

実証試験結果のまとめ

1. 底生動物（アサリ着底稚貝）による植物プランクトン捕食時のサイズ選好試験

a. 試験方法

i. 供試生物と試験水

試験に用いたアサリ着底稚貝（以降、着底稚貝とする）は、平成 24 年 6 月 25 日に愛知県水産試験場より分譲された。分譲された着底稚貝はただちに試験場所に搬入し、試験開始まで馴致飼育を行った。試験に用いた試験水は、三河湾（愛知県水産試験場近郊の表層水）と駿河湾（大井川港周辺の表層水）より、それぞれ平成 24 年 6 月 25 日、平成 24 年 6 月 29 日に採取した。採取時の水温は 23℃前後であった。

ii. 試験条件

試験条件を表 1 に示す。

表 1 試験条件

項目	設定条件
供試生物	三河湾産 アサリ着底稚貝（1 回目：平均殻長 410 μ m、2 回目：平均殻長 458 μ m、）
試験場所	インキュベーター
試験水温	20℃（供試生物、試験水の採取時の水温、及び平成 23 年度に実施された二枚貝捕食サイズ選好試験時の水温を考慮して設定）
試験水	試験 1 回目：三河湾海水（愛知県水産試験場近郊の岸壁より表層水採取） 試験 2 回目：駿河湾海水（大井川港近郊の岸壁より表層水採取） *上記海水を 2 日間培養し、植物プランクトン総細胞数として 10 ³ 細胞/mL のオーダー以上とした
試験容器	500mL ビーカー
試験期間（時間）	12 時間（サンプリング間隔：0、12 時間）
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 試験容器への着底稚貝の収容個体数とサイズを確認 ● 種苗培養用の細砂とともに着底稚貝容器に収容された状態で試験実施 ● 試水中の植物プランクトンが沈降せず、細胞密度が均一となるように、容器側面からスターラーで攪拌

iii. 試験ケース

試験ケースを表2に示す。試験に供した着底稚貝の個体数と殻長を表3に示す。

表2 試験ケース

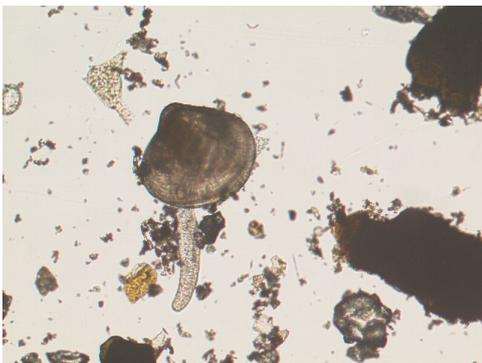
試験項目	内容	備考（供試生物の写真）
試験区	愛知県水産試験場より分譲いただいた着底稚貝をビーカーに収容し、培養した海水を添加	
対照区	培養した海水のみ	供試生物（着底稚貝）は無し

表3 試験に供した着底稚貝の個体数と殻長

試験回次	着底稚貝数	殻長（平均±標準偏差）
試験1回目	2,022 個体	410±85 μm
試験2回目	1,452 個体	458±112 μm

iv. 試験手順

f/2 培地を添加して2日間培養した海水（植物プランクトンを含む）を試験液とした。着底稚貝馴化用海水は、目合い0.2 μmのフィルターでろ過して植物プランクトンを除いた。試験実施直前に着底稚貝を目合い1mmのフルイを用いて大きめの砂粒子と分離した（着底稚貝と同サイズ以下の砂粒子を少量含む）。着底稚貝を馴化用海水（ろ過海水）を試験容器に150mL入れて試験水温を調整した後（20℃）、着底稚貝を収容した。ここに試験水を50mL添加して試験を開始した。試験中は、試水中の植物プランクトンが沈降せず、細胞密度が均一となるように容器側面からスターラーで撹拌した。なお、試験に供した着底稚貝は、試験前に顕微鏡下でその活性状態を観察し、足や水管を出し入れて活発に活動していることを確認した。試験は2回実施した。試験実施状況を図1に示す。

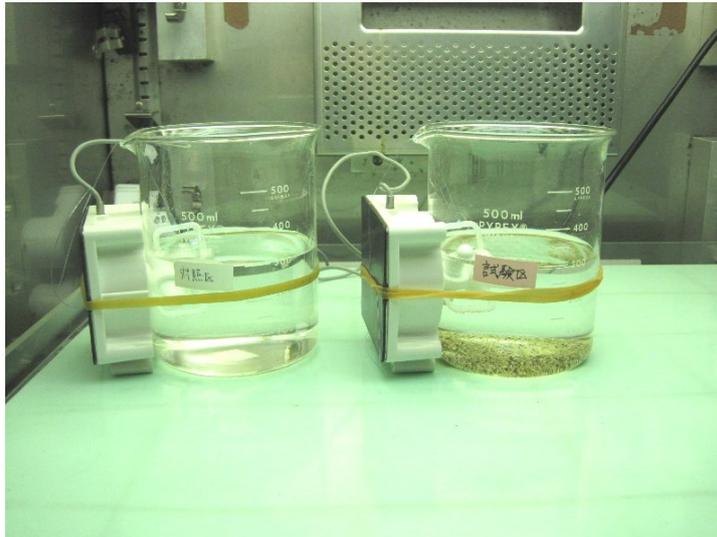


図1 底生動物(着底稚貝)による植物プランクトン捕食時のサイズ選好試験実施状況

v. 試験水の分析

試験開始時と試験終了時に試験水の一部を採取し、サイズ別クロロフィル、プランクトン種組成を把握した。なお、本試験前の事前検討より、着底稚貝は多くの個体を試験に供しても、サイズが微小であるため時間あたりのろ水量が少ないことが確認された。そのため、試験期間(時間)は12時間に設定し、試験水量も可能な限り少ない状態で行った。

表4 試験期間中のモニタリング項目と頻度

モニタリング項目	試験開始時	試験終了時 (12時間後)	備考
サイズ別クロロフィル	○	○	20 μ m以上、2-20 μ m、2 μ m未満の3サイズ
プランクトン (植物主体で動物)	○	○	顕微鏡観察(開始時は対照区のみ、終了時は試験区のみ)
ピコ・ナノプランクトン	○	○	顕微鏡観察(開始時は対照区のみ、終了時は試験区のみ)

注：○が採取・測定

b. 結果の解析方法

i. 二枚貝のろ水速度

二枚貝のろ水速度は以下の式により算出した。

$$F = (V/t) \times [\ln(C_0/C_t) - \ln(Cb_0/Cb_t)]$$

ここで、 C_0 : 試験開始時のクロロフィル a 量、 C_t : 試験期間中のクロロフィル a 量、 Cb_0 : 試験開始時の対照区 (ブランク) のクロロフィル a 量、 Cb_t : 試験期間中の対照区 (ブランク) のクロロフィル a 量とする。また、 V : 試験水量、 t : 試験時間とする。

ii. ろ水による植物プランクトン減耗率

二枚貝のろ水による植物プランクトン減耗率 (%) は以下の式により算出した。

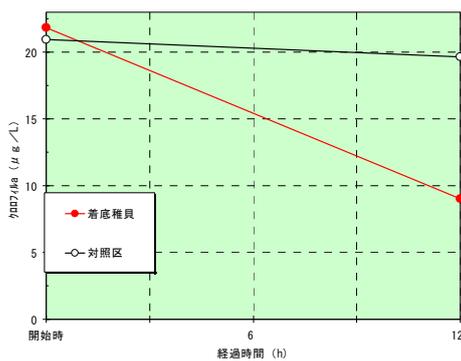
$$R = (1 - C_t/Cb_0) \times 100$$

c. 試験結果

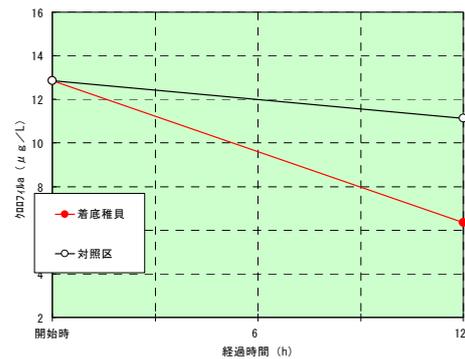
i. クロロフィル a の経時変化とろ水速度

各試験区のクロロフィル a の経時変化を図 2 に示す。試験開始時のクロロフィル a は、試験 1 回目が $20.9 \mu\text{g/L}$ 、試験 2 回目が $12.8 \mu\text{g/L}$ であった。試験終了時には、着底稚貝のろ水 (捕食) に伴ってクロロフィル a が減少し、試験終了時には試験 1 回目が $9.0 \mu\text{g/L}$ 、試験 2 回目が $6.3 \mu\text{g/L}$ であった。

試験開始時～試験終了時の間のクロロフィル a より算出される二枚貝のろ水速度は、試験 1 回目が $3.4 \mu\text{L}/\text{個体}/\text{時間}$ 、試験 2 回目が $3.2 \mu\text{L}/\text{個体}/\text{時間}$ であった。



試験 1 回目



試験 2 回目

図 2 クロロフィル a の経時変化

ii. サイズ別クロロフィルa

試験開始時・終了時のサイズ別クロロフィルaを図3に、サイズ別クロロフィルの減耗率を図4に示す。試験開始時の対照区のクロロフィルaは、試験1回目が $\geq 20\mu\text{m}$ が $5.1\mu\text{g/L}$ 、 $2-20\mu\text{m}$ が $13.6\mu\text{g/L}$ 、 $<2\mu\text{m}$ が $2.2\mu\text{g/L}$ 、試験2回目が $\geq 20\mu\text{m}$ が $1.1\mu\text{g/L}$ 、 $2-20\mu\text{m}$ が $8.6\mu\text{g/L}$ 、 $<2\mu\text{g/L}$ であった。試験終了時には、いずれのサイズ画分でもクロロフィルaの減耗が確認されたが、減耗の仕方に違いがみられた。サイズ毎の減耗率 $\geq 20\mu\text{m}$ が34-50%、 $2-20\mu\text{m}$ が63-73%、 $<2\mu\text{m}$ が16-31%であった。

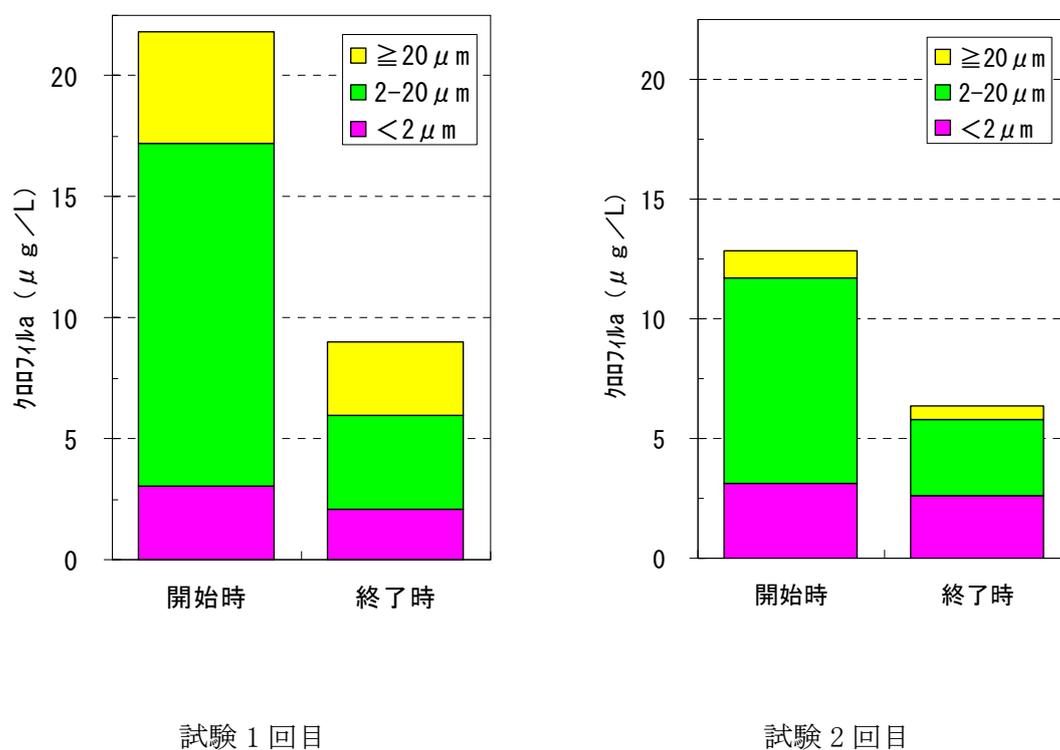


図3 試験開始時・終了時のサイズ別クロロフィルa

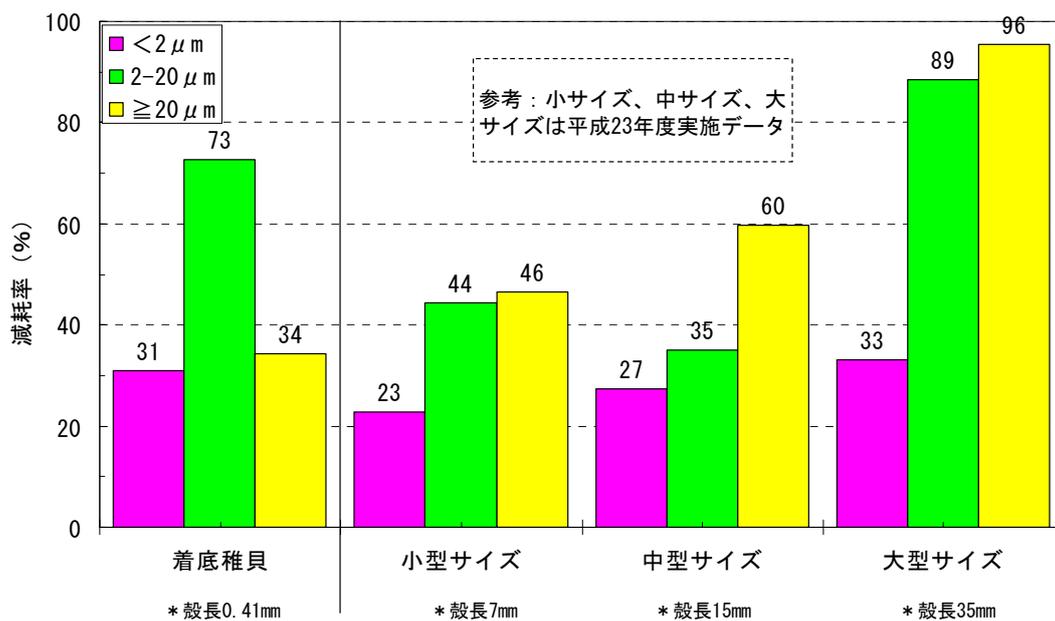


図 4 (1) サイズ別クロロフィルの減耗率 (試験 1 回目)

