

地域レベルでの漁況海況情報の提供事業

Ⅱ 宿毛湾におけるキビナゴの資源状況調査

漁業資源課 飯田 敦子

1 目的

高知県宿毛湾では4月から7月がキビナゴ *Spratelloides gracilis* の盛漁期であり、この時期に漁獲されるキビナゴをゆうパックで全国発送していたことから、キビナゴ漁業は地元産業にとってとても重要であると考えられる。しかし、2019年（令和元年）以降漁獲量が減少し、安定的にキビナゴを確保できないことから全国への販売は行われていない。

そこで、令和3年度から2年間、資源状況、成長、繁殖生態などの生物特性及び産卵場の環境を調査し、漁獲量が減少した原因を明らかにすることとした。

2 方法

（1）漁獲情報の収集

旧宿毛市漁業協同組合の魚名別漁業種類別水揚げ一覧表の1971年（昭和46年）から2000年（平成12年）まで及びすくも湾漁業協同組合の水揚げ集計システムの2001年（平成13年）から2022年（令和4年）までの52年間の漁業種類別の年間水揚げ量を集計し、中型まき網漁業によるキビナゴの漁獲動向を把握した。

（2）魚体測定

1）体長測定

2022年（令和4年）4月～2023年（令和5年）3月の期間にすくも湾漁協の市場に水揚げされたキビナゴについて555個体の全長及び標準体長を測定した。

2）精密測定

上記のキビナゴのうち180個体について全長、標準体長及び生殖腺重量を測定した。また、生殖腺の目視による性判別を行った。

生殖腺熟度指数（GSI）は生殖腺重量（g）/標準体長（mm）³×10⁷により算出した。肥満度は体重（g）/標準体長（mm）³×10³により算出した。

（3）産卵場環境調査

1）環境調査

調査はキビナゴの産卵時期と予想される2022年7月15日及び9月9日の2日間行った。調査地点は事前調査によりキビナゴが産卵していると予想される宿毛市沖の島・大浦（St.1）、沖の島・トリノクビ（St.2）、大月町柏島・後浜（St.3）、大月町柏島・竜ヶ浜（St.4）、大月町檜西（St.5）の5地点とした（図1）。表1に調査日時および地点を示した。調査地点ごとに水温、溶存酸素量、塩分は表層、水面下5m、底層マイナス1mの各層を多項目水質計（アドバンテック社製 AAQ-RINKO）で測定し、同測定点の水深をあわせて

測定した。各測定項目の測定精度は、それぞれ 0.1℃、0.1 mg/l、0.1psu、0.1m 以下とした。

調査地点の海底を潜水により観察し、キビナゴの卵を探索した。探索範囲は調査地点を中心に少なくとも 50m 四方とした。ただし、海底地形等の状況により正方形の探索範囲が確保できない場合は、同程度の面積の探索範囲が確保できれば可とした。キビナゴの産卵の有無や海底の状況等を動画や写真等で記録した。

調査区域のうち 3 地点以上は潜水機を用いた潜水によって調査した。調査地点ごとの海底 1 か所から底質を 500ml のプラスチックスクリー管 1 本分採集し、その際に魚類の粘着性沈性卵があればあわせて採集した。採集した卵は、後日、DNA 分析による種同定が可能となるよう、すみやかに 100%エタノールで保存した。海底から採集した底質の粒径を測定し、一定の粒径範囲ごとの比率を算出した。

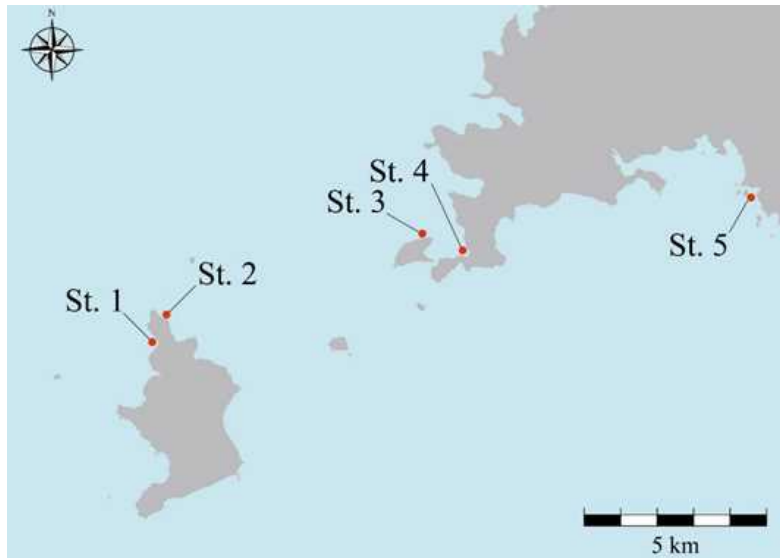


図 1 調査地点の地図。St. 1: 沖の島・大浦、St. 2: 沖の島・トリノクビ、St. 3: 柏島・後浜、St. 4: 柏島・竜ヶ浜、St. 5: 樫西海岸

表 1 調査日時および地点

調査日	調査地点	調査開始時刻	調査終了時刻
2022 年 7 月 15 日	St. 1	8:20	8:50
	St. 2	9:10	9:40
	St. 3	10:40	11:10
2022 年 9 月 9 日	St. 1	09:20	09:50
	St. 2	08:15	08:45
	St. 4	10:40	11:10
	St. 5	12:00	12:30

2) 卵調査

産卵場から採集した卵を DNA 分析に供し、キビナゴの卵であるか否かを判定した。採集

した魚卵はすみやかに 99%エタノールで保存した。保存した卵から 3 粒を選び DNeasy Blood & Tissue kit (Qiagen) を使用し DNA を抽出した。DNA による種同定のため、魚類の DNA バーコーディングとして標準的に利用されているミトコンドリア上の cytochrome c oxidase subunit I 遺伝子 (以下 COI) を DNA マーカーとして利用した。プライマーは jg-LC01490 (5'-TIT CIA CIA AYC AYA ARG AYA TTG G-3') と jg-HC02198 (5'-TAI ACY TCI GGR TGI CCR AAR AAY CA-3') を用いた (Geller et al. 2013)。PCR 反応には、1 μ L の DNA 溶液、1.6 μ L の 2.5mM dNTP Mixture、2 μ L の 10 \times Ex Taq buffer、2 μ L の各プライマー (10mM)、0.08 μ L Ex taq (TaKaRa) および 11.32 μ L の滅菌蒸留水を使用した。PCR 増幅の反応条件は、GeneQ PCR Thermal Cycler を用い、94 $^{\circ}$ C で 90 秒、58 $^{\circ}$ C で 60 秒、72 $^{\circ}$ C で 60 秒を 35 サイクルとした。アンプリコンは 1%アガロースゲル電気泳動で確認し、すべての PCR 産物は Exonuclease I (TaKaRa) と Shrimp Alkaline Phosphatase (TaKaRa) を用いて過剰なプライマーと dNTP を除去した。DNA 配列は、研究委託サービス (株式会社ファスマック) を利用して、Applied Biosystems 3730xl DNA Analyzer で決定した。

