

伊勢湾産イカナゴの夏眠期における生き残りと成熟、産卵機構^{*1}

柳橋茂昭・船越茂雄・向井良吉・中村元彦

Mechanisms of the maturation and spawning of Japanese sandeel *Ammodytes personatus* GIRARD in and around Ise Bay with special reference to their survival during the estivation period.

YANAGIBASHI Shigeaki^{*2}・FUNAKOSHI Shigeo^{*3}・MUKAI Ryoukichi^{*3} and NAKAMURA Motohiko^{*3}

Abstract

Rearing experiments and field samplings were carried out to clarify several features of the reproduction of sandeel *Ammodytes personatus* GIRARD in and around Ise Bay. The results were summarized as follows;

(1) Ratios of the estivating sandeel increased in proportion to the increase of the rearing temperature, and most of the fish with enough food started to estivate under the temperature over 21°C. However, those reared under poor food conditions delayed to start estivation.

(2) During the estivation period, since sandeels unfed, their body weights, condition factors and fat contents all linearly decreased as time elapsed from late June to December. The water contents, on the other hand, increased during the same period.

(3) In December, at the end of the estivation period, corresponding to the fall in the bottom temperature below 15~16°C, the gonads rapidly started to develop, and when temperature became below 12°C, they recovered from estivation and thereafter started to spawn in several days.

(4) The survival and maturity rates during estivation were higher in proportion to the amount of nutrients accumulated before estivation. The sandeels with high fat deposits produced more eggs than those with low fat deposits. The minimum threshold of condition factor before estivation for successful reproduction was estimated approximately 4.5.

(5) It was supposed that sandeels obtained their unique life style such as estivation to maintain the body by lowering metabolisms under hot summer conditions and to avoid many predators abundant in this season.

キーワード；イカナゴ，再生産機構，夏眠生態

はじめに

イカナゴは北海道から九州までの沿岸各地に分布し、さまざまな漁業によって漁獲されている。北海道周辺、仙台湾から三陸海域、伊勢湾海域（三河湾を含む）、瀬戸内海の4つが代表的な漁場である。伊勢湾海域に生息するイカナゴ（*Ammodytes personatus* GIRARD）は、鰭条数、脊椎骨数、鰓は数などからみて仙台湾、瀬戸内海、山陰から九州の各地に生息する系統群と同じグループを形成しているが、¹⁾ 他とは独立してこの海域で再生産を行う固有の資源である。²⁾ これら *Ammodytes* 属は、高水温となる夏秋季に砂に潜る夏眠という特異な生態をもっている。この夏眠期をはさんだ成熟と産卵についての研

究は少なく、^{3,4)} また、夏眠期間中の生残率にふれた研究はない。すでに筆者らは、伊勢湾産イカナゴの夏眠生態について報告してきたが、⁵⁾ その後、新しい資料を加え検討した結果、夏眠前の栄養蓄積と夏眠期間中の生残率及びその後の産卵に至る一連の再生産機構について新しい知見を得たので報告する。

材料と方法

(1) 夏眠前の栄養蓄積と生残率、成熟

① 実験区の設定と夏眠前の飼育

飼育実験に用いたイカナゴは1991年4月17日に伊勢湾口（Fig. 1）において船びき網で漁獲した。漁獲したイカナゴは愛知県水産試験場の飼育水槽に収容し、1週間

* 1 平成5年度日本水産学会春季大会において口頭発表した。

* 2 生物生態研究社（元愛知県水産試験場）

* 3 愛知県水産試験場（Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443, Japan）

馴致後、実験に供した。

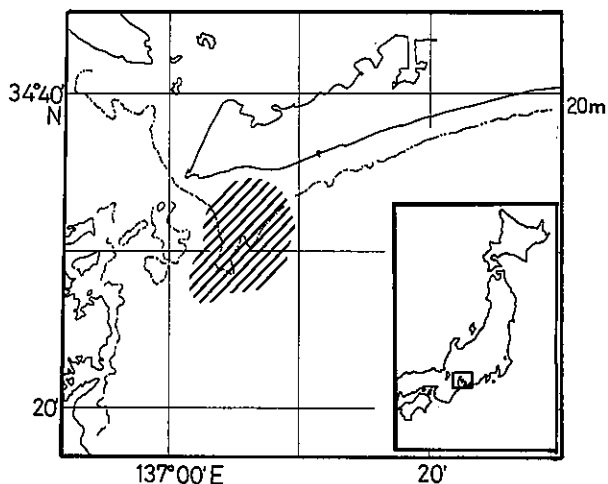


Fig.1 Area where sandeels were collected for the rearing experiments and the analysis of body conditions, 1990-1993.

夏眠前の餌料環境（栄養蓄積）が、夏眠期間中の生き残りと成熟、その後の産卵に与える影響を調べる目的で、10トン水槽（縦×横×深さ：6×1.7×1.2m）を用いた飼育実験を行った。十分量給餌区、1/2量給餌区、無給餌区（砂床コンテナ3個設置）、無給餌区（砂床コンテナなし）の4実験区を設定した。各水槽へのイカナゴ収容尾数は、十分量給餌区650尾、1/2量給餌区110尾、無給餌区については、それぞれ70尾であった。

給餌期間は、1991年4月24日から6月15日の53日間、その後は無給餌で飼育した。十分量給餌区には、1日1個体あたり体重の5～10%の配合飼料を給餌、1/2量給餌区では、体重の2～5%を給餌した。水温が20℃を越えた6月15日に、それ以前と比べて摂餌活動に変化は見られなかったものの、体重の減少が明らかになったため、水槽内に砂床コンテナ（縦×横×深さ：43×30×14cm）をそれぞれ3個設置し潜砂を促した。コンテナに

