

水槽内で観察されたコマイの産卵行動

陳 二郎^{*1}, 吉田英雄^{*2}, 桜井泰憲^{*3}

Reproductive behavior of saffron cod in captivity

Are-Lang CHEN^{*1}, Hideo YOSHIDA^{*2} and Yasunori SAKURAI^{*3}

The reproductive behavior of saffron cod (*Eleginus gracilis*) was examined in captivity. The captive saffron cod spawned demersal and slightly adhesive eggs, which dispersed and settled on the tank bottom. Ripe males and females did not display the ventral mounting behavior, which displayed in other gadid fishes during spawning. The aggressive behavior such as pushing, prodding and dorsal mounting did not observe between males during the breeding period. The female released all of her ripe eggs in a single spawning. Spawning involved one female and one or more males in bottom of the tank. Just after release of eggs by a female, one or a few males followed the female and spread sperm on the eggs using tail beats. The eggs slowly sank to the bottom.

The spawning behavior of saffron cod was similar to that of Pacific cod, but differed from the single-pair spawning characterized by ventral mounting and multiple spawning over a several day period seen in walleye pollock and Atlantic gadid species.

キーワード：コマイ，産卵水温，産卵行動，産卵特性，集団産卵型，一括放卵

はじめに

前報¹⁾の生殖周期などの解析の結果，沿岸域でのコマイの産卵盛期は1月であり，産卵期間は海域によって多少異なるものの2～3週間と短く，短期間に集中して産卵すると推定された。産卵期には雌に比べて雄の比率が高くなるなど，索餌期にはみられない群特性が確認された。さらに，雌の産卵は1回と推定され，また産出卵は弱粘着性の沈性卵であり，本種が実際の産卵場においてどのような繁殖行動や繁殖特性を持っているのかを明らかにする必要がある。しかしながら，厳冬期の結氷した海域で産卵するコマイの繁殖行動を直接観察することは極めて困難である。

そこで，本報では冬季に産卵場に接岸してきた成熟親魚を採捕し，これらを飼育条件下に移して，その産卵行

動および繁殖特性を解明した。

材料と方法

繁殖行動の観察実験に用いた親魚は，1985年と1986年の11～12月上旬に根室沖合の底建網（水深約20m）から採捕した（Fig.1-A）。また，1986年と1987年の1月には，厚岸湖内の氷下待網によって採捕した（Fig.1-B）。

根室沖合採捕の個体は，揚網時の減圧の影響で鰾が過剰に膨らんだため，輸送前に腹腔内に注射針を通してガス抜き処置を行った。飼育魚の輸送には，約1 t容量の活魚輸送用水槽を用いて，酸素ガスで常時通気した。一方，厚岸湖内で採捕した個体は，約30 L容量の角型コンテナに1/3～1/2ほど水を張り，1箱あたり4～5尾を収容して輸送した。この場合の輸送距離は短かったため，酸素通気は行わなかった。蓄養および飼育観察実験は，

報文番号 A418 (2008年2月20日受理)

*1 元，いぶり中央漁業協同組合漁業専門員（現住所，伊達市松ヶ枝町246-6生活訓練施設内）(246-6 Matugae, Date, Hokkaido 052-0012, Japan)

*2 北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, 238 hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan）

*3 北海道大学大学院水産科学研究院（Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan）

釧路の北海道区水産研究所で行った。なお、採捕魚は実験前に雌雄を分けて、それぞれ3.8 t 容量の丸型FRP水槽(直径2 m, 高さ1.3m)に収容した。飼育水は流水式とし、毎分25~30 Lの流量を保つようにした。

1986年の実験では水槽を2基使用し、一方に雌雄それぞれ4~4尾(計8~10尾)ずつ収容した。また、雄同士の間隔を詳細に観察するため、もう一方の水槽をポリエチレン製のフェンスを用いて半分に分け、その片側のみにそれぞれ雌雄2尾(計4尾)ずつ収容した。1987年の実験では水槽は1基のみ使用し、雌雄3~7尾(計6~14尾)収容して実験に供した。親魚の大きさは、根室沖合で体長260~310mm, 厚岸湖内では300~350mmが主であった。

実験水層の概要をFig.2に示した。水槽の底面の排水口に塩化ビニール製のパイプを立ち上げ、水深を80~90cm(水槽の上縁から約30cm)に保った。これは外部刺激による魚の飛び出し防止と、水深をなるべく浅くして、観察条件を良くするためである。飼育水は汲み上げポンプからのかけ流し式とした。また、観察障害となる汲み上げ海水に含まれる気泡や逆洗により発生する水面の乱れを防ぐため、流入口を2重管とした。昼間の光条件は自然光とし、直射日光および水面の乱反射を防ぐため、水槽を黒色ビニールシートでテント状に覆った。夜間は魚に刺激を与えず、かつ行動観察に支障のない程度の明るさを保つため、1 Wの豆電球を上から吊した。実験前に親魚の腹部を圧迫して完熟卵、あるいは精液が容易に流れ出ることを確認後、第一背鰭、第二背鰭の間に各種色彩の標識(釣りの浮き玉)をつけて個体識別を行った。実験は、1986、1987年ともに1月中旬から下旬にかけて行った。実験期間中の飼育水温は、初めの5日間は0~0.5℃、それ以降は氷点下になり、最も低い時は-1.2℃であった。塩分濃度は31.9~32.2psuで推移し(1986年のみ測定)、実験期間中は大きな変化はなかった(Fig.3)。

撮影には、モータードライブ付一眼レフカメラ(ミノルタSR-44)および補助としてAEカメラ(ニコノスIV)を用い、水面反射を防ぐため偏光フィルターをつけ、水面の斜め上からストロボ撮影した。昼間にはビデオカメラ(ソニー-TRINIKON)で3~5時間の行動の収録をしながら観察した。1986年の実験では、産卵基質の選択性(底に直接産卵するか、その他の基質を選ぶか)を判断するため、目合約1 cmの網地を裁断して浮きをつけ水槽中に設置した。実験終了時点において実験に供した個体の体長、体重、生殖腺重量を測定し、また目視によって、卵巣内の残留卵の有無を調べた。

