

相模湾北西部における 魚卵・仔稚魚の鉛直分布

大西 遼・中屋 慧

1. はじめに

本調査を行った小田原市酒匂川前面海域は、相模湾北西部に位置しており（図1）、大陸棚が非常に狭く（加藤, 1999）、海岸から1.5km程沖合で水深が200mを超える急峻な海底地形を有する。沿岸種のみならず中深層性魚類まで水産上重要な種を含む多種多様な魚類が出現することから、定置網や刺網等の漁場として利用されており相模湾西部における漁業の中心地として機能している。

魚類資源を持続的に利用する上で、その資源量を正確に把握することは必須であり、卵・仔稚魚期は減耗が高いことから、特に重要であると考えられるが当海域における知見は乏しい。相模湾における先行研究では、水深により種数や個体数が変動することや、種によっては成長に伴い出現する水深が変化することなどが指摘されており（飯野ら, 2006；中田・今井, 1981）、資源量をより正確に把握するためには、表層のみならず、各水深において調査することが必要であると考えられる。

本研究では多層で試料を採集し、まず、相模湾北西部における魚類相を把握した。次に層ごとでの卵および仔稚魚の出現傾向を調べたうえで、仔稚魚については層による体長組成を把握した。また魚卵については形態の特徴から査定が困難なタイプについてDNA分析により種の査定を行い、これまで卵期の分布が不明であった種についても、卵から仔稚魚期を通じた成長に伴う生息水深の変化を明らかにすることを試みた。

2. 材料および方法

2.1 試料採集

2021年7月6日に小田原市酒匂川前面海域の水深が異なるSt.1（水深140m）、St.2（同265m）およびSt.3（同420m）の3地点（図1）において表層（曳網水深0-0.6m）、亜表層（同10m）および中層（同30m）の3層でMTDネット（口径：56cm、網目：GG54、開口部面積：0.25m²、以降、ネットと称する）により卵仔稚魚を採集した。曳網水

深については、曳網中のロープ傾斜角が30°となると想定し、ロープ長が20mおよび60mに固定したネットをそれぞれ亜表層および中層用とした。また、亜表層では10m、中層では30mのロープ長のブイをネットに取り付け、投入後にロープが海面に対して垂直となったことで、ネットが所定の水深に達したと判断した。表層についてはネットの両側にブイを取り付け、ネット上端が海面となるように調節した。各層にネットが到達したことを確認し、船速2ノットで15分間曳網した。曳網中の深度を測定していないが、上記方法により深度が維持されたものと仮定して結果を取り扱った。曳網後、亜表層および中層についてはメッセージャーを投下し各ネットを閉鎖した後に船上に揚収し、表層についてはそのまま揚収した。揚収後、各ネットに取り付けられた濾水計の回転数を記録し、ネット内の試料をポリエチレン製容器に収容し、最終濃度が1%となるようにホルマリンを添加した後に冷蔵状態で実験室に搬入し分析に供した。

各地点での試料採集前に、船上から多項目水質計（AAQ177型、JFEアドバンテック株式会社製）を垂下し、水深50mまでの水温、塩分、DO等を0.1m間隔で観測した。

