

琵琶湖の固有種ニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis*  
を育苗場としてのヨシ等植物群落の重要性  
Importance of a Reed Community as a Nursery for  
*Nigorobuna*, *Carassius auratus grandoculis*

藤原 公一<sup>\*1</sup>・臼杵 崇広<sup>\*1</sup>・小林 徹<sup>\*1</sup>・水谷 英志<sup>\*2</sup>  
Koh-ichi FUJIWARA<sup>\*1</sup>, Takahiro USUKI<sup>\*1</sup>, Toru KOBAYASHI<sup>\*1</sup> and Eiji MIZUTANI<sup>\*2</sup>

**ABSTRACT:** *Nigorobuna* is an endemic fish species in Lake Biwa and is useful in the production of "funazushi", a traditional fermented food in Shiga Prefecture. The importance of a reed community has been confirmed as a nursery area for this species.

Nearer the shore within a reed community, there is abundant zooplankton, but dissolved oxygen is in such low concentration that fishes don't generally live there. However, it has been observed that *nigorobuna* larvae gather there to develop. On the other hand, it has been confirmed that when the *nigorobuna* have reached the juvenile stage, as their cruising speed increases, they depart the reed community.

The *nigorobuna* juveniles with otoliths dyed in 3 different patterns by ALC were released respectively to the reed community, the sandy beach and more centrally around the northeast region of Lake Biwa. *Nigorobuna* specimens were gathered by small trawlnets from the northern basin 6 months latter. Then, their otoliths were checked, and a ratio of the survival rates of the fish released to each area was analyzed. This showed that the fish released outside the reed community, hardly survived, even though they had reached the juvenile stage.

These results suggest an importance of a reed community as a place to rear infant *nigorobuna*.

**KEYWORDS:** NIGOROBUNA, REED COMMUNITY, NURSERY AREA, LAKE BIWA

## 1. はじめに

琵琶湖にはニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis*、ギンブナ *C. a. langsdorfii* およびゲンゴロウブナ *C. cuvieri* の3種類のフナが生息する。その中で、ニゴロブナはゲンゴロウブナと共に琵琶湖の固有種であり、滋賀県の食文化を代表するフナズシの材料として最も重宝され、琵琶湖漁業において特に重要な漁獲対象となっている。

著者らは、このニゴロブナ資源を増大させ、安定した漁獲を維持させるため、その稚魚（種苗）を琵琶湖へ放流して成長後に漁獲する、いわゆる栽培漁業の効果的な実施方法を検討してきた。また、天然水域においてニゴロブナの再生産の場の造成方法を検討してきた。このような人為的なニゴロブナ資源の維持・培養技術を開発するうえでの基礎資料とするため、ニゴロブナの初期生活史とその生息環境を調査した。その結果、琵琶湖の沿岸帯にみられるヨシ等植物群落（以下、ヨシ群落という）は同資源の再生産の場、特に初期発育の場として非常に重要であることが明らかとなった。本報では、ヨシ群落内の環境とその環境に適応した発育初期のニゴロブナの生理機能や生態について概説し、ニゴロブナを育苗場としてのヨシ群落の重要性を考察する。

\*1 滋賀県水産試験場 Shiga Pref. Fish. Exp. Station

\*2 滋賀県水産課 Shiga Pref. Fish. Div.