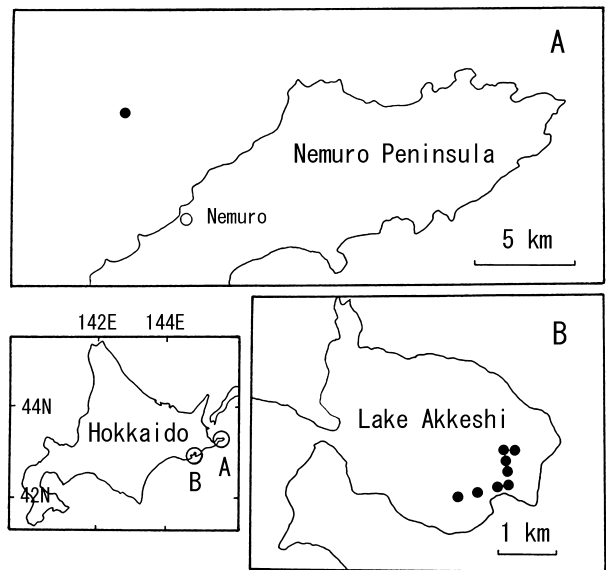


Fig.1 Locations of sampling stations (●) of Hokkaido.

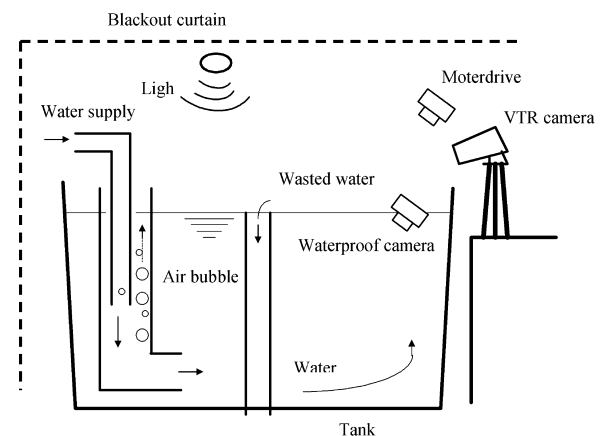


Fig.2 The 3.8 m³ capacity tank used for observation.

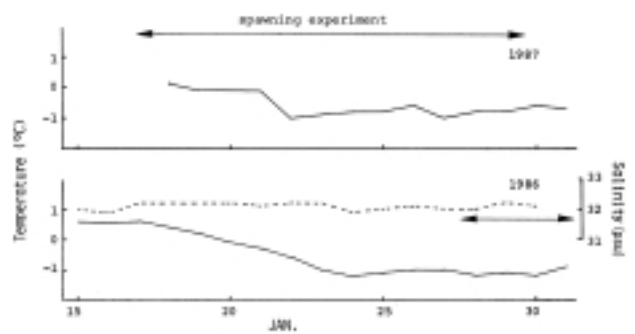


Fig.3 Daily changes of temperature and salinity of rearing water during spawning experiment. Salinity is not measured in 1987. Side line; Temperature, Dotted line; Salinity

結果

1. 産卵水温、時刻および照度

産卵時の水温は0.3~0.8℃での3例を除き、すべて氷点下であった (Table 1)。

産卵を確認できた18例のうち実際に行動を観察できたのは9例 (Table 1の(*)印の付いていない時刻データがある8例と1986年1月29日19:10(**)の1例)であった。6例は、放精により産卵後20~60分間は飼育水が白濁していることから産卵時刻を判定した。なお、残り3例については、産出卵の卵割が低水温の影響で非常に遅いため産卵時刻を特定できなかったが、おおむね21:00~6:30までの夜間、あるいは日出前後に産卵したものと推定した。次いで、産卵時刻については、昼間 (10:00~14:00) で4例であった。日没時 (16:00~17:00) で4例、夜間 (17:00~1:00) で7例、これに時刻未確認の3例を加えると、昼間以外の低照度における産卵が多い傾向がみられた (Fig.4)。なお18例のうち受精率

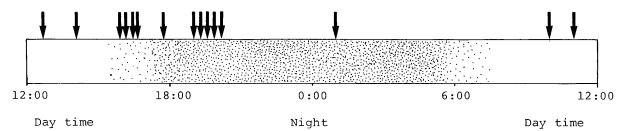


Fig.4 Spawning time of captive Saffron cod. Downward -pointings indicate spawning.

Table 2 Fertility of spawned saffron cod.

Spawned date and time	B. L. of females	Estimated eggs.		fertility
		unfertilized	fertilized	
1986, Jan. 17, 11:00	327	7	175	96.2
Jan. 18, 17:50	279	8	178	95.7
Jan. 21, 16:30 18:56 19:13 20:23	311	7	319(*)	97.9(*)
1987, Jan. 29, Dawn	361	0	292	100

* indicates the mixed eggs by four females.

Table 1 Details of the saffron cod during the spawning experiment.