また、一部の卵は形態観察のために孵化を試みた。卵をシャーレに入れ、海域の水温に調整した乾式恒温器中で飼育した。飼育期間中に水換えは行わなかった。

3) 底質調査

2022 年 7 月 15 日に 3 地点 (St. 1, 2, 3)、2022 年 9 月 9 日に 4 地点 (St. 1, 2, 4, 5) で粒度分析用試料として、海底砂の表層 (深さ約 1cm) を採取した。採取した試料はふるい分け法により粒度分析を行った (ふるい目合: 20 μ m、32 μ m、63 μ m、125 μ m、420 μ m、1,000 μ m、2,000 μ m、4,000 μ m)。粒度分析の結果をもとに累積重量%の片対数グラフを作成し、中央粒径値 (Md: median diameter) を求めた。

4) 水温調査

調査地点付近である大月町西泊沖水深 5m 付近に設置している水温データロガー (Onset 社製、HOB0 U22 Water Temp Pro V2) で 1 時間毎の海水温 ($^{\circ}$ C) を測定した。

3 結果と考察

(1) 漁獲情報の収集

宿毛湾のキビナゴは、ほとんどが中型まき網漁業によって漁獲されている。2020 年 (令和 2 年) は過去最低の漁獲量まで落ち込み、2021 年 (令和 3 年) 以降は回復傾向ではあるものの低水準のまま推移している (図 2、表 2)。

図 3 に 1986 年 (昭和 61 年) 以降の宿毛湾における中型まき網のキビナゴの漁獲量及び CPUE (漁獲量 (kg) /キビナゴを漁獲したのべ船団数) の推移を示した。両者の増減傾向は 2020 年まではよく一致していたが、2021 年の 10 月に当年の漁獲量の 1/3 を漁獲し、CPUE が大幅に増加した。2022 年も同様に 5 月、9 月 10 月に操業が集中したため CPUE が高い傾向が見られ、ここ 2 年間は産卵期に漁獲が集中していたと考えられる (図 3、表 2)。

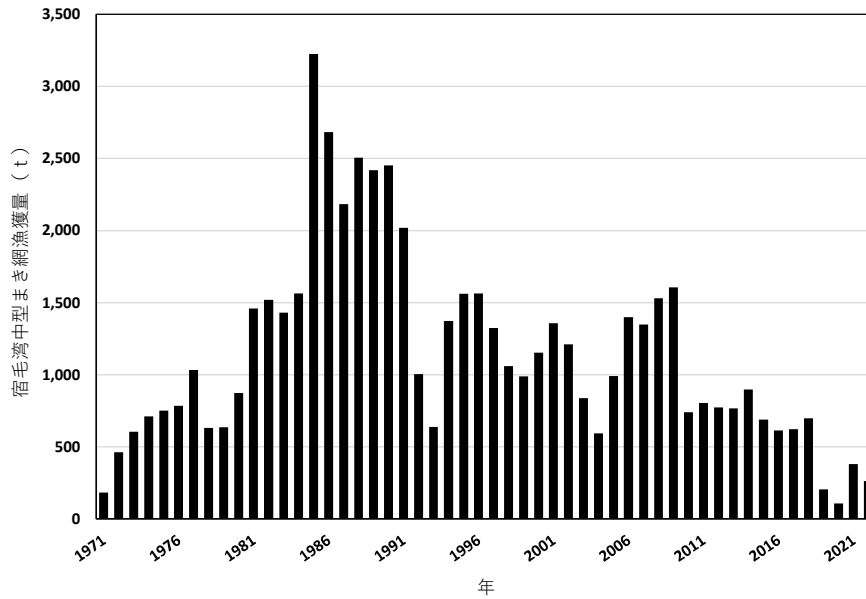


図2 宿毛湾中型まき網のキビナゴの漁獲量の推移

長崎県のキビナゴ漁獲量は2005年頃から低位横ばい傾向が続いており（長崎県漁海況通信第5-4号 <https://www.pref.nagasaki.jp/section/suisan-shiken/index.html>）、鹿児島県では2010年頃から横ばいで推移した後、2020年から減少傾向となった。

宿毛湾のキビナゴ漁獲量は、他県の動向と連動していないことから、同湾の資源は他海域から独立していることが推測される。したがって、宿毛湾のキビナゴの漁獲量の減少には同湾の環境等の要因が大きく関係している可能性が高いと考えられる。

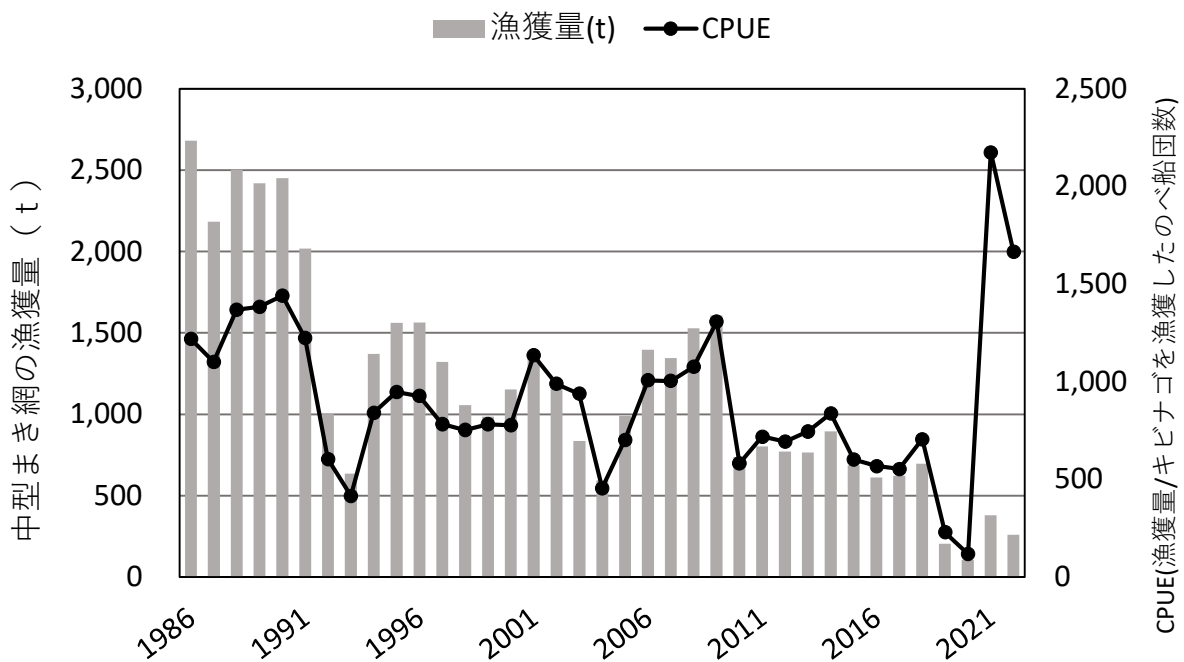


図3 宿毛湾中型まき網のキビナゴの漁獲量 (t) と CPUE の推移 (CPUE : 漁獲量/キビナ)