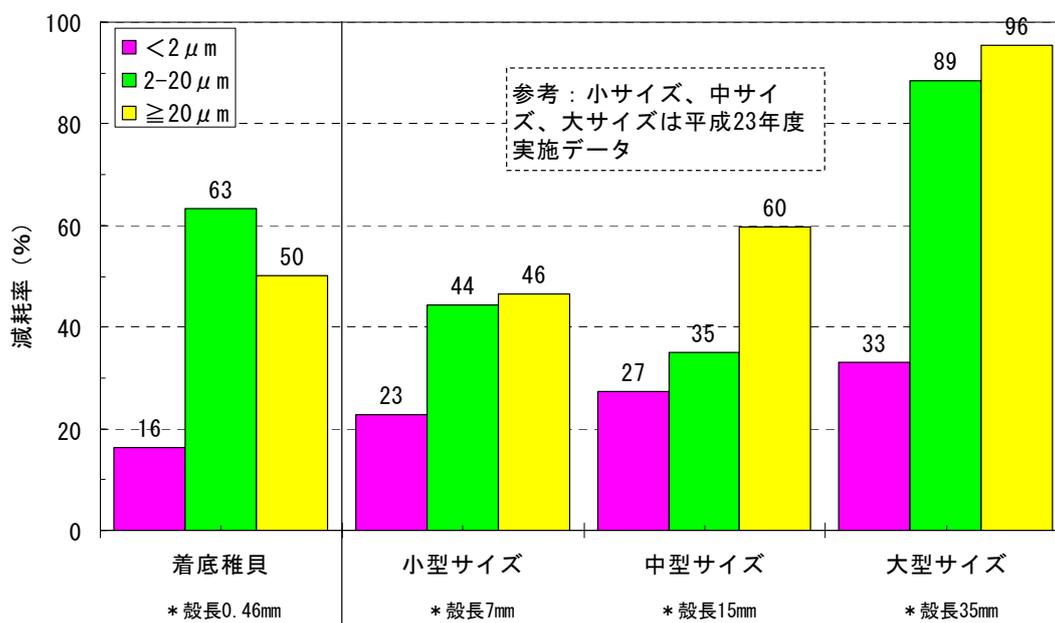


図 4 (2) サイズ別クロロフィルの減耗率 (試験 2 回目)

iii. プランクトン種組成

試験開始時（対照区）・終了時のプランクトン種組成を表5に示す。細胞・個体数合計は、試験開始時が1回目 24,676 細胞・個体/mL、2回目 23,678 細胞・個体/mL、試験終了時が1回目 10,217 細胞・個体/mL、2回目 7,261 細胞・個体/mL であり、試験1回目、2回目ともに試験終了時に細胞・個体数合計は減少していた。試験開始時における細胞数、細胞サイズの両面から判断した植物プランクトン優占種は以下のとおりである。

【試験1回目】

珪藻綱： *Skeletonema costatum* ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2-20 \mu\text{m}$)
Chaetoceros sp. (*Hyalochaete*) ($2-20 \mu\text{m}$)

【試験2回目】

珪藻綱： *Nitzschia* sp. (chain formation) ($2-20 \mu\text{m}$)
 その他： 不明微細鞭毛藻類 ($2-20 \mu\text{m}$)

表5 試験開始時（対照区）・終了時のプランクトン種組成

単位：細胞・個体/mL

門	綱	種名	1回目		2回目	
			開始時	終了時	開始時	終了時
クリプト植物	クリプト藻	CRYPTOMONADALES	90		6	2
黄色植物	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	21,000	8,250	768	31
		<i>Thalassiosira</i> sp.	360	53		2
		Thalassiosiraceae	180	40	64	
		<i>Rhizosolenia delicatula</i>	1			
		<i>Chaetoceros debile</i>	40	11		
		<i>Chaetoceros</i> sp. (<i>Hyalochaete</i>)	2,670	1,800	3	
		<i>Cylindrotheca closterium</i>		1	4	7
		<i>Nitzschia</i> sp. (chain formation)			19,392	5,888
不明	不明	Unknown Micro-flagellate	330	60	3,440	1,328
繊毛虫	キネトフラグミノーゾア	<i>Mesodinium rubrum</i>	2			
		CILIOPHORA	2		1	2
節足動物	甲殻	nauplius of Copepoda	1	2		1
種類数			11	8	8	8
合計			24,676	10,217	23,678	7,261

試験開始時（対照区）・終了時のピコ・ナノプランクトン細胞数を表6に示す。試験開始時はピコプランクトンが試験1回目 680 細胞/mL、試験2回目 1,360 細胞/mL、独立栄養性ナノプランクトンが試験1回目 2,800 細胞/mL、試験2回目 11,800 細胞/mL であった。試験終了時は、試験1回目、2回目ともにピコプランクトン、独立栄養性ナノプランクトンの細胞数が減少していた。

表6 試験開始時（対照区）・終了時のピコ・ナノプランクトン細胞数

単位：細胞/mL

試験回次	種名	開始時	終了時
1回目	ピコプランクトン	680	150
	ナノプランクトン	2,800	2,190
2回目	ピコプランクトン	1,360	450
	ナノプランクトン	11,800	5,900

d. まとめ

- 培養した海水を着底稚貝（平均殻長：410-458 μ m）に与えて経時的に植物プランクトン（クロロフィル a）量を把握したところ、植物プランクトン（クロロフィル a）量は減耗した。これは、二枚貝によって植物プランクトンがろ水（捕食）されたためであった。
- 着底稚貝のろ水速度は、3.2~3.4 μ L/個体/時間であった。一方、昨年実施された二枚貝のろ水速度は、小型サイズ（殻長 7mm）が 30mL/個体/時間、中型サイズ（殻長 15mm）が 74mL/個体/時間、大型サイズ（殻長 35mm）が 400mL/個体/時間であった。
- 試験開始時と終了時にサイズ別クロロフィル a を測定した。試験終了時には、いずれのサイズ画分でもクロロフィル a の減耗が確認されたが、着底稚貝は主に $\geq 20\mu$ m と 2-20 μ m のサイズ画分を捕食していることが示唆された。一方、平成 23 年度に実施されたアサリを主体としたより大型の二枚貝でも、主に $\geq 20\mu$ m と 2-20 μ m のサイズ画分を捕食している傾向が認められており、二枚貝のサイズの違いによる捕食サイズの選好性はそれほど異なることが示唆された。
- 二枚貝の捕食によるピコサイズの減耗率は、アサリ着底稚貝で 16~31%、アサリを主体としたより大型の二枚貝で 23~33%であり、二枚貝のサイズ ga
- 違っても一様に捕食されることが示唆された。
- 試験時に優占していた植物プランクトンはいずれも $\geq 20\mu$ m と 2-20 μ m のサイズの珪藻類（*Skeletonema*、*Nitzschia* など）であり、試験終了時にはこれらの細胞数が減少していることが確認された

2. 浮遊生態系構造変化検証試験

昨年度の試験結果を踏まえて、以下のねらいの試験を実施した。

(1) 干潟・浅場における植物プランクトンによる一次生産をより詳しくみる

昨年度は局所的に閉鎖性の高い場所、干潟・浅場部を対象とした浮遊生態系構造変化検証試験を実施した結果、以下に示す特徴的な現象が確認された。

- ① 局所的に閉鎖性の高い場所、干潟部ともに、開始時の植物プランクトン量（クロロフィル a 量）は上げ潮時が下げ潮時より多かった。
- ② 干潟部の開始時の試験水について、上げ潮時と下げ潮時のサイズ組成を比較すると、上げ潮時にナノプランクトンが少ない状況が確認された。これは、干潟上に生息するアサリなどのろ過捕食底生動物による取り込み効果が想定された（併せて着底稚貝を用いた捕食試験を実施して検証）
- ③ 干潟部の試験水は貧栄養状態であったが、試験直後にピコ・ナノプランクトンの急激な増加がみられた（干潟上は貧栄養になりやすく、貧栄養状態が継続するとピコ・ナノプランクトンが増加？）

今年度は、上述の現象を検証するために、「①豊川河口干潟水を用いたケース」を設定するとともに、他の干潟における違いをみるために「②矢作川河口干潟水を用いたケース」を追加した。また、これら干潟部の対照として局所的に閉鎖性の高い場所（下げ潮時のみ）についても併せて試験を実施した。

(2) 河川からの栄養供給による変化をみる

上記の②の仮説にある「干潟上における貧栄養状態による影響」を検証するため、各試験ケースに河川水や栄養塩類（窒素・リン）を添加するケースを設定した。

a. 試験方法

i. 試験水の採取

平成 24 年 8 月 29 日に三河湾の数カ所において、試験に用いる海水を採取した。試験水の採取場所は、干潟（豊川河口六条干潟・矢作川河口一色干潟）、局所的に閉鎖性の高い場所（昨年度と同様）、豊川河口部（JR 橋）とし、干潟は上げ潮時、下げ潮時の 2 潮時とした。局所的に閉鎖性の高い場所と河口部はより陸域水の影響が出やすい下げ潮時のみとした。採取層は表層 1m 程度、採水量は 10 L とした。採取した海水は試験室へ搬送した。調査場所は図 5 のとおりである。

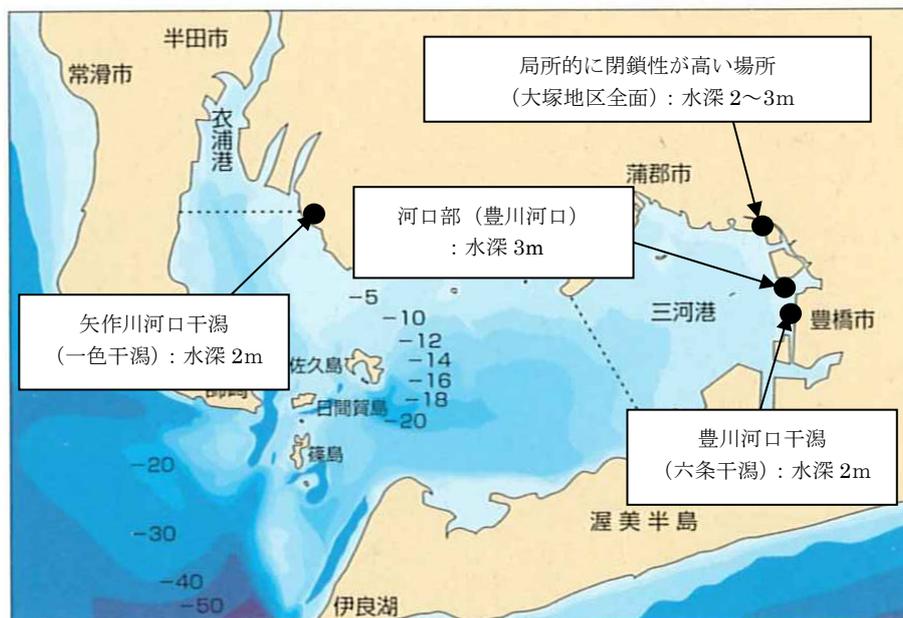


図5 調査場所

ii. 試験条件

試験条件を表7に示す。

表7 試験条件

項目	設定条件
供試生物	三河湾各所のプランクトン群集
試験場所	恒温室
試験水温	28℃ (試験水を採取した現地水温が27~30℃の範囲であった)
試験容器	2000mL 容量 三角フラスコ
試験期間	5日間 (サンプリング間隔: 1日に1回、ただしサイズ分画は試験開始時、2日目、4日目に実施)
光量・周期	白色蛍光灯 4,000lux ($57 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、12時間明期・12時間暗期
その他	試験容器は基本的に静置し、1日に1回揺らして試験水中の植物プランクトン群集を懸濁させた。

iii. 試験ケース

試験ケースを表 8 に示す。

表 8 試験ケース

試験ケース	
豊川河口干潟 (六条干潟)	① 上げ潮 ② 下げ潮 ③ ②+河川水 20%添加 ④ ②+栄養塩 (窒素・リン)
矢作川河口干潟 (一色干潟)	① 上げ潮 ② 下げ潮 ③ ②+河川水 20%添加 ④ ②+栄養塩 (窒素・リン)
局所的に閉鎖性の高い場所 (大塚地区前面)	① 下げ潮 ② ①+河川水 20%添加 ③ ①+栄養塩類注入

iv. 試験手順

各試験ケースの試験水は、ゴミや大中型の動物プランクトンを除くため、目合い 100 μm のナイロン製のプランクトンネットでろ過してから調整した。試験液の塩分は、27.4~31.8 の間にあった。試験液間で塩分が大きく異なることはなかったため、無調整とした。