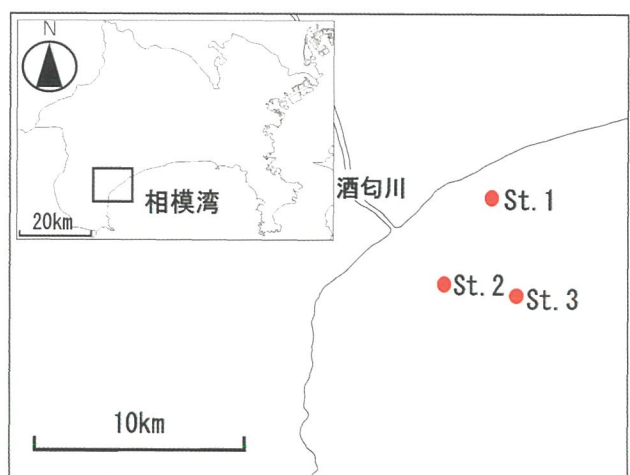


図1 調査地点

2.2 試料の前処理およびソーティング

実験室において0.30mm目の篩上に残った試料を対象に、

実体顕微鏡下で魚卵および仔稚魚を選別し、魚卵については70%エタノール溶液、仔稚魚については10%ホルマリン溶液で保存した。

2.3 魚卵の査定

魚卵の査定については、魚卵の解説と検索（池田ら、2014）に従った。特徴が不明瞭で査定が困難な場合は不明卵として扱い、油球数、卵径および油球径により区分した後に、池田ら（2014）の分類条件により候補種を選定した。各種群または不明卵ごとに個数を計数し、濾水量から1,000m³当たりの出現数に換算した。不明卵については平岡ら（2018）に準じ、DNA分析により種査定を行った。不明卵のうち各層で比較的多く出現した単脂球形卵-1、単脂球形卵-2および単脂球形卵-3については地点を考慮せず各層から無作為に4粒を、その他の不明卵については、層は考慮せず各タイプ2粒ずつ抽出した。

2.4 仔稚魚の査定

仔稚魚の査定については、日本産稚魚図鑑 第二版（沖山（編）、2014）に従った。出現した仔稚魚の個体数を計数し、濾水量から1,000m³当たりの出現数に換算した。また、成長段階による分布を把握するため、ウルメイワシとカタクチイワシを対象に接眼マイクロメーターを用いて体長を測定した。

3. 結果

3.1 海洋環境

水温と塩分の鉛直プロファイルを図2に示す。表層（0-0.6m）では水温は地点間でほとんど差がなく、塩分はSt.3のみやや高く30を超えていたが、他の2地点は同様であった。亜表層（10m）では水温は地点間でほとんど差がなかったが、塩分はSt.3のみやや低かった。中層（30m）では水温はSt.1に比べSt.3で1℃ほど高かったが、塩分は地点間で差はなかった。

3.2 卵・仔稚魚の水平分布

3.2.1 魚卵

魚卵の出現概要を表1に示す。全体で採集された魚卵は合計16種群で、うち8種群が不明卵であった。平均個数密度は56,022粒/1,000m³で、最も多く採集されたのは、単脂球形卵-1で全体の43.7%を占めた。次いでカタクチ

ワシが34.6%、単脂球形卵-2が19.0%、単脂球形卵-3が1.2%、ウシノシタ科が1.1%であった。

地点別の個数密度と種群数を図3に示す。St.1で10種群、St.2で14種群、St.3で11種群であり、St.2で最も多かった。採集個数はSt.1で110,755粒/1,000m³、St.2で9,684粒/1,000m³、St.3で47,625粒/1,000m³であり、St.1で最も多かった。St.1およびSt.2では単脂球形卵-1がそれぞれ56.6%および69.1%と最も多く、次いで単脂球形卵-2