ゴを漁獲した延べ船団数)

表2 キビナゴの漁獲量(宿毛湾中型まき網)

(単位: kg)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	総計
2007	720	640	8,768	116,001	347,969	212,019	31,574	135,658	298,824	193,349	2,456	120	1,348,098
2008	0	0	2,279	51,028	218,071	193,602	84,318	227,338	502,525	216,088	24,595	9,000	1,528,844
2009	0	0	150,400	82,835	254,209	281,146	77,813	287,844	316,297	124,106	31,512	375	1,606,537
2010	0	750	8,415	24,445	142,524	165,232	2,800	2,578	292,334	56,210	38,353	5,775	739,416
2011	0	1,866	3,898	5,844	122,120	154,918	45,160	80,583	215,021	113,196	58,942	1,624	803,172
2012	0	0	13,820	112,172	125,989	44,132	10,735	146,123	172,408	121,201	22,625	2,741	771,946
2013	0	0	56,290	45,744	167,481	209,747	2,881	42,650	31,509	134,888	66,992	8,860	767,042
2014	0	0	0	144,105	225,353	127,305	100,337	37,611	158,772	82,940	20,326	0	896,749
2015	24,273	0	0	31,586	72,182	65,841	32,742	97,099	157,105	128,840	58,107	19,321	687,096
2016	0	0	36,320	77,891	76,720	81,466	29,475	45,057	126,162	69,188	67,543	3,425	613,247
2017	4,724	0	12,518	105,330	179,903	109,054	0	35,668	100,080	49,227	19,311	6,375	622,190
2018	2,850	15,666	36,421	20,918	58,746	132,386	250	70,229	192,532	62,509	93,537	12,293	698,337
2019	6,410	7,403	6,948	23,611	96,104	14,333	14,119	13,851	1,916	7,202	7,363	5,664	204,924
2020	4,000	600	13,782	460	0	0	0	10	3,600	66,375	15,081	2,554	106,462
2021	0	0	34,934	27,207	52,962	70,902	9,550	1,973	13,745	118,753	42,000	8,582	380,608
2022	600	0	0	11,519	98,241	17,700	0	27,821	52,021	41,744	5,005	6,791	261,442
2023	0	7,869	18										7,887
平年(2011-20)	4,226	2,554	18,000	56,766	112,460	93,918	23,570	56,888	115,911	83,557	42,983	6,286	617,117
前年比				42%	185%	25%		1410%	378%	35%	12%	79%	69%
平年比		308%	0.1%	20%	87%	19%		49%	45%	50%	12%	108%	42%

(2) 魚体測定

1) 標準体長組成

月別の測定尾数を表3に示した。2022年4月、11月、12月、2023年1月、2月及び3月はほとんど水揚げがなかったため、供試魚を確保できなかった。

表3 月別の測定尾数

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
標準体長測定	0	100	100	53	100	102	100	0	0	0	0	0	555
精密測定	0	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	180

体長等の測定を行った供試魚(555個体)の月別の標準体長組成を図4に示した。5月は80~110mm、6月は75~110mm、7月は70~105mm、8月は50~80mm、9月は65~100mm、10月は55~90mm主体で、7月から魚体が小型化している。これは、前年の春夏季発生群が産卵後寿命を迎え死滅し、世代が交代したと考えられる。

2) 生殖腺熟度指数

生殖腺熟度指数(GSI)の雌雄別の月別推移を図5に示した。雄は2021年7月及び2022年5月に高い値を示し、9月以降に減少した。雌は2021年7月~8月及び2022年7月に高い値を示し、8月以降に低い値を示した。雌のGSIから産卵盛期は7月頃と推測される。2022年は雄のGSIが7月に低下し始めたが、GSIは4を超えているため繁殖活動には大きな影響がなかったと考えられる。

