

福岡湾口沖における栄養塩類及びプランクトンの季節変動とカタクチイワシの食性との関係

吉田 幹英・秋元 聡・篠原 満寿美
(研究部)

Relation between Seasonal Changes of Distributions of Nutrient and Plankton Species and Feed of Japanese Anchovy from the Observation in the Entrance of Fukuoka Bay

Mikihide YOSHIDA, Satoshi AKIMOTO and Masumi SINOHARA
(Research Department)

福岡湾は、唐津湾とともにカタクチイワシあぐり網漁業の主要な漁場の一つであるが、好不漁の変動が大きく¹⁾、カタクチイワシの生産機構の解明が待たれている。そのため、この海域の有する基礎生産力を把握し、カタクチイワシの餌料環境を明らかにするため、水温、塩分、栄養塩類等の海洋環境の変動と、その後におけるプランクトン群集の変動について明らかにする。

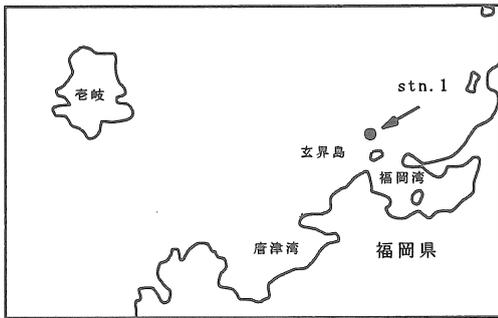


図1 調査点位置

方 法

1. 水温、塩分、栄養塩類

2000年1月～'01年2月にかけて図1に示す福岡湾玄界島沖のStn.1の定点で毎月1回海洋観測を実施した。水温、塩分は、アレック電子社製クロロテックACL-1000を用いて観測し、栄養塩類、クロロフィル-aは、北原式採水器を用い0, 10, 20, B-2m層で採水し、栄養塩類としてNH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-PをTRAACKS社製オートアナライザーTRAACKS800で分析を行い、クロロフィル-aは、ターナーデザインズ社製蛍光光度計により測定した。

2. プランクトン分析

植物プランクトンは北原式定量プランクトンネットにより水深20mから海面までの鉛直曳き、動物プランクトンは改良型ノルパックネットにより海底上2m層から海面までの鉛直曳きで採集し、ホルマリンで固定後、プランクトンの沈澱量、種の同定、細胞数(個体数)の計数を行い、月毎のプランクトン種の総細胞数(個体数)の5%以上を超える優占種については、サイズの測定を行った。また、海域に分布するプランクトンとカタクチイワシの摂餌するプランクトンの関係をみるために'00年6, 7, 9, 11, 12, '01年1月に福岡市漁協唐泊支所のあぐり網で漁獲されたカタクチイワシをホルマリン固定後、胃内容物中の植物、動物プランクトンの種の同定、プランクトン種の総細胞数(個体数)の5%以上を超える優占種については、プランクトンを楕円体とみなして短径と長径の長さの測定を行った。

3. 動物プランクトンとカタクチイワシとの関係

カタクチイワシ漁場が福岡湾や唐津湾で形成される時期の動物プランクトンとカタクチイワシ漁獲量の関係をみるために、唐津湾で周年操業する佐賀県唐津市の唐房漁協の漁獲量と福岡湾で秋季～冬季に操業する福岡市漁協唐泊支所の漁獲量の合計値と、玄界島沖の定点での改良型ノルパックネットによる動物プランクトンの採集個体数の関係を見た。

