

石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 與世田, 兼三, 広川, 潤, 長倉, 義智, 有瀧, 真人, 小林, 真人 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014390

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布

與世田兼三*・広川 潤*・長倉義智*
有瀧真人*・小林真人*

(1992 年 5 月 24 日受理)

マダラ (*Gadus macrocephalus* Tilesius) は、北部北太平洋・日本海・黄海・オホーツク海・ベーリング海に分布する冷水系の底棲性魚類である。日本栽培漁業協会能登島事業場は、昭和 58 年から本種の種苗生産技術開発を行っている。しかし、例年全長 7 mm 前後に大量斃死が起り、飼育方法の根本的な見直しを図るために種苗生産の基盤になる天然海域の初期生活史を知る必要が生じた。青森県陸奥湾および朝鮮半島近海においては、沖合から沿岸に産卵のため来遊することが知られている¹⁻⁴⁾。本種の分布の南限付近に位置する石川県能登島周辺海域では、例年 2 月頃から成熟魚が刺し網、定置網などで漁獲されている。本研究では、マダラの産卵および卵・稚仔魚について調査の結果得られた知見を報告する。

材料および方法

成魚調査 成魚に関する調査は、平成 3 年 1 月 23 日から 3 月 8 日に、石川県鰺目漁業協同組合に水揚げされたものについて行った。漁法は、刺し網、定置網、底建て網の 3 種である。調査は、水揚げされたものから無作為に合計 1,713 尾を抽出し、体長、全長、体重の計測と成熟状況の観察を行った。雌雄の成熟状況は、腹部圧迫による観察と肛門の状態から判断し、次の 3 段階に区分した。

未熟：腹部が大きくて、発達した卵巣・精巣を持っているが、卵や精液がでない個体。

完熟：成熟した卵や精液がでる個体。

産卵・放精済み：腹がしぼみ、卵や精液がでない個体。

測定・観察に供した成魚の内訳は、刺し網、定置網、底建て網でそれぞれ 452 尾、720 尾、および 541 尾であった。また、日ごとの漁法別の漁獲量と漁獲尾数を調べるため、鰺目漁協の漁獲台帳よりマダラの漁獲尾数を算出した。

卵の分布調査 調査は、能登島事業場の調査船「のとじま」(4 トン) を使用し、2 月 4 日～2 月 27 日の間に 3 回、9 地点について行った (図 1 St. 1～9)。採集漁具は、マダラ卵が弱粘着沈性卵であるため^{1,4)}、ソリネットを使用した (図 2-A)。卵の採集は、船速約 1～2 ノットで 5～20 分間、網が着底した状態で曳網した。サンプルは船上で観察し、マダラ卵と思われる卵が採集されているものについては、全部を生かしたまま持ち帰り、研究室でふ化させることを試み、一部を 10% 海水ホルマリン液で固定した。卵の同定については、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡により観察した。走査型電子顕微鏡の観察は、(株) 東京久栄の平井明夫氏に依頼した。また、調査で採集した卵からふ化した仔魚と鰺目漁協で人工授精で得られた受精卵からふ化した仔魚の外部形態を比較し、同一種かどうかの確認を行った。

稚仔魚の分布調査 調査は、前述した調査船で、3 月 15 日～4 月 26 日の間に 4 回、20 地点について行った (図 1 St. 10～29)。このうち 17 地点の調査にはマルチネットを使用し、中層から底層付近の傾斜曳きを行い、2 地点についてのみ垂直曳きを行った (図 2-B)。4 月 3 日に調査を行った St. 26 の 1 地点については、卵調査で用いたソリネットを使用した。いずれの調査においても、船速約 1～2 ノットで 5～30 分間曳網した。また、砕波帯周辺における稚仔魚の出現の有無を調べるため、3 月 12 日～4 月 27 日の間に 6 回、2 地点 (図 1 St. 30～31) について、曳き網とプッシュネットを使用した調査を行った (図 2-C, D)。サンプルは、いずれも採集後直ちに 10% 海水ホルマリン液で固定し、研究室に持ち帰り同定した。稚仔魚の同定は、鰺目漁協で人工授精し、能登島事業場で卵管理・ふ化させて得られたマダラ稚仔魚と形態を比較するとともに、沖山⁵⁾、MATARESE *et al.*^{6,7)} に基づき、鰓蓋基底部、腹

* 日本栽培漁業協会能登島事業場 (〒926-02 石川県鹿島郡能登島町曲り 15-1-1)