3) 肥満度

肥満度の、雌雄別の月別推移を図6に示した。肥満度は2021年及び2022年において、雌雄ともに概ね5月～10月まで10前後で推移した。

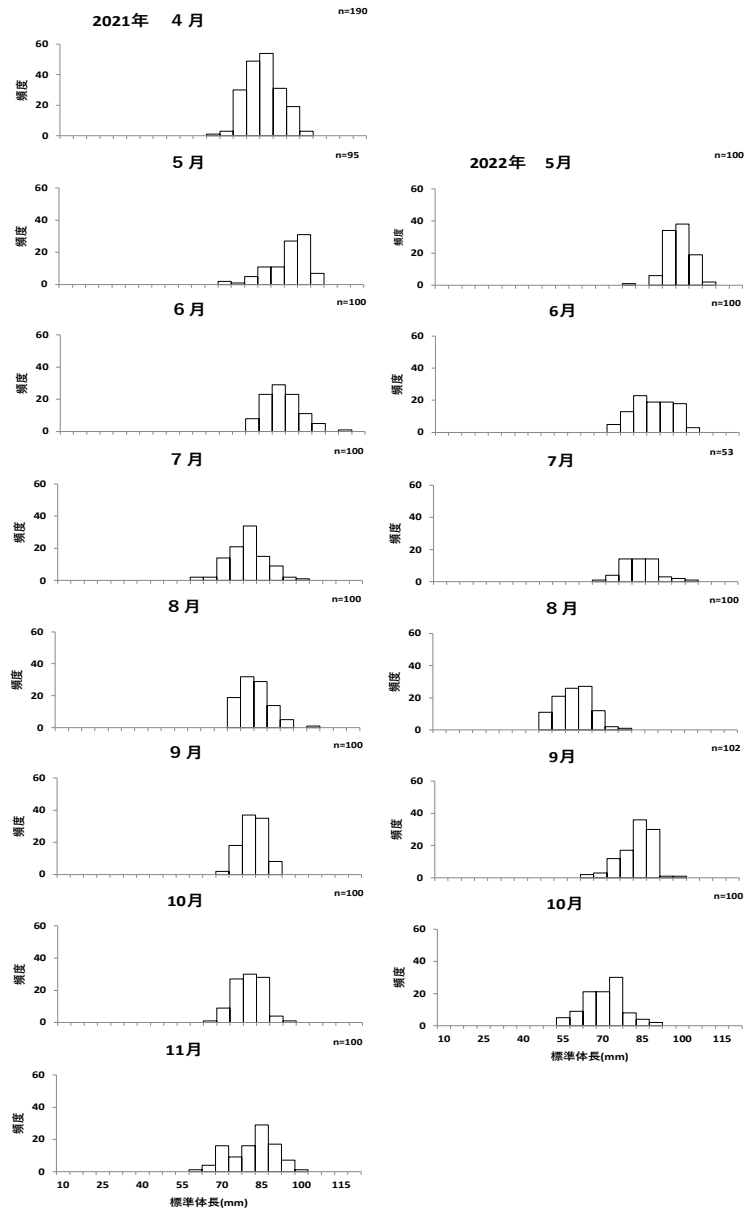


図4 供試魚の標準体長組成 (mm)