Spawning date and time	The number and size of males	Spawned females B. L.	Water Temp.
1986, Jan. 17, 11:00	309, 332, 313, 329	328 (2.8)	0.8
Jan. 18, 16:00-17:00(*)	345, 305, 303, 324	279 (2.7)	0.3
Jan. 18, 17:50-17:55	345, 305, 303, 324	279 (2.1)	0.3
Jan. 20, 19:00(*, **)	325, 308	289 (2.9)	-0.2
Jan. 21, 1:00(*, **)	334, 292	289 (2.3)	-0.3
Jan. 21, 16:30	345, 304, 305, 326	311 (2.5)	-0.2
Jan. 21, 18:56	345, 304, 305, 326	272 (1.9)	-0.2
Jan. 21, 19:13	345, 304, 305, 326	284 (2.9)	-0.2
Jan. 21, 20:23	345, 304, 305, 326	317 (3.1)	-0.2
Jan. 29, 16:00-17:00(*, **)	329, 321	286 (2.5)	-0.8
Jan. 29, 19:10(**)	329, 321	251 (4.7)	-0.8
1987, Jan. 28, 10:00(*)	300, 301, 317	336 (2.7)	-0.8
Jan. 28, 14:00(*)	300, 301, 317	367 (3.3)	-0.8
Jan. 29, Dawn	300, 301, 317, 294	361 (3.6)	-1.0
Jan. 29, 16:20	300, 301, 317, 294, 366, 369	252 (2.0)	-1.0
Jan. 30, Dawn	300, 301, 317, 294, 366, 369, 356	314 (2.4)	-0.6
Jan. 31, Dawn	300, 301, 317, 294, 366, 369, 356	307 (2.4)	-0.8
Jan. 31, 12:40	300, 301, 317, 294, 366, 369, 356	299 (2.4)	-0.7

* indicates assumed time
** indicates half divided aquarium

を調べたのは4例であったが、いずれも受精率は95~100%であった (Table 2)。

2. 産卵行動の特徴、および産卵前後の雌雄の行動関係

飼育下でのコマイは、通常は特定のペアやグループをつくらず、任意に水槽の中層、底層をゆっくり泳ぎ回っており、スケトウダラ^{2,3)}、Atlantic cod⁴⁾でみられた産卵に先立つ雄同士pushing, prodding, dorsal mountingのような、明らかに順位形成を示す行動は全くみられなかった。また、完熟した雌雄間では体色に差がみられず、外見からの雌雄の判別は困難であった。

9例の目視観察のうち、ビデオによって産卵行動を記録できた1例について、その行動の詳細を以下の概略図 (Fig.5) に示した。なお収容個体数は雌雄それぞれ7尾であった。

まず、雄のうち1尾が底に腹面をほぼ接した状態で、体幹部から尾柄部を5~6秒間左右に断続的に震わせた (flaunting) (Fig.5-A)。このとき、その背後にいた1尾の雌は、次の瞬間ゆっくりと底を這うように直径50cmほどの円を描き始めた (Fig.5-B)。この円周運動は69秒間続き、最後の10秒間では円が小さくなり、しかも徐々に遊泳速度は速くなり、ついで数尾の雄が円周運動する雌の周辺に接近し始めた (Fig.5-C)。そして、雌は突然胸鰭を大きくひろげながら体幹部から尾柄部にかけて激しく波うたせ、円や8の字を描くように底に沿って遊泳しながら放卵を始めた。続いて、周辺の雄は尾柄部を激しく打ちながら (beating) 雌と共に卵を攪拌し始めた (Fig.5-D)。産卵行動は、水槽底面の1/3ほどの面積内で