結 果

1. 水温、塩分、栄養塩類

定点の各項目の平均的な変化みるために0, 10, 20, B-2mの4層の平均値の推移を図2に示した。

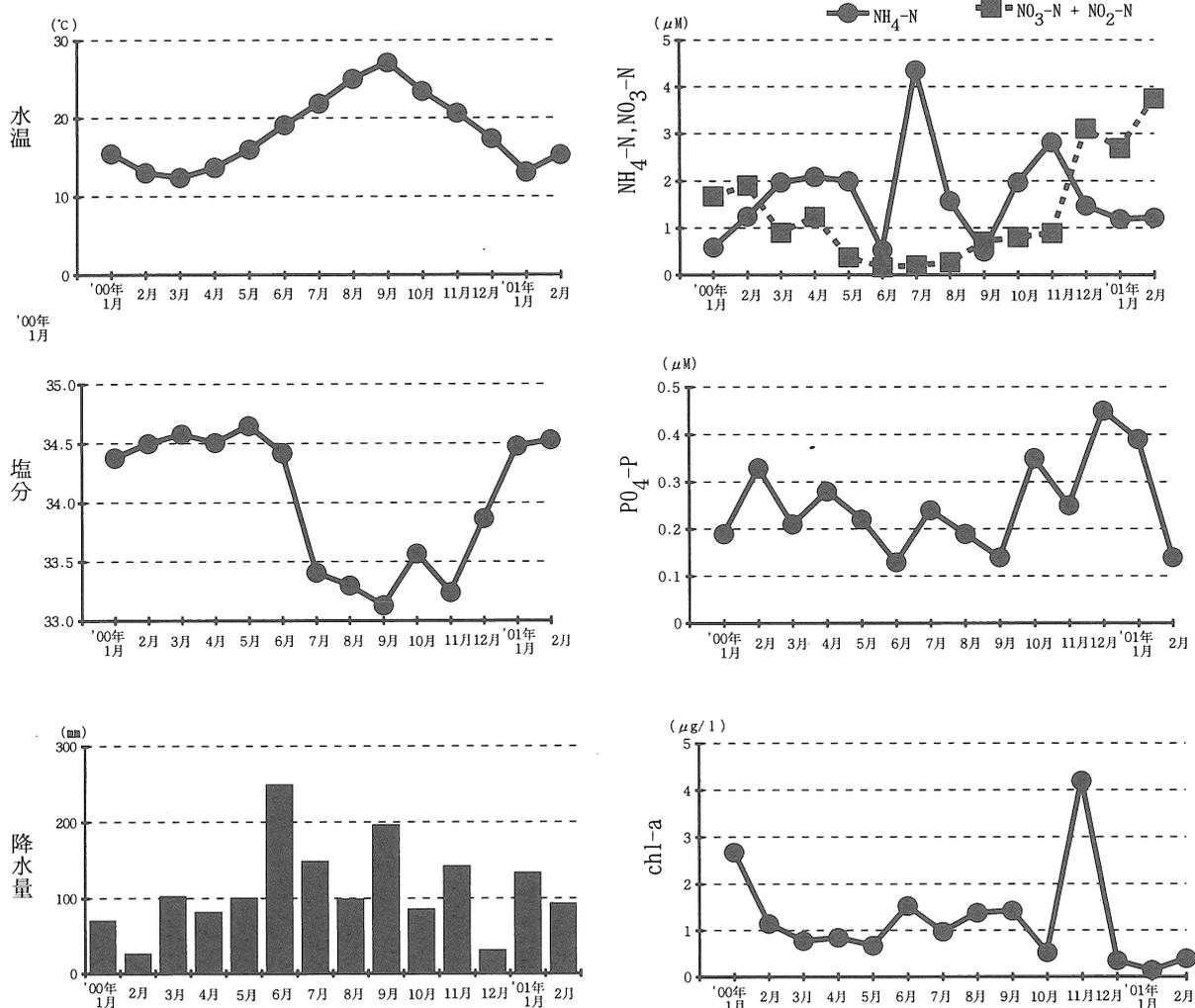


図2 水温・塩分と栄養塩類等の月別変化(4層平均)

4層平均水温の推移は、3月に最低の12.4℃、9月に最高の27.1℃であり、水温較差は14.7℃であった。年間を通した水温の変化は、3月～9月までは水温上昇期、9月～3月までは水温下降期であった。4層平均塩分の推移は、9月に最低の33.13、5月に最高の34.65であり、塩分較差は1.52であった。1月～6月までは34.4～34.5台の範囲にあり比較的変動が少ないが、7月～12月までは低めの傾向となり、12月以降塩分は上昇した。月間降水量は、'00年2月に27mm、12月に32mmと少なく、6月に250mm、9月に197mmと多く、他の月は3～5月は70～100mm台の降水量であり、6月、9月は降水量が多いのが特徴的であった。また、7月、11月も比較的多かった。次に栄養塩類の推移は、NO₃-NとNO₂-Nの合計は、5月～8月に低めであり、12月～2月は高めの傾向となった。NH₄-Nは、NO₃-NとNO₂-Nの合計値と逆に、7月、11月に高いピークが

あり、1～2月、6月、9月は低めであった。PO₄-Pは、12月、'00年1月に高め傾向であるが、他の月は小さい変動はあるが概ね同様の水準であった。クロロフィル-aは、6月に小さいピークと11月に大きなピークがみられたが、春季の3～5月に比べ夏季の6～8月にやや高い傾向が認められた。

次に定点の年間を通した鉛直構造をみるために4層のイソプレットを図3に示した。水温、塩分は夏季7～8月に成層が形成され、相対的に表層が高温、低塩分、底層が低温、高塩分となるが、秋季9月から鉛直混合が始まり徐々に成層が崩壊し、冬季2月には表層から底層まで低温、高塩分な均一な水塊となる。また、塩分の変化は6月～7月にかけての変動と、11月～1月にかけての変動が大きく、特に11月の表層が低塩分となっている。他の月は比較的变化が少ない。栄養塩濃度の季節変化は水温、塩分の変動と連動しており、成層が形成される夏