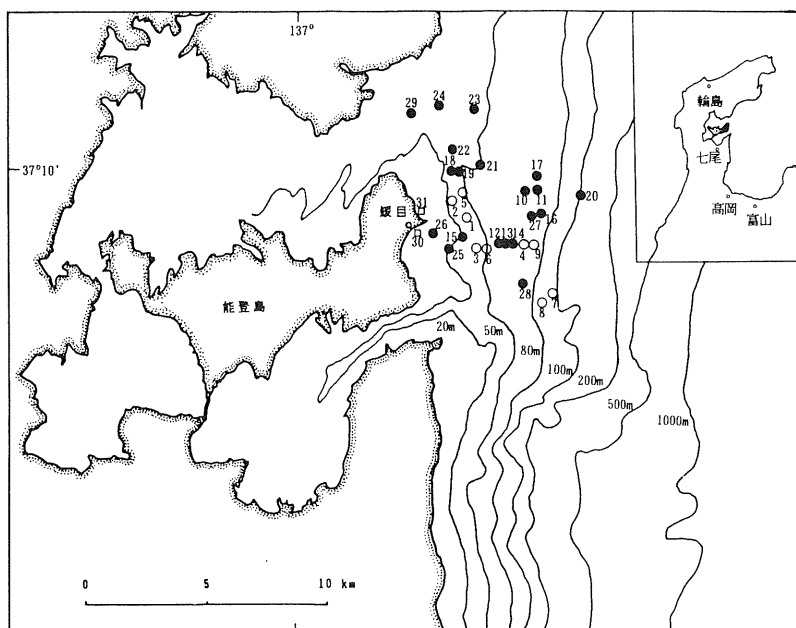


図 1 卵・稚仔魚の調査地点

○1～○9: 卵調査地点, ●10～●29: 稚仔魚調査地点, □30～□31: 碎波帯調査地点.

部, 体側部の黒色素胞の分布位置などの特徴を比較して行った。採集されたマダラ稚仔魚については, 胃内容物の種類および出現数を調べた。

結 果

成魚調査

漁獲量と漁獲尾数 平成3年1月5日から4月3日におけるマダラの総漁獲量は41.8トンであった。このうちの, 1,713尾を抽出し, 測定した結果から算出した推定漁獲尾数は, 約12,700尾となった。したがって, 計測・観察を行った1,713尾は, 総漁獲量の13.6%に当たる。

魚体測定 成魚の測定結果を表1に示した。測定した成魚は, 平均全長, 体長, 体重のいずれも雌の方が雄よりも大きい傾向を示した。また, マダラ成魚の雌雄別の体長 (BL), 全長 (TL), 体重 (BW) の間の最小二乗法による関係式は次のとおりとなった (図3)。

体長・体重

雌 $BW = 1.3270 \times 10^{-6} BL^{2.9916}$ ($r = 0.8185$)

雄 $BW = 1.4046 \times 10^{-6} BL^{2.9468}$ ($r = 0.8746$)

全長・体重

雌 $BW = 6.7478 \times 10^{-6} TL^{3.0989}$ ($r = 0.8303$)

雄 $BW = 8.6829 \times 10^{-6} TL^{3.0087}$ ($r = 0.8811$)

全長・体長

雌 $BL = 0.9331 TL - 0.2731$ ($r = 0.982$)

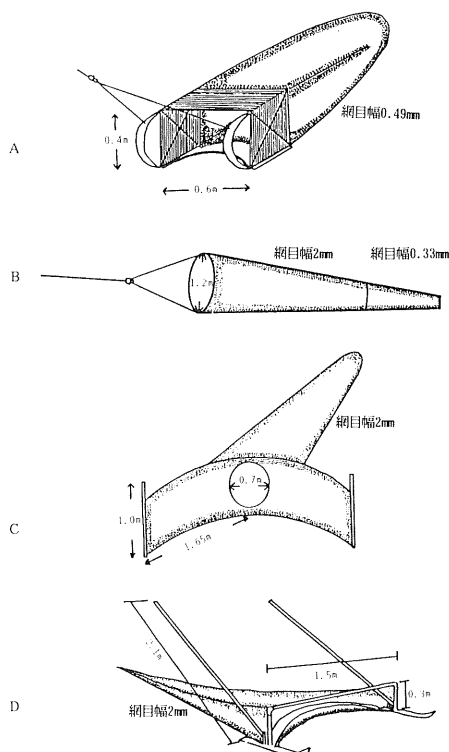


図 2 卵・稚仔魚調査で使用した器具

A: 卵の調査で使ったソリネット, B: 稚仔魚調査で使ったマルチネット, C～D: 碎波帯の稚魚調査で使った曳き網とプッシュネット。

表 1 マダラ成魚の測定結果*

雌雄	全長 (cm)	体長 (cm)	体重 (kg)	測定尾数 (尾)
雌	70.7 (53.5~104)	65.7 (49.0~95.0)	3.8 (1.3~13.8)	910
雄	65.4 (48.3~93.5)	60.7 (44.8~86.5)	2.6 (0.8~8.2)	803
平均	68.3 (48.3~104)	63.4 (44.8~95.0)	3.3 (0.8~13.8)	

* 石川県鰻目漁協.

