

No. 6

Mar. 2005

BULLETIN
OF THE
FUKUSHIMA PREFECURAL INLAND WATER FISHERIES
EXPERIMENTAL STATION
INAWASHIRO, FUKUSHIMA, JAPAN

福島県内水面水産試験場研究報告

第6号

福島県内水面水産試験場

福島県耶麻郡猪苗代町

平成17年 3月

河川における人工アユの成長と生残

廣瀬 充・佐久間徹・成田 薫

Growth and Survival Rate of Hatchery-reared Ayu in the River

Mitsuru Hirose, Tooru Sakuma and Kaoru Narita

はじめに

福島県における1998年のアユ遊漁者数は約98,000人¹⁾と全魚種中最も多く、第五種共同漁業権の増殖対象種としては内水面漁業協同組合にとって最も重要な魚種の一つである。しかし、漁獲量は1983年以降の統計では、1994年に340tとピークを迎えた後減少を続け、2002年には161tと²⁾、近年大きく落ち込んでいる。この原因としては1995年に県内の河川で初めて確認された冷水病の影響や、カワウによる食害等が考えられているが、これらの対策と併せてより効率的な増殖事業の推進が求められている。放流した種苗が解禁までどの程度成長し、どの程度生残するのかということは非常に重要な情報である。特に会津地方の河川に代表される、天然遡上が無い一代回収型の漁場においては解禁後の漁獲状況を大きく左右するものと考えられる。

本県で種苗生産される放流用アユは1998年までは群馬系人工アユのみであったが、海産アユが冷水病に強いとの評判や、地先の遡上アユを活用すべきとの業界の意向もあり、1999年放流分から遡上アユを親魚とし海産系人工アユの種苗生産が始まっている。当初は、太平洋側河川の遡上アユを継代したが、2001年放流分からは、阿賀川水系に放流する目的で新潟県漁業振興協会村上事業所から発眼卵が導入された³⁾。その後、これらは日本海系人工アユとして生産が続けられている。本研究では海産系人工アユを放流し、その後の成長及び生残についての調査を行ったので報告する。

材 料 と 方 法

調査区間の概要

2001年は南会津郡田島町に位置する阿賀川水系桧沢川及び荒海川を、2002、2003年は桧沢川を調査河川とした(図1)。桧沢川の調査区間は福米沢堰を上流端、塩江堰を下流端とする流程1,645m、面積12,465m²の区間とした。荒海川では大岩と呼ばれている天然の滝を上流端、土場前と呼ばれる地点にある堰堤を下流端とする流程1,502m、面積18,695m²の区間を対象として調査を行った。両調査区間とも南会津郡田島町に位置しており、アユの天然遡上の無い一代回収型の漁場である。また、上流及び調査区間での漁協等によるアユの放流は行われておらず、下流の漁協放流地点との間にはアユが遡上不可能な堰があることから、供試魚以外のアユが入り込むことは無いものと見なした。なお、調査区間におけるアユの友釣り解禁日は2001年及び2002年は7月1日、2003年は7月5日であった。

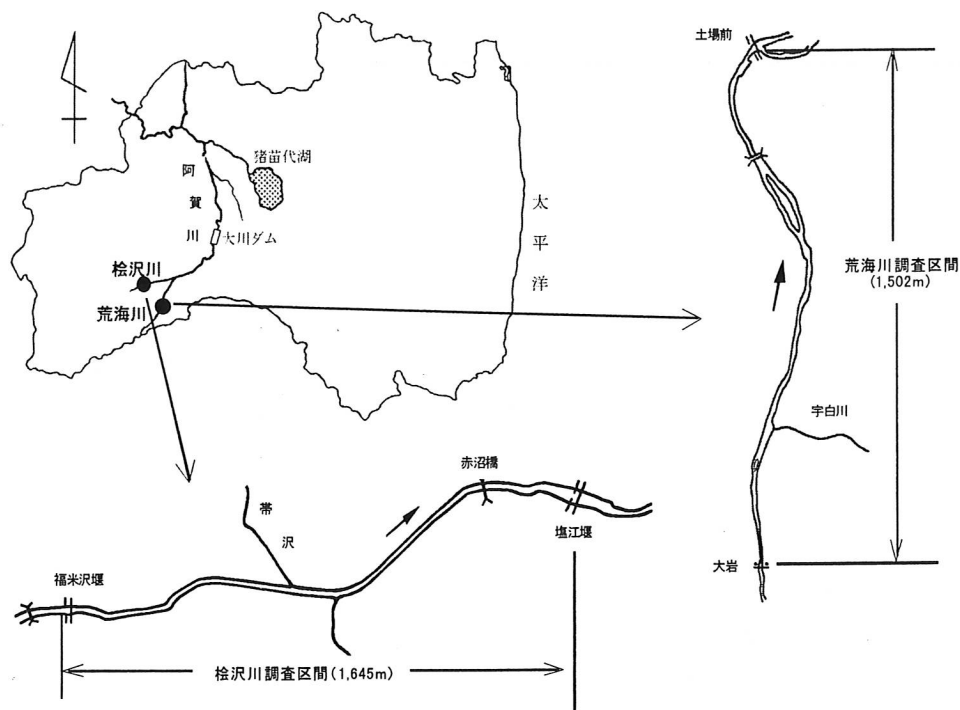


図1 調査区間

放流

放流種苗は全て財団法人福島県栽培漁業協会が種苗生産し、県内業者が中間育成したものを用いた。2001年は宇多川由来で継代した3代目のアユ（平均体重13.7g）を桧沢川は5月31日、荒海川は6月1日にそれぞれ約7,500尾ずつ放流した。2002年は3代目の日本海系人工アユを5月24日に約6,500尾放流した（平均体重15.4g）。2003年は4代目の日本海系人工アユを5月12日に約9,600尾放流した（平均体重10.7g）。

環境

調査期間中の河川水温の変化を把握するため、自記水温計を設置し、1時間毎の水温を記録した。また、付着藻類の現存量の把握のため、平瀬から石を4個採取し、5×5cmの枠取りにより採取して持ち帰り強熱減量を測定した。

成長

調査区間内で投網によりアユを採捕し、現場で全長、体長及び体重を測定した。日間増重率（ ks , %/日）は放流時の体重（ W_0 , g）、採捕時の体重（ W_1 , g）及び採捕時までの日数（ D , 日）から次式により日間増重率を算出した。

$$ks = 100 (\log W_1 - \log W_0) / D$$

生残率の推定

解禁前の調査区間内のアユの生息尾数を推定するため、2001、2002年は人工種苗を初回放流の約1ヶ月後に脂鰭切除による標識を施して放流した。標識尾数は2001年は両河川とも1,000尾、2002年は1,284尾であった。標識魚放流の4日後（2001年桧沢川）または5日後（2001年荒海川、2002年桧沢川）に調査区間内で投網によりアユを採捕した。アユは投網を打つと石の間に隠れたり、投網の鎖と川底の間を抜けて逃げようとするため、2名が水中で手づかみにより網内のアユを採捕した。投網を打つ回数は、原則として流程100mにつき3回とした。初回放流魚と標識魚の採捕尾数から、Petersen法によりアユの生息尾数を推定した。生息尾数の推定にあたっては、標識魚の採捕尾数が標識放流尾数の1割に満たなかったため、次式を用いた⁴⁾。

$$N = m (c+1) / (r+1)$$

ここで、Nは生息尾数、mは標識放流尾数、cは採捕個体数、rはc中の標識魚尾数を示す。

2003年は調査区間内のアユを標識魚として用いるため、6月18日及び19日に調査区間内で投網によりアユを採捕した。投網での採捕方法及び回数は前述の通りである。採捕したアユはリボンタグを背鰭後方の背側に装着することで標識し再度放流した。リボンタグはサイズ小（長さ約4.0cm）、白色のものを用了。その後6月25日に調査区間内をシュノーケリングにより流下しながら、標識魚と非標識魚を目視して計数した。標識に用いたリボンタグは装着してから目視調査までの期間に脱落する恐れがあるため、この間の脱落数を水槽実験により推定した。水槽実験は長方形のFRP製20m³水槽を仕切り板で2.5×2.0mに区切り、注水パイプの向きを調節して水槽内を水平面で反時計回りに回転する水流を発生させた。水槽内の水深は約13cmとした。この水槽にリボンタグを装着したアユ60尾を收容し、標識の脱落数を毎日計数した。1回の実験は7日間にわたって行い、同じ実験を3回繰り返し、標識の脱落数を收容尾数で除した値の平均値を標識脱落率とした。河川での標識作業は2日間に分けて実施しており、目視調査（6月25日）までの日数は6月18日標識分は7日間、6月19日標識分は6日間となる。両日の標識尾数に、水槽内での7日後及び6日後までの標識脱落率を乗じた値を標識尾数から引いて、目視調査時の調査区間内に残存する標識魚尾数とした。生息尾数の推定には次式を用いた⁴⁾。

$$N=mc / r$$

推定した生息尾数と放流尾数より生残率を求めた。

釣獲状況

解禁日に原則として調査区間内の全ての遊漁者から釣獲尾数、釣獲時間を聞き取り、1人1時間当たりの釣獲尾数（CPUE）を求めた。また、投網でのCPUE（尾/回）と友釣りでのCPUE（尾/人・時）の関係について検討するため、2001年及び2002年は生残率推定の際に採捕したアユの尾数、2003年は標識を装着するために採捕したアユの尾数を打網回数で除して投網1回当たりの採捕尾数を求めた。

結 果

環境

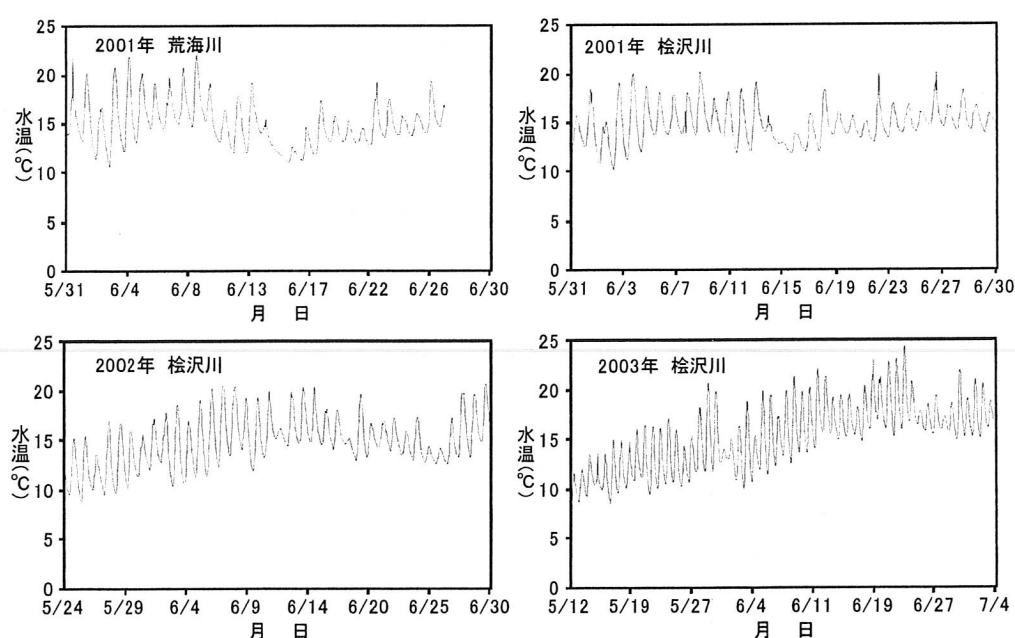


図2 各年、各調査河川における水温の推移

各年、各調査河川における、放流日から解禁前日までの水温の推移を図2に示す。

水温の日間変動は大きく、2001年6月3日には、最高水温と最低水温の差が10℃以上となった。2001年の両河川の水温は、地理的に近いことからほぼ同様の変動傾向を示した。調査年で比較すると、2001年は放流直後は高めに推移し、6月中旬以降はやや低めに推移した。2003年は放流日が早いため、放流直後は低めに推移したが、6月中旬以降は高めに推移し、最高水温が20℃以上となる日数も他の年に比べ多かった。2002年はこれらのほぼ中間的な変動を示した。また、アユの放流は日間の最低水温が13℃以上となってから行うのがよい⁹⁾とされているが、いずれの年も放流後に13℃以下となる日が認められた。

付着藻類の強熱減量の測定結果を表1に示す。

表1 付着藻類の強熱減量

2001年荒海川		2001年桧沢川		2002年桧沢川		2003年桧沢川	
調査日	強熱減量 (g/m ²)	調査日	強熱減量 (g/m ²)	調査日	強熱減量 (g/m ²)	調査日	強熱減量 (g/m ²)
5/31	15.4	5/31	6.7	5/24	12.0	5/12	7.0
6/14	4.7	6/14	6.4	6/21	14.1	5/21	9.9
6/27	8.5	6/26	8.8	6/26	10.6	6/4	9.5
						6/18	5.3

付着藻類の強熱減量は2002年の桧沢川が最も多く、3回の調査全てにおいて10 g/m²以上となった。2001年の荒海川では、5月31日に15.4g/m²と高い値を示したが、6月14日には4.7g/m²と大きく落ち込んだ。同年桧沢川では6.4～8.8g/m²と3回の調査とも低めに推移した。2003年の桧沢川では、5月21日に9.9g/m²、6月4日に9.5g/m²と10g/m²に近い値を示したが、6月18日には5.3g/m²と大きく落ち込んだ。

成長

各年、各調査区間における放流時と採捕時の魚体測定結果及び日間増重率について表2に示す。2001年には、平均全長11.8cm、平均体重13.7gのアユを放流した結果、荒海川では放流の27日

表2 放流時と採捕時の魚体測定結果(平均値±標準偏差)及び日間増重率

河川名	年		放流時	採捕時	採捕までの 期間(日)	日間増重率 (%/日)
荒海川	2001年	月日	5月31日	6月27日		
		尾数	60	79		
		全長(cm)	11.8 ± 1.9	14.8 ± 1.4	27	2.8
		体長(cm)	—	12.7 ± 1.2		
		体重(g)	13.7 ± 5.7	29.2 ± 10.3		
桧沢川	2001年	月日	6月1日	6月26日		
		尾数	60	29		
		全長(cm)	11.8 ± 1.9	14.8 ± 1.5	25	3.5
		体長(cm)	—	12.6 ± 1.3		
		体重(g)	13.7 ± 5.7	33.0 ± 11.5		
	2002年	月日	5月24日	6月26日		
		尾数	77	119		
		全長(cm)	12.5 ± 1.2	17.1 ± 1.2	31	3.6
		体長(cm)	10.5 ± 1.1	14.5 ± 1.1		
		体重(g)	15.4 ± 4.9	46.6 ± 12.1		
	2003年	月日	5月12日	6月18,19日		
		尾数	63	257		
		全長(cm)	11.1 ± 1.0	15.7 ± 1.1	37	3.3
		体長(cm)	9.3 ± 0.8	13.4 ± 1.0		
		体重(g)	10.7 ± 3.0	36.2 ± 8.5		

後に平均全長14.8cm、平均体重29.2gに、桧沢川では放流の25日後に平均全長14.8cm、平均体重33.0gに成長した。この間の日間増重率はそれぞれ2.8%/日と3.5%/日であった。2002年は平均全長12.5cm、平均体重15.4gのアユを放流し、31日後に平均全長17.1cm、平均体重46.6gに成長し、日間増重率は3.6%であった。2003年は平均全長11.1cm、平均体重10.7gのアユを放流し、37日後に平均全長15.7cm、平均体重36.2gに成長した。日間増重率は3.3%であった。

標識脱落率

2003年に実施した水槽実験における標識の累積脱落数の推移を図3に、6日後及び7日後の標識脱落率を表3に示す。

標識を行った翌日はいずれの回次も脱落は全くなく、2日後も2、3回目に1個ずつの脱落があったのみでその数は非常に少なかった。しかし、3日後以降の累積脱落数は増加し続け、実験を終了した7日後には合計22～36個の脱落が認められた。6日間の標識脱落率の平均は35.0%、7日間では43.0%となった。

2003年に桧沢川における調査では、調査区間内で投網によりアユを採捕し、リボンタグによる標識を施して再放流した。標識は2日間に渡って実施しており、目視調査までの日数はそれぞれ6、7日間となる。6月18日の標識尾数144尾に7日間の標識脱落数から、目視調査時に標識が残存しているアユの尾数を82尾と推定した。同様に6月19日の標識魚については67尾のアユに標識が残っているものと推定した（表4）。これらの合計値149尾をPetersen法で生息尾数を推定する際の標識尾数とした。

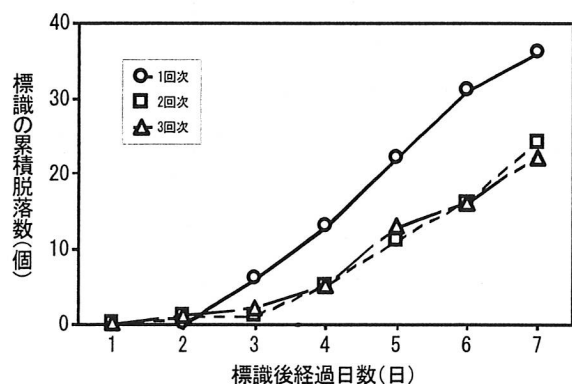


表3 水槽実験による標識脱落率(%)

回次	標識後6日	標識後7日
1	51.7	52.3
2	26.7	40.0
3	26.7	36.7
平均	35.0	43.0

図3 水槽実験での累積標識脱落数の推移

表4 2003年調査における標識脱落率からの標識尾数の補正

	6/18標識魚	6/19標識魚	合計
標識尾数	144	103	247
標識から目視時までの日数	7	6	
標識脱落率(%)	43.0	35.0	
目視時の標識魚尾数(補正值)	82	67	149

生残状況

各年、各調査区間における生残率の推定結果を表5に示す

2001年は、荒海川の調査区間では7,647尾のアユを放流し、推定生残尾数は4,389尾、生残率は57.4%であった。桧沢川の調査区間では2001年は7,407尾のアユを放流した結果、推定生残尾数は2,207尾、生残率は29.8%となった。2002年は6,479尾の放流尾数に対し、生残尾数8,958尾、生残率138.3%と、明らかに過剰な推定となった。2003年は9,564尾放流し、生残尾数7,075尾、生残率74.0%と推定した。

表5 生残率の推定結果

	荒海川	桧沢川		
	2001年	2001年	2002年	2003年
初回放流尾数	7,647	7,407	6,479	9,564
標識放流尾数	1,000	1,000	1,284	149
採捕尾数	96	92	342	—
目視尾数	—	—	—	1,377
うち標識魚尾数	17	28	42	29
生残尾数推定の基準日	6月22日	6月22日	6月21日	6月18日
解禁までの日数	9	9	10	17
推定生残尾数	4,389	2,207	8,958	7,075
生残率 (%)	57.4	29.8	138.3	74.0

釣獲状況

各年、各調査区間における、解禁日の釣獲状況について表6に示す。

2001年荒海川の調査区間では、8名の遊漁者から聞き取りを実施し、釣獲時間37時間釣獲尾数74尾で、CPUEは2.0尾/時となった。桧沢川では、2001年は10名から聞き取りを行い、CPUEは0.7尾/人・時、2002年は21名からの聞き取りでCPUE2.1尾/人・時、2003年は25名からの聞き取りで、CPUE1.5尾/人・時となった。

表6 解禁日の釣獲状況

	荒海川	桧沢川		
	2001年	2001年	2002年	2003年
解禁日	7月1日	7月1日	7月1日	7月5日
聞き取り人数	8	10	21	25
釣獲時間	37.0	52.7	98.4	145.1
釣獲尾数	74	37	203	212
CPUE (尾/時)	2.0	0.7	2.1	1.5

生息尾数と釣獲の関係

桧沢川における各年の投網と友釣りのCPUEの関係を図4に示す。2002年度は生息尾数を推定できなかったため、投網でのCPUEが生息尾数の多寡を反映しているものとして取り扱った。投網での採捕尾数は2001年は92尾、2002年は342尾（表5）、2003年は257尾であった。打網回数はそれぞれ43回、50回、50回であり、投網でのCPUEは2001年は2.1、2002年は6.8、2003年は5.1尾/日であった。

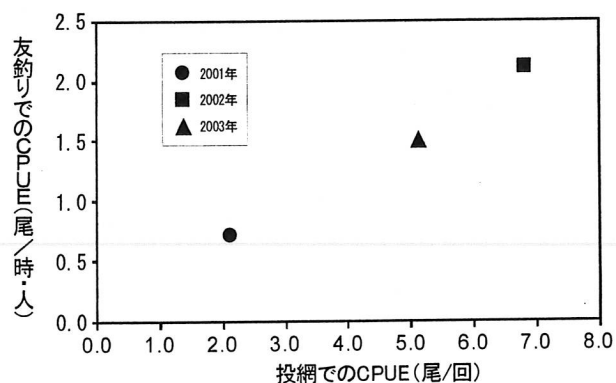


図4 各調査年における桧沢川での投網と友釣りのCPUE

投網でのCPUEが高いほど、つまりアユの生息尾数が相対的に多いほど友釣りでのCPUEも高くなる傾向が認められた。

解禁前のアユのサイズ差とその要因

解禁前の調査時に投網で採捕したアユの全長は14.8～17.1cmと年により差が認められた。アユは12cm以下の全長でも友釣りでも釣獲可能⁹⁾だが、15cmに満たない全長では友釣りの対象としては小さすぎるものと考えられる。解禁時のアユのサイズを決定する要因としては、直接的には放流時のサイズ、放流からの日数、成長率が挙げられる。このうち、成長率については河川水温、生息密度、餌料環境等の影響を大きく受けるものと考えられる。水温の変動傾向は調査年によって異なるが、この違いと成長について関連づけて考察することは難しい。付着藻類の強熱減量については、アユの生息に望ましいのは10g/m²以上とされている⁷⁾。日間増重率が最も高かった2002年の桧沢川においては、強熱減量は放流から解禁までの3回の測定でいずれも10g/m²以上を示しており、他の調査年と比較して良好な餌料環境にあったものと推測された。しかし、その他の調査年、河川においては、強熱減量と日間増重率との間に明確な関連は認められない。水温や藻類の現存量などの環境条件は人為的にコントロール出来るものではないが、本研究で算出した日間増重率は2.8～3.6%/日の範囲にあったことから概ね3%/日の日間増重率を参考に放流時期、放流量、放流サイズについて検討することで、解禁時により大型のアユを釣獲出来るようにする必要がある。また、比較的早い時期に最も大型の種苗を放流した2002年の桧沢川において解禁前に採捕したアユが最も大型であったことから、大型の種苗を早期に放流することで解禁日より大型のアユが釣獲されることが期待出来るものと考えられる。

資源量の推定方法

生残率の推定にあたっては、解禁前のアユの資源量を推定する必要がある。河川におけるアユの資源量の推定には、DeLury法を用いた事例や⁸⁾⁻¹⁰⁾、Petersen法を用いた事例^{10),11)}、目視により得た生息密度を漁場面積で引き延ばした事例¹²⁾等が報告されている。今回報告した4つの事例では、全てPetersen法により解禁前の資源量推定を試みたが、前述したとおり2002年の桧沢川では、解禁前の資源量が放流尾数よりも多くなり、明らかに過剰な推定となった。2002年に投網で採捕したアユは平均全長が標識放流魚と比較して大きく（表7、t検定）、このため投網による採捕しやすさに差が生じ、過剰な推定となったものと考えられた。標識放流魚として直前まで飼育されていたアユを使用する場合、こうしたサイズ差の他に初回放流魚と標識放流魚とで河川内での分布行動に差が出て推定の精度が低くなる危険性がある。これらの危険を回避するためには、調査河川においてアユを採捕し、標識を施して再放流するのが望ましいが、採捕尾数が少ない場合、標識尾数も少なくなってしまう。このため2003年は標識魚の確認方法として、にシュノーケリングによる目視調査を用いた。標識の脱落率を推定する実験では、標識後7日間で平均43.0%と高い値を示したが、標識翌日の脱落は全くなく、2日後の脱落率も非常に少なかった。このことは、標識後日数をおかずに目視調査を行うことで、今回行ったような補正を必要としない、より精度の高い生息尾数の推定が可能になることを示唆している。