季7～8月は相対的に表層で低濃度、底層で高濃度となるが、陸水の流れこみによりごく沿岸でスポット的に表層が高濃度になることもある⁴⁾。NO₃-N、NO₂-Nでは秋季～冬季の鉛直混合期には底層から栄養塩が補給され、表層から底層まで高濃度となるが、NH₄-Nでは春季と秋季に成層がみられ、5月の表層、11月の表層で高濃度となっている。クロロフィル-aの挙動も栄養塩の変動に類似しているが、11月の表層が著しく高い。

2.植物プランクトン

'00年2月～'01年2月までの植物プランクトンの出現細胞数と沈澱量を図4に示した。

細胞数は冬季～春季の2、3月、夏季の7～9月に多く、8月と秋季の11月に大きなピークがあり、特に8月は2896万cells/m³の最高を示した。沈澱量は、細胞数の多かった8月に25ml/m³と高く、細胞数はそれほど多くない5月にも18ml/m³と高い傾向が見られたが、大

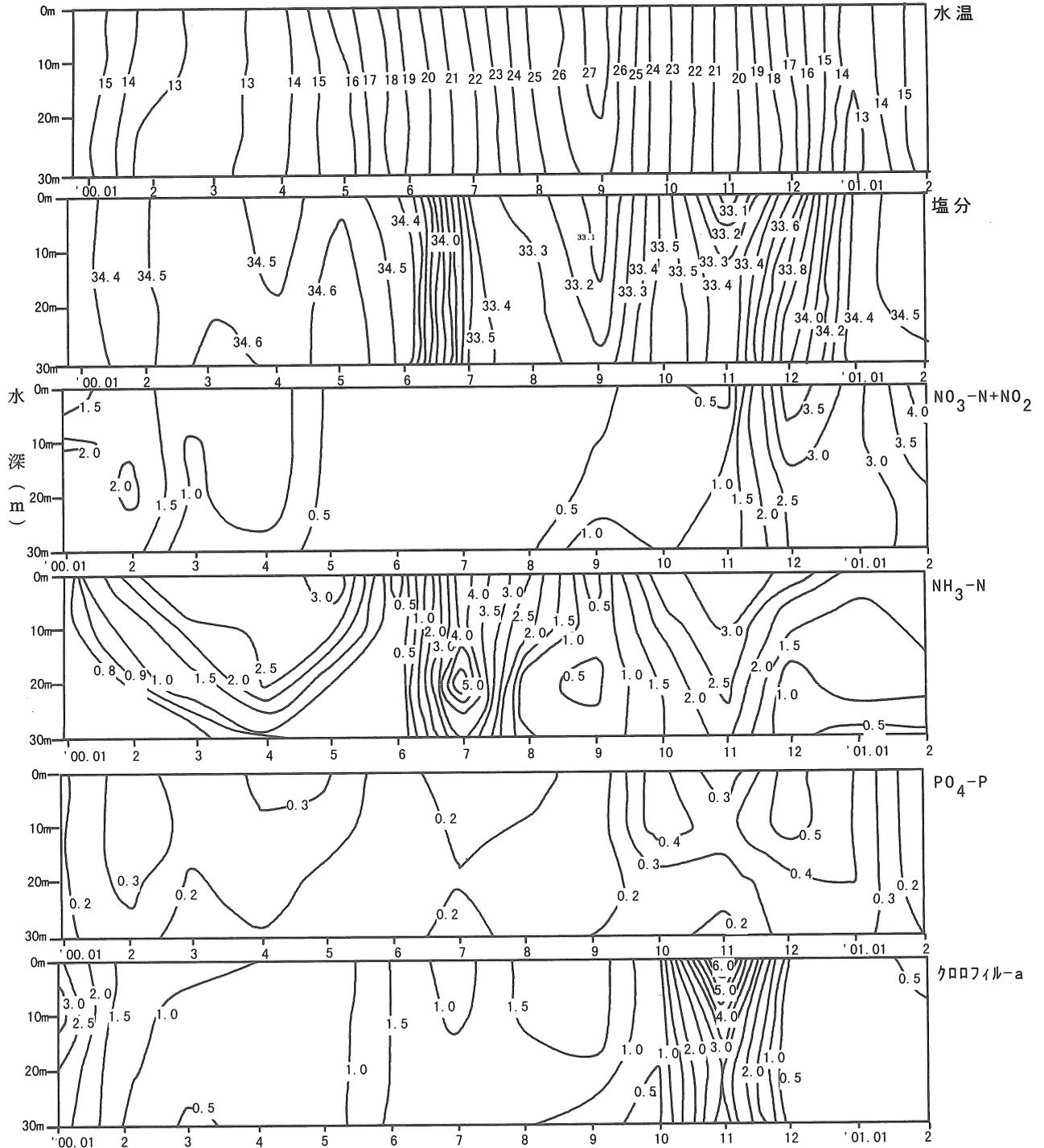


図3 水温、塩分、栄養塩類の推移

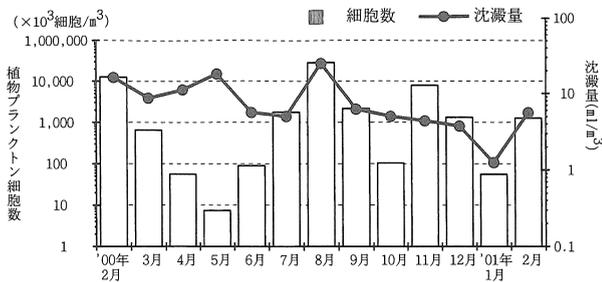


図4 植物プランクトンの細胞数と沈澱量

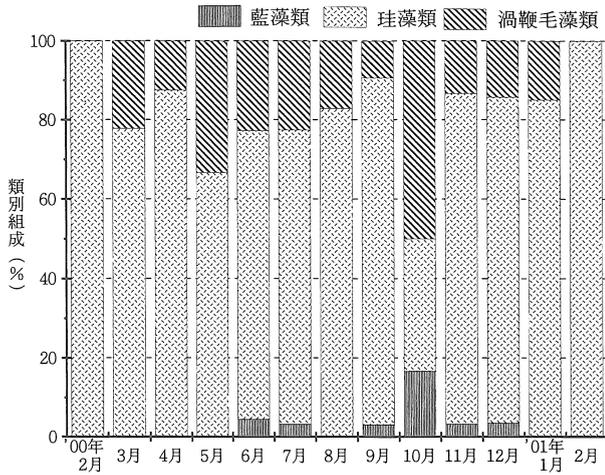


図5 植物プランクトンの類別組成

型珪藻である *Thalassiosira* spp., *Rhizosolenia calcar-avis* が優占していたためである。

出現細胞数の類別組成を図5に示した。類別組成は、

いずれの月も珪藻類の出現割合が60%以上と高く、渦鞭毛藻類がこれに次ぎ、10~20%の割合であったが、10月は約50%と最も高くなり、2月は全く出現しなかった。