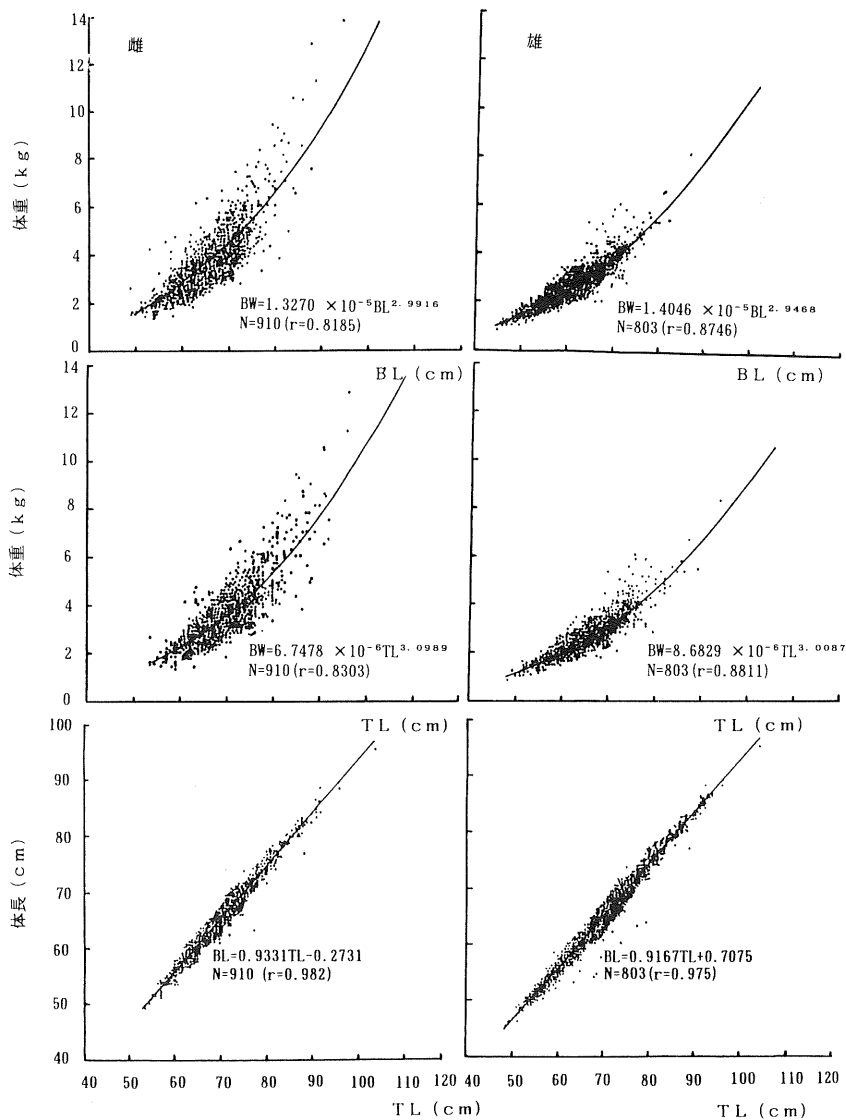


図 3 マダラ成魚の体長-体重, 全長-体重, 全長-体長の関係
上段: 体長-体重の関係, 中段: 全長-体重の関係, 下段: 全長-体長の関係.

雄 $BL = 0.9167TL + 0.7075$ ($r = 0.975$)

体長-体重, 全長-体重の関係は, 雌雄とも同じ大きさでありながら体重には大きな幅が認められた。これは, 未熟魚, 成熟魚および産卵済み個体が混獲されるためである。

産卵期の推定 鰻目漁協の漁獲台帳より算出した漁法別の漁獲量を図4に示した。マダラ成魚は, 魚群を追って水深75m以深の海域で操業する刺し網で最初に漁獲され, ついで, 水深15~60m帯に設置された定置網と底建て網で漁獲される。この来遊は, 産卵のための接岸と推察され, この海域での産卵期は, ほぼこの漁獲時期と一致すると考えられる。この点を詳細に調べるため, 腹部圧迫による成熟状況を10日間ごとに区切って調べた結果を図5に示した。これによると, 雌雄の成熟状況は若干異なっているが, 刺し網, 定置網, 底建て網のいずれの漁法でも1月下旬~3月上旬にわたり完熟および産卵・放精済み個体が漁獲され, その盛期は2月中旬であった。このため, 能登島周辺海域におけるマダラの産卵期は1月下旬から3月上旬におよび, その盛期は, 2月中旬にあると推定された。

雌雄の成熟状況 雌雄の成熟状況は, 図5に示したとおり, 雌雄間で少々異なっており, 雌よりも雄の成熟期間が長期にわたる傾向が認められた。

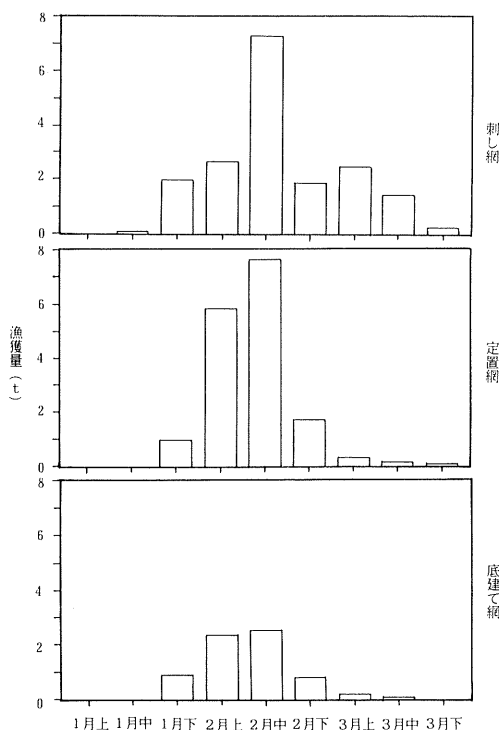


図4 漁法別のマダラ漁獲量 (資料: 石川県鰻目漁業協同組合漁獲台帳より)

