

イサザの産卵場所の環境条件と産卵場間の産卵床数の比較

酒井明久・遠藤 誠

Environmental Conditions of the Spawning Site and
Abundance of the Nests at Spawning Grounds of
Isaza, *Chaenogobius isaza* in Lake Biwa

Akihisa Sakai and Makoto Endo

The distribution and abundance of nests of isaza, *Chaenogobius isaza* were studied from March to June 1995 and 1996 at five different spawning grounds in Lake Biwa. Most of the fish used the stones of 10~40cm in diameter and loose stone on stony substrate accumulated in one layer as a nest. In the latter period of spawning season, the filamentous green algae grew on the stone, and in there, the nests were scarcely observed. Abundance of nests were different among spawning grounds, were high at Kaizu-Ohsaki in northern part of Lake Biwa and low at Hachiyado in southwestern part. In Hachiyado, the width of stony substrate areas used as a nest was narrow. These result suggest that abundance of nests is affected by bottom conditions. In addition, abundance of nests of isaza seem to be affected by the density of *Tridentiger kuroiwaie brevispinis* at the spawning grounds.

イサザ*Chaenogobius isaza*は琵琶湖固有のハゼ科魚類で、水深30m以深の沖合いに生息するが、産卵期の4~5月には湖岸付近の礫底部に移動する。卵は石の下面に産み付けられ、ふ化するまで雄が保護することが知られている。¹⁾

本種は重要な漁獲対象種であるが、漁獲量の変動が著しい。すなわち、1949年には500トン以上あった漁獲量が1957年から1959年には1トン未満に減少した。その後すみやかに増加し、1960年代半ばから20年間は200~600トンの漁獲量であった。しかし、1993~1995年には再び漁獲量が1トン未満にまで著しく減少している。²⁾

イサザに関する研究は、イサザ資源の減少時期に当たる1949年~1951年にかけて、小林ら^{1), 3)~5)}が産卵生態を調査し、産卵場が北湖の礫底部全域に及ぶことを明らかにした。Miura⁶⁾は、漁獲努力の安定していた1915年から1938年のアユとイサザの漁獲量の変化から、両者の競争関係を指摘した。一方、Nagoshi⁷⁾らは、急激な資源の減少と増加の時期であった1949年から1965年にかけて成長の年変動を調べ、これが個体群密度の影響であることを明らかにした。また、名越ら⁸⁾と中西ら⁹⁾は、成長の年変動と性成熟や食性の関係を調べた。

性成熟のメカニズムについては、1974年以降、高橋によって詳細に報告されており、^{10)~14)}イサザの日周の上下移動によって経験する温度変化が性成熟の開始に重要な役割を果たしていることが明らかにされた。また、高橋^{15), 16)}やHidakaら¹⁷⁾は、イサザの産卵行動を観察し、類似した産卵習性をもつヨシノボリ*Rhinogobius sp.*との関係を論じている。一方、1989年に琵琶湖への侵入が確認されたヌマチチブ *Tridentiger kuroiwaie brevispinis*¹⁸⁾がイサザの産卵に与える影響は明らかではない。

以上のように、イサザに関して多くの研究成果が蓄積されているが、近年にみられる急激な資源の減少に対する増殖対策に必要な産卵生態に関する知見は十分であるとはいえない。そこで、本研究では、主要な5カ所の産卵場においてイサザの産卵床の分布を調査し、産卵場所の環境条件や産卵場間での産卵床数の違いに影響する要因を検討した。

材料および方法

調査場所は、イサザの産卵場とされている北湖の礫底部のうち、海津大崎、葛籠尾崎、沖島、八屋戸およ

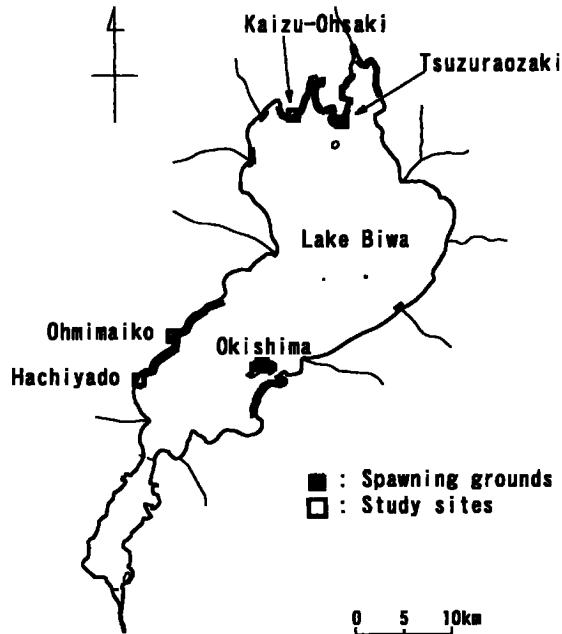


図1 イサザの産卵場と調査地点。
Fig.1. Lake Biwa and study sites of isaza.

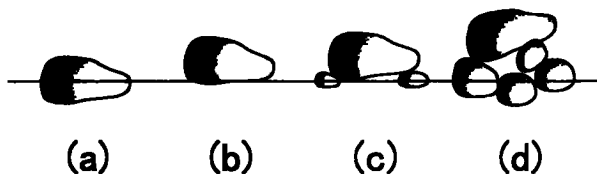


図2 竹門¹⁵⁾による石の状態の分類,
a : はまり石, b : のり石, c : 1層浮き石,
d : 多層浮き石.

Fig.2. The category of conditions of stone by Takemon (1995), (a) burried stone, (b) loose stone on sand, (c) loose stone on stony substrate accumulated in one layer (abbreviate as "loose stone (one laver)"), and (d) loose stones on stony substrate accumulated in more than two layer (abbreviate as "loose stones (more than two laver)").