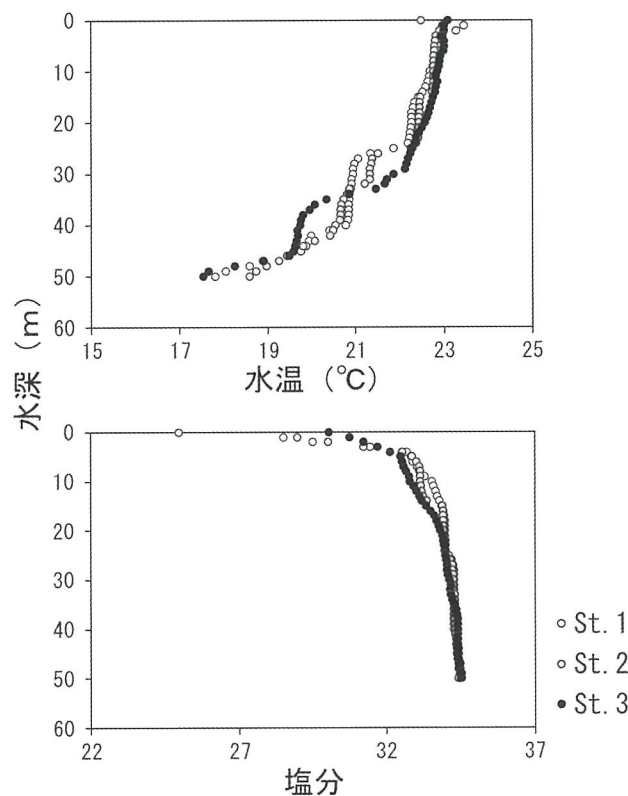


図2 水温と塩分の鉛直分布プロファイル

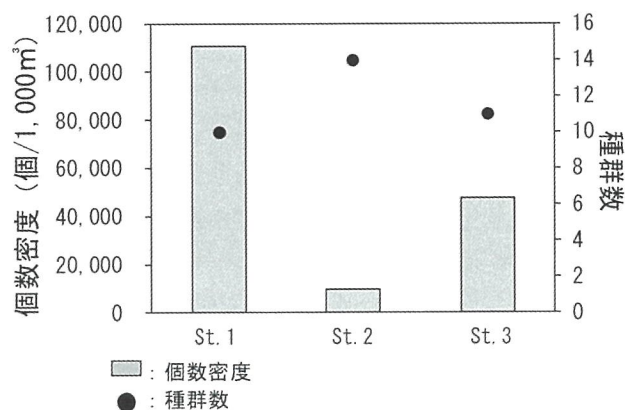


図3 地点別の個数密度と種群数（魚卵）

がそれぞれ 21.8% および 19.8%、カタクチイワシがそれぞれ 19.4% および 3.6% であった。一方、St.3 ではカタクチイワシが全体の 76.4% と最も多く、次いで単脂球形卵-2 が 12.1%、単脂球形卵-1 が 8.4% であった。

3.2.2 仔稚魚

仔稚魚の出現概要を表 2 に示す。全体で採集された仔稚魚は 47 種群で、平均個体数密度は 2,884 個体/1,000m³ であった。最も多く採集されたのはカタクチイワシで、全体の 35.5% を占めた。次いでテンジクダイ科が 13.6%、アジ科が 6.4%、ハゼ科が 4.4%、ネズップ科が 3.9% であった。

地点別の個体数密度と種群数を図 4 に示す。St.1 で 30 種群、St.2 で 29 種群、St.3 で 43 種群であり St.3 で最も多かった。個体数密度は St.1 で 3,398 個体/1,000m³、St.2 では 1,283 個体/1,000m³、St.3 では 4,628 個体/1,000m³ であり種群数と同様に St.3 で最も多かった。いずれの地点でもカタクチイワシが最も多く、次いでテンジクダイ科が多かった。全個体数に対するカタクチイワシの割合は St.1 で 36.8%、St.2 で 27.8%、St.3 で 43.6%、同様にテンジクダイ科ではそれぞれ 22.1%、19.8% および 6.2% であった。テンジクダイ科に次いで多かったのは St.1 および St.2 ではアジ科でそれぞれ 5.5% および 9.0%、St.3 ではサッパで 5.7% であった。

3.3 卵・仔稚魚の鉛直分布

3 地点で採集された卵および仔稚魚を層ごとで合計し、層ごとでの出現傾向を比較した。

3.3.1 魚卵

3 地点を合計した層別の魚卵の出現状況を図 5 に示す。中層で 15 種群と最も多く、次いで亜表層で 10 種群であり、表層で最も少ない 5 種群であった。個体密度は亜表層で 115,127 粒/1,000m³ と最も多く、次いで表層で 35,477 粒/1,000m³ であり、中層で最も少ない 17,460 粒/1,000m³ であった。表層では単脂球形卵-1 が表層全体の 90.5% と最も多く、次いで単脂球形卵-2 が 6.0%、単脂球形卵-3 が 2.5% であった。亜表層および中層では、カタクチイワシがそれぞれ 43.9% および 43.4% と最も多く、次いで単脂球形卵-1 がそれぞれ 32.0% および 25.0%、単脂球形卵-2 が 22.5% および 22.1% であった。

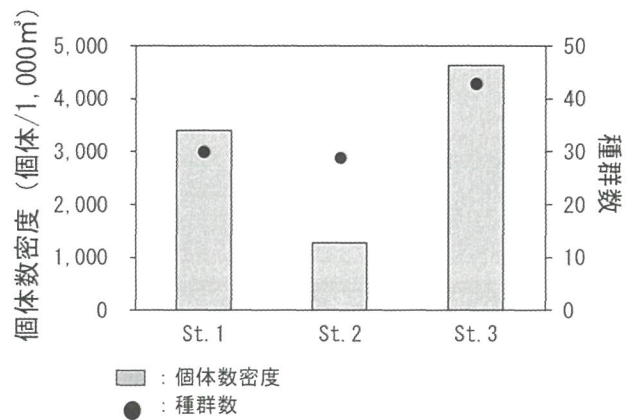


図 4 地点別の個体数密度と種群数 (仔稚魚)