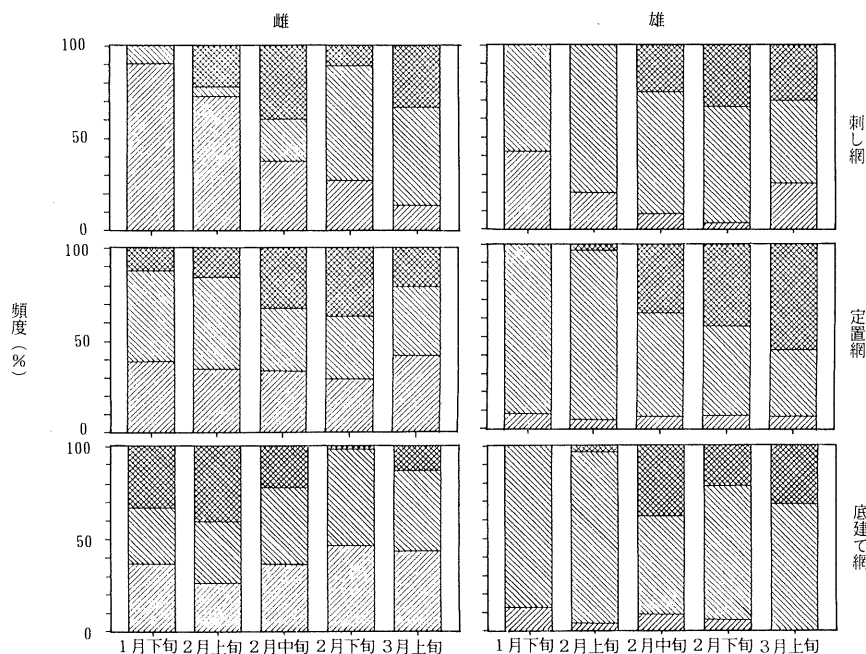


図5 腹部圧迫によるマダラ成魚の成熟度合い

斜線: 未熟 (発達した卵巣・精巣をもつが卵・精液がでない), 縦線: 完熟 (成熟した卵・精液がでる), 格子: 産卵・放精済み (腹がしぼみ卵・精液がでない)。

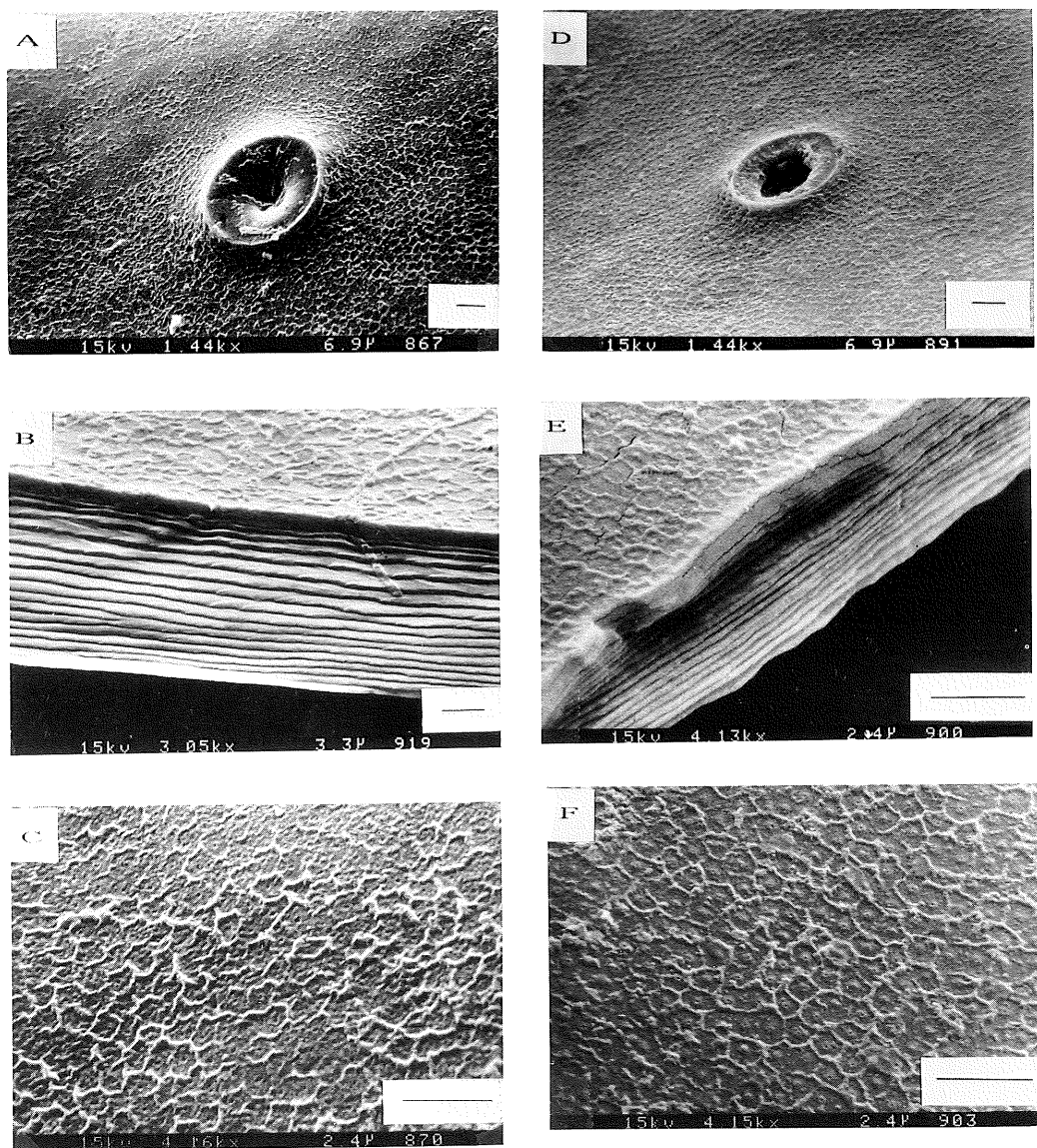


図 6 人工授精卵と天然採集卵の走査型電子顕微鏡における比較

人工授精卵 (A: 卵門部, B: 卵の断面部, C: 卵膜表面部), 天然採集卵 (D: 卵門部, E: 卵の断面部, F: 卵膜表面部), スケール: $0.5\mu\text{m}$.