び近江舞子の5カ所を選んだ(Fig.1)。

調査は1995年と1996年のイサザの産卵期である3月から6月に行った。海津大崎では毎週1回程度、その他の場所では産卵盛期の4～5月にそれぞれ1回ずつ調査した。

岸沿いに30～60m間隔で岸から沖方向へ4～6本のロープを磔底部に設置し(調査ライン)、その両側1m以内のイサザ親魚の分布と産卵床の有無、さらにイサザの産卵場を棲み場所とするヌマチチブの密度を潜水目視観察により調べた。さらに、産卵に利用されていた石(以下、産卵石)の大きさは長径と短径を測定し、

石の状態を竹門¹⁹⁾に従って4種類(はまり石、のり石、1層浮き石および多層浮き石)に分類して記録した(Fig.2)。

調査地の底質として、調査ラインに沿って卓越する磔の大きさと状態を記録した。磔の大きさはWentworthの粒度階級¹⁹⁾を参考に、砂磔(～4mm)、中磔(4～64mm)、大磔(64～256mm)、巨磔(256mm～)および長径が60cmを超えるものを岩として5階級に分類した。磔の状態を産卵石と同様に分類するとともに、1996年には磔の表面に生える糸状藻類が磔の間隙を覆うほど繁茂している区域(以下、繁茂区域)の範囲を記録した。

調査地の水深の測定は、調査ライン上を2m間隔で潜水具のゲージを用いて行った。また、調査開始時には表面水温を測定した。

なお、産卵場間のイサザの産卵床数、磔帯の幅およびヌマチチブの密度の比較は、Kruskal-Wallisの検定およびMann-WhitneyのU検定を用いた。

結 果

1. 産卵場所の環境条件

(1) 各産卵場の底質環境

海津大崎では、岸から30mまでの範囲が大磔と巨磔が中心の磔底で、この沖側は砂磔底であった。また、調査範囲の中央沖側には長径60cm以上の岩の卓越する場所があった。磔の状態は岸から沖に向かって多層浮き石、1層浮き石、のり石の順に多くなる傾向があった。磔底の水深は0～4.0mの範囲であった(Fig.3a)。

葛籠尾崎では、岸から30mまでの範囲が大磔と巨磔が中心の磔底で、その沖側は岩か砂磔底であった。磔の状態は、岸から約10mは大磔の多層浮き石が多く、これより沖に向かって1層浮き石、はまり石の順に多くなる傾向があった。磔底の水深は0～3.6mの範囲であった。なお、調査範囲に糸状藻類は繁茂していなかった(Fig.3b)。

沖島では、岸から42mまでの範囲が大磔と巨磔が中心の磔底で、その沖側は砂磔底であった。岸から約15mは多層浮き石が卓越しており、沖に向かって1層浮き石、はまり石の順に多くなる傾向があった。磔底の水深は0～4.3mの範囲であった。なお、岸から12～32mの範囲の一部に糸状藻類が繁茂していた(Fig.3c)。

八屋戸では、岸から26mまでの範囲が大磔と巨磔が中心の磔底で、その沖側は砂磔底であった。磔の状態

は、岸近くが大礫の多層浮き石であり、沖に向かって1層浮き石は、はまり石の順に並んでいた。礫底の水深は0~2.4mの範囲であった。なお、調査範囲に糸状藻類は繁茂していなかった(Fig.3d)。