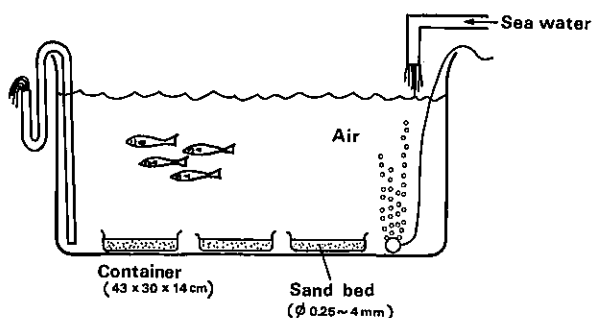


Fig.2 Schematic diagram of the rearing system.

は粒径0.25～4mmの砂を5～6cmの厚さに敷いた。飼育水槽の注水量は2時間で1回転量、通気はエアストーンで行った。以上の飼育実験のイメージをFig.2に示した。

飼育実験における夏眠開始日及び夏眠終了日は、それぞれ収容個体数の半数が潜砂生活及び遊泳生活に移行した日と定義した。また、後述する天然魚の体成分の分析調査では、空釣り調査で採集された潜砂中の個体は全て夏眠魚とした。

② 生残率と成熟、抱卵数

夏眠期間中の生残率は、ほぼ毎日へい死個体を確認し、これを積算して求めた。夏眠終了時の成熟状況は、最大13尾の雌の卵巣について調べ、生殖腺熟度指数（生殖腺重量/体長³×10⁴）を計算した。成熟率は、成熟個体/生残個体×100で計算した。また、抱卵数は、卵黄蓄積が完了し、卵内が透明で油球が確認できる状態（完熟状態）で計数した。

(2) 夏眠中の体成分の変化

体成分の分析に用いた天然イカナゴは、1990年5月から1991年1月及び1992年6月から1993年1月の期間に、伊勢湾口において採集した（Fig.1）。

このうち1990年5月、12月及び1991年1月、1992年6月、12月及び1993年1月の夏眠前及び夏眠後のイカナゴは、船びき網で採集し、また、1990年6月から11月及び1992年7月から11月の夏眠期間中のイカナゴは、全て空釣りで採集した。採集したイカナゴは、研究室に持ち帰り、100尾について体長、体重、生殖腺重量を測定し、20尾について粗脂肪量を測定した。

乾燥重量は、105℃で5時間乾燥機で乾燥させた後、重量を測定した。水分含有量は、湿重量から乾重量を差し引いてもとめた。肥満度は、（湿重量/体長³）×10³により、また、生殖腺熟度指数は、前述の式により計算した。粗脂肪量はエーテルで16時間抽出してもとめ、粗脂肪量係数は、（粗脂肪量/体長³）×10⁴により計算した。

(3) 通気の有無による卵のふ化率

100リットルのバンライト水槽2つに、飼育中のイカナゴ親魚が産卵した卵をそれぞれ2,570個体、2,000個体収容し、エアレーションの有無による卵のふ化率を実験した（1992年1月）。実験中の卵は、へい死によって徐々に減少していったので、ふ化率を調査するたびに総卵数を計数し、調査日ごとにふ化率を計算した。

結 果

(1) 夏眠前の栄養蓄積と砂床設置後の潜砂行動

十分量給餌区では砂床設置の2日後(6月17日)には大部分の個体(50%以上)が潜砂し、1週間後(6月23日)には全ての個体が潜砂したが、1/2量給餌区では2週間後(7月1日)でも50個体(約50%)の群泳がみとめられ、全個体の潜砂確認は1ヶ月後と遅れた。また、1/2量給餌区では、水温が23℃台となった7月中旬まで、給餌すると砂中から外に出て摂餌行動を行う個体がみとめられた。このように潜砂行動には、潜砂前の栄養蓄積と密接な関係がみとめられた。

(2) 夏眠前の栄養蓄積と夏眠中の生残率, 成熟率, 抱卵数

飼育期間中の餌料転換効率は、19.0~36.1%で、配合飼料給餌としては低い値であった。各実験区別の夏眠開始時の肥満度と夏眠期間中の生残率及び成熟率、抱卵数の関係をTable 1に、また、各実験区別の生残率の時間的推移をFig. 3に示した。

十分量給餌区の群の夏眠前の平均体長は9.1cm、肥満度は90%以上が4.5以上であった(平均4.91)。この群の夏眠期間中(1991年6月17日から1992年1月4日)の生残率は96.4%と高く、全個体で生殖腺が発達した(成熟率100%)。また、雌の生殖腺熟度指数は10.2~14.4と高く、平均抱卵数も4,185粒と多かった。

1/2給餌区の群の夏眠前の平均体長は8.5cm、肥満度は60%以上が4.5以上であったが、4.0%未満が10%

弱、4.0~4.5が30%弱いた。この群の夏眠期間中(1991年7月1日から1992年1月上旬)の生残率は80.9%、成熟率は68.3%、平均抱卵数は3,426であった。一連の生残率調査時の観察から、へい死個体は、夏眠前の肥満度が4.0未満の全個体及び肥満度4.0~4.5の個体であった。また、成熟しなかった個体はいずれも肥満度の低い個体であった。へい死時期は、飼育水温が26℃を越えた8月中旬から9月上旬に集中していた。