表7 標識放流魚と投網採捕魚の全長の比較

年	河川	標識放流魚		投網採捕魚（標識魚を除く）		t	P
		尾数	平均全長 (cm)	尾数	平均全長(cm)		
2001年	荒海川	32	14.7 ± 1.1	79	14.8 ± 1.4	0.38	0.70
2001年	桧沢川	32	14.8 ± 1.1	29	14.8 ± 1.5	0.23	0.82
2002年	桧沢川	60	14.0 ± 1.1	119	17.1 ± 1.2	16.69	<0.0001

生残率

明らかに過剰な推定となった2002年を除いた各調査年、各河川における生残率は29.8～74.0%の範囲であった。群馬県水産試験場¹⁾は健康な種苗であれば解禁日までのアユの生残率は概ね60～80%の範囲にあるとしており、2001年の荒海川及び2003年の桧沢川での結果はほぼこの範囲内に収まっていた。これに対し、2001年の桧沢川においては29.8%と低い生残率となった。この年を含めた各調査年、各調査区間において、解禁までの期間のアユのへい死についての報告はなく、低い生残率を示した理由について明らかにすることは出来なかった。

生息尾数と釣獲との関係

友釣りによる釣獲は、種苗性、環境、生息密度等の影響を受けるものと考えられる。このうち、生息密度についてだけ見ると、データ数は少ないが、投網での採捕尾数が多いほど友釣りでのCPUEも高い傾向がみられており、解禁時により多くのアユが生残する様な放流を行う必要がある。前述のとおり、解禁時の漁獲サイズを大きくすることだけを考えれば、大型の種苗を早期に放流すべきだが、その場合同じ経費での放流尾数は少なくなる。本報告の中で放流種苗の平均体重が最も大きかったのは2002年の15.4g、最も小さかったのは2003年の10.7gと、約1.4倍の開きがあった。調査区間へは毎年およそ100kgのアユを放流したので、これはそのまま放流尾数の差になっている。小型種苗を放流する場合、解禁時の漁獲サイズを考慮すればより早期の放流が必要となり、河川で過ごす期間が長くなる分、生残率は低くなる恐れがある。当场では1980年より湖産アユの養成期間別の放流効果、人工アユのサイズ別、系統別の放流効果等について調査を実施してきた。しかし、近年放流サイズは大型化の傾向にあり、放流尾数は以前と比べて減少しているものと考えられる。今後、放流サイズ、時期の違いによる生残率、解禁時のサイズについてより多くのデータを収集し、適切な放流サイズ及び時期について検討する必要がある。

要 約

1. 阿賀川水系の荒海川及び桧沢川において海産系人工アユを放流し、成長と生残率について調査を行った。
2. 放流後の日間増重率は2.8～3.6%/日の範囲であった。また、解禁前に最も大きいサイズとなったのは2002年桧沢川においてであり、この年は放流時のサイズが大きく、付着藻類の強熱減量が最も多かった。
3. 2002年の桧沢川において推定した生息尾数は放流尾数より多く、標識放流等の方法に問題があったものと考えられた。このため、2003年は問題点を改善するため、標識放流魚として直前まで飼育されていた魚ではなく、調査区間内で採捕したアユを用いた。
4. 標識にリボンタグを使用し、潜水目視により標識魚を確認する場合、より早期に目視調査を実施することで精度の高い生息尾数の推定が可能となることが示唆された。
5. 2002年桧沢川における結果を除くと、解禁直前までの生残率は29.8～74.0%の範囲であった。
6. 投網での採捕尾数が多いほど、友釣りでのCPUEも高くなる傾向が見られた。
7. 今後さらにデータを蓄積し、適切な放流時期、放流サイズ等について検討する必要がある。

文 献

- 1) 農林水産省統計情報部：第10次漁業センサス第7報内水面漁業に関する統計、農林統計協会、(2000)。
- 2) 東北農政局福島統計情報事務所：福島農林水産統計年報、福島農林統計協会、(1983-2002)。

- 3) 大和田淳郎・阿部裕之：Ⅲ種苗生産事業 3. アユ、平成12年度福島県栽培漁業協会事業報告書、福島県栽培漁業協会、28-46(2002).
- 4) 水野信彦：第4節ピーターセン法、魚をほどよく放流するための手引き～魚類適正放流量定量化調査報告書～、全国内水面漁業協同組合連合会、191-193(1992).
- 5) アユ冷水病対策研究会：アユ冷水病防疫に関する申し合わせ事項、(2001).
- 6) 石田力三：友釣りにかかるアユの大きさ、淡水区水産研究所研究報告、14(1)、29-36(1964).
- 7) 全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会：アユ種苗の放流マニュアル、全国内水面漁業協同組合連合会、(1994).
- 8) 山本 聡・松宮義晴：千曲川におけるDeLury法によるアユの資源尾数推定、日水誌、67(1)、30-34(2001).
- 9) 鈴木邦弘・羽田好孝：DeLury法を用いたアユの資源量推定、アユ資源研究部会報告書（平成9年から平成11年までのとりまとめ）、87-92、(2001).
- 10) 沢本良宏・川之辺素一・山本 聡：千曲川における資源尾数と放流効果、アユ資源研究部会報告書（平成12年から平成14年までのまとめ）、86-90(2003).
- 11) 波田樹雄：手取川天然遡上アユ資源調査、アユ資源研究部会報告書（平成12年から平成14年までのまとめ）、79-83(2003)
- 12) 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場内水面研究所：平成14年度内水面資源増養殖・管理総合対策事業（アユ資源増大対策事業）アユ種苗総合対策事業報告書、(2003).
- 13) 群馬県水産試験場：Ⅳ研究課題別とりまとめ 1 適正放流基準の検討、アユの放流研究（アユ放流研究部会昭和57～59年度のとりまとめ）、全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会17-24(1986)

受精卵の圧力処理によるヤマメ全雌4倍体魚の作出

神山享一

Induction of Tetraploidy by Hydrostatic Pressure in Female-type

Salmo (Oncorhynchus) masou masou

Kyoichi Kamiyama

はじめに

ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* は代表的な溪流魚として釣り人に人気があり、各地で養殖も盛んに行われている。ヤマメは多くの個体が2年で成熟し、産卵、放精の後死亡するという生活史を持っているため、利用方法が限られる現状にある。成熟しない雌型3倍体魚を作出することで寿命を延ばすと共に、より大型で年間を通じて肉質の良い魚の生産が可能となり、刺身用など新たな需要が期待される。

雌型3倍体魚は、全雌の受精卵を高温処理することで生産が可能であるが、採卵時の作業が繁雑であること、3倍体化率が安定していないことなどの問題点がある。そこで本試験ではニジマスで用いられている手法(田原ら、1991)¹⁾と同様に、雌4倍体魚と2倍体偽雄魚の交配による雌型3倍体魚の生産技術確立をめざし、3倍体魚の親魚となる4倍体魚を作出するため、受精卵の圧力処理による染色体倍数化の最適な条件を検討した。

材料と方法

試験には、当场で飼育しているパー選抜系統群からホルモン処理と後代検定により作出した全雌魚から搾出した卵に、同じ群をホルモン処理して得られた偽雄の精子を媒精して得られた受精卵を使用した。親魚は全て2歳魚を用いた。試験は同様の方法で2回実施し、供試した親魚数をそれぞれを表1に示す。

表1 供試親魚と倍数化処理年月日

試験	処理年月日	雌親魚	偽雄親魚
1	H14.10.16	10尾	3尾
2	H14.10.23	10尾	5尾

染色体倍数化については、ニジマスで報告されている受精卵の圧力処理による第一卵割阻止法(川田ら、1992、1993)^{2, 3)}を用い、圧力処理を開始する積算温度と卵発生に関連を調査した。受精後の卵は水温12.7℃の地下水で卵管理をし、第1卵割が行われると推定される、積算温度60℃・時を中心に表2、3に示す積算

温度間隔で圧力処理を行った。圧力処理は650kg/cm²・6分間とした。

なお、卵の発生を確認するため、媒精の翌日に無処理の卵約100粒をブアン液で固定後卵膜を除去し、胚を観察して卵割しているものを受精卵とみなし、受精率を推定した。

処理を行った卵は、試験区ごとにたて型ふ化槽に収容後、水温12～13℃の地下水で卵管理を

継続し、積算温度 250 °C・日で発眼率、640 °C・日で浮上率を測定した。

表 2 試験 1 の処理条件

処理区	受精後時間 (時)	積算温度 (°C・時)	処理圧力 (kg/cm ²)	処理卵数 (粒)
1-1	4.00	51.2	650	472
1-2	4.25	54.4	650	795
1-3	4.50	57.6	650	1,890
1-4	4.75	60.8	650	2,164
1-5	5.00	64.0	650	2,002
1-6	5.25	67.2	650	1,028
1-7	5.50	70.4	650	496
1-8	5.75	73.6	650	562

表 3 試験 2 の処理条件

処理区	受精後時間 (時)	積算温度 (°C・時)	処理圧力 (kg/cm ²)	処理卵数 (粒)
2-1	4.25	54.0	650	882
2-2	4.47	56.8	650	1,297
2-3	4.65	59.1	650	1,399
2-4	4.85	61.6	650	1,458
2-5	5.05	64.1	650	1,125
2-6	5.26	66.8	650	487

浮上した仔魚については、水温が周年 12～13 °C の地下水で継続飼育し、平成 15 年 11 月に生残魚をピットタグにより個体識別するとともに、採血して 4 倍体化の検定を行った。検定については血液塗抹標本をギムザ染色し、顕微鏡下で赤血球長径を測定する方法と、同時に作成した塗抹標本を DNA を染色する propidium iodide (PI) で染色後、蛍光顕微鏡下で蛍光量を測定し、通常魚（2 倍体魚）の値を 1 として相対 DNA 量を推定する方法によった。^{3), 4)} 両検定とも 1 個体につき赤血球 30 個について測定を行い、上記の 2 手法で、基準を満たした個体を 4 倍体魚とした。赤血球長径による 4 倍体魚の判定基準は、赤血球長径の値の平均値が 21 μm 以上であり、変動係数（標準偏差／平均値×100）が通常魚の平均値である 10 以下である個体とした。相対 DNA 量による判定基準は、推定した DNA 量の平均値が通常魚の約 2 倍となる 1.9 以上であり、変動係数が通常魚の平均値である 8 以下の個体をとした。

結 果

供試卵の受精率は試験 1 が 96.5 %、試験 2 が 99.2 % と良好であり、使用した卵、精子に問題はないものと考えられた。

各試験の発眼率、浮上率を表 4、5 に、積算温度と発眼率、浮上率の関係を図 1、2 に示す。

表 4 試験 1 の発眼率、浮上率

処理区	正常発眼数 (粒)	矮小眼 (粒)	死卵・未受精 (粒)	発眼率 (%)	浮上尾数 (尾)	浮上率 (%)
1-1	6	252	214	1.3	0	0
1-2	103	5	687	13.0	6	0.8
1-3	699	32	1,159	37.0	19	1.0
1-4	610	46	1,508	28.2	21	1.0
1-5	272	45	1,685	13.6	12	0.6
1-6	18	27	983	1.8	1	0.1
1-7	1	6	489	0.2	1	0.2
1-8	0	2	560	0	0	0

表 5 試験 2 の発眼率、浮上率

処理区	正常発眼数 (粒)	矮小眼 (粒)	死卵・未受精 (粒)	発眼率 (%)	浮上尾数 (尾)	浮上率 (%)
2-1	49	6	827	5.6	0	0
2-2	220	110	967	17.0	3	0.2
2-3	443	22	934	31.7	3	0.2
2-4	267	57	1,134	18.3	8	0.5
2-5	27	8	1,090	2.4	0	0
2-6	0	1	486	0	0	0

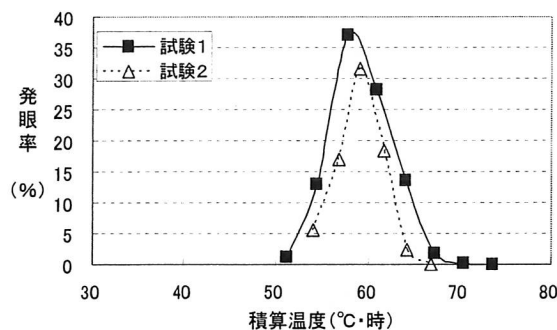


図1 圧力処理開始積算温度と発眼率

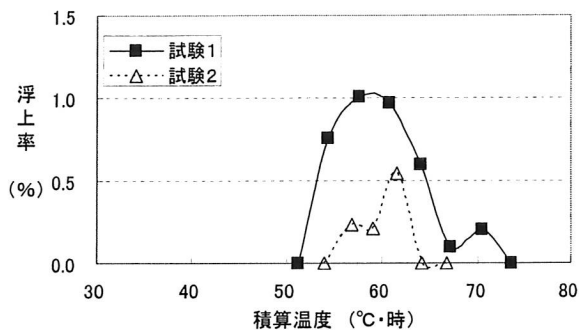


図2 圧力処理開始積算温度と浮上率

発眼率は試験1では積算温度 57.6 °C・時の処理区が 37.0 %と最も高く、次いで 60.8 °C・時の処理区が 28.2 %と高い値を示した。その前後の処理区では急激な発眼率の低下がみられ、積算温度 50 °C・時、あるいは 70 °C・時付近の処理区ではほとんど発眼しなかった。試験2でも試験1と同様に積算温度 59.1 °C・時の処理区が発眼率 31.7 %と高い値を示し、その前後では発眼率が大きく低下した。

浮上率については、両試験区とも発眼率のピークがみられた積算温度 57 ~ 61 °C・時の範囲で圧力処理を開始した試験区で成績が良かったものの、その値は 1 %以下と極めて低いものであった。

両試験で得られた浮上仔魚は試験1が 60 尾、試験2が 14 尾、計 74 尾であった。これらについて処理区ごとに地下水で継続飼育した。どの処理区も成育過程において脊椎骨異常となる個体が多数出現し、これらは摂餌不良等のため次々とへい死した。

平成 15 年 11 月まで生残したのは試験1が 9 尾、試験2が 3 尾、計 12 尾であった。これらについて赤血球長径と相対 DNA 量による 4 倍体化の検定を行った結果を表 6 に、それぞれの測定結果と変動係数の分布を図 3、4 に示す。

表 6 4 倍体化の検定 (赤血球長径と相対 DNA 量測定) 結果

個体No	処理区	赤血球長径 (μm)			相対 DNA 量			判定
		平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	
1	1-2	22.47	2.04	9.09	2.56	0.11	4.12	○
2	1-3	17.60	1.09	6.17	1.19	0.05	4.14	
3	1-3	18.08	1.79	9.88	0.96	0.09	8.92	
4	1-4	16.65	0.83	4.96	1.08	0.07	6.82	
5	1-4	16.74	0.94	5.63	1.39	0.05	3.89	
6	1-4	23.13	1.81	7.83	2.47	0.17	6.98	○
7	1-4	21.80	1.75	8.03	2.27	0.13	5.74	○
8	1-4	18.72	1.06	5.65	1.33	0.07	5.23	
9	1-5	22.27	2.13	9.58	2.22	0.10	4.28	○
10	2-2	24.10	1.57	6.51	2.45	0.15	6.23	○
11	2-3	23.36	1.88	8.06	2.29	0.11	4.86	○
12	2-4	23.45	1.86	7.95	2.01	0.13	6.62	○

検定を行った 12 尾のうち、7 尾が 4 倍体魚と判定され、4 倍体化率は 58.3 %であった。

赤血球長径の測定では赤血球長径の平均値が 22 μm 以上である 4 倍体魚と推定される個体が見られる一方、16 ~ 17 μm 程度である 2 倍体魚と推定される個体や 18 ~ 19 μm 程度の非 4 倍

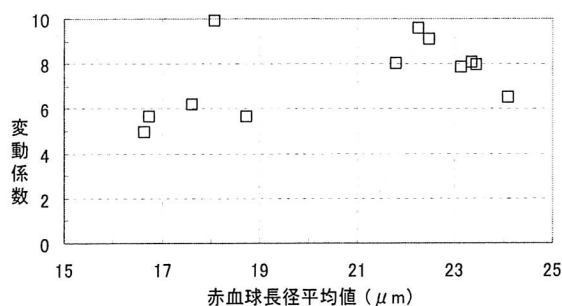


図3 赤血球長径平均値と変動係数

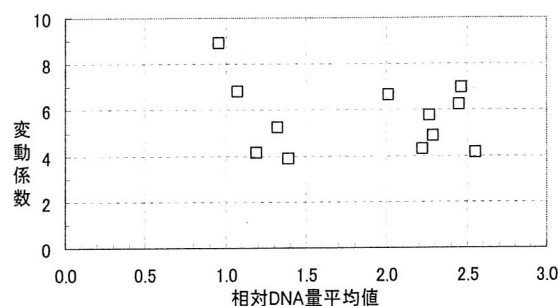


図4 相対DNA量平均値と変動係数

体魚と推定される個体も出現した。赤血球長径の測定で4倍体魚と推定される個体の変動係数の値は7～10と高めであり、赤血球長径は個体内での変動が大きかった。

相対DNA量の測定においては平均値が1.9以上である4倍体魚と推定される個体がみられる一方、平均値が1.0～1.4である非4倍体魚と推定される個体も出現した。相対DNA量の測定で4倍体魚と推定される個体の変動係数は4～8の範囲にあり、相対DNA量については個体内での変動が小さかった。

個体ごとに2つの手法による検定結果を比較すると、4倍体魚と判定された個体に関しては全ての個体で判定が一致した。ただし、変動係数については個体No.1, 9のように相対DNA量での値が低いにもかかわらず、赤血球長径での値が高い個体もみられた。

考 察

今回供試魚として当场で継代しているヤマメについては、受精後積算温度57～61℃・時の範囲で圧力処理(650kg/cm²・6分間)を開始することで20～30%の高い発眼率が得られたが、浮上率については成績の良い試験区においても1%以下であった。同様の試験においてニジマスでは平均10数%の浮上率が得られると報告されているのに対し(川田ら、1993)³⁾、ヤマメ(泉、1992)⁵⁾やサクラマス(松坂・長崎、1996)⁶⁾では同様の手法での第1卵割阻止による雌性発生の試験において、浮上率が極めて悪いと報告されており、ヤマメ(サクラマス)受精卵はニジマス受精卵と比較して卵割阻止時における圧力処理の影響を受けやすいものと考えられる。また、この影響は浮上後の成長段階における奇形の発生にも関与しているものと思われる。

4倍体化の検定では生残個体が12尾と少なかったが、このうち7尾が4倍体であると判定され、判定結果も赤血球長径と相対DNA量による2つの検定方法で一致したことから、圧力処理による第一卵割阻止で生残個体の半数以上を4倍体化するとできると推察された。測定値は両検定法ともに4倍体を示すグループと、非4倍体を示す(2倍体に近い)グループに分かれており、中間的な値を示す個体は出現しなかったことから、この条件の圧力処理では中間的な値を示す個体が作出されないか、或いは成育過程で脊椎骨異常等のために減耗したものと考えられる。

赤血球長径の測定で4倍体魚と推定される個体の中に変動係数の値が高い個体が見られたことから、これらについてはモザイク個体である可能性もあるため、継代飼育を行い、後代検定により4倍体化を確認する必要がある。

現段階で最も成績の良い処理条件においても、成魚まで育成できた4倍体魚の数が試験に供した受精卵数の僅か0.1%以下に過ぎず、より生残率が高い倍数化処理手法、処理条件の検討が課題である。

要 約

当場で継代するヤマメ全雌×偽雄の受精卵を用いて、圧力処理による4倍体作出条件を検討し、以下の結果を得た。

1. 受精後積算温度 57～61℃・時の範囲で圧力処理（650kg／cm²・6分間）を開始することで20～30％の発眼率が得られたが、正常魚浮上率は1％以下であり、4倍体化の検定ができるまでの生残率は成績の良い試験区においても僅か0.25％であった。
2. 赤血球長径と相対DNA量を指標とした4倍体化の検定の結果、生残魚のうち58.3％の個体が4倍体魚と判定された。
3. 成魚まで育成できた4倍体魚の尾数は、試験に供した受精卵数の0.1％以下であり、この向上が今後の課題である。

文 献

- 1) 田原偉成・細江 昭・山本 聡：ニジマス四倍体を用いた三倍体の作出-Ⅲ、平成元年度長野水試事報、3-4、(1991)
- 2) 川田 暁・成田宏一：ニジマスの第一卵割阻止による4倍体倍数化の最適処理開始時間の検討、平成3年度福島県内水面水産試験場事報、15-19、(1992)
- 3) 川田 暁・高越哲男・佐野秋夫・高田寿治：ニジマス4倍体作出試験、平成4年度福島県内水面水産試験場事報、13-19、(1993)
- 4) 城 智聡・工藤真弘：ヤマメにおける赤血球長径、最大核小体数、顕微蛍光測光による倍数性判定法の比較、東京都水産試験場調査研究報告 第212号、64-68、(2000)
- 5) 泉 茂彦：ヤマメ第一卵割阻止による雌性発生試験、平成2年度福島県内水面水産試験場事報、25-27、(1992)
- 6) 松坂 洋・長崎勝康：形質固定技術の確立によるニジマス・サクラマスの新品種魚の作出技術開発研究、地域バイオテクノロジー実用化技術研究開発促進事業（水産関係）平成7年度成果概要 平成3～7年度成果概要、11-14、(1996)

17 α -メチルテストステロン投与処理による性転換雄の作出 および性転換雄を用いたコイの全雌魚種苗生産

實松敦之・渡辺博之*

Production of the Sex Reversal Male with 17 α -methyltestosterone Administration and
Seedling Production of the Female Carp which Obtained
by Mating of the Sex Reversal Male and the Female

Atsushi Sanematsu, Hiroyuki Watanabe

ま え が き

福島県におけるコイ養殖は、県の中央に位置する郡山市を中心に古くから灌漑用ため池を利用して行われている。経営体数は 13 で、年間約 1,200 t が生産されている¹⁾。

コイの雌は雄に比べ、採肉率が高く脂肪が多く肉質が良く孕卵するため商品としての価値が高いばかりでなく、成長が良く飼料効率が高いなどの特性もある²⁾。このため、全雌魚作出技術を開発することにより養鯉業者の経営の安定化を図ることが可能である。本県では、2000 年度からコイ全雌魚作出技術開発研究を開始し、2004 年度には約 60 万尾の種苗を生産、出荷するに至った。そこで、全雌魚作出にあたり雄化処理方法の検討、全雌魚種苗の特性評価、種苗生産試験を行ったので報告する。

材 料 と 方 法

2000 年に通常魚への雄化処理を、2001,2002 年に性転換雄の後代検定を、2002 年に全雌魚を用いた性転換雄の作出を、2003,2004 年にコイ全雌魚種苗生産を実施した。また、2000 年から 2003 年に投与方法の検討を、2002,2004 年にコイ全雌魚種苗の特性評価を実施した。

雄化処理試験

1) 投与方法の検討

コイに浸漬、経口投与、浸漬と経口投与併用の 3 方法で 17 α -メチルテストステロン（以下、MT と略す）を投与し、雄化処理に適する投与方法を検討した。

試験区は、表 1 に示す雄化処理により設定した。

供試魚は、郡山市大槻町の養鯉場（廣瀬養鯉場）で継代飼育しているマゴイから得た受精卵約 1 万粒を 2000 年 5 月 22 日に搬入し、ふ化後 15 日齢まで生物餌料で育成した仔魚を用いた。

