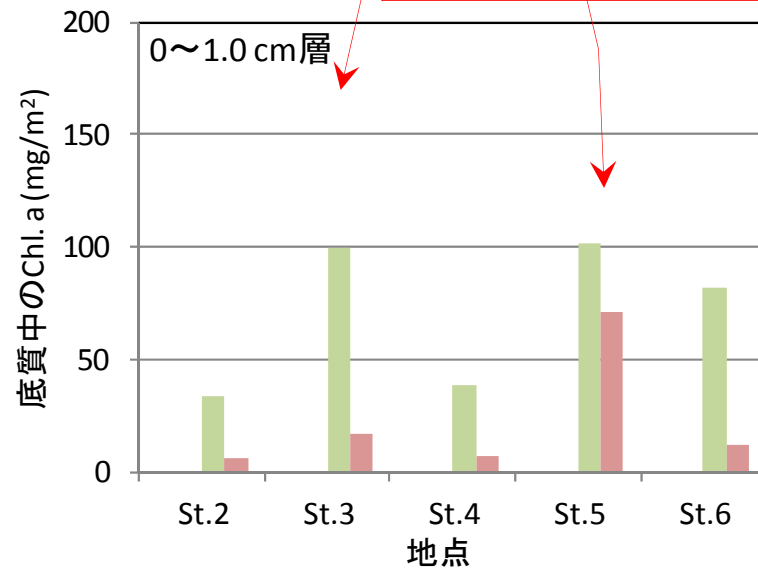
- 底質中（表層1 cm）のChl. aは、8月に比べて6月に高かった。
- St. 5では、6、8月ともに最も高かった。
- 6月にSts. 3、5、6で、8月にはSt. 5で比較的高かった。