優占種の推移とサイズを表1に示した。月別の変化は、'00年2~3月には珪藻類の *Chaetoceros sociale* が50%以上を占め、4~5月には渦鞭毛藻類の *Noctiluca scintillans* が50%以上を占めた。6~9月は珪藻類の *Chaetoceros* 属の数種類が優占種となり、8月には珪藻類の *Bacteriastrum varians*, 9月には *Thalassiosira nitzschoides* が25%以上、10月には *Tricodesmium* sp. が、11月には *Skeletonema costatum*, 12月には *Chaetoceros decipiens* の出現量がいずれも50%以上の組成を占め、特定種のプランクトンの出現割合が高かった。4~6月には総細胞数の5%を超える種の出現種が少なかった。また、出現時期とプランクトンサイズの関係を見ると、*Chaetoceros* 属では夏季の7~8月に優占した *Chaetoceros affine*, *Chaetoceros compressum*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros distans* では短径が13~17 μ m, 長径が14~22 μ mであるのに対して、8~9月に優占する *Chaetoceros lorenzianum* は短径18 μ m, 長径36 μ mとややサイズが大きくなる傾向がみられた。10月に優占した藍藻類の *Tricodesmium* sp. は群体を形成し短径は9 μ mであるが、長径は626 μ mと大きいサイズであった。