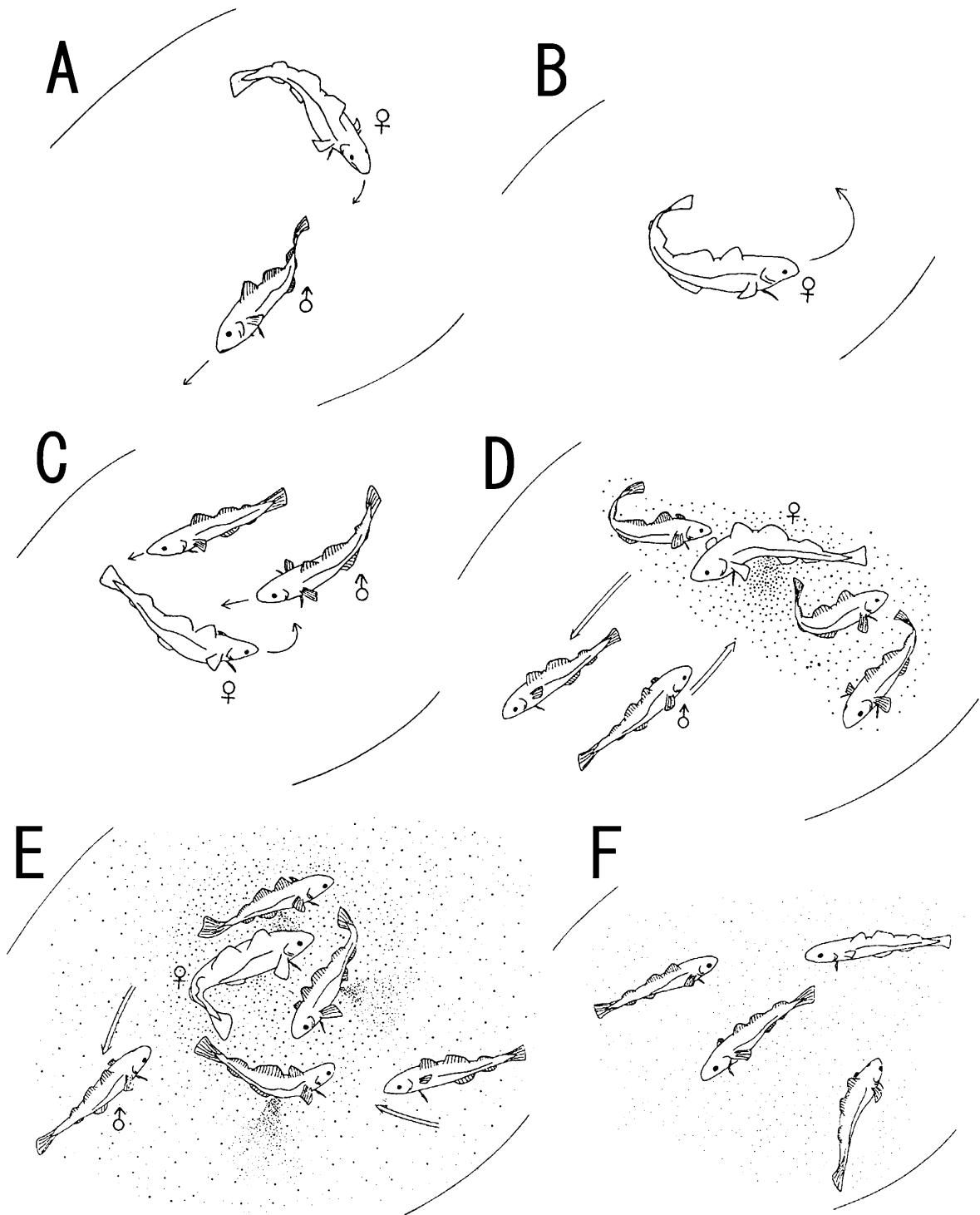


Fig.5 Spawning behavior of Saffron cod in captivity observed in January 1987.
A: One male flaunts his body to female for a few seconds(courtship signals).
B: The female begins to circle slowly.
C: Female continues to circle, several males approach.
D: Spawning run abruptly begins. Female releases eggs and both sexes broadcast the eggs with fins extended and body beating.
E: Males releases a large cloud of milt.
F: Males and female stand still for 5-10 minutes.

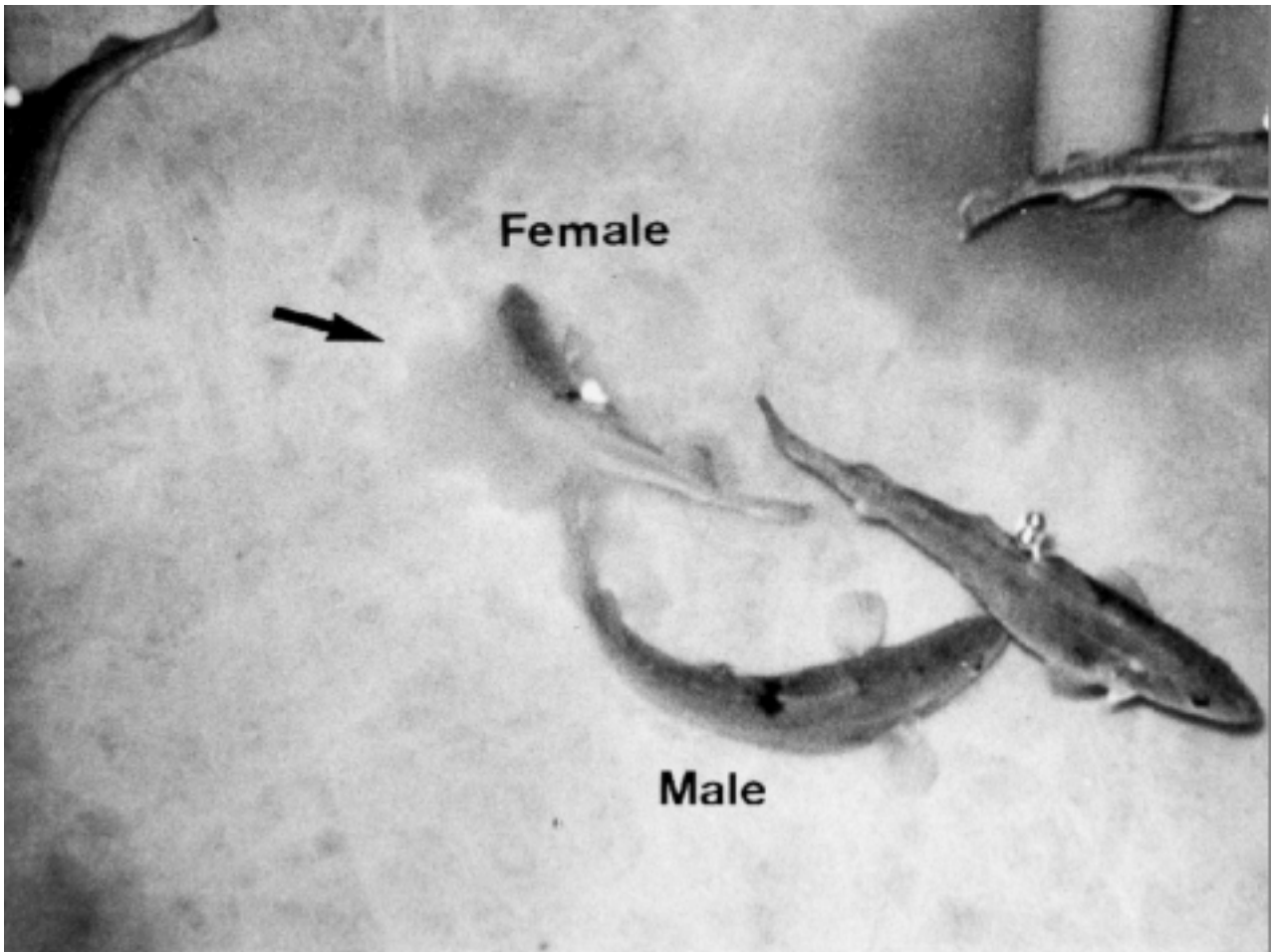


Fig.6 Photograph of egg release by Saffron cod. Allow indicates released eggs.