【調査地点】

8月よりも6月が高かった。

St. 5で最も高くなる傾向であった。



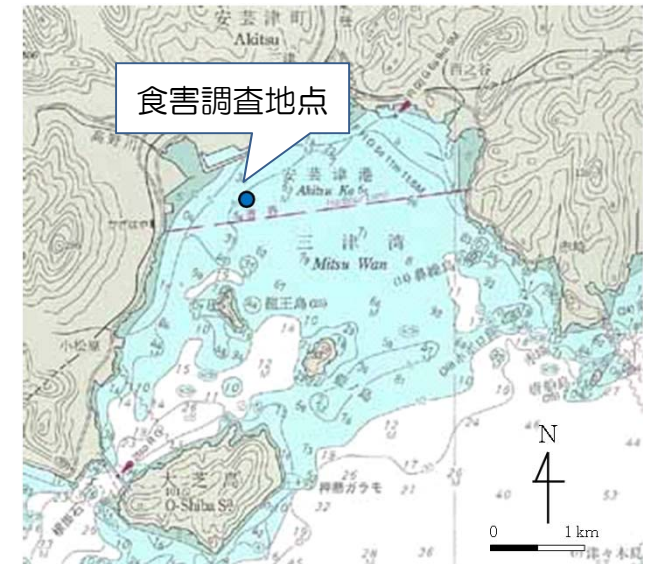
H23年度(11月、1月)は未測定

■ H24. 6

■ H24. 8

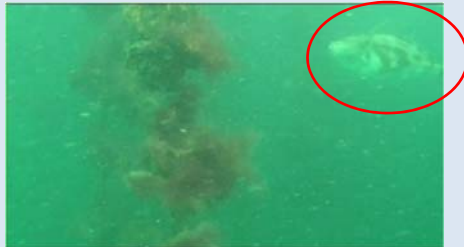
(4) 食害調査

- 近隣海域で食害魚とされているウマツラハギ、クロダイなどが確認された。
- 6月にナルトビエイは確認できなかった。



H23.11

ウマツラハギ



コモンフグ

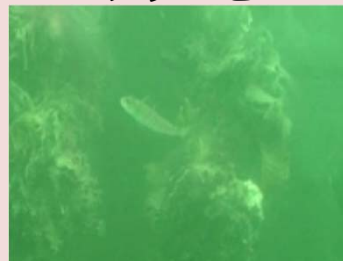


クロダイ



H24.6

アナハゼ



ウマツラハギ



アミメハギ



メバル



【確認された魚類】

4. 調査まとめ

(1) 底質の悪化要因解析

【St. 2 (水深：2.6～5.3 m)】

- 様々な粒度の底質がパッチ状に分布している。
- 底質成分も変動幅が大きい。
- ベントスは8月に他地点より多くなる。
- 窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の溶出速度が大きい。



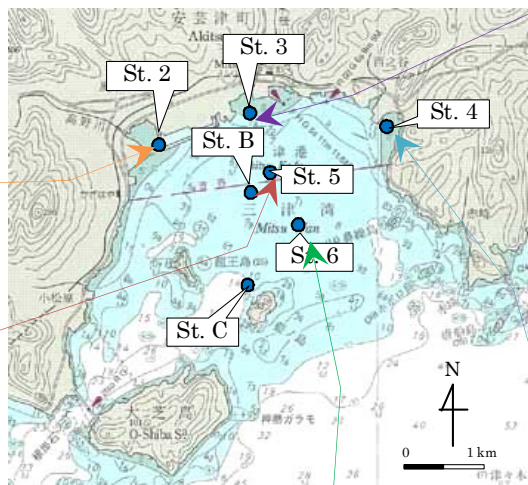
- 様々な底質がパッチ状に分布しており、底質の変化が大きい環境だと考えられる。

【St. 5 (水深：7.8～10.3 m)】

- 安定して、粒度が細かい底質である (シルトが多い)。
- 底質成分では、硫化物が顕著に高く、水産用水基準値を超過している。
- 有機物も他地点と同等もしくは若干高い。
- 底質中のT-N、T-Pも他点より高い。
- ベントスは、8月に最も多くなり、カタマカリギボシイソメ (29.8%) や硫化水素耐性を持つとされているシズクガイ (15.6%) の個体数が多い。
- 酸素消費速度が最も大きく、りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) の溶出速度が大きい。



- 硫化物が他地点より高く、他地点に比べて**硫化水素が発生しやすい**と考えられる。
- **養殖筏の影響があると考えられる。**



【St. 6 (水深：8.5～11.2 m)】

- 安定して、粒度が細かい底質である (シルトが多い)。
- 底質成分では、全項目とも他地点に比べて低い傾向である。
- ベントスは、最も少なかった。
- 酸素消費速度が最も小さく、T-N、T-Pの溶出速度もさほど大きくない。



- 粒度は細かいが、有機物が少ないため、ベントスが少ない可能性が考えられる。

【St. 3 (水深：3.8～5.7 m)】

- 安定して、砂や泥が混在した底質である (細砂が多い)。
- 底質成分では、T-N、T-Pが低い傾向である。
- 0～3 cm層のCOD、硫化物ともに水産用水基準値を超えない。
- ベントスは、個体数の季節間の変動が小さい。
- T-N、T-Pの溶出速度はさほど大きくない。



- 底質成分も安定しており、ベントスの生息場所として良い環境と考えられる。

【St. 4 (水深：1.7～3.9 m)】

- 底質の粒度に若干のばらつきがあるが、St. 2のように礫が混ざるほどでない。
- 底質成分では、有機物は若干多い傾向にあるが、硫化物、T-N、T-Pは低い傾向にある。
- ベントスは、6月から多くなる。
- 酸素消費速度は大きく、窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) の溶出速度が大きい。