試験期間は、6 月 10 日から 10 月 2 日までとし、浸漬、経口投与、浸漬と経口投与併用の 3 方法で MT を投与した。

各区に 200ℓ水槽 2 基を用い、各水槽に 500 尾ずつ供試魚を収容した。飼育水は 25℃に調温した地下水を 1 日 6 回転させた。2000 年 10 月 3 日にピットタグを用いて標識し、水容量 1 t の水槽で各試験区の魚を混養飼育した。

* : 2003 年 12 月に退職

処理終了時に魚体重、生残尾数を測定し、さらに採精時に腹部を圧迫し採精の可否を調べ、生殖腺を観察し雌雄を判別した。卵巣と精巣の両方を持つ個体および生殖腺が未発達で性別が判別できない個体を不明とし、それを除いた個体から雄化率を求めた。

表1 飼育方法とホルモン処理条件

試験区	ホルモン処理条件
浸漬区	0.5 ～ 3.5 月齢まで週 5 日間 8 時間 0.1 $\mu\text{g}/\ell$ の MT 浸漬
投与区	0.5 ～ 4 月齢まで 50 $\mu\text{g}/\text{g}$ の MT 薬剤餌料を投与
併用区	上記 2 区の併用
対照区	無処理

2) 浸漬処理の MT の濃度と処理期間の検討

試験区の設定を表 2 に示す。0.1 μg 、0.05 $\mu\text{g}/\ell$ の高、低濃度、浸漬操作期間を 90 日と 130 日の短期、長期に分けそれぞれの組み合わせの 4 区と対照区の計 5 区で行った。

供試魚は、当场で飼育しているコイの雌と上記の試験で作出した性転換雄との交配により得られた孵化後 15 日齢の全雌魚を用いた。

試験期間は、2002 年 6 月 10 日から 9 月 10 日および 6 月 10 日から 10 月 20 日とした。

飼育水槽は 60ℓ 水槽を用いた。各区に 4 基を設置した。飼育水は上記の濃度に調整した MT 添加の 25℃ の調温地下水を用い、週 5 日間、1 日に 2 回、注水した。

処理終了後の 2003 年 1 月 9 日に開腹して生殖腺を肉眼と光学顕微鏡で観察し、雌雄の判別を行った。

表2 雄化処理方法

試験区	収容尾数	ホルモン処理条件	
		MT の濃度 ($\mu\text{g}/\ell$)	浸漬日数 (日)
高濃度・短期間区	10 尾/基	0.1	90
高濃度・長期間区	〃	0.1	130
低濃度・短期間区	〃	0.05	90
低濃度・長期間区	〃	0.05	130
対照区	20 尾/基	—	—

コイ全雌魚の特性評価

1) コイ全雌魚種苗における雄の出現率調査

当场で作出した性転換雄を用いて全雌魚を作出し、全雌魚の雄の出現率を調査した。

親魚に、当场のマゴイ雌 1 尾と、2000 年度に作出し 2001 年度に後代検定した性転換雄 4 尾を用いた。採卵は 2002 年 5 月 22 日に行い、加温により催熟した雌から搾出法で採卵し、性転換雄を交配して受精卵を得た。その後通常の卵、孵化仔魚管理を行い、5 月 28 日に浮上仔魚を池出した。浮上後 229 日目の月日に無作為に 76 尾を抽出し、開腹して生殖腺を肉眼と顕微鏡で観察して雌雄を判別した。

2) コイ全雌魚種苗とコイ通常魚種苗の成長比較試験

全雌魚種苗と通常魚種苗を2004年8月6日から10月4日の60日間飼育し、成長を比較した。全雌魚種苗を用いた区を全雌区、通常魚種苗を用いた区を通常区とした。

供試魚は、全雌区では性転換雄と通常魚雌の交配で得られた全雌魚を、通常区では通常魚の雌雄の交配で得られた通常魚を用いた。2試験区とも、魚体重2gを目安に目視で大きさをそろえ、そこから無作為抽出した個体を用いた。

試験期間は、8月6日から10月4日の60日間とした。

飼育には4.5 m² (1.5 m×3 m) のコンクリート池を各区3面ずつ、計6面を用いた。池1面に60尾の供試魚を放養した。水深は70 cmとし、止水でエアレーションをしながら飼育した。給餌方法は、平日は1日に3回、飽食給餌とし、休日は平日の給餌量を目安に1日に4回給餌した。飼料は稚魚用マッシュ（以下、稚魚用Mとする）と稚魚用クランブル（以下、稚魚用Aとする）を用いた。

10月6日に取り上げ、生残尾数、全長、体長、体重を測定し、肥満度、飼料効率を求めた。飼料効率は、飼育中に斃死魚を確認、取り上げができなかったため、斃死時の体重を収容時と取り上げ時の平均値と仮定して求めた。また、試験期間中の試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア、pHを測定した。

コイ全雌魚種苗生産

供試親魚は、当場の雌のコイ2尾と、2002年に作出した性転換雄2尾を用いた。

雌を加温により催熟し、2004年5月28日に、搾出法で採卵した。これを乾導法で受精させた。卵の収容池は2 m×5 m、水深50 cmのコンクリート池2面で、各池に2 m×2 mの産網1面を設置した。キンランと魚巢（商品名：シュロブラシ）に受精卵を付着させた後、約22℃の加温地下水で卵管理した。6月1日に孵化し、6月3日に浮上したので池出した。

種苗の飼育池は、15 m×20 m、水深1 mのコンクリート池2面（以下、飼育池No.1および2とする）と、5 m×40 m、水深1.2 mのコンクリート池1面（以下、飼育池No.3とする）の計3面とした。仔魚放養前に0.6 kg/m²の割合で鶏糞をまき、生物餌料の発生を促した。また、瀑気のために水車を設置し、注水後から取り上げまで稼働させた。6月3日に各池に約23万尾ずつの浮上仔魚を放養し、摂餌を確認しながら適宜、配合飼料を給餌した。

取り上げ時に総重量を測定するとともに、各池から一部を無作為抽出し、体重を測定した。また、試験期間中の試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア、pHを測定した。

結 果

雄化処理試験

1) 投与方法の検討

雄化処理後の各試験区の魚体重、生残率を表3に示す。生残率は0%～58%であり、水質悪化による斃死も見られた。平均魚体重は9.8 g～29.4 gであり、生残率が高い区ほど魚体重が小さい傾向であった。

雄化処理の結果を表4に示す。各試験区の雄の出現率は、対照区で55.2%、浸漬区で69.0%、投与区で37.5%、併用区30.2%であり、浸漬区が最も高かった。また、投与区、併用区では雄の出現率は対照区と比べて低かった。孵化後約1年の2001年5月9日に採精できた個体は併用区①の1尾を除き、全て浸漬区であった。以上のことから、今回行った経口投与方法では雄の出現率が低下し、得られた雄は搾出しても採精できない個体であった。今回の3方法の条件の中で

は浸漬法が優れた雄化処理方法であるとの結果が得られた。

表3 雄化処理後の体重と生残率

試験区	平均体重 (g)	生残率 (%)
浸漬区①	11.0±5.5	58.0
〃 ②	29.4±8.7	16.6
投与区①	19.7±9.0	58.0
〃 ②	—	0.0
併用区①	14.5±5.9	40.8
〃 ②	19.7±5.0	25.4
対照区①	9.8±4.3	58.0
〃 ②	15.7±4.8	37.2

表4 雄化処理方法別の雄および採精可能な雄の出現率

試験区	取り上げ尾数			雄の出現率 (%)	採精可能な雄の出現率 (%)
	雄	雌	不明		
浸漬区①	66	33	3	66.6	65.1
〃 ②	21	6	1	77.7	66.6
投与区①	3	5	0	37.5	0.0
〃 ②	0	0	0	—	—
併用区①	28	56	19	33.3	3.5
〃 ②	9	24	12	27.2	0.0
対照区①	48	33	4	59.2	—
〃 ②	38	36	11	51.3	—

2) 浸漬処理のMTの濃度と処理期間の検討

雄化処理の結果を表5に示す。開腹して観察、確認した際に卵巢と精巢の両方を持つものおよび生殖腺が未発達で性別が判別できない個体を不明とし、それを除いた各試験区の雄の出現率の平均は、対照区で2.5%、高濃度・短期間区で58.9%、高濃度・長期間区で72.3%、低濃度・短期間区で77.4%、低濃度・長期間区で85.1%あり、低濃度・長期間区が最も高かった。以上のことから、今回の試験の中では0.05 μ g/lのMTに連続して130日間浸漬する方法が優れた雄化処理方法であるとの結果が得られた。

表5 MT浸漬処理の濃度・機関別の雄化率

試験区	雄化率 (%)	雄化処理後の各試験区の雌雄の尾数							
		水槽No. 1		水槽No. 2		水槽No. 3		水槽No. 4	
		雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌
高濃度・短期間区	58.9	3	6	6	1	4	4	6	3
高濃度・長期間区	72.3	5	4	6	1	6	1	5	3
低濃度・短期間区	77.4	7	2	8	1	7	1	5	4
低濃度・長期間区	85.1	8	1	9	0	4	2	0	0
対照区	2.5	1	19	1	18	0	19	0	19

コイ全雌魚の特性評価

1) コイ全雌魚種苗における雄の出現率調査

調査した 76 尾中雄が 2 尾、雌が 74 尾であり、性別が判別できない個体はみられず、全雌魚種苗の雄の出現率は 2.6 % であった。全雌魚の一部が性転換していた。

2) コイ全雌魚種苗とコイ通常魚種苗の成長の比較

収容時の魚体測定結果を表 7 に示す。全雌魚、通常魚に全長、体重ともに大きな違いはなかった。

表 7 収容時の魚体測定結果

試験区	平均全長 (mm)	平均体重 (g)
全雌区	55 ± 3	2.05 ± 0.33
通常区	55 ± 2	2.03 ± 0.32

各池の飼育期間中の水温、酸素飽和度、アンモニア濃度、pH の推移を図 1 ～ 4 に示す。飼育期間中に試験区間で飼育条件に大きな違いはなかった。また、試験池は植物プランクトンが繁殖し、透視度は 20 cm 以下であった。

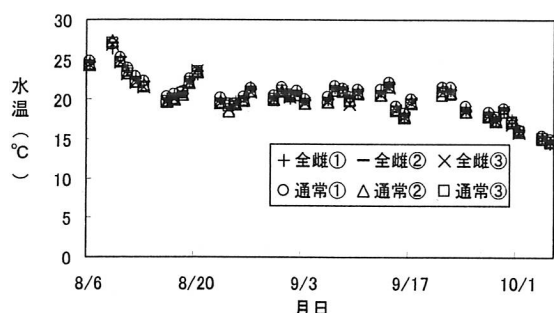


図 1 飼育池の水温の推移

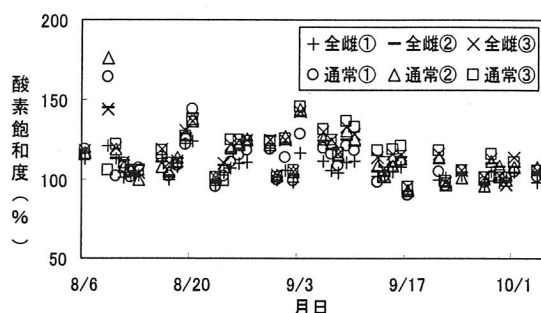


図 2 飼育池の酸素飽和度の推移

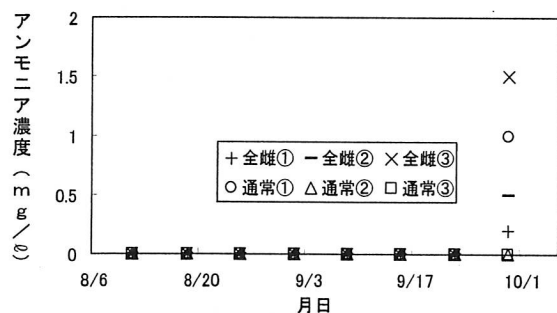


図 3 飼育池のアンモニア濃度の推移

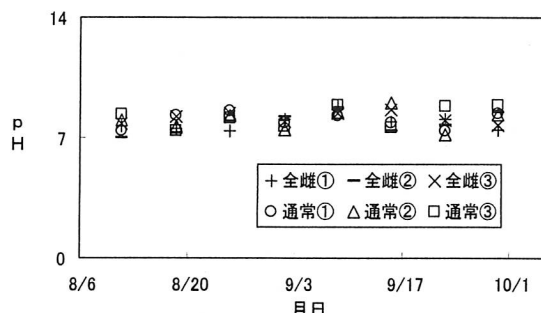


図 4 飼育池の pH の推移

取り上げ時の魚体測定結果を表 8 に、飼育結果を表 9 に示した。なお、肥満度は体重を体長の三乗で除して求めた。

肥満度、生残率に全雌魚と通常魚の間に大きな違いはなかった。給餌量、体重の平均は全雌魚では 1,308 g、22.67 g、通常魚では 1,127 g、20.99 g と全雌魚の方が大きかった。飼料効率は全雌魚では 93.0 %、通常魚では 99.9 % と通常魚の方が高かった。飼育期間中の摂餌の様子を観察した結果、全雌魚の方が摂餌が活発であった。

表8 取上時の魚体測定結果

試験区	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	平均肥満度
全雌区①	118± 9	23.51±6.15	27.29±1.50
全雌区②	118±10	24.35±7.58	27.23±1.86
全雌区③	109± 9	20.16±5.53	28.65±1.43
通常区①	114±10	21.20±5.09	27.14±1.75
通常区②	114± 7	22.50±4.72	28.65±1.83
通常区③	107± 7	19.29±3.86	28.56±1.47

表9 飼育結果

試験区	生残率(%)	給餌量 (g)	飼料効率(%)
全雌区①	96.6	1,298	97.5
全雌区②	96.6	1,380	95.3
全雌区③	98.3	1,247	86.3
通常区①	98.3	1,153	98.9
通常区②	96.6	1,191	101.3
通常区③	100.0	1,038	99.7

コイ全雌魚種苗生産

平成 16 年 5 月 28 日に採卵し、7 月 16 および 20 日に取り上げ、測定、出荷した。各池の飼育期間中の水温、酸素飽和度、アンモニア濃度、pH の推移を図 5 ～ 8 に示す。飼育期間中に試験区間で飼育条件に大きな違いはなかった。

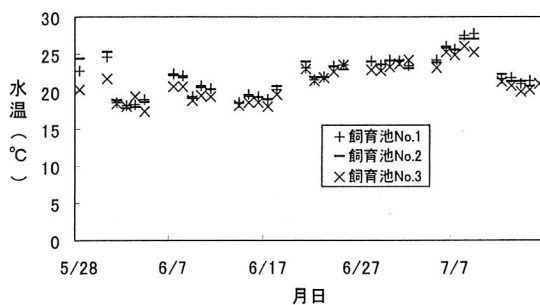


図5 飼育池の水温の推移

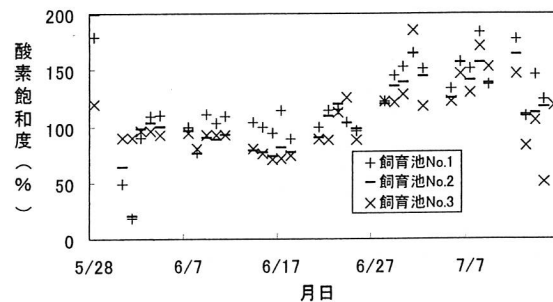


図6 飼育池の酸素飽和度の推移

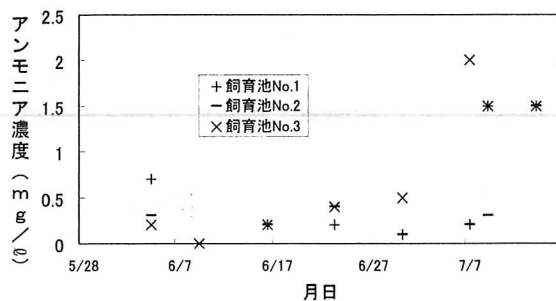


図7 飼育池のアンモニア濃度の推移

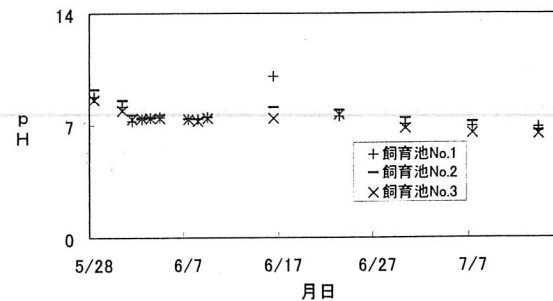


図8 飼育池の pH の推移

取り上げ結果を表 9 に示す。総給餌量は 396 kg、総取り上げ重量は 382.8 kg、飼料効率は 96.6 %であった。また、生残率は 72.1 ～ 102.1 %であった。

飼育池 No.1 と飼育池 No.2 を比較すると、飼育池 No.1 の生残率と飼料効率が低かった。これは、飼育池 No.1 でまとまった斃死があったためである。しかし、取り上げ重量はほぼ等しく、平均体重は飼育池 No.1 の方が大きかった。また、生残率が良好であった飼育池 No.2 と飼育池 No.3 を比較すると、飼育池 No.3 の方が給餌量、取り上げ重量、単位収量が大きく、飼料効率が低いという結果が得られた。

表10 種苗生産試験取り上げ結果

項 目	飼育池 No.1	飼育池 No.2	飼育池 No.3
取り上げ月日	7 月 16,20 日	7 月 16,20 日	7 月 20 日
取り上げ重量 (kg)	118.15	121.05	143.60
池面積 (m ²)	300	300	200
単位収量 (kg/m ²)	0.39	0.40	0.71
平均体重 (g)	0.71	0.56	0.61
総尾数 (万尾)	16.6	21.6	23.5
給餌量 (kg)	112.0	105.0	179.0
(内訳) 稚魚用M	62.0	55.0	147.0
稚魚用A	50.0	50.0	32.0
飼料効率 (%)	105.0	115.0	80.0
生残率 (%)	72.1	93.9	102.1

考 察

雄化処理試験

雄の出現率および採精可能な雄の出現率から、MTによる雄化処理方法として経口投与より浸漬処理の方が有効であると考えられた。また、浸漬処理のMTの濃度と処理期間の検討から、0.05 μ g/lのMTに1日24時間、130日連続して浸漬処理することで高い雄化率を得られることが示された。

コイ全雌魚の特性評価

コイ全雌魚種苗における雄の出現率調査から、性転換雄を用いて作出したコイ全雌魚を通常の飼育方法で育成しても2.6%と出現率は低いながら雄が出現した。性転換雄と雌の交配で得られる個体は遺伝的には雌であるので、飼育環境など何らかの原因で雄に性転換したものと考えられるが、原因は不明である。コイ全雌魚種苗を民間の業者に普及するにあたり、説明をする必要がある。また、養殖業者に出荷した種苗における雄の出現率を調査する必要があると考えられた。

全雌魚の方が給餌量が多く、体重の平均が大きく、飼料効率は通常魚の方が高かった。これは、全雌魚への給餌量が多かったためと考えられる。

全雌魚への給餌量が多くなった原因は、全雌魚の方が通常魚より摂餌が活発であったためである。給餌方法が飽食給餌で、透明度が20cm以下と低い条件の中で、表層まで摂餌に浮上してきた個体を確認しながら給餌をしたため、摂餌が活発でない通常魚の給餌量は、全雌魚より少なくなった。

通常魚の半数は雌と考えられ、全雌魚と通常魚の摂餌行動の違いが雌雄比の差によるものとは考えにくい。通常魚、全雌魚とも少数の親魚から作出したため（全雌魚♀2×♂3、通常魚♀1×♂1）、遺伝的な差異に起因することも考えられるが、原因は不明である。

コイ全雌魚種苗生産

大量斃死が起きた飼育池 No.1 を除き、飼育池 No.2,3 で生残率が 90 %以上と高かった。これは放養時に生物餌料が大量に繁殖していたためと考えられた。

飼育池 No.3 は、飼育池 No.1,3 に比べ給餌量が 1.5 倍以上多く、池面積は 2/3 である。収容力が小さい池に多く給餌したため、飼育池 No.3 の飼料効率が低くなったと考えられた。

飼料効率は飼育池 No.1,2 で 105 ~ 115 %、飼育池 No.3 で 80 %、単位収量は飼育池 No.1,2 で 0.39 ~ 0.40 kg/m²、飼育池 No.3 で 0.71 kg/m²であったことから、今回の飼育条件では単位収量 0.5 kg/m²程度であれば効率的に生産できると考えられた。

コイの稚魚（青仔）は通常、1 g 以上で流通している。粗放養殖では生残率が初期の生物餌料の量に大きく影響を受けるが、今回と同一の条件で取り上げ時の平均体重を 1 g 以上に育成するには、500 尾/m²程度が最適な放養尾数であったと考えられた。また、生物餌料の発生量を確認しながら孵化仔魚の放養量を調節することで効率的な生産ができると考えられた。

要 約

1. 全雌魚作出にあたり雄化処理方法の検討、全雌魚種苗の特性評価、種苗生産試験を行った。
2. MT による浸漬処理、経口投与、浸漬処理と経口投与の併用では浸漬処理が優れた雄化処理方法であることがわかった。
3. 孵化後 15 日齢から 130 日間連続して 0.05 μ g/l の濃度の MT に浸漬処理する方法が、最も雄化率が高かった。
4. 全雌魚種苗の雄の出現率は 2.6 %で、全雌魚の一部が性転換していることが考えられた。
5. 全雌魚の方が給餌が多く、体重の平均は大きかった。
6. 飼料効率は全雌魚では 93.0 %、通常魚では 99.9 %と通常魚の方が高かった。
7. コイ全雌魚種苗生産の結果より、当场でコイ全雌魚種苗を数十万単位で生産が可能となった。

文 献

- 1) 福島県農林水産部水産グループ：福島県水産要覧、57 頁（2004）
- 2) 熊丸敦郎・渡辺直樹・高野 誠：カスミヤマトゴイ（養殖種）における雌雄の成長差について、茨城内水試研報 32、43-49(1996)

モツゴ養殖研究

實松敦之

Studies in Culture of *Pseudorasbora parva*

Atsushi Sanematsu

ま え が き

モツゴは日本全国に分布し、湖や池沼、それに続く細流や、さらに川の下流域に生息する¹⁾。産卵期は4～8月で1産卵期における産卵回数は極めて多く、10回を超えることもある²⁾。福島県内においてモツゴはコイため池養殖の副産物として年間約7トンが生産されている。その生産方法は、春にコイを養殖池に放養する前にモツゴの親魚を放養し、自然産卵により採卵し、コイと混養飼育で秋もしくは翌年の春に取り上げるというものである。生産量は年により変動し、安定していない。また、コイとの混養で生産するため単独で養殖に関する知見は少ない。

本研究では生産の安定化と増産を図るため、単独飼育による粗放養殖での基礎的な生態の究明と、多回産卵の生態を人為的管理することにより産卵調節する方法について検討した。

材 料 と 方 法

粗放養殖技術の開発

1) 産卵数調査

産卵基質を飼育池に設置し、1週間ごとに産卵数を計数し、1産卵期における産卵動向と産卵数を調査した。

供試した親魚は、2004年4月19日に養殖業者の蓄養池から導入した。これを産卵基質を設置したコンクリート池で飼育し、仮蓄養池で最初の産卵を確認後(6月7日)、各試験池に100尾ずつ放養した(6月18日)。

試験期間は、6月18日から親魚の産卵が連続で2週間見られなくなるまでとした。

試験池は、1.5 m×4 mのコンクリート池2面とした(以下、各試験池は1)-1、1)-2とする)。水深は50 cm、止水とし、試験期間中はエアレーションにより通気した。試験池には、供試魚を放養する20日前に鶏糞を0.4 kg/m²で施肥し、生物餌料の発生を促した。試験期間中は週5日給餌し、飼育期間中に2.1 kgの配合飼料を適宜給餌した。

