

IV. フナの生残と成長におよぼす渇水影響調査

藤原公一・臼杵崇広・水谷英志

ニゴロブナの産卵は5月を盛期に、4月から7月にかけて琵琶湖沿岸や内湖沿岸の浅場の水草やヨシ群落内の浮遊物に行われる¹⁾。今日までの研究で、ヨシ群落内で孵化した仔魚は群落内の湖辺部分へと集まり、その水域を発育の場として利用することが確認されている²⁾。そして、孵化後1ヶ月以上経過して稚魚期に達すると、ニゴロブナはヨシ群落を離れることが可能となるものの、生存するうえでは依然としてヨシ群落あるいはその周辺の浅水域が必要であることが標識稚魚放流によって明らかにされた²⁾。このように沿岸帯は、ニゴロブナの産卵や発育にとって非常に重要な水域であるといえよう。

異常渇水にみまわれた平成6年(1994年)は、7月中旬以降になって琵琶湖の水位が急速に低下し始め、9月15日には観測史上最高のマイナス123cmを記録した。この水位の低下に伴って汀線は大きく後退し、琵琶湖や内湖の沿岸の随所でヨシ群落やその前面水域の干陸化が観察された。しかし、このような年であっても、その年に産まれたニゴロブナにとっては琵琶湖の沿岸帯は重要な生息の場であり、この異常渇水が同年加入のニゴロブナ資源におよぼした影響が危惧された。そこで平成6年(1994年)と平成7年(1995年)の夏季に、ニゴロブナ稚魚に標識を付けて琵琶湖沿岸のヨシ群落内に放流し、その数ヶ月後に成長した標識魚の回収調査を行って異常渇水がその年の新規加入ニゴロブナの生残や成長におよぼした影響を検討してきた。現在もこの標識魚の採集調査は継続中であるが、本報では今日までに得られたデータを解析し、平成6年(1994年)の異常渇水が同年新規加入のニゴロブナの生残と成長におよぼした影響について考察する。

なお、ニゴロブナの資源を増大させるための資源添加技術(種苗放流技術)に関して知見を得るため、平成4年(1992年)から本報で述べるのと同様にニゴロブナの標識稚魚放流・回収調査を実施してきた。本報ではそれらのデータも併せて解析する。

これら一連の標識稚魚放流における放流用稚魚を生産するためのニゴロブナ卵は、琵琶湖栽培漁業センターから提供されたものである。また、採集されたニゴロブナ標本の測定や標識確認には同センターの松尾雅也氏、竹岡昇一郎氏、田中満氏に格別なご協力をいただいた。この場を借りて、この方々に対して厚くお礼申し上げる。

調 査 方 法

1. 放流用稚魚の生産















琵琶湖栽培漁業センターのニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis* の親魚飼育池に5月上旬に人工産卵基体(商品名キンラン)を浮かべて自然産卵させた。得られた卵は速やかに水産試験場へ持ち帰り、5mg/lのマラカイトグリーン溶液で20分間消毒した。その後、これを琵琶湖水の流水中でインキュベートして孵化させた。孵化翌日から仔魚には培養したツボワムシとタマミジンコ等の餌料生物を10~15日間与えた。この給餌は、水中ポンプを用いて培養水ごと日夜連続して行った。その後は配合飼料(全農ニュー餌付けAおよびニュー餌付けB)を19~45日間与えて、放流用稚魚を生産した。この飼育は餌料生物を培養したコンクリート池(8×5×1m深さ)に張ったイケス(3.5×2×1m深さ)中で行った。イケスは1池に2張りずつ

設置した。このコンクリート池への通水は、餌料生物の流出を防ぐため最初の10～15日間は行わなかった。その後は琵琶湖水を常時通水した。また、飼育期間中は常時水中へ通気を行った。生産密度は最終取り上げ時(放流時)で、一イネス当たり3～13万尾であった。

2. 標識と放流

アリザリンコンプレクソン(ALC)溶液中にニゴロブナ仔稚魚を24時間収容して、耳石の形成部分を染色することにより標識とした。耳石は魚の内耳内に存在する偏平な平衡石で、日毎に外側へ層状に成長する。そして、ALCは耳石の形成過程にある部分に吸着される。このため、この標識操作の回数や間隔(日数)を変えて行うことにより、異なったパターンで耳石を多重リング状に染色することが可能である。そこで、各放流群の耳石を表1に示すそれぞれのパターンで染色し、放流群毎に識別可能な標識とした。この一連の標識操作に用いたALC溶液の濃度は16～32mg/lであった。各ALC溶液のpHは1N水酸化ナトリウムと1N塩酸を用いて7.6～7.8に調整した。標識時にはALC溶液1tにつき数万から数十万尾の高密度で魚を収容したため、酸素ガスと空気を溶液中へ常時供給して魚が酸素欠乏に陥るのを防いだ。なお、どの放流群の魚も多重標識の最終標識操作は放流直前に行い、放流時の耳石の輪郭部分をALCで染色した。このため、再捕魚の耳石の最外ALCリングは放流時の魚の耳石の輪郭を示すことになる。したがって、あらかじめ求めた各放流群の魚の標準体長(以下、体長という。)と耳石長径との関係(直線回帰)から、個々の再捕魚について放流時の体長の推定が可能であった。

表1. ニゴロブナ標識稚魚の放流結果

放流年月日	放流水域	放流尾数 尾	標準体長(平均±標準偏差)		日齢 d	標識タイプ	
			mm				
92/06/26	近江八幡市牧町ヨシ群落内	29,000	16.06	±2.80	40		
93/07/01	近江八幡市牧町ヨシ群落内	213,000	15.27	±2.89	44		
93/07/01	湖北町海老江ヨシ群落内	194,000	16.22	±3.30	44		
94/06/28	近江八幡市牧町ヨシ群落内	95,000	18.14	±4.50	44		
94/06/26	湖北町海老江ヨシ群落内	132,000	16.63	±3.65	42		
94/06/28	新旭町ヨシ群落内	135,000	16.46	±3.71	44		
95/07/06	近江八幡市牧町ヨシ群落内	30,000	20.62	±3.62	62		
95/07/04	湖北町海老江ヨシ群落内	257,000	17.31	±3.58	34-60		
95/07/11	新旭町ヨシ群落内	107,000	18.60	±3.70	52		

これら標識魚(以下、後述する秋放流魚と区別するため夏放流魚という。)は表1に示した通り放流した。放流に当たり、取り上げた魚を放流群毎に1t水槽に収容し、酸素ガスを供給しながらトラックで各沿岸のヨシ群落付近まで運搬した。その後、速やかに魚をバケツにすくいとり、それをリレーしてヨシ群落中央まで運び放流した。

3. 標識魚の再捕調査

ニゴロブナの当歳魚は冬季になると琵琶湖の深部に集まり、その水域で操業されるスジエビやホンモロコ、スゴモロコ等を対象とした底曳網(沖曳網)で混獲される。そこで、漁業者に依頼して沖曳網漁で混獲されたニゴロブナを標本として採集した。採集魚は現場で速やかに冷凍し、冷凍庫に保存してもらった。標本は後日、水産試験場へ持ち帰り、解凍して全長、体長、体重を測定した。その後、3種左右2個ずつ、計6個の耳石の内、左側の礫石を摘出し

た。この耳石の摘出は、原則として左鰓蓋を開き、鰓弓を除去後、神経頭蓋の下面に穿孔して左側の内耳から行った。摘出した耳石はスライドガラスに両面粘着テープで貼付し、カバーガラスをかけて組織標本封入剤(M・X)でマウントした。大きな耳石は内部が透過できるように、必要に応じて2~4N塩酸で周囲を溶解させた後、封入した。ALCによる耳石の染色状態は通常光下では殆ど確認できないが、紫外線を照射し、反射光を特定の励起フィルターを通過させると蛍光として捕らえることができる。今回の調査では、標識の有無の確認にはG励起フィルターを装着した蛍光顕微鏡(NIKON OPTIPHOT)を用いた。