表1 植物プランクトンの優占種とサイズ

類別	種名	細胞サイズの月平均値		優占割合: ○ 5%以上 ◎ 25%以上 ● 50%以上												
		短径(μ m)	長径(μ m)	2000年	2001年											
				2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
藍藻類	<i>Tricodesmium</i> sp.*	9.45	626.50									●				
珪藻類	<i>Thalassiosira</i> spp.	25.60~25.65	25.65~25.90			○	○									
	<i>Thalassionema nitzschoides</i>	3.25	48.80			○						◎				
	<i>Rhizosolenia calcar avis</i>	25.60	25.90				○									
	<i>Rhizosolenia styliformis</i> v. <i>latissima</i>	-	-						○							
	<i>Nitzschia pungens</i>	3.80~3.88	112.0~11.50						○							
	<i>Bacteriastrum varians</i>	18.20~18.50	22.80~22.85							○						
	<i>Chaetoceros affine</i>	13.55~13.65	17.25~17.55							○						
	<i>Chaetoceros compressum</i>	13.20	14.70							○						
	<i>Chaetoceros curvisetum</i>	17.05	18.40							○						
	<i>Chaetoceros distans</i>	15.55	21.75							○						
	<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	17.75~18.05	35.90~36.00								○	○				
	<i>Chaetoceros danicum</i>	-	-													
	<i>Chaetoceros debile</i>	13.35	21.40													○
	<i>Chaetoceros decipiens</i>	15.65~16.25	31.35~31.65													○
	<i>Chaetoceros denticulatum</i>	-	-													○
	<i>Chaetoceros sociale</i>	8.37~8.87	7.58~9.94		●	●										
<i>Skeletonema costatum</i>	10.65~11.60	11.80~12.00														○
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	3.63	133.75														○
<i>Lithodesmium undulatum</i>	47.65	53.25														○
<i>Stephanopyxis turris</i>	30.20	61.35														○
<i>Biddulphia sinensis</i>	125.70	208.25														○
<i>Ditylum brightwellii</i>	69.35	108.65														○
<i>Detonula pumila</i>	18.85	24.05														○
<i>Eucampia zoodiacus</i>	22.20	47.65														○
渦鞭毛藻類	<i>Noctiluca scintillans</i>	615.5~661.5	680.5~731.0			●	●	○								
	<i>Ceratium fusus</i>	17.90	392.50					○								

冬季の12~1月に優占した*Biddulphia sinensis*, *Ditylum brightwellii*は短径が $70\sim 126\mu\text{m}$ 台、長径が $109\sim 208\mu\text{m}$ 台で春先に優占する*Chaetoceros*属に比較して、大型の珪藻であった。4~6月に優占した渦鞭毛藻類の*Noctiluca scintillans*は短径が $615\sim 662\mu\text{m}$ 台、長径が $680\sim 731\mu\text{m}$ と大型であった。

3. 動物プランクトン

動物プランクトンの個体数と沈澱量の月変化を図6に示した。

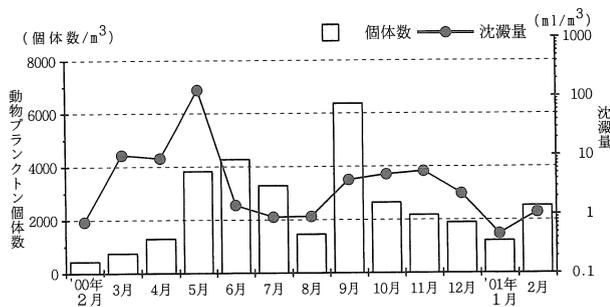


図6 動物プランクトンの個体数と沈澱量

個体数は $1,000\sim 6,000$ 個/ m^3 の範囲で変動し、植物プランクトン細胞数が指数関数的に大きく変化するのに比べると変化は少ない。月変化をみると5~7月と9月は多く、4, 8, 1月には少ない傾向であった。沈澱量は3~5月に多くなかでも5月が $120\text{ml}/\text{m}^3$ と特異的に多く、6~8月に減少し、9~11月に増加の傾向が認められた。出現個体数の類別組成を図7に示した。'00

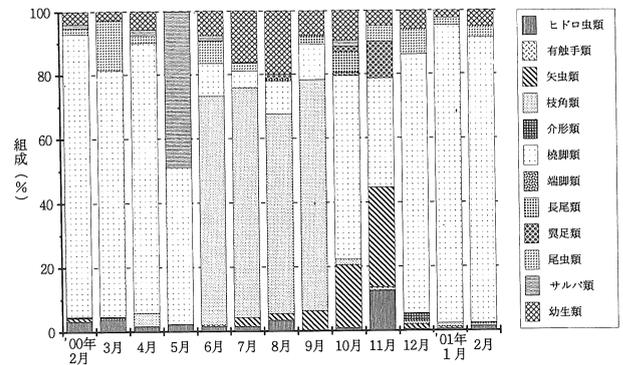


図7 動物プランクトンの個体数の類別組成

年2~4月、12~2月には桡脚類の出現割合が非常に高く80%以上を占め、6~9月には幼生類が約70%以上を占め、つづいて10~11月は矢虫類の出現割合が20%を越えていた。また、5月にはサルバ類が約50%を占めていたことが特徴的であった。優占種の推移とサイズを表2に示した。桡脚類は2~5月及び10月、12月~'01年2月に優占種となり、主な出現種類は*Paracalanus parvus*, *Corycaeus affinis*, Copepodite of *Calanus*, Copepodite of *Eucalanus*, *Acartia omorii*, *Temora turbinata*であった。サルバ類の*Doliolum* spp., *Thaliacea*は5月に優占種となった。枝角類の*Evadne tergestina*, *Penillia avirostris*は7~8月に優占し、幼生類のNauplius of *Balanomorpha*, *Ophiopluteus* larvaは7~8月に優占した。矢虫類の*Sagitta enflata*, *Sagitta* spp. (juvenile)は9~11月に優占した。その他に10~11月には長尾類の*Lucifer* spp., ヒドロ虫類の

