

シロギス卵の卵質評価に関する研究

近藤 茂則, 吉岡 基, 柏木 正章*

(2000年7月21日受付, 2001年4月4日受理)

三重大学生物資源学部

A Study on the Egg Quality Assessment of Japanese whiting *Sillago japonica*

Shigenori Kondo, Motoi Yoshioka, Masaaki Kashiwagi*

Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu 514-8507, Japan

To evaluate the validity of indicators for egg quality assessment of Japanese whiting *Sillago japonica*, such as floating rate, neutral buoyancy salinity (NBS), and total egg osmolarity, these variables were measured on the eggs during the spawning season in 1995 and 1999, then the relationships between these variables and viable hatching rate of the eggs were examined. No correlation was detected between floating rate and hatching rate in both years ($r = -0.03$ and $r = -0.04$). In 1995 hatching rate significantly correlated with both NBS ($r = -0.87$) and osmolarity ($r = -0.79$), but not in 1999 ($r = -0.04$ and $r = -0.12$). These arranged data in both years showed that the eggs with NBS higher 28 PSU and osmolarity higher 480 mOsm/kg were low in hatching rate. It is, therefore, concluded that both NBS and osmolarity are the indicators available for assessing egg quality of *S. japonica*.

キーワード：卵質評価, 卵, ふ化率, 浮上卵率, 比重, 浸透圧, シロギス

魚類の種苗生産においては、質の良い卵と悪い卵を判別し、良質卵だけをふ化管理することが重要であり、それには適切な卵質評価指標の発見とそれによる評価手法の確立が望まれる。指標としては、卵の受精率、発眼率、ふ化率、大きさ、比重、pH、色調、および卵膜などの形態異常などが考えられているが、¹⁻³⁾ 卵質評価は産卵直後に簡便かつ正確に測定できるものが望ましいという条件からすれば、いずれの指標にも一長一短がある。このなかで、多くの有用海産魚類が産出する浮性卵については、海水との相対的な比重の違いによって決まる浮上卵率が有効な指標として広く利用されている。²⁻⁴⁾ しかしながら、シロギス *Sillago japonica* では、浮上卵率と総ふ化率の間には相関関係が認められていない。⁵⁾ また、イサキ *Paraplistipoma trilineatum* では、産卵親魚のグループによって、浮上卵率とふ化率の間に相関のある時と無い時がある⁶⁾ など、魚種によっては、浮上卵率は指標として有効でない場合がある。そこで、本研究では、浮上卵率の有効性を検討するとともに、さらに有効な指標を見出すことを目的として、シロギス卵を用い、卵の浮力に関する浮上卵率、比重(中立浮力塩分)、

および全卵の浸透圧を測定し、これらと卵質そのものを示す指標の1つである正常ふ化率との間の相関関係について検討した。

材料および方法

1995年と1999年の6月中旬～7月上旬に、三重県英虞湾から釣獲したシロギス親魚を同湾にある三重大学生物資源学部附属水産実験所の屋外コンクリート水槽(縦2.0 m×幅1.5 m×深さ0.5 m)で飼育し、自然産卵させた。飼育した親魚は、1995年が雌15尾(体長121-203 mm, 体重20.6-85.1 g)と雄15尾(130-156 mm, 24.2-44.7 g)、1999年が雌19尾(134-200 mm, 27.2-77.7 g)と雄18尾(110-176 mm, 23.5-60.5 g)であった。給餌は冷凍オキアミを1日1回(14時)飽食するまで行った。供試卵はオーバーフロー排水口に設置した集卵ネットによって産卵後30分以内に採集した。前報⁷⁾では、卵の比重と浸透圧は発生に伴って変化することがわかったので、本研究では、浮上卵率、比重、および浸透圧の測定はすべて1細胞期の卵について行った。水温と塩分(東亜電波, CM-8ET型電導度計)は

* Tel : +81-59-231-9525, Fax : +81-59-231-9523, E-mail : kashiwagi@bio.mie-u.ac.jp