ろ過した試験水をメスシリンダーで 1500mL 計量し、2000mL 容量の三角フラスコに分注した。試験ケースのうち、河川水添加ケースは、それぞれの試験海水と河口部水が予容量で 8:2 となるように混合して調整した。また、栄養塩添加ケースは硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が 1mg/L、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) が 0.1mg/L となるように添加して調整した。試験液を分注した試験容器は、シリコセンで栓をして調温・調光した恒温室に設置して培養を開始した。試験実施状況を図 6 に示す。



図6 試験実施状況

v. 増殖モニタリング

培養期間中、1日に1回各試験容器より試験水を分取した。試験水の増殖モニタリングはターナーデザイン社製の蛍光光度計（TD-700）によって蛍光強度を測定することによって確認した。また、植物プランクトン群集のサイズ別増殖量を求めるため、試験水をサイズ分画（ $20\mu\text{m}$ 以上、 $2\text{--}20\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 未満の3サイズ）して蛍光強度を測定した。測定した蛍光強度は、クロロフィル a 量との関係式を求めて、クロロフィル a 量に換算した。

vi. 試験水の分析

採取した海水について試験開始前に水質及びプランクトン分析を行った。分析項目は次のとおりである。

pH、塩分、窒素（T-N 及び DON（ろ過前・ろ過（ $0.45\mu\text{m}$ メンブランフィルター）後）、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、リン（T-P 及び DOP（ろ過前・ろ過後）、 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）、珪素（ $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ）、全有機炭素（TOC）、動植物プランクトン、ピコ・ナノプランクトン

b. 試験結果

i. 試験水のプランクトン種組成

(a) 試験開始時の動植物プランクトン

試験開始時の動植物プランクトン種組成を表9に示す。採取場所及び潮時別には、細胞数・個体数に大きな違いがあるものの、優占していた植物プランクトンは概ね同様であった。細胞数、細胞サイズの両面から抽出した植物プランクトン優占種は以下の通りである。

珪藻綱：*Skeletonema costatum* sensu lato ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2\text{-}20 \mu\text{m}$)

Chaetoceros sp.(*Hyalochaete*) ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2\text{-}20 \mu\text{m}$)

また、動物プランクトンとしては、主に絨毛虫類 (*Oligotrichida*, *Mesodinium* など)、ゴカイ綱の幼生 (Larva of polychaeta)、カイアシ類のノープリウス幼生 (Nauplius of copepoda) が認められた。

表9 試験開始時の動植物プランクトン種組成

単位：細胞・個体/ml

門	綱	種名	豊川河口干潟 (六条)		矢作川河口干潟 (一色)		局所的に閉鎖性 の高い場所 (豊川河口)	
			上げ潮	下げ潮	上げ潮	下げ潮	上げ潮	下げ潮
クリプト植物	クリプト藻	CRYPTOMONADALES		1	2	1		1
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	GYMNODINIALES						1
		PERIDINIALES	1		1			
黄色植物	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i> sensu lato	1,072		168	17	1,272	55
		<i>Thalassiosira</i> sp.	112			2	27	2
		Thalassiosiraceae	144		48	14	224	15
		<i>Leptocylindrus danicus</i>			2	7		
		<i>Melosira</i> sp.			3			
		<i>Rhizosolenia setigera</i>						1
		<i>Rhizosolenia</i> sp.						1
		<i>Cerataulina pelagica</i>						1
		<i>Chaetoceros</i> sp. (<i>Hyalochaete</i>)	41	2	1,184	176		
		<i>Thalassionema</i> sp.				1		2
		<i>Cocconeis</i> sp.						1
		<i>Navicula</i> sp.						1
		<i>Pleurosigma</i> sp.						1
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	1	3	1		
		<i>Nitzschia longissima</i>			1			2
		<i>Nitzschia</i> sp. (chain formation)	2	4	10	200	120	5
		<i>Nitzschia</i> sp.						1
		PENNALES	1	1	1	1	1	2
ミドリムシ植物	ミドリムシ	EUGLENOPHYCEAE	3			1		
緑色植物	緑藻	<i>Ankistrodesmus</i> sp.				1		
		<i>Crucigenia</i> sp.				6		
		<i>Scenedesmus</i> sp.				73	4	5
不明	不明	Unknown Micro-flagellate	24	26	48	48	62	19
絨毛虫	キネトフラグミノゾア	<i>Mesodinium rubrum</i>	0.6	1.4				1.2
	多膜	<i>Tintinnidium mucicola</i>				0.4		
		<i>Codonella</i> sp.				4.6		
		<i>Tintinnopsis</i> sp.	0.2			1.0		
		<i>Helicostomella</i> sp.						0.2
		<i>Favella ehrenbergii</i>						0.2
		Oligotrichida	5.4	13.8	4.6	0.8	1.6	0.4
		CILIOPHORA						0.6
環形動物	ゴカイ	Larva of polychaeta			0.2			
節足動物	甲殻	Nauplius of copepoda	0.2	0.2	1.0		0.4	
		種類数	14	9	21	14	20	13
		合計	1,407.4	50.4	1,562.8	473.8	1,720.6	107.2

(b) 試験終了時の動植物プランクトン

試験終了時の動植物プランクトン種組成を表 10 に示す。細胞数、細胞サイズの両面からみた植物プランクトン優占種を試験ケース別に整理すると以下の通りである。

【豊川河口干潟①～④】

珪藻綱 : *Skeletonema costatum* sensu lato ($\geq 20 \mu\text{m}$ または 2-20 μm)
Thalassiosiraceae (2-20 μm)

【矢作川河口干潟①～④】

珪藻綱 : *Chaetoceros* sp. (*Hyalochaete*) ($\geq 20 \mu\text{m}$ または 2-20 μm)
Nitzschia sp. (chain formation) (2-20 μm)
その他 : 不明微細鞭毛藻類 (2-20 μm)

【局所的に閉鎖性の高い場所①～③】

珪藻綱 : *Skeletonema costatum* sensu lato ($\geq 20 \mu\text{m}$ または 2-20 μm)
Thalassiosiraceae (2-20 μm)、*Nitzschia* sp. (chain formation)
(2-20 μm)
その他 : 不明微細鞭毛藻類 (2-20 μm)

また、動物プランクトンとしては、主に絨毛虫類 (*Mesodinium rubrum*、Oligotrichida) の個体数が増加していた。

表 10 試験終了時の動植物プランクトン種組成

単位：細胞・個体/ml

門	綱	種名	豊川河口干潟（六条）				矢作川河口干潟（六条）				局所的に閉鎖性の高い場所						
			①上げ潮	②下げ潮	③上げ潮 +河川水	④下げ潮 +NP	①上げ潮	②下げ潮	③上げ潮 +河川水	④下げ潮 +NP	①下げ潮	②上げ潮 +河川水	③下げ潮 +NP				
カブト植物	カブト藻	CRYPTOMONADALES		1		12											
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Proocentrum triestinum</i>											2			3	
		GYMNOIDINIALES	1	7	5	5	2	3	1	1			1	1	4		
		<i>Protoperidinium</i> sp.	2			7	3						2	1	2		
		<i>Gonyaulax verior</i>												1	1		
		PERIDINIALES	1			4	21	1						1	1		
	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i>	22,144	5,056	13,740	15,960	180	780	3,360	720	39,120	69,000	60,240				
		<i>Thalassiosira</i> sp.	3,264	256	2,160	960			10		960	480	20				
		Thalassiosiraceae	3,136	1,344	47,760	77,160	210	180	480	600	24,120	28,320	45,240				
		<i>Leptocylindrus danicus</i>							12								
		<i>Guinardia flaccida</i>												2	1		
		<i>Rhizosolenia alata</i>											1				
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>							6	5							
		<i>Rhizosolenia</i> sp.											3				
		<i>Cerataulina pelagica</i>							6								
		<i>Chaetoceros compressum</i>	4										47	12			
		<i>Chaetoceros curvisetum</i>											5	2	31	3	
		<i>Chaetoceros didymum</i>												2		5	
		<i>Chaetoceros</i> sp. (<i>Hyalochaete</i>)	7	192	1,140	2,640	52,320	32,040	113,400	30,240	245	240	15				
		<i>Odontella</i> sp.					1	4									
		<i>Neodelphinopsis pelagica</i>											9				
		<i>Thalassionema</i> sp.									3			4	3		
		<i>Amphiprora</i> sp.				1											
		<i>Pleurosigma</i> sp.					1										
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	5	91	3,240	48		1	840	61		240				
		<i>Nitzschia longissima</i>	1	18	34	57	21		1	5	3	3	4				
		<i>Nitzschia</i> sp. (chain formation)	41	520	116	25	3	2,040	1,320	1,560	4,560	4,200	1,560				
		<i>Nitzschia</i> sp.	4	4	1	34	10			600							
		PENNALES	1		2	2	2			5	2	2	4				
緑色植物	緑藻	EUGLENOPHYCEAE					60	1	14		2	1	2				
		<i>Scenedesmus</i> sp.															
不明	不明	linknowi Micro-flagellate	6	160	360	3,960	3,930	660	600	3,840	640	840	1,440				
繊毛虫	キトワグミノア	<i>Didinium</i> sp.												0.4			
	多膜	<i>Mesodinium rubrum</i>	45.0	7.0	21.0							0.6	5.0	16.0			
		Paritrichida										0.2					
		<i>Cadoneia</i> sp.					12.4	0.4	7.0								
		<i>Tintinnopsis</i> sp.	0.2				7.4	0.8	0.4			0.4	0.4	0.2			
		<i>Helicostomella</i> sp.			0.2			0.2				22.0	28.0	31.0			
		<i>Favella ehrenbergii</i>											0.4	0.2			
		<i>Eutintinnus</i> sp.										0.2	0.4	0.2			
		Oligotrichida	13.0	27.0	78.0	8.0	10.4	26.0	12.0	28.0	17.0	30.0	20.0				
		CILIOPHORA	4.0		0.4	0.4	1.2					0.6	0.2	9.0			
		<i>Orthona</i> sp.			0.2									0.4			
		Nauplius of copepoda	0.6	0.2					0.2			0.2	0.2				
		種類数	18	14	16	16	19	17	15	13	27	25	27				
		合計	28,671.8	7,597.2	65,508.8	104,041.4	56,867.4	35,770.4	119,211.6	37,851.0	70,421.2	103,203.0	108,865.0				

ii. 試験開始時・終了時のプランクトン

(a) 動植物プランクトン

試験開始時・終了時の植物プランクトン細胞数を図7に、試験開始時・終了時の動物プランクトン個体数を図8に示す。植物プランクトン細胞数は、試験開始時が豊川河口干潟下げ潮以外では珪藻綱が優占していた。試験終了時は、いずれの試験ケースでも試験開始時より1~2オーダー増加しており、珪藻綱が優占していた。動物プランクトン個体数は、植物プランクトン細胞数と同様に、試験開始時に比べて試験終了時に増加していた。

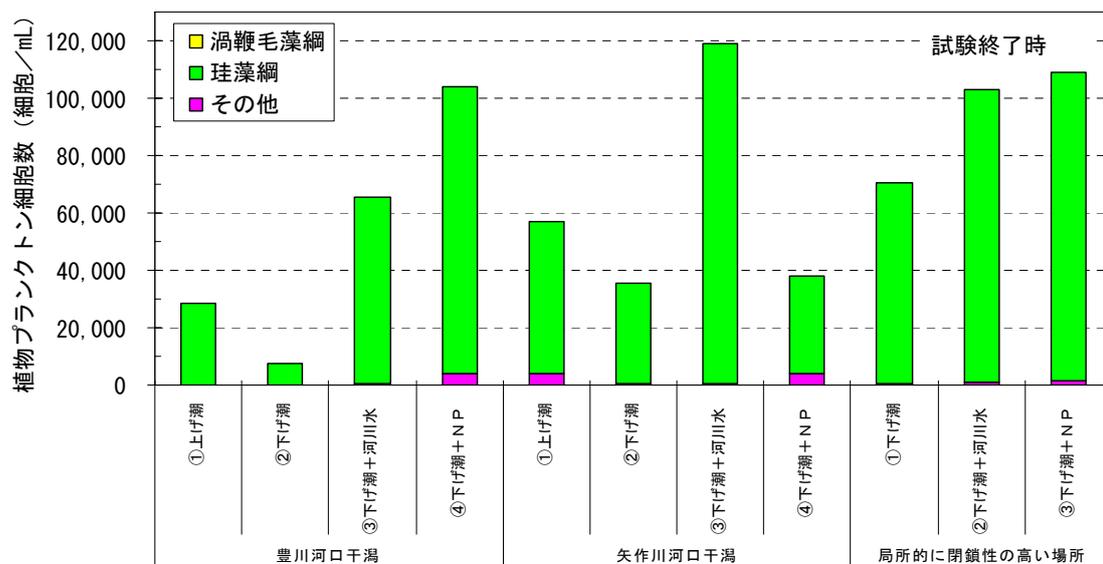
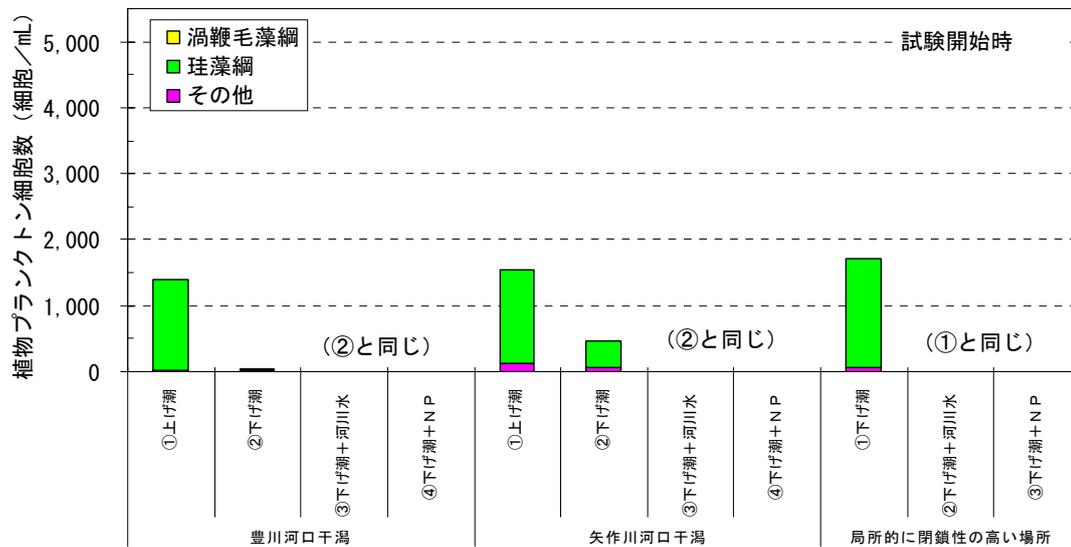