近江舞子では、岸から約5mの範囲は中礫底で、その沖側26mまでの範囲が大礫と巨礫が中心の礫底となっ

ていた。礫の状態は大部分がのり石であった。礫底の水深は0~3.0mの範囲であった。なお、調査範囲に糸状藻類は繁茂していなかった(Fig.3e)。

(2)各産卵場における産卵床の分布

①海津大崎における産卵床の分布の変化

1996年4月24日~6月14日のイサザ親魚および産卵床

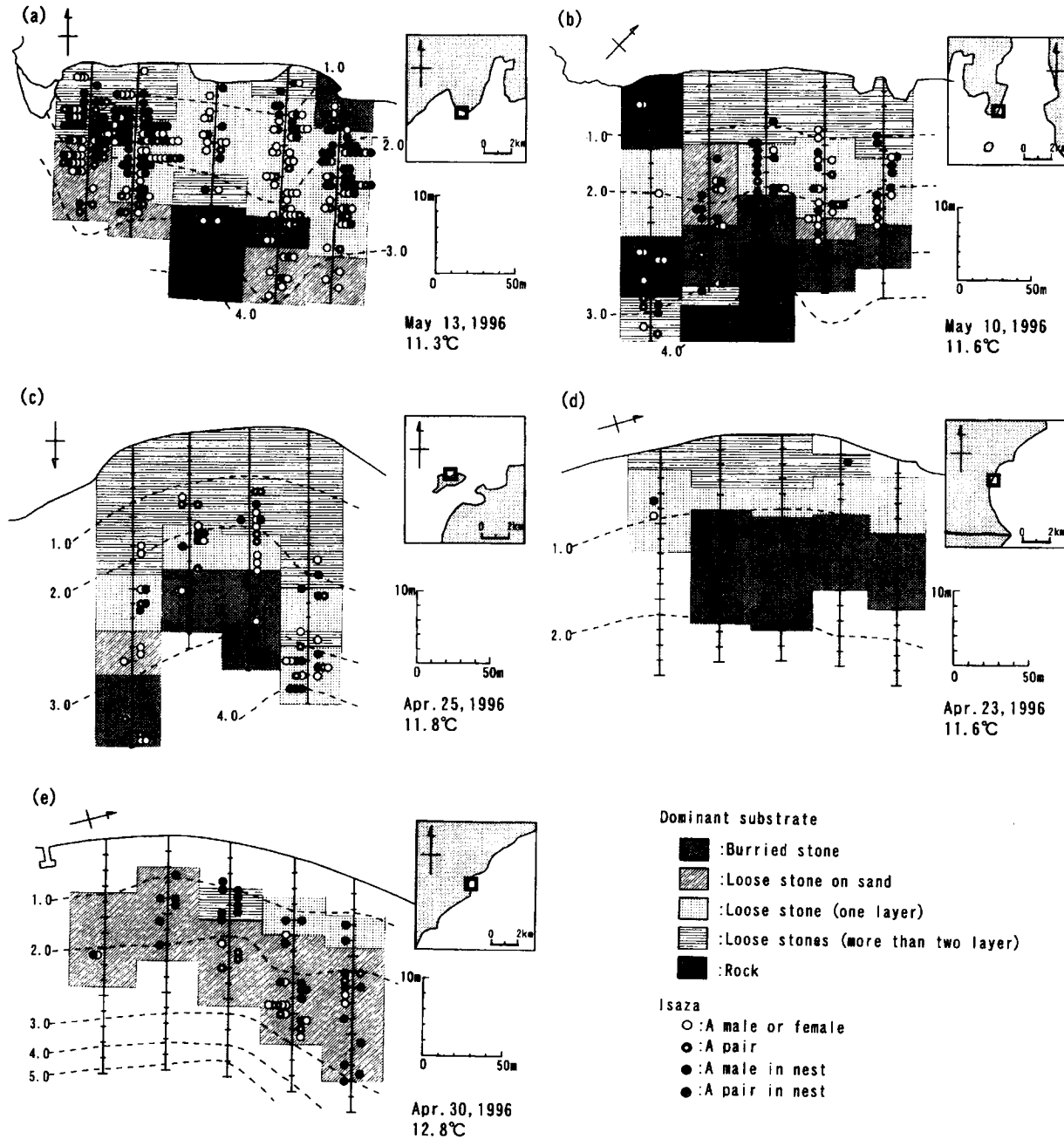


図3 イサザの産卵場における底質とイサザ親魚および産卵床の分布, (a)海津大崎, (b)葛籠尾崎, (c)沖島, (d)八尾戸, および(e)近江舞子。

Fig.3. Distributions of substrate and isaza observed at five different spawning grounds, (a) Kaizu-Ohsaki, (b) Tsuzuraozaki, (c) Okishima, (d) Hachiyado, and (e) Ohmimaiko. Broken lines indicate water depth(m).

の分布と、糸状藻類の繁茂区域をFig.4に示した。イサザ親魚と産卵床の分布は、産卵期の前半である5月13日まではほとんど変化せず、大礫、巨礫が1層浮き石、多層浮き石の状態にある場所に多く、岩の多い場所には少なかった。また、それらは汀線付近から、礫底が砂礫底に移行する水深約4m付近まで水深にかかわらず分

布していた。

1996年には産卵盛期を過ぎた5月24日以降、糸状藻類の繁茂区域が拡大し、6月14日には礫底面積の約3分の2に達した。そのような場所にはイサザの親魚および産卵床は少なかった。