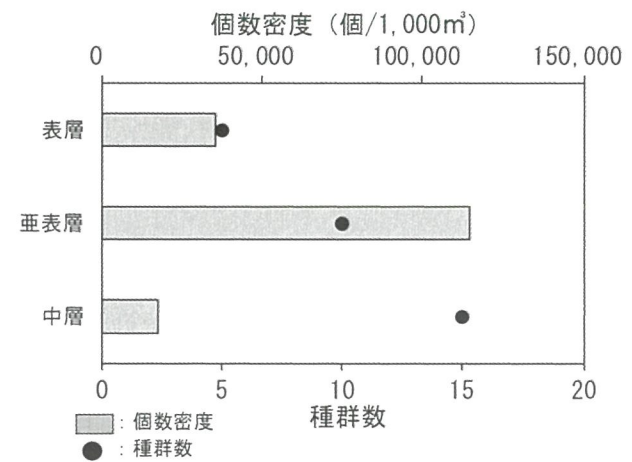


図 5 層別の個体数密度と種群数 (魚卵)

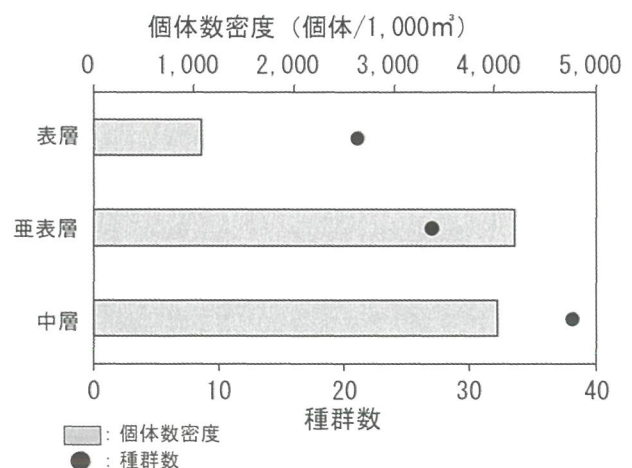


図 6 層別の個体数密度と種群数 (仔稚魚)

表 1 魚卵出現状況

No.	形態分類		卵径範囲	油球数 油球径	St.1			St.2			St.3							
	学名	和名			表層	中層	亜表層	表層	中層	亜表層	表層	中層	亜表層					
1	<i>Anguilliformes</i>	ウナギ目	—	0														
2	<i>Etrumeus teres</i>	ウルメイワシ	—	0	83	25				28								358
3	<i>Engraulis japonica</i>	カタクチイワシ	—	0	64,144	297			72	231	746	207						21,692
4	<i>Synodontidae</i>	エソ科	—	0	166	214			23	110								47
5	<i>Champsodon</i> sp.	ウニキス属	—	1														9
6	<i>Uranoscopidae</i>	ミノオコゼ科	—	約10														9
7	<i>Callionymidae</i>	ネズツホ科	—	0						208								488
8	<i>Cynoglossidae</i>	ウシガタ科	—	約10	191	3,311	116	8			203	530	931					28
9	Unidentified s.o. Egg-1	単脂球形卵-1	ヒレギ、ホウセン、アオキス、タニモリギ、マルツ、シロキス、アサギ、カマ	1	83,315	103,292	1,362	3,719	5,468	10,892	9,328	1,863						866
10	Unidentified s.o. Egg-2	単脂球形卵-2	マルツ、シロキス、アオキス、タニモリギ、アサギ、カマ	1	1,813	69,937	793	136	2,815	2,790	4,405	4,890						8,009
11	Unidentified s.o. Egg-3	単脂球形卵-3	コサ、アサギ、カマ、アサギ、カマ、アサギ、カマ	1	2,147	662	239	200	58	598	362							2,014
12	Unidentified s.o. Egg-4	単脂球形卵-4	アサギ、カマ、アサギ、カマ	1			8											28
13	Unidentified s.o. Egg-5	単脂球形卵-5	アサギ、カマ、アサギ、カマ	1	83	58				9								19
14	Unidentified s.o. Egg-6	単脂球形卵-6	アサギ、カマ、アサギ、カマ	1			8			64								85
15	Unidentified n.o. Egg-1	無脂球形卵-1	アサギ、カマ、アサギ、カマ	0						147								
16	Unidentified n.o. Egg-2	無脂球形卵-2	アサギ、カマ、アサギ、カマ	0														19
合計					87,466	241,678	3,120	4,135	8,826	16,093	14,832	94,881	33,165					
種群数					4	8	10	5	7	13	5	4	11					

