

師崎周辺海域における動物プランクトン相と水質

水野 佳季

1. はじめに

例年、当社では新入社員の実技講習を目的として海域調査を行っており、その一環として動物プランクトン調査を実施している。今年度は、愛知県師崎の周辺海域をフィールドとして調査を行った。知多半島の南側に位置する師崎の周辺海域は伊勢湾と三河湾の境界にあたる（阿知波，2008）。

伊勢湾と三河湾の概要を比較すると、平均水深は伊勢湾が20 mであるのに対し、三河湾では9 mである。また、海水交換能の指標となる容積/河川流量比（湾の容積を河川流量で割った値）は伊勢湾のほうが小さく、伊勢湾は三河湾より海水交換能が高い（赤石ら，2005）。したがって、両湾の境界にあたる師崎の周辺海域の北東側と南西側でも水質や動物プランクトン相に差異があることが予測される。

伊勢湾と三河湾では、動物プランクトンの長期変動や地理的変動等について海域別に研究が行われている（例えば、Uye *et al.*, 2000；山田ら，2016）。さらに、両湾の動物プランクトンは概ね同一種が出現するものの、優占度が異なることも知られている（山路，1979）。しかし、両湾の境界域で動物プランクトン相の調査を行った事例は見当たらない。そこで、本報告では伊勢湾と三河湾の境界域である師崎の周辺海域において伊勢湾側、三河湾側及びその中間地点で動物プランクトンの組成を明らかにし、水質との関係を考察することを目的とした。

2. 方法

2.1 調査方法

調査は、2022年4月21日に愛知県師崎沖の3地点で実施し、三河湾側をSt.1、伊勢湾側をSt.5、これらの中間地点の羽豆岬沖をSt.3とした（図1）。

動物プランクトンの採取には北原式閉鎖ネット（目合い100 μ m）を用いた。上層（水深0 mから水深3 mまで）、中層（水深3 mから水深6 mまで）、下層（水深6 mか

ら海底上1 mまで）で鉛直曳きをして採取した。試料は中性ホルマリン（最終濃度5%）で固定した後、室内にて光学顕微鏡下で種の同定、計数を行った。同定は千原・村野（1997）及び山路（1984）に従った。

水質観測は多項目水質計（AAQ-RINKO、JFEアドバンテック）を使用し、水温・塩分・クロロフィル a 濃度・DOを水面から海底上1 mまで0.1 m間隔で観測した。

2.2 分析方法

各試料の動物プランクトンの組成の違いを調べるため、種群ごとの個体数で階層的クラスター分析を行った。各種群の個体数を常用対数変換後、試料間のBray-Curtis非類似度指数の計算を行い、群平均法により樹形図を作成した（Hosie, 1992）。また、種の多様性の違いを明らかにするため、Shannonの多様度指数を求めた。

各地点の水質を特徴づける傾向を明らかにする為、主成分分析を行った。水質観測の結果から、曳網層ごとに各環境要因の平均値を求めたのち、主成分得点を計算し、散布図を作図した。また、環境要因ごとに主成分負荷量を求め、散布図上に矢印で示した。

各分析には解析ソフトのR（R Core Team, 2022）を用いた。

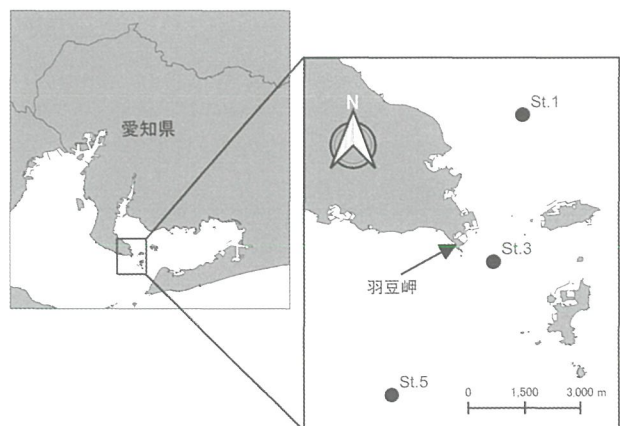


図1 調査地点

3. 結果

3.1 動物プランクトンの組成

動物プランクトンの分析結果を表1に示した。

出現種は節足動物21種類、脊索動物3種類、軟体動物2種類、その他9門の分類群から各1種類の計35種類であった。優占種は、St.5の下層(6~19 m)では節足動物の*Paracalanus*属のコペポダイト期幼生であった(2,500 inds./m³)。その他の試料ではカイアシ類のノープリウス期幼生であった(3,900~24,600 inds./m³)。出現種の多くは、繊毛虫の*Favella taraikaensis*、節足動物