行われた。放出卵はbeatingにより底面から中層に雲状に拡散するのが観察された。水槽内は拡散された卵のために次第に透明度が悪くなった。放卵の瞬間は、1986年1月18日の産卵例で明瞭にとらえることができた (Fig.6)。こうした複数雄と単数雌によるbeating行動は1分23秒続いた。雄による放精は、雌の放卵開始後40~50秒から始まった (Fig.5-E)。放精の結果、水は急速に白濁し、放精開始から40秒ほどで水槽内部はほとんど見えなくなった。産卵行動が終了した後、雌雄とも水槽の中層あるいは底層に4~10分ほど静止していた (Fig.5-F)。一方、産卵直後の産出卵は、循環水流と共に浮遊状態で水槽中を回っていたが、次第に沈降していった。また、全産卵例において、底に沈んだ産出卵の中には数粒から数10粒が互いに粘着して卵塊を形成しているものもあったが、水槽側面や基質として設置した網地には全く粘着していなかった。これらのことから、コマイ卵は少なくとも海藻などの基質に対する強力な粘着性をもたず、海底に産卵することが確認された。また、雌は全ての卵を1回で放出していた (Fig.6)。

このビデオ撮影により記録された産卵時間、すなわち雄の誇示行動から放精、beatingが終るまでの全過程は、2分38秒と短時間であった。産卵に参加したと思われる雄は7尾中6尾であったが、これらの雄間には産卵への参加をめぐる威嚇、攻撃行動あるいはそれに伴う順位関係の形成は全くみられなかった。従って、雌への接近や雌と同調したbeating、あるいはその場を離れての静止といった行動は、特定の雄に限定されることはなかった。しかし、産卵時に放精した個体は複数であったものの、放精個体の特定および放精尾数については、放卵・放精に伴う海水の白濁が著しかったため確認できなかった。

また、このビデオによる観察事例の中で、産卵前の2時間に8回、産卵後の3時間に7回の雄によるflaunting (2~20秒) が確認された。これらの誇示、求愛動作に対して、完熟雌は必ずしも関心を示すわけではなく、普通に遊泳しており、雌による円運動などの応答が起ることで初めて産卵につながる事がうかがわれる。しかし、flaunting自体は放卵、放精時の行動と比べて極めて微弱であり、日没時や夜間の観察においてはビデオ撮影

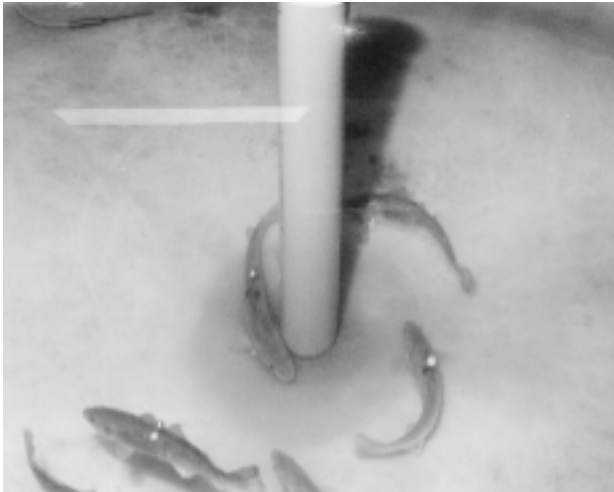


Fig.7 Males chasing each other completely like aggressive behavior.

が不可能なこともあり、いずれもはっきり確認はできなかった。この他、産卵後の行動の中で雄が未産の雌を追尾したり、雄同士で円運動や追尾行動をする現象が短い場合で1~2分 (Fig.7), 長い場合では20~30分間断続的にみられたが、これらの行動は日没、あるいは夜間に集中していた。なお、ビデオによる観察例以外の8例の産卵においても、放卵と雌雄のbeating開始から終了までの時間はすべて1~2分であること、いずれの雌も全ての卵を1回で放出してしまい、卵巣中には残留卵がほとんどないことなどから、本種は短時間のうちに1回で産卵を終了することが明らかとなった。また、放精は常に放卵よりも遅れて行われることでも共通していた。

3. 雄の放精回数について

雌の産卵は1回であったが、雄が産卵に複数回参加できるかどうかを検討した。本実験では、産卵時に放精した雄を特定することができなかったため、具体的な放精回数には言及できない。そこで、ある実験区でのある期間内に産卵した雌の個体数を、収容されている雄の放精回数(産卵参加回数)の最大値と仮定し、実験終了時の雄のGSI値と比較した (Fig.8)。最も低いGSI値は、最大で8回放精と推定された3個体の数値であり、精巣は退縮していた。しかし、放精回数が6回以内と思われる雄では、GSI値は12~22と産卵期直前の個体の測定値にほぼ等しく、放精可能な状態であった。したがって、雌が1回で産卵を終えるのに対して雄は複数回産卵に参加することは確実であり、しかもその回数は少なくとも5~6回以上と推定された。

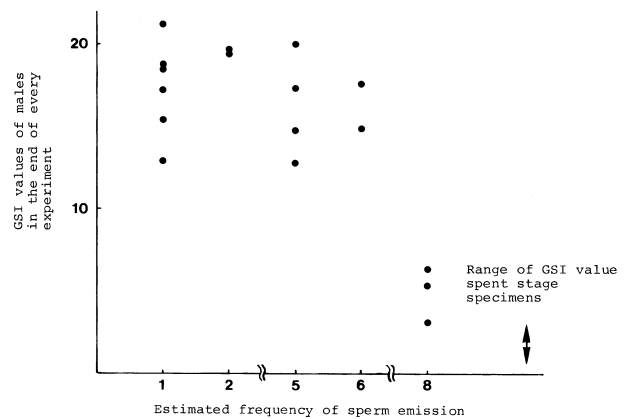


Fig.8 Relationship between GSI (gonad weight/body weight × 100) and frequency of sperm emission.

Table 3 Relative body length(mm) compared males with female in each spawning groups.