産卵基質を図1に示す(以下、基質aとする)。73 cm×40 cmの塩ビ製波板3枚を重ねたもので、板と板の間には塩ビ管をはさんで、3 cmの間隔をあけた。最下段は底面から4 cmの間隔がある。基質aを試験池の四隅と中央に一個ずつ、計5個の設置した(以下、各基質を四隅-1,2,3,4および中央とする)。

卵は、週2回、月曜日と金曜日に産卵基質を取り上げ目視により計数した。計数後、金曜日は産卵された箇所鉛筆で印を付け、月曜日は基質aに産み付けられた卵を取り除いた。また、

7月5日に基質aから2カ所を無作為に抽出し、325粒および269粒について発眼率を調査した。
試験期間中の試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア、pHを測定した。
供試した親魚と同一の群から46尾を無作為に抽出し、全長、体重、性比を求めた。

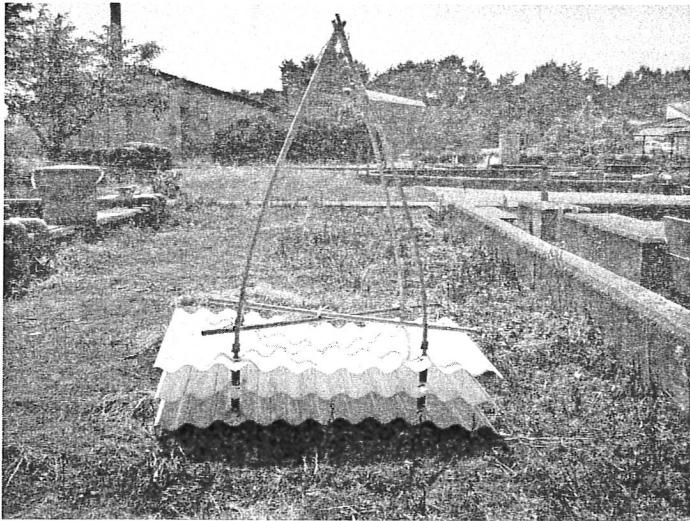


図1 粗放養殖技術の開発に用いた産卵基質（基質a）

2) 養殖方法による生産量の比較試験

粗放的な養殖について、親魚を放養する生産方式と、仔魚のみ放養する生産方式で生産量の比較を行った。

a) 親魚放養区

供試魚は、前記の「1) 産卵数調査」と同じ群の魚を用いた。

試験期間は6月18日から10月20日とし、6月18日に各試験池に100尾ずつ供試魚を放養し、10月20日に魚を取り上げた。

試験池は1.5 m × 4 mのコンクリート池2面（以下、各試験池を親魚-1、親魚-2とする）で、水深は50 cm、止水とし、試験期間中はエアレーションにより通気した。飼育池には、供試魚を放養する20日前にケイフンを0.4 kg/m²で施肥し、生物餌料の発生を促した。親魚には週5日適宜給餌し、期間中、各池に合計2.1 kgの配合飼料を給餌した。8月11日から稚魚の給餌を開始し、試験終了時まで各池に合計1.4 kgの配合飼料を給餌した。

基質aを試験池の四隅と中央に一個ずつ、計5個を設置した。

10月20日に魚を取り上げ、総重量、全長、体重を測定した。

試験期間中の試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア、pHを測定した。

b) 仔魚放養区

供試魚は、前記の「1) 産卵数調査」により6月22日～28日に産卵した卵から得られた仔魚で、7月2日に各試験池に2,500尾ずつ放養した。

試験は6月18日に開始し、終了は親魚放養区と同様とした。

飼育方法、産卵基質、取り上げ時の測定内容および試験池の測定項目は親魚放養区と同様とした。以下、試験池2面を、仔魚-1、仔魚-2とする。

採卵方法の検討

基質を設置する時期を変えることにより産卵調節の可能性について検討した。

試験区は以下の3区を設定し、各区ごと水槽2面を設置し、それぞれに無作為抽出した親魚60尾を放養した。産卵基質として図2に示す波板（以下、基質bとする）を2週間間隔で時期を違えて設置した。基質bは、30 cm×16 cmの塩ビ製波板3枚を重ねたもので、板と板の間には塩ビ管をはさんで、4.3 cmの間隔をあけた。最下段は底面から2 cmの間隔がある。

産卵基質常時設置区：5月26日に飼育を開始し、5月28日に水槽内に基質bを設置する。

産卵基質設置時期調整区Ⅰ：5月26日に飼育を開始し、6月11日に基質bを設置する。

産卵基質設置時期調整区Ⅱ：5月26日に飼育を開始し、6月25日に基質bを設置する。

以下、各区を常時区、2週区、4週区とし、各水槽を常時区-1、常時区-2、2週区-1、2週区-2、4週区-1、4週区-2とする。

供試魚は、前年に当场で採卵し、育成したモツゴを用いた。

試験期間は、5月26日から7月30日とした。

飼育水槽は、60ℓコンテナ(50 cm×30 cm×40 cm)を用い、水温22℃の加温地下水を0.5ℓ/minで注水し、平日に1日3回手撒きで適宜給餌した。

卵の計数方法は、毎週月曜日と金曜日に基質bを取り上げ、目視により産卵数を計数した。また、水槽への産卵の有無も併せて確認した。次回調査時までの期間産卵数を調べるため、計数時に基質bおよび水槽に産み付けられた卵を取り除いた。

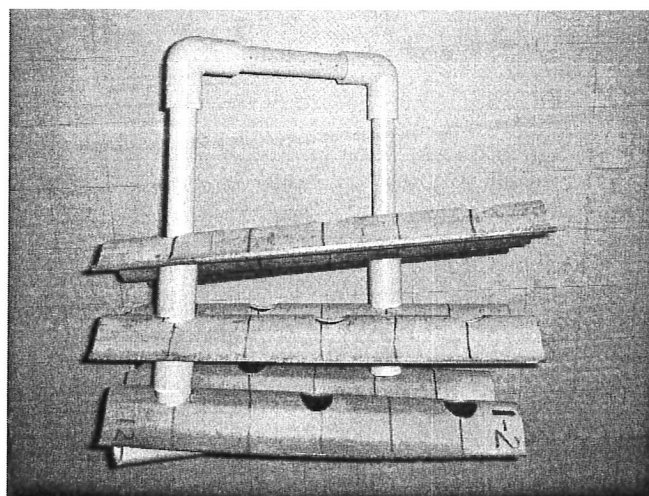


図2 採卵方法の検討に用いた産卵基質（基質b）

結 果

粗放養殖技術の開発

1) 産卵数調査

放養した親魚の放養時の魚体測定結果を表1に示す。雌の出現率は43.5%であった。また、平均体重は雄が4.4 g、雌が2.0 gで、雄の方が大型であった。

表1 放養親魚の魚体測定結果

項 目	全体	雄	雌
個体数	46	26	20
平均全長(mm)	68±11	74±10	60±5
平均体重(g)	3.3±1.8	4.4±1.8	2.0±0.6

試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア濃度、pH の推移を図 3 から 6 に示す。試験池の水温は、1)-1 と 1)-2 ではほぼ等しく推移した。試験開始時に 20℃で、以降 9 月中旬まで 20℃以上維持し、9 月中旬以降は 20℃を下回り、10 月中旬には 10℃近くまで降下した。酸素飽和度は 7 月上旬から 9 月上旬に値が大きく変動し、100%より高いことが多かった。アンモニア濃度は 0～0.2mg/ℓで安定し、高い場合でも 0.5mg/ℓであった。pH は 1)-1 ではほぼ 7～8 で推移したのに対し、1)-2 では 7～9 と 1)-1 に比べやや高くで推移した。

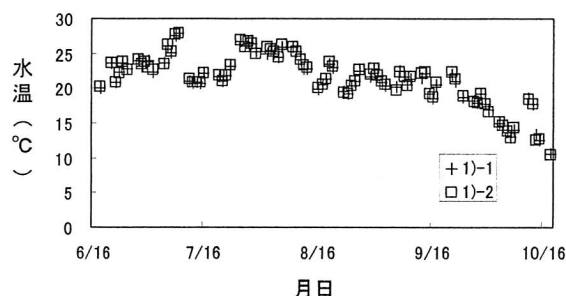


図3 飼育池の水温の推移

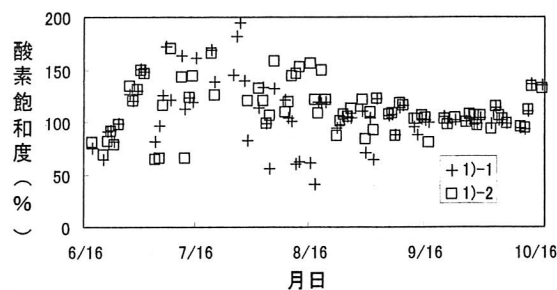


図4 飼育池の酸素飽和度の推移

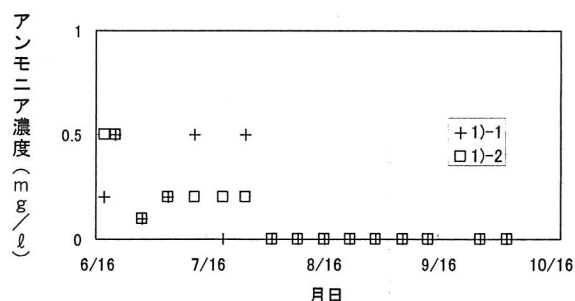


図5 飼育池のアンモニア濃度の推移

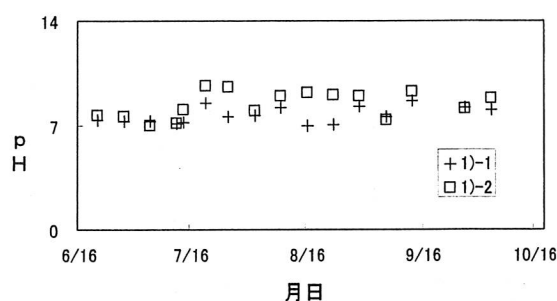


図6 飼育池の pH の推移

各試験池の産卵数の推移を図 7、8 に示す。産卵数の総数は 1)-1 で約 12 万粒、1)-2 で約 8 万粒であった。1 週間の産卵数の推移は、1)-1 では 6 月下旬から 7 月下旬にかけて毎週 1 万粒以上の産卵が見られ、8 月上旬から 8 月中旬に減少したが、8 月下旬には再び 1 万粒以上の産卵が見られ、9 月上旬に減少し、9 月中旬以降はほぼ産卵しなくなった。1)-2 では 6 月下旬から 7 月下旬にかけて毎週 1 万粒以上の産卵が見られ、8 月上旬から減少し、8 月下旬以降にはほぼ産卵しなくなった。両池とも前期に産卵が多かった。1)-1 では 9 月上旬まで散発的に産卵が見られたが、1)-2 では暫時産卵量が減少した。1 週間の最多産卵数は 7 月 20～26 日に 1)-1 で計数された 20,313 粒であった。

産卵基質の設置場所別産卵数を表 2 に示す。四隅の平均は 1)-1 で 21,662 粒、1)-2 で 14,727 粒であり、中央では 1)-1 で 32,656 粒、1)-2 で 26,384 粒と、中央の基質に多く産卵していた。また、四隅に設置された基質間でも 1)-1 では 12,730～25,308 粒、1)-2 では 7,122～21,173 粒と産卵数が大きく違った。

産卵基質の部位別産卵数を表 3 に示す。最下段から順に 1、2、3 段目とした。天井面に比べ、上面への産卵数は少なく、特に 3 段目の上面への産卵数が少なかった。また、1 段目の天井面は、2、3 段目の天井面と比べて産卵数が少なかった。

産卵基質の観察では、波板 1 枚に最大で 5,834 粒の卵が産み付けられ (1)-2、6/29～7/5、3 段目－天井面) でいた。また、7 月 5 日の発眼率は 96.6%、97.0% と平均で 95% 以上であった。

天井面にはパッチ状に卵が産み付けられ、パッチごとに卵の発生の進み具合が等しかった。上面にはまばらに卵が産み付けられていた。さらに、天井面に大量に卵が産み付けられている場合に、向かい合わせた上面に卵が産み付けられているのが観察された。

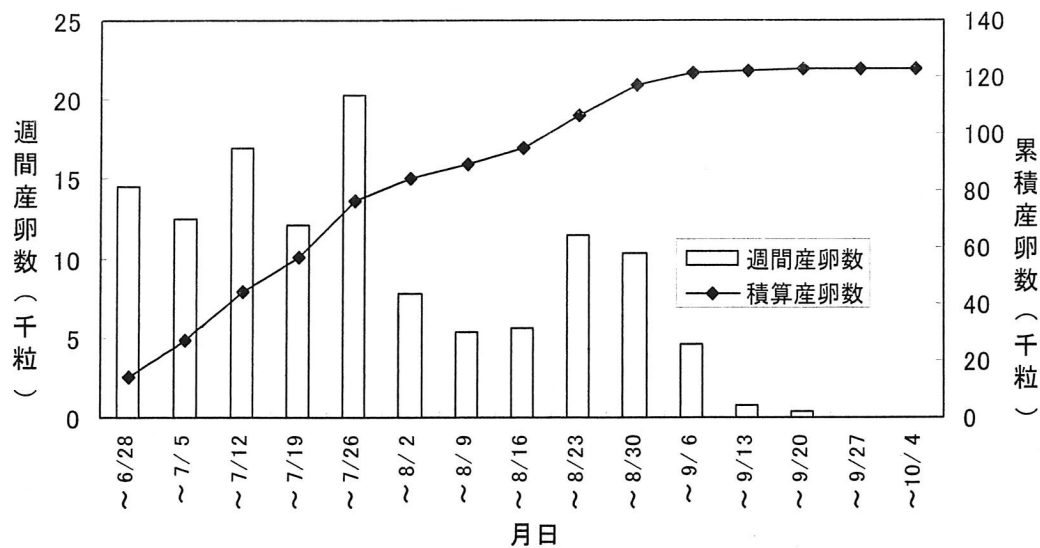


図7 試験池 1)-1における産卵数の推移

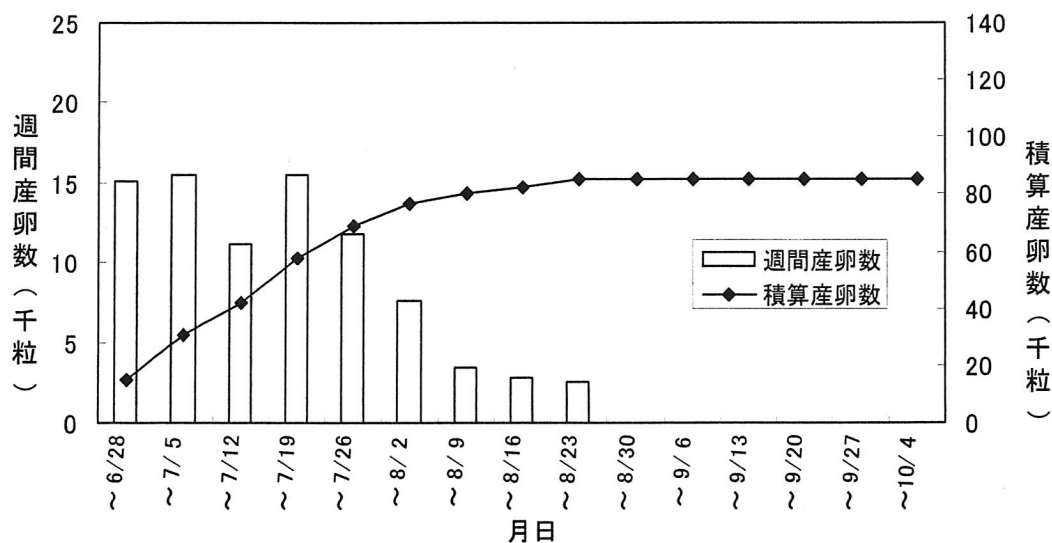


図8 試験池 1)-2における産卵数の推移

表2 産卵基質の設置場所別産卵数

設置場所	試験池	
	1) -1	1) -2
基質別の集計		
四隅-1	13,730 粒	15,044 粒
四隅-2	29,934	15,571
四隅-3	17,669	7,122
四隅-4	25,308	21,173
四隅の平均	21,662	14,727
中 央	32,656	26,384

表3 産卵基質の部位別産卵数

部 位	飼 育 池	
	1) -1	1) -2
各面の集計		
1 段目－天井面	6,077 粒	14,027 粒
1 段目－上 面	3,625	1,659
2 段目－天井面	64,242	36,031
2 段目－上 面	2,235	2,609
3 段目－天井面	43,118	30,484
3 段目－上 面	0	484
段別の集計		
1 段目	9,720	15,686
2 段目	66,477	38,640
3 段目	43,118	30,968
天井面、上面別の集計		
天井面	113,437	80,542
上 面	5,860	4,752

2) 養殖方法による生産量の比較試験

試験池の水温、酸素飽和度、アンモニア濃度、pH の推移を図 9 から 12 に示す。試験池の水温は、全ての試験池でほぼ等しく推移した。試験開始時に 20℃で、以降 9 月中旬まで 20℃以上維持し、9 月中旬以降は 20℃を下回り、10 月中旬には 10℃近くまで降下した。酸素飽和度は試験期間をとおして値が大きく変動し、100 % を大きく下回することは少なかった。NH₄濃度は 0 ～ 0.2mg / ℓで安定し、高い場合でも 0.5mg / ℓであった。pH はほぼ 7 ～ 9 で推移した。

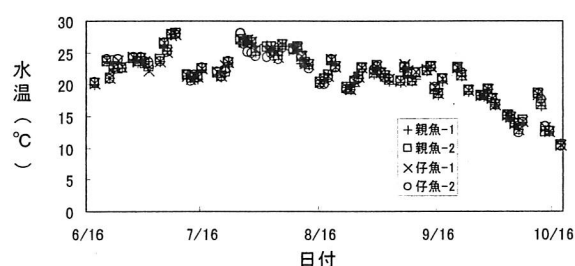


図9 飼育池の水温の推移

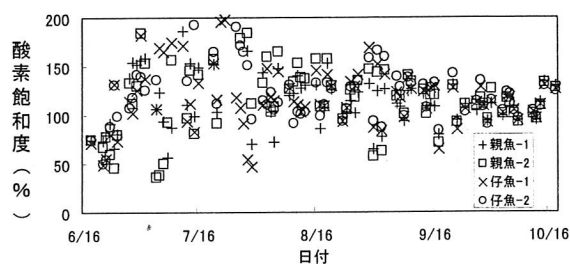


図10 飼育池の酸素飽和度の推移

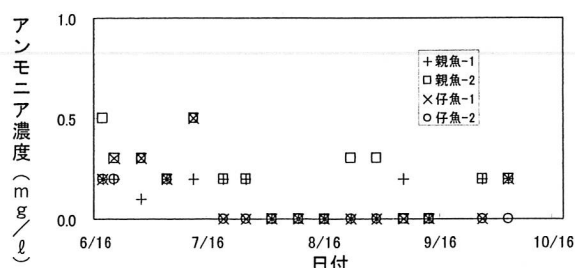


図11 飼育池のアンモニア濃度の推移

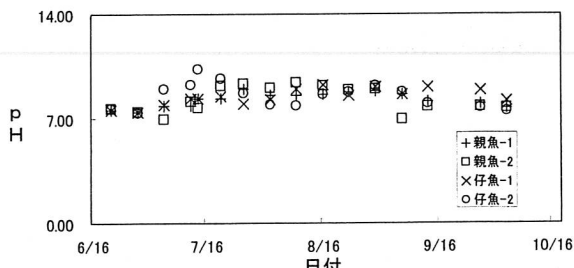


図12 飼育池のpHの推移

親魚放養区と仔魚放養区の取り上げ結果を表 5 に示す。

表5 取り上げ結果

項 目	親魚放養区		仔魚放養区	
	親魚-1	親魚-2	仔魚-1	仔魚-2
総重量 (g)	1,976	1,681	532	664
取り上げ尾数	3,843	3,157	265	736
平均全長 (mm)	37 ± 9	36 ± 10	60 ± 7	47 ± 6
平均体重 (g)	0.51 ± 0.43	0.53 ± 0.42	2.00 ± 0.85	0.90 ± 0.42
加入尾数	(100,000)	(100,000)	2,500	2,500
生残率 (%)	(3.8)	(3.1)	20.8	24.6

※ () 内の数値は推定値

総重量の平均は親魚放養区 1,828.5 g、仔魚放養区 588.0 g であった。取り上げ尾数の平均は親魚放養区 3,500 尾、仔魚放養区 500.5 尾であった。平均体重は親魚放養区 0.52 g、仔魚放養区 1.45 g であった。また、親魚放養区における加入尾数を前記の試験（粗放養殖技術の開発 1）産卵数調査試験）より 10 万粒と推定すると、生残率は親魚放養区 3.4 %、仔魚放養区 22.7 % であった。親魚放養区の方が総重量が大きく、取り上げ尾数が多く、平均体重が小さく、生残率が低いという結果が得られた。

また、仔魚放養区では試験池間で取り上げの総重量は仔魚-1 で 532 g、仔魚-2 で 664 g で、仔魚-1の方が生残率が低く、平均体重が小さいという結果が得られた。

親魚放養区および仔魚放養区の取り上げ時の体重組成を図 13、14 に示す。また、そのうちの 1 g 以下の個体の体重組成を図 15、16 に示す。親魚放養区では 1 g 以下の個体の割合が高く、0 ~ 1 g では大きさがばらつき、0.5 g 以下の個体も多く見られた。仔魚放養区では、仔魚-1 でややばらつきが大きいものの、単峰型の分布で、0.5 g 以下の個体は少なかった。

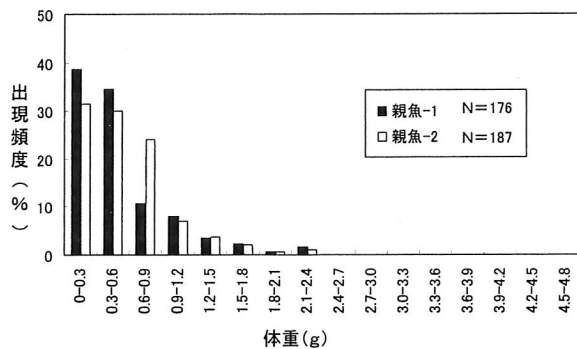


図13 取り上げ時の体重分布（親魚放養区）

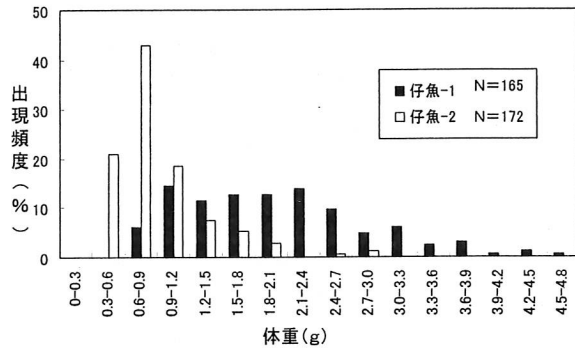


図14 取り上げ時の体重分布（仔魚放養区）

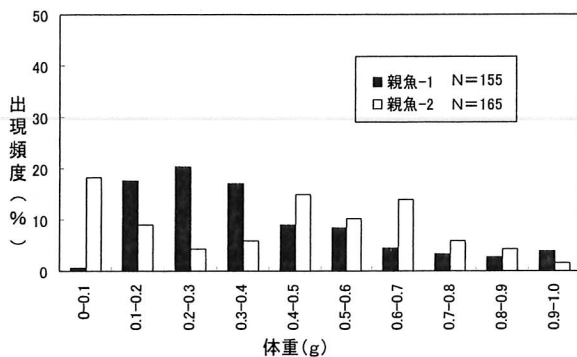


図15 取り上げ時の体重分布（親魚放養区 0~1 g）

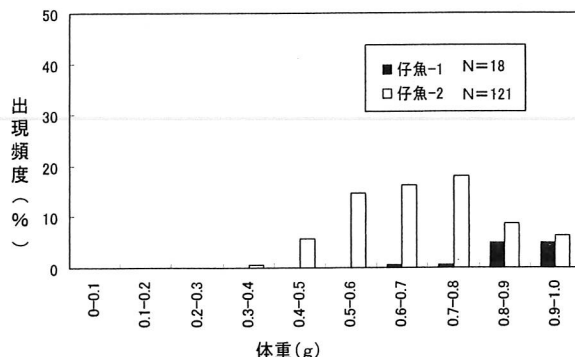


図16 取り上げ時の体重分布（仔魚放養区 0~1 g）

採卵方法の検討

親魚の放養時の魚体測定結果を表 4 に示す。雌の比率は 57.1 %であった。また、平均体重は雄が 0.8 g、雌が 0.6 g で、雄の方が大型であった。

表 4 放養親魚の魚体測定結果

項 目	全体	雄	雌
個体数	78	33	43
平均全長(mm)	43 ± 6	47 ± 5	41 ± 5
平均体重(g)	0.7 ± 0.3	0.8 ± 0.3	0.6 ± 0.2