②他の産卵場における産卵床の分布

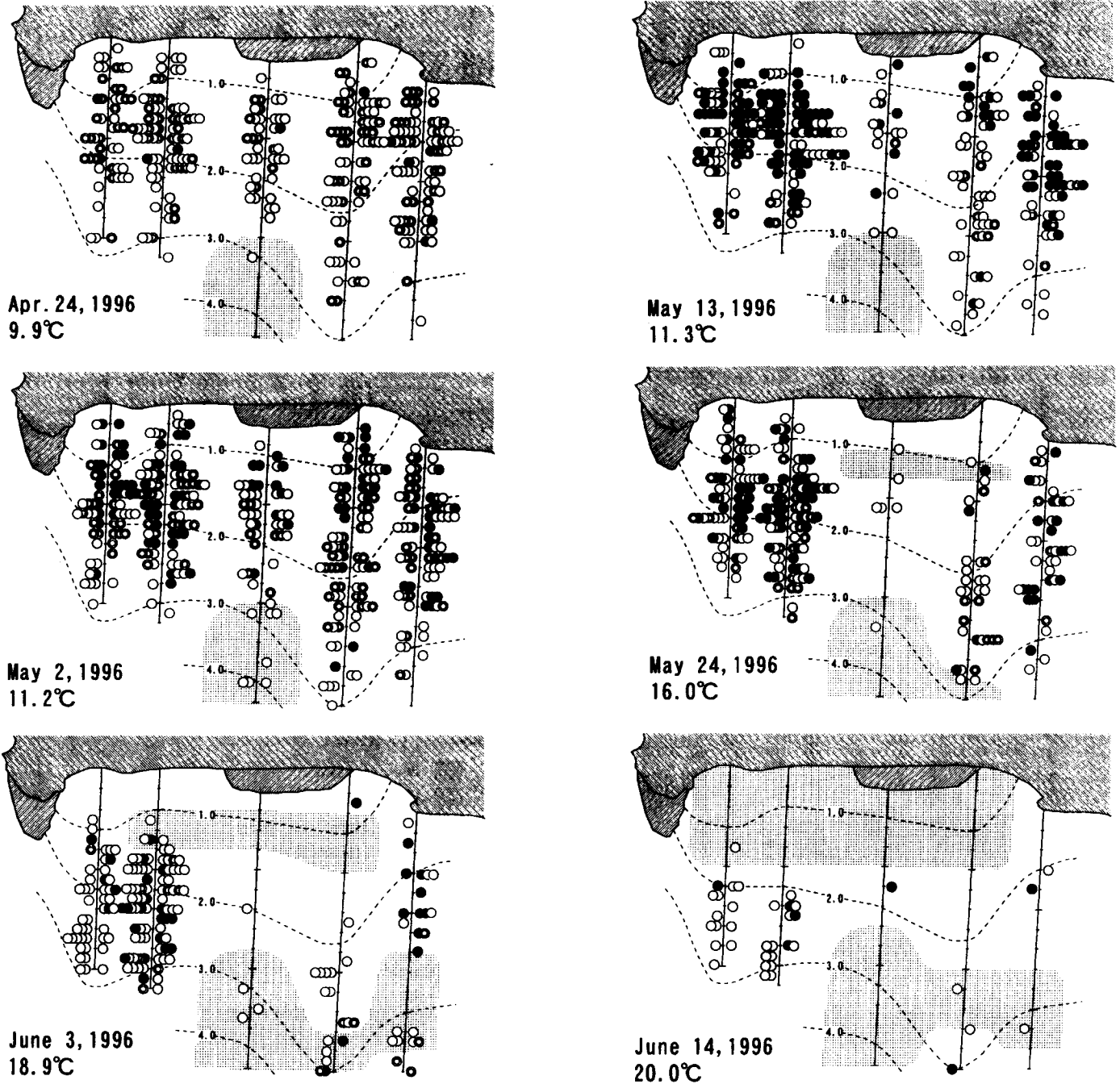


図4 海津大崎におけるイサザ親魚と産卵床の分布の変化。

Fig.4. Changes in distributions of isaza at Kaizu-Ohsaki. Dotted areas and broken lines indicate the growing area of filamentous green algae and water depth, respectively.

isaza
○ : A male or female
● : A pair
○● : A male in nest
●● : A pair in nest

産卵床の分布する場所の底質は、どの産卵場においても海津大崎と同様に大礫、巨礫が1層浮き石、多層浮き石およびのり石の状態にある場所であり、それらははまり石の状態にある場所や岩の多い場所には少なかった(Fig.3a~e)。葛籠尾崎や沖島では、産卵床は岸に近い多層浮き石の多い場所には少なく、その沖側にある1層浮き石の卓越する場所に多かった。八屋戸では、産卵床は多層浮き石と1層浮き石の区域にそれぞれ1床ずつみられたのみであった。近江舞子では、産卵床は礫の状態にかかわらず比較的分散してみられた。

産卵床の分布する水深は、礫の分布する水深とほぼ一致し、汀線付近から水深4m付近までであった。産卵床の分布は、特定的水深に偏る傾向はみられなかったが、葛籠尾崎や沖島のように、水深1m以浅の底質が多層浮き石の場所では少なかった。

(3) 産卵石の大きさと状態

海津大崎で産卵石として利用されていた石の大きさと状態をFig.5に示した。産卵にはほとんどの場合、長径10~40cmの石が利用されていた。これらの石の状態

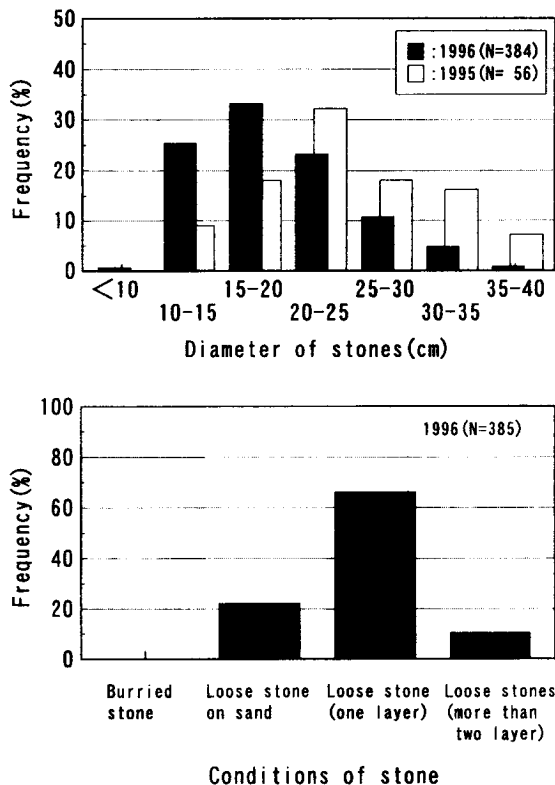


図5 産卵石の大きさと状態。

Fig.5. Stone size and stone conditions used as a nest of isaza.

は1層浮き石が66.5%、のり石が22.3%、多層浮き石が10.6%であり、はまり石は0.5%とほとんど利用されていなかった。

2. 産卵場間の産卵床数の比較

(1) 海津大崎における産卵床密度の変化

1995年と1996年の海津大崎におけるイサザ親魚と産卵床密度の変化をFig.6に示した。産卵床が確認された期間は、両年とも4月中旬から6月中旬までの2カ月間であった。産卵床密度が最も高かったのは、1995年には5月2日、1996年には5月13日で、後者のほうが約10日間遅かったが、どちらもひとつのピークであった。産卵期の初めから終わりまでの湖水の表面水温は、およそ7℃から20℃まで大きく変化し、産卵ピーク時には12℃付近であった。1996年の表面水温は、3月から5月にかけて1995年より低く、4月下旬まで10℃未満であった。