## 2. 調査の概要と結果

### (1) ヨシ群落内の溶存酸素と餌料環境

滋賀県近江八幡市牧町の琵琶湖沿岸に自生するヨシ群落（幅約150m、奥行き約45m）内の定点（図1）で、ニゴロブナの産卵期に当たる1994年4月から同年6月までの間に、数日おきに溶存酸素飽和度（DO）を測定した。また、同時に現場の水5ℓをNXXX25のプランクトンネットで濾過して得た動物プランクトンを5%緩衝ホルマリンで固定して持ち帰り、後日、その種類と個体数を調べた。これらの調査は毎回13:00に開始し、同じ行程で実施した。更に、同年4月27～28日と5月22～23日には上記と同様の調査を10:00から翌日10:00までの間に3時間おきに実施した。その結果、DOはヨシ群落内の奥部（岸寄り）程低い傾向にあった（図2）。また、DOは日没後から低下し始め、夜明け前に極小となった（図3）。特に5月22～23日の調査では10:00から翌日4:00までの間にヨシ群落奥部の定点C0m、C10mおよびC20mでは無酸素状態を観察した。このためヨシ群落の奥部は一般に魚類が生息し難い環境であると考えられた。しかし、ニゴロブナの仔稚魚の餌料<sup>1)</sup>として重要なミジンコ類やケンミジンコ類は、C0m、C10m、C20m等、ヨシ群落奥部で多い傾向にあった（図4）。