表2 動物プランクトンの優占種とサイズ

類別	種名	細胞サイズの月平均値		優占割合: ○ 5%以上 ◎ 25%以上 ● 50%以上													
		短径(μm)	長径(μm)	2000年						2001年							
				2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
桡脚類	<i>Calanus sinicus</i>	0.72~0.75	2.78~2.87	○	○												
	<i>Paracalanus parvus</i>	0.31~0.33	0.93~1.07	◎	○	○							○	●	●	●	
	<i>Corycaeus affinis</i>	0.27~0.28	0.98~1.00			◎	○	○									
	Copepodite of <i>Calanus</i>	0.35~0.56	1.30~1.93	◎	◎	○	○										
	Copepodite of <i>Eucalanus</i>	0.27	1.03										○				
	<i>Acartia omorii</i>	0.27~0.28	0.99~1.06		○		○									○	○
	<i>Temora turbinata</i>	0.64	1.71											○			
サルバ類	<i>Doliolum</i> spp.	3.17	6.37				○										
	<i>Thaliacea</i>	1.24	2.49				◎										
枝角類	<i>Evadne tergestina</i>	0.50~0.53	0.66~0.69					○		○	○						
	<i>Penillia avirostris</i>	0.45~0.50	0.66~0.73					●	●	●	●						
幼生類	Nauplius of <i>Balanomorpha</i>	0.31	0.40						○	○							
	<i>Ophiopluteus</i> larva	0.17	0.29						○								
矢虫類	<i>Sagitta enflata</i>	0.67~0.74	7.43~8.19								○	○	○				
	<i>Sagitta</i> spp. (juvenile)	0.18~0.21	1.78~2.21									○	○				
長尾類	<i>Lucifer</i> spp.	-	-										○				
尾中類	<i>Oikopleura dioica</i>	0.36	0.68		○												
	<i>Oikopleura</i> spp.	0.28	0.63		○												
ヒドロ虫類	Siphonophora	0.60	1.29										○				

Siphonophora, 翼足類の *Creseis acicula* が優占種として出現した。

月別の優占種の推移には特徴的な傾向がみられ、4～5月は橈脚類、6～9月は枝角類が主体で幼生類が含まれ、9～11月は矢虫類が出現し、長尾類、ヒドロ虫類、翼足類が含まれる。10～2月は再び橈脚類が主体となった。

次に、動物プランクトンの中で出現割合の高かった橈脚類の優占種の出現傾向を図8に示す。

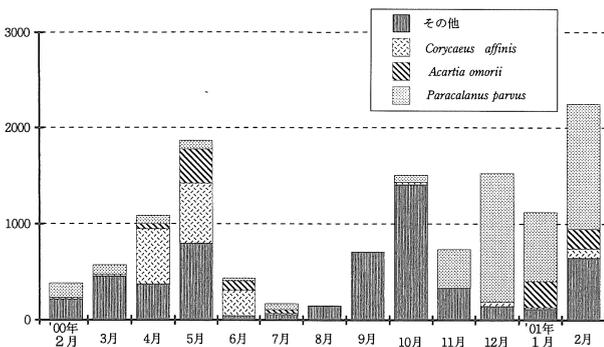


図8 橈脚類優占種の月別出現

まず橈脚類全体での出現個体数は、4、5月に多く、6～9月に出現量が減少し、秋季の9月～冬季の2月に多い傾向にあった。橈脚類の中で優占する種類は、*Paracalanus parvus*, *Acartia omorii*, *Corycaeus affinis*であった。橈脚類の中で最も優占する *Paracalanus parvus* の出現傾向は、'00年2月～4月には80～150個/m³と同程度の出現個体数であったが、その組成割合は2月に39%、3月13%、4月8%、5月5%と組成割合が月の経過とともに減少した。11月～'01年2月には出現個体数は増加し、組成割合も50%～85%を占めていた。春先の4、5、6月には *Corycaeus affinis*が多いが、冬季には組成割合が低い。