の*Acartia omorii*及び脊索動物の*Oikopleura dioica*などの沿岸性種、内湾性種及び冷水性種であった。しかし、節足動物の*Clausocalanus pergens*、*Oithona nana*及び*Oncaea zernovi*などの外洋性種や暖水性種もSt.3とSt.5の上層及び中層で少ないながらも確認された。

3.2 水質

水質観測の結果を図2に示した。

水温は、St.1では水深7~10 m、St.3では6~11 mでそれぞれ15.9°Cから15.8°C、16.0°Cから15.9°Cにわずかに低下した。St.5では、水面~8 mまでは15.9~16.1°Cの

表1 動物プランクトンの分析結果

番号	門	種	地点 曳網層	St.1(三河湾)			St.3(羽豆岬沖)			St.5(伊勢湾)		
				0-3m	3-6m	6-11m	0-3m	3-6m	6-14m	0-3m	3-6m	6-19m
1	肉質鞭毛虫	<i>Acantharea</i>									20	
2	繊毛虫	<i>Favella taraikaensis</i>		2000	300	100	3000	1200	980	3400	200	
3	紐形動物	<i>Anopla</i> (pilidium)			100			30	40		30	
4	輪形動物	<i>Synchaeta</i> sp.						30				
5	軟体動物	Gastropoda (larva)		600	50	40	1000	300	610		70	
6		Bivalvia (umbo larva)		2000	1800	570	10000	2800	1500		30	
7	環形動物	Polychaeta (larva)		1000	100	300	300	600	820	200		
8	節足動物	<i>Evadne nordmanni</i>		1000	300	20	600			300	30	
9		<i>Acartia omorii</i>			100	40			20	60	100	
10		<i>Acartia</i> spp. (copepodite)		600	400	90	300		20	400	300	
11		<i>Calanus</i> spp. (copepodite)		80	50	20	80	90	20	200	70	
12		<i>Centropages</i> spp. (copepodite)				90			40			
13		<i>Clausocalanus pergens</i>									30	
14		<i>Paracalanus parvus</i> s. l.			100	20	80	30		200	200	
15		<i>Paracalanus</i> spp. (copepodite)		300	100	440	2000	400	300	500	300	
16		<i>Pseudodiaptomus</i> sp. (copepodite)			50							
17		<i>Oithona nana</i>					80			60		
18		<i>Oithona similis</i>		200	100	100	2000	100	100	500	70	
19		<i>Oithona</i> spp. (copepodite)		2000	700	700	8100	780	1700	4100	600	
20		Harpacticoida (copepodite)							20		20	
21		<i>Corycaeus affinis</i>		80		20	80			100	60	
22		<i>Corycaeus</i> spp. (copepodite)		2000	500	20	200	200	40	300	70	
23		<i>Oncaea zernovi</i>									30	
24		<i>Oncaea</i> sp. (copepodite)						60				
25		<i>Hemicyclops</i> spp. (copepodite)		200		20	80			60	20	
26		Copepoda (nauplius)		12000	6700	2200	20000	3900	5220	24600	5500	
27		Balanomorpha (nauplius)							20			
28		Mysidacea									20	
29	外肛動物	Gymnolaemata (cyphonautes)			100	20		60	300			
30	篩虫動物	Phoronida (actinotrocha)								60	30	
31	毛顎動物	<i>Sagitta</i> spp. (juvenile)		80	200	20	80		20		20	
32	棘皮動物	Ophiuroidea (ophiopluteus)		2000	500		300	200	300	500	300	
33	脊索動物	<i>Oikopleura dioica</i>		600	2200	650	1000	500	200	700	300	
34		<i>Oikopleura</i> spp.				100	600	100	200	500	40	
35		Osteichthyes (egg)			50	20						
個体数合計 (inds./m ³)				26740	14500	5600	49880	11380	12470	36740	8190	6200
種類数				17	21	22	20	18	21	19	18	20
沈殿量 (ml/m ³)				49.06	39.56	20.67	78.33	22.09	14.28	44.19	11.79	6.99
多様度指数				2.01	1.91	2.11	1.86	2.02	1.98	1.31	1.40	1.91