毎日の給餌時と産出卵の採集時に観測した。

浮上卵率は、採集した卵を円筒状の容器に移して10分間静置し、浮上している卵の割合を体積比によって求めた。卵の比重は、May⁸⁾の方法と同様に、中立浮力塩分（以下、NBS）を測定した。すなわち、塩分を0.5間隔に調整した20～35の海水各50 mLを入れた径30 mmの試験管に、卵50～100個を投入して10分間静置し、各試験管内の供試卵の80%以上が底に沈下せずに浮遊している試験管のうちで塩分が最も低いものをNBS（単位PSU）とした。浸透圧は、Lønning and Davenport⁹⁾の方法と同様に、卵全体について測定した。すなわち、濾紙とキムワイプによって卵表面の海水を除去したもの500～1000個をマイクロテストチューブに入れてガラス棒で入念に圧縮潰卵した後、3000 rpmで30分間遠心分離し、細胞、卵黄、および卵腔液の各成分からなる混合上澄み液50 μ Lを採取して浸透圧を測定した（オリオン、オズモトロン5型）。測定はいずれも2回ずつ行い、両者の値にほとんど差がないことを確認して平均値を求めた。

正常ふ化率は、浮上卵30～50粒を径30 mmの試験管に入れて産卵水温と同じに調節した恒温水槽内でふ化させ、次式によって計算した：（ふ化仔魚総数－奇形個体数）/（供試卵数） $\times$ 100（%）。ここで、奇形個体とは、

脊索または尾部が顕著に湾曲、屈曲、あるいは萎縮していたもので、これらは自然環境下においては生存できないものと推定された。これに対して、脊索と尾部が直線的によく発達した個体を正常とした。

結果および考察

産卵の一般状況 1995年と1999年の産卵期間中の水温、塩分、および雌1尾当たり産卵数をFig. 1に示した。1995年の産卵は7月12日から9月5日までの57日間のうち50日行われた（Fig. 1-A）。雌1尾1日当たりの平均産卵数は3,037個であった。この期間中の水温と塩分はそれぞれ21.5～26.0°C（平均23.6°C）と32.7～34.4（平均33.7）であった。1999年は6月30日から10月3日までの96日間のうち70日行われた（Fig. 1-B）。雌1尾1日当たりの平均産卵数は4,047個であった。水温と塩分はそれぞれ22.0～29.8°C（平均26.7°C）と29.3～33.3（平均31.8）であった。

英虞湾における1983年、1986年、および1988年の本種の産卵期は6月下旬または7月上旬～9月下旬または10月初旬であった。¹⁰⁻¹²⁾ 水温は、1983年では22.9～30.5°C,¹⁰⁾ 1986年では23.8～31.0°C,¹¹⁾ および1988年では25.4～30.0°C¹²⁾であり、塩分は、1983年では28.0～33.6¹⁰⁾および1986年では25.3～34.0¹¹⁾であった。した