試験水槽の水温の推移を図 17 に示す。水温は 23℃付近で安定して推移した。また、試験水槽間で水温条件はほぼ等しかった。

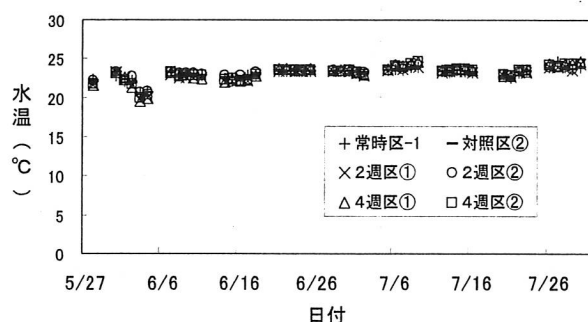


図17 飼育水槽の水温の推移

試験期間中の産卵数の推移を図 18 に、試験期間中の産卵状況を表 6 に示す。常時区-1 および 4 週区-1 以外では産卵開始日は 6 月上旬であった。2 週区および 4 週区で基質 b 設置以前に水槽壁面への産卵が数粒確認された。また、設置後も水槽壁面への産卵が確認されたが、産卵数は数粒であった。基質への産卵率は全ての試験区で 90 %以上であった。

常時区-1 および 2 週区-2 以外の水槽では基質設置直後にまとまった産卵が見られており、特に 4 週区では設置直後に集中した産卵が見られた。

観察から、1)産卵数調査 と同様に基質 b の天井面に卵が産み付けられていた。

表6 試験期間中の産卵状況

項 目	常時区		2 週 区		4 週 区	
	常時区-1	常時区-2	2 週区-1	2 週区-2	4 週区-1	4 週区-2
産卵開始日	6 月 25 日	6 月 4 日	6 月 4 日	6 月 4 日	6 月 18 日	6 月 7 日
最終産卵日	7 月 26 日	7 月 26 日	7 月 26 日	7 月 26 日	7 月 23 日	7 月 30 日
総産卵数	2,251	3,504	3,155	3,332	4,448	4,243
基質への産卵率(%)	98.5	100	95.1	91.6	90.5	97.4

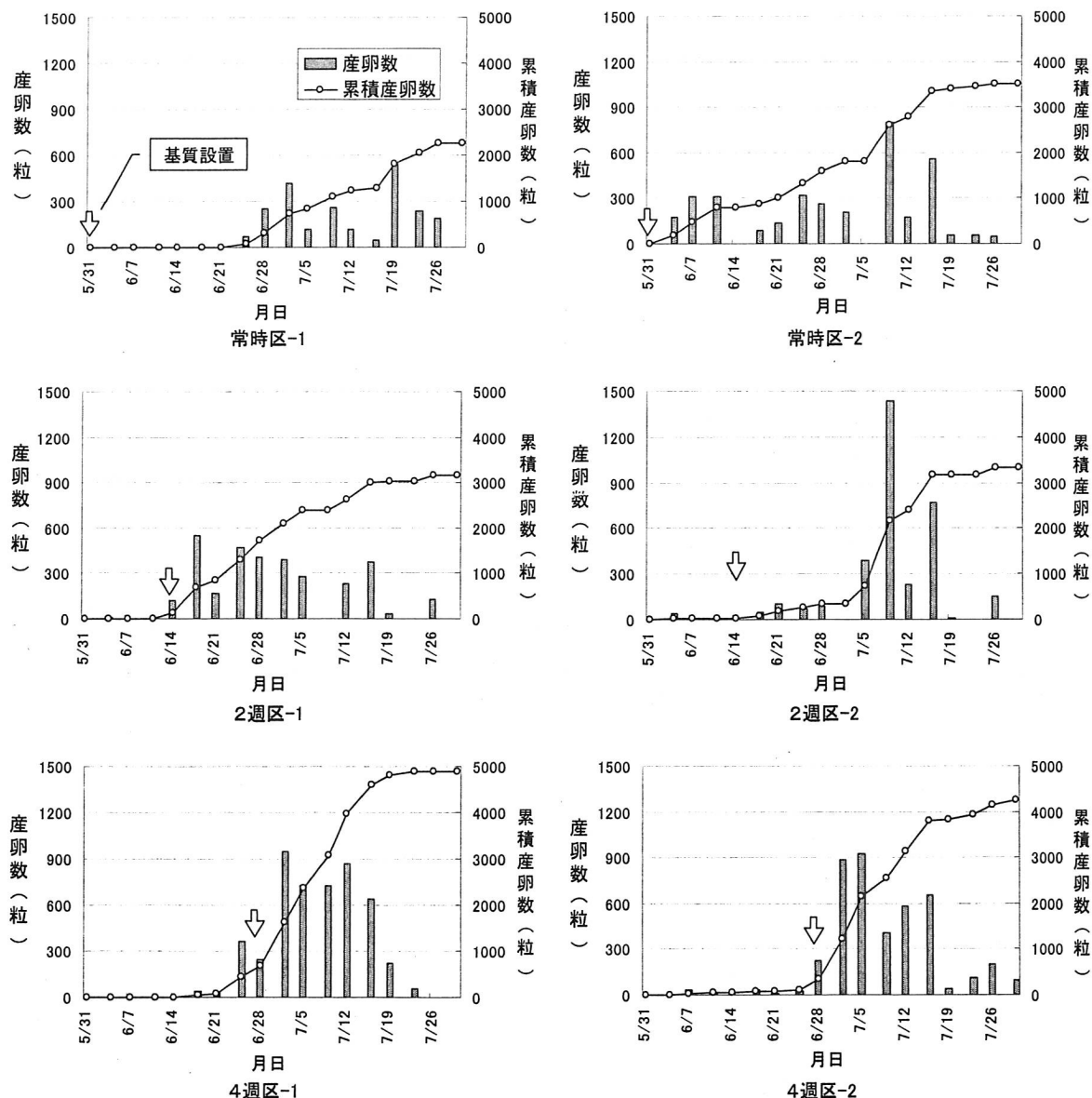


図18 産卵数の推移

考 察

粗放養殖技術の開発

1) 産卵数調査

モツゴの産卵期間は長く、6月から9月上旬まで続くことが確認された。また、産卵基質が常時ある状態では、6月下旬から7月下旬に盛期があっても、散発的に産卵することが確認された。また、6 m²、水深 40 cm の池に平均体重 3.3 g の親魚を 100 尾放養する事で約 10 万粒採卵できることが確認された。また、モツゴ卵は孵化率が高いことが報告³⁾されており、今回の試験でも発眼率は極めて高く、孵化までの日数が短い⁴⁾ことから、孵化率は高いと推測された。

産卵基質の部位別産卵数から、天井面に多く産卵することが分かった。また、天井面に大量に卵が産み付けられると、向かい合わせた上面にまばらに卵が産み付けられているのが観察された。これは、上面に産卵したのではなく、天井面に産み付けられた卵が基質に付着せず向かい合わせた上面にこぼれ落ちたものと考えられ、3 段目の表面への産卵数が特に少なかったことから推

測できる。以上のことから産卵基質の天井面に選択的に産卵すると考えられた。

1 段目の天井面への産卵数が 2,3 段目に比べ少なかった。産卵基質の板と板の間隔は 3 cm で、1 段目と底面の間隔が 4 cm であり、1 段目と底面の間隔は十分であったと考えられる。しかし、池の底には堆積物があり、その表面にはアミドロが繁殖していたので、実質の間隔は 4 cm 以下であったと推測され、そのために産卵数が少なかったと考えられた。

今回の試験のように、1.5m×4m と小さな池では、産卵基質をどこに設置しても産卵数に影響しないと思われた。

73 cm×40 cm の塩ビ製波板に最大で 5,834 粒の卵が産み付けられていたことから、波板 1 m² あたり約 20,000 粒の採卵ができると考えられ、産卵基質の段数を増やすことで 1 つの産卵基質で効率的に採卵できると考えられた。また、1 段目への産卵数が少ないことから 2、3 段目の天井面のみが産卵基質として機能していたと仮定すると、試験池の産卵基質の総面積は 2.92 m² であり、1 週間の最多産卵数が 20,313 粒であったことから、今回の試験では産卵基質の面積は十分であったと考えられた。

2) 養殖方法による生産量の比較試験

親魚放養区では生残率が 3 % と仔魚放養区の 20 % と比べても極めて低い値となったが、試験池で目立った斃死がなかった。松岡ら (2000) が親魚による卵の捕食が給餌により緩和されることを報告³⁾しており、今回の試験では親魚に給餌していたため、その影響は小さいと考えられる。発眼率調査から本種の孵化率は極めて高いと推測されることと、目視で確認された斃死個体が少なかったことから、減耗が起こるのは斃死個体が確認できない仔魚期であると考えられた。また、取り上げた個体は魚体重のばらつきが大きいことから、長期に渡った加入群で構成されていたものと推測された。

仔魚放養区では生残率が 10.6 % および 29.4 % と親魚放養区に比べ高く、卵を放養して養殖した事例^{3) 5) 6)}と近い値となった。試験池で斃死魚が目立たなかったことから、仔魚期に斃死したと考えられた。

親魚放養区、仔魚放養区ともに仔魚期に減耗していると推測される。しかし、親魚放養区の生残率は仔魚放養区に比べ低いことから、減耗の理由は 2 試験区間で異なると考えられる。その理由として親魚放養区の加入量は仔魚放養区の 40 倍であり、池の収容力に対し過剰であったことや、親魚放養区では親魚が孵化仔魚を捕食することが考えられ、今後検討が必要である。また、生物餌料の発生量が初期の生残と成長に大きく影響するので、加入量と生残の相関を単純に論じることではできず、生物餌料の発生量から適切な加入量を検討することが必要であろう。

親魚を直接養殖池に放養する方法では加入時期が 2 カ月以上と長く、取り上げ時の魚体重が分散していたことから、環境収容力にみあった卵もしくは仔魚を生物餌料が発生しているなど仔魚放養に適した時期に、短期間に集中して放養することで、収穫物のサイズを揃え、計画的に収穫をあげられる可能性が示唆された。

採卵方法の検討

試験水槽は表面が滑らかなポリプロピレン製であり、材質として産卵基質となりうるものであったが、水槽への産卵数は少なく、基質 b の天井面に産卵していた。このことから、基質 b は産卵基質として選択的に利用されたと考えられた。また、基質 b の塩ビ管にはほとんど産卵しなかったことから、表面が滑らかで、身を隠せる構造の天井面を好んで産卵すると考えられた。

基質 b の設置時期にかかわらず産卵開始時期は 6 月上旬であったが、基質 b を設置する前では産卵数が少なく、基質 b 設置後に産卵数が増加することから、飼育環境中に産卵基質がない場合には産卵が抑制されたと考えられた。

産卵基質を設置して 1 週間以内に産卵することが確認されたことから、本種は産卵基質がない

状態でも生理的には産卵できる状態を維持し、産卵基質があると産卵を開始すると考えられた。

以上のことから、飼育環境中に産卵基質を設置しないで飼育することで、生理的に産卵できる状態で留めておくことができ、これに産卵基質を与えることで短期間で集中して産卵できる可能性が示唆された。

現在県内で行われている親魚を飼育池に直接放養する生産方法では、生産量および取り上げ時の魚の大きさともに安定していない。産卵基質の設置時期を調節して短期間で大量に採卵できる可能性が示唆されたことから、生物餌料の発生状況などの養殖池の状況に合わせて、生理的に産卵できる状態で留めておいた親魚を放養して産卵を集中させる、もしくは、前記の親魚を集中産卵させることで得られた卵、仔魚を放養することで安定的にモツゴを生産できると考えられた。

要 約

1. モツゴ単独での粗放養殖での基礎的生態の究明と多回産卵の生態を調査し、人為的な管理による採卵調整の可能性について検討した。
2. モツゴの産卵期間は長く、6月中旬から9月中旬まで見られた。
3. 6 m²のコンクリート池に平均体重 3.3 g の親魚 100 尾を放養し、産卵基質を設置することで6月下旬から9月中旬にかけて約 10 万粒の卵を採卵できた。
4. 産卵基質の天井面に選択的に産卵した。また、1.5 m × 4 m の池では産卵基質の設置箇所にかかわらず産卵した。
5. 自然産卵させたモツゴ卵の発眼率は 95 % 以上と高い。
6. 親魚を直接養殖池に放養すると加入尾数に対する生残率は低く、魚体の大きさはばらついた。
7. 仔魚から粗放養殖すると生残率は 10.6 ~ 29.4 % で、卵からの粗放養殖と近い成績となった。
8. 飼育環境中に産卵基質がないと産卵が抑制された。
9. 産卵基質の設置時期を調節することで短期間で大量に採卵できる可能性が示唆された。
10. 産卵基質の設置時期を調節して短期間で大量に採卵することで、生物餌料の発生状況などの池の状況に合わせて放養時期を調節し、放養時期を集中させることで安定的にモツゴを生産できると考えられた。

文 献

- 1) 福島県内水面水産試験場：福島県の淡水魚、福島、117-118 頁 (2002)
- 2) 山と溪谷社：日本の淡水魚 改訂版、東京、302-305 頁 (2001)
- 3) 松岡栄一・星野勝弘・松井資元・佐藤敦彦：モツゴ養殖試験－Ⅰ（採卵と野外池飼育）、群馬水産試験場研究報告第 6 号、49-52 (2000)
- 4) 實松敦之：モツゴ養殖養殖技術の開発研究、福島内水試事業報告書、21 (2001)
- 5) 松岡栄一・星野勝弘・佐藤敦彦：モツゴ養殖試験－Ⅱ（採卵と野外池飼育）、群馬県水産試験場研究報告第 6 号、43-45 (2001)
- 6) 沢田守伸：モツゴ養殖試験、栃木県水産試験場業務報告書、13-15 (1984)

コクチバスの繁殖生態と人工産卵場を利用した繁殖抑制

佐久間徹・廣瀬 充

Reproduction Habit of Smallmouth Bass *Micropterus dolomieu*
and Utilize of Artificial Spawning Area for Suppress Extermination

Tooru Sakuma, Mitsuru Hirose

ま え が き

コクチバス *Micropterus dolomieu* は、スズキ目サンフィッシュ科に属する北米原産の淡水魚であるが、1992年頃から長野県の湖沼と本県の檜原湖において相次いで確認された¹⁾。その後、下流水域への自然流下や人為的な移植と推測される理由により、会津地方、中通り地方に分布域が拡大しており、湖に流入する河川への遡上も確認されている²⁾。近年では、比較的規模の大きい河川においてもコクチバスの生息が確認されており、阿武隈川では個体数の増加がみられ³⁾、阿賀川では2004年6月の調査で再生産を確認⁴⁾した。

福島県では、密放流による分布域の拡大を防止するため、2001年6月1日、福島県内水面漁業調整規則を改正し、「ブラックバス（オオクチバス、コクチバスその他のオオクチバス属）、ブルーギル」の移植を禁止した。しかし、その後もブラックバス類の拡散は止まっていない。

ブラックバス類は雄が産卵床を作り、そこへ産卵された卵がふ化し、稚魚が遊泳力を付けるまで雄が保護する繁殖生態を持っている。このため、侵入した水域で個体数を増加させ、さらに肉食性であることから、魚類相に大きな影響を与えている。特に湖沼に生息するタモロコ、アブラハヤといった小型魚類に与える影響は大きく、コクチバスの侵入後、これらの魚種が確認できなくなった事例が報告されている^{5) 6)}。

福島県内水面漁業協同組合連合会は外来魚駆除の方針を強く打ち出し、漁協や市町村において駆除事業が展開されているが、期待した結果が得られていない事例も見受けられる。

駆除は再生産を絶つことが最も効果的であることから、繁殖期に実施することが重要である。コクチバスの生態と繁殖抑制技術については、近年多くの知見が得られており⁷⁾、中禅寺湖では大きな成果が得られている⁸⁾。

本県においてもコクチバスの繁殖抑制のための知見を得るため、秋元湖において2001年に繁殖生態調査を実施し⁹⁾、産卵床形成の時期や条件等の知見を得るとともに、2002年には人工的な産卵場造成について予備調査を実施した¹⁰⁾。

その後、2003年に秋元湖において駆除を目的とした人工的な産卵場の造成について検討し、さらに、そこで得られた知見を基に2004年に羽鳥湖で繁殖抑制に利用する実証試験を実施したので報告する。

コクチバスの繁殖生態調査

秋元湖の第1ワンドと呼ばれる入江の奥を調査地点とした。秋元湖の諸元を表1に、調査地点を図1に示す。

秋元湖は猪苗代町と北塩原村にまたがる場所に位置し、磐梯山の噴火によって形成された堰止め湖である。水力発電のため上流の檜原湖から小野川湖、秋元湖の順に発電用水が流入している。標高は700mを超え、冬季には結氷してワカサギの穴釣りが楽しめる湖である。5～6月の透明度は4.3～4.8mあり¹⁾、潜水目視により産卵床を観察しやすい環境にある。

秋元湖では、漁業者からの聞き取り調査の結果、1994頃からコクチバスが刺し網に混獲されるようになり、稚魚の群れが北岸の入江で多く確認されているため、第1ワンド奥の浅場を調査地点とした。

潜水目視によりあらかじめ水深2m以浅の底質を確認した。コクチバスの産卵床を探索し、産卵の有無を確認するとともに、産卵床の大きさ、水深、産卵床間の距離、岩等の遮へい物（以下、カバー）の種類を調査した。また、繁殖期と水温の関係を把握するため、水深1mの場所に自記水温計を設置した。

調査は2003年5月26日から6月27日までの間、4～9日間隔で6回実施した。

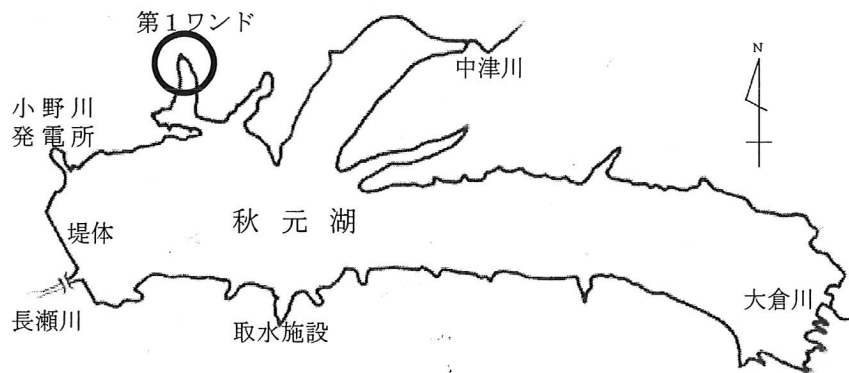


表1 秋元湖の諸元	
湛水面積	4.16 km ²
最大水深	33.2 m
標高	736 m
形成	1888 年
(磐梯山の噴火による堰止め湖)	

図1 秋元湖の調査地点（丸印内）

ブロック沈設による人工産卵場の造成

人工的に産卵場を造成するため、底質が砂礫の場所を選定し、カバーとしてブロックを設置する方法について検討した。

秋元湖調査地点の底質模式図を図2に示す。水深約2mまでは緩やかな傾斜で、落ち葉が堆積している場所、岩石が多くみられる場所、砂礫の場所がみられた。砂礫の場所は2002年の調査で産卵床の形成がなかったことから、この場所を人工産卵場の造成場所とした。

カバーとしたブロックは3つの空洞を持つ建設用コンクリートブロックで、大きさはL390mm、W150mm、H185mmのものをを用い、空洞のある面を上下にして沈設した。

ブロック沈設にともなう配置模式図を図3に示す。産卵床が形成される水深と距離を調査するため、間隔を変えて設置した。水深0.5mの場所に湖岸と平行に左から1、2、3、4m間隔でブロックを5個沈設して基点とし、それぞれの基点から湖岸と垂直に左から列ごとに0.5、2、2、3、4m間隔で設置し、合計26個のブロックを用いた。

ブロック沈設は2003年5月26日に実施し、繁殖生態調査と同様の調査を行った。

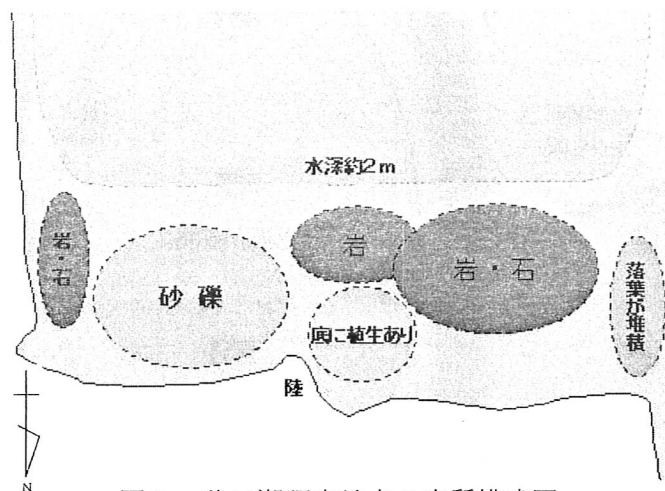


図2 秋元湖調査地点の底質模式図

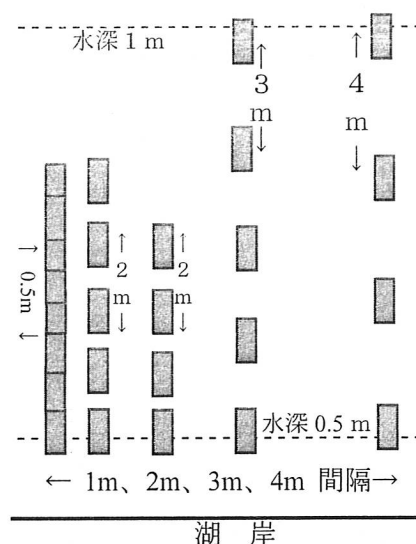


図3 ブロック配置模式図

羽鳥湖での人工産卵場を利用したコクチバス繁殖抑制

羽鳥湖の諸元を表2に示す。羽鳥湖は天栄村に位置し、鶴沼川に造られたダム湖で、ダム完成以来、湖面への立ち入りが禁止されていたが、関係機関の合意により、2003年9月1日に共同漁業権が免許され、2004年4月1日から遊漁が解禁となった。標高は686mであり、冬季には結氷し、ワカサギの穴釣りで賑わうことが期待される湖である。5～6月の透明度は5.0～6.0mあり¹¹⁾、秋元湖同様、潜水目視により産卵床を観察しやすい環境にある。