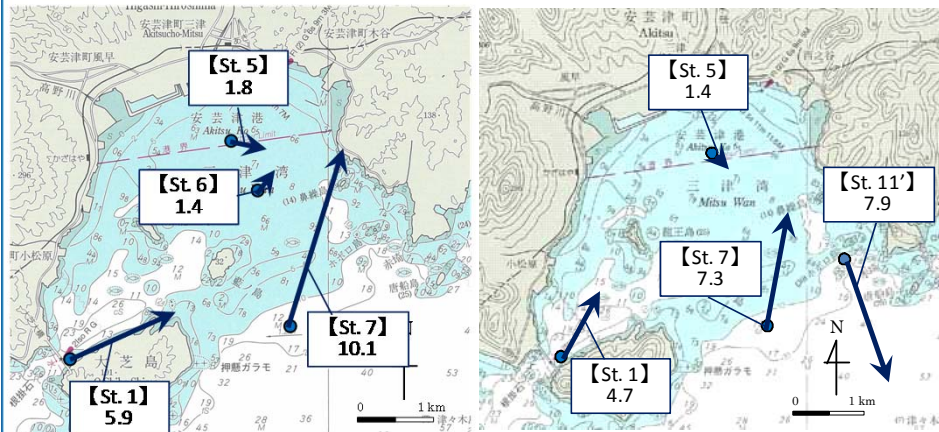


- 酸素消費速度は大きい、水深が浅いため貧酸素水塊が発生しにくく、ベントスに良い環境と考えられる。

(2) 水質と基礎生産

【流況】

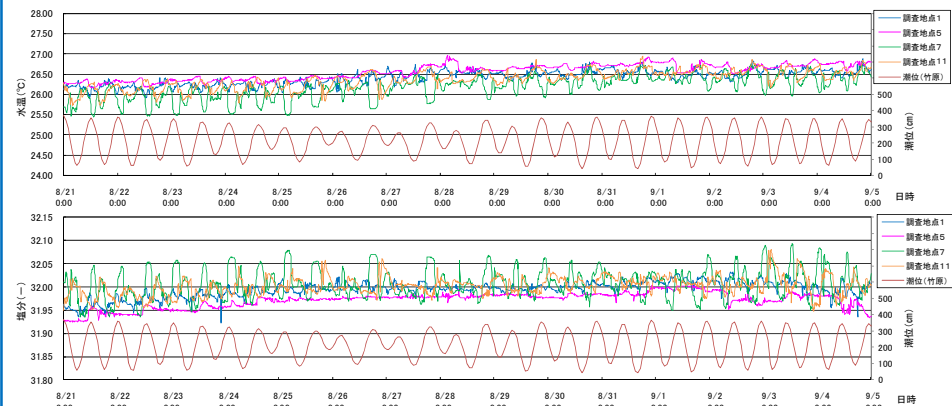
- 湾奥を除いて、湾外の影響が強いと考えられる。
- 特に湾口付近の流れが速い。
- 流れは、湾口西側から湾外水が流入し、東側から流出している（時計回りの流れ）と考えられる。
- 数値解析の結果によると、三津湾内の海水の滞留時間は約2.5日と短い。



表層における平均流(左:1月、右:8月)