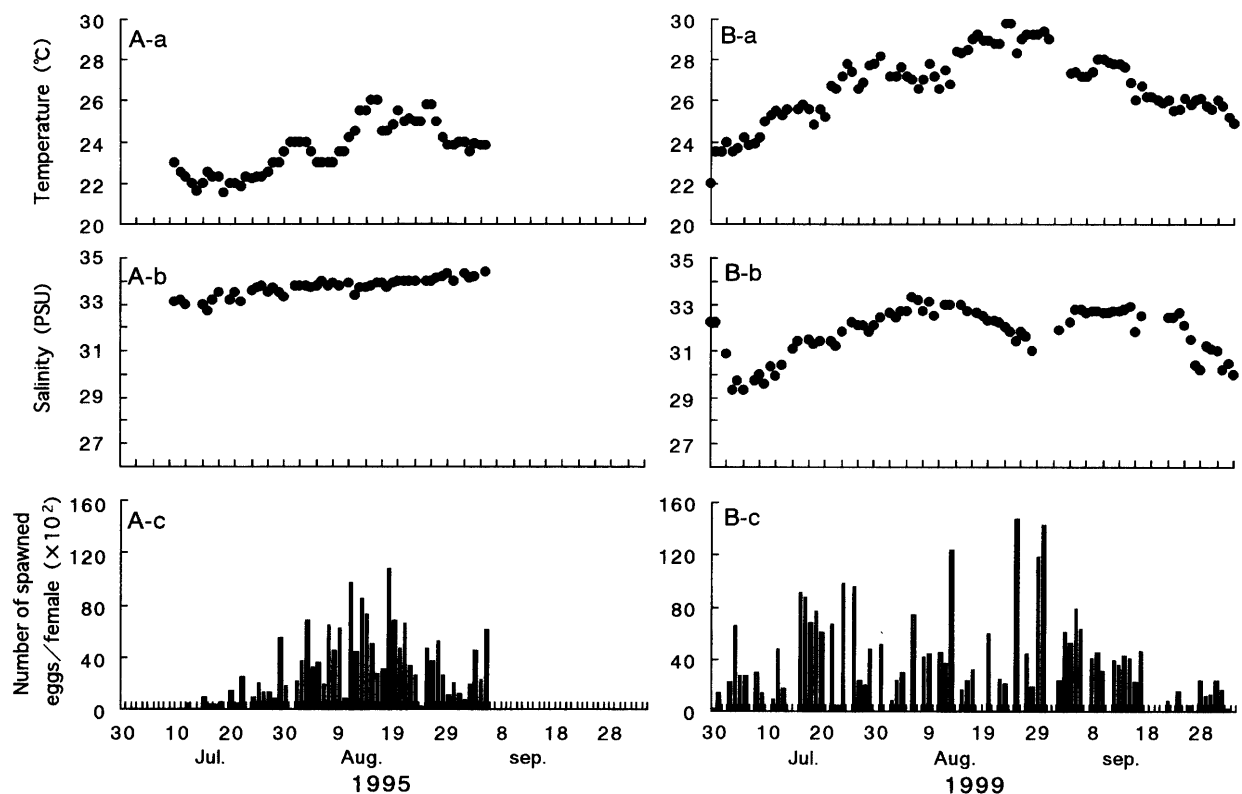


Fig. 1. Changes in water temperature (a), salinity (b) and number of spawned eggs/female during the spawning season (c). A, 1995; B, 1999

がって、1999年の産卵期間、水温、および塩分は過去3ヵ年のものとほぼ同じであったが、1995年は1999年および過去3ヵ年と比較して、産卵期間はやや短く、水温は平均で約3℃低く、塩分は平均で約2高かった。熊井・中村¹³⁾は、和歌山県浦神湾での本種の水槽内産卵において、産卵水温は21.0～30.5℃であるが、26℃以上が続くと産卵もほとんど毎日続き、産卵適温は26～29℃であったと報告している。本研究の1999年ではその適温範囲に入る日が多かったが、1995年ではわずか2日間しかなかった。したがって、1995年の産卵期間の短縮および産卵数の減少傾向は主に水温・塩分などの環境要因によって起こったものと思われる。

浮上卵率と正常ふ化率の関係 1995年の産卵期間中の浮上卵率は61.0～100% (43日, 平均91.0%) であった (Fig. 2-A-a)。正常ふ化率は0～100% (43日, 平均77.8%) であった (Fig. 2-A-d)。7月16日と8

月27日には0%, 7月25～29日と8月9日には20～60%と平均値より著しく低下していたが、それ以外の期間はほぼ平均またはそれ以上の値であった。これら浮上卵率とふ化率の間に相関関係は認められなかった ($r = -0.03$, $n = 32$, Fig. 3-A-a)。1999年の浮上卵率は66.1～100% (41日, 平均96.4%) であった (Fig. 2-B-a)。8月20日に66.1%と低い値を示したが、全体的には、産卵期間中の変化は小さかった。正常ふ化率は27.0～100% (55日, 平均85.8%) であった (Fig. 2-B-d)。7月13日に27.0%と著しく低い値を示したが、それ以外ではあまり大きな変化はみられなかった。1995年と同様に、これら浮上卵率とふ化率の間には相関関係が認められなかった ($r = -0.04$, $n = 41$, Fig. 3-B-a)。両年のデータをまとめた場合も相関関係は認められなかった ($r = -0.03$, $n = 84$, Fig. 3-C-a)。