注：カタクチイワシの卵径範囲は、短径×長径とした。

注：「*」は、既存情報の出現時期が一致しなかった種とした。

表2 仔稚魚出現状況

単位: 個体数/1,000m³

No.	目	科	学名	和名 \ 採取層	St.1			St.2			St.3				
					表層	亜表層	中層	表層	亜表層	中層	表層	亜表層	中層		
1	ニシン目	ニシン科	<i>Etrumeus teres</i>	ウルメイワシ	12		50	48		28	39	58			
2			<i>Sardinella zunasi</i>	サツハ								678			
3			<i>Konosirus punctatus</i>	コノシロ	48			8			26				
4	カタクチイワシ科	カタクチイワシ科	<i>Engraulis japonica</i>	カタクチイワシ	477	1,717	1,189	383	277	359	78	917	4,517		
5			<i>Clupeiformes</i>	ニシン目				8						903	
6	ヒメ目	エソ科	<i>Trachinocephalus myops</i>	オキエソ									9		
7			<i>Synodus hoshinonis</i>	ホシエソ										9	
8			<i>Synodus sp.</i>	アカエソ属										9	
9			Synodontidae	エソ科			25				18			44	75
10			ハダカイワシ目	ハダカイワシ科	<i>Myctophum asperum</i>	アラハダカ		21		12		46			
11	ススキ目	フササコ科	Myctophidae	ハダカイワシ科	95		17			83			73	264	
12			Scorpenidae	フササコ科										44	38
13			Tetrarogidae	ハオコセ科			248	8			9	13		87	75
14			Synanceiidae	オニオコセ科			21	8			18			58	9
15			Platycephalus sp.	コチ属			12								
16			Platycephalidae	コチ科			12	103	8		35	18		15	9
17			Serranidae	ハダ科											175
18			Opistognathus sp.	アコアマダイ属											29
19			Opistognathidae	アコアマダイ科											44
20			Apogonidae	テンジクダイ科			1,109	745	256	16	438	359	13	422	452
21			Coryphaena sp.	シイ属						8					
22			Carangidae	アジ科			517	124		150	212			626	169
23			Leiognathidae	ヒイキ科											9
24			Parapristipoma trilineatum	イサキ			579				110			233	38
25			Sciaenidae	ニハ科			248	99	8	58	74			58	75
26			<i>Sillago japonica</i>	シロギス			60			8				13	
27			Pempheridae	ハタホ科			60							13	
28	Pomacentridae	スズメダイ科			12							29	28		
29	<i>Psenes pelucidus</i>	ハナヒラウオ											9		
30	Labridae	ヘラ科											38		
31	Pinguipedidae	トラギス科			12	145		69	64			175	47		
32	<i>Parablennius yatabei</i>	イソキンホ				62	17	8	12	9			9		
33	<i>Omobranchus sp.</i>	ナハカ属			36			8		9	26				
34	Blenniidae	イソキンホ科			12				9	39					
35	Callionymidae	ネスツホ科				310	17		127	120		349	179		
36	Gobiidae	ハゼ科			60	476	58	48	35	147	26	262	122		
37	<i>Sphyræna sp.</i>	カマス属			60						26	116			
38	Gempylidae	クロチカマス科					8								
39	Trichiuridae	チチウオ科								9			56		
40	カレイ目	ダルマガレイ科	Bothidae	ダルマガレイ科									9		
41	ササウシノタ科	Soleidae		ササウシノタ科	83	50		35	55			58	19		
42	ウシノタ科	Cynoglossidae		ウシノタ科	124			12	18			102	9		
43	フグ目	カワハギ科	<i>Rudarius ercodes</i>	アマハギ									9		
44			<i>Stephanolepis cirrifer</i>	カワハギ									19		
45			Monacanthidae	カワハギ科		62	17		12	46		568	28		
46			Tetraodontidae	フグ科			8		23				9		
47			Unidentified fish larvae	不明仔魚	203	372	124	16	12	147	90	917	94		
合計					2,279	5,835	2,081	567	1,303	1,980	400	5,457	8,027		
種類数					16	17	18	12	15	24	12	24	33		