Example of spawning groups	Spawned female (BL mm)	Males participated in spawning (BL mm)	Differences between female and males in mm
A	251	329	-78
B	252	366	-114
C	279	345	-66
D	272	345	-73
		304	-32
		305	-33
		326	-54
E	311	345	-34
		304	7
		305	6
		326	-15
F	317	345	-28
		304	13
		305	12
		326	-9
G	328	309	19
		332	-4
		311	17
		329	-1
H	376	300	76
		301	75
		317	59
		294	82
		366	10
		356	20

4. 雌雄の体長関係

今回の観察において、複数の雌が同一水槽内で同時あるいは連続的に産卵する例はなかったが、各産卵雌に対してbeatingを行った雄は、1尾のみかあるいは複数(3尾以上)の場合があった。これについて、雌雄の相対的な体長関係を検討した(Table 3)。これによると、beatingを行った雄が1尾のみの3例(A, BおよびC)の場合、その雄の体長は産卵雌よりも相対的に大きく(その差は60mm以上)、かつ雌の体長は250~280mmと小さい傾向がみられた。一方、複数の雄がbeatingを行った5例では、Dの2尾の雄が雌よりも50mm以上大きい場合を除いて、平均して雌よりも若干大きいかほぼ同等(E, F, G)、あるいは雌よりも小さい(H)のが特徴であり、しかも雌の体長は270~380mmと比較的大きい傾向がみられた。

考察

飼育下でのコマイの繁殖行動を観察した結果、本種は氷点下あるいはそれに近い水温条件下で産卵し、しかも弱粘着性の沈性卵を1回の産卵で放出することが明らかとなった。さらに、雌1尾に対して大型雄は1尾、同サイズ以下の雄では複数が産卵に参加し、その放卵と放精に時間的なずれがあることなどが明らかとなった。そこで、コマイの繁殖特性についてこれまで他のタラ科魚類で報告されている知見と比較を行った(Table 5)。

この中で、スケトウダラ²⁾、Atlantic cod⁵⁾ および haddock^{6, 7)} のように、分離性浮遊卵を産出するタラ科魚類では次のような共通した行動特性がある。すなわち、産卵前の雄間には接近、威嚇と接触攻撃行動があり、有利な順位を占めた雄が雌に対して求愛、誇示行動を行う。また雌雄1対1による腹面マウンティングと呼ばれる交尾姿勢をとり、このマウンティングと同時に、そのまま遊

Table 4 Comparison of spawning in gadid fishes in captivity.

Species	Atlantic cod	Haddock	Walleye pollock	Pacific cod	Saffron cod
Water temp. (°C)	6~10	4~11	2~7.5	6.4~7.6	-1.0~0.8
Spawning time	night	night	night	night daytime	night, sunset daytime
Nature of eggs	pelagic separable	pelagic separable	pelagic separable	demersal adhesive	demersal adhesive
Existence of hierarchy	present (loose)	present (loose)	present (loose)	absent	absent
Pigments on body of male	darkened on dorsal	Pigment spots on lateral	brightened on dorsal	brightened on ventral	unobserved
Sound production	grunting sound (male)	hamming sound (male)	grunting sound (male)	silent	presumably silent
Spawning behavior	single-pair spawning by ventral mouiting	single-pair spawning by ventral mouiting	single-pair spawning by ventral mouiting	segmentated spawning by one female to one or a few males	segmentated spawning by one female to one or a few males
Duration of spawning	19 days	19-59 days	9-51 days (estimated)	within 1 minute	1~3 minutes
Number of batches	5-6	17(10-25)	10(4-13) (estimated)	1	1

Authors : cod:Brawn(1961), haddock:Hawkins et al., (1967), Hislop et al., (1978), walleye pollock:Sakurai (1982, 1983), Pacific cod:Sakurai and Hattori (1996), saffron cod: (this study)