以上のように、浮上卵率と正常ふ化率の間に相関関係

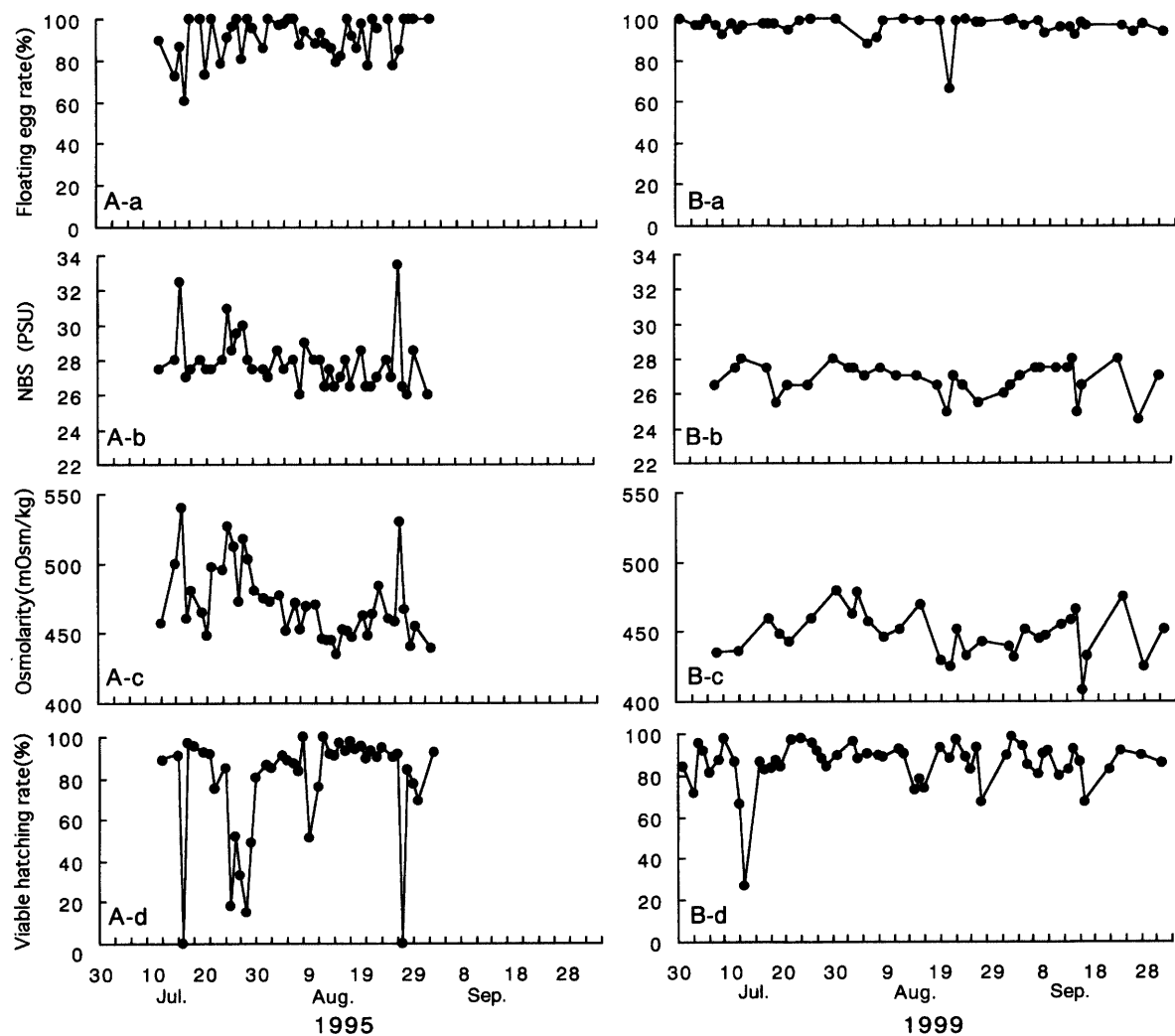


Fig. 2. Changes in floating rate (a), NBS (b), osmolarity (c), and viable hatching rate (d) of *S. japonica* eggs during the spawning season. A, 1995; B, 1999