(2) 産卵場間の産卵床数の比較

産卵床数 海津大崎の産卵ピーク時と他の産卵場における調査ライン1本当たりの平均産卵床数を比較したと

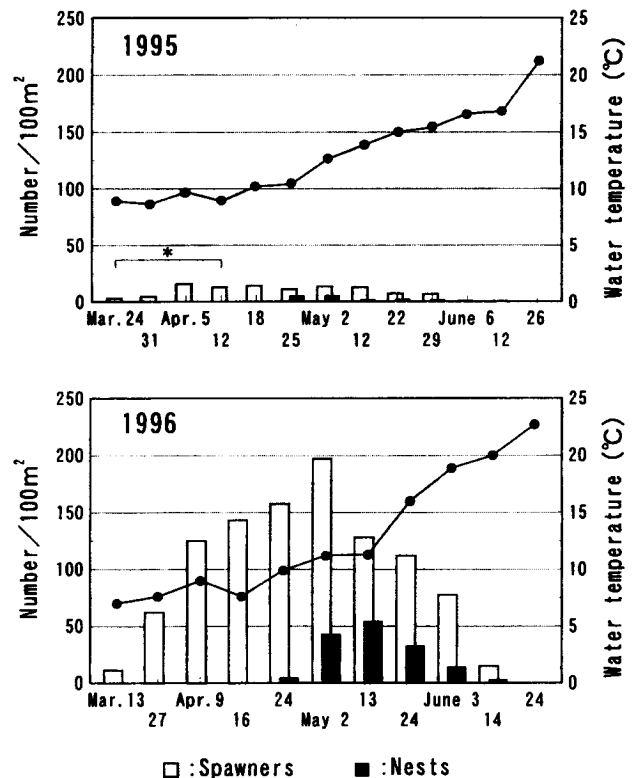


図6 海津大崎におけるイサザの親魚と産卵床の密度。

Fig.6. Number of spawners and nests of isaza per 100m² at Kaizu-Ohsaki in 1995 and 1996.

*: Number of spawners observed per 30 minutes.

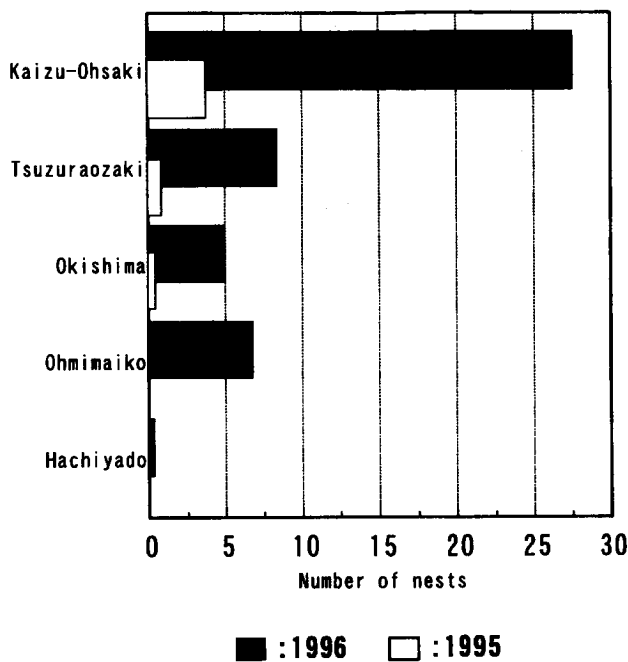


図7 各産卵場における調査ライン当たりのイサザの産卵床数。

Fig.7. Mean number of nests per census line of isaza at spawning grounds.

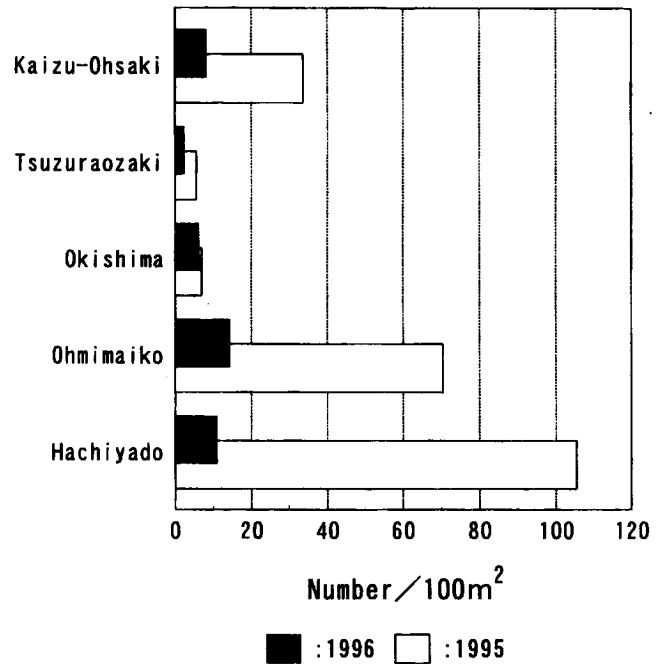


図9 各産卵場におけるヌマチチブの密度。

Fig.9. Density (number/100m²) of *Tridentiger kuroiwae brevispinis* at spawning grounds of isaza.