無給餌個体の生き残りには、砂床の有無が大きく関係し、6月15日までの間に砂床なしの区は衰弱により全滅したが、砂床設置区の生残率は43%と高かった。しかし、この砂床設置区のイカナゴの夏眠期間中の生残率は、最終的にはわずか1.4%で、成熟個体はいなかった。

このように夏眠前の栄養蓄積と夏眠期間中の生残率、成熟、抱卵数の間には明瞭な関係がみられた。

(3) 夏眠期間中の生殖腺の発達過程と夏眠覚醒及び産卵時期

十分量給餌区のイカナゴの観察から以下のような結果が得られた。生殖腺は生後4~5ヶ月後の個体から認められ、10月下旬まではほとんど発達しないが、11月に入り水温が20℃以下に低下するとともに卵黄蓄積がはじまり、卵径、生殖腺重量が増加した(Fig. 4)。これに対応して消化管周辺に蓄積されていた脂肪は次第に減少した。

卵径は、卵黄蓄積が始まる10月下旬までは60~80μ

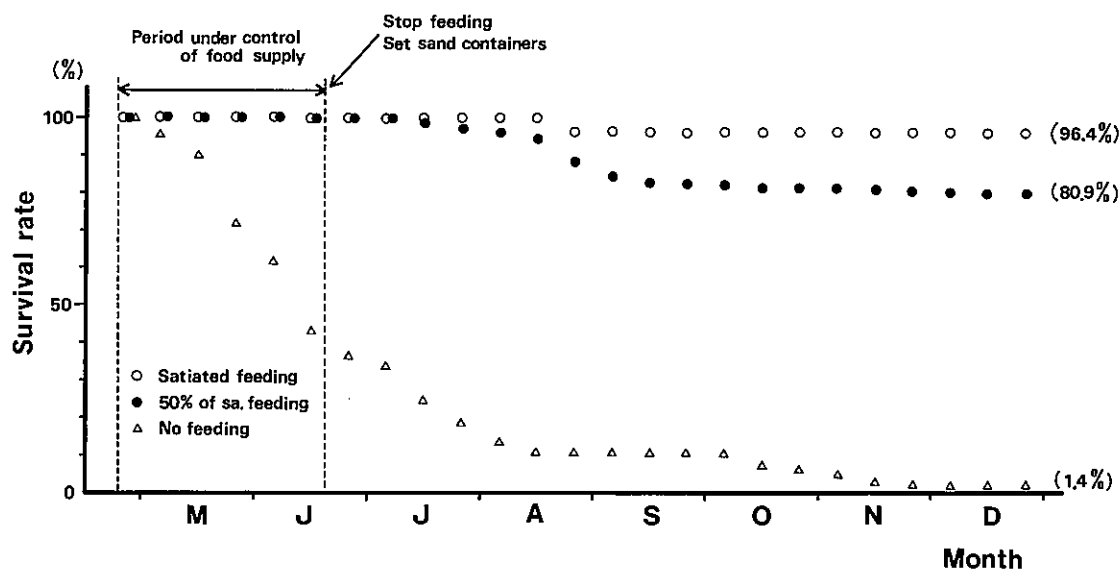
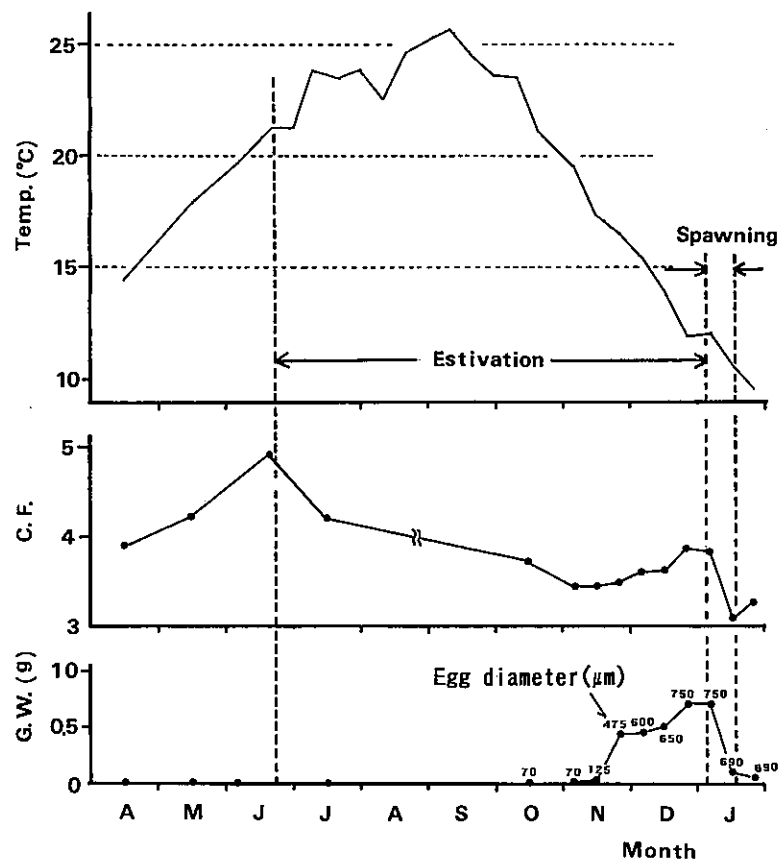


Fig.3 Relationship between feeding amounts before estivation and survival rates of sandeels during estivation period, 1991.