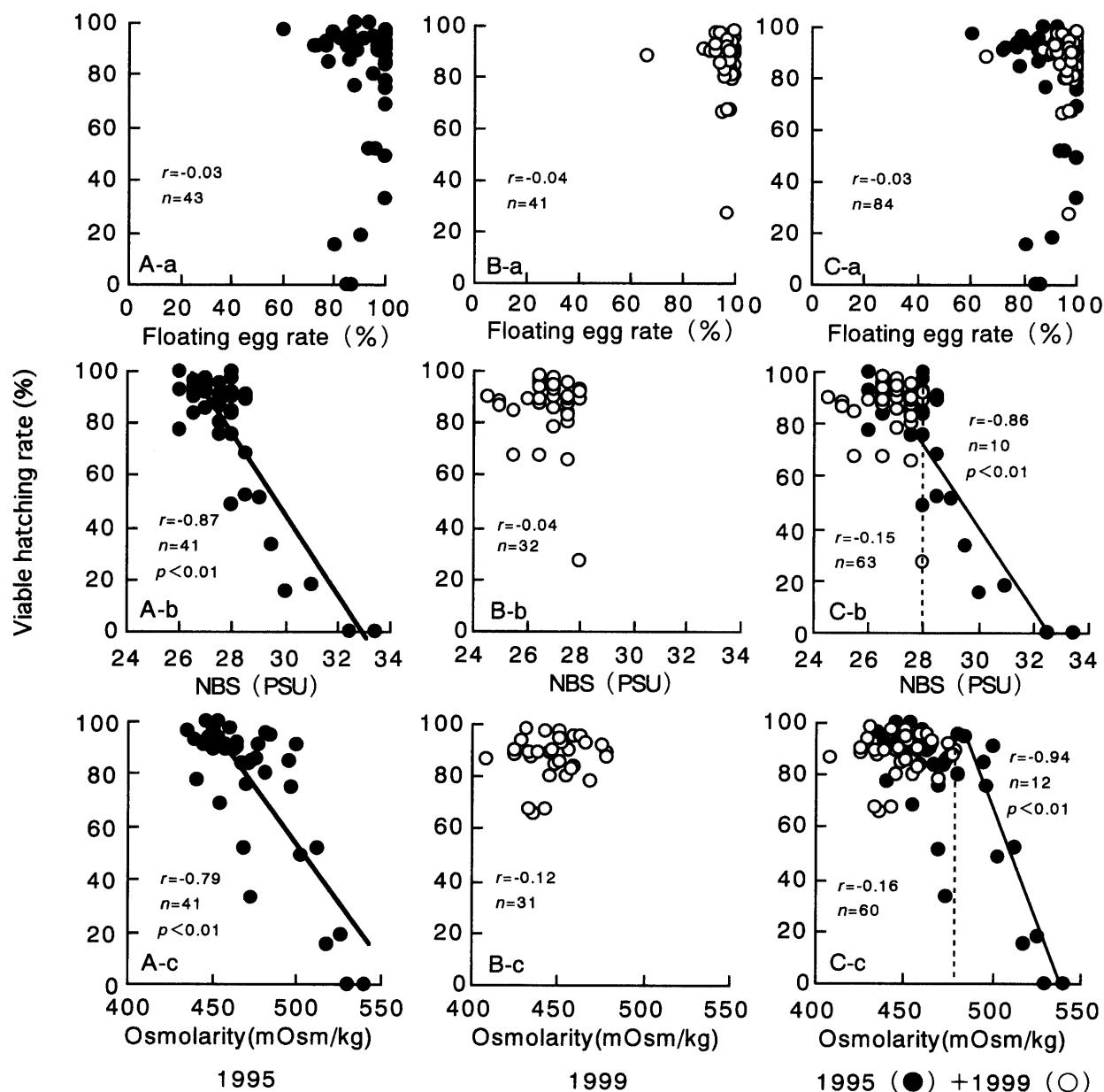


Fig. 3. Relationships of floating egg rate (a), NBS (b), and total osmolarity (c) with viable hatching rate of *S. japonica* eggs. A, 1995; B, 1999; C, 1995 + 1999

は2ヵ年とも認められなかった。升間・慶徳⁵⁾は、愛媛県伯方島での本種の水槽内産卵における浮上卵率と総ふ化率の変化を図示し、これらの平均値がそれぞれ41.6%および53.4%であったことを報告している。著者らがその図を基に計算した相関係数は $r=0.03$ ($n=50$)と低い値であった。卵質についての厳密な定義はないが、「良質卵は、ふ化率が高く、ふ化した仔魚の生残率も高い」という理解¹⁻³⁾に基づけば、シログスでは、浮上卵率は卵質評価指標として有効ではないと考えられる。ただし、海産魚類の浮性卵では、受精したものは海面に浮上し、受精しないものや死亡したものは沈降する