卵の分布調査

マダラの天然採集卵の同定 採集された卵は、すべて沈性卵であり、粘着性はなく、各々完全に分離していた。卵径は最小 $933\mu\text{m}$, 最大 $1,155\mu\text{m}$, 平均 $1,048\mu\text{m}$ であった。また、卵膜表面には亀甲模様が認められ、筆者らが鰻目漁協における人工授精で得られた受精卵と卵径および卵膜の構造でも同じ特徴が観察された。さらに、詳細に調べるため、天然の受精卵と人工授精で得られた受精卵の走査型電子顕微鏡による観察を行った。これによると、卵門の構造、卵膜表面の模様、卵の断面の構造のいずれについても両者間に違いは認められなかった (図 6-A~F)。また、天然の受精卵からふ化した仔魚は、人工授精で得られた受精卵からふ化したマダラ仔魚との色素配列などの形態的な違いは認められなかった (図 7-A)。以上の結果より、調査で採集された卵はマダラの卵であると同定された。

表 2 マダラ卵の採集一覧

調査月日	曳網地点	曳網時間 (分)	水深 (m)	卵数 (個)	卵径 (μm)			底質
					平均	最小	最大	
1991. 2. 4	St. 1	15	32~ 35	37	1,053	(1,015~1,066)		砂泥
	St. 2	5	31~ 33	199	1,022	(933~1,097)		礫砂
	St. 3	20	17~ 30	16	1,071	(1,019~1,155)		礫
1991. 2. 13	St. 4	10	55~ 60	399,000	1,050	(959~1,142)		泥
	St. 5	10	30~ 35	3,713	—			砂泥
	St. 6	10	16~ 38	1,250	—			泥
1991. 2. 27	St. 7	10	80~100	100				泥
	St. 8	10	80~ 90	1,200	1,044	(959~1,146)		泥
	St. 9	10	55~ 60	21,750	1,022	(938~1,163)		泥

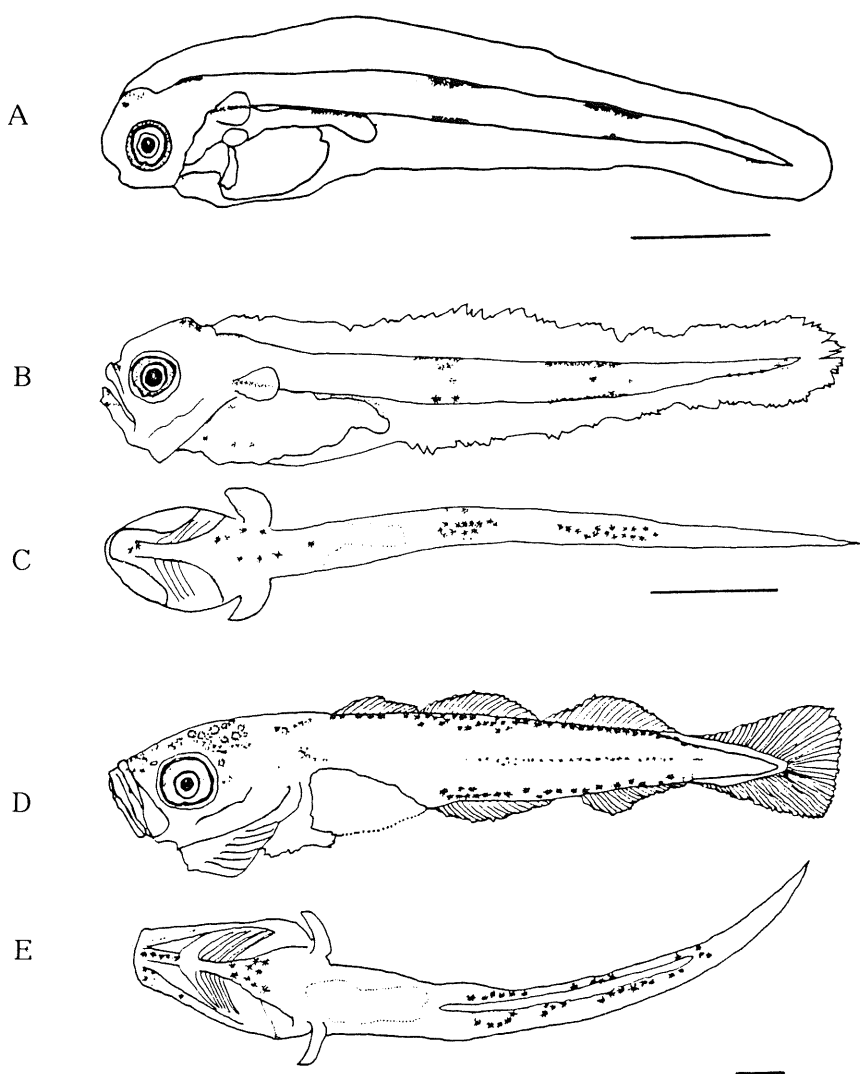


図 7 マダラ稚仔魚の色素配列

A: ソリネットで採集された卵からふ化した仔魚 TL 3.80 mm, B, C: マルチネットで採集された仔魚 TL 4.26 mm, D, E: マルチネットで採集された稚魚 TL 15.60 mm, スケール: 1 mm.