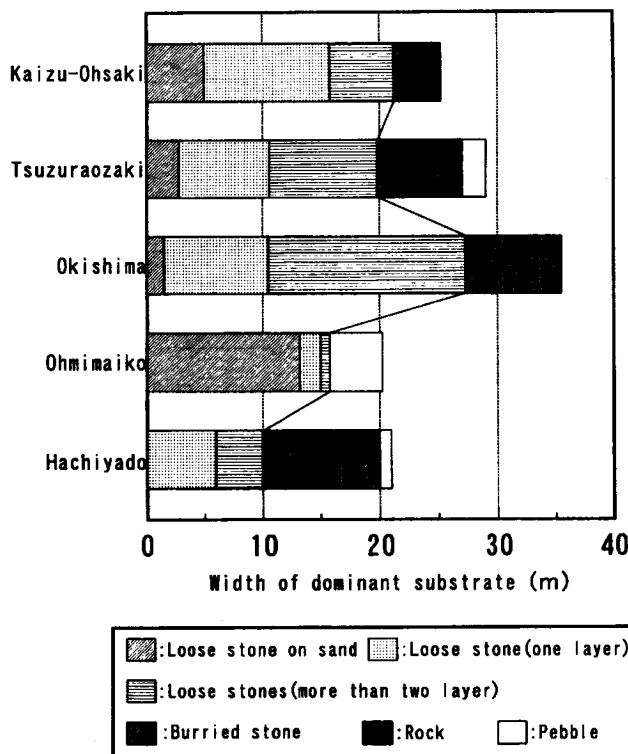


図8 各産卵場における調査ライン当たりの礫帯の幅と卓越する石の状態。

Fig.8. Mean width of dominant substrate conditions per census lines of stone bottom at spawning grounds of isaza.

Number of nest

1995 Ka Ts Ok Oh Ha

1996 Ka Ts Oh Ok Ha

Width of stony substrate areas

Ok Ka Ts Oh Ha

Density of *Tridentiger kuroiwae brevispinis*

1995 Ha Oh Ka Ok Ts

1996 Oh Ha Ka Ok Ts

図10 イサザの産卵床数、産卵可能な礫帯の幅およびヌマチチブの密度の産卵場間の比較。

Fig.10. Number of nest, the width of stony substrate areas used as a nest and density of *Tridentiger kuroiwae brevispinis* among five spawning grounds were compared by Mann-Whitney U test. Ka : Kaizu-Ohsaki, Ts : Tsuzuraozaki, Ok : Okishima, Ha : Hachiyado, Oh : Ohmimaiko. underlining : difference is not significant among each other ($P>0.05$).

ころ、それらには1995、1996年ともに有意差が認められた (Kruskal-Wallis test; 1995: $H' = 11.1, P < 0.05$; 1996: $H' = 15.5, P < 0.01$)。1996年には産卵床数の最も多い海津大崎では27.6床、葛籠尾崎、沖島および近江舞子では5.0~8.4床、最も少ない八屋戸では0.4床と水域間で約70倍の差があった (Fig.7)。八屋戸における産卵床数は、1995年には海津大崎と葛籠尾崎より、1996年には他4カ所の産卵場より有意に少なかった ($P < 0.05$) (Fig.10)。

礫帯の幅 各産卵場における調査ラインごとの礫帯の幅の平均をFig.8に示した。先に述べたように、イサザの産卵石の状態は1層浮き石、のり石および多層浮き石のものがほとんどであったことから、これらの状態の礫が卓越する礫帯の幅 (以下、産卵可能な礫帯の幅とする) を比較した。産卵可能な礫帯の幅には産卵場間で有意差が認められた (Kruskal-Wallis test; $H' = 14.7, P < 0.05$)。八屋戸における産卵可能な礫帯の幅は10mであり、他4カ所の産卵場に比較して有意に狭かったが ($P < 0.05$) (Fig.10)、最も広い沖島におけるその27mとの差は3倍以内であった。

ヌマチチブの密度 各産卵場における調査ラインごとのヌマチチブ密度の平均をFig.9に示した。1995年には、ヌマチチブの密度には産卵場間で有意差が認められた (Kruskal-Wallis test; $H' = 22.4, P < 0.001$)。イサザの産卵床がみられなかった八屋戸と近江舞子では、ヌマチチブの密度はそれぞれ106尾/100m²、69尾/100m²と非常に高く、沖島、葛籠尾崎に比べるとその差は有意であった (Fig.10)。一方、1996年にはヌマチチブの密度はどの産卵場においても15尾/100m²以下と低く、産卵場間で差は認められなかった (Kruskal-Wallis test; $H' = 8.9, P > 0.05$)。

考 察

1. 産卵場所の環境条件

イサザが産卵に利用する石の大きさは、長径10~40cmのものであった。それらの石の状態は、1層浮き石が最も多く、次いでのり石、多層浮き石となり、はまり石はほとんど利用されていなかった。また、産卵床の分布する場所の底質は、大礫、巨礫が1層浮き石、多層浮き石およびのり石の状態であることが多く、はまり石や岩であることは少なかった。高橋^{15, 16)}の水槽内での観察によれば、イサザが産卵床をつくる場合、石の下空間は広すぎず体がやっと入るくらいのもの

を選び、砂を掘り出して産卵室をつくるという。また、入口の狭いことが条件らしい。本調査の観察結果は、産卵場においてもイサザが同じ条件で産卵場所を選択し、これが産卵床の分布の特徴となって現れていることを示している。すなわち、1層浮き石は砂礫底との間に若干の隙間を持つ状態であることから、イサザが産卵室の形状を整えたり、入口を狭く加工することが可能であり、イサザにとっては最も利用しやすい状態であったと考えられる。

本調査で確認した産卵床の分布する水深は、礫底部の範囲と一致し、約4m付近までであった。また、産卵床の分布は特定的水深に偏る傾向はみられなかった。産卵床の分布する水深について、Nagoshi⁷⁾は水際から水深7mまでの礫底とし、小林ら⁵⁾は水深にかかわらず礫のある場所には産卵床が認められ、その最深部は水深9mであったとしている。本調査の結果は、これらよりも浅い水深までしか産卵床の分布を確認していないが、特定的水深に分布が集中しない点ではこれらと一致した。一方、葛籠尾崎や沖島では、水深1m以浅には産卵床が少なかった。その場所の底質は大礫、巨礫が多層浮き石の状態にあったことから、波浪による底質の攪乱が激しい場所と考えられる。これらのことから、産卵場とされる沿岸の礫底部では、イサザの産卵床の分布は水深には影響されないが、波浪による底質の攪乱によって、浅所での分布が制限されることがあると考えられる。