ことが一般的である。^{2-4,14)}したがって、産卵直後に測定される浮上卵率は主として受精卵と未受精卵の比率を表わすものであり、この点では卵質評価指標として有効と思われる。しかし、浮上した受精卵のすべてが正常に発生するというわけではなく、その後のふ化までの発生過程において、死亡して沈降する卵もかなり含まれている可能性がある。酒井ら¹⁵⁾は、マダイ *Pagrus major* の卵において、浮上卵率と受精率の間には弱い正の相関関係があるが、受精率と正常発生率の間にはほとんど相関が認められないことを観察し、「これは、受精率の高い卵であっても、発生がうまく進行するかどうかは不明であ

ることを示すもので、同様のことはアユやコイの過熟卵においても認められている」との見解を述べている。したがって、浮上卵率法で選別した受精卵のなかにまだ不良卵が含まれているとすれば、別の指標または手法による第2段階の卵質評価が必要と考えられる。

NBS とふ化率の関係 1995年のNBSは26.0~34.0 (41日, 平均27.9)であった (Fig. 2-A-b)。このなかで、前述の正常ふ化率が低下した7月25~29日にはNBSが高くなり、とくにふ化率が0%を示した7月16日と8月27日には飼育海水の値に近い32以上となっていた。これらNBSとふ化率との間には強い負の相関関係が認められた ($r = -0.87, n = 41, p < 0.01$, Fig. 3-A-b)。一方、1999年のNBSは24.5~28.0 (32日, 平均26.8)であった (Fig. 2-B-b)。この場合、NBSにはあまり大きな変化がなく、ほとんど平均に近い値を示しており、NBSとふ化率の間には相関関係が認められなかった ($r = -0.04, n = 32$, Fig. 3-B-b)。

以上のように、NBSとふ化率の間には、1995年では強い相関関係がみられたが、1999年ではそれが認められなかった。これは、1999年ではNBSが24~28であったのに対し、1995年では26~34と全般に高い値であったこと、そのなかでNBSが28を超えた卵のふ化率が著しく低下していたためであった。両年のデータをまとめ、NBSが28以下と28.5以上の卵群に分けてみると、これらの相関係数はそれぞれ $r = -0.15$ ($n = 63$) および $r = -0.86$ ($n = 10, p < 0.01$) となり、後者の高NBSの卵群において強い負の相関関係が認められた (Fig. 3-C-b)。Liu *et al.*¹⁶⁾は太平洋産オヒョウ *Hippoglossus stenolepis* の卵と仔魚のNBSを測定し、これらの値が高いものはほとんど奇形であったことを報告している。したがって、本研究において、NBSが28を超えた卵の正常ふ化率が低かったことは、これらの卵質が不良であったとみなすことができ、NBSは有効な卵質評価指標と考えられる。

先に、浮上卵率法で選別した浮上卵には、ふ化までの過程で死亡していく不良卵が含まれている可能性を指摘した。その選別に使用した海水の塩分はほとんど30以上であった。したがって、このような高塩分の海水で選別した浮上卵には、NBSが28を超える不良卵も含まれていたことは事実である。これが、恐らく、浮上卵率とふ化率の相関関係を不安定にしている大きな原因の1つにもなっていると思われる。この場合、浮上卵に含まれる不良卵については、前述の第2段階ともいえるべき卵質評価が必要となるが、この点に関しては、「浮上卵を選別するために使用する海水の塩分を28またはそれよりやや低い濃度に調整し、これによって未受精卵ばかりでなく、NBSが28を超える不良卵をも同時に選別する」という手法による解決が期待される。

浸透圧とふ化率の関係 1995年の卵の浸透圧は434~540 mOsm/kg (43日, 平均471 mOsm/kg)であった (Fig. 2-A-c)。NBSの変化と同様に、正常ふ化率が低下した7月25~29日には浸透圧が上昇し、とくにふ化率が0%を示した7月16日と8月27日には500 mOsm/kg以上になり、これら浸透圧とふ化率の間には強い負の相関関係が認められた ($r = -0.79, n = 41, p < 0.01$, Fig. 3-A-c)。一方、1999年の浸透圧は408~478 mOsm/kg (41日, 平均448 mOsm/kg)であった (Fig. 2-B-c)。この場合、産卵期間中の変化が比較的小さく、ほとんど平均に近い値を示しており、浸透圧とふ化率との間に相関関係は認められなかった ($r = -0.12, n = 31$, Fig. 3-B-c)。