【連続観測結果】

- St. 7では、潮位変化と連動して水温、塩分が変化していることから、湾外水の流入が大きいと考えられる。



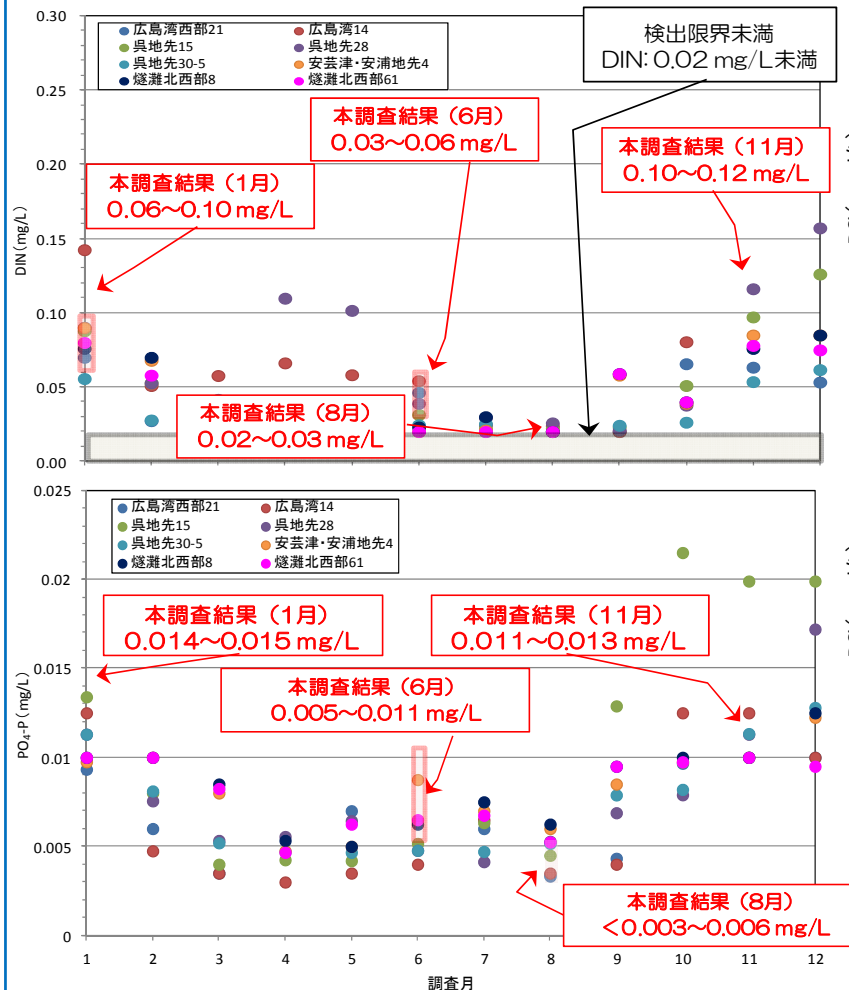
連続観測による水温(上図)、塩分(下図)の経時変化

- 三津湾では、湾口の流れが大きく、海水の滞留時間も短い。
- 湾口部は、潮位の影響を強く受けている。
- 三津湾は大芝島海峡及び湾口西側から湾外水が流入し、湾内水が東側から流出していると考えられる。