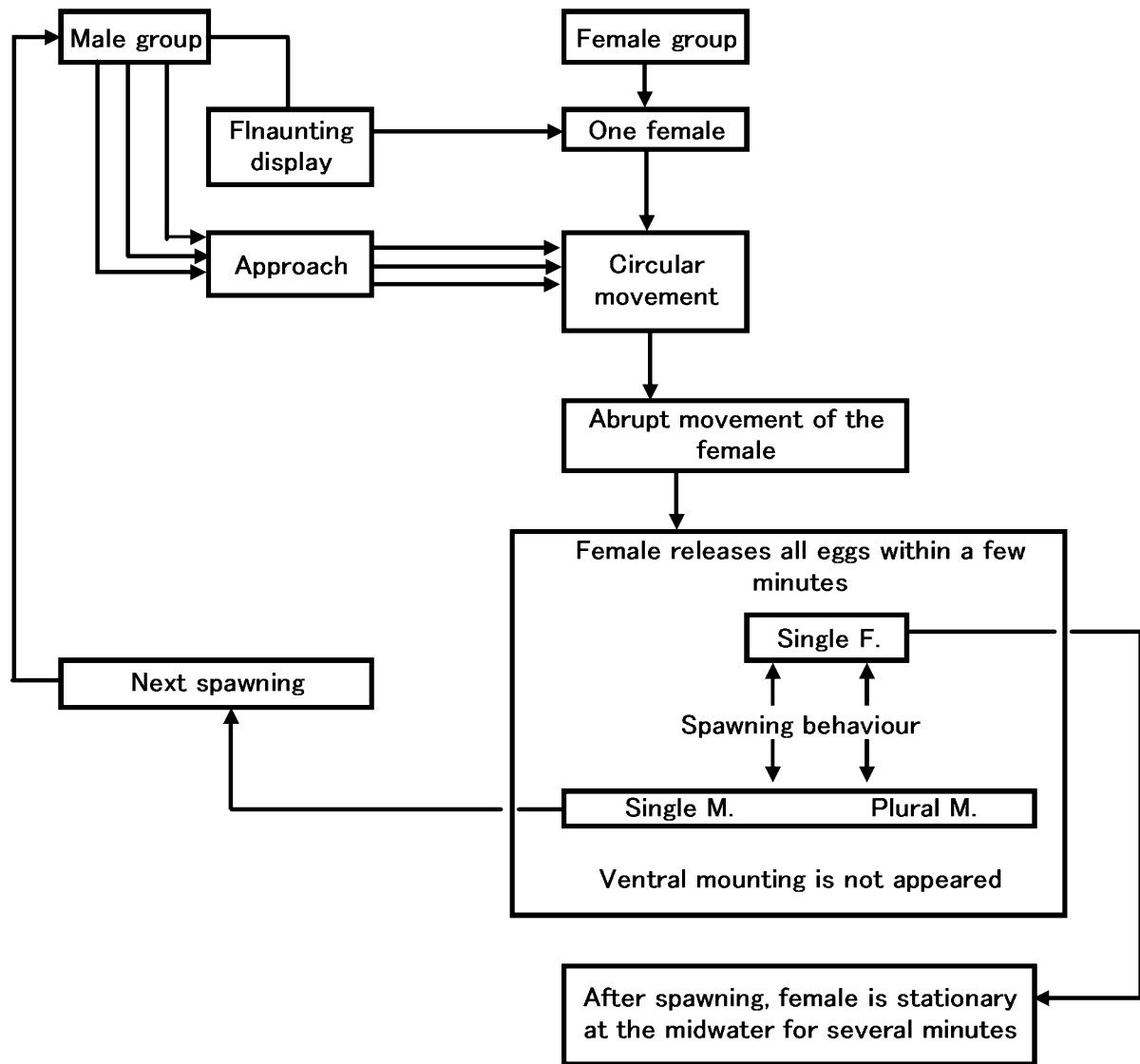


Fig.9 Summary of the spawning behaviors of saffron cod in captivity.

泳しながら放卵，放精を行っている（中層遊泳型）。しかも，同一産卵期間内に繰り返し産卵を行い，体色に雌雄差があることなどが報告されている。

一方，マダラ⁸⁾では，本種と同様に弱粘着性の沈性卵を産み，その産卵様式は，産卵前の雄同士の威嚇，攻撃による順位形成，鳴音等がみられないこと，雌雄1対1，または雌1尾と複数雄の産卵がみられること，卵巣卵は1回で放出されること，放精は複数回行われることなどが明らかにされている。

コマイでは体色に雌雄差がないこと，さらに雌雄とも底に沿って（底層遊泳型）ランダムにbeatingを行いながら卵を水槽中に拡散させ，しかも放精は放卵よりもやや遅れてなされる点でマダラとほぼ同様と思われる。この中で，産卵前後に時々みられた雄同士の円運動（Fig.7），追尾，未産雌に対する追尾行動は，水槽内での産卵によ

る性的機能の高揚から一時的に現れた威嚇，求愛行動と推測されるが，他のタラ科魚類ほど顕著ではなかった。Fig.9はその飼育下での一連の行動を概略的に示したものである。

また，行動面から注目されるのは，雄のflauntingに反応した雌が円運動からbeating，放卵開始にいたり，雄の行動が促される過程で，概して単数の雄，複数の雄が参加するような2型がみられたことである（Table 4）。すなわち単数の雄が参加した場合は，産卵雌の体長は相対的に小さく，かつその体長自体も平均より小さい傾向があり，一方，複数の雄が参加した場合は，産卵雌は雄とほぼ同等か，むしろ大きい傾向があった。このような行動の2型が発現する要因として，誘引行動（円運動）を行う雌がより大型であるほど，周囲の雄は視覚的にbeating，放精が誘発されやすくなり，その結果として複数の雄の

産卵への参加が起こることが考えられる。また、繁殖適応の面からみると、大型の雌、すなわち孕卵数の多い雌ほど、複数の雄の放精により受精効率をより高めうることが考えられる。しかし、この正確な検証にはさらに詳しい観察が必要となろう。

本種のような小型タラ科魚類として、同属のnavaga (*Eleginus navaga*) 及びアメリカ大西洋岸のtomcod (*Microgadus tomcod*) が知られている。後者の場合、飼育下において雄の求愛行動 (courtship behavior) が観察されているが⁹⁾、タラ科全体におけるこうした小型種の産卵生態の位置付けも今後の課題として求められるであろう。

同種内における2型の産卵形態は、沿岸性のいくつかの魚種で報告されている。例えばベラ科の *Thakassoma lunare* の中で、暗色型の雄のグループは、単数雌とともに産卵を行い、なわばりをもつ明色型の雄は1対1の産卵を行う¹⁰⁾。トウゴロウイワシ、*Menidia menidia* は潮間帯のcordgrass (*Spartina alteriflora*) の根元、デトリタス上、あるいはカニ類の巣の跡に産卵するが、基質がcordgrassの場合、一部でペアが組まれることが報告されている¹¹⁾。コマイの場合、体色や形態に差がないこと、前報¹⁾で指摘したように成魚の平均体長は雌が常に大きいこと、しかも性比は産卵期に限り雄に偏ることなどから、実際の産卵場においては基本的に単数雌に対する複数雄の追尾、放精による産卵行動が起こることが想定される。さらに、一群となった多数の繁殖個体の中で同所的、同時的にこれらの行動が連続して起こった場合、結果的には集団婚 (group marriage)¹²⁾ の形態が形作られていくことも考えられる。これに関連して、Bogaevskii¹³⁾ はカムチャッカのKorf湾において、コマイの群れが夜間の満潮時に湾の奥の結氷した海岸に接岸し、岸に沿って底層を遊泳しながら砂底上に放卵したのを観察している。この産卵行動の詳細は明かでないが、今回の実験結果と合わせると、自然環境下ではある群の中においては、1尾の雌のbeatingと放卵に続いて、連鎖反動的に他の雌の産卵が誘発されて行くものと想像され、前述したように本種の産卵様式は集団婚タイプの可能性が高いとみることができる。また、コマイの他に海産魚の産卵形態では、ハタハタにおいてその産卵期がごく短いこと、産卵行動は複数雄と単数雌の形態で行われ、雌は一回で全ての卵を算出することが観察¹⁴⁾ されており、沿岸性及び亜寒帯性海産魚類の生活史の面で酷似していることは興味深い。