以上のように、浸透圧と正常ふ化率の間には、NBSの場合と同様に、1995年では強い相関関係がみられたが、1999年ではそれが認められなかった。両年のデータをまとめ、浸透圧が480 mOsm/kg以下と481 mOsm/kg以上の卵群の相関係数はそれぞれ $r = -0.16$ ($n = 60$) および $r = -0.94$ ($n = 12, p < 0.01$) となり、後者の高浸透圧の卵群において強い負の相関関係が認められた (Fig. 3-C-c)。Kjørsvik *et al.*¹⁷⁾は、大西洋マダラ *Gadus morhua* において、受精率およびその後の生残率の高い卵の浸透圧は比較的低いことを報告している。先に、シロギス卵のNBSが28を超えた卵は不良卵であると述べたが、浸透圧では480 mOsm/kgを超えた卵を不良卵とみなすことができ、浸透圧も有効な卵質評価指標と考えられる。ただし、卵質評価法は簡便であるべきであるという条件からすれば、評価指標としての価値は浸透圧よりもNBSの方が優っている。

なお、卵のNBSと浸透圧の産卵期間中の変化において、両者の間には両年とも強い正の相関関係が認められた (Fig. 4)。前報⁷⁾では、本種の卵の発生に伴うNBSと浸透圧の変化において、やはり強い正の相関関係が認められている。Craig and Harvey¹⁴⁾は、浮性卵と沈性卵からなる14魚種の生化学的分析を行い、卵の浮力の主成分は卵に含まれる水分で、浮性卵ではその組成率が高く、それによって比重が環境水より小さくなっていることを報告している。アカガレイ属の *Hippoglossoides platessoides* *limandoides*⁹⁾とダンゴウオ科の *Cyclopterus lumpus*¹⁸⁾の卵は、発生過程において表層から沈降するが、その時の全卵の浸透圧は環境水とほぼ等張である。他方、浮性卵の大西洋マダラ^{19,20)}の全卵の浸透圧は環境水より低張であり、卵の浮力(NBS)と浸透圧の間には密接な関係のあることが示唆されている。したがって、このような両者の関係を明らかにすることは、NBSと浸透圧の卵質評価指標としての有効性についての理論的根拠を示すことにもなるので、今後は、卵の無機電解質濃度やタンパク質などの成分を明らかにしての

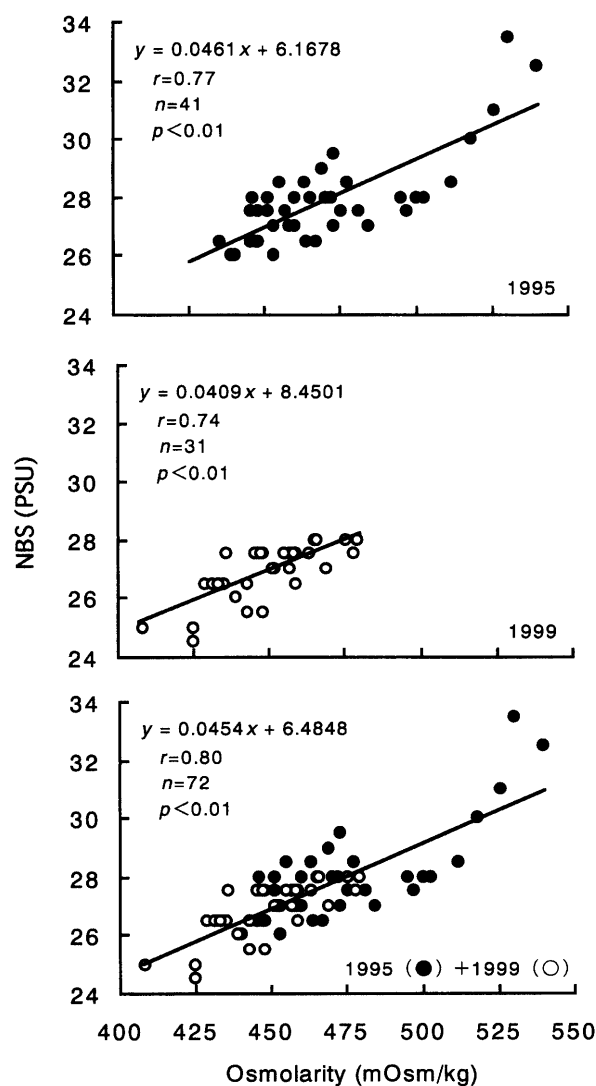


Fig. 4. Relationships between NBS and osmolarity of *S. japonica* eggs.