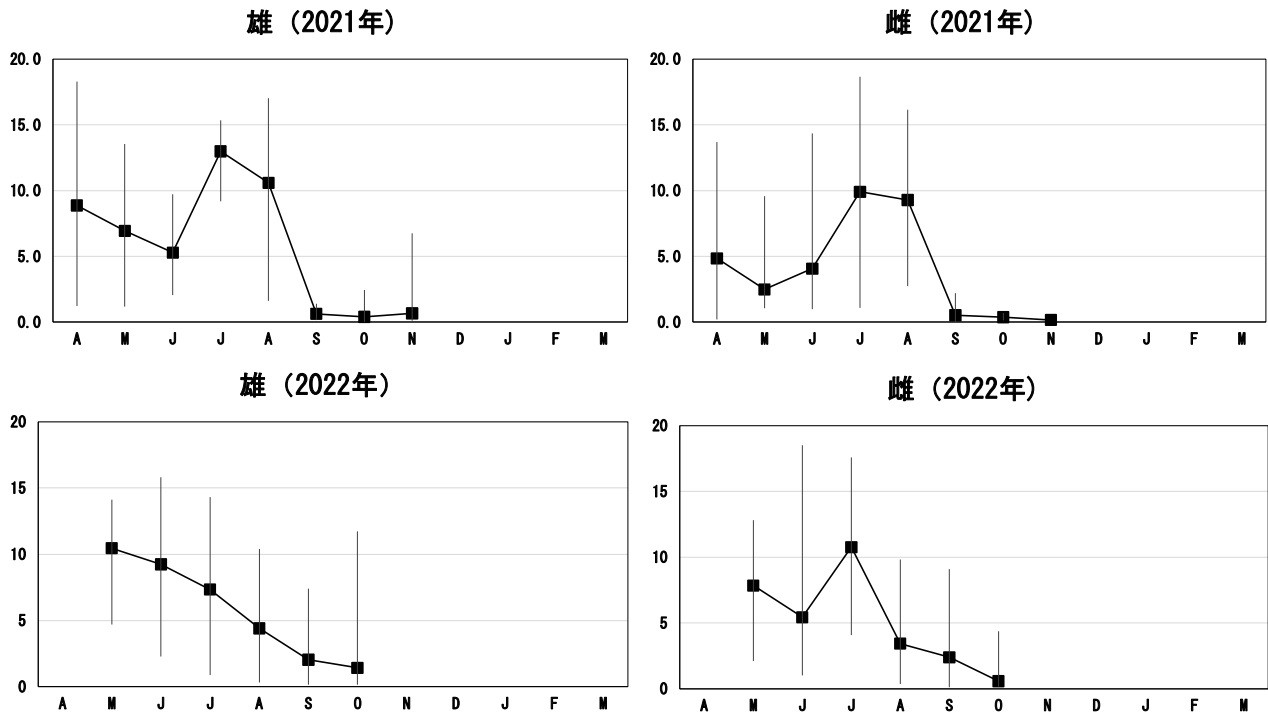


図5 2021年度及び2022年度キビナゴ雌雄別月別GSIの推移（-GSI最大値、GSI最小値、■GSI平均値）

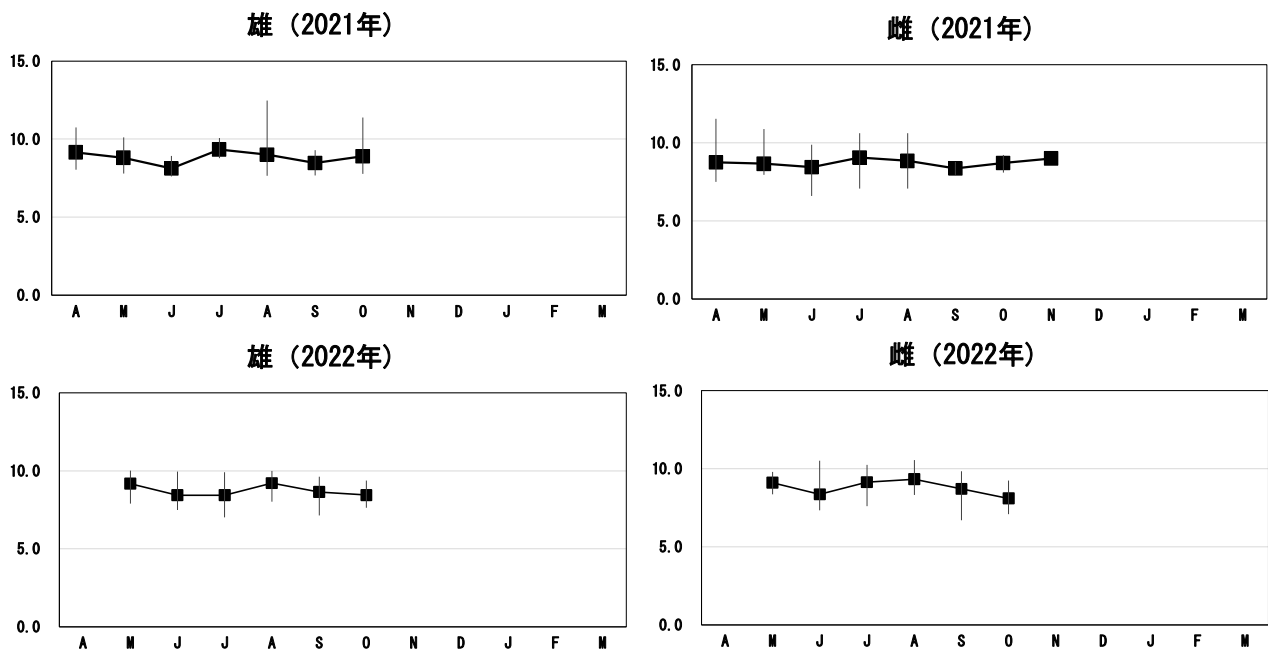


図6 2021年度及び2022年度キビナゴ雌雄別月別肥満度の推移（-肥満度最大値、肥満度最小値、■肥満度平均値）

(3) 産卵場環境調査

1) 環境調査

多項目水質計の調査結果を表4及び表5に示した。また、各地点の様子を示した(図7及び図8)。

表 4 2022 年 7 月 15 日実施の多項目センサー調査の結果

地点	水深	水温	溶存酸素	塩分
St. 1 水深 7.5 m	表層	26.1℃	6.40 mg/L	32.8 psu
	水面下 5m	25.9℃	6.47 mg/L	32.9 psu
	底層 -1m	25.8℃	6.49 mg/L	33.0 psu
St. 2 水深 5.2 m	表層	25.7℃	6.27 mg/L	32.8 psu
	水面下 5m	25.5℃	6.26 mg/L	32.9 psu
	底層 -1m	-	-	-
St. 3 水深 7.2 m	表層	25.1℃	6.77 mg/L	33.3 psu
	水面下 5m	24.8℃	6.86 mg/L	33.4 psu
	底層 -1m	24.8℃	6.88 mg/L	33.4 psu

表 5 2022 年 9 月 9 日実施の多項目センサー調査の結果

地点	水深	水温	溶存酸素	塩分
St. 1 水深 5.7 m	表層	27.7℃	6.27 mg/L	33.6 psu
	水面下 5m	27.8℃	6.22 mg/L	33.8 psu
	底層 -1m	-	-	-
St. 2 水深 12.6 m	表層	27.7℃	5.83 mg/L	33.6 psu
	水面下 5m	27.7℃	5.83 mg/L	33.6 psu
	底層 -1m	27.4℃	6.10 mg/L	33.6 psu
St. 4 水深 5.6 m	表層	28.4℃	5.86 mg/L	33.6 psu
	水面下 5m	28.4℃	5.87 mg/L	33.6 psu
	底層 -1m	-	-	-
St. 5 水深 11.8 m	表層	28.6℃	6.16 mg/L	33.4 psu
	水面下 5m	28.2℃	6.22 mg/L	33.4 psu
	底層 -1m	28.3℃	6.27 mg/L	33.4 psu