4. 動物プランクトンとカタクチイワシとの関係

図9に佐賀県唐津市の唐房漁協の漁獲量と福岡湾で秋季～冬季に操業する福岡市漁協唐泊支所の漁獲量の合計と、玄界島沖の定点での改良型ノルパックネットによる動物プランクトンの採集個体数の関係を示した。

カタクチイワシ漁獲量と動物プランクトン分布量との関係は、カタクチイワシ漁獲量が春季は動物プランクトンの出現盛期に対応しているが、秋季は動物プランクトンの出現量が年間を通して最も高いのに、カタクチイワシの漁獲量は低水準にあり、また、冬季の12月～1月においては、動物プランクトンの出現量が少ないにも関

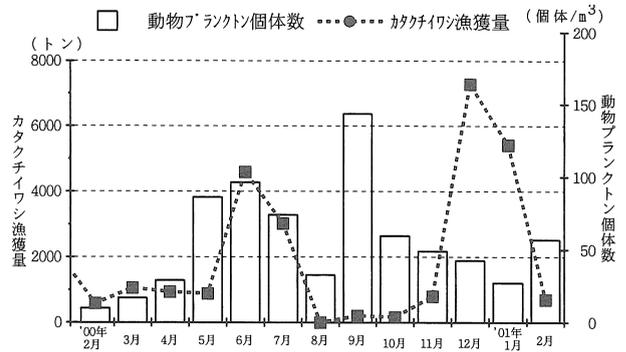


図9 カタクチイワシ漁獲量と動物プランクトン個体数

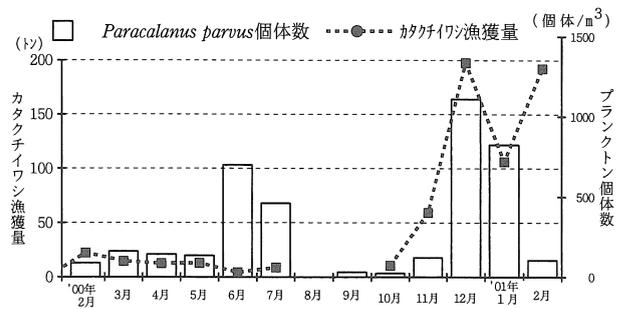


図10 カタクチイワシ漁獲量と *Paracalanus parvus* 個体数

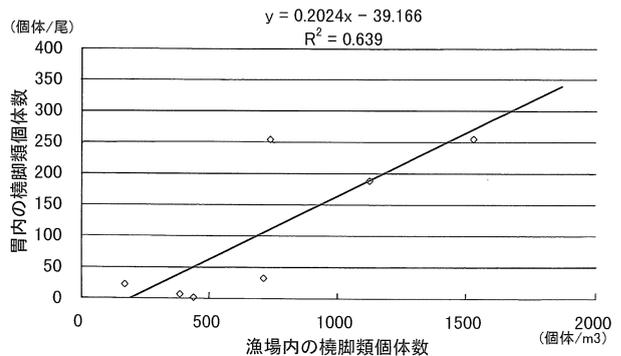


図11 漁場内とカタクチイワシ胃内の橈脚類個体数

わらずカタクチイワシの漁獲量は年間を通して最も高くなっている。このように、動物プランクトン出現個体数と、カタクチイワシの漁獲量の間には明確な対応関係が見られない。

しかし、図10に示すように動物プランクトンの構成種の一つである *Paracalanus parvus* の出現動向とカタクチイワシ漁獲量の間には対応関係がみられ、冬季のカタクチイワシの餌料として *Paracalanus parvus* は重要なプランクトンであり、カタクチイワシの漁場形成にこのプランクトンが深く関わっているものと考えられる。

カタクチイワシの餌料として動物プランクトンのなかで最も重要な橈脚類について、漁場内での分布量とカタクチイワシ胃内容物中の個体数との関係を図11に示した。

ここで、カタクチイワシ1尾当たりの橈脚類個体数(Y)と定点で改良型ノルパックネットを用いて採集したカタクチイワシ胃内容物中の橈脚類個体数(X)との関係をみた。

サンプルとしたカタクチイワシは、体長範囲42~100mm(平均60mm)、体重範囲0.28~4.26g(平均1.32g)の39個体であり、得られた関係式は、

$$Y=0.2024 \times X - 39.166$$

$$R^2=0.639$$

となり、海域中の橈脚類の個体数とカタクチイワシ1尾当たりの胃内容物中における橈脚類個体数には正の相関関係がみられ、カタクチイワシは海域中に分布する橈脚類を選択的に摂餌していることが伺えた。