検討が望まれる。

謝 辞

試料親魚の採集や飼育などにご協力いただいた三重大学生物資源学部附属水産実験所の木村清志助教授, 淀大我博士, および中村 弘技官, 中野喜代美氏, 同学部魚類増殖学研究室の吉田 渡氏に感謝の意を表す。データ解析にご助力いただいた同研究室の新保亜紀氏にお礼申し上げる。

文 献

1) 清野通康. 産出卵の卵質評価—海産魚. 「魚類の成熟と産

卵, 水産学シリーズ 6」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京, 1974; 113-119.

- 2) 岩井寿夫, 柏木正章. 発生とふ化管理. 「水族繁殖学」(隆島史夫・羽生 功編), 緑書房, 東京, 1989; 195-237.
- 3) Kjorsvik E, Mangor-Jensen A, Holmefjord I. Egg quality in Fishes. *Adv. Mar. Biol.* 1990; **26**: 71-113.
- 4) Bromage N. Broodstock management and egg and larval quality. In: Bromage NR, Roberts RJ (eds) *Broodstock Management and Seed Quality—General Considerations*. Blackwell Science, Vienna, 1995; 1-24.
- 5) 升間主計, 慶徳尚壽. シロギスの種苗生産について. 栽培技研 1981; **10**: 121-126.
- 6) 木村清志, 有瀧真人. イサキの種苗生産と仔稚魚の形態形成に関する基礎的研究. 三重大水産研報 1985; **12**: 181-192.
- 7) 近藤茂則, 吉岡 基, 柏木正章. シロギス卵の発生に伴う比重および浸透圧の変化. 日水誌 2001; **67**: 743-744.
- 8) May RC. Factors affecting buoyancy in the eggs of *Bairdiella icistia* (Pisces: Sciaenidae). *Mar. Biol.* 1974; **28**: 55-59.
- 9) Lønning S, Davenport J. The swelling egg of the long rough dab *Hippoglossoides platessoides limandoides* (Block). *J. Fish Biol.* 1980; **17**: 359-378.
- 10) 柏木正章, 中村総之, 岡田芳和, 山田直博. シロギスの卵径の産卵期間中の周期的変化. 水産増殖 1985; **33**: 134-138.
- 11) Kashiwagi M, Sakaki H, Takahashi T, Iwai T. A relationship between egg size and hatching rate in Japanese whiting *Sillago japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; **53**: 2105-2110.
- 12) Kahn MS, Zakaria MS, Ambak MA, Alam MJ, Kashiwagi M, Iwai T. Effect of temperature on the hatching success of the eggs of Japanese whiting, *Sillago japonica* Temminck & Schlegel, during the spawning season. *Aquacult. Fish. Manage.* 1991; **22**: 317-321.
- 13) 熊井英水, 中村元二. キスの自然産卵について. 近大農学紀要 1977; **10**: 40-43.
- 14) Craik JCA, Harvey SM. The causes of buoyancy in eggs of marine teleosts. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 1987; **67**: 169-182.
- 15) 酒井 清, 野村 稔, 井上正昭, 城条義興, 武富正和. マダイ自然産出卵の卵質. 水産増殖 1985; **33**: 7-11.
- 16) Liu HW, Sticney RR, Dickhoff WW. Neutral buoyancy salinity of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis* eggs and larvae. *J. Word. Aquacult. Soc.* 1993; **24**: 486-492.
- 17) Kjorsvik E, Stene A, Lønning S. Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod *Gadus morhua* L. *Flodevigen rapportser.* 1984; **1**: 67-86.
- 18) Kjorsvik E, Davenport J, Lønning S. Osmotic changes during the development of eggs and larvae of the lump-sucker, *Cyclopterus lumpus* L. *J. Fish Biol.* 1984; **24**: 311-321.
- 19) Davenport J, Lønning S, Kjorsvik E. Osmotic and structural changes during early development of eggs and larvae of the cod, *Gadus morhua*. *J. Fish Biol.* 1981; **19**: 317-331.
- 20) Kjorsvik E, Lønning S. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod, *Gadus morhua*. *J. Fish Biol.* 1983; **23**: 1-12.