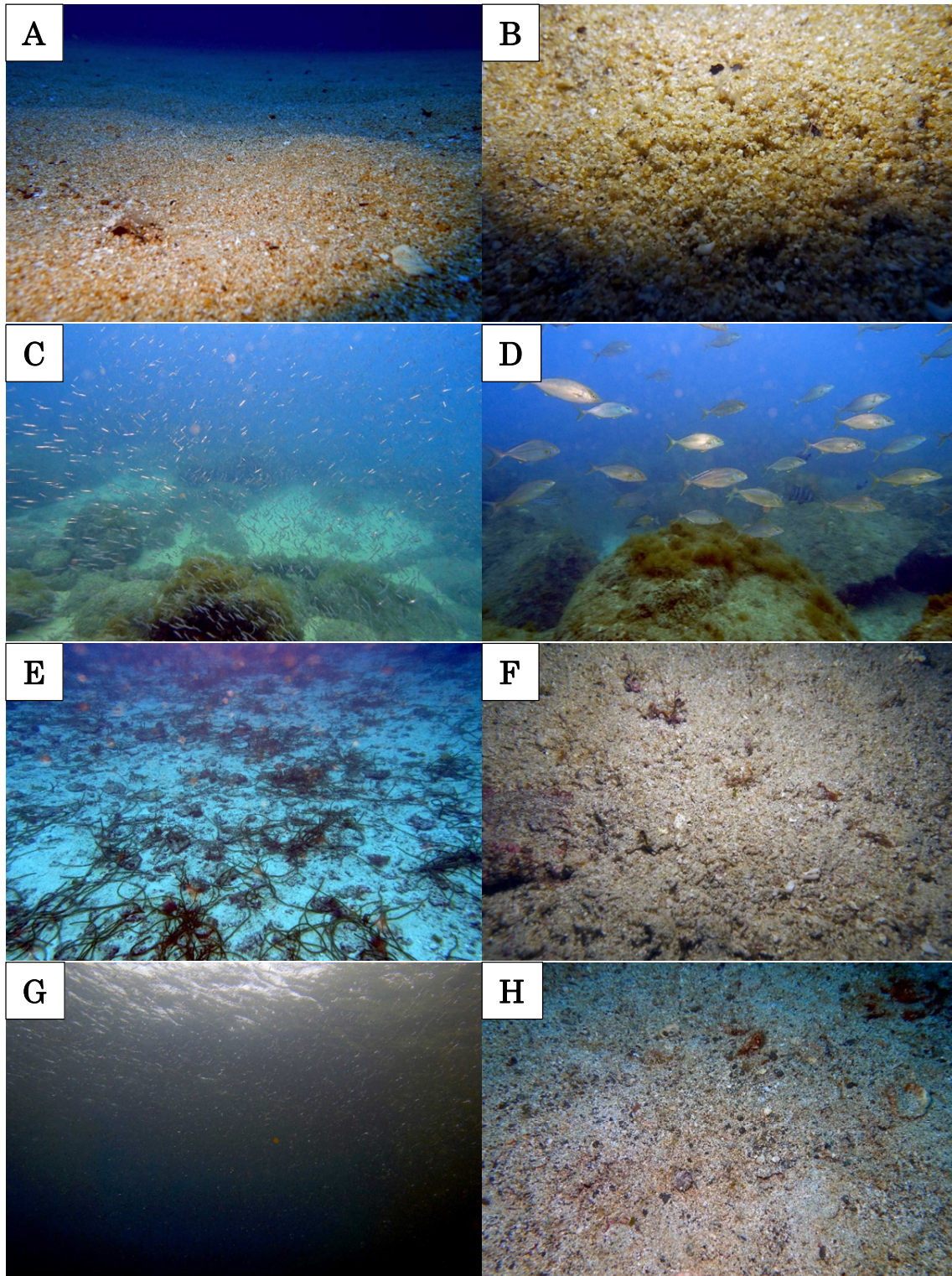


図7 2022年7月15日のSt.1~St.3の調査写真

A: St.1 (沖の島・大浦) 海底の様子 B: St.1 (沖の島・大浦) 底質の状態

C: St.1 (沖の島・大浦) キビナゴの群れ D: St.1 (沖の島・大浦) キビナゴを追

うカンパチ群れ E: St.2 (沖の島・トリノクビ) 海底の様子 F: St.2 (沖の島・

トリノクビ) 底質の状態 G: St.2 (沖の島・トリノクビ) キビナゴの群れ

H: St.3 (柏島・後浜) 底質の状態

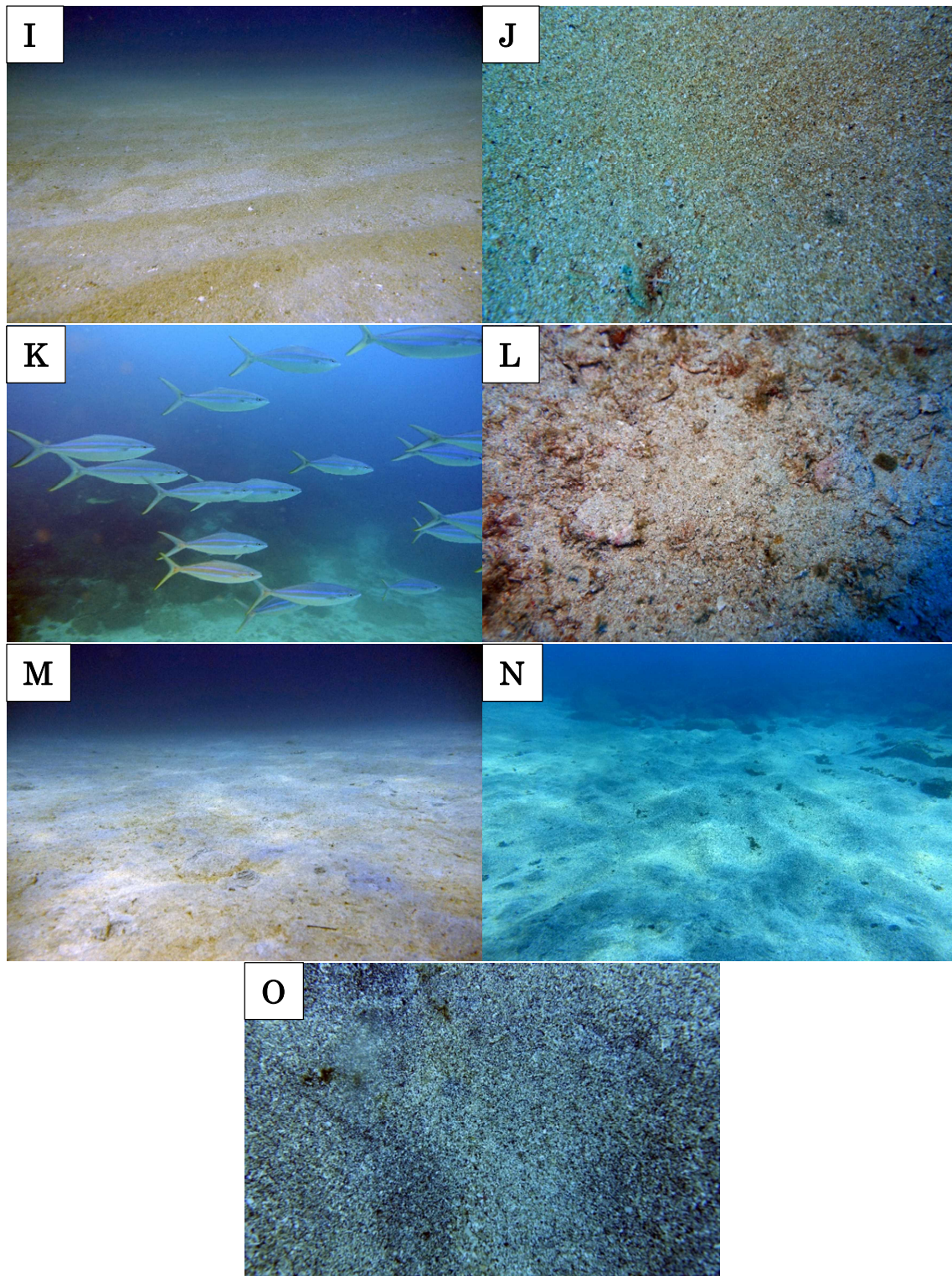


図8 2022年9月9日のSt. 1、St. 2、St. 4及びSt. 5の調査写真
I: St. 1 (沖の島・大浦) 海底の様子 J: St. 1 (沖の島・大浦) 底質の状態
K: St. 2 (沖の島・トリノクビ) ツムブリの群れ L: St. 2 (沖の島・トリノクビ)
底質の状態 M: St. 4 (柏島・竜ヶ浜) 海底の様子 N: St. 5 (檜西海岸) 海底の様子
O: St. 5 (檜西海岸) 底質の状態

2) 卵調査

採集した卵の DNA 配列は、3 粒とも 614 塩基 (図 9) で、卵ごとに塩基配列の違いはなかった。得られた配列を、アメリカ国立生物工学情報センター (National Center for Biotechnology Information [NCBI]) の提供する BLAST (Basic Local Alignment Search Tool : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>) を用いて既知種のデータベースと照合した結果、データベースにある既知のメガネハギ *Sufflamen fraenatum* (Latreille 1804) の COI 遺伝子部分配列と高い相同性 (99%) を示した (表 6)。

```

1      GCTTGAGCTGGGATAGTAGGAACAGCCTGGAGTCTATTAATCCGAGCAGA  50
51     ACTAAGCCAACCCGGCGCTCTCTTAGGCGACGATCAAATCTACAATGTTA  100
101    TCGTTACAGCACATGCTTTTCGTTATAATTTCTTTATAGTAATACCAATT  150
151    ATGATTGGTGGTTTTGGAAACTGATTAATTCCCCTAATAATTGGAGCCCC  200
201    TGACATAGCATTTCCCCGAATAAATAACATGAGCTTTTGACTCCTCCCTC  250
251    CCTCCCTTCTACTACTTCTTGCCCTTCAAGCGTAGAAGCTGGGGCCGGG  300
301    ACTGGATGAACCGTTTATCCCCCTCTTGCAGGAAATCTGGCCACGCAGG  350
351    AGCCTCTGTGACCTAACCATCTTCTCTCTCCACCTGGCAGGTATTTTCAT  400
401    CCATTCTAGGGGCAATTAATTTTATTACAACAATTATTAACATGAAACCT  450
451    CCTGCCATCTCTCAATATCAAACACCATTGTTTGTGTTGAGCGTTCTGAT  500
501    TACAGCAGTTCTTCTACTCTTATCCCTCCCTGTCTAGCCGCCGAATTA  550
551    CAATGCTTCTCACCGACCGAAATCTCAATACCACGTTTTTTGATCCTGCT  600
601    GGAGGAGGGGACCC                                           614