産卵を誘起する環境要因に関しては、産卵時刻は昼間の4例を除いて、その多くが日没から夜半過ぎにかけてであり、特に日没直前の16:30から9:00までの間に集中していた。本実験では照度は測定していなかったが、

本種の産卵に適した明るさは、高くともせいぜい日没時か、あるいはそれ以下程度であると考えられる。なお、産卵前の雄の雌に対するflauntingは極めて微弱であるため、ビデオが使用できない日没時、夜間には確認できなかった。しかし、産卵後における雄の一連の追尾行動もこれらの日没後の時間帯に集中していたため、昼間の観察回数よりも頻度は多いものと想像される。また、雌雄の行動関係については、両者の体色や体型に明瞭な相違がみられないことから、現時点ではflauntingが唯一の動的な視覚刺激であることが示唆される。しかし一方では、同じく沿岸域における集団産卵型のニシン *Clupea pallasii* の放卵は、雄の放精に刺激されて起こることも確かめられている¹⁵⁾。また、ハゼ *Bathygobius soporator*¹⁶⁾ やワカサギ *Hypomesus olidus*¹⁷⁾ では卵巣腔液が産卵誘発物質であるとの報告もある。本研究では、視覚刺激のない状態、すなわち暗状態での実験例がなく、その有無について断定はできない。今後こうしたフェロモン様物質に関する生化学的な産卵誘発要因について、その可能性を検討する必要があるだろう。

要約

冬季に産卵場に接岸した成熟親魚を採集し、飼育条件下においてその産卵行動および繁殖特性を調べた。

1. コマイは氷点下あるいはそれに近い水温条件下で、多くの場合日没から夜間にかけて産卵した。
2. コマイの産卵過程において、産卵前の雄同士の威嚇、攻撃による順位形成および産卵時のマウンティングは観察されなかった。また、産卵に際して、雌雄とも底に沿ってbeatingを行いながら雌は1~2分で全卵を水中に放出、拡散させ、雄は雌の放卵より40~50秒ほど遅れて放精した。
3. 産卵時の行動において、雌1尾に対して雄1尾もしくは複数に参加する2つのタイプがみられた。1尾の雄が参加した場合、その雄の体長は雌よりも相対的に大きく、かつ雌の体長は平均よりも小さい傾向にあった。一方、複数の雄が参加した場合は、雄の体長は雌とほぼ同等か、むしろ小さい傾向があった。
4. この飼育下での観察結果と、実際の産卵場で雄が卓越することから、産卵場では複数の雄が参加する産卵様式が一般的と考えられた。また、こうしたタイプの産卵行動に誘発されて、他の雄が次々と産卵する集団婚 (group marriage) が実際の産卵場で行われていると推定された。

謝辞

本研究を実施するに当たり、試料採集等に協力頂いた独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所及び厚岸、根室漁業協同組合の職員の方々に感謝の意を表す。

文献

- 1) 陳二郎・吉田英雄・桜井泰憲：北海道周辺海域におけるコマイの成熟，生殖周期及び産卵期の特徴。北海道立水産試験場研究報告，68，45-64（2005）
- 2) 桜井泰憲：スケトウダラの繁殖生態に関する研究。北海道大学大学院博士論文，1982，207p.
- 3) 桜井泰憲：水槽内におけるスケトウダラの繁殖行動。海洋と生物，24，2-7（1983）
- 4) Brawn, J.H.S.: Aggressive behaviour in the cod, (*Gadus callarias* L.). *Behaviour*, 18, 107-147 (1961a)
- 5) Brawn, J.H.S.: Reproductive behavior of the cod (*Gadus callarias* L.). *Behaviour*, 18, 177-198 (1961b)
- 6) Hawkins, A.D., K.J. Chapman, and D.J. Symonds. : Spawning of Haddock in captivity. *Nature*, 215, 923-925 (1967)
- 7) Hislop, J.R.G., A.P. Robb and J.A. Gould. : Observations on effects of feeding level on growth and reproduction in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* in captivity. *J. Fish Biol.*, 13, 85-98 (1978)
- 8) Sakurai, Y. and Hattori, T. : Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. *Fisheries Science* 62 (2), 222-228 (1996)
- 9) Lauren, C.W. : Spawning and hatching Atlantic tomcod. *The Progressive Fish-Culturist*, 49, 69-71 (1987)
- 10) Robertson, D.R. and S.G. Chout. : Protogynous hermaphroditism and social systems in labrid fish. *Proc. 2nd. Int. Coral Reef Symp.*, Brisbane, 1, 217-225 (1974)
- 11) Douglas, P.M., G.I. Scott and J.M. Dean. : Reproductive behavior of the Atlantic silverside, *Menidia menidia* (Pisces, Atherinidae). *Env. Biol. Fish.*, 6, 269-276 (1981)
- 12) 山岸 宏：現代の生態学。第3版 東京，講談社，1989，214p.
- 13) Bogaevskyy, V.T. : Spawning of Pacific navaga. *Inz. TINRO*, 34, 260-261 (in Russian) (1951)
- 14) 杉山秀樹：“(8) 産卵生態”。ハタハタの生物特性と種苗生産技術。栽培漁業技術シリーズ。8。社団法人日本栽培漁業協会，2002，18-20.
- 15) Stacey, N.E. and A.S. Hourston : Spawning and feeding behaviour of captive Pacific herring *Clupea harengus pallasi*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 489-498 (1982)
- 16) Tavalga, W.N. : Visual, chemical and sound stimuli as cues in the sex discriminatory behaviour of the gobiid fish, *Bathygobius soporator*. *Zoologica*, 41, 49-64 (1956).
- 17) 岡田鳳二・坂井勝信・杉若圭一：ワカサギの生殖行動刺激物質。北海道立水産孵化場研究報告，33，89-99（1978）