図7 試験開始時・終了時の植物プランクトン細胞数 (上: 試験開始時、下: 終了時)

*試験開始時と終了時はスケールが異なることに注意

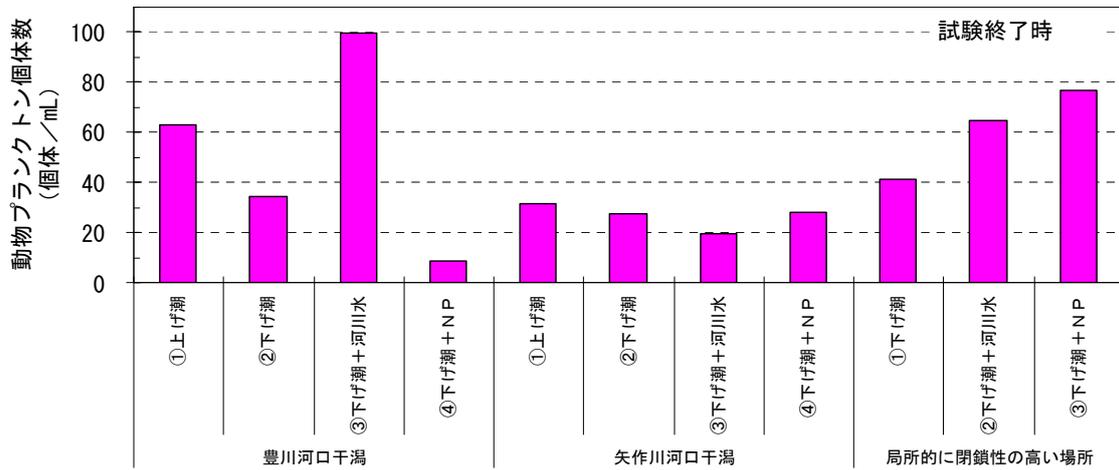
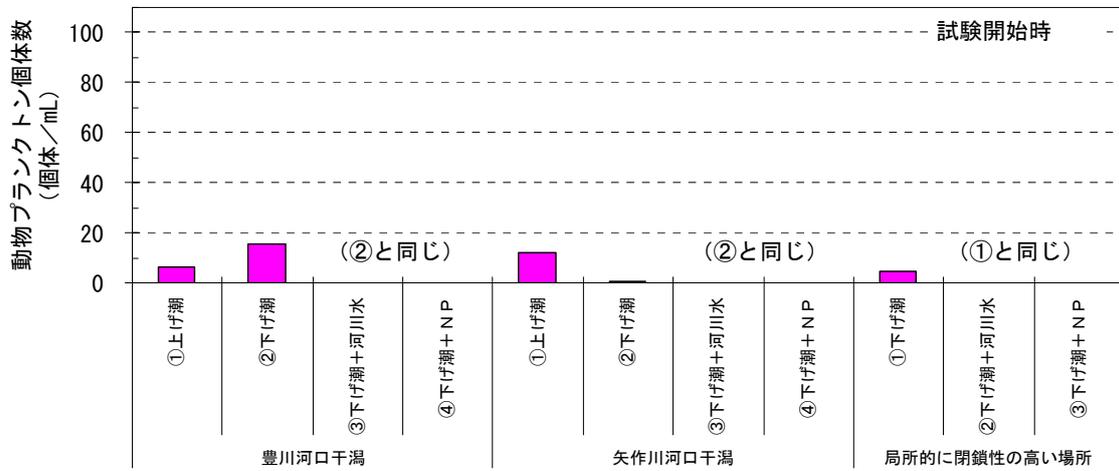


図8 試験開始時・終了時の動物プランクトン個体数 (上：試験開始時、下：終了時)

(b) ピコ・ナノプランクトン

試験開始時・終了時のピコ・ナノプランクトン細胞数を図9に示す。ピコプランクトン細胞数は、いずれの試験ケースでも試験開始時に比べて終了時に減少していた。ナノプランクトン（独立栄養性）は、いずれの試験ケースにおいても試験開始時に比べて終了時に増加していた。

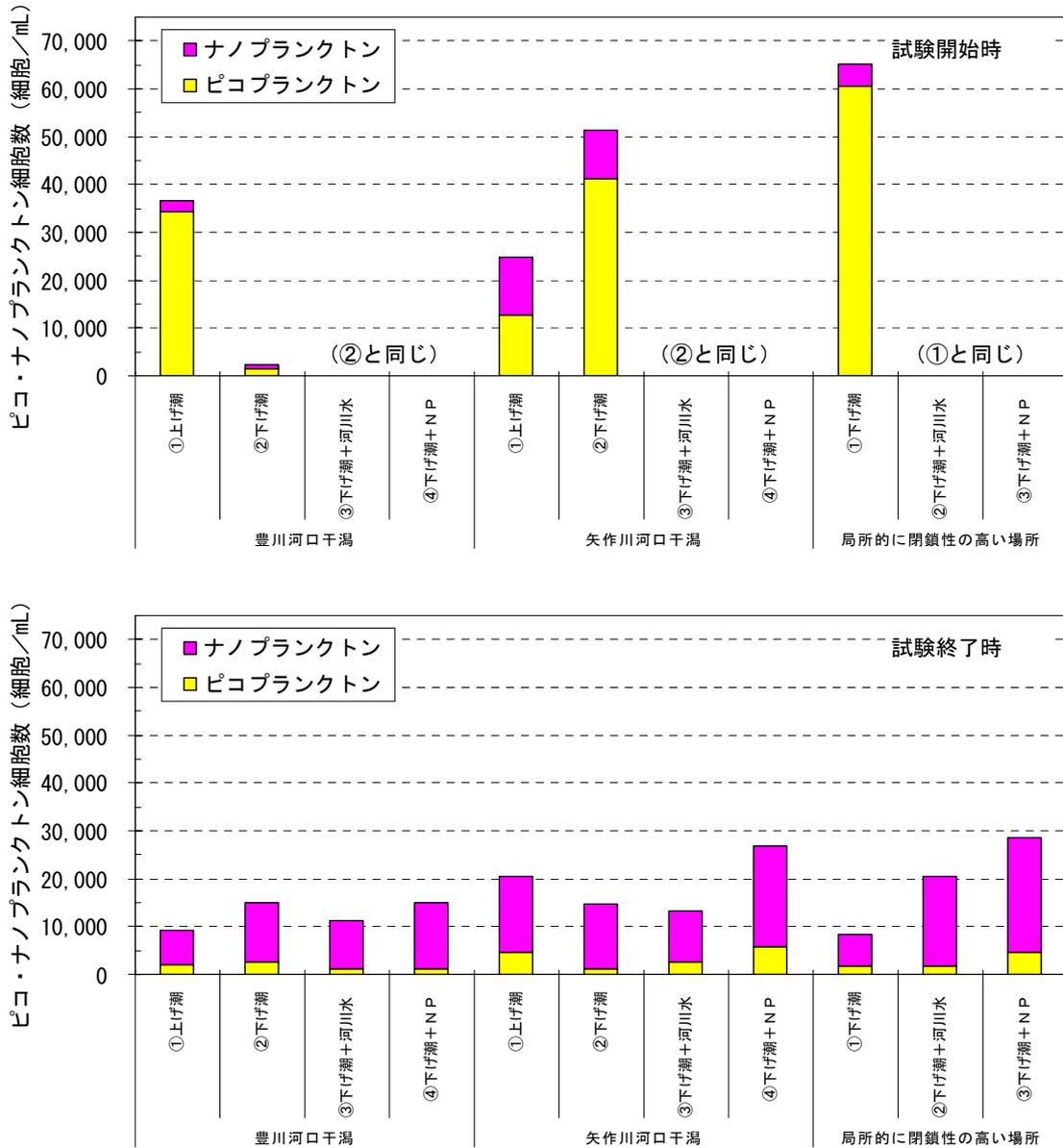


図9 試験開始時・終了時のピコ・ナノプランクトン細胞数
(上：試験開始時、下：終了時)

iii. 試験開始時のサイズ別クロロフィルa量

試験開始時のサイズ別クロロフィル a 量を図 10 に示す（比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す）。

- 合計クロロフィル a 量は、豊川河口干潟が 1.1~2.2 $\mu\text{g/L}$ 、矢作川河口干潟が 3.1~9.2 $\mu\text{g/L}$ 、局所的に閉鎖性の高い場所が 2.9~3.3 $\mu\text{g/L}$ であり、矢作川河口干潟の上げ潮時（①）に高く、豊川河口干潟の下げ潮時（②）に低かった。
- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟ともに、合計クロロフィル a 量は上げ潮時に高く、下げ潮時に低かった。
- 豊川河口干潟は $\geq 20 \mu\text{m}$ と 2-20 μm の画分が少なく、相対的にみると $< 2 \mu\text{m}$ の画分の比率が高かった。
- 矢作川河口干潟と局所的に閉鎖性の高い場所は 2-20 μm と $< 2 \mu\text{m}$ の画分が多く、 $\geq 20 \mu\text{m}$ の画分が少なかった。特に、矢作川河口干潟の上げ潮時（①）は、2-20 μm の画分が多かった。

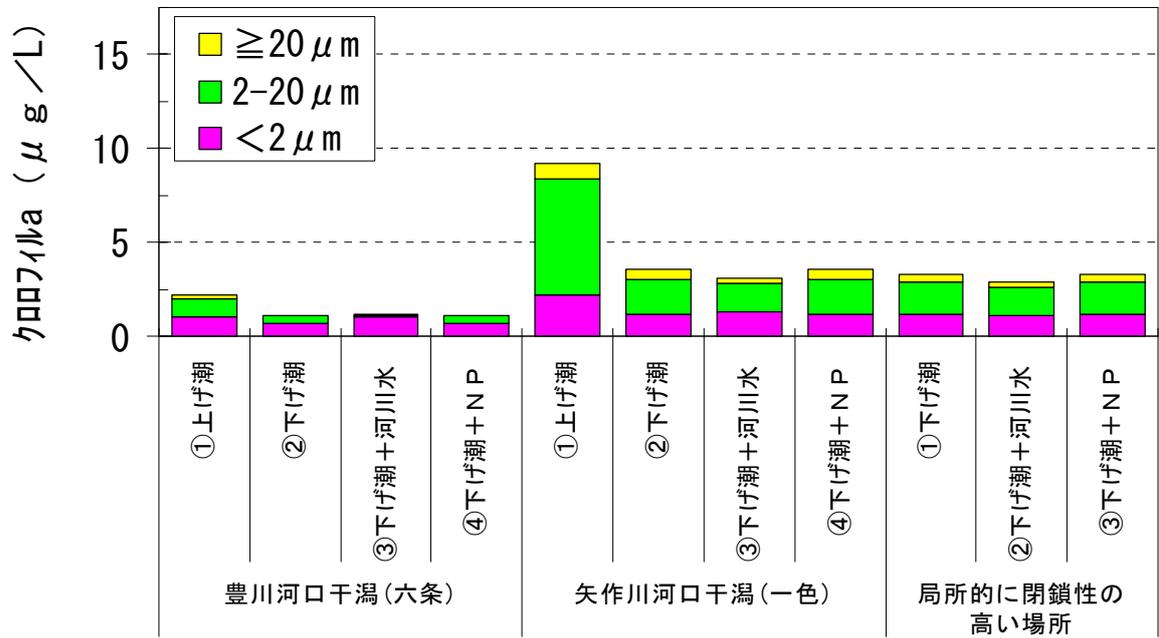


図 10(1) 試験開始時のサイズ別クロロフィル a 量

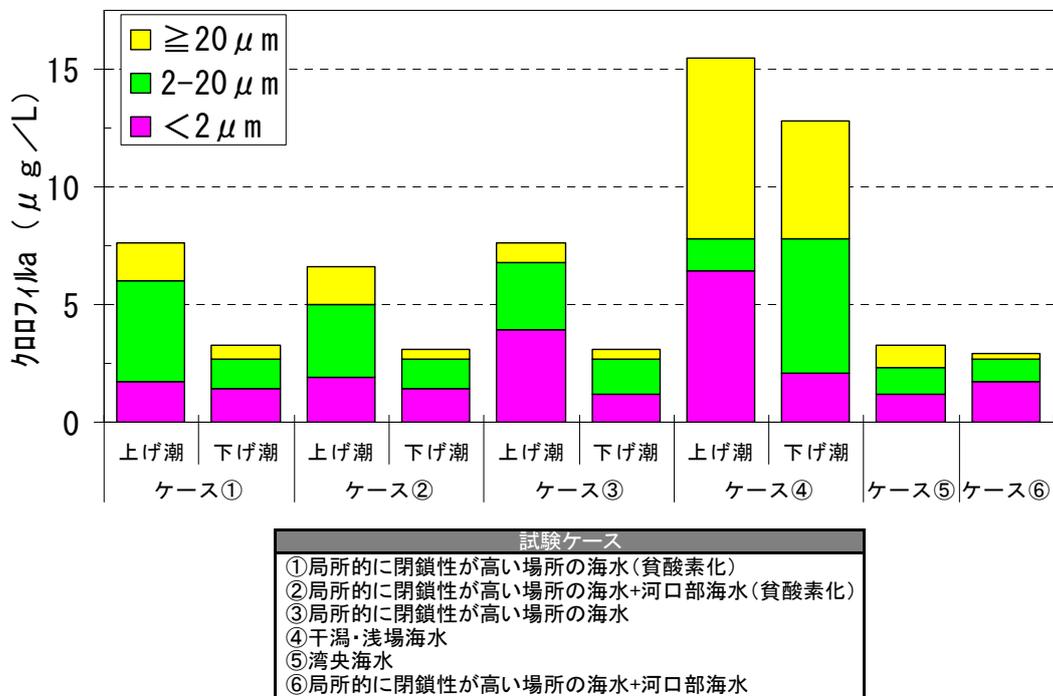


図 10(2) 試験開始時のサイズ別クロロフィル a 量 (平成 23 年度結果)

iv. 増殖曲線

各試験ケースの増殖曲線を図 11 に示す。

- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟、局所的に閉鎖性の高い場所のすべての試験ケースについて増殖が確認された。
- 豊川河口干潟は、上げ潮時 (①) は試験開始時～試験開始後 1 日目に増殖した。下げ潮時の②～④は試験開始後 2～4 日目にかけて増殖量が多く、特に河川水添加ケース (③) と NP 添加ケース (④) が、添加していないケース (②) に比べて高い増殖量を示した。
- 矢作川河口干潟は、いずれの試験ケースとも試験開始時～1 日目にかけて増殖量が多く、特に上げ潮時 (①) がよく増殖した。
- 局所的に閉鎖性の高い場所は、各試験ケースとも試験開始時～2 日目にかけて増殖量が多く、特に NP 添加ケース (④) の増殖量が多かった。