```

図 9 採集した魚卵から得たミトコンドリア上の COI の部分塩基配列

表 6 解析卵と既知種の COI 遺伝子部分配列との相同性

和名	学名	アクセッション番号	相同性
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	LC659948	611/614 (99%)
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	JN313008	611/614 (99%)
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	MK567125	608/614 (99%)
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	GU673790	608/614 (99%)
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	MK567126	607/614 (99%)
メガネハギ	<i>Sufflamen fraenatum</i>	OM924065	607/614 (99%)

採集した卵は飼育から 3 日後の 9 月 12 日に孵化した。孵化した仔魚はすみやかにホルマリン固定した後、撮影を行った (図 10)。仔魚の大きさは全長 1.28~1.60mm、体高 0.29~0.32mm (卵嚢を除く) で、孵化直後で全長 5mm 程度とされるキビナゴ仔魚と比較して非常に小さかった。卵嚢の周囲と口吻付近には色素胞が分布していた。今回の調査で採集した卵はキビナゴのものではなかった。



図 10 孵化した仔魚

3) 底質調査

2022年7月15日の各地点におけるMdは、St.1で470 μ m、St.2で557 μ m、St.3で269 μ mだった(図11)。2022年9月9日の各地点におけるMdは、St.1で193 μ m、St.2で214 μ m、St.4で135 μ m、St.5で90 μ mだった(図12)。MdはSt.2で最も高く(7月15日)、St.5で最も低かった(9月9日)。7月15日の3地点は粗砂(粒径:2mm~0.2mm)、9月9日の4地点は細砂(粒径:0.2~0.02mm)が多くを占める砂地の底質であることがわかった。7月から9月にかけてSt.1とSt.2において、Mdが顕著に下がっていたのは夏季の台風により底質が攪乱され、細かい粒径の砂が舞い上がり表層部に堆積したためであると考えられる。

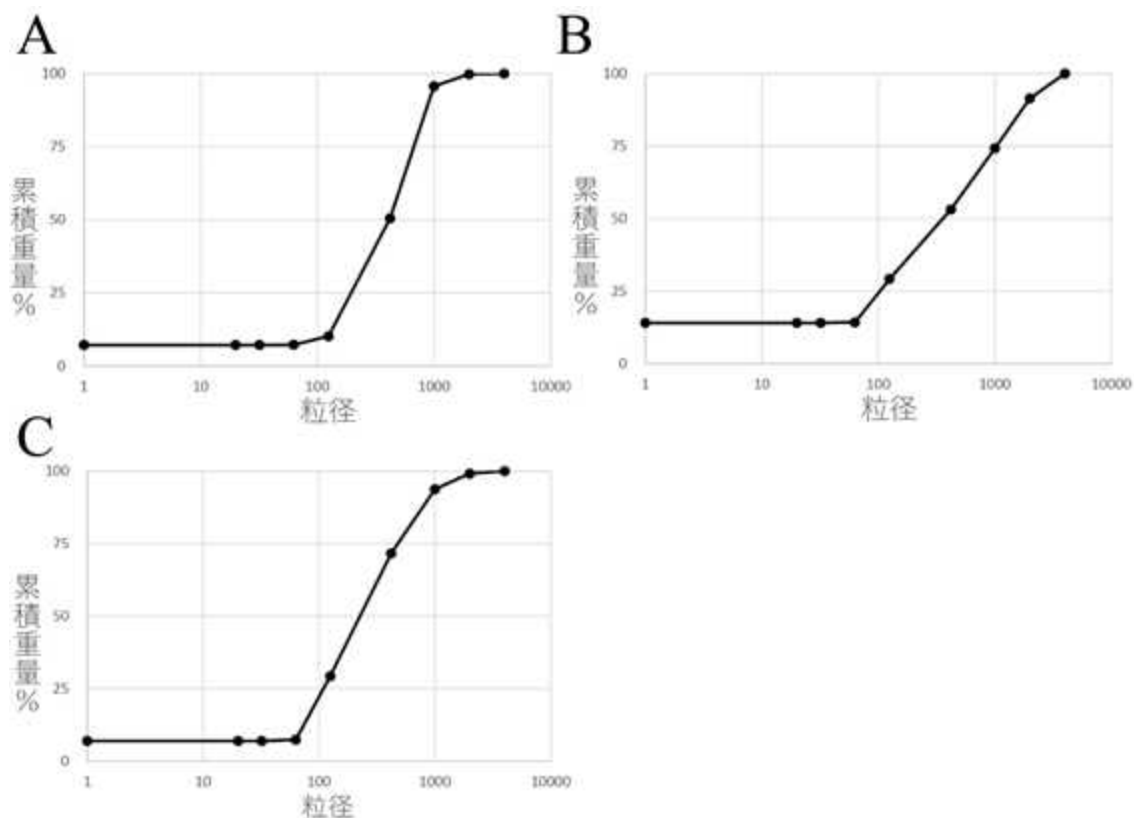


図 11 各地点の粒度分布 (2022年7月15日)