3.3.2 仔稚魚

3地点を合計した層別の仔稚魚の出現状況を図6に示す。中層で38種群と最も多く、次いで亜表層で27種群であり、表層で21種群と最も少なかった。個体数密度は亜表層で4,199個体/1,000m³と最も多く、次いで中層の4,029個体/1,000m³であり、表層で1,081個体/1,000m³と最も少なかった。表層ではテンジクダイ科が35.1%と最も多く、次いでカタクチイワシが28.9%、ハゼ科が4.1%であった。亜表層では、カタクチイワシが23.1%と最も多く、次いでテンジクダイ科が12.7%、アジ科が10.3%であった。中層も亜表層と同様にカタクチイワシが50.2%と最も多く、次いでテンジクダイ科が8.8%、サツハが5.6%であった。

種群数が中層で個体数密度が亜表層で多い点については魚卵と同様であった。

3.3.3 発生または成長段階の違いによる出現層の変化

卵期から仔稚魚期まで発生または成長の各段階で試料が得られたウルメイワシおよびカタクチイワシについて出現数(図7)および体長組成(図8)を層ごとで比較した。

ウルメイワシは卵については中層で83.2%、亜表層で16.8%であり、表層では出現しなかった。仔稚魚については全層で比較的均一に出現した。体長範囲およびそのモードは表層では5.6-11.2mmおよび8.0-9.0mm、亜表層では4.8-8.0mmおよび4.0-5.0mm、中層では4.3-10.0mmであり、そのモードは明確ではなかった。体長を3層で比較すると、平均値の差の検定において有意差はみられなかった(一元配置分散分析, p=0.26)。

次にカタクチイワシについて卵は86.8%が亜表層で出現したが、仔稚魚は61.2%が中層で出現した。体長範囲は表層

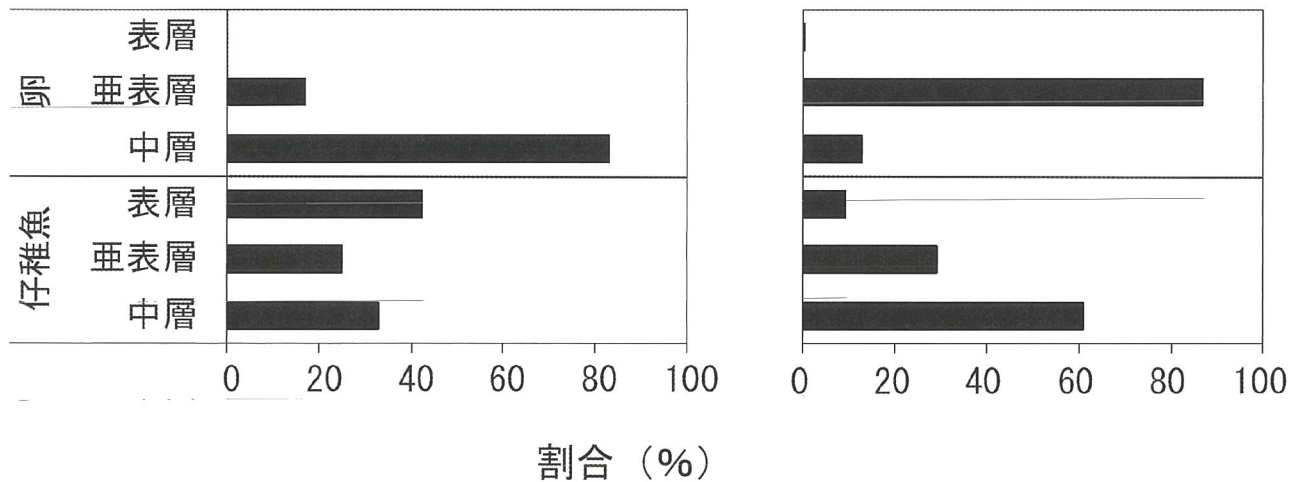


図7 卵・仔稚魚の種別出現割合
 (左：ウルメイワシ, 右：カタクチイワシ)