湖岸付近の礫底や岩石底表面には、アオミドロ類 *Spirogyra* やサヤミドロ類 *Oedogonium* を中心とする糸状藻類が繁茂する。²⁰⁾ これら糸状藻類がイサザの産卵期に石の表面を覆ってしまい、産卵を困難にしている可能性が指摘されている。²¹⁾ 本調査においても、海津大崎と沖島の産卵場の一部には礫表面に糸状藻類が繁茂しており、その区域ではイサザの産卵床は少なかった。糸状藻類が繁茂することは、イサザの移動や、産卵室内の水の交換を妨げると考えられ、産卵場所の制限要因のひとつとなるであろう。一方、1996年の調査で糸状藻類の繁茂区域が拡大したのは、イサザの産卵盛期を過ぎてからであった。このことから、1996年には糸状藻類の繁茂がイサザの産卵量に与えた影響は少なかったと思われる。しかし、糸状藻類の繁茂する時期が1ヵ月早ければ、イサザの産卵盛期と重なり産卵量に大きな影響を及ぼすことが予想される。糸状藻類の繁茂がイサザの産卵量に与える影響を把握するには、糸状藻

類の繁茂する時期と場所の年変動を調査する必要がある。

2. 産卵場間の産卵床数の比較

調査ライン当たりの産卵床数は産卵場間で異なり、1995、1996年ともに海津大崎で最も多く、八屋戸で少なかった。

イサザが産卵に利用できる場所の量は、礫帯の面積とそこにある礫の量およびその状態によって決まると考えられる。礫帯の面積は、礫帯の湖岸に沿った距離（広がり）×幅（奥行き）であるが、本調査での産卵床数の比較は、調査ライン当たり、つまり一定の湖岸距離当たりのものであるため、産卵床数の違いには礫帯の幅が影響すると考えることができる。本調査では、1層浮き石、のり石および多層浮き石の卓越する産卵可能な礫帯の幅は、八屋戸では他の産卵場より狭かった。このことが八屋戸で他の産卵場より産卵床数が少なかった原因のひとつであろう。

1989年に琵琶湖で初めて確認されたヌマチチブ¹⁸⁾は、琵琶湖の沿岸域一帯に分布を広げており、²²⁾イサザの産卵場となる礫帯にも生息していた。ヌマチチブも礫の下面に卵を産みつけることから、イサザと産卵期が重なれば産卵場所をめぐる競争が予想される。琵琶湖におけるヌマチチブの産卵期とその盛期は詳しくは知られていないが、遠藤ら*によれば4月下旬から8月中旬までの長期間にわたって産卵が確認されたという。本調査ではヌマチチブの産卵床の観察例は少ないが、もっとも早いもので水温が14℃を越えた5月4日であった。したがって、ヌマチチブの産卵期はイサザと若干重なるが、盛期は重ならないと考えられる。イサザの産卵場に棲み、6月～10月までの長期間にわたって産卵するヨシノボリ *Rhinogobius* sp.とは、イサザは産卵期を早く短くすることで競争を回避していると考えられている。^{16, 17)} 本調査では、ヌマチチブは卵を保護する雄以外にも礫の下にすることが多く観察された。したがって、ヌマチチブは産卵場所としてだけでなく、隠れ場所としても礫の下を利用しており、礫の下の空間をめぐる競争は、イサザとの間ではたらいっている可能性がある。八屋戸と近江舞子において、ヌマチチブの密度が高かった1995年にはイサザの産卵を確認できず、ヌマチチブの密度が低かった1996年にはこれを確認できた。両年の各産卵場へ接岸したイサザの親魚量が不明であることから、これがヌマチチブの影響かど

うかは明らかにできなかったが、イサザが接岸する以前からヌマチチブが高密度に棲み、礫の下を隠れ場所として利用していることは、イサザの産卵を制限する要因となることが予想される。

以上のことから、イサザの産卵床数が産卵場間で異なる原因のひとつは、産卵に利用できる礫帯の幅の違いと考えられた。このほかにもヌマチチブの密度の違いがイサザの産卵床数に影響している可能性があった。ヌマチチブがイサザの産卵に与える影響を明らかにするには、各産卵場へ回遊するイサザの親魚量と各産卵場での産卵床数を把握し、これとヌマチチブの密度を比較することが必要であろう。

イサザの増殖対策として産卵場の造成を考える場合、今回の調査結果から、長径10～40cmの礫を1層浮き石の状態に設置することが有効と考えられる。ただし、はまり石、浮き石のような礫底の構造は、砂泥の供給・浸食・堆積過程のバランスによって形成・維持されていることから、¹⁹⁾産卵場の造成には、1層浮き石の状態が維持されるような物理的な環境の場所を選定しなければならない。この他にも、イサザの親魚が多く接岸することやヌマチチブの密度が低いなどの条件への配慮も必要であろう。