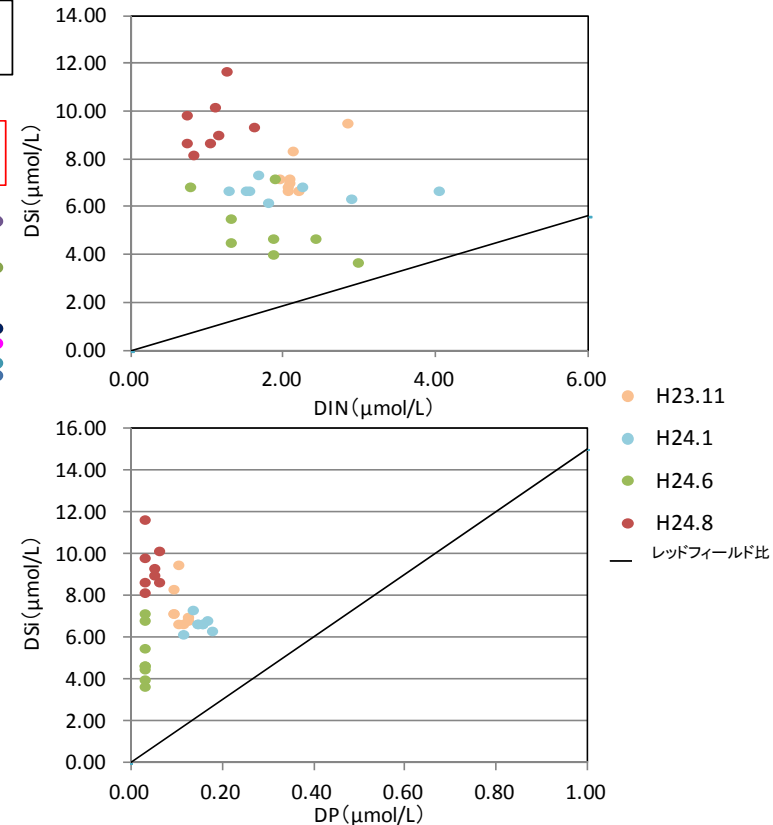
(2) 水質と基礎生産

【栄養塩】

- 海域に存在する栄養塩は少なく、他海域と同程度であると考えられる。
- 近隣の「安芸津・安浦地先4」とほとんど差異はなかった。
- 窒素やりんに対する珪酸塩の比率は、植物プランクトンが取り込む比率よりも高いため、珪酸塩が珪藻（植物プランクトン）の増殖制限になっていないと考えられる。