考 察

図2に示した調査定点の栄養塩のうち窒素分であるNO₃-N、NO₂-N等は、春季の植物プランクトンの増殖後の6~8月には低下する傾向がみられた。この時期には、成層化により底層からのNO₃-N、NO₂-Nの補給が低下するが、降水量が比較的多いため河川水に由来する栄養塩類が福岡湾内に流入し、NH₄-Nは一時的に高くなっている²⁾。今回の栄養塩類の低下は、クロロフィル-aの値も高いことから植物プランクトンの春のブルームで減少したものと考えられる。

調査定点として設定した玄界島沖の調査点は、福岡湾口のやや沖に位置し、福岡湾へ来遊してくるカタクチイワシ等をはじめとした魚類の通過海域の一部である。

図2、図4に示した栄養塩とプランクトン類の季節的な消長の関係は、栄養塩濃度は低めでも夏季は植物プランクトン細胞数が多く、水温成層が崩壊し、鉛直混合が始まり底層からの栄養塩が補給される11月には珪藻類を中心とする植物プランクトンが増殖すると考えられたが、今回の調査では11月の表層が低塩分でNH₄-Nが高濃度でクロロフィル-aも高いという結果が得られた。以上のことからこの時期は、陸水による栄養塩の補給も重要であると思われた。11月~12月に植物プランクトンを餌とする橈脚類が増加する。水温が低下する1~2月は、逆に橈脚類が減少し、植物プランクトンが増加するが、3~4月には再び橈脚類が増加する。5~9月に

は枝角類や矢虫類が多い。

プランクトンとカタクチイワシの関係は、カタクチイワシ親魚は2~4月の橈脚類の増殖期に橈脚類を主体に摂餌し、体内への栄養蓄積を行い春季に産卵する。発生したカタクチイワシは、春生まれ群として6~7月には群の一部が漁獲対象となる。植物プランクトンや橈脚類が再び増加する10~12月には、カタクチイワシ秋生まれ群が沿岸に来遊し漁獲される。

プランクトンの出現状況をカタクチイワシの餌料として捉える場合には、カタクチイワシの成長段階並びに口器のサイズを勘案しなければならない。福岡湾に来遊するカタクチイワシは、春生まれ群と秋生まれ群があるが、あぐり網漁業として漁業的に利用するのは、秋生まれ群であり³⁾、この群の成長段階に伴う口器のサイズとその時期に分布するプランクトン群主要種の大きさがカタクチイワシが利用できる大きさでなければならない⁴⁾。そのため、孵化間もない仔魚の段階に初期餌料として利用されるのは、小型のプランクトンであり、成長段階が進むにつれ、植物プランクトン主体の食性から、動物プランクトン食性へと移行していくが、口器のサイズにより動物プランクトンでも利用の可否が決まってくる。

要 約

- 1) 定点の4層平均水温は3月に最低の12.4℃、9月に最高の27.1℃であった。平均塩分は9月に最低の33.13、5月に最高の34.65℃であり、1月~6月までは変動が少なく、7月~12月は低めの傾向であった。
- 2) NO₃-NとNO₂-Nの合計は、5月~8月に低め傾向であり、12月~2月は高め、PO₄-Pには、概ね同様の水準であった。クロロフィル-aは、6月に小さいピークと11月に大きなピークがあった。
- 3) 植物プランクトンの細胞数は8月、11月にピークがみられ、沈澱量は8月に多かった。類別の出現は年間を通して珪藻類の出現割合が高く、渦鞭毛藻類がこれに次いだ。
- 4) 動物プランクトンの個体数は、5~7月と9月に多く、沈澱量は5月に多かった。類別の出現傾向は4月、12~2月には橈脚類、6~9月には幼生類、10~11月には矢虫類と月別に明確な傾向がみられた。
- 5) 漁場内での動物プランクトン出現量とカタクチイワシ漁獲量との間には、明確な対応関係は見られな

ったが、橈脚類の優占種である *Paracalanus parvus* との間に対応関係がみられた。

- 6) 漁場内での橈脚類分布量とカタクチイワシ胃内容物中の橈脚類個体数との間には正の相関関係が得られ、カタクチイワシは、橈脚類を選択的に摂餌していることが伺えた。

文 献

- 1) 秋元 聡：重回帰式によるカタクチイワシの漁況予測，福岡水試研報第16号，1-5(1990).
- 2) 高橋 実：対馬東水道における水温・塩分の季節変化，昭和60年度福岡県福岡水試研究業務報告，1-14(1985).
- 3) 近藤 恵一：カタクチイワシの生態と資源，水産研究叢書20，14-16(1971).
- 4) 秋元 聡：筑前海域におけるカタクチイワシの出現様式と漁業実態，平成9年度漁場生産力モデル開発基礎調査(九州海域)調査研究報告書，27-32(1997).