摘 要

イサザの産卵床の分布を琵琶湖の5カ所の産卵場において調査し、産卵場所の環境条件や産卵場間での産卵床数の違いに影響する要因を検討した。

- 1 イサザの産卵に利用されていた石の大きさは長径10～40cmであった。これらの石の状態は、砂礫底の上にあり石の下に若干の隙間をもつ1層浮き石が約70%を占めていた。一方、底面が砂礫底に沈んだ状態のはまり石はほとんど利用されていなかった。
- 2 海津大崎や沖島の産卵場の一部では、イサザの産卵盛期に礫の表面に糸状藻類が繁茂しており、その区域ではイサザの産卵床は少なかった。海津大崎では、糸状藻類の繁茂区域はイサザの産卵盛期を過ぎた5月下旬から拡大し、6月中旬には調査した産卵場面積の約3分の2に達した。
- 3 これらのことから、イサザの産卵に適した条件は、長径か10～40cmの礫が1層浮き石の状態にあり、礫の表面に糸状藻類が繁茂していないことと考えられた。
- 4 イサザの産卵床数は産卵場所間で異なり、

脚注*：遠藤 誠 他（1995），平成6年度滋賀県水産試験場事業報告

1995、1996年ともに海津大崎で最も多く、八屋戸で少なかった。

- 5 産卵に利用できる礫帯の幅は産卵場間で異なっており、八屋戸では他の産卵場より狭かった。このことが八屋戸で産卵床数の少ない一因と考えられた。
- 6 産卵場に棲むヌマチチブの密度は、1995年にはイサザの産卵のみられなかった八屋戸と近江舞子で非常に高かった。産卵場間の産卵床数の違いには、礫帯の幅以外にもこのことが影響している可能性があった。
- 7 イサザの増殖対策として産卵場を造成するには、長径10~40cmの礫を1層浮き石の状態に設置することが有効と考えられたが、場所の選定には、物理的な環境、イサザ親魚の接岸量、ヌマチチブの密度などを考慮しなければならない。

文 献

- 1) 小林茂雄・山中勇太郎・鳥居利七(1950): 琵琶湖産イサザの産卵習性 (予報), 日本水産学会誌, 15(12), 808-812.
- 2) 近畿農政局滋賀統計情報事務所(1996): 平成7年次滋賀県農林水産統計年報, 滋賀農林統計協会, 大津, 121-131.
- 3) 小林茂雄・山中勇太郎(1950): イサザ *Chaenogobius isaza Tanaka* の増殖に関する研究. 第一報 産卵習性と成長度について, 滋賀県水産試験場研究報告, (1), 2-9.
- 4) 小林茂雄・山中勇太郎(1952): イサザ *Chaenogobius isaza Tanaka* の増殖に関する研究. 第二報 イサザ資源に関する予察, 滋賀県水産試験場研究報告, (2), 2-6.
- 5) 小林茂雄・山中勇太郎(1952): イサザの増殖に関する研究. 第三報 イサザ *Chaenogobius isaza Tanaka* の生活史補遺, 滋賀県水産試験場研究概要報告, 3(1), 1-11.
- 6) Miura, T.(1966): Competitive influence of isaza, *Chaenogobius isaza*, on ayu, *Plecoglossus altivelis*, in Lake Biwa, *Res. Popul. Ecol.*, VII, 37-50.
- 7) Nagoshi, M.(1966): Ecological studies on the population of isaza *Chaenogobius isaza Tanaka*, in Lake Biwa, with special reference to the effects of population density upon its growth, *Res. Popul. Ecol.*, VII, 20-36.
- 8) 名越 誠・小島忠夫(1976): びわ湖産イサザの成長と性成熟の年変動, 生理生態, 17, 297-301.
- 9) 中西 昇・名越 誠(1984): 琵琶湖産イサザの食性の年変動, 陸水学雑誌, 45(4), 279-288.
- 10) 高橋さち子(1974): イサザ (ハゼ科) の性成熟について—I 成長と性成熟の季節推移, 日本水産学会誌, 40(9), 847-857.
- 11) Takahashi, S.(1981): Sexual Maturity of the Isaza, *Chaenogobius isaza* II. Gross Morphology and Histology of the Ovary, *Zool. Mag.*, 90, 54-61.
- 12) Takahashi, S.(1981): Sexual Maturity of the Isaza, *Chaenogobius isaza* III. Effects of Water Temperature on Vitellogenesis, *Zool. Mag.*, 90, 265-270.
- 13) Takahashi, S.(1982): Sexual Maturity of the Isaza, *Chaenogobius isaza* IV. Vitellogenesis and the Subjective Diel Thermoperiod Caused by Vertical Migration, *Zool. Mag.*, 91, 29-38.
- 14) 高橋さち子(1983): サザの日周の上下移動と卵成熟, 動物行動の意味, (日高敏高編), 35-62, 東海大学出版会, 東京.
- 15) 高橋さち子(1983): イサザの産卵観察と稚魚飼育の試み, 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要, (1), 15-17.
- 16) 高橋さち子(1986): イサザの繁殖戦略—早くて短い産卵期をめぐる—, 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要, (4), 58-61.
- 17) Hidaka, T., and S. Takahashi(1987): Reproductive Strategy and Interspecific Competition in the Lake-Living Gobiid Isaza, *Chaenogobius isaza*, *J. Ethol.* 5, 185-196.
- 18) 高橋さち子(1990): 琵琶湖で採集されたヌマチチブ *Tridentiger kuroiwaie brevispinis* について, 滋賀県立琵琶湖文化館研究紀要, (8), 7.
- 19) 竹門康弘(1995): 水域の棲み場所を考える, 棲み場所の生態学, 11-66, 平凡社, 東京.
- 20) 松岡泰倫 他(1995): 琵琶湖湖岸部の糸状付着性緑藻類について, 滋賀県衛生環境センター所報, (30), 84-88.
- 21) 名越 誠(1995): イサザ, 日本の希少な野生生物に関する基礎資料 (II), 380-382, 日本水産資源保護協会.
- 22) 滋賀県水産試験場(1996): 琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査結果, 平成6~7年度 琵琶湖および河川の魚類等の生息状況調査報告書, 177pp, 彦根市.