他海域とのDIN、PO₄-Pの比較



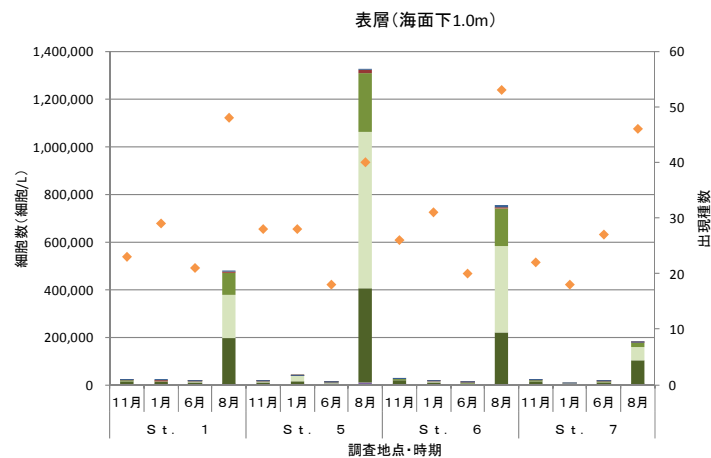
窒素、りんに対する珪酸塩の比率

植物プランクトンの種組成、細胞数をみてみると・・・

(2) 水質と基礎生産

【植物プランクトン】

- 珪藻が占める割合は、平均して表層で90.3%、下層で94.3%と高かった。
- 8月に細胞数、特に珪藻の細胞数が顕著に多くなった。

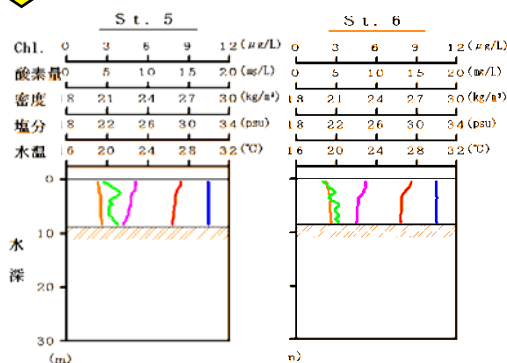


表層における植物プランクトンの経時変化

【水塊構造】

- 8月でも鉛直混合が起こっており、成層構造は形成されにくい、または発達しにくいと考えられる。

8月の水塊構造



【養殖力キの濾水量】

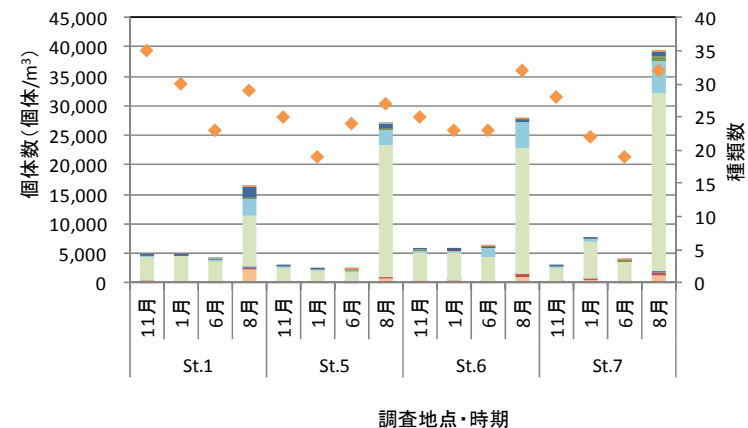
- マガキの濾水量は、産卵期(6~8月)には低くなることから、摂餌量も減ると考えられている(赤繁ら、2005)。

【8月の植物プランクトン】

- マガキの摂餌量が減り、植物プランクトンの現存量が増えることが考えられる。

【動物プランクトン】

- 植物プランクトン同様、8月に顕著に多くなる。



動物プランクトンの経時変化

- 三津湾で珪藻が多いのは、珪酸塩も十分に存在し、8月でも鉛直混合がおき、他の藻類(渦鞭毛藻など)に比べて、増殖しやすい水塊構造であるためと考えられる。
- 8月に植物プランクトンの細胞数が増加した要因の1つとしては、栄養塩だけではなく、養殖力キの摂餌量が減少することが考えられる。