4. 生残率の算出

平成6年(1994年)10月18日と平成7年(1995年)11月7日に、ALC標識を施したニゴロブナ当歳魚(両年の夏放流魚と同日孵化したもので、放流までの間は養鯉用配合飼料を与えて200㎡のコンクリート池2面で養成。)を、表2に示すとおり琵琶湖の北湖になるべく一様に分布するように6水域に分けて放流した(以下、この放流魚を秋放流魚という。)。その後、上記の標本調査における秋放流魚、各夏放流魚および非標識魚の再捕尾数の比率からピーターセン法³⁾で秋放流魚の放流時点における各夏放流魚の現存尾数と当歳魚資源尾数を推定した。次に、各夏放流魚の推定現存尾数を放流尾数で除して、秋放流魚の放流時点までの各夏放流魚の生残率を算出した。なお、再捕された各夏放流魚は、先に述べた耳石の最外ALCリングの長径を測定して耳石長径-体長関係から2mmピッチで放流時体長を推定し、2mm刻みの体長別に生残率を求めた。

表2. ニゴロブナ標識放流魚(秋放流魚)の放流結果

放流年月日	放流尾数	標準体長(平均±標準偏差)	日齢	標識タイプ
	尾	mm	d	
1994年10月18日	28,800	83.9 ± 6.3	156	⊖
1995年11月07日	33,500	85.1 ± 9.3	171	。

*放流は琵琶湖北湖一円の6水域において実施。

調査結果

1. 平成6年(異常渇水年)と平成7年のニゴロブナ当歳魚資源尾数の比較

一例として、平成6年(1994年)6月28日に新旭町のヨシ群落内に放流したニゴロブナ標識稚魚(表1)の再捕日ごとの体長を図1に示す。この図から、ニゴロブナは冬季にはほとんど成長していないことがうかがえる。したがって、冬季に採集したニゴロブナは、採集期間に幅があってもその採集期間内の成長は無視することができる。そこで、平成6年(1994年)11月5日から翌年2月3日までの間に沖曳網で採集した非標識ニゴロブナを一括して、その体長のヒストグラムを5mmの階級幅で求めた結果を図2に示す。非標識ニゴロブナには、天然のニゴ

ロブナその他、琵琶湖栽培漁業センターが非標識で放流したニゴロブナが含まれる。そのヒストグラムには体長95mm付近をモードとする山がみられ、さらに体長145mm付近をモードとする不明瞭な山がみられる。これら2峰の境界は125mm付近と読み取れる。図3には、上記の非標識魚と同様に採集した標識放流魚の体長のヒストグラムを示す。標識は放流群毎に互いに識別できた

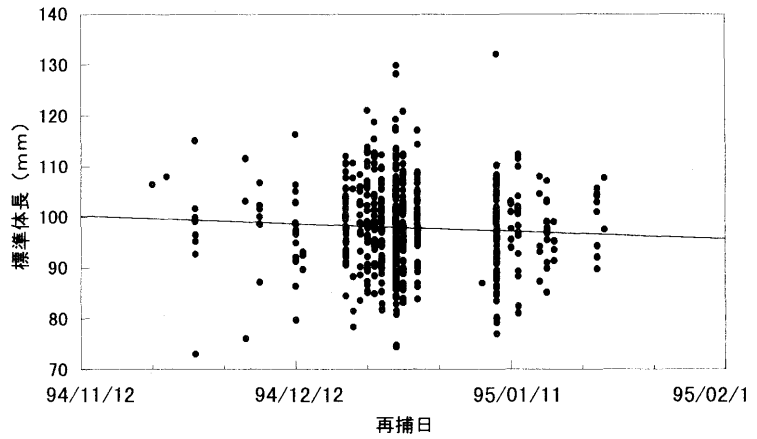


図1 1994年6月28日に新旭町ヨシ群落内に放流したニゴロブナ標識稚魚の再捕日と標準体長との関係。

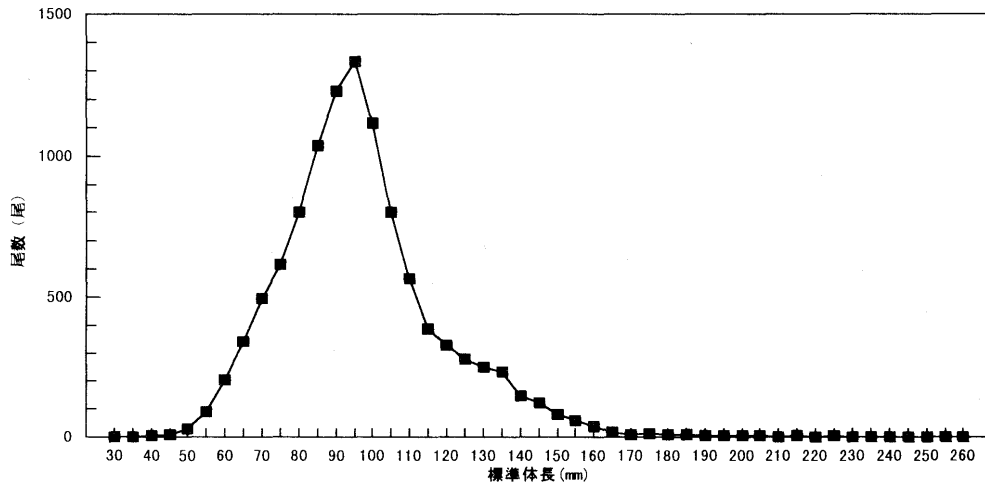


図2 1994年11月5日から1995年2月3日に沖曳網で採集された非標識ニゴロブナの体長のヒストグラム。

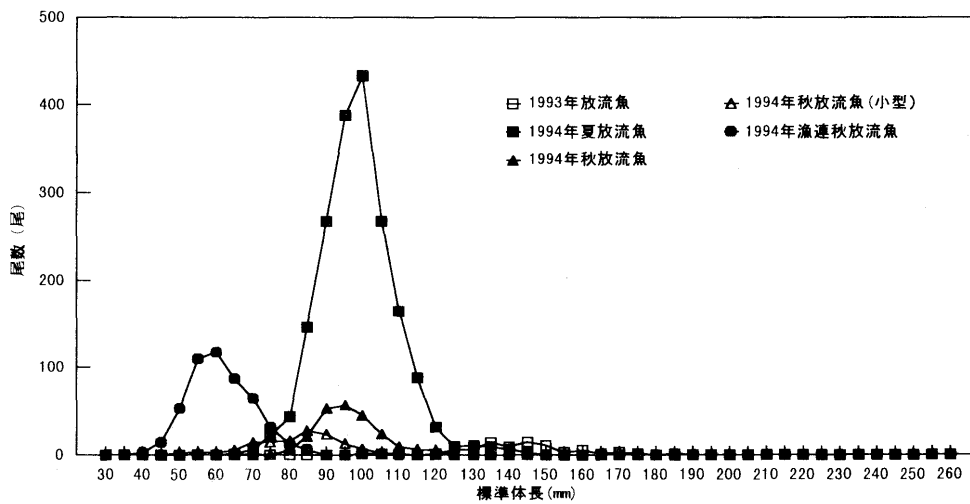


図3 1994年11月5日から1995年2月3日に沖曳網で採集された標識放流ニゴロブナの体長のヒストグラム

め、何年放流魚であるかは明らかである。そこで、平成6年(1994年)夏放流魚の体長組成をみると、それは一峰型でその山の位置は図2における体長95mm付近をモードとする山の位置とほぼ一致する。また、図3において平成5年(1993年)放流魚は採集尾数が少ないものの、その山は図2の体長145mm付近をモードとする山とほぼ一致する位置に存在する。したがって、図2において、小さい体長の山は平成6年(1994年)加入群、大きい体長の山は平成5年(1993年)加入群であり、それらの境界は体長125mm付近に存在するといえよう。