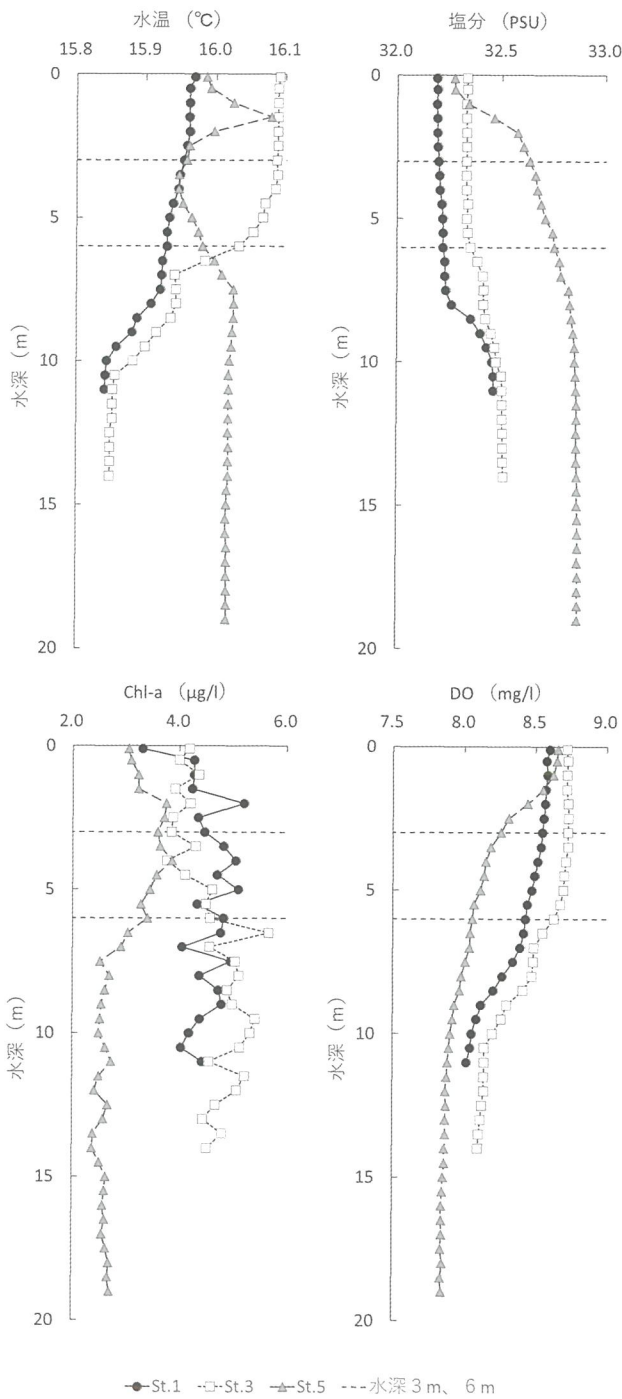


図2 水質の鉛直分布

間で変動したが、8 m以深では 16.0°Cでほぼ一定であった。

塩分は、St.1では水深 8 m以深で 32.2から 32.5に、St.3では 6 m以深で 32.4から 32.5にそれぞれ高くなった。一方、St.5では水深 1～2 mで 32.3から 32.6に、2～8 mでは 32.6から 32.9に高くなり、8 m以深では 32.9で概ね一定であった。

クロロフィルa濃度は、St.1では水面で 3.3 µg/lであったが、1 m以深で高くなり 4.2～5.2 µg/lに達した。St.3では水深 4 mまでは 3.8～4.4 µg/lであったが、5 m以深ではやや高くなり 4.4～5.3 µg/lに達した。一方、St.5では水深 6 mまでは 3.1～3.8 µg/lの範囲で変動したが、7 m以深ではやや低くなり 2.4～2.9 µg/lでほぼ均一に分布した。

DOは、St.1とSt.3では水深 7～10 mで、それぞれ 8.4 mg/lから 8.1 mg/l、8.5 mg/lから 8.2 mg/lにわずかに低下した。St.5では水深 1～5 mで 8.6 mg/lから 8.1 mg/lに、水深 5～10 mで 8.1 mg/lから 7.9 mg/lに低下したが、10 m以深では 7.9 mg/lでほぼ一定であった。

また、全地点の塩分・DOの躍層の水深は概ね一致し、負の相関が見られた。

3.3 統計分析

各試料の階層的クラスター分析の結果を図3に示した。クラスターは非類似度指数 0.27で、(G1) St.5の下層、(G2) St.5の中層、(G3) 各地点の上層、(G4) St.1とSt.3の中層及び下層の4つのグループに分類され、とりわけSt.1とSt.3の上層で組成が類似していた。