(3) その他

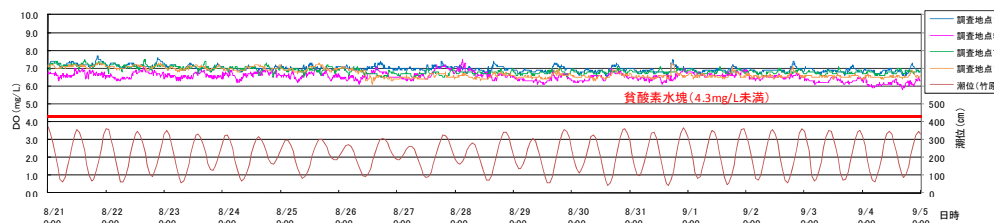
1) 食害調査

【養殖力キの斃死要因（仮説）】

- ① 貧酸素水塊の発生
- ② 食害魚の影響
- ③ 植物プランクトンの不足（カキの小粒化）

① 貧酸素水塊の発生

- 多項目水質計による鉛直観測では、貧酸素水塊を確認できなかった。
- 8月に実施した下層のDO連続観測でも、貧酸素水塊を確認できなかった。



三津湾におけるDO連続観測結果

② 食害魚の影響

- クロダイ、コモンフグ、ウマツラハギなど、近隣海域で食害魚として報告されている魚類を確認した。

③ 植物プランクトンの不足

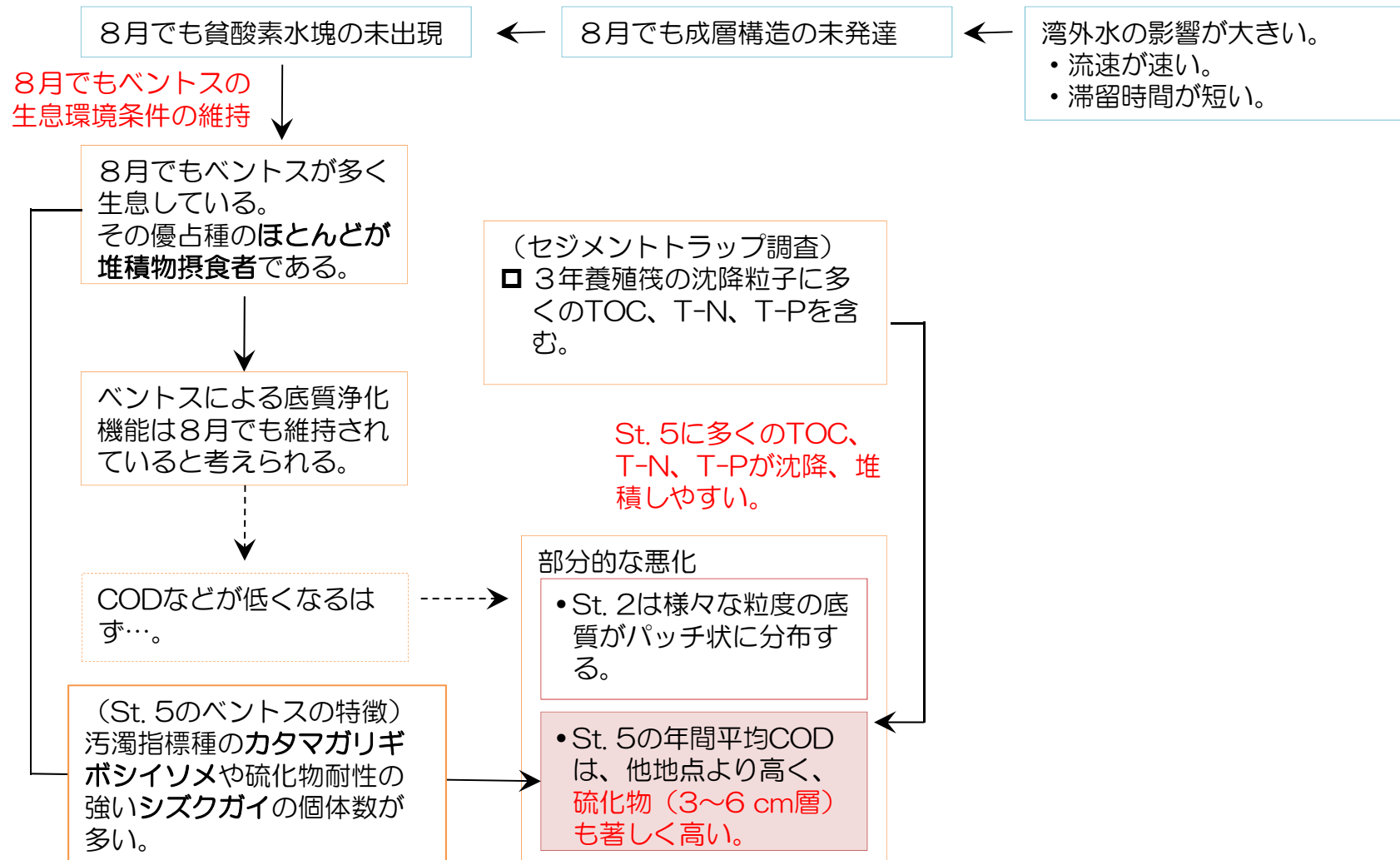
- ✓マガキの摂餌量が低下する8月には、細胞数は多かったが、その他の季節の細胞数は著しく低かった。
- ⇒相当の細胞数がマガキに摂餌されている可能性がある。