一方、滋賀県漁業協同組合連合会(以下、漁連という。)が平成6年(1994年)秋季に放流したニゴロブナは、同年春季放流魚に比べて体長がかけ離れて小さいことが図3からうかがえる。また、別途調査でこの漁連秋放流魚は放流後の経日的な自然死亡が著しく大きいこと*1が明らかとなっており、今回はこの魚は当歳魚資源には含めないこととする。

以上の結果から、平成6年(1994年)加入ニゴロブナ資源尾数の推定に当り、対象とするニゴロブナは平成6年(1994年)に漁連が放流した魚を除いた体長125mm未満の魚とする。

図4と図5には、それぞれ平成7年(1995年)10月30日から翌年1月29日までの間に沖曳網で採集した非標識および標識放流ニゴロブナの体長のヒストグラムを示す。これらの図からも、上記と同様に考えると、図4における小さい体長の山は平成7年加入群、大きい体長の山は平成6年加入群であるといえよう。一方、当歳魚の冬季における体長のモードは、平成7年(1995年)はほぼ85mmで平成6年(1994年)に比べて10mm程度小さいという結果であった。しかし、平成7年(1995年)の冬季における平成7年(1995年)加入群と前年加入群との体長の境界は上記と同様に125mm付近に存在する。また、平成7年(1995年)秋季に漁連が放流した標識ニゴロブナは前年ほど小型ではないが、体長のヒストグラムが同年春季や秋季に放流したものに比べて小さい方に明確にずれている。このため、平成7年(1995年)の漁連の放流魚も、同年加入のニゴロブナ資源尾数の推定からは除くこととする。

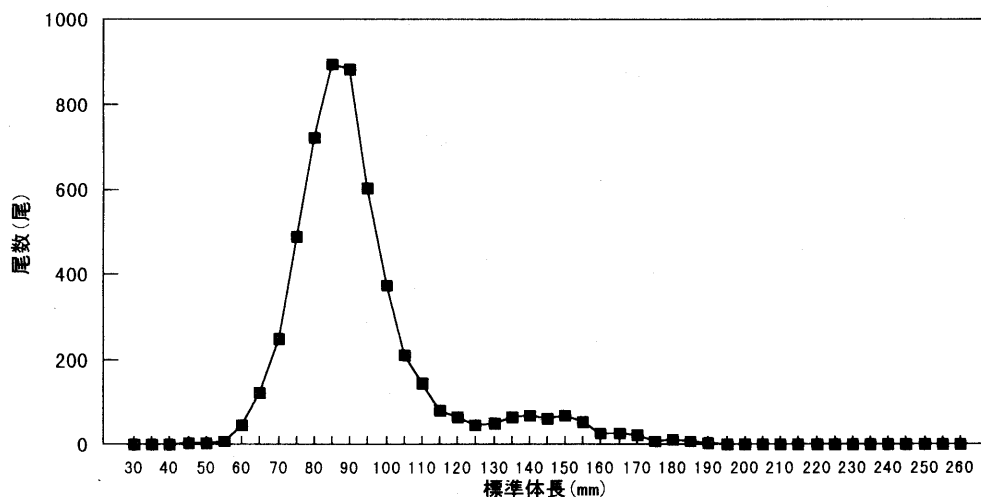


図4 1995年10月30日から1996年1月29日に沖曳網で採集された非標識ニゴロブナの体長のヒストグラム。

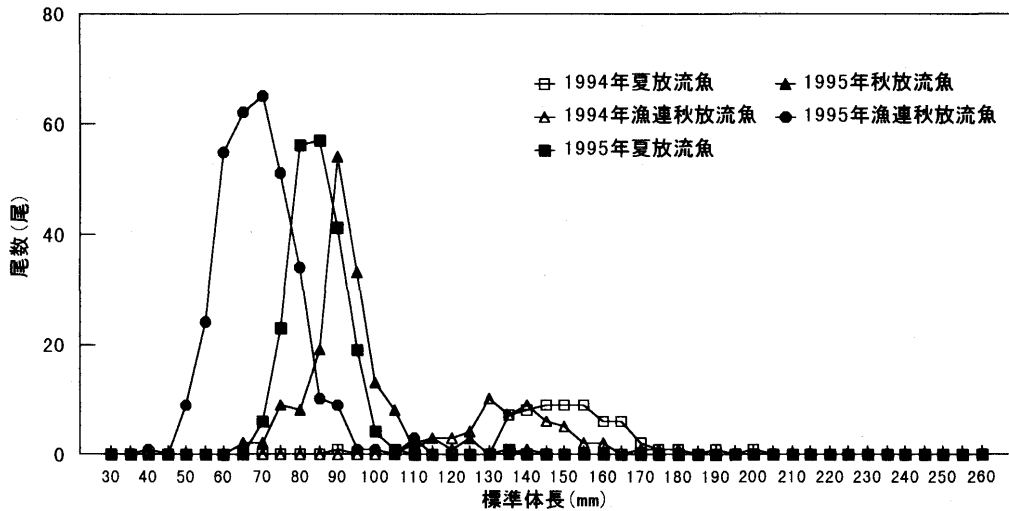


図5 1995年10月30日から1996年1月29日に沖曳網で採集された標識放流ニゴロブナの体長のヒストグラム。

図6と図7には平成6年(1994年)と平成7年(1995年)に放流した秋放流魚の混獲率の経日変化を示す。混獲率は採集尾数(標本数)に対する標識魚の再捕尾数の百分率である。ここでは上記した理由で、採集魚は両年とも漁連が放流した魚を除いた体長125mm未満のニゴロブナとした。両図からともに、秋放流魚の混獲率は放流直後は比較的高いが、放流21日目以降からは低下し比較的稳定する傾向がうかがえる。放流直後に混獲率が高いのは、その時期には分散が不十分で、まとまって秋放流魚が採集された場合があったためと思われる。したがって、天然水域で分散が進んだと考えられる放流後21日目以降のデータを用いて、両年の当歳ニゴロブナ資源尾数を推定することとする。その結果、表3に示すように平成6年(1994年)と平成7年(1995年)のニゴロブナ当歳魚資源尾数はそれぞれ154万尾(10月18日時点)と137万尾(11月7日時点)で、異常渇水にみまわれた年の方がニゴロブナの当歳魚資源が豊富であったという結果が得られた。