豊川河口干潟 (六条)

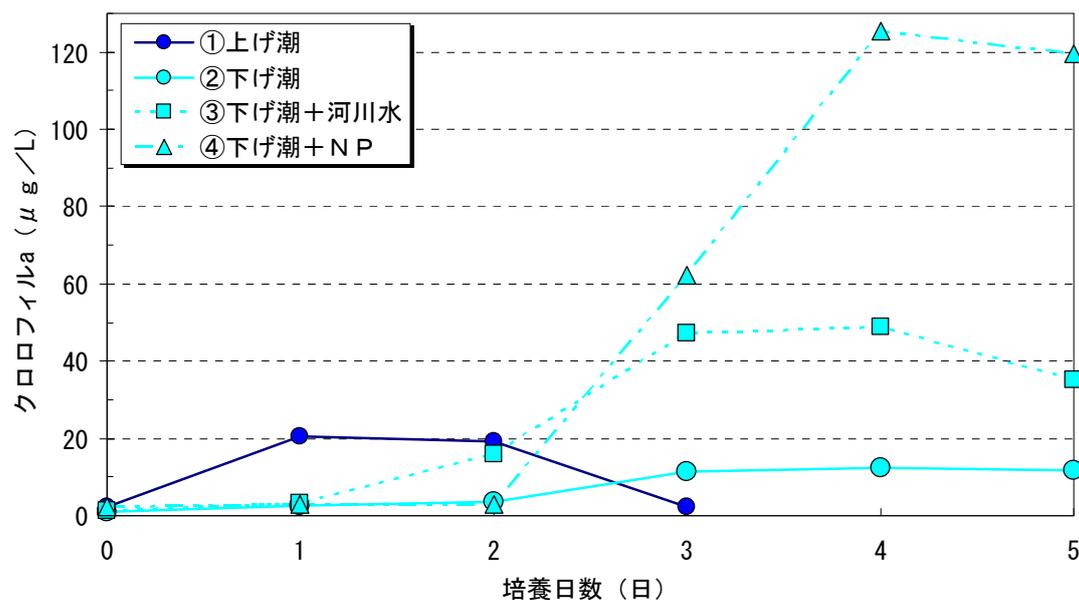
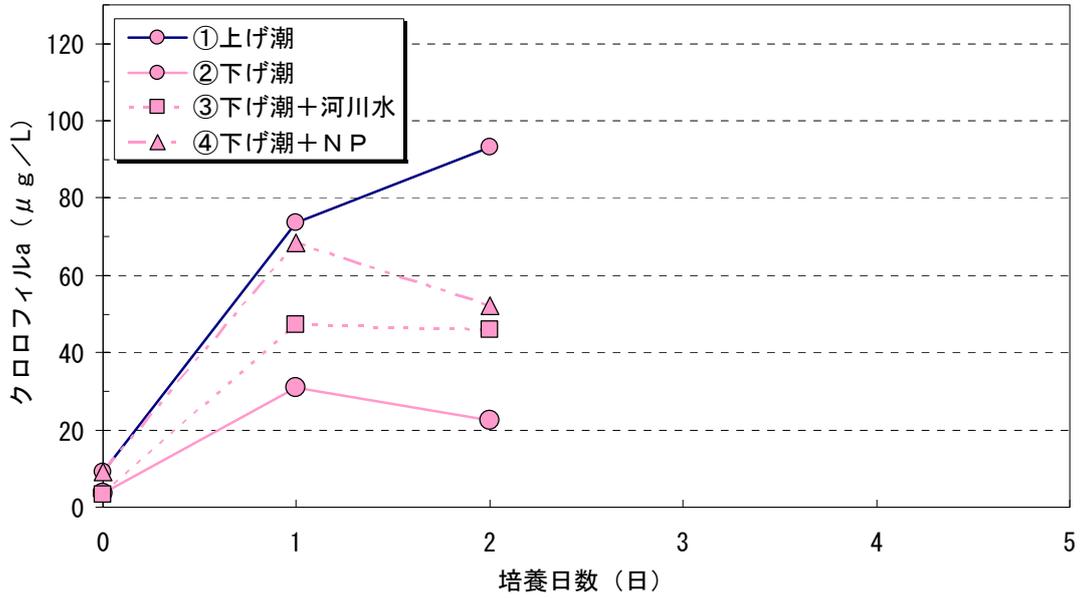


図 11(1) 増殖曲線

矢作川河口干潟（一色）



局所的に閉鎖性の高い場所

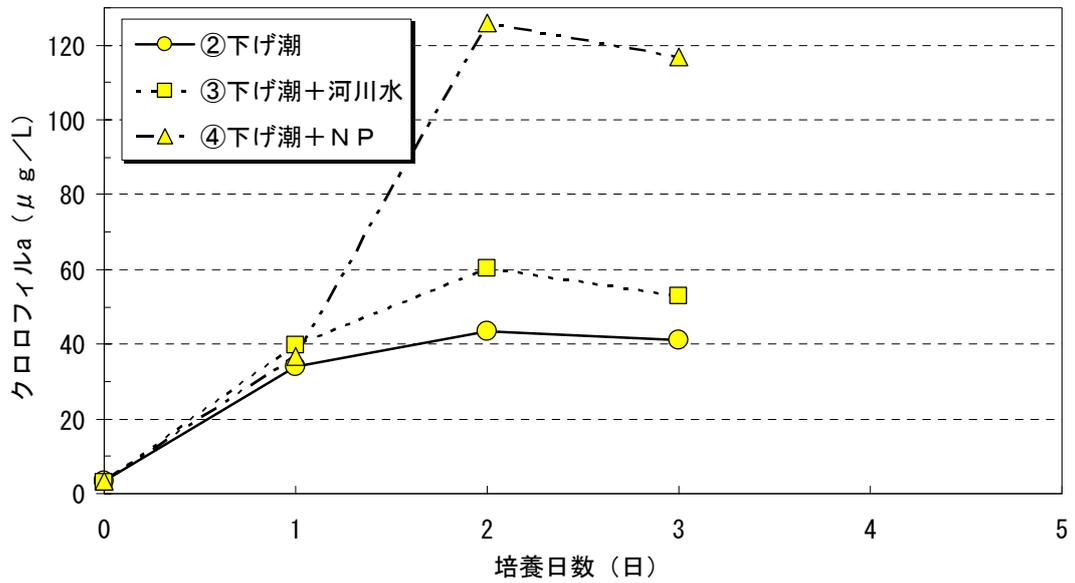


図 11(2) 増殖曲線

v. 最大増殖量

各試験ケースの最大増殖量を図 12 に示す（比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す）。

- 各試験ケースの最大増殖量（クロロフィル a 量）は、豊川河口干潟の上げ潮（①）が $20.4 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮（②）が $12.3 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+河川水（③）が $48.8 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+NP（④）が $125.3 \mu\text{g/L}$ であった。矢作川河口干潟の上げ潮（①）が $93.2 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮（②）が $30.8 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+河川水（③）が $47.4 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+NP（④）が $68.3 \mu\text{g/L}$ であった。局所的に閉鎖性の高い場所の下げ潮（①）が $43.6 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+河川水（②）が $60.4 \mu\text{g/L}$ 、下げ潮+NP（③）が $125.9 \mu\text{g/L}$ であった。
- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟ともに、河川水やNPを添加していないケースと比較すると、上げ潮時が下げ潮時より最大増殖量（クロロフィル a 量）が多かった。
- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟、局所的に閉鎖性の高い場所ともに、河川水添加ケース、NP 添加ケースは添加をしていないケース（下げ潮）に比べて最大増殖量が多く、特にNP 添加ケースの最大増殖量が多かった。

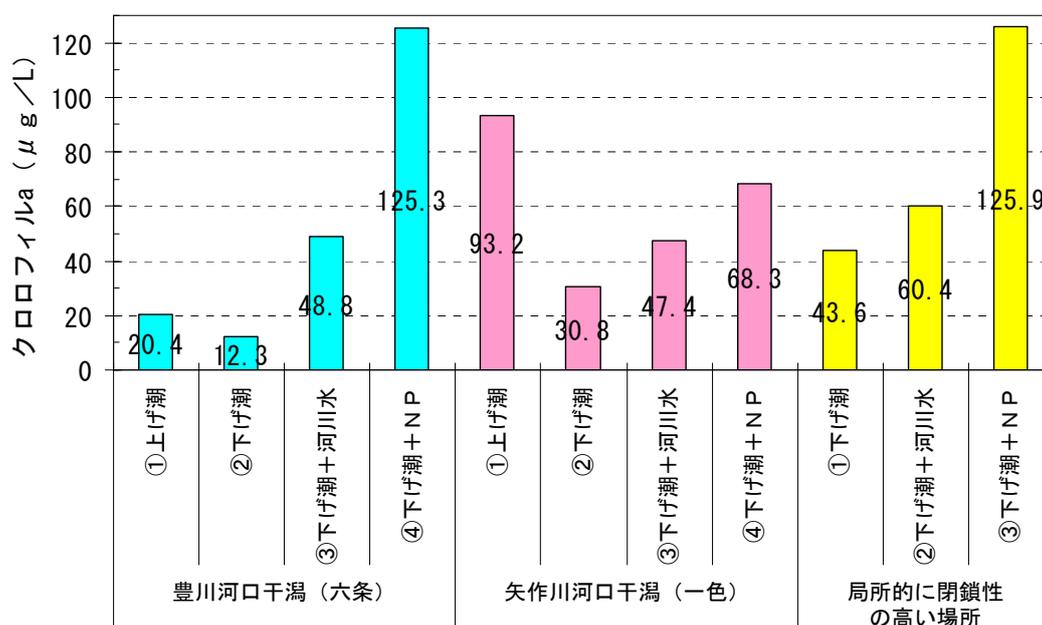


図 12(1) 最大増殖量（クロロフィル a 量）

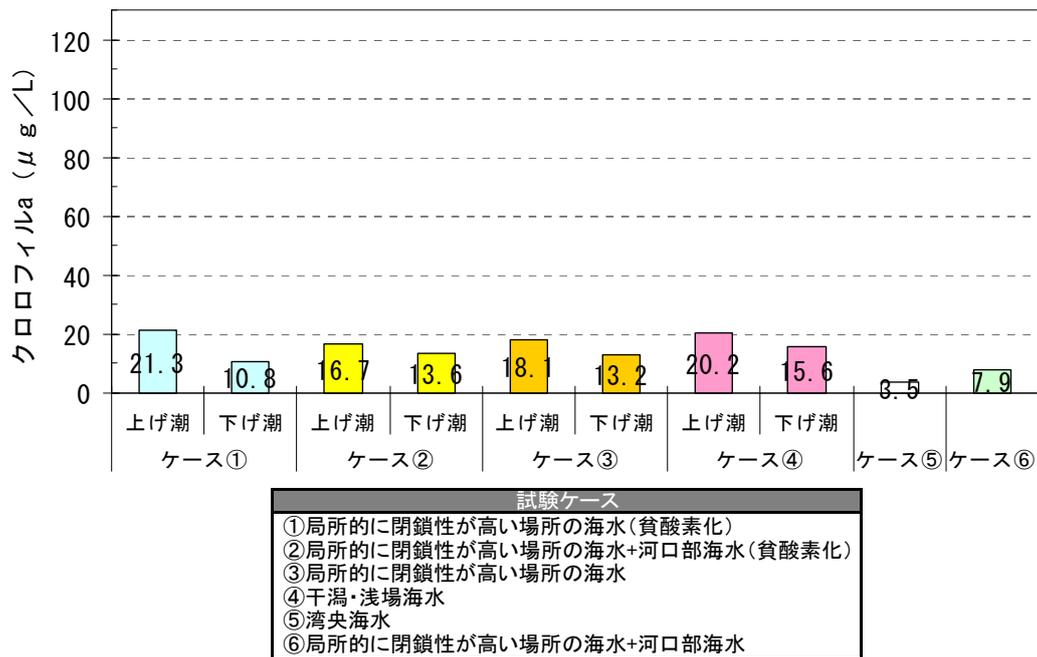


図 12(2) 最大増殖量 (クロロフィル a 量、平成 23 年度結果)

vi. 増殖量の差分

各試験ケースの増殖量の差分を図 13 に示す (比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す)。

- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟ともに、上げ潮時の方が増殖量の差分 (クロロフィル a 量) が多かった。
- 豊川河口干潟、矢作川河口干潟、局所的に閉鎖性の高い場所ともに、河川水添加ケース、NP 添加ケースは添加をしていないケース (下げ潮) に比べて増殖量の差分が多く、特に NP 添加ケースが多かった。

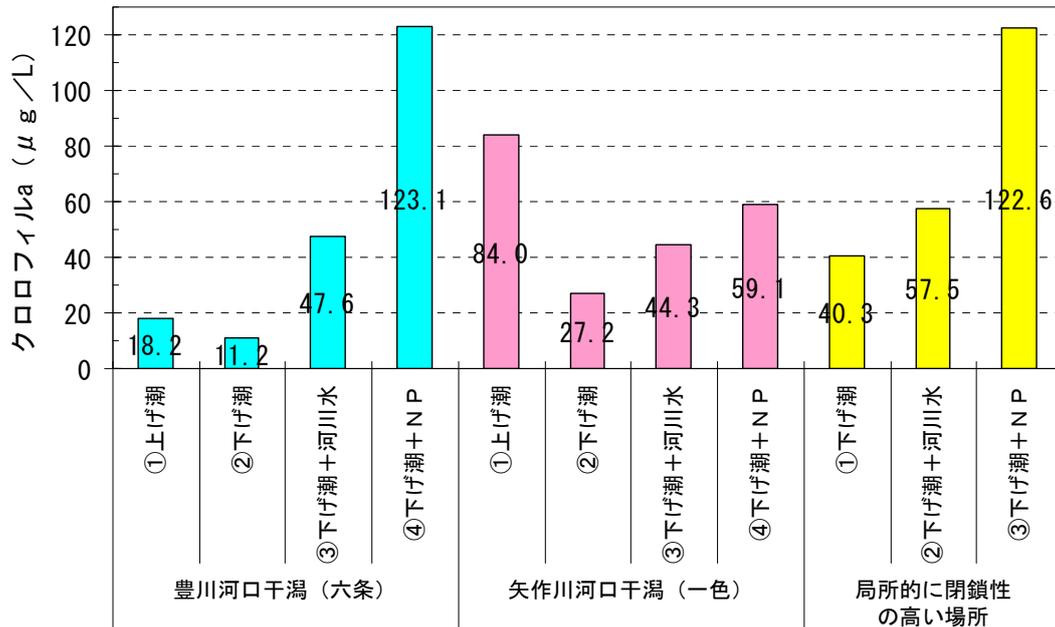


図 13(1) 増殖量の差分 (クロロフィル a 量)

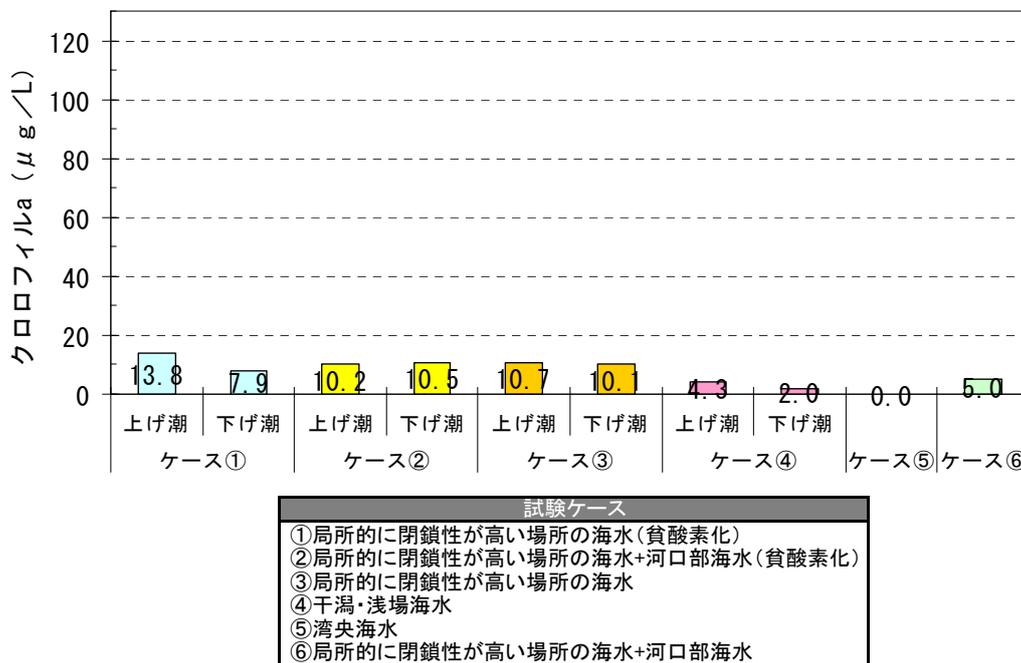
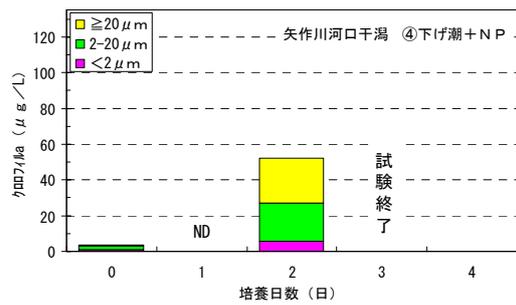
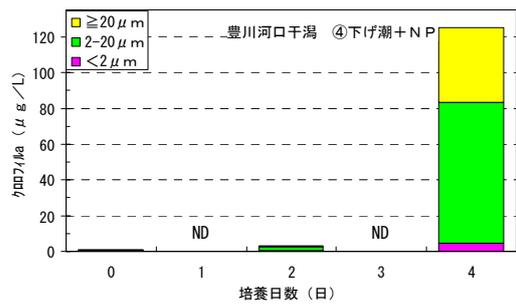
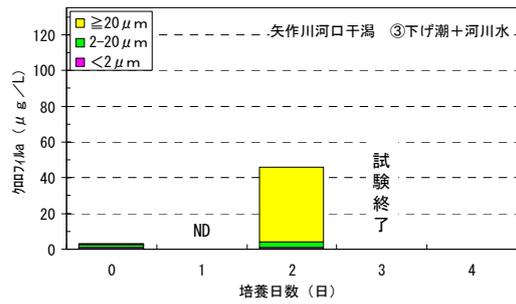
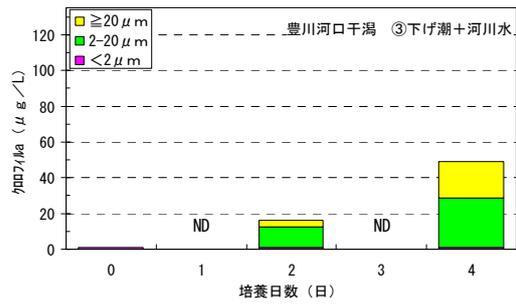
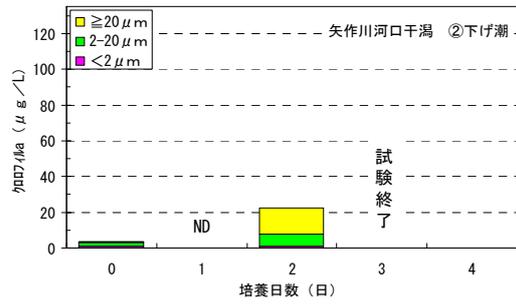
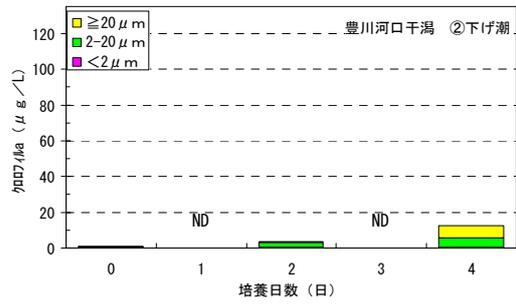
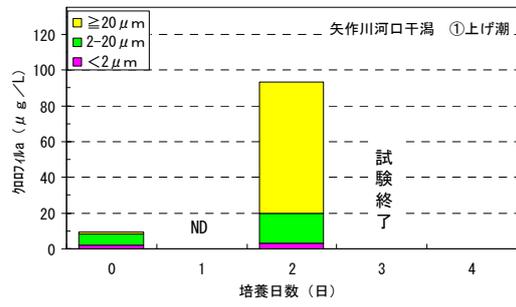
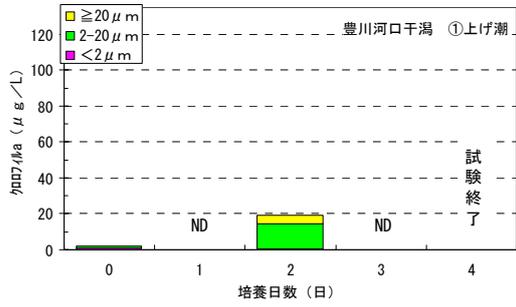


図 13(2) 増殖量の差分 (クロロフィル a 量、平成 23 年度結果)

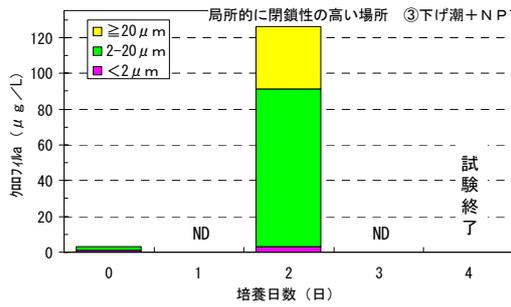
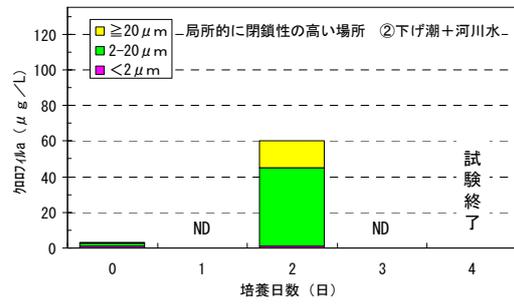
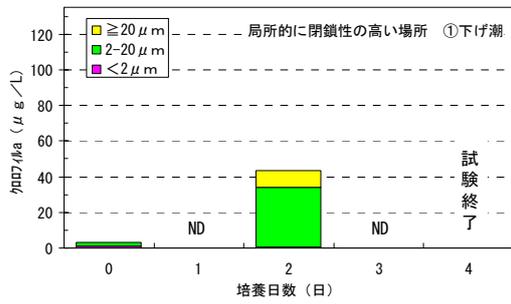
vii. サイズ別クロロフィルa量の変化

サイズ別クロロフィル a 量の変化を図 14 に示す。

- 豊川河口干潟は、 $\geq 20 \mu\text{m}$ 画分と $2-20 \mu\text{m}$ 画分のクロロフィル a 量が増加しており、特に $2-20 \mu\text{m}$ 画分の増加が顕著であった。
- 局所的に閉鎖性の高い場所は豊川河口干潟とほぼ同様に、 $\geq 20 \mu\text{m}$ 画分と $2-20 \mu\text{m}$ 画分のクロロフィル a 量が増加しており、特に $2-20 \mu\text{m}$ 画分の増加が顕著であった。
- 矢作川河口干潟は、 $\geq 20 \mu\text{m}$ 画分と $2-20 \mu\text{m}$ 画分のクロロフィル a 量が増加していたが、特に $\geq 20 \mu\text{m}$ 画分の増加が顕著であった。
- 各ケースの NP 添加ケース（豊川河口干潟と矢作川河口干潟の④、局所的に閉鎖性の高い場所の③）では、試験後半に $< 2 \mu\text{m}$ 画分のクロロフィル a 量が若干増加していた。



注：サイズ別クロロフィル a 量は、試験開始時（0 日目）、2 日目、4 日目に測定した
 図 14(1) サイズ別クロロフィル a 量の変化



注：サイズ別クロロフィルa量は、試験開始時（0日目）、2日目、4日目に測定した
 図 14(2) サイズ別クロロフィルa量の変化

viii. 水質分析結果

試験開始時の水質分析結果を表 11 に示す（比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す）。

- 試験開始時の溶存無機態の窒素・リンは、DIN が 0.06～0.62mg/L、DIP が 0.038～0.258mg/L であった。
- DIN は矢作川河口干潟の上げ潮時と河川水で高く、豊川河口干潟で低かった。
- DIP は矢作川河口干潟の上げ潮時で高く、河川水で低かった。

表 11(1) 試験開始時の水質分析結果

単位：mg/L

項目		豊川河口干潟(六条)		矢作川河口干潟(一色)		局所的に閉鎖性の高い場所 (下げ潮)	河川水
		上げ潮	下げ潮	上げ潮	下げ潮		
窒素	TN	0.41	0.42	1.65	0.60	0.60	1.09
	DTN	0.33	0.33	1.35	0.47	0.45	1.05
	DON	0.27	0.27	0.78	0.39	0.31	0.43
	DIN	0.06	0.06	0.57	0.08	0.14	0.62
	NH ₄ -N	0.06	0.06	0.19	0.08	0.12	0.05
	NO ₂ -N	0.001	0.001	0.017	0.001	0.003	0.011
	NO ₃ -N	<0.01	<0.01	0.36	<0.01	0.02	0.56
リン	TP	0.094	0.113	0.437	0.147	0.126	0.050
	DTP	0.081	0.095	0.261	0.076	0.112	0.044
	DOP	0.012	0.010	0.003	0.008	0.025	0.006
	PO ₄ -P (DIP)	0.069	0.085	0.258	0.068	0.087	0.038
珪酸塩	SiO ₂ -Si	0.51	0.56	1.50	0.70	0.70	4.49
全有機炭素	TOC	3.9	2.4	1.7	1.7	1.8	1.4