- カキの斃死要因として、貧酸素水塊の可能性は低い。
- 食害魚の存在が確認されていることから、下層の養殖力キを捕食している可能性は否定できなかった。

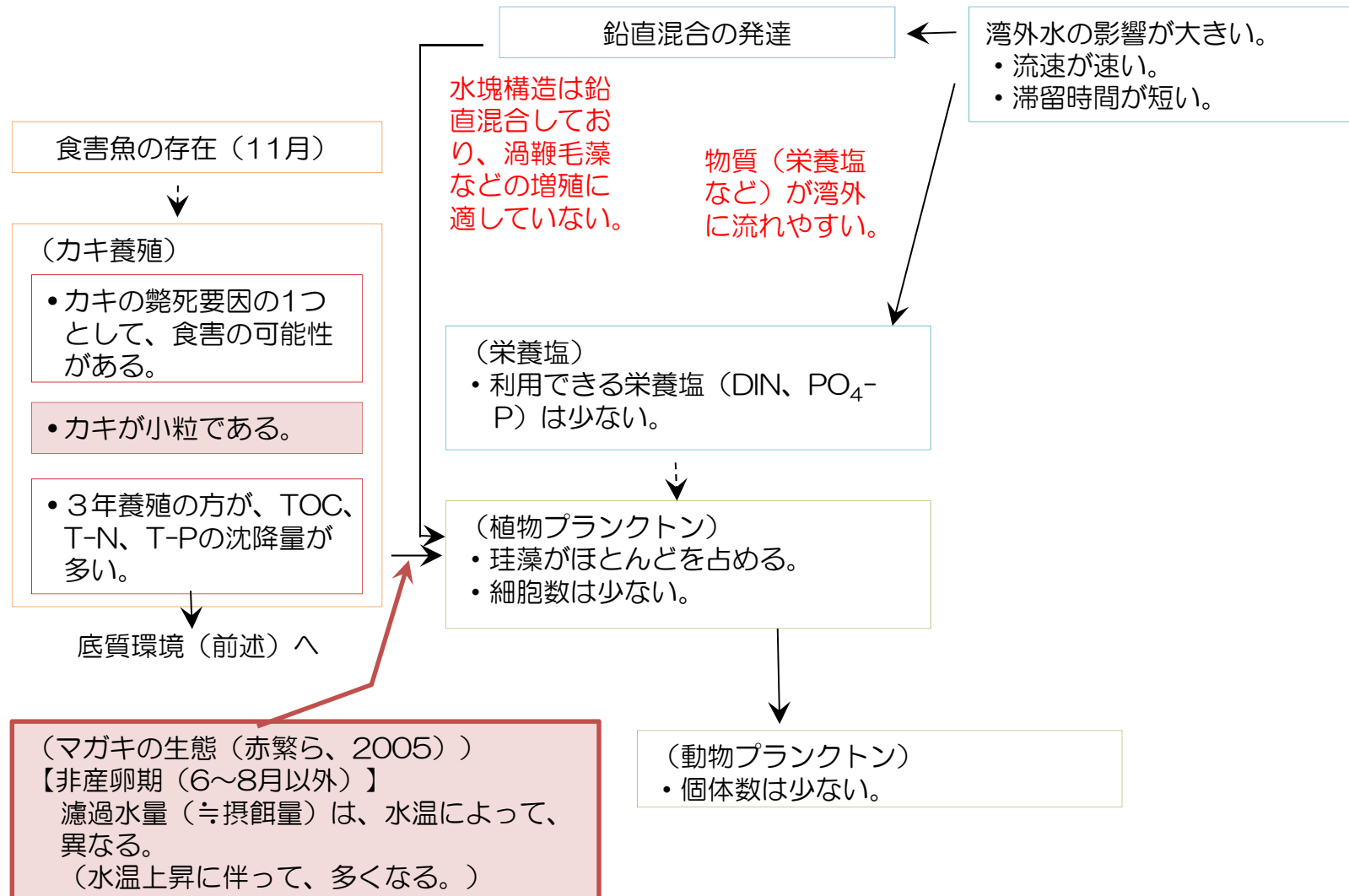
- 栄養塩も低く、さらに湾外水の影響を受けやすいことから、プランクトンが湾外へ流出することが考えられる。
- マガキの摂餌時期と植物プランクトンの増殖時期が一致していない。
- 植物プランクトンが低細胞数の要因
(要因1)
養殖力キの摂餌が大きい。
(要因2)
栄養塩が少なく、増殖できない。

5. まとめ（三津湾の特徴）

（1）底質環境



5. まとめ（三津湾の特徴） （2）水質環境（11月、1月）



5. まとめ（三津湾の特徴）

（3）水質環境（6月、8月）