羽鳥湖へのコクチバス侵入時期は不明であるが、2001年に実施した魚類相調査の結果、コクチバスの生息が確認され、捕獲尾数や体長組成から、すでに再生産しているとみられた。なお、オオクチバス、ブルーギルは確認されていない。

繁殖抑制のための駆除作業は、漁業権が免許された南会東部非出資漁業協同組合と共同で実施した。まず、繁殖期前にボートで湖岸を廻って浅場の底質を確認し、産卵場となりうる場所を記録して産卵床探索の準備を行った。水温が16℃を超えてから、湖岸全体の産卵床を潜水目視により探索し、小型三枚網¹²⁾、釣りにより雄親魚を捕獲した。

小型三枚網は長野県水産試験場が開発したもので、縦0.8m、横1.0m、内網目合6cm、外網目合30cmで、産卵床の真上に数分から数時間設置して雄親魚を捕獲した。

潜水土、作業補助、操船の3名を1組とし、毎回2組で作業を実施した。捕獲作業は2004年5月24日から6月14日までに計9回実施した。水温は、オートキャンプ場前の表層で作業の都度測定した。

さらに、人工産卵場を造成し、繁殖抑制に利用できるか実証試験を行った。造成場所を図4に、ブロックの配置模式図を図5に示す。崩沢前の障害物のない砂礫の場所に、ブロックを8個設置してカバーとし、人工産卵場を造成した。砂礫の場所は、縦10.9m、横5.5mの楕円形で、沢の脇にやや盛り上がり広がっていた。

2004年5月28日にブロック設置を行い、その後、3～4日間隔で5回、潜水目視により産卵床の形成と産卵の有無を確認し、雄親魚を小型三枚網、釣りにより捕獲した。

捕獲した雄親魚は全て持ち帰り、魚体測定及び鱗から年齢査定を行った。

表2 羽鳥湖の諸元

湛水面積	2.01 km ²
最大水深	31.2 m
標高	686 m
完成	1956 年
(鶴沼川に造られたダム湖)	

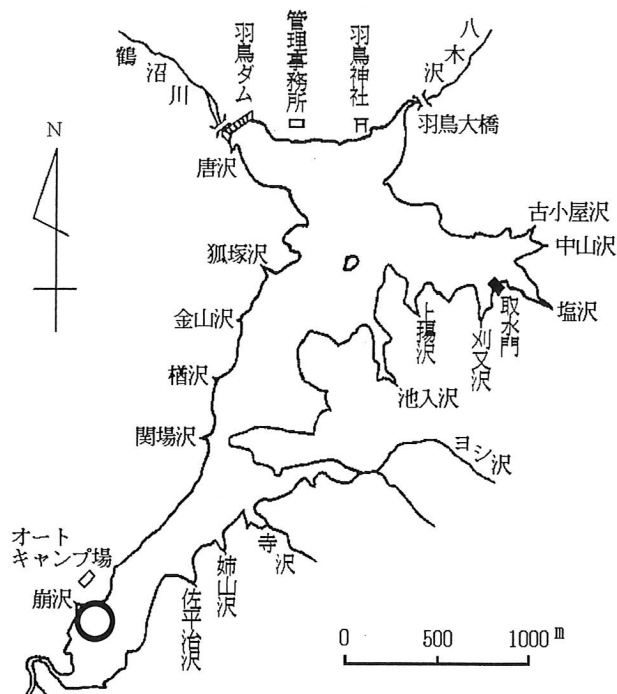


図4 羽鳥湖の人工産卵場造成場所（丸印内）

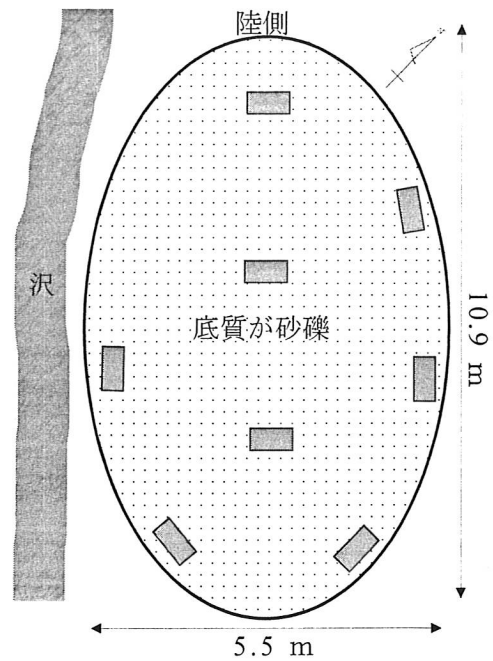


図5 ブロックの配置模式図

結 果

コクチバスの繁殖生態調査

調査日ごとに確認した産卵床形成数と産卵の有無を図6に示す。秋元湖の調査地点では、5月下旬から産卵が始まり、6月中旬で終了した。繁殖期間中、産卵床が21ヶ所形成され、そのうち5ヶ所で産卵を確認した。

調査地点の水温を図7に示す。繁殖期間中の水溫は15～19℃であった。

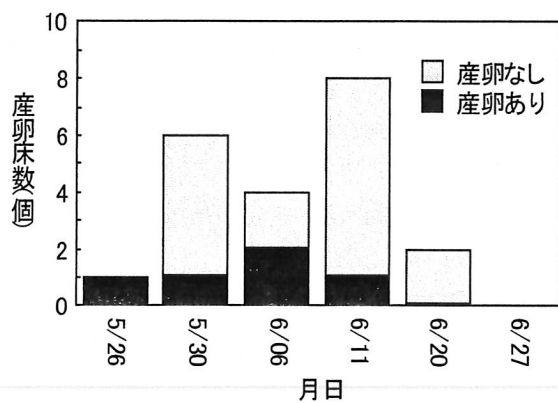


図6 調査日ごとの産卵床形成数

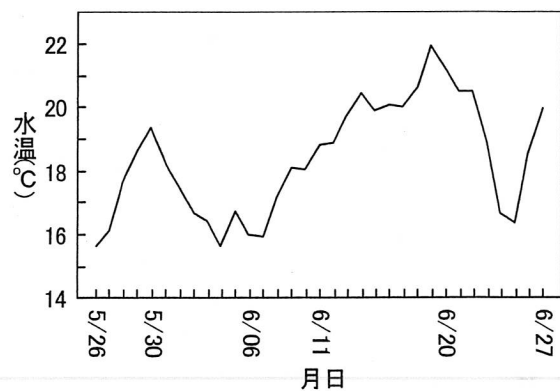


図7 調査地点の水深1 m水温

産卵床の形成された水深を図8に示す。形成数の多かった水深は0.5～1 mであったが、産卵があった産卵床は0.75～1.75 mであり、浅い場所の産卵床は産卵に利用されていなかった。

産卵床は円形もしくは楕円形であり、その大きさを図9に示す。小さいものは25cm×20cm、大きいものは直径60cmの円形であり、やや大きめの産卵床が産卵に利用される傾向がみられた。

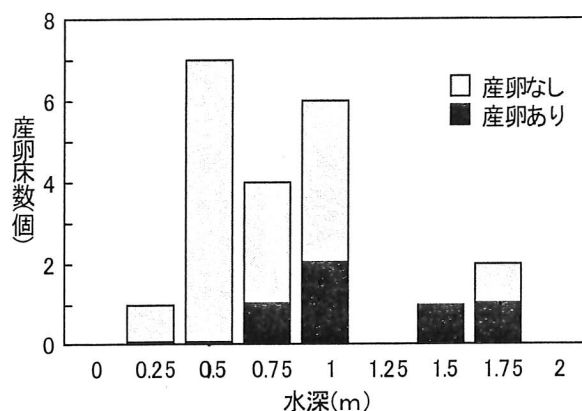


図8 産卵床が形成された水深

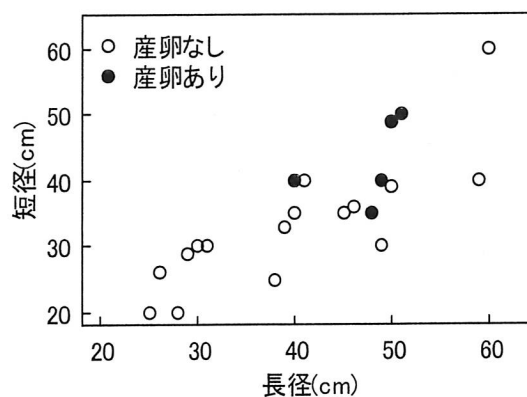


図9 産卵床の大きさ

産卵床間の距離について、最も近い卵のある産卵床からの距離を図10に示す。産卵のあった産卵床間の距離は、7.6～9.4m離れていたが、産卵に利用されなかった産卵床は、産卵のあった産卵床からの距離が2.4～5.2m、平均4.4mと近接していた。

産卵床形成の要因となったカバーを図11に示す。岩、植物の脇に多くの産卵床が形成されたが、植物の脇は全く産卵に利用されていない。岩や沈んだ木などの脇に形成された産卵床を産卵に利用することが明らかとなり、ブロックもカバーとして有効に機能した。

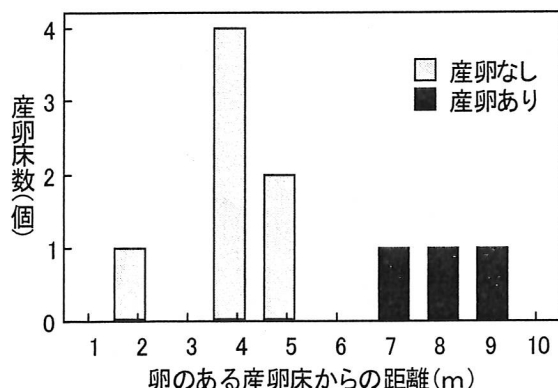


図10 卵のある産卵床との距離

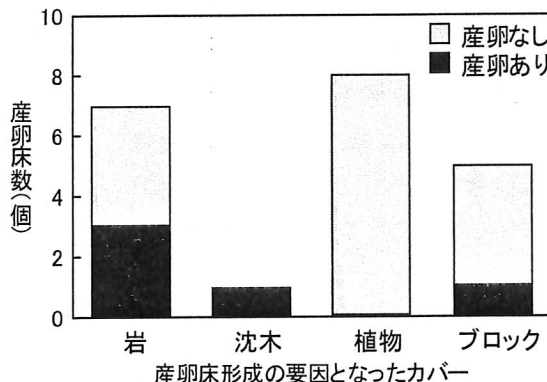


図11 産卵床形成の要因

ブロック沈設による人工産卵場の造成

人工産卵場に形成された産卵床を表3及び図12に示す。

6月20日までにブロック脇に産卵床が5ヶ所形成された。これらは水深に関係なく、ブロックを設置した範囲の縁辺部にのみ形成され、そのうち産卵に利用されたのは1ヶ所であった。その産卵床が一番深い場所に位置しており、産卵床形成時の水深は1.09mであった。

調査期間中に水位の低下があり、産卵床④、⑤は6月20日に干出した。

産卵のあった産卵床③は、仔魚が浮上するまで雄親魚が保護を続けていた。産卵に利用されなかった②、④も、雄親魚を確認できた調査日があり、④の産卵床付近をビデオ撮影したところ、産卵床周辺をコクチバス3尾が遊泳していた。

この結果から、ブロックを沈設することで人工的に産卵場の造成が可能であり、繁殖のため親魚が集まり、産卵場として利用することから、繁殖抑制のための親魚の捕獲手段として利用することが可能であることが示唆された。

表3 人工産卵場に形成された産卵床

産卵床	5/26	5/30	6/06	6/11	6/20
① 外径(cm)	コ	30×30			
水深(m)		0.87	1.46	1.00	0.38
卵、仔魚	ン	—	—	—	—
雄親魚		—	—	—	—
② 外径(cm)	ク	50×30			
水深(m)	リ	0.95	1.54	1.04	0.47
卵、仔魚		—	—	—	—
雄親魚	丨	—	—	○	—
③ 外径(cm)	ト	50×35			
水深(m)		1.09	1.70	1.23	0.58
卵、仔魚	ブ	—	卵	仔魚	浮上
雄親魚		—	○	○	○
④ 外径(cm)	ロ		40×35		
水深(m)	ッ		1.00	0.53	乾出
卵、仔魚			—	—	—
雄親魚	ク		○	○	—
⑤ 外径(cm)				40×40	
水深(m)	設			0.47	乾出
卵、仔魚				—	—
雄親魚	置			—	—

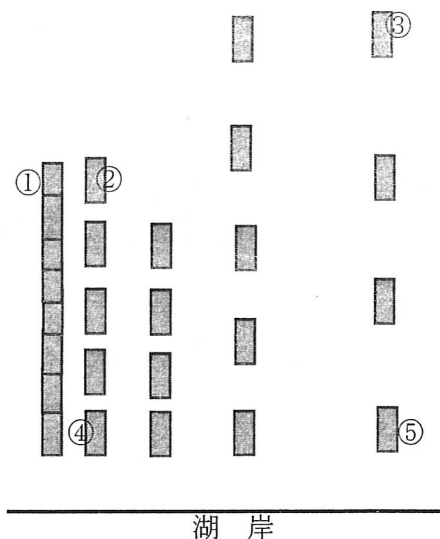


図12 人工産卵場に形成された産卵床

羽鳥湖での人工産卵場を利用したコクチバス繁殖抑制

1) 羽鳥湖全体での繁殖抑制

羽鳥湖全体で産卵に利用された産卵床の確認数は、5月24日から6月14日までの9回の調査で合計258ヶ所に及んだ。

産卵床形成場所の模式図を図13に示す。産卵床は水深3m以浅で、底質が岩や砂礫の場所に形成された。形成場所は湖の全域に及んだが、沢の両脇や岬の突端付近で岩の多い場所に多かった。水没したヨシ帯や、入り江奥の落葉が堆積した場所には産卵床は形成されなかった。

卵、仔魚別の産卵床確認数を図14に示す。卵は調査した全期間で確認された。5月28日から、ふ化後間もなく産卵床内に沈んでいる仔魚が確認され、6月7日以降は、遊泳力を持ち浮上した仔魚が確認された。この結果から、繁殖期は5月下旬から6月中旬であることが確認された。

表層水温について、オートキャンプ場前で測定した結果を図15に示す。調査開始時は16℃台であった水温は6月4日まで直線的に上昇し、その後、20℃前後で推移した。繁殖期の表層水温は、16℃から20℃の範囲であった。

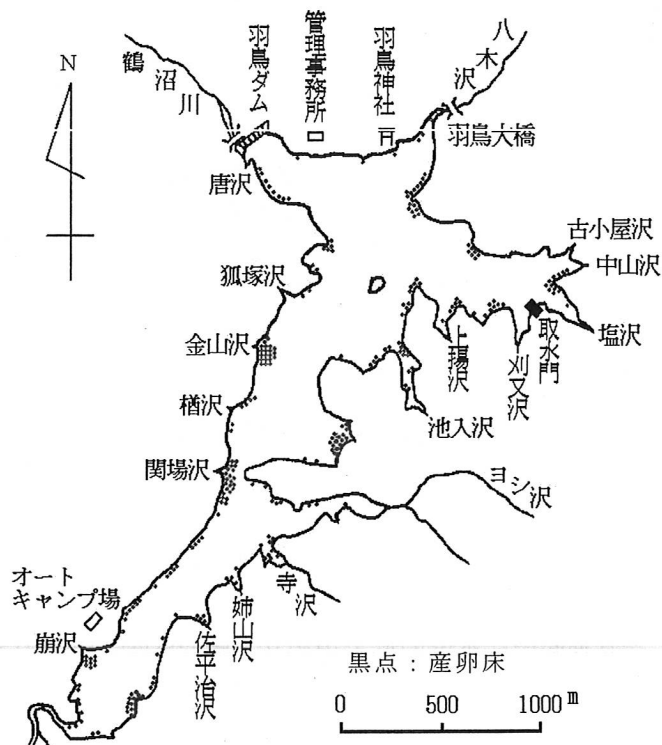


図13 産卵床形成場所の模式図

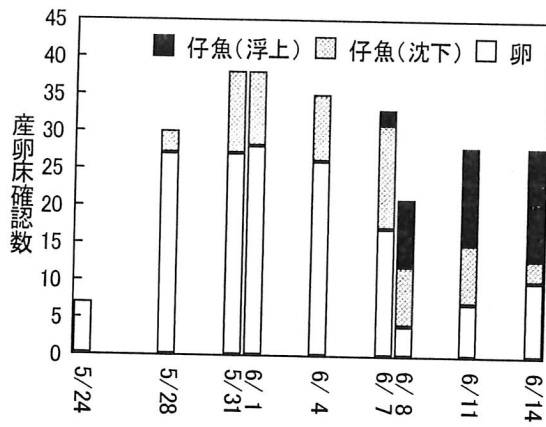


図14 卵、仔魚別の産卵床確認数

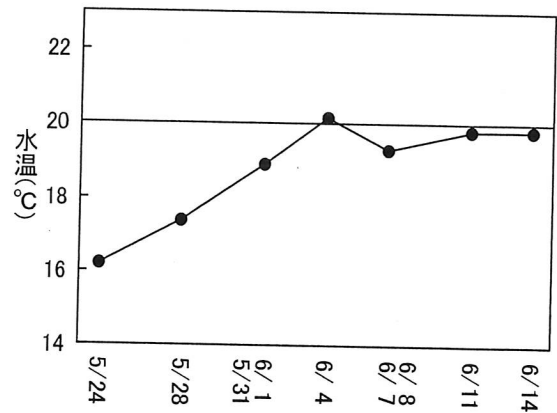


図15 オートキャンプ場前の表層水温

雄親魚の捕獲尾数と平均全長を図16に示す。産卵床を守っている雄親魚を合計153尾捕獲した。調査日ごとの雄親魚捕獲尾数は、当初、産卵床確認数に合わせて増加したが、繁殖期後半は捕獲尾数が少なくなった。雄親魚の平均体長は、当初26cm程度あったものが最終日には16cmとなり、繁殖期後半になるにつれて小さくなる傾向がみられた。

捕獲した雄親魚の年齢別体長組成を図17に示す。年齢については、この繁殖期に満年齢に達したものとみなして示した。

全体の平均体長は23.4cm、最大34.4cm、最小15.3cmであった。年齢別にみると、3歳魚が繁殖の中心となっており、4歳魚、5歳魚まで確認された。また、2歳魚も繁殖に参加していた。

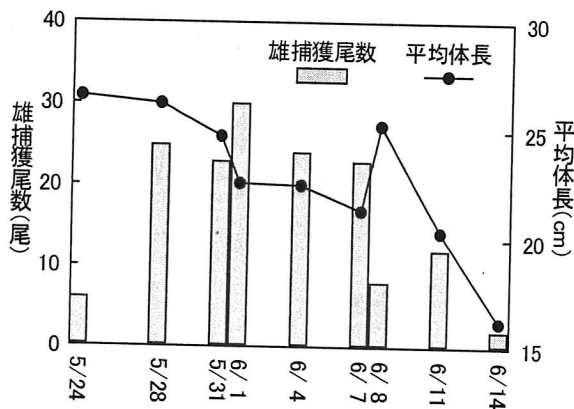


図16 雄親魚捕獲尾数と平均全長

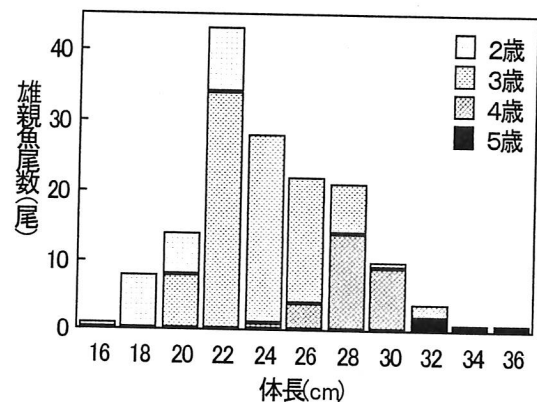


図17 雄親魚の年齢別体長組成

雄捕獲率の推移を図18に示す。産卵床確認数に対する雄親魚捕獲尾数の割合を雄捕獲率とし、調査日ごとに算出した。

繁殖期初期は、雄捕獲率が80%を超えており、効率的に捕獲できていたが、繁殖期が終盤になるにつれて次第に低下し、最終日にはわずか7%となった。

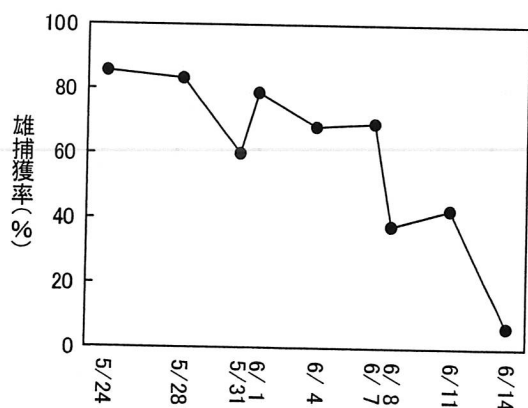


図18 雄捕獲率の推移

2)人工産卵場を利用した繁殖抑制

人工産卵場における産卵床の形成と雄親魚捕獲結果を表4に示す。

産卵床は6月14日までに合計14ヶ所形成され、そのうち8ヶ所で卵と卵を守っている雄親魚を確認した。

産卵床の形成は、ブロック設置から4日後、雄親魚捕獲から6日後及び7日後に観察され、雄親魚捕獲から3日後及び4日後には産卵床は形成されなかった。

卵のあった産卵床数と雄親魚確認尾数は同数であり、6月1日と7日の調査日には、全ての雄親魚を小型三枚網により捕獲することができた。産卵床内の卵はそのまま残したが、次の調査時には、卵は全てなくなっていた。

6月14日は目視確認した雄親魚が3尾とも全長20cm弱と小型であり、小型三枚網の6cmの内網をくぐり抜けてしまった。そのため、疑似餌（ワーム）による釣りで1尾捕獲し、3ヶ所の産卵床内の卵を網で砂利ごとすくい取った。

人工産卵場における産卵床形成場所の模式図を図17に示す。

産卵床はすべてブロックを基点として作られ、1例を除き、面積の広い面をカバーとして利用し、すぐ脇に作られていた。また、ブロックの沖側に作られた産卵床が産卵に利用されている傾向がみられたものの、方位との関係はみられなかった。

さらに、中央部近くにあるブロック脇には3回とも産卵床が形成され、産卵に利用されていた。

表4 人工産卵場における産卵床の形成と雄親魚捕獲結果

調査 月日	産卵床 形成数	産卵あり 産卵床数	雄 親 魚 確認尾数	雄 親 魚 捕獲尾数	備 考
6 / 1	4	2	2	2	雄を小型三枚網で捕獲。卵は残す。
6 / 4	0	0	0	0	前回確認した2ヶ所の卵なし。
6 / 7	6	3	3	3	雄を小型三枚網で捕獲。卵は残す。
6 / 11	0	0	0	0	前回確認した3ヶ所の卵なし。
6 / 14	4	3	3	1	釣りで1尾捕獲。産卵床破壊。
合計	14	8	8	6	