注：DONはDTNとDINの差分、DOPはDTPとDIPの差分により算出した。

表 11(2) 試験開始時の水質分析結果（平成 23 年度結果）

単位：mg/L

項目		湾央海水	河川水 (河口域)	局所的に閉鎖性の高い場所		豊川河口干潟(六条)	
				上げ潮	下げ潮	上げ潮	下げ潮
窒素	TN	0.40	0.72	0.55	0.52	0.52	0.55
	DTN	0.31	0.48	0.38	0.32	0.34	0.36
	DON	0.31	0.33	0.31	0.26	0.31	0.35
	DIN	<0.01	0.15	0.07	0.06	0.03	0.01
	NH ₄ -N	<0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
	NO ₂ -N	<0.002	0.008	0.004	0.002	<0.002	<0.002
	NO ₃ -N	<0.01	0.12	0.05	0.05	0.01	<0.01
リン	TP	0.014	0.039	0.022	0.025	0.021	0.022
	DTP	0.011	0.020	0.018	0.021	0.017	0.013
	DOP	0.002	0.011	0.009	0.009	0.011	0.007
	PO ₄ -P (DIP)	0.009	0.009	0.009	0.012	0.006	0.006
珪酸塩	SiO ₂ -Si	1.8	10.8	2.2	2.8	5.2	9.4
全有機炭素	TOC	1.2	1.7	1.5	1.4	1.6	1.4

注：DONはDTNとDINの差分、DOPはDTPとDIPの差分により算出した。

c. まとめ

試験の結果から考えられる内容を以下に示す。

- 試験開始時の植物プランクトン量（クロロフィル a 量）は矢作川河口干潟 \geq 局所的に閉鎖性の高い場所 $>$ 豊川河口干潟であった。潮時では、豊川河口干潟、矢作川河口干潟ともに、上げ潮 $>$ 下げ潮であった。豊川河口干潟は、 $\geq 20 \mu\text{m}$ と $2\text{-}20 \mu\text{m}$ の画分が少なく、相対的にみると $< 2 \mu\text{m}$ の画分の比率が高かった。一方、矢作川河口干潟と局所的に閉鎖性の高い場所は $2\text{-}20 \mu\text{m}$ と $< 2 \mu\text{m}$ の画分が多く、 $\geq 20 \mu\text{m}$ の画分が少なかった。特に、矢作川河口干潟の上げ潮時（①）は、 $2\text{-}20 \mu\text{m}$ の画分が多かった。
- 試験開始時の栄養塩類は、通常の新潟湾と同等の値であり、植物プランクトン量（クロロフィル a 量）がある程度増殖することが可能な状況であったことが推察された。また、矢作川河口干潟の上げ潮時は、他の2カ所に比べて DIN、DIP が1オーダー高い値であり、このことは最大増殖量（増殖量の差分）にも反映されていた。
- クロロフィル a 量の最大増殖量（増殖量の差分）は、豊川河口干潟、矢作川河口干潟ともに、上げ潮時が下げ潮時より多かった。特に、矢作川河口干潟の上げ潮時は、下げ潮時に河川水、NP を添加したケースとほぼ同様の増殖が確認された。
- 下げ潮時について、河川水、NP を添加したところ、豊川河口干潟、矢作川河口干潟、局所的に閉鎖性の高い場所のいずれでも、最大増殖量（増殖量の差分）は NP 添加 $>$ 河川水添加（20%） $>$ 無添加であり、特に NP 添加による増殖が顕著であった。また、豊川河口干潟においては、河川水添加（20%）による最大増殖量（増殖量の差分）の増加量も多かった。豊川河口干潟では、他の2カ所に比べて植物プランクトンが増殖に利用される窒素（DTN）が低く、DTN（DIN）をある程度含んでいる河川水添加によって増殖が促進されたことが示唆された。
- 平成 23 年度は干潟・浅場域において、試験開始時に $\geq 20 \mu\text{m}$ 画分が多く、培養中に $< 2 \mu\text{m}$ 画分が多く増殖しており、局所的に閉鎖性の高い場所と異なった結果となった。今年度は、試験開始時に $2\text{-}20 \mu\text{m}$ と $< 2 \mu\text{m}$ の画分が多く、試験終了時に $\geq 20 \mu\text{m}$ と $2\text{-}20 \mu\text{m}$ の画分が増加しており、平成 23 年度とは異なる結果となった。これは試験開始時に優占していた種類（平成 23 年度は黄金色藻などの鞭毛藻類、今年度は小型の珪藻類）や、時期（平成 23 年度は秋季、今年度は夏季）による違いに起因していることが推察された。
- 動物プランクトン個体数は昨年と同様に試験終了時に増加していた。一方、ピコプランクトンは、平成 23 年度と同様に終了時に減少していた。今年度の動物プランクトンによる植物プランクトンの摂食状況確認試験（希釈培養試験）では、 $< 2 \mu\text{m}$ 画分のピコ植物プランクトンが微小動物プランクトンに捕食されている現象が確認された。今年度実施された試験中のピコプランクトンの減少の主な要因は、ピコプラ

ンクトンの増殖速度が低いことと、微小動物プランクトンによる捕食によることが推察された。

以上、平成 23 年度と今年度を実施された浮遊生態系構造変化検証試験を総括すると以下の通りとなる。

- 最大増殖量は三河湾の植物プランクトンの増殖ポテンシャルを評価する尺度となる。クロロフィル a でみると、局所的に閉鎖性が高い海域で平均 $25.0 \mu\text{g/L}$ (13.2~43.6)、豊川河口干潟で平均 $17.1 \mu\text{g/L}$ (12.3~20.4)、矢作川河口干潟で平均 $62.0 \mu\text{g/L}$ (30.8~93.2) であった。
- 上げ潮時と下げ潮時を比較すると、上げ潮時の方が、初期の植物プランクトン量や増殖量も高い傾向がみられた。
- 増殖するプランクトン種組成やサイズ組成を把握することは、三河湾の浮遊生態系の構造を理解する上で重要である。局所的に閉鎖性が高い海域では、平成 23 年度、今年度ともにナノサイズの珪藻類 (*Skeletonema*、*ケリソウ科*) が増殖した。一方、豊川河口干潟では平成 23 年度と今年度が異なり、最大増殖時はいずれもナノサイズの珪藻類 (*Skeletonema*、*ケリソウ科*) が増殖したが、平成 23 年度はその増殖過程において、ピコサイズのプランクトンが増殖する現象が確認された。矢作川河口域では、やはり珪藻類が増殖したが、局所的に閉鎖性が高い海域よりサイズ ($20 \mu\text{m}$ 以上) の大きな珪藻 (*Chaetoceros*) が優占した。以上のことから、干潟・浅場は浮遊生態系の質という観点からみると、局所的に閉鎖性が高い海域より多様であることが示唆された。
- 試験水の栄養塩は、全般的に溶存態窒素が制限されていたことが推察された。ただし、矢作川河口干潟の上げ潮時は溶存態窒素・リンともに高い状態であった。
- 河川水中にある程度栄養塩類が多く含まれる場合には、その添加効果があることが確認された。

3. 動物プランクトンによる植物プランクトン摂餌状況確認試験

三河湾の海水を培養し、海水中の植物プランクトン量（クロロフィル a）の変化を把握することで、動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食特性を把握する。試験方法は希釈培養法とする。希釈培養法は、海水中のプランクトン群集（植物プランクトン・動物プランクトン）を数段階希釈して培養することによって、増殖する植物プランクトンの増殖速度と、動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食速度を求めることが出来る。

a. 試験方法

i. 試験水の採取

試験に用いた試水は、平成 24 年 9 月 15 日に三河湾の局所的に閉鎖性の高い場所の水深 0.5m 層より採取した。採取時の水温は表層 28℃であった。

ii. 試験条件

試験条件を表 12 に示す。

表 12 試験条件

項目	設定条件
試験水	三河湾港湾域の海水（三河湾のプランクトン群集：植物・動物プランクトン混合試料）
試験場所	インキュベーター
試験水温	28℃（現地水温にあわせて設定）
試験容器	200mL 容量三角フラスコ
試験時間	48 時間（24 時間後に確認した結果、クロロフィル a の増殖量が少なかったことから、今回の試験では 48 時間まで延長して実施）
光量・周期	AGP 試験と同様（白色蛍光灯 4,000lux ($57 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、12 時間明期・12 時間暗期）

iii. 試験ケース

試験ケースを表 13 に示す。

表 13 試験ケース

試験区	内容
100%区	海水+栄養添加 (f/2)
75%区	海水とろ過した海水を 75:25 の比率で混合+栄養添加 (f/2)
50%区	海水とろ過した海水を 50:50 の比率で混合+栄養添加 (f/2)
25%区	海水とろ過した海水を 25:75 の比率で混合+栄養添加 (f/2)
10%区	海水とろ過した海水を 10:90 の比率で混合+栄養添加 (f/2)
対照区	海水のみ

iv. 試験手順

試験水は、大中型の動物プランクトンを除くため、目合い 200 μ m のナイロン製のプランクトンネットでろ過した。ろ過した試験水の一部は目合い 0.2 μ m のメンブレンフィルターでろ過した（ろ過海水）。海水とろ過海水を試験ケースに示した混合比率となるようにビーカーに入れて攪拌・混合した。これをメスシリンダーで 150mL 計量し、200mL 容量の三角フラスコに分注した。各試験ケースとも 2 連で実施した。試験液の分注が終わった試験容器は、シリコセンで栓をして調温・調光した恒温室に設置して上記試験条件で培養を開始した。培養は静置で実施した。試験実施状況を図 15 に示す。



図 15 希釈培養試験 実施状況

v. 試験水の分析

試験開始時・終了時にサイズ別クロロフィルを測定した。また、試験開始時にプランクトン種組成を把握した。

表 14 試験期間中のモニタリング項目と頻度

モニタリング項目	開始時	終了時	備考
サイズ別クロロフィル	○	○	*20 μ m以上、2-20 μ m、2 μ m未満の3サイズ
プランクトン（植物主体で動物）	○		顕微鏡観察（対照区のみ）
ピコ・ナノプランクトン	○		顕微鏡観察（対照区のみ）

注：○が採取・測定

vi. 結果の解析方法

植物プランクトンのみかけの増殖速度（ μ ）は以下の式により算出した。

$$\mu = \ln(C_t/C_0)/t$$

ここで、 C_t :試験終了時のクロロフィル a 量、 C_0 :開始時のクロロフィル a 量とする。また、上記で算出された増殖速度（ μ ）は、未ろ過海水の混合割合（ x ）の増加に対して、

$$\mu = \mu_{\max} - gx$$

と、右下がりの直線関係が成立する。ここで、 μ_{\max} は植物プランクトンの最大増殖速度、 g は微小動物プランクトンなど捕食者による捕食速度となる。

b. 試験結果

i. 試験開始時のプランクトン組成

試験開始時のプランクトン種組成を表 15 に示す (比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す)。細胞数、細胞サイズの両面から判断した植物プランクトン優占種は以下の通りである。

- 珪藻綱： *Skeletonema costatum* sensu lato ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2\text{-}20 \mu\text{m}$)
Leptocylindrus danicus ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2\text{-}20 \mu\text{m}$)
Nitzschia sp.(chain formation) ($\geq 20 \mu\text{m}$ または $2\text{-}20 \mu\text{m}$)
- その他： 不明微細鞭毛藻類 ($2\text{-}20 \mu\text{m}$)

また、捕食者となる動物プランクトンは以下の通りである。

繊毛虫類 (Oligotrichida など)、ニマイガイの幼生、カイアシ類の幼生

表 15(1) 試験開始時のプランクトン種組成

単位：細胞・個体/mL

門	綱	種名	100%区 開始時
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum triestinum</i>	5
		PERIDINIALES	1
黄色植物	珪藻	<i>Skeletonema costatum</i> sensu lato	280
		<i>Thalassiosira</i> sp.	5
		Thalassiosiraceae	18
		<i>Leptocylindrus danicus</i>	128
		<i>Leptocylindrus minimus</i>	3
		<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	7
		<i>Rhizosolenia setigera</i>	2
		<i>Rhizosolenia</i> sp.	1
		<i>Cerataulina pelagica</i>	9
		<i>Eucampia zodiacus</i>	2
		<i>Chaetoceros curvisetum</i>	11
		<i>Chaetoceros peruvianum</i>	1
		<i>Chaetoceros</i> sp. (<i>Hyalochaete</i>)	88
		<i>Thalassionema</i> sp.	3
		<i>Navicula</i> sp.	1
		<i>Cylindrotheca closterium</i>	2
	<i>Nitzschia</i> sp. (chain formation)	416	
	<i>Nitzschia</i> sp.	7	
ミドリムシ植物	ミドリムシ	EUGLENOPHYCEAE	1
緑色植物	緑藻	<i>Pediastrum</i> sp.	6
不明	不明	Unknown Micro-flagellate	112
繊毛虫	多膜	Oligotrichida	1.8
		CILIOPHORA	0.4
軟体動物	ニマイガイ	Larva of bivalvia	0.2
節足動物	甲殻	Nauplius of copepoda	0.4
種類数			27
合計			1,111.8

ピコ・ナノプランクトンは、ピコプランクトンが 4,920 細胞/mL、独立栄養性ナノプランクトンが 4,840 細胞/mL であった。

表 15(2) 試験開始時のプランクトン種組成 (平成 23 年度)