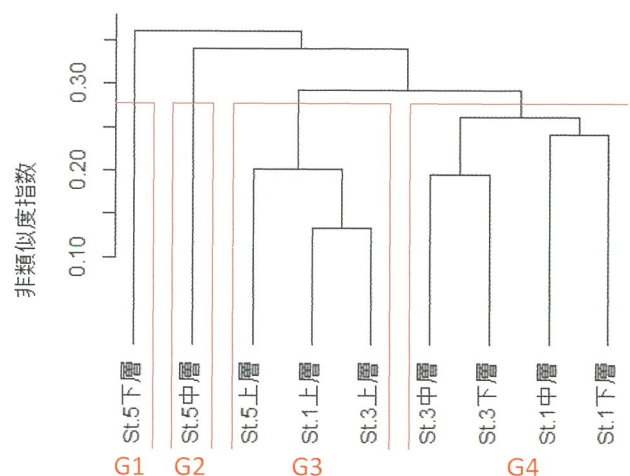


図3 動物プランクトン個体数密度に基づく階層クラスター分析

Shannonの多様度指数は、ほとんどの試料で1.9～2.1であったのに対し、St.5の上層と中層では1.3～1.4と明らかに低かった(表1)。

水質に基づいた調査地点及び曳網層ごとの主成分分析の結果を図4に示した。表現された情報量の割合を表す寄与率は、第一主成分が59.9%、第二主成分が35.8%であった。St.1では全層においてクロロフィル a 濃度が高く、水温と塩分は低かった。St.3は、上層と中層は水温が高く、下層では低かった。St.5は塩分が高く、クロロフィル a 濃度が低いという特徴が得られた。特に、中層と下層は塩分が高く、クロロフィル a 濃度とDOが低い傾向が顕著であった。

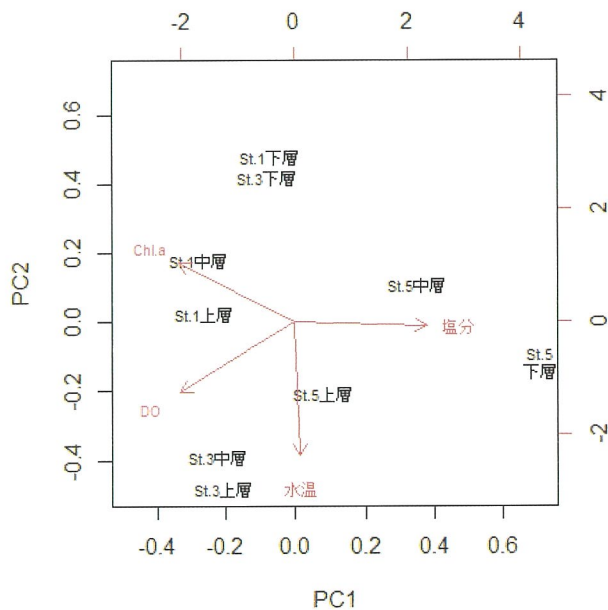


図4 水質環境要因の平均値による主成分分析

4. 考察

今回、師崎の周辺海域で得られた結果では、*Paracalanus*属のコペポダイト期幼生が唯一伊勢湾側であるSt.5の下層で優占し、St.1の下層及びSt.3の下層よりも明らかに多かった(表1)。*Paracalanus*属は伊勢湾の湾外に多く分布するとされていることから(Uye *et al.*, 2000)、師崎沖の伊勢湾側には湾外に生息している動物プランクトンが流入していると考えられる。階層クラスター分析の結果においてもSt.5は、St.1やSt.3の組成と異なっていることが示された。また、St.5の上層と中層では多様度指数が低かった。これらの試料における出現種数は他の試料と大きな違いはなかったが、優占種であるカイアシ類のノープリウス期幼生が個体数合計の6割以上を占めており、組成が大きく偏っていたために多様度指数が低くなったと考えられる(図5)。

主成分分析の結果では、St.5の中層と下層は他との水質の違いが顕著に表れた。また、水質の鉛直変化に地点間で違いが見られた。特に、塩分・DOの躍層の水深帯がSt.1、St.3、St.5の順で浅くなった。宇野木(1987)は、伊勢湾では年間を通して湾外から高塩分の海水が知多半島寄りに伸びており、外洋水の影響を強く受けているとしている。また、この外洋水の進入深度には季節変動があり、本調査の行われた4月ごろは中層(水深20 m付近)から進入するとされる(高橋ら, 2000)。したがって、本報告におけるSt.5の下層の水質の結果も、伊勢湾の底層部に進入する外洋由来の高塩分水(32.9)の影響を受けていたと推察される。一方、St.1とSt.3の中層・下層の動物プランクトン相が階層グループ(G4)に属することから、羽豆岬沖では三河湾由来の低温(16°C以下)・低塩分水(32.5以下)の影響が強かったものと考えられる(図6)。