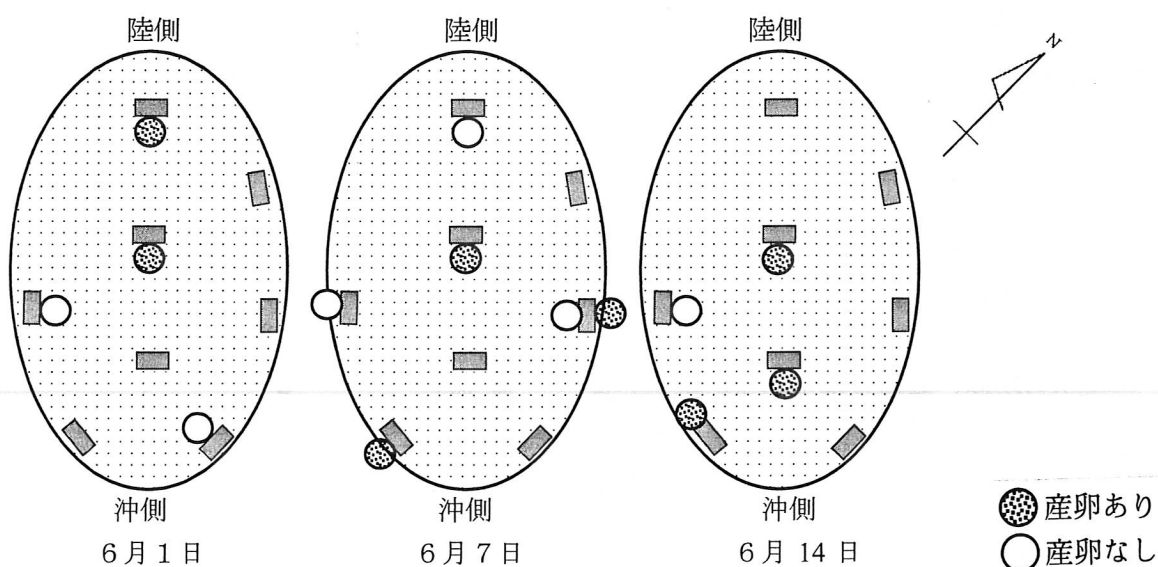


図17 人工産卵場における産卵床形成場所模式図

コクチバスの繁殖生態調査

秋元湖におけるコクチバスの繁殖期は、2001年の調査結果と同様であり、5月下旬から6月中旬、水温は15～19℃（水深1 m）であった。羽鳥湖での繁殖期は秋元湖と同様で、水温は16～20℃（表層）であった。山家ら¹³⁾が秋元湖のコクチバスで調査したGSIは、雄が5月、雌が6月に最高値を示し、最終成熟個体は雌雄とも5、6月に多く観察されていることを裏付けている。

産卵床形成の条件として、水深0.5～1.75m、底質が砂礫、岩等のカバーの存在があり、これらは雄親魚の選択条件となっていた。雄親魚が作った産卵床どうしの間隔は平均4.4mであったが、産卵に利用されたものは、産卵床どうしの間隔が8 m程度あり、水深0.75～1.75m、カバーとして植物は適さない等、産卵床形成条件より厳しい条件を求めている傾向がみられた。

ブロック沈設による人工産卵場の造成

人工産卵場の造成方法として、底質が砂礫の場所を選択することにより、ブロックを置くことでカバーとしての役目を果たし、産卵床が形成されることが確認された。2002年の予備調査では、ブロックを下に2個、上に1個の計3個を一組として沈設し、産卵床の形成がみられたが、今回の調査で、ブロックは1個で十分カバーの役目を得られることがわかった。

井口ら¹⁴⁾は、長野県野尻湖、青木湖で実施した調査において、産卵床の形成には底質ならびにカバーの有無に対して選択性を有することを明らかにし、人工産卵床を利用して再生産を抑制する方策を提案しており、今回の調査結果から、底質を選択すればブロック沈設により人工産卵場の造成が可能であることが示された。

羽鳥湖での人工産卵場を利用したコクチバス繁殖抑制

小型三枚網による雄親魚の捕獲率は、繁殖期後半ほど低くなった。その要因として2つ考えられる。1つは、産卵床内の卵がふ化して仔魚が浮上し出すと、オオクチバス仔魚とは異なり、次第に広範囲に広がっていくため、雄親魚の守備範囲も広くなり、小型三枚網に刺さる機会が減少する。もう1つには、繁殖期終盤ほど雄親魚が小型化し、小型三枚網の6 cmの目合いを抜けてしまったことが挙げられる。雄親魚の捕獲率を上げるには、繁殖期のうち、仔魚が浮上しない時期に集中して駆除を実施することと、小型三枚網の目合いを小さくすることで解決できると考えられる。

人工産卵場は秋元湖での結果同様、羽鳥湖でも産卵床の形成場所として利用された。また、雄親魚の捕獲により繰り返し利用されたことから、効率的に駆除に利用することができた。さらに、自然の産卵床を探索するには労力がかかるが、人工産卵場はブイを目印とすることで場所の特定が容易であり、捕獲作業の効率化にも貢献する利点を得られた。

今回造成した人工産卵場は狭い範囲であり、産卵床形成数は羽鳥湖全体の3.1%でしかなかったが、羽鳥湖の湖岸距離は約16kmあり、湖岸距離あたりの産卵床形成密度が16ヶ所/kmであったことを考慮すると、人工産卵場はその90倍以上の密度で利用されていた。人工産卵場の周囲にはカバーとなる岩等がなく、半径約120m以内では産卵床の形成はみられなかったことから、産卵場を求めてコクチバスが集まった結果を反映していると思われる。

雄親魚を捕獲することで残された卵はなくなっており、卵を回収する必要がなかった。産卵床に小型三枚網を1晩設置した事例が数回あったが、その際、コクチバス雄親魚と一緒にギンブナ、ウグイが捕獲されたことから、これらの魚類がコクチバスの卵を捕食していることが示唆された。また、繁殖と関係ないコクチバス雄の胃内容物からもコクチバスの卵が確認された。

高橋¹⁵⁾は、カバーと碎石を組み合わせた産卵回収装置を用い、透明度の低い沼においてオオクチバスに産卵させる効果を得ている。この方法は、装置ごと回収して卵を除去することができる駆除技術である。一方、今回試験を行った人工産卵場の造成による駆除方法は、透明度の高い湖沼で産卵床の形成が目視確認できること及び、底質が砂礫でカバーのみ人為的に設置すればよい場所であることが必要条件となるが、ブロックを準備するのみでよく、簡便かつ経済的にも優れている。さらに、雄親魚の捕獲により、産卵された卵の除去効果に加え、翌年繁殖に参加する雄親魚の個体数を減少させた効果も得られる。

要 約

秋元湖においてコクチバスの繁殖生態調査及び人工産卵場造成の検討を行った。羽鳥湖において繁殖抑制のため産卵床を探索して雄親魚を捕獲し、さらに人工産卵場を造成して実際に繁殖抑制に利用できるか実証試験を行い、下記の知見を得た。

1. 秋元湖における産卵床形成の条件は、5月下旬から6月中旬、水温15～19℃、水深1 m程度であり、さらに産卵の条件として、間隔8 m程度、岩や切り株がカバーとして利用されていた。
2. 底質が砂礫の場所にブロックを沈設することにより、産卵床の形成がみられた。
3. 羽鳥湖において、258ヶ所の産卵に利用された産卵床を確認し、153尾の雄親魚を捕獲した。
4. 雄親魚は2～5歳で、3歳が中心となっていた。平均体長は23.4cmであった。
5. 繁殖期後半は仔魚が浮上分散し、雄親魚の小型化がみられ、雄親魚捕獲率が低下した。
6. 人工産卵場において、産卵床が14ヶ所形成され、うち8ヶ所が産卵に利用された。
7. 雄親魚を捕獲することにより、人工産卵場が繰り返し利用された。
8. 雄親魚を捕獲することにより残された卵は他魚に捕食され、卵を除去する必要はない。

文 献

- 1) 淀 太我：コクチバスーそれでも放される第二のブラックバス、外来種ハンドブック、日本生態学会編、地人書館、東京、118 (2002)。
- 2) 成田 薫・廣瀬 充：コクチバスの溪流河川への侵入、本研報、61-68 (2005)。
- 3) 東北地方整備局福島河川国道工事事務所：阿武隈川水系における外来種3種（オオクチバス、コクチバス、ブルーギル）の確認状況、第1回外来魚対応連絡会資料、(2004)。
- 4) 佐久間徹・廣瀬 充：外来魚対策研究 4.阿賀川におけるコクチバス繁殖の確認、平成16年度福島内水試事報、(投稿中)。
- 5) 成田 薫・平川英人・渋谷武久・廣瀬 充：外来魚対策研究 2.コクチバスの生態に関する基礎研究、平成12年度福島内水試事報、85-91 (2000)。
- 6) 渋谷武久・平川英人・廣瀬 充・成田 薫：漁場保全に関する研究 1.羽鳥湖モニタリング調査、平成13年度福島内水試事報、91-95 (2001)。
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局：外来魚コクチバスの生態学的研究及び繁殖抑制技術の開発、研究成果第417集、(2003)。
- 8) 武田維倫：内水面外来魚密放流防止体制推進事業ーコクチバス生態調査ー（平成9年度～11年度）、栃木水試研報、44、49-54(2001)。
- 9) 成田 薫・渋谷武久：外来魚対策研究 3.コクチバスの産卵生態調査、平成13年度福島内水試事報、85-87 (2001)。
- 10) 成田 薫・廣瀬 充・石川香織：外来魚対策研究 2.産卵場造成予備調査、平成14年度福島

内水試事報、72-74 (2002).

- 11) 福島県：水質年報（平成14年度）、188-190 (2002).
- 12) 河野成実・伝田郁夫・細江 昭：コクチバス駆除方法の開発（行政対応特別研究）、平成13年度長野水試事報、12 (2001).
- 13) 山家秀信・棟方有宗・会田勝美・伏谷伸宏・北村章二：秋元湖におけるコクチバスの生殖周期、日水誌、70(6), 896-901 (2004).
- 14) 井口恵一朗・淀 太我・松原尚人：移植されたコクチバスの繁殖特性、水産増殖、49(2), 157-160 (2001).
- 15) 高橋清孝：宮城県のブラックバス食害の実態と対策② 宮城県のオオクチバス駆除マニュアル、広報ないすいめん、全国内水面漁業協同組合連合会、37, 4-9 (2004).

ため池における HYBRID STRIPED BASS の捕獲記録

佐久間徹

Catch Record of HYBRID STRIPED BASS in an Irrigation Pond

Tooru Sakuma

ま え が き

平成 15 年 11 月 5 日、郡山市三穂田町のため池から養殖業者が取り上げた魚の中に、ストライプドバスの交雑種 (HYBRID STRIPED BASS) と思われる魚が 5 個体あり、そのうち測定用に 2 個体をもらい受けて当场に持ち帰った。

このため池はニシキゴイ、タナゴ等の養殖に利用されており、池干しを行い、魚を回収した際に発見されたもので、養殖業者が放流したものではないとのことであった。

これまでに県内で確認されたことがない外来魚であり、この魚の形態的特徴を測定、観察するとともに、国内における捕獲記録、利用状等について調査し、知見を得たので報告する。

材 料 と 方 法

モロネ属及び交雑種の分類

今回発見した魚がストライプドバスの交雑種であるとすれば、北アメリカ大陸に分布するモロネ属魚類の交雑種であることから、モロネ属魚類及び交雑種について文献により整理した。

魚体測定と形態的特徴

測定用に持ち帰った 2 個体の魚体測定を行い、ホワイトバス、ストライプドバスとの形態的特徴及び全長、体重の関係について比較を行った。また、養殖されたサンシャインバスと成長を比較した。

国内の捕獲記録、利用状況

日本国内における天然水域での捕獲記録、管理釣り場での利用状況について調査した。

結 果

モロネ属及び交雑種の分類

北アメリカ大陸に分布するスズキ目モロネ属には、ホワイトパーチ *Morone americana*、ホワイトバス *Morone chrysops*、ストライプドバス *Morone saxatilis*、イエローバス *Morone mississippiensis* がある¹⁾。

モロネ属のうち、ホワイトバス及びストライプドバスの特徴を表 1 に示す。ホワイトバスは北米中央部の淡水域に生息しており、ストライプドバスは沿岸域に生息し、大型に成長する特徴を持つ。両種とも産卵期は 6 月頃である²⁾。

表1 モロネ属2種の特徴

項 目	ホワイトバス	ストライプドバス
分布域	北米中央部 淡水域	北米太平洋、大西洋沿岸 沿岸、汽水域、陸封型あり
産卵期	5～6月	6月上旬、川へ遡上
最大成長	47cm、1.8kg	200cm、57kg
寿命	9年	30年

モロネ属は養殖用とするため、交雑種が作られている。ストライプドバスとの交雑種の名称を表2に示す。ホワイトバスの雌とストライプドバスの雄を掛け合わせた1代雑種がサンシャインバスと呼ばれている³⁾。

表2 ストライプドバス交雑種の名称

雌	雄	交雑種名称
Striped bass × White bass		Palmetto bass
White bass × Striped bass		Sunshine bass
Striped bass × White perch		Virginia bass
White perch × Striped bass		Maryland bass

交雑種は養殖用種苗として生産され、アメリカで1980年代から養殖が始まった。1987年に40万ポンドであった生産量は急速に増大し、2001年には1千万ポンドを超える重要な養殖対象種に発展している⁴⁾。

魚体測定と形態的特徴

1) 魚体測定結果

2個体の魚体測定結果を表3に、また、撮影した写真について、2個体の魚体を図1に、個体1の鱗を図2に、2個体の生殖腺を図3に示す。

2個体とも8本の縦縞を有していたが、不連続なものがみられた。

生殖腺が発達しており雌雄判別が容易で、雌雄1尾ずつであることを確認した。GSIは雄の値が高かった。

鱗の休止帯より査定した年齢は共に2⁺であり、体長、体重とも、雌の方がやや大きかった。

胃内容物は、2個体ともモツゴで占められていた。

表3 魚体測定結果

項 目	個体1	個体2
全長 (cm)	39.5	36.8
尾叉長 (cm)	37.6	34.5
体長 (cm)	32.0	29.2
体高 (cm)	11.2	10.8
体幅 (cm)	5.7	5.2
体重 (g)	983	781
年齢	2 ⁺	2 ⁺
性別	雌	雄
生殖腺重量 (g)	23.9	42.5
GSI (%)	2.4	5.4
胃内容物重量 (g)	8.7	10.9
胃内容物 (モツゴ)	10尾	11尾

2) 形態的特徴

ホワイトバス、ストライプドバスの形態的特徴²⁾及び、測定した2個体との比較を表4に示す。個体1と2では、吻長/頭長比が約5%異なる他は、形態的特徴がほぼ同じであった。

この2個体は、ホワイトバス、ストライプドバスと比較して、体高/全長比が両種より大きい値を示し、逆に吻長/頭長比は小さい値を示した。

背鰭の棘条数、軟条数は、両種の範囲内であった。

尻鰭軟条数はストライプドバスの範囲内であったが、尻鰭棘長/尻鰭長比ではホワイトバスの特徴を示した。

側線鱗数はホワイトバスの範囲内であった。鰓耙数は、ストライプドバスの範囲内であった。

これらの形態的特徴から、測定した2個体は両種の特徴をあわせ持つ結果となった。

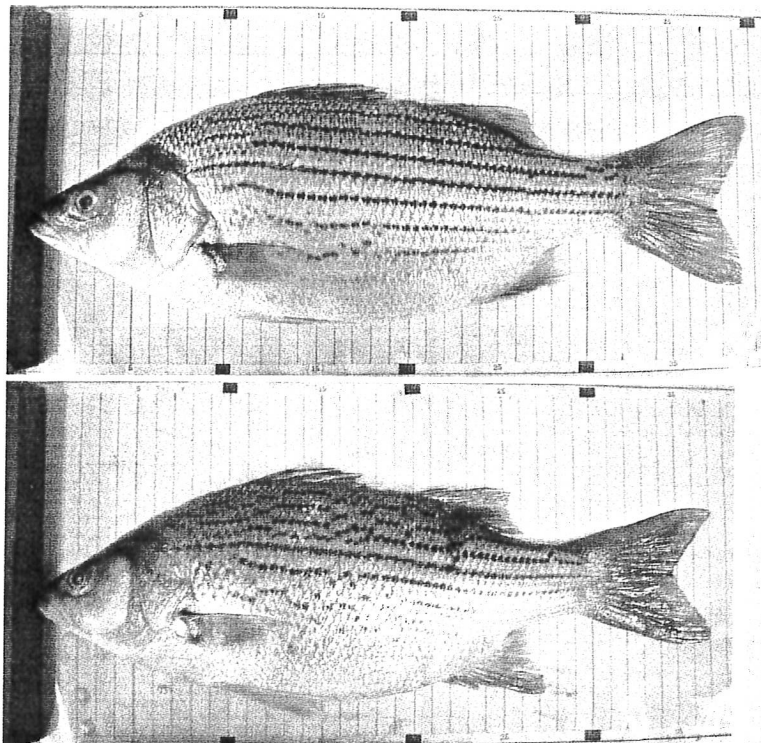


図1 ため池で捕獲された HYBRID STRIPED BASS
(上段：個体1、下段：個体2)

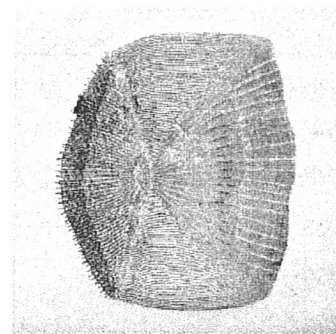


図2 個体1の鱗

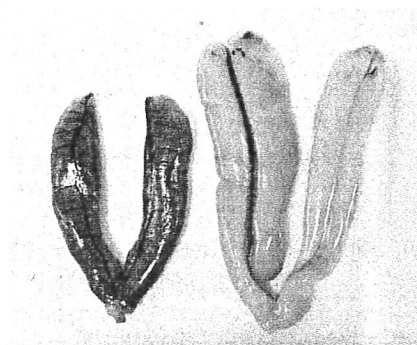


図3 測定2個体の生殖腺
(左：個体1、右：個体2)

表4 ホワイトバス、ストライプドバスの形態的特徴及び測定個体との比較

項 目	ホワイトバス	ストライプドバス	個体1	個体2	比 較
体高/全長比(%)	24.8 ~ 26.8	21.3 ~ 24.2	28.4	29.3	2種より大きい
目径/頭長比(%)	21.4 ~ 26.5	15.7 ~ 22.9	22.1	22.0	範囲内
吻長/頭長比(%)	25.0 ~ 29.4	29.4 ~ 31.4	23.1	18.3	2種より小さい
第1背鰭棘条数	9	9	9	9	同数
第2背鰭棘条数	1	1	1	1	同数
第2背鰭軟条数	12 ~ 14	12	12	12	範囲内
尻鰭棘条数	3	3	3	3	同数
尻鰭軟条数	12 ~ 13	9 ~ 11	11	11	ストライプドバス
尻鰭棘長/尻鰭長比(%)	50 以上	50 未満	52	51	ホワイトバス
側線鱗数	52 ~ 60	58 ~ 64	53	52	ホワイトバス
鰓耙数	23 ~ 25	21 ~ 26	21	21	ストライプドバス
縦縞の数	5 ~ 7	7 ~ 8	8	8	ストライプドバス

3) 全長、体重の関係と成長

a) 全長と体重の関係

ストライプドバス、ホワイトバス、パルメットバスの全長体重関係⁵⁾と2個体の測定結果を図4に示す。

同じ全長における体重は交雑種であるパルメットバスが最も大きく、全長 TL(mm) と体重 W(g) の関係式は、 $\log_{10} W = -5.201 + 3.139 \log_{10} TL$ で表されていた。

測定した2個体は交雑種であるパルメットバスの式に最も近い値を示していた。

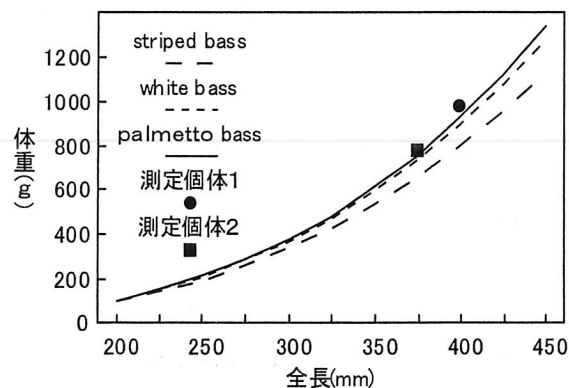


図4 striped bass、white bass、palmetto bass の全長体重関係と2個体の測定結果

b) 養殖魚との成長比較

アメリカのフロリダ州からサンシャインバス種苗を導入し、新潟県で実施された養殖試験における成長^{6, 7, 8)}と、測定した2個体の満2歳11月時点での体長を図5に、体重を図6に示す。

養殖試験における満2歳11月時点での体長は約32cm、体重は約1,000gであり、今回測定した2個体は養殖試験の結果とほぼ同様であった。

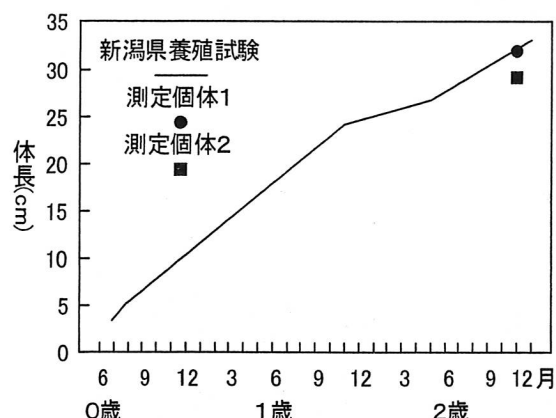


図5 新潟県養殖試験における成長及び測定個体の体長

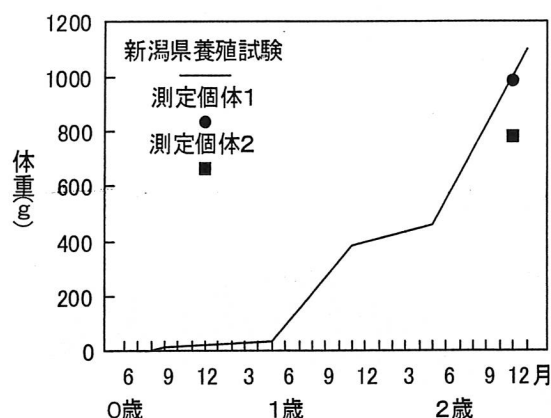


図6 新潟県養殖試験における成長及び測定個体の体重

国内の捕獲記録、利用状況

1) 天然水域

外来魚研究会（中央水産研究所内水面研究部）の情報交換により、下記の天然水域における捕獲記録を得た。

茨城県では、霞ヶ浦において平成5年から16年の間、合計12尾が主に定置網で捕獲されており、特に平成13年は3、4月に体長27～30cmの揃ったサイズが8尾捕獲されていた。（茨城県内水面水産試験場）

栃木県では、鬼怒川に設置されたやなで平成13年9月に1尾捕獲されていた⁹⁾。また、平成15年9月にも1尾捕獲されていた。（栃木県水産試験場）

2) 管理釣り場

近年、ルアー、フライフィッシングを楽しむ釣り堀「管理釣り場」が多数営業しており、その中に、ニジマス等に加えて釣りの対象種として「ストライパー」と呼ばれる魚を放流している所があった。本県には「ストライパー」を利用している管理釣り場はなかったが、その数は確認できたものだけで、宮城県から京都府まで13件にのぼった。管理釣り場では、高水温期にニジマスの活性が下がるため、夏に釣れる魚として利用できることが導入理由のひとつとなっていた。

管理釣り場の中には生きたまま持ち帰れる所もあり、水槽で飼育している人の情報もあった。

考 察

今回、本県で初めて確認された2個体は、ホワイトバス、ストライプドバス両種の形態的特徴をあわせ持っていることから、この両種のどちらでもなく、さらに縞模様が不連続である点などから、ストライプドバスの交雑種であると考えられた。

天然水域では茨城県、栃木県でも確認されており、茨城県では、茨城県内水面漁業調整規則及び茨城県霞ヶ浦北浦海区漁業調整規則において、水産動物の移植禁止の条項に、オオクチバス属、ブルーギルに加えて、平成14年4月1日よりモロネ属魚種とその交雑種が追加された。