Table 1. Mean survival rates during estivation period and mean maturity rates after estivation of sandeels in relation to their feeding amounts and mean condition factors before estivation, 1991-1992.

	No feeding (n=70)	50% of satiated feeding (n=650)	Satiated feeding (n=110)
Mean body length before estivation	—	8.5 (7.2~9.5)	9.1 (8.0~9.5)
Mean body weight before estivation	—	2.82	3.70
Class of mean condition factor before estivation			
~4.0(%)		9.4	0.0
4.0~4.5		28.1	6.7
4.5~5.0		59.1	76.6
5.0~		3.1	16.7
Estivation period	—	Jul. 1 1991~Jan. 1992	Jul. 17 1991~Jan. 4 1992
Survival rate(%)	1.4	80.9	96.4
Maturity rate after estivation(%)	0.0	68.3	100.0
Mean maturity coefficient	—	5.5~13.8	10.2~14.4
Mean fecundity	—	3,426	4,185

**Fig.4** Estivation period, changes of mean condition factors, developments of gonads and egg diameters of female sandeels in relation to the seasonal changes of temperature in the rearing experiment, 1991-1992.

これが11月上旬には100~150 μ , 11月中旬には400~600 μ , 12月中~下旬には720~780 μ となり, 完熟状態となった。

雌の生殖腺は, 12月中旬までは横這い状態, その後急速に発達し, 潜砂状態のまま12月下旬(水温12℃台)に

は生殖腺熟度指数は最大値12に達した (Fig. 5)。1月上旬の産卵後には, 生殖腺熟度指数は急速に低下した。

雄の生殖腺は雌よりも早くから発達し, 雌と同じ12月下旬に生殖腺熟度指数は最大値約8.5に達した後急速に低下した (Fig. 6)。

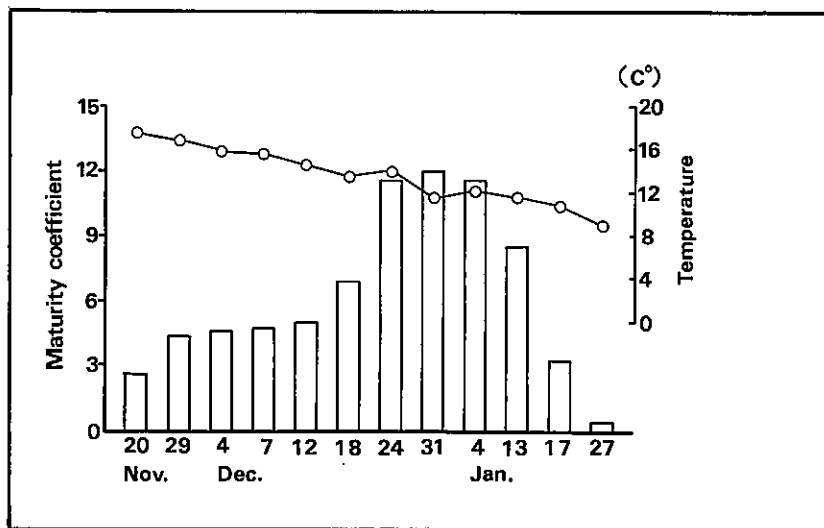


Fig.5 Changes of maturity coefficient of female sandeels in the rearing experiments, 1991-1992.

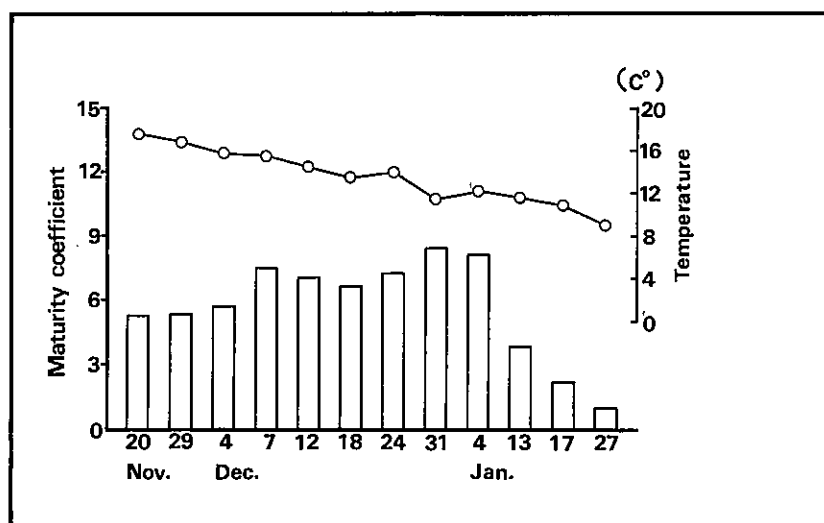


Fig.6 Changes of maturity coefficient of male sandeels in the rearing experiments, 1991-1992.