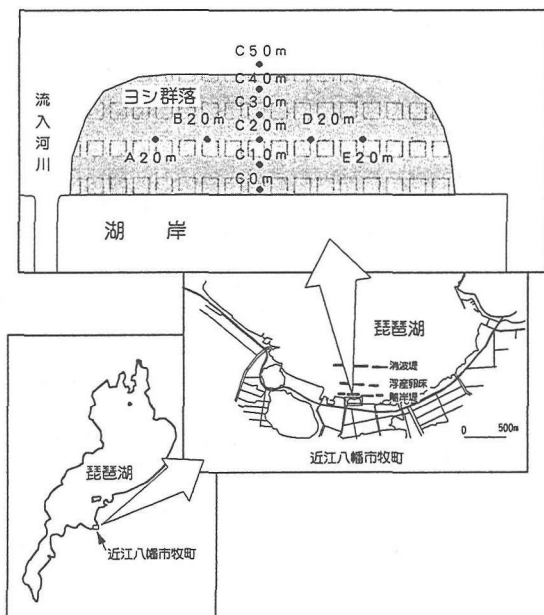


図1 近江八幡市牧町沿岸に自生するヨシ群落内の調査定点。

ヨシ群落の規模は幅約150m、奥行き約45m。

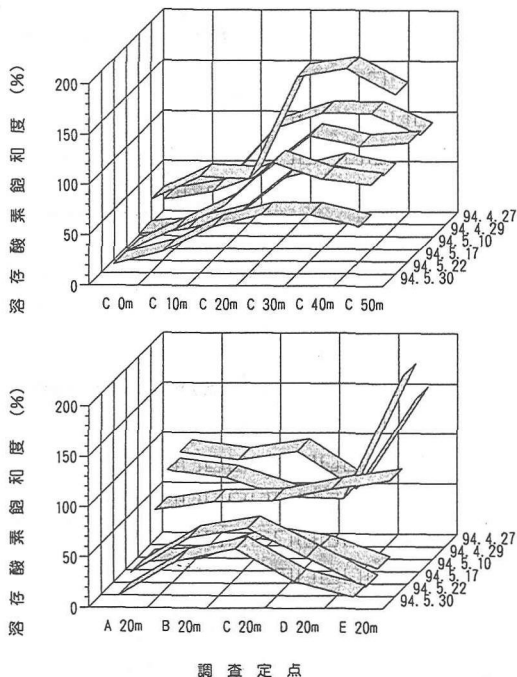


図2 ヨシ群落内の溶存酸素飽和度。  
調査定点は図1参照。

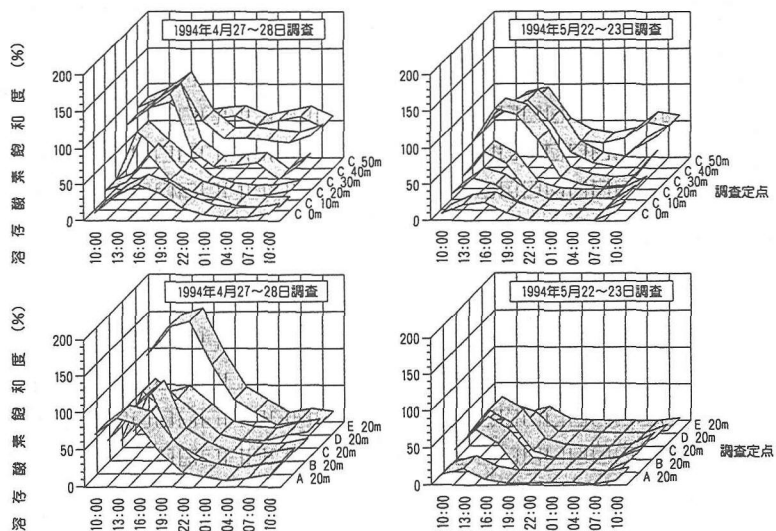
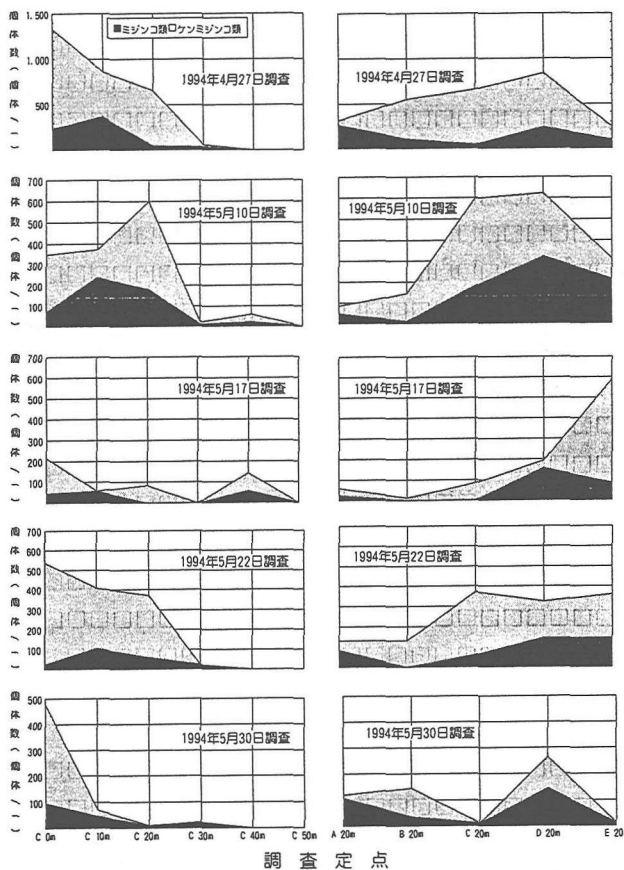


図3 ヨシ群落内の溶存酸素飽和度の日周変動。  
調査定点は図1参照。



調査定点

図4 ヨシ群落内の動物プランクトン数。  
ノウアリウス幼生は表示していない。  
調査定点は図1参照。

## (2) 発育初期のニゴロブナの特徴

### 1) 魚体比重

仔魚期から稚魚期にかけて発育段階毎にニゴロブナとホンモロコの魚体比重を測定した。ホンモロコ *Gnathopogon caeruleus* はニゴロブナと同じ琵琶湖固有のコイ科魚類で、重要水産資源のひとつである。本種はニゴロブナと対比するために供試した。供試魚はともに滋賀県水産試験場で孵化させ、培養した動物プランクトンを与えて飼育した。これらを1~7日毎にサンプリングし、MS222で麻酔して、濃度（比重）が異なる食塩水へ収容した。そして供試魚が浮上も沈降もしない食塩水の比重を魚体比重とした。測定は全て水温20℃で行った。供試魚は予めこの水温に十分馴致しておいた。その結果、図5に示すように両種とも孵化当日は、魚体比重が環境水の比重よりも大きかった（この間、ニゴロブナは器物に付着し沈降しなかった。ホンモロコは水底に沈降した）。しかし、ニゴロブナは孵化翌日には鰾の発生に伴い急速に魚体比重を低下させ、孵化後4~18日の仔魚の多くは、環境水よりも比重が小さく、受動的に水面への浮上が可能であった。それに対して同日齢のホンモロコの多くは、環境水よりも比重が若干大きく、水底へ沈降して生息した。