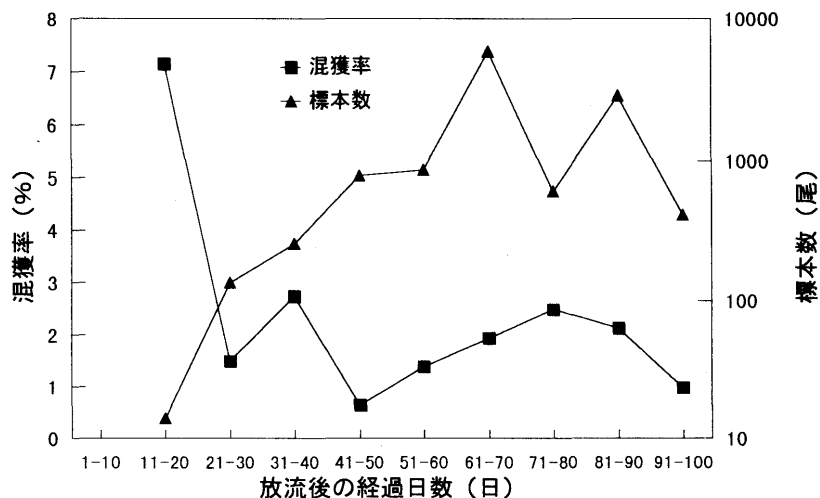


図6 1994年10月18日に放流したニゴロブナ(秋放流魚)の混獲率の経日変化。

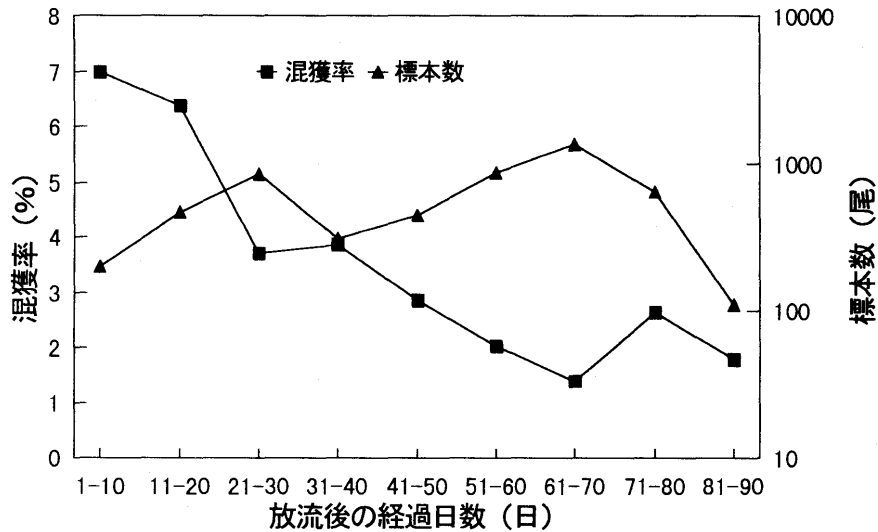


図7 1995年11月7日に放流したニゴロブナ(秋放流魚)の混獲率の経日変化.

表3. 1994年と1995年の当歳ニゴロブナ資源尾数の推定根拠と推定尾数

年	秋放流魚		採集標本数*	標本中標識魚尾数	当歳ニゴロブナ資源尾数
	放流日	放流尾数(Nr)	(Ns)	(Nrm)	(N)
1994年	1994年10月18日	28,800	11,788	221	1,540,000
1995年	1995年11月07日	33,500	4,625	113	1,370,000

* $N = Nr \cdot Ns / Nrm$

2. 平成6年(異常渇水年)と平成7年のニゴロブナ夏放流魚の生残率の比較

上記したニゴロブナの当歳魚資源尾数の推定と同様の方法で、平成6年(1994年)と平成7年(1995年)の春季に放流したニゴロブナの秋放流魚の放流時点での現存尾数を推定した。なお、この現存尾数の推定は、再捕した夏放流魚の耳石のALCリングの最外長径から放流時の体長を個々に推定し、2mm刻みで行った。そして、この尾数を2mm刻みの各体長毎の放流尾数で除して各体長毎に生残率を推定した。その結果、図8～10に示すとおり、平成7年(1995年)夏放流魚の生残率は、いずれのヨシ群落内に放流した場合も、異常渇水がみられた平成6年(1994年)の夏放流魚の生残率よりも低いという結果が得られた。特に、平成7年(1995年)に近江八幡市牧町のヨシ群落内へ放流したニゴロブナはその生残は確認できなかった。

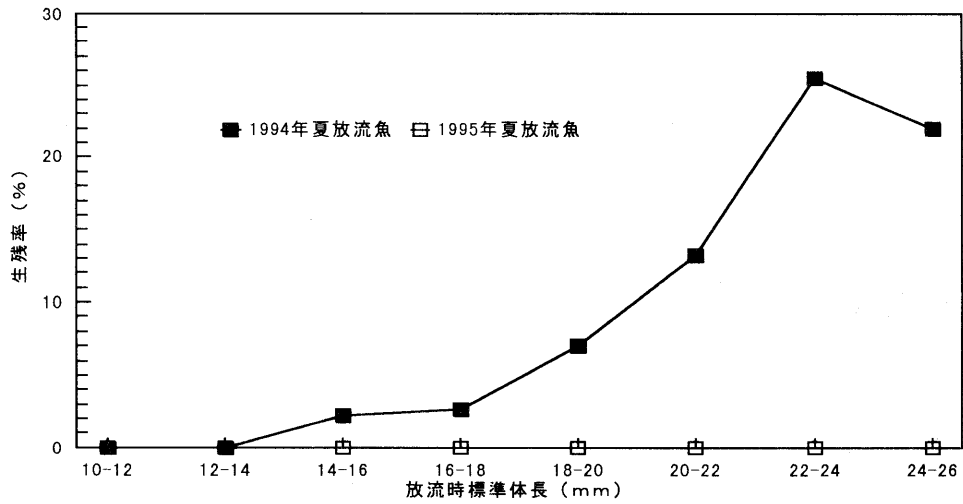


図8 近江八幡市牧町のヨシ群落内に放流したニゴロブナの放流年秋季までの生存率。

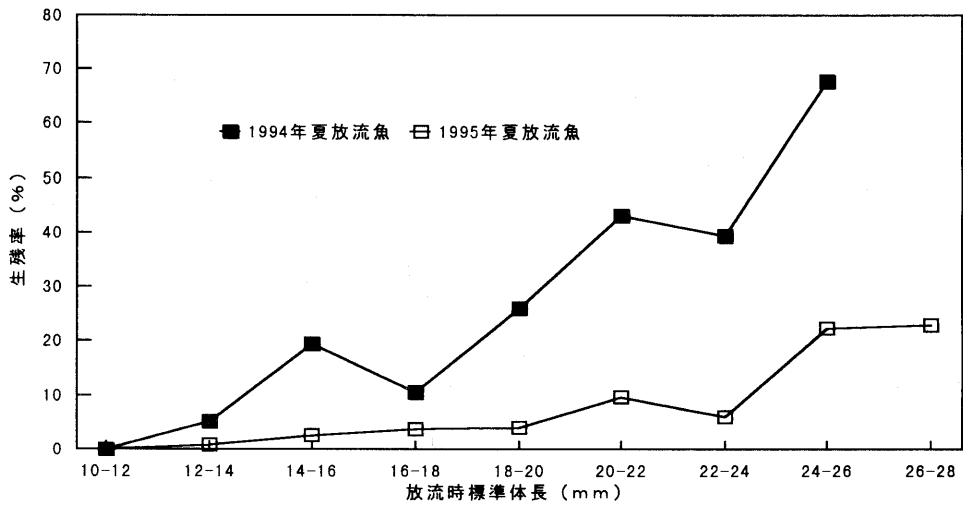


図9 湖北町海老江のヨシ群落内に放流したニゴロブナの放流年秋季までの生存率。

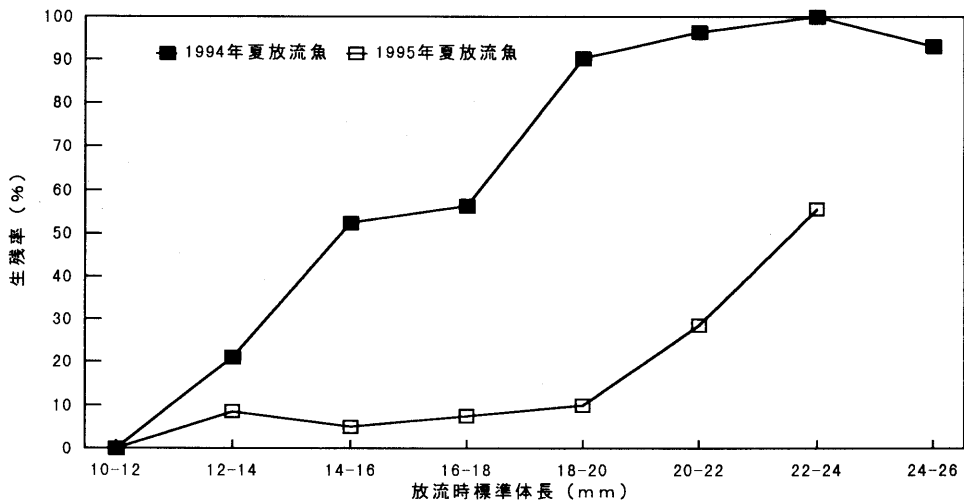


図10 新旭町のヨシ群落内に放流したニゴロブナの放流年秋季までの生存率。

3. 平成6年(異常渇水年)のニゴロブナ当歳魚の成長

琵琶湖の北湖の各地で沖曳網により、平成4年(1992年)から平成8年(1996年)までの間に、毎シーズンそれぞれ22,102尾、25,070尾、14,214尾、6,650尾の標本を採集し、標識魚の再捕状況を調査した。なお、平成7年(1995年)に放流した標識魚を対象とした標本採集・調査は現在継続中であり、今後更にデータの蓄積が見込まれる。