飼育魚が砂中から出て遊泳行動が最初に確認されたのは12月31日で、1月4日には半数以上の遊泳行動が確認された。

夏眠終了時の水温は12℃台で、夏眠後期の生殖腺は完熟状態にまで達していた。そして水温が12℃を切った1月9日の夕方に、最初の産卵が行われ、早朝まで断続的に続いた。イカナゴの産卵は、まず濃い密度のコンパクトな群を形成し、砂床の直上を巡回しつつ、砂に腹部をこすりつけるような行動が目立った後に一斉放精が見られ、砂床の周囲は精子により白濁した。産卵密度は88万粒/m² (88粒/cm²) とかなり高密度であった。産卵は1月上旬から中旬まで続いた (産卵水温10~12℃)。

摂餌行動は、夏眠覚醒後砂中から出て遊泳を開始するとともに始まったが、より活発な摂餌行動は、産卵終了後に始まった。

(4) 夏眠中の体成分の変化

① 1990年 (天然魚)

夏眠調査及び漁業者の漁獲情報から、この年の夏眠期間は、6月下旬から11月下旬と推定された。体成分の分析を行ったイカナゴは、当歳魚の早生まれ群であった5月を除き、体長10~11cmの当歳群であった (Fig. 7)。

夏眠期間中の乾重量、肥満度、脂肪含有率の平均値は、それぞれ1.5から0.9g、4.2から3.6、4.8から3.0へと、

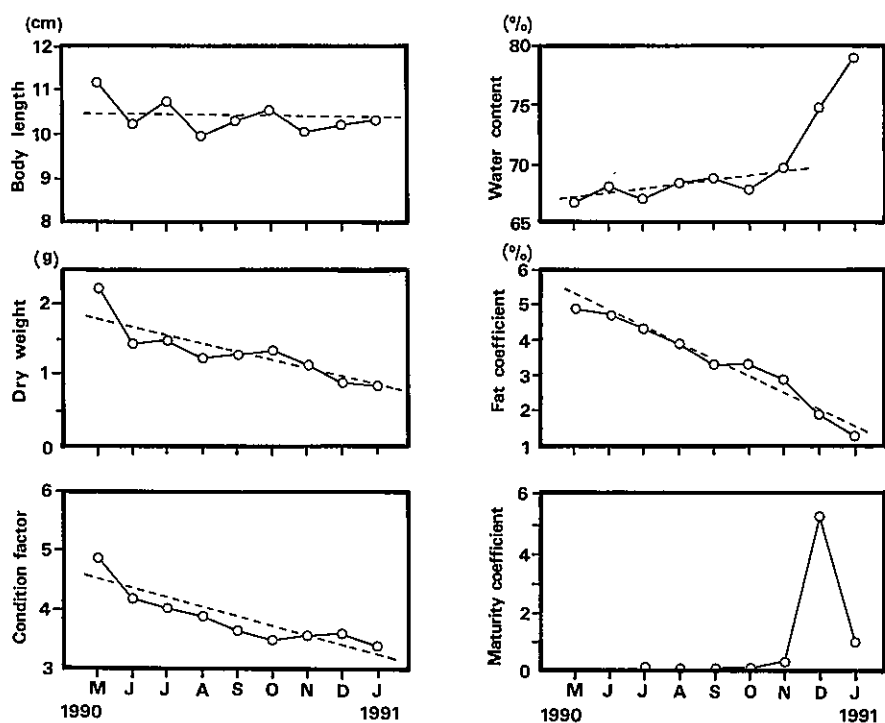


Fig.7 Changes of the parameter of body conditions of sandeels under estivation collected by angling without bait (Buntinkogi), 1990.

ほぼ直線的に減少した。ただし、肥満度は、夏眠終了前の11月頃からやや増加し、夏眠覚醒直後の12月に弱いピークを形成した。脂肪含有率は、10～11月に一時的に増加し、肥満度同様、夏眠終了期に微妙に変化した。

水分含有率は、6月の68%から11月には70%まで直線的に増加し、夏眠が終了した12月には75%まで急激に増加し、1月には79%までになった。水分含有率の増加は、乾重量、肥満度、脂肪含有率の減少と対応していた。

こうした体成分の変化と対応して生殖腺熟度係数（雌雄平均値）は、10月までは、ほぼ0だったが、11月からやや増加傾向を示し、12月の夏眠終了前後をはさんで急激に増加した。この間、11月の0.3から12月には5.3になった。夏眠開始時の平均肥満度は4.2と低かったが、12月には多数の成熟個体が出現した。

② 1992年（天然魚）

1992年の夏眠期間は、夏眠調査及び漁業者の漁獲情報から6月下旬から11月下旬～12月上旬と推定された。

この年は、体長8cm前後の当歳魚と体長13cm前後の1歳魚が採集できたので、異なる年齢群について体成分を分析した（Fig. 8）。

夏眠開始時の平均肥満度は、当歳魚で3.3、1歳魚で3.7と例年（4～5）に比べ低かった。肥満度は、当歳

魚、1歳魚ともに減少したが、当歳魚の減少率はきわめて小さかった。夏眠覚醒後の12月には、当歳魚の肥満度は夏眠開始時よりも高い3.5まで増加した。胃内容物の観察結果によれば、これらの当歳魚は、コペポダを飽食していた。一方、1歳魚の肥満度は、1月まで引き続き減少したが、12月の標本が入手できなかったために、ピーク出現の有無は確認できなかった。

水分含有率と脂肪含有率の増減傾向は、1990年とほぼ同様だったが、水分含有率は1990年に比べ2～3%高かった。これは肥満度から明らかなように、この年のイカナゴの栄養状態が悪かったことと対応している。

当歳魚の生殖腺熟度係数（雌雄平均値）は、ほぼ1990年と同様12月にピークを示したが、平均値は4.1と1990年の平均値5.5に比べ小さかった。しかし、夏眠開始時の平均肥満度が3.3と異常に低かったにもかかわらず、12月には成熟個体が出現した。この年は夏眠からの覚醒が早く、夏眠覚醒後の摂餌活動によって肥満度を回復した結果、成熟個体の平均肥満度は3.5と夏眠開始時に比べ高かった。