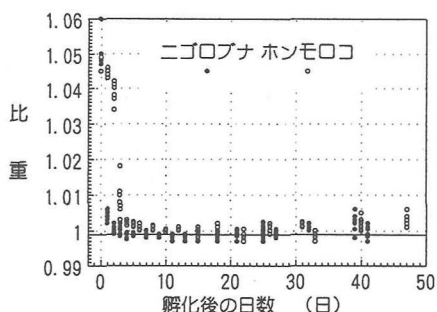


図5 ニゴロブナとホンモロコの発育に伴う比重の変化。実線は環境水の比重を示す。

### 2) 低酸素耐性

仔魚期から稚魚期にかけて発育段階毎にニゴロブナとホンモロコの半数が斃死する溶存酸素飽和度（ $LD_{50}$ という）を測定した。供試魚は魚体比重測定に用いたものと同じであった。 $LD_{50}$ は次のようにして測定した。まず、窒素ガスを注入して6段階のD0の水（水温20℃）を調製した。その中に供試魚を10尾ずつ収容し、その容器を密栓して20℃のウォーターバス中に静置した。60分後に斃死尾数を計数し、D0と斃死率との関係から斃死率50%のD0を推定し、 $LD_{50}$ とした。その結果、図6に示すように成長（発育の進行）に伴い両種とも $LD_{50}$ が低下する傾向がみられた。また、どのサイズの魚でも、ニゴロブナはホンモロコに比べて $LD_{50}$ が低く、低酸素耐性が高いことがうかがえた。

また、図7に示すようにニゴロブナ仔魚を窒素ガスを注入して調製した無酸素水中に1時間置いたところ、水面が存在すると、水面が無い場合よりも死にくいことが明らかとなった。

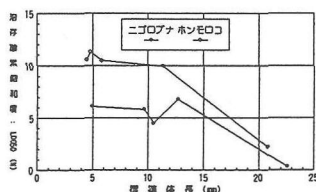


図6 ニゴロブナとホンモロコの半数が1時間以内に致死する溶存酸素飽和度

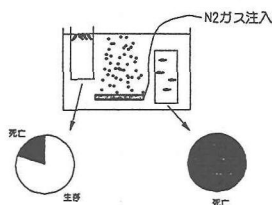


図7 窒素ガスを注入して無酸素にした水中でのニゴロブナの生存状況。各10尾ずつのニゴロブナを水温19.9℃で60分間収容供試魚は12日齢で平均体長が10.5mm。

### (3) ヨシ群落内でのニゴロブナの動き

ヨシ群落を図8に示すように、3枚の網（オープニング0.3mm）で仕切り、その中へ1992年5月19日にニゴロブナの2日齢仔魚を107万尾、その8日後に10日齢仔魚を30万尾、ともに岸に平行に離岸25m線上に一様に放流した。この放流4日後（仔魚は14日齢）にヨシ群落内の仔魚の分布を調査した。調査は水面に1×1mのコドラートを静かに浮かべ、その中の仔魚数を目視で計数した。その結果、仔魚はヨシ群落の

奥部（岸寄り）には多いが、沖合側からは発見されなかった。また、その約1ヶ月以降に各網の先端に設けた小型定置網で体長16mm（この体長は個体発生上の仔魚と稚魚の閾値）を越えたニゴロブナが多数採集された。このためニゴロブナは体長16mmを越えて稚魚期に達するとヨシ群落を離脱し始めるものと考えられた。

さらに、スイミングトンネルを用いて仔稚魚期のニゴロブナの突進速度と巡航速度を測定した。その結果、図9に示すように、体長16mmを境に突進速度は伸び悩み、逆に巡航速度が急激に増大し始めた。この巡航速度の増大に伴い、稚魚期に達したニゴロブナがヨシ群落を離脱可能となるものと考えられた。