A: St. 1 B: St. 2 C: St. 3

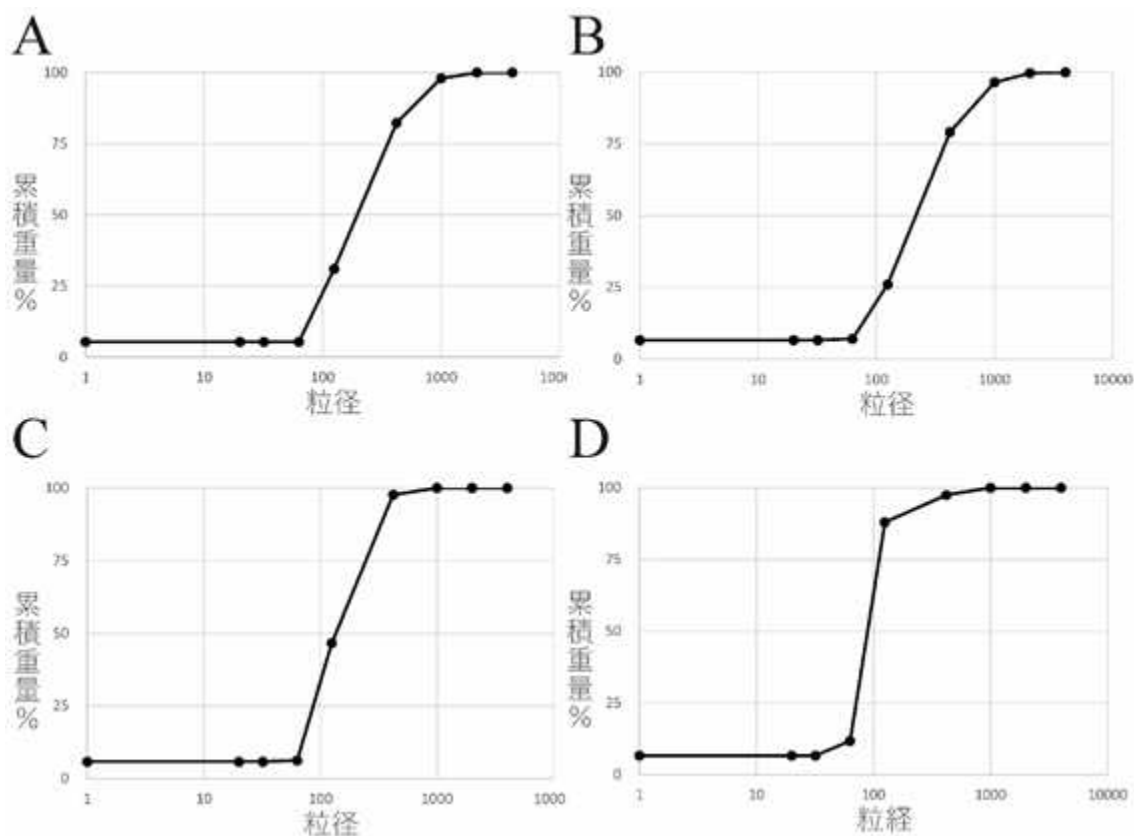


図 12 各地点の粒度分布 (2022年9月9日)

A: St. 1 B: St. 2 C: St. 4 D: St. 5

4) 水温調査

調査地点付近である大月町西泊沖水深 5m の過去 10 年分の月別水温データを図 13 に示す。土佐湾周辺でのキビナゴの産卵時期と推定される 6～7 月（松村・山重 1987）の水温は 22～26℃であった（図 13）。キビナゴは水温が 19～20℃に上昇すると配偶子が形成されることが知られている（Shirafuji et al. 2007）。調査地点の産卵場の水温は例年 4～5 月ごろからキビナゴの卵黄形成が行われる 19℃（水田ら 2000）を超えるため、この時期に性成熟が進み、松村・山重（1987）の報告と同じように 6 月～7 月にかけて産卵していると推測される。また、水温が 25℃以下になると卵黄形成が終了するとされている（水田ら 2000）。今回調査を行った 7 月、9 月はどちらも月平均水温は 20℃を超え、25℃を下回っていなかったことから、産卵場として適正な環境であると考えられる。

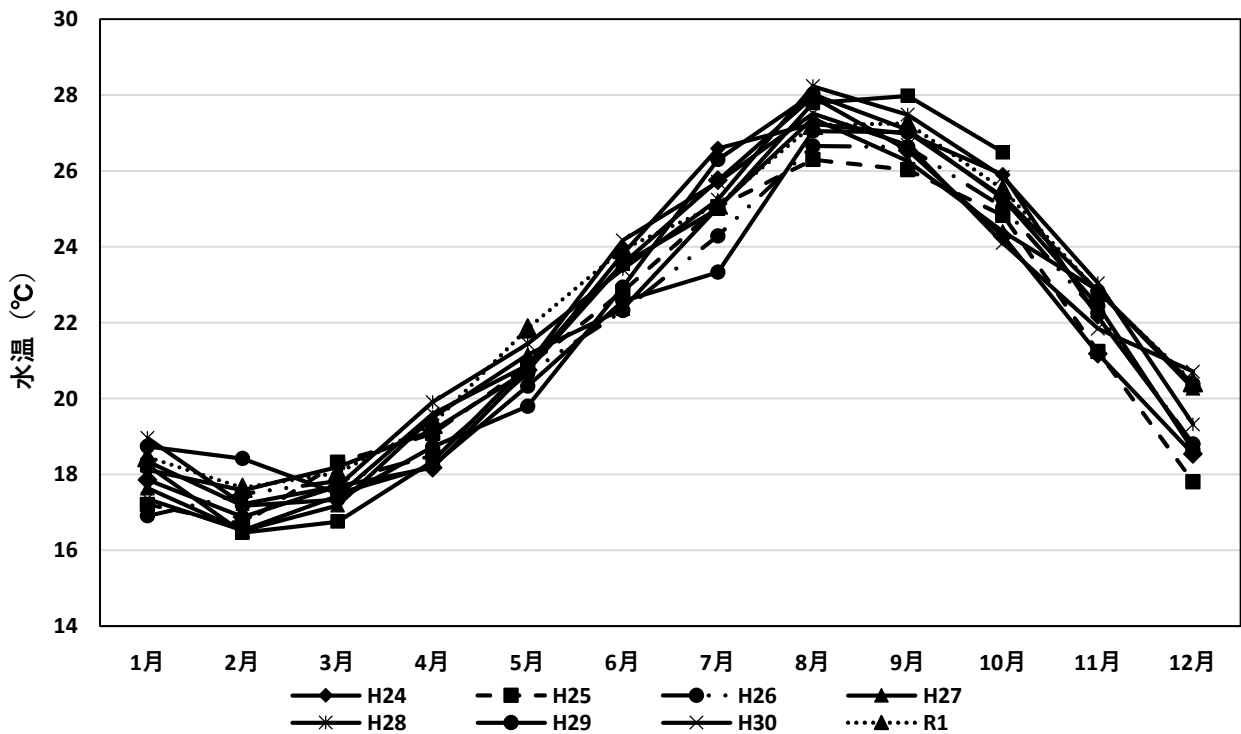


図 13 大月町西泊沖水深 5 m の月平均水温の推移

4 今後の課題

今回の産卵場環境調査ではキビナゴの卵を採集できなかったため、機会があれば時期をずらし産卵盛期に改めて調査を実施することを検討する。

漁獲量が激減してから時間が経過していたため、産卵場調査では 2019～2020 年に漁獲量が大幅に減少した原因が産卵場の環境変化に起因していたかどうかははっきりと明らかにすることができなかった。

5 参考文献

- Geller J., Meyer C., Parker M., Hawk H. (2013) Redesign of PCR primers for mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all taxa biotic surveys. *Molecular Ecology Re-sources* 13(5), 851-861.
- 松村春樹, 山重政則 (1987) 土佐湾周辺域におけるキビナゴの生態について. 南西外海の資源・海洋研究 3: 9-17.
- 水田浩二, 中田 実, 一丸俊雄, 征矢野清 (2000) 五島周辺海域におけるキビナゴ雌の性成熟. 長崎県水産試験場研究報告 26: 1-7.
- Shirafuji N., Watanabe Y., Takeda Y., Kawamura T. (2007) Maturation and spawning of *Spratelloides gracilis* Clupeidae in temperate waters off Cape Shionomisaki, central Japan. *Fisheries Science* 73: 623-632