考 察

伊勢湾産イカナゴの夏眠期間は、水温が21℃を越える

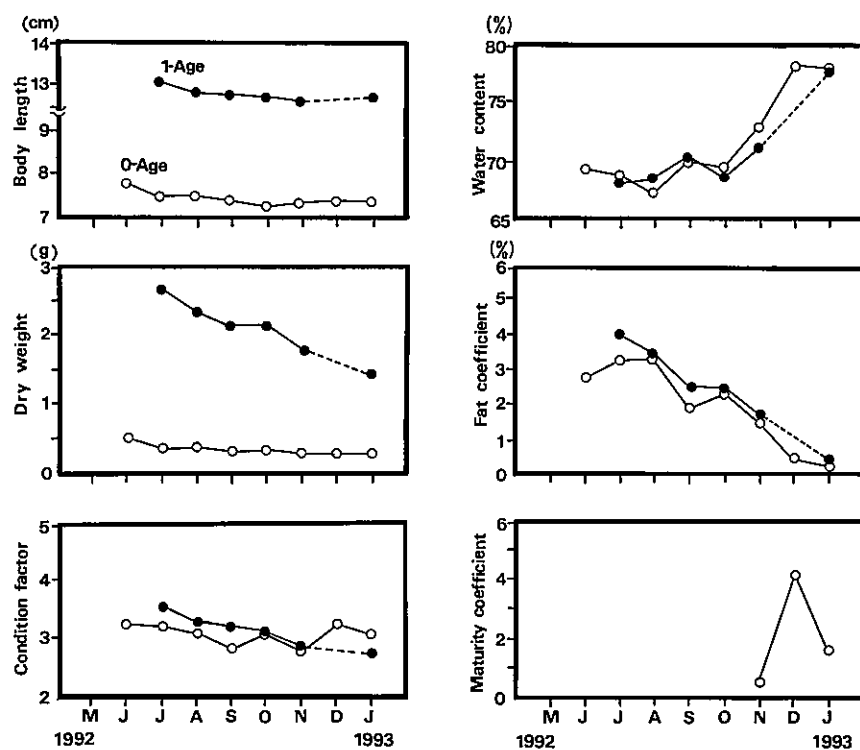


Fig.8 Changes of the parameter of body conditions of sandeels under estivation collected by angling without bait (Buntinkogi), 1993.

6月下旬から12月上旬の約5ヶ月であった。これは瀬戸内海明石海峡付近における6、7月から11、12月とほぼ同時期である。⁹⁾ 一方、仙台湾系群、三陸系群では、夏眠期間は、水温が15℃を越える7月中下旬から12月上旬の約4ヶ月であり、³⁾ 当海域に比べて約1ヶ月短い。また、夏眠開始水温は伊勢湾産イカナゴの方が約6℃も高い。

飼育実験によると、夏眠開始時期は夏眠前の栄養蓄積が少ないほど遅かった。イカナゴは夏眠中には摂食活動をほとんど行わないので、夏眠中における生存のための基礎代謝と後述する夏眠末期の生殖腺の発達エネルギーの多くを夏眠前の栄養蓄積でまかなわなければならない。そのために夏眠前の脂肪量は急激に増加する。⁷⁾ しかし、こうして蓄積されたエネルギーは、夏眠中の約5ヶ月に徐々に減少していく。肥満度、脂肪含有率の傾向的低下は、こうしたプロセスをよく表している。

夏眠前の栄養蓄積と夏眠中の生残率の間には明瞭な関係が見られた。1991年の飼育実験によれば、夏眠前に十分に給餌した体長8～9cmの個体では、夏眠終了までに96.4%が生残り、夏眠開始時の肥満度が4.5以上であれば、ほとんどの個体が成熟し、産卵するとともに、給餌量の多い個体ほど平均抱卵数も多かった。この高い生残率がけっして過大でないことは、天然海域で行った空

釣調査結果からも示される。すなわち、この年に同一夏眠場所で7月と11月の採集量を比較したところ減少率は、7月の100に対して11月は86であった。これを生残率86%と読みかえると、この数値は、十分量給餌区の96.4%と1/2給餌区の80.9%のほぼ中間値となる。

夏眠開始時の肥満度が4.0以下の個体では、夏眠中のへい死率は高く、また、肥満度が4.0～4.5では夏眠中のへい死率は低いものの、生殖腺の発達は弱く、再生産に参加する個体の割合は低かった。これらの結果は、伊勢湾産イカナゴでは、夏眠期間中の生残、成熟、その後の産卵を安定して乗り切るための夏眠開始時の肥満度閾値の目安は約4.5と考えられる。ただし、肥満度は体長が大きくなるほど大きな値をとる傾向があるので、⁹⁾ この数値は今回の実験に用いた体長8～9cmの個体の場合に限定する必要がある。例えば平均体長約7.3cmのイカナゴでは、夏眠中の生残り及び成熟のための夏眠開始時肥満度閾値は、それぞれ3.2、4.2と今回の値よりも小さい。⁹⁾ 一方、1990年の天然群の調査結果では、夏眠開始時の平均肥満度が4.2（平均体長10.2cm）でも多くの成熟個体がみられ、また、1992年の場合には、平均体長8cmと小型であったものの夏眠開始時の平均肥満度が3.3（平均体長7.8cm）と異常に低かったにもかかわらず成熟個体がみられた。ただし、1990年及び1992年の12月の