また、図10に示すように、同ヨシ群落内に岸に直角または平行方向にオープニング0.3mmの網で幅約30cmの通路（両端は閉鎖）を設置した。それらの中央に14日齢のニゴロブナを放流した。その1〜3日後に同通路内の仔魚の分布を調べるとともにD0を測定した。その結果、ヨシ群落の奥部はD0が低いが多数の仔魚が確認された。

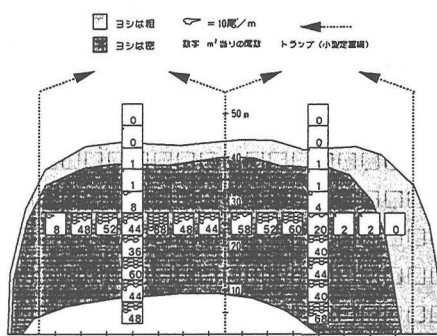


図8 近江八幡市牧町沿岸に自生するヨシ群落内におけるブナ仔魚の分布。予め放流したニゴロブナ仔魚の分布を調査。調査時に仔魚は14日齢。放流は離岸25m地点に岸に平行に実施。

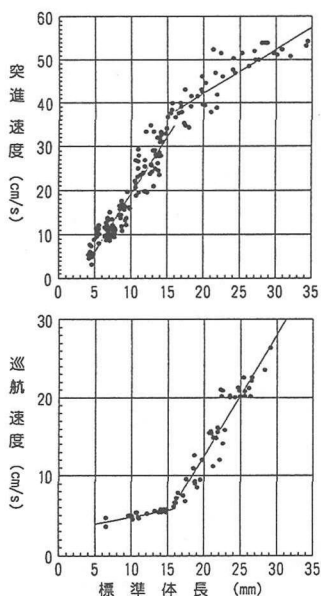


図9 発育・成長に伴うニゴロブナの遊泳速度の変化。標準体長16mmを境に突進遊泳速度の増大率はやや滞るが、巡航遊泳速度は急激に増大し始める。

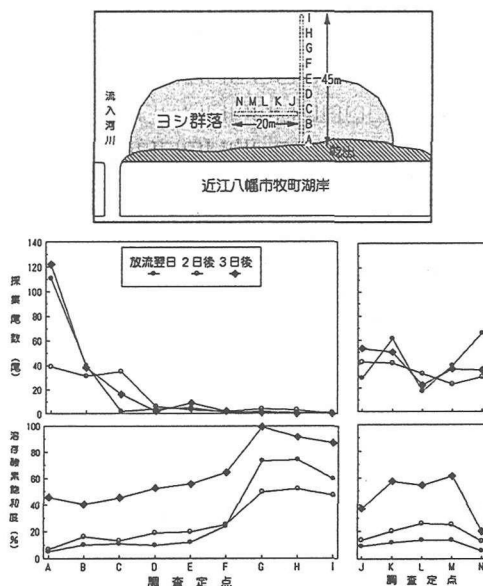


図10 近江八幡市牧町沿岸に自生するヨシ群落内に設置した網地製通路内に放流したニゴロブナの分布。放流はE点およびI点に実施。供試魚は放流時に14日齢の仔魚。採集尾数は200×150mmのタモ網1すくい採集された尾数。

#### (4) 仔稚魚期のニゴロブナにとってのヨシ群落の必要性の証明

アリザリンコンプレクソン (ALC) を用いて、ニゴロブナ仔稚魚の耳石に互いに識別可能で、個々の再捕魚について放流時の体長が推定できる3通りの標識を施し、1994年6月2日に琵琶湖（北湖）北東部の湖北町周辺のヨシ群落内、砂浜およびそれらの沖合（水深80m）に放流した。その約半年後に北湖の各地で小型底曳網でニゴロブナの標本を約1万尾採集し、耳石の標識を調べて各放流魚の再捕率（放流

尾数に対する再捕尾数の百分率；各放流群の生残率の指標となる）を算出した。その結果、図11に示す通り、再捕率はヨシ群落内に放流したものは他の水域に放流したものよりも有意に高く、放流時に既に稚魚期に達していた魚であっても、生存にはヨシ群落が重要であることが示唆された。