この一連の調査によって確認された各標識放流魚の成長は、表4～6に放流水域毎に示す。表4にみられるとおり、近江八幡市の牧町沿岸のヨシ群落内へ琵琶湖の水位が大きく低下し始める直前の平成6年(1994年)6月28日に放流したニゴロブナ稚魚は、その年の冬には平均体重が37.84gまで成長した。それに対して、平成4年(1992年)や平成5年(1993年)の同時期に放流したニゴロブナ稚魚は、放流年の冬季までにそれぞれ28.09g、16.29gに成長したにすぎなかった。体長に関しても同様の差がみられた。また、これら体重や体長の平均値には $p < 0.0005$ という非常に低い危険率で、統計学的な差が確認できた。しかし、肥満度にはこれらの年の間で差はみられなかった。このため、異常渇水年には、ニゴロブナは他年と同様のプロポジションを保ちつつ、非常に高成長を示したといえよう。さらに、湖北町海老江や新旭町の両沿岸のヨシ群落内に放流したニゴロブナ稚魚についても、近江八幡市牧町沿岸への放流群と同様に異常渇水年に放流したものは、肥満度には差がみられないものの、体重や体長が有意に大きいという結果が得られた(表5、表6)。したがって、異常渇水年の平成6年(1994年)に加入したニゴロブナの成長は全湖的にみても良好であったといえよう。

表4. 近江八幡市牧町の琵琶湖沿岸のヨシ群落内に放流したニゴロブナの成長*

放流年月日	再捕標本数	標準体長	体重	肥満度
	尾	mm	g	
92/06/26	42	94.01 ± 8.73	28.09 ± 8.43	3.29 ± 0.22
93/07/01	96	74.81 ± 8.96	14.29 ± 6.05	3.27 ± 0.70
94/06/28	57	104.35 ± 11.43	37.84 ± 12.22	3.22 ± 0.20

*: 放流年の冬季に再捕された標本の成長を示す。

太字: 渇水年(94年)のデータとの間に有意差が認められる(スチューデントのt検定またはウェルチのt検定, $p < 0.0005$).

表5. 湖北町海老江の琵琶湖沿岸のヨシ群落内に放流したニゴロブナの成長*

放流年月日	再捕標本数	標準体長	体重	肥満度
	尾	mm	g	
93/07/01	381	76.58 ± 7.53	14.79 ± 6.78	3.22 ± 1.38
94/06/26	177	90.50 ± 10.93	24.72 ± 9.57	3.21 ± 0.24
95/07/04	17	82.77 ± 6.96	18.11 ± 4.98	3.13 ± 0.28

*: 放流年の冬季に再捕された標本の成長を示す。

太字: 渇水年(94年)のデータとの間に有意差が認められる(スチューデントのt検定またはウェルチのt検定, $p < 0.0005$).

表6. 新旭町の琵琶湖沿岸のヨシ群落内に放流したニゴロブナの成長*

放流年月日	再捕標本数	標準体長	体重	肥満度
	尾	mm	g	
94/06/28	609	97.92 ± 8.47	30.26 ± 8.02	3.16 ± 0.27
95/07/11	30	81.6 ± 5.7	17.01 ± 3.53	3.09 ± 0.22

*: 放流年の冬季に再捕された標本の成長を示す。

太字: 渇水年(94年)のデータとの間に有意差が認められる(スチューデントのt検定またはウェルチのt検定, $p < 0.0005$).

4. 平成6年(異常渇水年)の琵琶湖沿岸帯の水溫

日本気象協会が発行した彦根地方における毎月の総降水量と総日照時間⁴⁾、⁵⁾ 他をそれぞれ図11と図12に示す。異常渇水であった平成6年(1994年)の各月の総降水量は、9月を除くと全般に他の年よりも少なく推移した。しかし、その年の9月には総降水量が321mmと多かった。これは9月16～17日に154mm、9月29日に117mmのまとまった降水があり、この3日間の降水が同月の総降水量を引き上げた結果である。したがって、この3日間を除くと、この年の9月も降水が少なかったといえる。それに対して、平成6年(1994年)は各月の月間総日照時間が長かった月が多く、特に7月と8月はそれぞれ255.3hr、281.1hrと例年になく日照時間が長かった。このため、平成6年(1994年)の夏季には降水量の減少で琵琶湖の水位が低下し、日照時間が長かったため琵琶湖の水が暖まりやすかったと思われる。

図13には、水産試験場が彦根-安曇川間の5地点の琵琶湖表層(水深0.5m層)で測定した水温⁶⁾、他の平均値を月毎に示す。この図から平成6年(1994年)の夏季には、琵琶湖の表層水温は非常に高く推移していたことが判る。水位が著しく低下した夏季の琵琶湖沿岸帯においては、さらに水温の上昇が著しかったものと予想される。

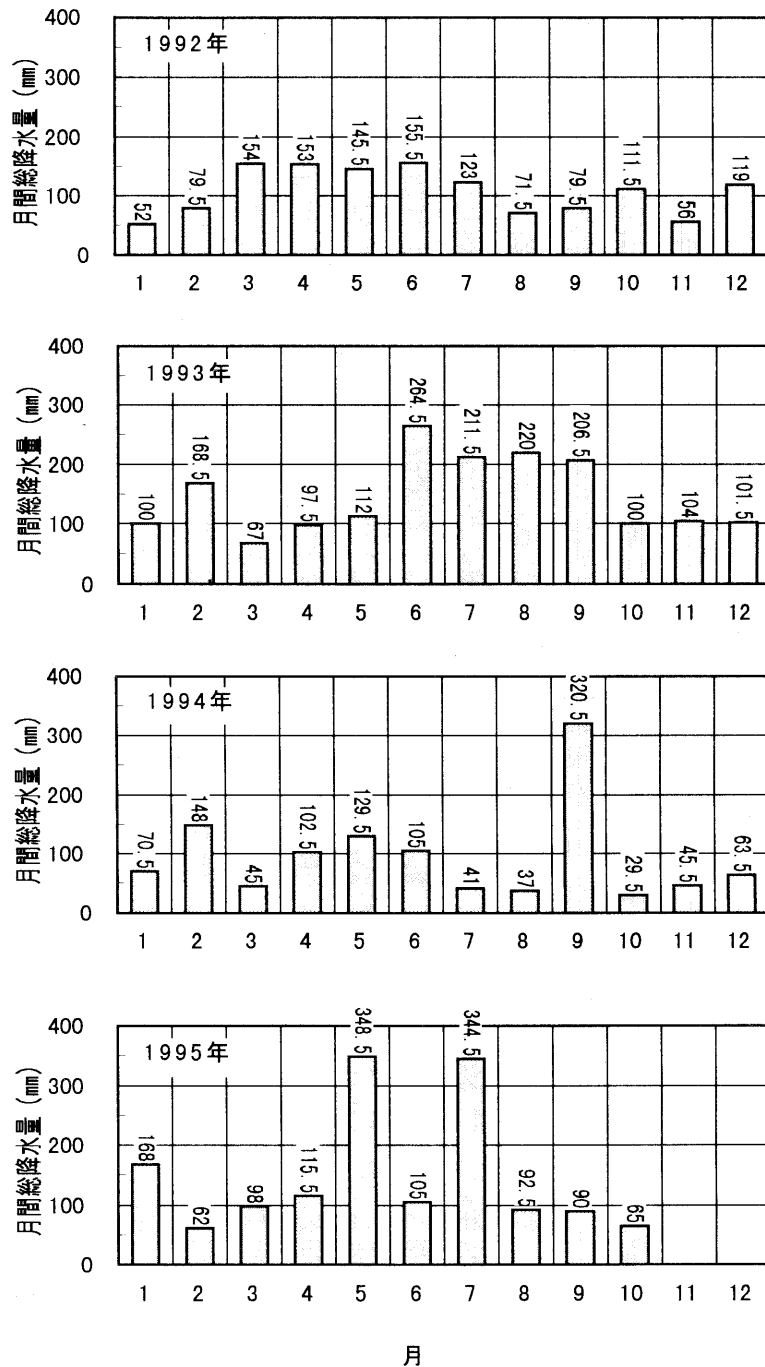


図11 彦根地方における月間総降水量の年別比較.