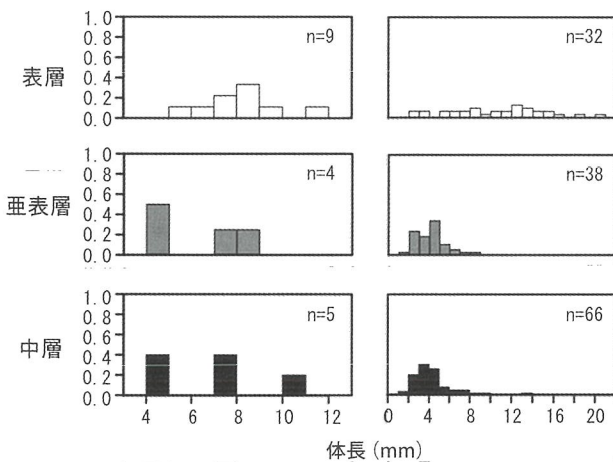


図8 体長ヒストグラム
 (左：ウルメイワシ, 右：カタクチイワシ)

では 2.7-20.7mm であり、そのモードは明瞭ではなかった。亜表層および中層では体長範囲はそれぞれ 1.6-8.0mm、1.8-13.0mm であり、いずれの層も 3.0-5.0mm でモードが確認された。体長を 3 層と比較すると、亜表層および中層に比べ表層で有意に大きかった (Bonferroni 多重比較検定, $p < 0.01$)。

3.4 不明卵の形態分類および DNA 分析による種の検討

形態分類による不明卵の候補種を「既存情報から推定した候補種」に DNA 分析の結果を「DNA 分析結果」に示した (表 1)。

単脂球形卵-1 は形態分類ではヒイラギ、キュウセン、ブダイおよびベラ類 sp.8、DNA 分析ではヒイラギおよびオキヒイ

ラギであった。単脂球形卵-2 は形態分類ではマルアジ、シロギス、アオギス、ダイミョウサギ、シマイサキおよびアカカマス、DNA 分析ではシロギス、クロサギ、シマイサキおよびアカカマスであった。単脂球形卵-3 は形態分類ではコチ属、アカアマダイ、マアジ、ササム口、イサキ、キダイ、コイチ、ウミヒゴイ (ヒメジ sp.2?)、キンチャクダイ、イシダイ、マサバおよびマルソウダ、DNA 分析ではハチ、マゴチ、アマダイ属、マアジおよびメゴチであった。単脂球形卵-4 は形態分類ではアカアマダイ、マサバおよびマルソウダ、DNA 分析ではイラであった。単脂球形卵-5 は形態分類ではハタンポ科 sp.2 (アゴアマダイ科 sp.2?) およびマサバ、DNA 分析ではオオメハタ属であった。単脂球形卵-6 は形態分類ではサワラおよびタチウオ、DNA 分析ではタチウオであった。無脂球形卵-1 は形態分類ではトカゲエソ類似卵 sp.2、DNA 分析ではヤセオコゼであった。無脂球形卵-2 は形態分類では該当種がなかったが、DNA 分析ではアカヤガラであった。

4. 考察

4.1 当海域の卵仔稚魚相の特徴

当海域の卵仔稚魚相について、卵は DNA 分析結果を含むと 24 種群 (表 1)、仔稚魚は 47 種群 (表 2) 出現した。卵と仔稚魚ともに多くは沿岸種であったが、ワニギス属、オオメハタ属、ハダカイワシ科、アラハダカおよびクロタチカマス科等の中深層種も出現した。この組成は沿岸に隣接した急

峻な地形を有する当海域の特徴と考えられる。また、カタクチイワシ、ウルメイワシおよびアジ科などの水産有用種も多く出現した。以上のことから、当海域は相模湾の他海域と同様に水産上重要な場であることが示唆された。

4.2 卵・仔稚魚期の出現層の変化

本調査では層ごとで卵および仔稚魚の出現傾向が異なり、表層では亜表層や中層より出現数および種群数が少なかった(図5)。調査前5日間の積算降水量が400mm以上であり(アメダス、小田原)、本調査で測定した塩分でも5m以浅で急激に低下していた(図2)。この塩分の低下が表層で出現が少なかった要因の一つと考えられた。