表 3 マダラ稚仔魚の採集一覧

調査 月日	曳網 地点	曳網 時間 (分)	調査地点 の水深 (m)	採集稚 仔魚数 (尾)	全長 (mm)	曳網 方法	曳網器具
1991. 3. 15	St. 10	—	70	0	4.05, —	垂直曳	マルチネット
	St. 11	5	68~70	2		水平曳	マルチネット
	St. 12	—	60	0		垂直曳	マルチネット
	St. 13	5	55~60	0		水平曳	マルチネット
	St. 14	5	55~60	0		水平曳	マルチネット
1991. 3. 26	St. 15	5	16~20	0	3.72, 4.52, 4.77 3.79, 4.03, 4.20	水平曳	マルチネット
	St. 16	10	65~70	3		水平曳	マルチネット
	St. 17	10	60~68	3		水平曳	マルチネット
	St. 18	15	12~36	0		水平曳	マルチネット
	St. 19	10	20~34	0		水平曳	マルチネット
1991. 4. 3	St. 20	10	95	0	15.6 15.6	水平曳	マルチネット
	St. 21	10	20~46	0		水平曳	マルチネット
	St. 22	10	14~20	0		水平曳	マルチネット
	St. 23	10	18~36	0		水平曳	マルチネット
	St. 24	20	12~25	0		水平曳	マルチネット
	St. 25	10	10~13	0		水平曳	マルチネット
	St. 26	10	2~ 4	0		水平曳	ソリネット
	St. 27	30	54~65	1		水平曳	マルチネット
1991. 4. 26	St. 28	30	50~71	0	15.6	水平曳	マルチネット
	St. 29	15	21~45	1		水平曳	マルチネット

表 4 St. 4, 7, 12, 17, 20, 27 調査地点の水温と塩分の観測

水深 (m)	1991. 2. 13 St. 4		1991. 2. 27 St. 7		1991. 3. 15 St. 12		1991. 3. 26 St. 17		1991. 4. 3 St. 20		1991. 4. 26 St. 27	
	水温 (°C)	塩分 (‰)	水温 (°C)	塩分 (‰)	水温 (°C)	塩分 (‰)	水温 (°C)	塩分 (‰)	水温 (°C)	塩分 (‰)	水温 (°C)	塩分 (‰)
0	10.80	33.33	10.53	33.93	9.93	33.27	10.38	33.28	8.93	30.43	14.42	33.25
5	11.23	33.68	10.56	33.97	9.64	33.47	10.29	33.36	10.06	33.27	13.05	33.56
10	11.48	33.69	10.55	33.98	9.74	33.51	10.09	33.69	9.98	33.59	12.64	33.89
15	11.50	33.71	10.50	33.93	9.79	33.55	10.43	33.93	9.98	33.59	12.36	33.99
20	11.49	33.70	10.45	33.98	10.02	33.65	10.33	33.97	10.27	33.90	12.19	33.99
25	11.67	33.78	10.43	33.99	10.18	33.75	10.37	34.00	10.31	34.01	12.12	34.00
30	11.90	33.93	10.43	33.99	10.29	33.83	10.33	34.02	10.30	34.06	12.06	34.00
35	11.93	33.93	10.42	34.00	10.39	33.90	10.29	34.04	10.27	34.06	11.96	34.02
40	11.89	33.92	10.42	33.99	10.41	33.89	10.28	34.03	10.27	34.07	11.88	34.03
45	11.86	33.94	10.39	33.99	10.41	33.89	10.23	34.07	10.26	34.08	11.79	34.04
50	11.83	33.96	10.39	33.99	10.34	33.90	10.21	34.09	10.27	34.09	11.54	34.05
55			10.37	34.01	10.32	33.92	10.21	34.09	10.24	34.09	11.30	34.07
60			10.36	34.00	10.32	33.97	10.21	34.10	10.23	34.10	10.72	34.03
65			10.33	34.02					10.16	34.08		
70			10.38	34.06					9.65	34.10		
75			10.39	34.06								
80			10.39	34.06								
85			10.39	34.05								
90			10.37	34.07								
94			10.33	34.07								

採集された天然受精卵には、8細胞分割期のものからふ化直前の胚体期に至るものが含まれていた。このうち、細胞分割期の卵はハンドリングに弱く、ふ化までには至らなかった。しかし、胚体形成後の卵はソリネットで採集された後でも発生は進み、ふ化仔魚が得られた。