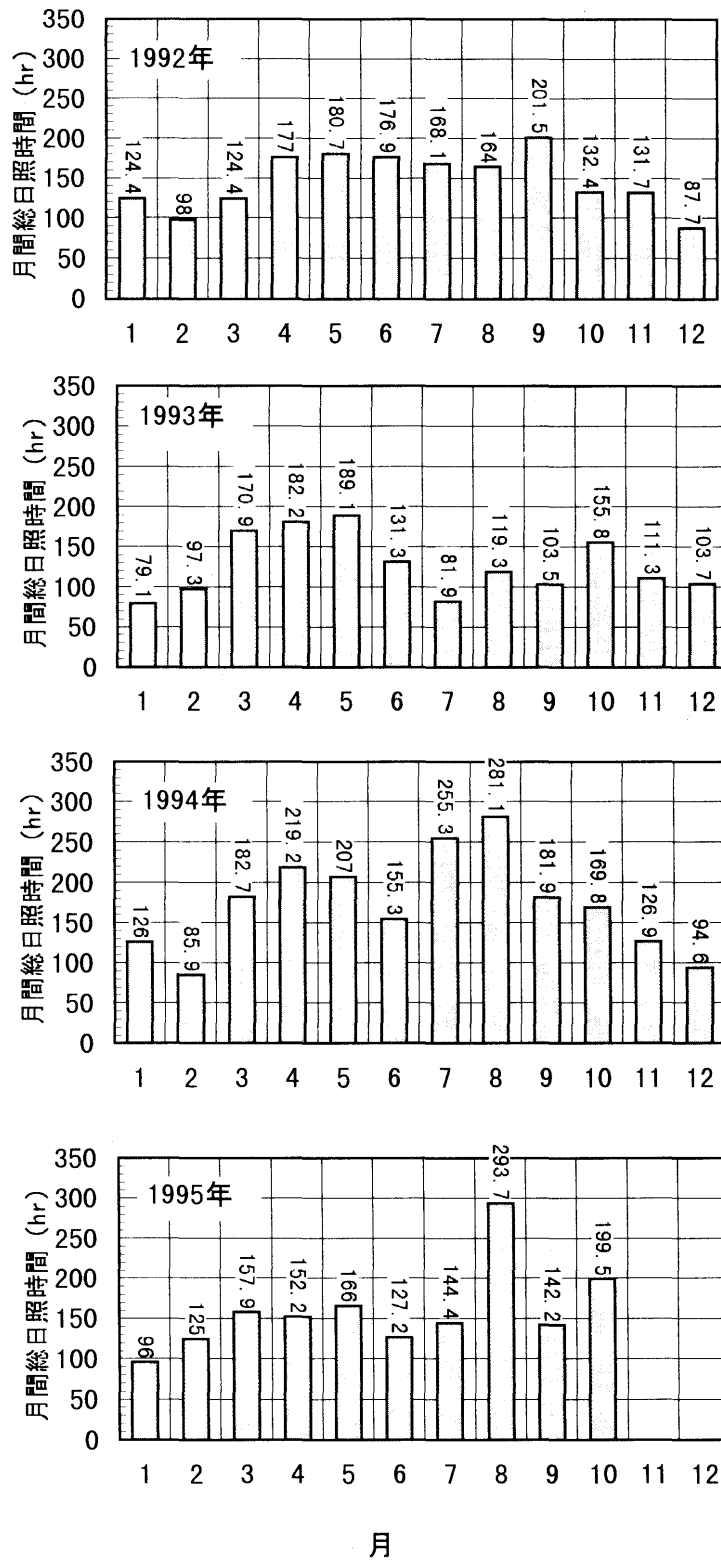


図12 彦根地方における月間総日照時間の年別比較.

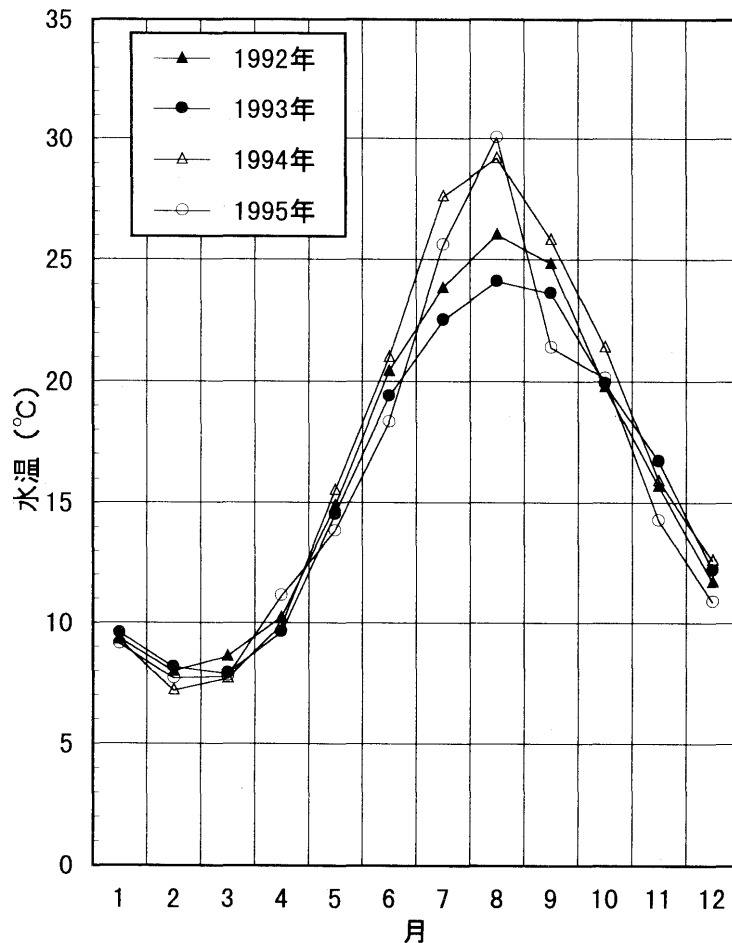


図13 琵琶湖の表層水温の年別比較。
各値は、彦根-安曇川間の5地点の
水深0.5m層水温の平均値。

5. 平成6年(異常渇水年)のニゴロブナ当歳魚の生息水域

図14には、平成4年(1992年)から平成7年(1995年)までの琵琶湖の水位*2の変動を示す。平成6年(1994年)はニゴロブナの標識稚魚を放流した直後の7月上旬から琵琶湖の水位が急速に低下し始め、9月15日にはマイナス123cmの観測史上最高の低水位を記録した。これまでの調査で、孵化直後の仔魚段階にあるニゴロブナはヨシ群落への依存性が極めて高く、ヨシ群落内の湖辺部分に選択的に生息するが、稚魚段階まで発育が進むとヨシ群落を離脱し始めると考えられている²⁾。しかし、ヨシ群落内とヨシ群落の存在しない砂浜へそれぞれALC標識で識別して放流したニゴロブナ稚魚のその後の生残率は、後者が有意に低いという結果も得られている²⁾。これらの結果から、稚魚段階に達したニゴロブナは、ヨシ群落内やその前面水域を生息水域とするものと思われる。実際にヨシ群落内にニゴロブナ標識稚魚を放流し、その後数日おきにヨシ群落の前面の水域で小型の底曳網を操業したところ、水深1m前後の地点から放流したニゴロブナ稚魚が1ヶ月以上に渡って採集された*1ことからヨシ群落前面の浅水域は稚魚段階のニゴロブナにとって重要な生息場の一つとなっているものと考えられる。