単位：細胞/mL

門	綱	種名	100%区
			開始時
クリプト植物	クリプト藻	CRYPTOMONADALES	40
渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	46
		<i>Gyrodinium</i> sp.	880
		<i>Polykrikos</i> sp.	2
		<i>Ceratium furca</i>	136
		<i>Ceratium fusus</i>	3
		PERIDINIALES	6
		黄色植物	珪藻
		<i>Thalassiosira</i> sp.	80
		Thalassiosiraceae	40
		<i>Leptocylindrus danicus</i>	240
		<i>Actinoptychus senarius</i>	40
		<i>Guinardia flaccida</i>	2
		<i>Bacteriastrum</i> sp.	3
		<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	9
		<i>Nitzschia</i> sp. (chain formation)	120
	フイト藻	<i>Heterosigma akashiwo</i>	5,520
ミドリムシ植物	ミドリムシ	EUGLENOPHYCEAE	80
緑色植物	フクロノ藻	PRASINOPHYCEAE	120
不明	不明	Unknown Micro-flagellate	1,440
環形動物	コカイ	Larva of Polychaeta	1
節足動物	甲殻	Nauplius of copepoda	2
種類数			22
合計			30,610

ii. 試験開始・終了時のサイズ別クロロフィルa量

試験開始時・終了時のサイズ別クロロフィル a 量を図 16 に示す。試験開始時 100% 区のクロロフィル a 量合計は、 $3.6 \mu\text{g/L}$ であり、サイズ別には $\geq 20 \mu\text{m}$ が $1.2 \mu\text{g/L}$ 、 $2-20 \mu\text{m}$ が $2.0 \mu\text{g/L}$ 、 $< 2 \mu\text{m}$ が $0.4 \mu\text{g/L}$ であった。サイズ別の組成比率は、 $\geq 20 \mu\text{m}$ が 33%、 $2-20 \mu\text{m}$ が 56%、 $< 2 \mu\text{m}$ が 11% であり、 $2-20 \mu\text{m}$ の画分 (ナノサイズの植物プランクトン) が多かった。

試験終了時のクロロフィル a 量は、栄養 (f/2) を添加した試験区、原水ともに増加していた。

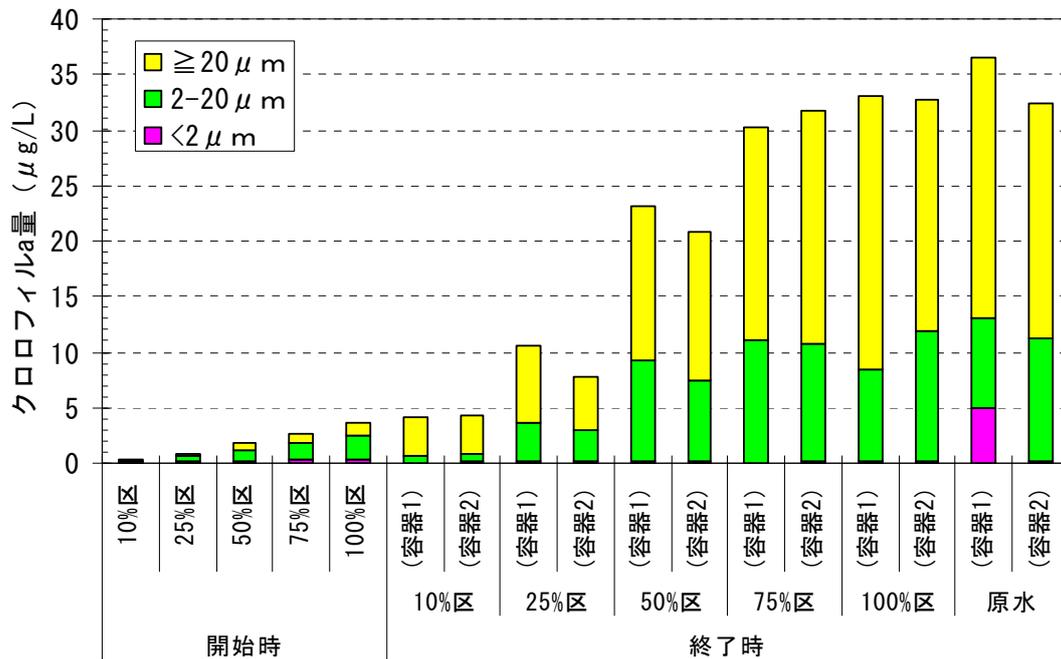
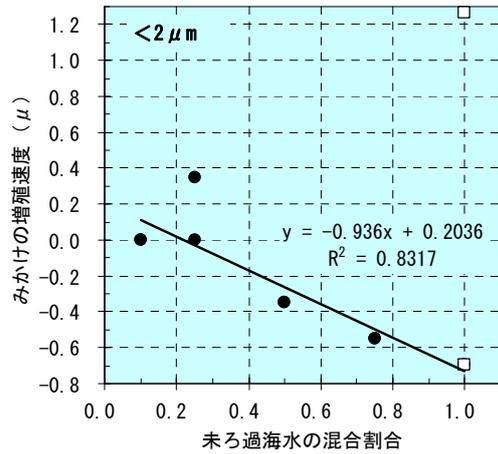
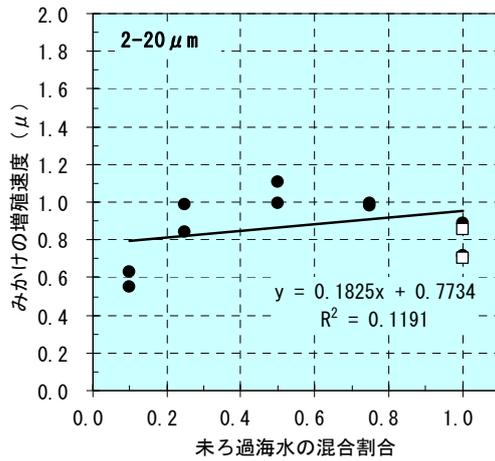
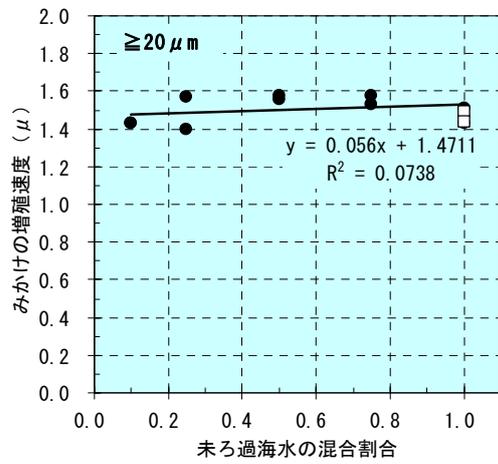
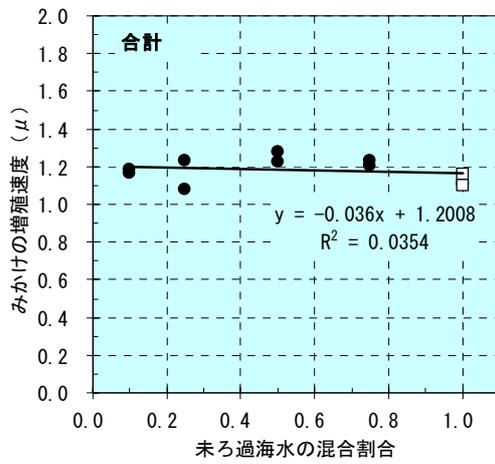


図 16 試験開始・終了時のサイズ別クロロフィル a 量

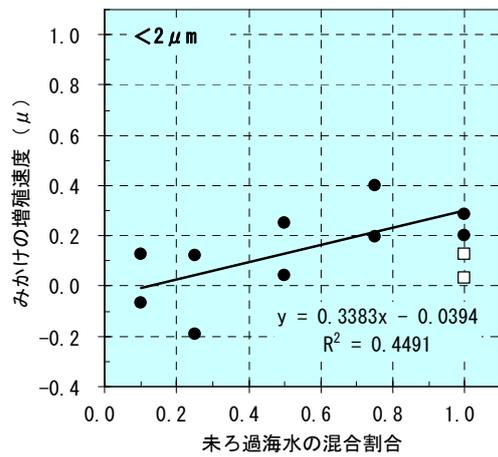
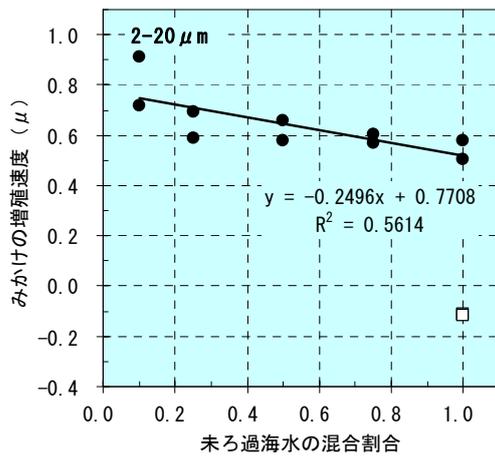
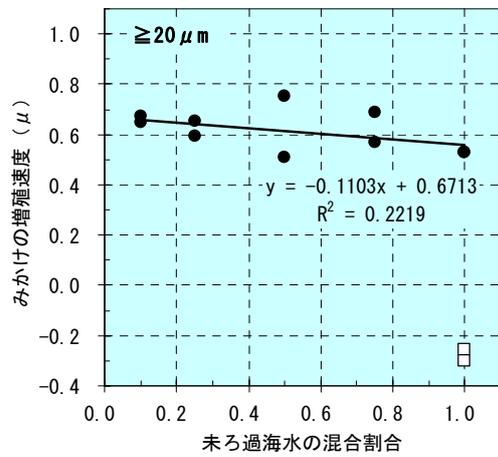
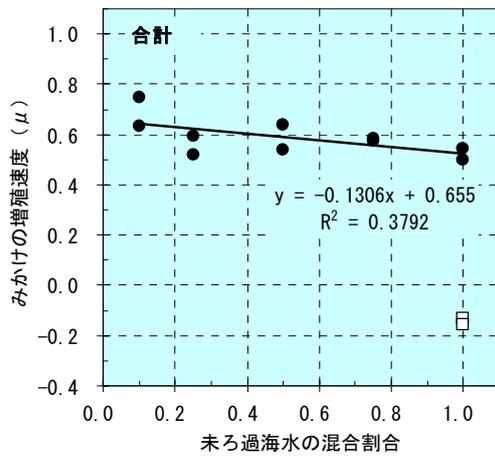
iii. 植物プランクトンの増殖速度と捕食者による捕食速度

未ろ過海水の混合割合と植物プランクトンのみかけの増殖速度の関係を図 17 に示す (比較参考のため、平成 23 年度結果も併せて示す)。クロロフィル a 量合計では、未ろ過海水の混合割合とみかけの増殖速度の間に直線関係は認められなかった。サイズ別には、 $\geq 20 \mu m$ と $2-20 \mu m$ ではクロロフィル a 量合計と同様に、未ろ過海水の混合割合とみかけの増殖速度の間に直線関係は認められなかった。一方、 $< 2 \mu m$ では右下がりの直線関係が認められた。最大増殖速度 (μ_{max}) は 0.20、捕食者による捕食速度は 0.94 であり、 μ_{max} に占める d は 470%であった。



注：図中の●は試験区（栄養添加有り）、□は対照区（原水：栄養添加なし）を示す

図 17(1) 未ろ過海水の混合割合と植物プランクトンのみかけの増殖速度の関係



注：図中の●は試験区（栄養添加有り）、□は対照区（原水：栄養添加なし）を示す

図 17(2) 未ろ過海水の混合割合と植物プランクトンのみかけの増殖速度の関係
(平成 23 年度)

c. まとめ

- 局所的に閉鎖性の高い場所の海水を試験水として希釈培養試験を実施した結果、未ろ過海水の混合割合とみかけの増殖速度の間に有意な関係は認められなかった。サイズ別では、 $\geq 20 \mu\text{m}$ 、 $2-20 \mu\text{m}$ でもほぼ同様の結果であった。これらのことは、ナノプランクトンより大きいサイズの植物プランクトンに対する動物プランクトンによる捕食関係が明確ではなかったことを示している。
- 一方、 $< 2 \mu\text{m}$ 画分では未ろ過海水の混合割合とみかけの増殖速度の間に有意な右下がり直線関係が認められた。小針ら (2009) によれば、鹿児島湾で希釈培養法を行ったところ、ピコ画分の植物プランクトンの総増殖速度は調査期間を通じて死亡速度 (動物プランクトンによる捕食速度) と同じかこれを下回っており、ピコ画分の植物プランクトンバイオマスは、微小動物プランクトンの捕食によって低く維持されることを報告している。本業務での今回の試験水中の捕食者は繊毛虫類を主とした微小動物プランクトンであった。これらのことから、 $< 2 \mu\text{m}$ 画分のピコ植物プランクトンが、微小動物プランクトンに捕食されていたことが推察された。
- $< 2 \mu\text{m}$ 画分の最大増殖速度 (μ_{max}) は 0.20、捕食者による捕食速度は 0.94 であり、微小動物プランクトンによる比捕食速度が、ピコ植物プランクトンを大幅に上回っていた。上述の小針ら (2009) では、捕食者による捕食速度は最大で 1 を超える場合があり、本試験における捕食者による捕食速度はそれと同等であった。
- 動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食は、季節や動植物プランクトンの種構成によって異なっていた。全般的には、珪藻類は捕食されにくく、鞭毛藻類やピコプランクトンが捕食されることが推察された。
- また、捕食者は動物プランクトンだけでなく、従属栄養性の植物プランクトン (渦鞭毛藻など) である場合もある。平成 23 年度は、捕食者として渦鞭毛藻の *Gyrodinium* sp. が優占し (表 15(2))、これがナノサイズの鞭毛藻類 (*Heterosigma* など) を捕食して、 $2-20 \mu\text{m}$ の画分での植物プランクトンの増殖と、捕食者の捕食の関係性がより明瞭であったことが推察された。

【参考資料】小針ら (2009) 鹿児島湾における微小プランクトン群集の季節動態. 海洋と生物, Vol. 31, NO.1, 37-44 ページ.