表 5 採集されたマダラ稚仔魚の胃内容物

調査 月日	曳網 地点	全長 (mm)	胃内容物 の種類	出現数 (個)	サイズ (μ m)	備考
1991. 3. 15	St. 11	4.34	コペノープリウス	2	125~207	サンプルの状態悪く測定できず
		—	—	—	—	
1991. 3. 26	St. 16	4.52	コペ卵	2	198~207	卵黄もち、未摂食
			コペノープリウス	4	174~185	
		3.72	—	0	—	
		4.77	コペノープリウス	6	155~261	
	St. 17	3.79	輪虫類の咀嚼器	1	—	
		4.20	コペ卵	1	101	消化残渣
		4.03	コペノープリウス	1	191	
1991. 4. 26	St. 27	15.6	ボドン	1	—	
			コペアダルト	8	—	
			コペ卵	14	—	
	St. 29	15.6	コペアダルト	2	—	
			コペ卵	20	—	

卵の分布 いずれの調査でも、数の多少はあるが、St. 1~9 の全調査点でマダラの卵が採集された(図 1, 表 2)。しかし、卵の調査以外では、マダラの卵は得られなかった。

マダラの卵が採集された水深は、16~100 m におよび、その水温は、10.2~11.8℃、塩分濃度は 33.33~34.07‰ の範囲であった。これらの地点の底質は、泥底、砂泥底、礫砂底、礫底であった。このうち、水深 55~60 m の泥底の場所である St. 4 と St. 9 では、10 分間の曳網でそれぞれ 399,000 粒、22,000 粒と大量の卵が得られた。

稚仔魚の分布調査

マダラ稚仔魚の同定 採集されたタラ科稚仔魚のうち、全長 3.72~4.77 mm の仔魚 8 個体については、胸鰭基部、消化管背部、尾部の前部と尾部中央よりやや後方の黒色素胞、さらに尾部の体側正中線上に並ぶ色素配列が大きいなどの特徴がみられた(図 7-B, C)。また、能登島事業場の人工飼育下におけるマダラ仔魚の色素配列とも違いは認められなかった。これらの観察結果から、沖山⁵⁾、MATARESE *et al.*^{6,7)}にしたがひ、マダラと同定された。一方、全長 15.6 mm の 2 個体については、同じサイズの同事業場における人工飼育下のマダラ稚魚と比較すると、黒色素胞の配列が多少異なっていたが、鰓蓋、腹面基底部の色素胞の特徴が MATARESE *et al.*⁷⁾の記載と一致するのでマダラと同定された(図 7-E)。

稚仔魚の分布 合計 20 回の調査の中で、5 地点の 5 回の調査で稚仔魚が得られた(図 1, 表 3)。一方、卵および碎波帯の調査点ではマダラ稚仔魚がまったく得られなかった。3 月 15 日と 3 月 26 日に行われた St. 11, St. 16, St. 17 では、全長 3.72~4.77 mm の仔魚 8 個体が採集された。これらの地点は水深 60~70 m であり、水温と塩分濃度は、それぞれ、9.6~10.4℃、33.28~34.10‰ の範囲であった(表 4)。また、4 月 26 日の調査においては、St. 27, St. 29 でいずれも 1 尾ずつの計 2 尾が得られ、それらの全長はいずれも 15.6 mm で稚魚期のものであった。これらの地点の水深は 21~65 m であり、水温と塩分濃度は、それぞれ、11.3~14.4℃、33.25~34.07‰ の範囲であった(表 4)。

マダラ稚仔魚の胃内容物 マダラ稚仔魚の胃内容物を表 5 に示した。全長 3.72 mm の最小個体は開口しておらず、卵黄を持っていた。また、全長 3.79 mm の個体は開口しており、海産ワムシ類のものと思われる咀嚼器が 1 個観察された。さらに、全長 4.03~4.77 mm の 6 個体は、コペポーダの卵とノープリウス幼生を摂餌していた。一方、全長 15.6 mm の 2 個体は、コペポーダの卵のほかに、コペポーダの成体も捕食していた。

考 察

産卵について 青森県陸奥湾におけるマダラの産卵回遊について、川村・小久保¹⁾は、その来遊水温は 11.5℃ であり、産卵盛期は 12 月下旬、産卵盛期の水温は 8~9℃ と報告している。また、内田⁴⁾は、朝鮮半島の鎮海湾においては、来遊水温は 12~13℃、産卵盛期は 1 月上旬~中旬、産卵盛期の海底付近の水温は 5~9℃ と報告している。本調査で推定された能登島周辺海域での産卵盛期は、川村・小久保¹⁾が行った調査よりも約 2 ヶ月、また、内田⁴⁾が行った調査よりも約 1 ヶ月遅い。しかし、来遊水温は 11.5~13℃ の範囲であり、また、筆者らが調査した海

底付近の水温とはほぼ一致している（表4）。以上のように、産卵のための来遊時期は地域により差がみられるが、水温は一致していることから、水温条件が産卵のための接岸には大きく影響しているものと考えられる。