以上をまとめると、師崎の周辺海域では伊勢湾側と三河湾側で水質に違いが見られた。これは伊勢湾側と三河湾側ではそれぞれ外洋水由来及び河川水由来の影響が強く、動物プランクトン相や多様度の結果から両湾の中間地点では三河湾系水塊の影響下にあったことが示唆された。

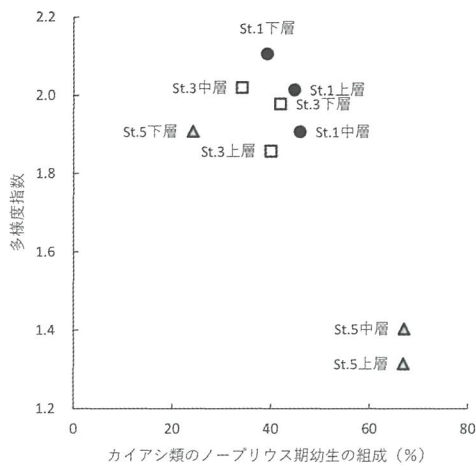


図5 カイアシ類ノープリウス期幼生の組成と多様度指数の関係

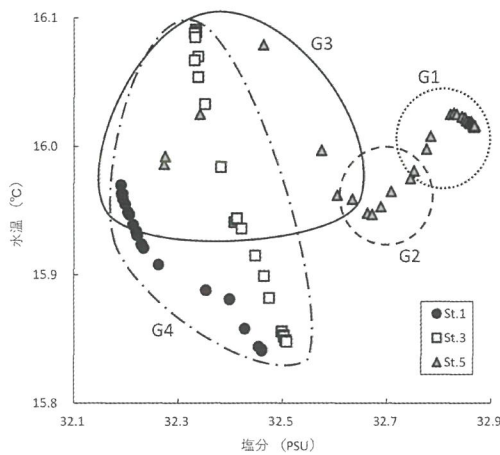


図6 TSダイアグラムと階層グループの関係

参考文献

- 阿知波英明. 2008. 愛知県沿岸にある湾の範囲はどこか?—太平洋、伊勢湾、三河湾、知多湾と渥美湾のそれぞれの境界についての考察—, 愛知県水産試験場研究報告, (14): 23-29.
- 赤石正廣・大島 巖・鵜飼亮行・青井浩二・黒田伸郎. 2005. 現地観測による伊勢湾・三河湾の貧酸素水塊の挙動の把握. 海洋開発論文集, 21: 391-396.
- 千原光雄・村野正昭. 1997. 日本産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会, 1574pp.
- Hosie, G. W. 1992. Multivariate analyses of the macrozooplankton community and euphausiid larval ecology in the Prydz Bay region, Antarctica. PhD thesis, University of Tasmania, 281pp.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 高橋鉄哉・藤原建紀・久野正博・杉山陽一. 2000. 伊勢湾における外洋系水の進入深度と貧酸素水塊の季節変動. 海の研究, 9 (5): 265-271.
- 宇野木早苗. 1985. 第13章 伊勢湾・三河湾 II 物理. In: 日本海洋学会沿岸海洋研究部会. 日本全国沿岸海洋誌. 東海大学出版会, 513-527.
- Uye, S., Nagano, N., and Shimazu, T. 2000. Abundance, Biomass, Production and Trophic Roles of Micro- and Net-Zooplankton in Ise Bay, Central Japan, in Winter. Journal of Oceanography, 56(4): 389-398.
- 山田 智・柳橋茂昭・武田和也・広海十朗・鈴木輝明. 2016. 三河湾におけるメソ動物プランクトン生物量とカイアシ類群集の長期変動—特に貧酸素水塊との関係について—. 日本プランクトン学会報, 63 (1): 1-7.
- 山路 勇. 1979. 伊勢・三河湾の生物群集. 沿岸海洋研究ノート, 16 (2): 128-145.
- 山路 勇. 1984. 日本海洋プランクトン図鑑 第三版. 保育社, 537pp.