### 3. 考 察

近江八幡市牧町沿岸に自生するヨシ群落内（図1）で、溶存酸素飽和度（D0）を測定したところ、D0は群落奥部（岸寄り）程低い傾向にあった（図2、図3、図10）。

また、昼間にD0が上昇し、夜間に低下する日周変動がみられ、群落の奥部では夜半から夜明け前に無酸素となることも観察された（図3）。

このような酸素が乏しい環境中では、一般には魚類が生息できないと考えがちである。ところが、群落のほぼ中央の岸に平行な線上に放流されたニゴロブナ仔魚は、群落奥部に多数分布したが、群落の外縁部では発見されなかった（図8）。また、群落の岸に対して直角および平行にそれぞれ設置した網地製通路に収容されたニゴロブナ仔魚は、平行方向の通路内ではほぼ一様に分布したが、直角方向の通路内では群落の奥部に多数集まった（図10）。さらに、無酸素となった夜半の群落奥部でもニゴロブナ仔魚が生息することが観察されている。このように、貧酸素水域にニゴロブナ仔魚が生息できるのは、ニゴロブナは比較的、低酸素に強い魚種（図6）であり、仔魚期には魚体比重が環境水より若干小さくて水面に浮遊しやすく（図5）、大気中からの酸素の供給がある水面を利用できる（図7）ためであろう。このため、ニゴロブナはその仔魚期には貧酸素環境、言い換えればヨシ群落の奥部環境に適応した魚といえよう。

孵化直後のニゴロブナは運動器官が未発達<sup>2)</sup>で、仔魚期にはホンモロコと比べると遊泳能力が非常に劣る<sup>3)</sup>。このため、ニゴロブナ仔魚が摂餌に成功するには高い密度の餌料が必要である。ところが、群落奥部はニゴロブナ仔魚の餌となる動物プランクトンが大変豊富（図4）で餌料環境という点では非常に優れている。貧酸素であるにも関わらずニゴロブナ仔魚が群落奥部へ集まる理由のひとつに、この水域の摂餌の場としての利用があげられる。

一方、発育が進んで稚魚期（体長16mm以上）に達するとニゴロブナは急激に巡航速度を増し（図9）、ヨシ群落を離脱し始めることが確認された。しかし、標識放流実験によりこの発育段階に達したニゴロブナであってもヨシ群落に依存している（図11）ことが明らかとなった。稚魚期への到達は、ニゴロブナがヨシ群落を離脱できる必要条件であっても十分条件とはいえない。

以上のことから、ニゴロブナは仔魚期および稚魚期を通じて、ヨシ群落が作り出す環境に依存した魚種であり、ニゴロブナが発育し成長するにはこのような環境が必要であると結論できる。なお、そのような環境はヨシ群落の先端付近ではみられなかったことから、その環境の創生には、ヨシ群落に一定以上の奥行きが必要であると思われる。

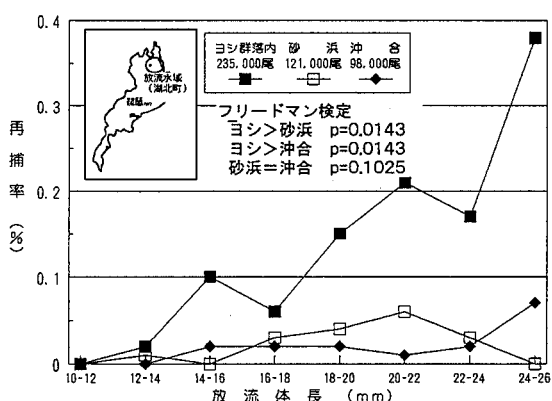


図11 標識を付けて放流したニゴロブナ稚魚の放流体長毎の再捕率の比較。1994年6月26日に湖北町沿岸のヨシ群落内、砂浜およびその沖合へ放流。再捕率は放流尾数に対する再捕尾数の百分率をいい、生残率の指標となる。