川村・小久保¹⁾は、産卵のために回遊する場所を産卵場とみなし、産卵場の水深は30～40 m、底質は泥砂質と報告している。内田⁴⁾も同じ根拠で産卵場の水深は約20 m以深、底質は泥質であると報告している。また、梨田・金丸¹¹⁾は日本海中部海域におけるマダラの産卵場を水深200～250 mと報告している。筆者らが行った卵の分布調査では、採集された卵数に違いはあるものの水深16～100 mの広範囲で天然のマダラ受精卵が初めて採集され、特に水深55～60 m帯で大量に得られた。本調査の結果からは主産卵場の特定はできないものの、図4に示した漁法別の漁獲量と図5に示した雌雄別の成熟度合いから産卵場の水深帯をある程度予測できるものと考えられる。すなわち、漁法別の漁獲量と雌雄別の成熟度合いでみると、1月下旬には、水深15～60 m帯の沿岸域に近い場所に設置されている定置網、底建て網では雌雄の完熟個体の割合も高く、雌の産卵した後の個体が出現する。これに対し、同じ時期の水深100～200 m水深帯で操業している刺し網には、雌雄の未熟個体の割合がかなり高く、雌の産卵した後の個体の出現はみられない。また、ソリネットによる卵の調査でも水深55～60 mの水深帯で大量の受精卵が得られたことなども考え合わせると、能登島周辺海域におけるマダラの産卵は水深100 m以深の沖合いよりもむしろ定置網、底建て網漁場周辺の水深60 m帯を中心とした沿岸域で行われている可能性が高いものと思われる。

卵について 人工授精したマダラ受精卵の卵発生についての報告^{1,4,8,9,10)}では、いずれも弱粘着沈性卵であると述べられている。筆者らが鰺目漁協で人工授精した受精卵も採卵時においては、弱い粘着性が認められている。しかし、粘着性は弱く、流水で卵管理を行うと卵膜の粘性は時間の経過にしたがい、消失してゆくのが観察される。また、本調査で採集された天然の受精卵は、発生の初期段階である細胞分割卵でも卵どうしが付着しているものは観察されておらず、完全に分離していた。このように、天然における受精卵は、分離した状態で海底にばらばらに存在すると考えられることから、マダラの受精卵には粘着性はあるが、受精後早期に消失するものと思われる。

稚仔魚について 本調査では、全長3.72～4.77 mmの仔魚8尾、全長15.6 mmの稚魚2尾の合計10尾がマルチネットでは採集された。これらの稚仔魚の胃内容を調べたところ、10尾のうち1尾の仔魚が海産ワムシ類を摂餌しており、天然でもワムシ類を初期の一餌料として利用していると思われる。しかし、摂餌の主体は、コペポーダの卵や幼生あるいは、成体であり、これらの増減や分布が稚仔魚の成長に大きく関わっていると考えられる。今回の調査では、この海域に分布するプランクトンの種類や密度などの調査を行っていないが、マダラの初期の棲息場所の条件を明らかにするためには餌料環境は重要な要素であり、今後の調査結果を待ちたい。

種苗放流を含め、マダラ資源の培養を図るには、天然における稚仔魚の生態に関する基礎的な知見を得ることが必要である。さらに、放流を実施していくための、場所の選定や立地条件などを検討するうえで稚仔魚の生活場所、食性などは特に重要であると思われる。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、有益な助言をいただいた千葉県立中央博物館動物科望月賢二博士に深謝する。また、卵の走査型電子顕微鏡の撮影と同定について貴重な助言をいただいた（株）東京久栄平井明夫氏と本調査において多大な協力をいただいた石川鰺目漁業協同組合の職員各位に感謝の意を表す。稿を終えるに当たり、本研究の基礎を作っていたいただいた日本栽培漁業協会須田 明常務理事（現日本鯉鮭漁業協同組合連合会）はじめ、能登島事業場の職員各位に深く感謝する。

文 献

- 1) 川村輝良・小久保清治(1950) 陸奥湾産鱈(*Gadus macrocephalus* Tilesius)に就いて。青森県水産資源調査報告, 1: 186-191.
- 2) 桜井泰憲・福田慎作(1984) 陸奥湾に來遊するマダラの年齢と成長。青森県水産増殖センター研究報告, 3: 9-14.
- 3) 福田慎作・横山勝幸・早川 豊・中西広義(1985) 青森県陸奥湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について。栽培技研, 14(2): 71-77.
- 4) 内田恵太郎(1936) 朝鮮近海のタラに就いて。朝鮮水産曾機關雜誌, 朝鮮之水産, 第130號, 24-39.
- 5) 沖山宗雄(1988) 日本産稚魚図鑑。東海大学出版会, 321-324.
- 6) MATARESE, A. C., S. L. LICHARDSON and J. R. DUNN (1981) Larval development of Pacific tomcod, *Microgadus proximus*, in the northeast Pacific ocean with comparative notes on larvae of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, and pacific cod, *Gadus macrocephalus* (Gadidae). *Fish. Bull.*, 78(4):

923-940.

- 7) MATARESE, A. C., A. W. KENDALL, Jr., D. M. BLOOD and B. M. VINTER (1989) Laboratory Guide to Early Life History Stages of Northeast Pacific Fishes. *NOAA Tec. Rep. NMFS 80*, U.S. Dep. Com. NOAA SCIENTIFIC and TECHNICAL PUBLICATIONS, Seattle, WA, 181-199.
- 8) YUSA, T., K. KYUSHIN and C. R. FORRESTER (1977) Outline of Life history information on some marine fish. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ.*, Spe. Vol., 123-173.
- 9) 遊佐多津雄 (1954) マダラ *Gadus macrocephalus* Tilesius, "North Pacific cod" の発生. 北海道区資源調査要報, 9: 63-66, 72.
- 10) 山本護太郎・西岡丑三 (1952) マダラの発生並びに孵化幼生の飼育. 日本海区水研創立三周年記念論文集, 301-308.
- 11) 梨田一也・金丸信一 (1991) 日本海中部海域における底魚類の初期生活と海洋環境. 水産海洋研究, 55(3): 218-224.