また、カタクチイワシの卵と仔稚魚について出現層を比較したところ、卵は亜表層や中層(10-30m)で、仔稚魚は中層が多かった。層ごとで出現傾向が異なる要因として、卵の発生や仔稚魚の成長段階の相違が指摘されている(中田・今井, 1981; 飯野ら, 2006; 山本ら, 2007)。中田・今井(1981)によると、カタクチイワシは水深20m層付近で産卵し、卵は発生とともに浮上するため表層では中期卵が多くなり、孵化時期が近づくに従い、沈降することから後期卵は10m層を中心に分布するとされている。本調査では亜表層および中層で初期卵がほとんどであったことから、同層で産卵していると推察され、中田・今井(1981)の報告と一致していた。しかし、本調査では出現した卵のほとんどが初期卵であり、発生に伴う分布層の変化は検証できなかった。また、出現した仔稚魚の体長組成を層ごとで比較すると、亜表層と中層よりも表層で大きく、飯野ら(2006)の報告と同様であった。このことから、当海域のカタクチイワシも発生および成長に伴い分布層を変化させていると推察された。以上のことより、卵・仔稚魚の調査において、より深い層での試料採集の重要性が示唆された。

カタクチイワシ以外にも多くの魚種が卵・仔稚魚期は発生や成長に伴い分布層を変化させていると考えられるが、本調査で得られた試料では種ごとの個体数が少なく十分な解析ができなかった。また、河野(2008)は同科でも種レベルで出現層が異なる可能性を指摘しているが、本調査では科以下の分類群まで査定可能な種が少なかったことも、解析結果を不明瞭にした一因と考えられた。今後、より正確な分布を把握するためにはこれらを改善する必要があるが、今後の課題

である。

4.3 不明卵の形態分類とDNA分析の比較

DNA分析により、これまで「不明卵」として扱われてきた卵を種査定することで、卵期から仔稚魚期までの段階に応じた分布特性を明らかにすることを試みたが、本調査ではDNA分析で査定された種のほとんどが仔稚魚では出現しなかった。

不明卵は形態的特徴により8タイプに分類されたが、それらをDNA分析で査定したところ16種群であった。形態的特徴が乏しい卵の査定にはDNA分析が有効であるが、単脂球形卵-2や単脂球形卵-3のように同タイプ内に複数種が含まれている場合には種の特定が困難であった。しかし、これまで不明とされていた卵が査定可能となったことは大きな進歩であり、状況に応じた使用方法を検討することで、今後の資源管理における基礎である卵・仔稚魚研究の発展に寄与できるものと考えられた。

参考文献

- 平岡礼鳥, 2018. DNAバーコーディング法を用いた魚卵同定技術について. 株式会社日本海洋生物研究所 2018年年報, 16-18.
- 飯野正晴・茂木正人・長岩理央・宮崎唯史・栗田嘉宥・河野 博, 2006. 相模湾中央部における表層と亜表層の仔稚魚相. うみ(Lamer), 44: 119-129.
- 池田知司・平井明夫・田端重夫・大西庸介・水戸 敏, 2014. 魚卵の解説と検索 In: 沖山宗雄 (編), 日本産稚魚図鑑 第二版. 東海大学出版会, 1-108.
- 加藤 茂, 1999. 相模湾の海底地形と地質構造. 第四期研究, 3 (6): 469-477.
- 河野光久, 2008. 日本海南西山口県沿岸域における魚卵および稚仔魚の鉛直分布. 山口県水産研究センター研究報告, (6): 67-73.
- 国土交通省 気象庁 「過去の気象データ検索」 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>, 2022年1月7日確認
- 中田尚宏・今井千文, 1981. 神奈川県城ヶ島沖における魚卵・仔魚の垂直分布について. 神奈川県水産試験場研究報告, (3): 19-28.
- 沖山宗雄 (編), 2014. 日本産稚魚図鑑 第二版. 東海大学出版会, xxi-1639.
- 山本圭吾・小川玲子・辻野耕寛, 2007. 大阪湾におけるカタクチイワシ卵分布の発生段階別および経時変化について. 大阪府立水産試験場研究報告, 17: 1-7.