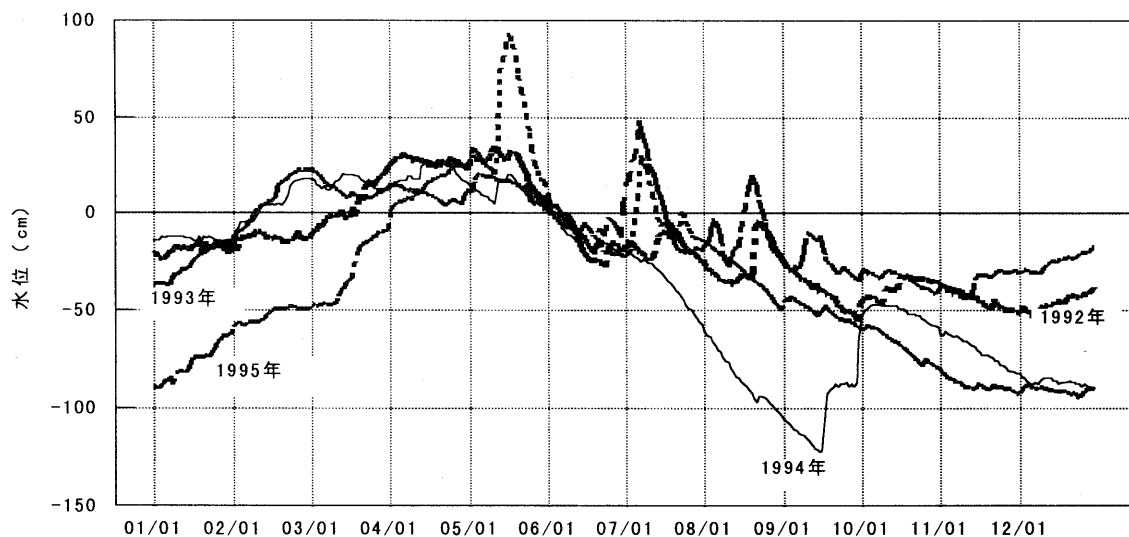


図 1 4 琵琶湖の水位変動の年別比較.

また、表 7 に示すように、平成 6 年(1994 年)の放流魚の標識調査において、耳石を摘出する過程で鰓蓋腔壁に吸虫類の一種である *Clinostomum complanatum*⁷⁾ のメタセルカリア幼虫が寄生しているニゴロブナ当歳魚が多数確認された。それに対して夏季の琵琶湖水位が比較的高く推移した平成 7 年(1995 年)(図 1 4)のニゴロブナの当歳魚における同幼虫の寄生率は有意に低かった。*Clinostomum complanatum* の生活史は、ヒラマキガイやモノアラガイ等の貝類が第 1 中間宿主、淡水魚類が第 2 宿主、サギ等の鳥類が終宿主であり⁸⁾、第 1 宿主を離脱したセルカリア幼生は水中を遊泳して第 2 宿主の好適部位に到達するとその組織内に侵入してメタセルカリアになる⁹⁾。また、ヒラマキガイ科やモノアラガイ科の巻貝は、マコモやカナダモが群生する沿岸帯に生息する¹⁰⁾。したがって、異常渇水年の平成 6 年(1994 年)のニゴロブナ当歳魚への *Clinostomum complanatum* の寄生率が高かったことは、その年のニゴロブナ当歳魚がヒラマキガイやモノアラガイが生息する水域、つまり沿岸帯の沈水植物が繁茂する浅水域で生息していたことを示唆するものである。

表 7 沖曳網で採集されたニゴロブナ当歳魚への *Clinostomum complanatum* のメタセルカリア幼生の寄生率

採集期間	標本数*	寄生率**	
		尾	%
94/11-95/3	8,968		1.49
95/11-96/1	3,904		0.18

*: 標準体長125mm未満の個体を当歳魚として計数.

** : 有意差が認められる(χ^2 検定, $P < 0.000$).

考 察

1. 平成6年の異常渇水がニゴロブナ当歳魚資源におよぼした影響

観測史上最高の琵琶湖の低水位を記録した平成6年(1994年)の夏季は、例年よりも日照時間が長く、琵琶湖が暖められて表層水温が上昇した(図13)。また、水位が低下した琵琶湖の沿岸部では更に水温が上昇したものと考えられた。この時期には琵琶湖や内湖の沿岸の随所でヨシ群落の干陸化が観察され、ヨシ群落やその前面の浅水域を発育の場として利用するニゴロブナ当歳魚へのこの渇水の影響が危惧された。しかし、この渇水が深刻化する直前の6月下旬に近江八幡市牧町、湖北町海老江、新旭町各沿岸の琵琶湖の北湖有数のヨシ群落内に放流したニゴロブナ標識稚魚の同年秋季までの生残率は、同水域へ放流したその翌年の夏放流魚の秋季までの生残率に比べて著しく高いという結果が得られた(図8～10)。また、この放流魚は、放流数ヶ月後に琵琶湖の北湖の随所で例年よりも大きく成長して再捕された(表4～6)。したがって、平成6年(1994年)の7月以降にみられた異常渇水は、同年新規加入のニゴロブナの生残率や成長には悪影響をおよぼさなかったと結論できる。

一方、この渇水年のニゴロブナには*Clinostomum complanatum*のメタセルカリア幼生の寄生が多数確認された(表7)。この寄生虫の感染は、沈水植物が多い浅水域で受ける機会が多い。このため、異常渇水期のニゴロブナは、水位が低下した沿岸帯の浅水域で生き延びていたものと考えられる。

図15には、図13のデータから算出した平成4年(1992年)から平成7年(1995年)の各年7～9月の琵琶湖表層水温の平均値とその年に放流したニゴロブナ標識稚魚の冬季における体重との関係を示す。この図から、夏季の表層水温が高い年程、ニゴロブナ当歳魚の成長が良好である傾向が読み取れる。したがって、異常渇水にみまわれた平成6年(1994年)は琵琶湖沿岸の水温が上昇し、それがニゴロブナの成長を促した一要因になったと考えられる。

ニゴロブナの産卵盛期は5月であり、孵化した仔魚は稚魚に達するまでの40日間程度、つまり孵化した仔魚の多くは6月末まではヨシ群落の岸辺の環境に依存している²⁾。今回の異常渇水が深刻化し始めたのは7月以降になっ

てからであった。したがって、平成6年(1994年)の異常渇水は、時期的にニゴロブナの産卵や発育には大きな影響をおよぼさなかったと思われる。しかし、水位低下の時期がもっと早ければ、その年のニゴロブナの新規加入数の著しい低下を招いていたであろう。