生殖腺熟度指数のピークは4.7, 4.2と1991年の飼育実験魚(十分量給餌区)の10以上に比べ1/2以下と低かった。天然群の調査では、必ずしも同一群を追跡しているわけではないので、夏眠開始時期に採集した個体の肥満度と夏眠後の成熟個体を安易に関連づけることは危険であるが、これら天然群の調査結果は、イカナゴがかなり栄養状態の悪い場合でも、再生産に参加する生理的機構を備えている可能性を示唆している。イカナゴは、餌料環境が悪い場合には、体成長を犠牲にして摂取した栄養を脂肪蓄積に回し再生産に参加する機会を高める傾向のあること、⁹⁾ また、脂肪蓄積においてはリン脂質の蓄積量が重要であることが指摘されているが、¹⁰⁾ 成熟機構の詳細についてはよくわかっていない。イカナゴの成熟にはさまざまな環境条件、生理・生態的条件が関与し、成熟のための肥満度閾値も年によって変化している可能性もあり、これらは今後の研究課題である。なお、このような閾値は系統群によって異なり、仙台湾系群では3.9、三陸系群では5.0以上⁴⁾ と推定されている。

1992年のように低い肥満度の年は稀であるが、餌料プランクトン生産が低い年や大発生による密度効果で1個体あたりの餌の量が少ない場合には、肥満度が低下し成熟個体が少なくなり、産卵数も減少し、当歳魚が不漁になることが考えられる。この点を近年のデータからみると、大発生した1992年の当歳魚の夏眠前の平均肥満度は3.3と極端に低く、100億尾以上の未成魚が夏眠に入ったものの、翌年の当歳魚発生数は約300億尾と少なかった。一方、1991年は、当歳魚の夏眠前の平均肥満度は約4.6と高く、夏眠に入った未成魚は24.3億尾と少なかったものの、翌年の当歳魚発生数は約800億尾と多かった。この両年は極端な場合ではあるが、夏眠前の肥満度がいかに重要であるかを示している。

夏眠期間中の肥満度の減少割合は年によって変化した。1990年の天然魚では、4.2から3.6へと14.3%減少し、1991年の飼育魚では、4.6から3.4へと26.1%減少した。また、1992年の当歳魚では3.3から3.0へと9.1%、1歳魚で3.7から3.0へと18.9%それぞれ減少した。全体として肥満度の減少割合は、夏眠前の肥満度が大きいほど大きくなる傾向があった。これらの値は、仙台湾系群、三陸系群の約50%⁴⁾ と比べると約1/2以下であり、天然魚に限ればさらに小さい。

夏眠期間中の肥満度は、夏眠末期の生殖腺の発達に対応して一時的に増加することが、共通してみとめられた。このような一時的増加は、乾重量では見られず、水分含有率でみられたことから、生殖腺が発達する際の吸水現象に対応していると考えられる。

イカナゴが夏眠から醒めていくプロセスは生殖腺の発達と密接な関係がある。1991年から1992年にかけての飼育実験の観察結果では、生殖腺は、水温が15~16℃以下に下がるとともに急激に発達し、約1ヶ月後に完熟状態となることを契機に夏眠から醒め、その後、水温の12℃以下への急激な低下を契機にして産卵行動に移った。このような生殖腺の発達は、水温を通じた環境からのシグナルによって誘発されていると考えられる。一方、1992年の飼育実験の観察結果では、この年の夏眠魚の肥満度は異常に低かったために夏眠からの覚醒が早く、夏眠覚醒後に生殖腺は急激に発達した。このように両年では夏眠覚醒時期と生殖腺の急激な発達のタイミングにはずれがあり、水温以外に夏眠魚の栄養状態も、夏眠覚醒時期や生殖腺の発達に関係していることが推察される。

雄の生殖腺は雌よりも早くから発達したが、雌雄とも生殖腺熟度係数は12月下旬にピークに達し、ほぼ同時期に砂中から出て遊泳行動を開始した。このような雄性先熟は瀬戸内海、¹¹⁾ 三陸³⁾ でも観察されている。

卵のふ化に要する日数は水温と密接に関係することが知られ、¹²⁾ また、ふ化の誘発には光が関与していることが知られているが、⁹⁾ 今回の実験では、さらに発眼卵からのふ化率は水の動きと関係し、通気の有無によって大きな差がみられた(Table 2)。このことは長期期間にわたる季節風の持続とそれによる海水の鉛直混合や海底付近での擾乱の発達などが、卵の一斉ふ化を促している可能性を示唆する。季節風の発達は、表層域において湾内から外海方向への吹送流を発達させ、その補流として中層域では内湾方向への流れを発達させると考えられるので、一斉ふ化によって海底から離脱したイカナゴ仔魚の湾内への補給にとって有利と考えられる。また、湾口域の流れでは、潮汐成分も大きいので卵のふ化が潮汐周期に同調している可能性もあり今後の研究課題である。

Table 2. Hatched rates of eggs in relation to rearing conditions, aerated or not aerated, 1991.