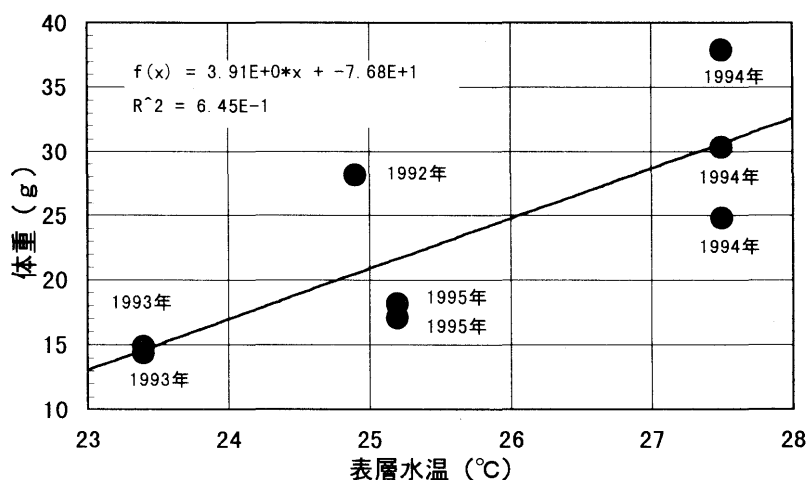


図15. 琵琶湖の表層水温とニゴロブナ当歳魚の体重との関係。
水温は7～9月の表層水温の平均値。体重はニゴロブナ標識魚の放流年冬季における平均体重。

2. 平成7年(渇水翌年)のニゴロブナ資源の新規加入効率の低下とその原因

異常渇水年であった平成6年(1994年)のニゴロブナの当歳資源尾数は154万尾と推定されたのに対して、翌年のそれは137万尾と少なかった(表4)。また、琵琶湖の北湖の主要なヨシ群落である近江八幡市牧町、湖北町海老江および新旭町のヨシ群落内へ6~7月に放流したニゴロブナ標識稚魚の同年秋季までの生残率は平成6年(1994年)に比べて、翌年は大きく低下した(図8~10)。特に牧町のヨシ群落へ平成7年(1995年)に放流したものはその生残が確認できなかった。ここでは、この原因について考えていくこととする。

すでに、「Ⅲ. ヨシ・スズメノヒエ群落の状況追跡調査」において述べたが、その追跡調査の対象水域であった近江八幡市牧町沿岸では、平成7年(1995年)はヨシの新芽の生長が遅滞し、また、ヨシ群落が著しく衰退した。それに伴い、その群落の岸辺付近で例年多数発生するニゴロブナの初期餌料として重要な動物プランクトンの発生数が少ない傾向にあった。それがこの水域における発育初期のニゴロブナの生残率を低下させた一つの原因となったと考えられる。また、この調査は同年5月下旬までしか行われていないが、それ以降もヨシ群落内やその前面水域の環境が例年とは大きく異なると想像でき、この水域へ放流した標識稚魚のようなさらに発育が進んでヨシ群落内から生息水域をその前面の浅水域に広げる発育段階に達したニゴロブナにとってもよからぬ影響を与えたと思われる。

このような平成7年(1995年)のヨシの新芽の生長遅滞や群落の衰退は、この近江八幡市牧町のヨシ群落に限らず湖北町や新旭町の沿岸においても観察されている。平成6年(1994年)は9月中旬以降、琵琶湖の水位は上昇したが、10月になると再び低下に転じ、翌年の春季までは例年よりも低い状態が続いた(図14)。この冬季の水位低下に乗じて琵琶湖沿岸の随所でヨシの刈り取りや火入れが行われた。このヨシ刈りにより、例年なら水中にあるヨシまでが基部から消失した。そして、4月以降の水位の上昇によって枯れヨシの多くが水没してしまった。水中から出た枯れヨシの茎は呼吸管として機能していることが確かめられており、これが水没すると萌芽率が著しく低下することが報告されている¹¹⁾。したがって、平成7年(1995年)のヨシ群落の衰退や新芽の生長遅滞はこの冬季のヨシ刈りが一つの原因となっているものと思われる。また、水面に出た枯れヨシは新芽を流木やゴミから守る防御柵の役目を果たしている。平成7年(1995年)5月には琵琶湖の水位が異常に上昇し、枯れヨシのない多くのヨシ群落内へは多量の流木やゴミが押し寄せ、それが萌芽阻害や新芽の切断を引き起こしたことも平成7年(1995年)のヨシ群落の衰退の原因の一つとしてあげられる。

孵化したニゴロブナが発育する上で、ヨシ群落等の岸辺付近にみられる餌料環境が重要である²⁾。この環境の形成にはヨシ等の茎が造成する間隙による水の滞留が寄与している¹²⁾。これは、たとえ枯れヨシの茎であってもいえることである。したがって、ニゴロブナ資源の効率的な再生産を維持するためには、ニゴロブナの孵化・発育期にあたる4月~6月は琵琶湖沿岸では、枯れヨシ群落を含めて、ヨシ群落が充実している必要がある。ヨシ群落の衰退やヨシの生長遅滞に伴うこの重要な時期より遅れたヨシの群落形成はニゴロブナの再生産にとって致命的ダメージを与えかねない。したがって、水ヨシ群落の刈り取りには今後十分注意を払わなければならない。

要 約

1. アリザリンコンプレクソン(ALC)で耳石に互いに識別可能な標識を施した9群のニゴロブナ稚魚を、平成4年(1992年)から平成7年(1995年)の6月末から7月上旬に近江八幡市、湖北町、新旭町の各琵琶湖沿岸の主要なヨシ群落内へ放流し、冬季に北湖一円で成長した各放流魚を再捕して成長具合を比較した。また、平成6年(1994年)と平成7年(1995年)の10～11月には養成したニゴロブナ標識魚を放流し、ピーターセン法でこの放流時点における先に放流した稚魚の現存尾数を推定し、生残率を算出した。
2. 平成7年(1995年)に放流したニゴロブナ稚魚の同年秋季までの生残率は、どの水域に放流した稚魚でも、異常渇水年であった前年に放流したものよりも低かった。この原因の一つとして、渇水時のヨシの過度の刈取りによるヨシ群落の衰退やヨシの生長遅滞が考えられた。
3. 平成6年(1994年)に放流したニゴロブナ稚魚の成長は、どの水域に放流した稚魚も他年に放流したものよりも有意に良好であった。
4. 水草が繁茂する浅水域で感染の機会が多いと考えられる *Clinostomum complanatum* のメタセルカリア幼生の寄生率は、平成7年(1995年)加入のニゴロブナに比べて平成6年(1994年)加入のニゴロブナで有意に高かったことから、異常渇水時にはニゴロブナ当歳魚は沿岸の浅所で生息していたと考えられた。
5. 異常渇水時には琵琶湖の表層水温が高く、沿岸水温も高く推移したと思われ、この高水温がニゴロブナ当歳魚の成長を促した一要因だと考えられた。

参考文献

- 1) 中村守純(1969)：日本のコイ科魚類、資源科学研究所業績第1198、276-277.
- 2) 藤原公一、臼杵崇広、小林徹、水谷英志(1995)：琵琶湖の固有種ニゴロブナ *Carassius auratus grandoculis* を育む場としてのヨシ等植物群落の重要性、環境システム研究、Vol. 23、414-419.
- 3) 田中昌一(1985)：水産資源学総論、恒星社厚生閣、東京、287-296.
- 4) 日本気象協会(1992)：滋賀県気象年報、彦根地方気象台監修.
- 5) 日本気象協会(1994)：滋賀県気象月報、彦根地方気象台監修.
- 6) 森田尚、前河孝志、鈴木隆夫、津村祐司、里井晋一(1993)：琵琶湖定点定期観測結果、平成5年度滋賀県水産試験場事業報告、70-71.
- 7) バイコフスキー(佐野徳夫訳)(1979)：魚類寄生虫、恒星社厚生閣、東京、478-484.
- 8) 矢野原良民(1989)：魚病図鑑、緑書房、東京、226.
- 9) 江草周三(1978)：魚の感染症、恒星社厚生閣、東京、447-482.
- 10) 紀平肇・松田征也(1990)：琵琶湖・淀川淡水貝類、たたら書房、米子、44-63.
- 11) 茨城県内水面水産試験場(1995)：平成6年度赤潮対策技術開発試験報告書.
- 12) 滋賀県水産試験場(1992)：平成3年度赤潮対策技術開発試験報告書.

*1. 藤原公一、未発表.

*2. 滋賀県水政室資料.