Rearing condition	Hatched number of eggs		
	28 Jan.	29 Jan.	30 Jan.
Aeration	790	880	900
(% Cumulative)	(30.7)	(65.0)	(100.0)
No aeration	28	40	64
(% Cumulative)	(1.4)	(3.4)	(6.6)

イカナゴの再生産は夏眠という特異な生態と深く結びつき、しかも翌年の再生産の良否は、6~7月の夏眠前

の栄養状態と関係していることが明らかになった。イカナゴがこのような夏眠という特異な生態をもつに至った理由としては、次の2つの点が考えられる。1つは、代謝上の問題である。飼育実験によれば、イカナゴは、水温が20℃を越えると摂餌しても体重は減少していく。このことは、夏季の高水温条件下では、基礎代謝が大きくなるため摂餌によって基礎代謝を上回るエネルギーを獲得することが困難となり、遊泳活動をすることは、体力を著しく消耗させるものと考えられる。

2つ目は、食害による減耗回避という再生産上の問題である。イカナゴは、魚類群集中において多くの魚食性魚類の餌料生物となっている。冬春季の伊勢・三河湾及び遠州灘海域においては、ブリ、カレイ・ヒラメ類、カサゴ類、メバル、アイナメなどの消化管内から見つかることが多い。イカナゴにとって冬春季は再生産を行うための活動期であるので、これら魚食性魚類との出会いは不可避であるが、夏秋期には、極力身を隠し、種類数、現存量ともに豊富な魚類群集との遭遇を回避し、食害による減耗を回避することが、次の年の再生産のために有利であると考えられる。

夏眠前の餌料環境が極端に悪化しない限り夏眠中のイカナゴの生残率は80%以上であるという今回の飼育実験の結果は、ある一定水準の未成魚を夏眠前に残すなど、適切な漁業管理を行えば、翌年の産卵群の大きさを制御できる可能性を示している。実際、伊勢湾のイカナゴの資源管理では、毎日、湾内の残存尾数をモニタリングしながら、終漁日を決定し、翌年、20億尾前後の産卵親魚を残すようにしている。²⁾ 今後は、さらに夏眠前の体長や栄養状態及び親魚の年齢とそれらに関連した夏眠中の生残率、夏眠後の成熟率、産卵数などを考慮したきめの細かい資源管理が必要である。

要 約

伊勢湾産イカナゴの再生産機構を明らかにする目的で飼育実験及び天然海域での夏眠魚調査を行った。夏眠前に十分量給餌区、1/2給餌区、無給餌区の3つの実験区を設け、夏眠への移行時期、夏眠期間中の生残率と成熟、産卵との関係を観察した。また、天然魚について夏眠期間中の体成分の分析を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

・潜砂率（潜砂個体数／水槽収容個体数×100）は水温上昇に比例して高くなり、水温21℃を越えるとほとんどの個体が夏眠に入った。しかし、夏眠前の栄養状態

がわるい個体ほど夏眠への移行は遅れた。

- ・イカナゴは、夏眠期間中は摂餌しないために、体重、肥満度、脂肪量は、ほぼ直線的に減少し、水分含有率は逆に増加した。
- ・水温15～16℃以下への低下を契機にして生殖腺は急速に発達し、また、雄の生殖腺は雌よりも早くから発達した。水温が12℃台に下がり、生殖腺が完熟状態に達すると夏眠から覚醒し、12℃以下への急激な水温低下を契機に産卵した。
- ・夏眠前の栄養蓄積量が多い個体ほど、夏眠期間中の生残率と成熟率は高く、抱卵数も多かった。夏眠期間中の生残、成熟、その後の産卵を安定して乗り切るための夏眠開始時の肥満度閾値の目安は4.5であった。
- ・イカナゴが夏眠という特異な生態をもつに至った理由として代謝上の問題と食害による減耗回避という再生産上の問題が考えられた。

文 献

- 1) H.Hashimoto (1984) Population structure of the sandeel around Japan. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 50 (8), 1357-1365.
- 2) 船越茂雄 (1996) 伊勢湾イカナゴ資源の管理. 全漁連資源管理型漁業手引きシリーズ5, pp57.
- 3) 児玉純一 (1980) 宮城県沿岸に生息するイカナゴの系群構造と資源生態. 宮城県水試研報, 10, pp41.
- 4) 鶴田義成・大関芳沖 (1991) 仙台湾におけるイカナゴの再生産力の評価. 東北海域におけるイカナゴの生態と資源, 77-82.
- 5) 船越茂雄・向井良吉・中村元彦・柳橋茂昭 (1993) 伊勢湾産イカナゴの夏眠生態. 日本水産学会春季大会講演要旨集, 310.
- 6) 反田 実・日下部孝之・中嶋昌紀・佐野雅基・青木隆一 (1993) 明石海峡周辺における夏眠期イカナゴの分布. 平成5年度水産学会春季大会講演要旨集, 108.
- 7) H. Sekiguchi, M.Nagoshi, K.Horiuchi and N.Nakanishi (1976) Feeding, fat deposits and growth of sandeels in Ise Bay, central Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42 (8), 831-835.
- 8) 山田浩且・久野正博・池田 正・石川貴朗 (1994). 資源管理型漁業推進総合対策事業-III, 管理計画策定調査. 平成5年度三重県水産技術センター事業報告, 73-78.
- 9) 山田浩且 (1994) 伊勢湾におけるイカナゴ. 水産学シリーズ, 98, 109-121.
- 10) 南 勝人・山田浩且・萩田健二 (1994) イカナゴの夏眠期と成熟における脂質の役割について. 平成5年度三重県水産技術センター事業報告, 79-81.
- 11) 岩井昌三・森脇胖二 (1976, 83) イカナゴ調査. 兵庫水試事業報告, 45-49.
- 12) 井上 明・高森茂樹・国行一正・小林真一・仁科重己 (1967) イカナゴ漁業の生物学的研究. 内海区水研報, 25, pp335.