「ストライパー」を放流している管理釣り場が全国に広がっていることから、そこからの散逸

や持ち出しによる拡散が危惧される。全ての管理釣り場で「ストライパー」と呼ばれていたが、実際にはモロネ属の魚類またはその交雑種であると思われた。

ストライプドバスの交雑種は通常、再生産は不可能であり¹⁰⁾、パルメットバスどうしを掛け合わせた F2 は生産できるが、F1 より生残率が低く成長率や形態に変動が大きい³⁾。そのため天然水域での再生産による個体数の増加の危険性は小さいと考えられる。しかし、測定個体はモツゴを 10 尾も捕食しており、魚食性が確認されたことから、天然水域に侵入した場合、生態系に与える影響は大きいものと考えられる。

要 約

1. 平成 15 年 11 月 5 日、郡山市三穂田町のため池から養殖業者が取り上げた魚の中に、ストライプドバスの交雑種が混入していたのを確認した。県内で初めての捕獲記録であった。
2. 形態的特徴はホワイトバスとストライプドバス両種の特徴をあわせ持っていた。
3. 測定した 2 個体の年齢は 2⁺であり、新潟県での養殖試験と同様の成長であった。
4. 天然水域では、茨城県、栃木県で確認の記録があった。
5. 管理釣り場でストライパーが利用されており、散逸や持ち出しによる拡散が危惧される。

文 献

- 1) <http://f15.aacafe.ne.jp/~ichthy/fisher/suzukiMo.html>
- 2) W. B. Scott, E. J. Crossman : Freshwater Fishes of Canada, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 684-697 (1973).
- 3) Reginal M. Harrel, Jerome Howard Kerby, R. Vernon Minton : Culture and Propagation of Striped Bass and its Hybrids, American Fisheries Society, (1990).
- 4) Gerald M. Ludwig : Hybrid Striped Bass Fingering Production in Ponds, Southern Regional Aquaculture Center, No.302, (2004).
- 5) Michael L. Brown, Brian R. Murphy : Standard Weights (W_s) for Striped Bass, White Bass, and Hybrid Striped Bass, North American Journal of Fisheries Management, Vol.11, No.3, 451-467 (1991).
- 6) 新潟県内水面水産試験場：新魚種導入試験（サンシャインバス）、新潟内水試事報、25 (1990).
- 7) 新潟県内水面水産試験場：一般養殖魚企業化試験（新魚種導入試験）サンシャインバスの養成、新潟内水試事報、23 (1991).
- 8) 新潟県内水面水産試験場：新魚種導入試験ーサンシャインバスー、新潟内水試事報、21 (1992).
- 9) 阿久津正浩：内水面外来魚管理等対策事業ー新たな外来魚の捕獲報告ー、栃木水試研報、46、16 (2003).
- 10) Ohio Department of Natural Resources : Division of Wildlife, Life History Notes - HYBRID STRIPED BASS

裏磐梯の湖沼および河川におけるコクチバスの食性

成田 薫・廣瀬 充・渋谷武久

Food Habits of Smallmouth Bass in the Lakes and Rivers at Urabandai Region

Kaoru Narita, Mitsuru Hirose and Takehisa Shibuya

はじめに

コクチバスは、日本各地に生息するオオクチバスと近縁の北アメリカ原産のスズキ目サンフィッシュ科に属する淡水魚である。本邦においては 1990 年頃に長野県野尻湖や福島県檜原湖で生息が確認されて以降、急速に生息地を拡大している¹⁾。コクチバスは原産国の知見によると冷水域や流水域でも生息可能なため、オオクチバス以上に生態系に予期されない悪影響を及ぼすものと懸念されている。侵入の歴史が比較的浅い本種については、本邦における生態学的な知見に乏しいのが現状である。本研究は、裏磐梯湖沼および河川におけるコクチバスの食性について明らかにし、本種の日本における食性の知見を蓄積し、在来水産生物への影響評価等に資することを目的とする。

材料と方法

湖沼のコクチバスについては裏磐梯秋元湖において、2001 年 5 月～9 月の期間に月 1 回から 2 回刺し網による漁獲を行い、得られた 296 個体を供試材料とした。河川のコクチバスについては秋元湖流入河川大倉川および秋元湖の近傍に位置する檜原湖の流入河川大川入川、長井川で 2001 年 8、9 月に刺し網および投網で得られた 38 個体を供試材料とした。

採集した材料は、速やかに実験室に運び生鮮状態あるいは凍結保存ののち各種測定および解剖に供した。実験室では標準体長 (SL,cm)、全長 (TL,cm)、体重 (BW,g) を測定した後解剖し、生殖腺重量 (GW,g)、肝臓重量 (HW,g)、胃内容物重量 (SCW,g) を測定した。胃内容物については 10%ホルマリン水溶液で固定し保存した。

体重については摂餌状態、生殖腺、肝臓の季節による変動、性別などにより変動が予想されるため、以下の式により肉質重量 (SW,g)、肥満度 (CF) を求めた。

$$SW = BW - (SCW + GW + HW)$$

$$CF = SW / SL^3 \times 10^3$$

胃内容物はできるだけ低位の分類群まで査定し、個体として判別できるものについては個体数およびその重量を求めた。なお、重量の計測に関して秤量不能なもの (0.01g 未満) については、全て 0.004g とした。

餌料出現率 (%F)、餌料個体数比 (%N)、餌料重量比 (%W)、餌料生物重要度指数²⁾ (IRI) は、以下の式によって求めた。

$$\%F = (\text{ある生物を捕食していた捕食者の個体数} / \text{胃中に餌料生物の認められる捕食})$$

者の個体数) $\times 10^2$

%N = (ある生物の胃中の個体数/餌料生物の胃中の個体数) $\times 10^2$

%W = (ある生物の胃中の重量/胃内容物重量) $\times 10^2$

IRI = (%N + %W) $\times$ %F

結 果

湖におけるコクチバスの胃内容物組成

各月の餌料生物について、分類群ごとの餌料生物重要度指数 (IRI) を表 1 に示す。調査期間における月毎の空胃率は 19~50.7%の間を変動した。水生生物は、魚類、水生昆虫類、エビ類、陸生生物は、昆虫類など多岐にわたった。重要度指数を見ると、カゲロウ類、トンボ類の幼虫をはじめとする水生昆虫類が期間を通じてきわめて高い値 ($5535 \leq \text{IRI} \leq 16561$) で推移した。特にカゲロウ類は 5、6 月に高い値 ($6583 \leq \text{IRI} \leq 8161$) を示した。査定された種にはモンカゲロウ等が多く含まれていたが、この種はこの時期に水面で羽化するため捕食されやすいものと考えられる。魚類 ($181 \leq \text{IRI} \leq 2550$)、陸生昆虫類 ($25 \leq \text{IRI} \leq 2695$) も期間を通じ出現し重要な餌料生物であったが、これらについてはその種組成などに季節性が認められた。魚類についてはオイカワが期間を通じて出現する ($11 \leq \text{IRI} \leq 291$) が、5 月にワカサギ ($\text{IRI} = 410$)、7 月以降にコクチバス ($69 \leq \text{IRI} \leq 1336$) の重要度が高い値を示した。ワカサギは産卵期にあたり、産卵群の接岸による捕食機会の増加や産卵後の衰弱個体により IRI が高い値を示したものと考えられる。コクチバスは産卵期以降の当歳魚や若齢個体が主に捕食されていた。また、陸生昆虫は 7、8 月に特に高い値 ($2394 \leq \text{IRI} \leq 2695$) で種数も増える傾向が認められた。

表 1 秋元湖におけるコクチバスの餌料生物重要度指数 (IRI)

月		5	6	7	8	9
	n	79	35	59	69	54
	空胃率 (%)	19.0	31.4	32.2	50.7	42.6
水生生物		18293	18939	12224	11716	16867
魚類		1541	181	982	1144	2550
	オイカワ	22	74	291	263	11
	ワカサギ	410				
	コクチバス			73	69	1336
	ヨシノボリ属	44	14		16	
	不明	81	10	21	24	57
甲殻類		4	18	1	15	17
十脚目		4	18	1	15	17
昆虫類		12988	16561	5535	5911	6493
カゲロウ目		6583	8161	1603	2299	1179
	トンボ目	1976	3358	2272	1234	2212
	トビケラ目	1				
	半翅目	1				11
	双翅目	88	2	9		3
	鞘翅目	0				
	不明	1	5	54		
陸生生物		49	221	2695	2715	500
昆虫類		25	221	2695	2394	500
トンボ目		1		42	260	34
	トビケラ目	1				
	半翅目		70	4	187	3
	双翅目				5	
	鱗翅目	1				
	膜翅目	1	9	1318	192	275
	直翅目				17	
	鞘翅目	0	2	121	5	16
	不明	0	3		64	3
クモ類					5	
環形動物		3				

体サイズにともなう主要な餌料生物の変化

餌料生物を魚類、水生昆虫、陸生昆虫の3つの分類群にわけ、体サイズ毎の餌料生物重要度指数の変化を図1に示す。体サイズは便宜的に3つの区分（体長12.5-17.4cm、n=53；17.5-22.4cm、n=74；22.5-27.4cm、n=28）にわけ、それぞれ分類群毎の餌料生物重要度指数（IRI）を求めた。水生昆虫、陸生昆虫は、体サイズの増加にともない餌料生物重要度指数はほぼ横這いかあるいは減少の傾向を示した。一方、魚類については体長12.5-22.4cmまでは若干減少傾向ののち体長22.5-27.4cmの区分で大きく増加に転じた。

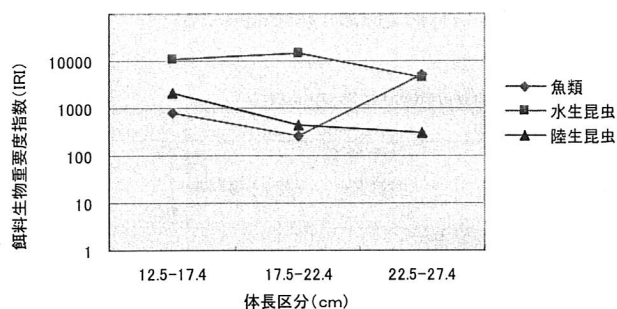


図1 体長と分類群ごとの餌料生物重要度指数 (IRI)

表2 供試魚の採捕場所と空胃の状況

採捕月日	湖沼・流入河川	採捕数	空胃率
8月1日	桧原湖・大川入川	17	17.6
8月24日	桧原湖・大川入川	10	0.0
8月23日	桧原湖・長井川	2	0.0
9月4日	秋元湖・大倉川	9	33.3
計		38	15.8

河川におけるコクチバスの食性

供試魚の採捕状況を表2に示す。桧原湖流入河川 29 個体、秋元湖流入河川 9 個体を合わせた 38 個体の空胃率は、15.8%であった。

胃内容物から査定された生物種および餌料生物重要度指数（IRI）を表3に示す。魚類、水生昆虫、陸生昆虫、両生類など多岐にわたって捕食されていたが、魚類はイワナ、ヤマメ、カジカなどの溪流魚、水生昆虫類においてもヒラタカゲロウ類やマダラカゲロウ類などが出現しており河川の生物相をよく反映している。餌料生物の分類毎の餌料生物重要度指数（IRI）をみると、魚類の重要度がきわめて高く（IRI=10023）、次いで水生昆虫（IRI=1781）、陸生昆虫（IRI=50）、両生類（IRI=33）であった。魚類においてはカジカ（IRI=1523）、ヤマメ（IRI=476）が特に重要な餌料生物であることが示された。

表3 裏磐梯の湖沼流入河川で採捕されたコクチバスの餌料生物重要度指数 (IRI)

				出現頻度 (%)	重量比 (%)	個体数比 (%)	IRI	
				%F	%W	%N		
水生生物	魚類			73.3	94.3	42.4	10023	
	昆虫類			33.3	1.9	51.5	1781	
	両生類			6.7	2.9	2.0	33	
陸生生物	昆虫類			10.0	1.0	4.0	50	
水生生物	魚類	サケ目	サケ科	ヤマメ	16.7	21.5	7.1	476
				イワナ	3.3	22.4	1.0	78
				不明	3.3	2.0	2.0	13
				オイカワ	3.3	1.2	1.0	7
				カジカ	30.0	36.6	14.1	1523
		不明魚類			36.7	10.6	17.2	1018
	昆虫類	蜉蝣目	モンカゲロウ科		20.0	1.0	34.3	706
					13.3	0.3	10.1	139
					6.7	0.1	2.0	14
			マツモムシ科	6.7	0.4	2.0	16	
		半翅目			3.3	0.1	1.0	4
		カワゲラ目			6.7	0.1	2.0	14
		不明昆虫類			6.7	2.9	2.0	33
		両生類	無尾目			6.7	0.9	2.0
	陸生生物	昆虫類	蜻蛉目			3.3	0.0	2.0

裏磐梯湖沼の流入河川と秋元湖におけるコクチバスの食性

食性は季節、体サイズによる変化が認められることから、体長 20cm 以上の個体を用い、採集時期のより近い検体から餌料生物重要度指数 (IRI) を求めたものを表 5 に示す。流入河川では魚類 (IRI=16125) > 水生昆虫類 (IRI=254) > 両生類 (IRI=56) ≧ 陸生昆虫類 (IRI=51) であった。一方、同時期の秋元湖においては、水生昆虫類 (IRI=4350) > 陸生昆虫類 (IRI=2619) > 魚類 (IRI=1789) であった。流入河川では魚類に著しく偏っているが、秋元湖においては特定の餌料生物の分類群に極端な偏りは見られなかった。

魚類、水生昆虫類、陸生昆虫類について出現頻度を両者で比較したものを表 6 に示す。いずれも有意差が認められた。また、表 7 に示す肥満度においても有意差が認められた。

表5 河川と湖のコクチバスの餌料生物重要度指数(体長20cm以上)

河川				湖			
平均体長	23.6	2.7		平均体長	22.8	2.2	
採捕日	8/1~9/4			採捕日	7/31~9/18		
n	24			n	20		
水生生物				水生生物			
魚類		16125		魚類		1789	
オイカワ		13		オイカワ		1003	
ヤマメ		834		コクチバス		36	
イワナ		105		ヨシノボリ属		9	
カジカ		2418		不明		19	
不明		1974					
昆虫類		254		昆虫類		4350	
カゲロウ目		51		カゲロウ目		1517	
ハンシ目		35		トンボ目		2183	
不明		8					
陸生生物				陸生生物			
昆虫類		51		昆虫類		2619	
トンボ目		10		トンボ目		90	
サヤバネ目		16		ハンシ目		172	
				膜翅目		597	
				サヤバネ目		76	
その他	両生類	無尾目	56				

表6 河川と湖のコクチバスの食性の比較(被捕食生物の出現頻度)

魚類	胃中にありのコクチバスの数	なしのコクチバスの数
河川	22	2
湖	7	13
有意差が認められた(カイ二乗検定,df=1, $\chi^2=15.59, p < 0.01$)		
水生昆虫	胃中にありのコクチバスの数	なしのコクチバスの数
河川	5	19
湖	10	10
有意差が認められた(カイ二乗検定,df=1, $\chi^2=4.13, p < 0.05$)		
陸生昆虫	胃中にありのコクチバスの数	なしのコクチバスの数
河川	2	22
湖	10	10
有意差が認められた(カイ二乗検定,df=1, $\chi^2=9.54, p < 0.01$)		

表7 河川と湖のコクチバスの比較(肥満度)

河川		
n	28	
平均体長(標準偏差)	23.58	(2.33)
平均肥満度(標準偏差)	22.58	(1.98)
湖		
n	33	
平均体長(標準偏差)	22.55	(2.01)
平均肥満度(標準偏差)	20.84	(2.03)

肥満度において有意差が認められた(Mann-WhitneyのU検定, $z=3.697, p < 0.001$)

考 察

秋元湖においてコクチバスは、水生昆虫を主要な餌料生物としており、魚類や陸生昆虫類など副次的な餌料生物には季節性が認められた。本研究の秋元湖におけるコクチバスの食性は、目下懸念されている魚食性について消極的な結果にみえる。しかしその近傍の湖沼流入河川においては、著しく魚類に偏った食性を示していた。過去に行われた秋元湖における魚類相調査結果^{3) 4)}を表8に示す。コイ科小型魚類の著しい減少とオイカワ、コクチバスなど移入種の増加など魚類相の変化が認められる。現在は、潜水調査や漁獲調査でモツゴ等の過去に優占していたコイ科小型魚類を観察あるいは採捕することは皆無の状況であり、最も普通に観察されるのはコクチバス、オイカワである。このような環境の下において今回の結果は、魚食性が消極的であるというよりは餌料環境に応じた適応性の高さを示すものと思われる。また、体サイズによる食性の変化が認められたが、特に成魚および成魚に近い体サイズにおいて食性の変化が見られる要因としては、利用可能な被捕食魚の大きさと生息環境における被捕食魚の体長組成との対応を検討する必要がある。河川においてカジカ、ヤマメ、イワナ等の在来の溪流魚類の捕食が確認されたことは、本邦における溪流河川の生態系へ大きな影響を与える可能性を示唆するものと考えられる。

表8 秋元湖の魚類相調査結果

調査年度		昭和57年		平成12年	平成12年
調査月		10月		10月	5~11月
漁法・漁獲努力量		さし網(20節×2反) さし網(18節×2反) さし網(三枚網・中網6節×9反)		さし網(18節×2反) さし網(6節×2反)	さし網(18節×2反) さし網(6節×2反)
科	属	種	漁業権	漁獲尾数	漁獲尾数
サケ	イワナ	イワナ	○	9	2
	サケ	サクラマス	○	10	1
キュウリウオ	ワカサギ	ワカサギ	○	105	-
コイ	オイカワ	オイカワ		-	15
		ハス		4	1
	ウグイ	ウグイ	○	52	19
		アブラハヤ		4	-
	タモロコ	タモロコ		75	-
	モツゴ	モツゴ		311	-
	ニゴイ	ニゴイ		18	-
	コイ	コイ	○	-	1
	フナ	不明	○	9	3
	タナゴ	アカヒレタビラ		49	-
ナマズ	ナマズ	ナマズ		7	1
ハゼ	ウキゴリ	ウキゴリ		2	-
サンフィッシュ	オオクチバス	オオクチバス		-	3
		コクチバス		-	13
		科数		5	4
		属数		12	8
		種数		13	10

* 昭和57年、平成12年 内水面水産試験場事業報告より抜粋

謝 辞

本研究において、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所内水面利用部の片野修氏、三重大学生物資源学部生物圏生命科学科水圏生物生産学講座の淀太我氏には、多くの御助言を頂いた。ここに記して深く謝意を表したい。

要 約

裏磐梯の湖沼、河川におけるコクチバスの食性を調査した。調査湖沼である秋元湖においては、調査期間を通じてカゲロウ類やトンボ類幼虫など水生昆虫を重要な餌料生物としており、季節により魚類、陸生生物を利用していた。また、体サイズの大きいものは魚類を重要な餌料生物とし

ていることが明らかとなった。一方、裏磐梯湖沼に流入する河川においては、カジカ、ヤマメ等の魚類に著しく依存していた。同時期、同サイズのコクチバスを用い比較した結果、被捕食生物の出現頻度からみた食性や肥満度に明らかな違いが認められた。湖沼、河川のいずれにおいても餌料環境に応じた食性の適応性の高さが示された。

文 献

- 1) 淀 太我：コクチバスーそれでも放される第二のブラックバス. 日本生態学会（編）、地人館、東京、p.118（2002）.
- 2) Pinkas, L. : Food habitats study. in L. Pinkas, M. S. Oliphant and I. L. K. Iverson, eds. Food habitats of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fish Bulletin 152. State of California the Resources Agency Department of Fish and Game, Sacramento, USA, 5-10(1971).
- 3) 成田 薫・平川英人・渋谷武久・廣瀬 充：コクチバスの生態に関する基礎研究、平成 12 年度福島県内水面水産試験場事業報告書、85-91(2000).
- 4) 成田宏一・鈴木 馨・新妻賢政・佐藤 照：秋元湖調査、昭和 57 年度福島県内水面水産試験場事業報告書、35-38(1982).

コクチバスの溪流河川への侵入

裏磐梯大川入川における魚類相の季節的变化およびコクチバスの移動

成田 薫・廣瀬 充

Invasion of Smallmouth Bass to the Mountain Stream
Seasonal Change of Fish Fauna and Migration of Smallmouth bass
in O'okawairi river at Urabandai Region

Kaoru Narita, Mitsuru Hirose

はじめに

コクチバスは、日本各地に生息するオオクチバスと近縁の種であるが、原産国での知見によると低水温に適し、河川にも広く生息することから、オオクチバス以上に生態系に予期されない悪影響を及ぼすものと懸念されている。県内においては裏磐梯檜原湖において 1990 年頃に確認された¹⁾とされているが、近年、生息域を拡大し続けており、近隣の大小の湖沼、阿賀川水系、阿武隈川水系でも生息が確認されている。2001 年には檜原湖、秋元湖へ流入する複数の溪流河川においてコクチバスが確認され、ヤマメ、カジカ等の溪流魚類を主要な餌生物としていることが明らかとなった²⁾。檜原湖の流入河川のひとつである大川入川において魚類相の季節的な変化を観察し、コクチバスの侵入する溪流河川の環境特性やコクチバスの移動の季節性について報告する。

材料と方法

檜原湖の主要な流入河川を図 1 に示す。大川入川はこれらの流入河川のうち最大級の流量があり、流域には漁協によるウグイ等の種苗生産施設が設置されるなど、檜原湖の水産増殖において重要な位置を占める河川である。2001 年に行った檜原湖流入河川のコクチバスの生息確認調査において、最も多くのコクチバスが確認されていることから調査河川に選定した。

大川入川に設けた調査区間を図 2 に示す。河口は檜原湖の水位変動により大きく前後するため、河口近傍の大川入橋を始点として上流 1500m まで 50m 間隔に区切り連続する 30 箇所調査区間を設けた。2002 年 5 月～10 月に月 1 回、潜水により調査区間における生息魚種の調査を行った。同年 11、12 月は、潜水調査が困難であったため、各月 1 回、同調査区間にてエレクトリックショッカーを用い魚類の採捕を行った。

潜水調査は 2 名または 3 名でシュノーケリングを行い、最下流の始点から上流に向かって調査区間全面を目視観察し、観察された魚類について魚種毎に計数した。魚種の判別、計数については、潜水中に判別可能なサイズとして全長約 5 cm 以上を基準に可能な限り計数したが、状況に応じて 10 尾単位あるいは 100 尾単位の概数を用いた。コクチバスについては、計数に加え、潜水観察中に魚体の大まかな全長の記録を行った。また、各種測定と検体の採取のため、刺し網、手網等を用い、生きたまま採捕した。

冬期のエレクトリックショッカー調査はコクチバスの確認を主目的とした定性的な調査として、それまでにコクチバスが確認された地点および越冬に好適と考えられる場所を各調査区間に1箇所以上選び採捕を行った。

潜水調査およびエレクトリックショッカー調査で採捕したコクチバスは一部持ち帰る個体を除き、その場で全長、体長、体重の測定と鱗、胃内容物を採取した後、標識放流した。胃内容物は、口から河川水を注入し強制的に吐瀉させて採取し、固形物を10%ホルマリンで固定して持ち帰った。標識はピットタグの挿入による個体標識と背鰭の棘の切除による二重標識を行い、採捕地点に放流した。標識放流を実施した調査回以降は、採捕したコクチバスの標識確認を行い、同様の測定と胃内容物の採取の後、再放流した。体長10cm未満の小型個体については、再採捕の見込みが低いと考え、持ち帰り測定等に供した。

河川環境については、大川入橋の近傍に定点を設け、各調査回に川幅、水深、流速の計測を行い流量を算出した。また、水温については2002年5月22日に自記水温計を設置し、同年11月13日に回収するまでの間、2時間ごとに計測した。

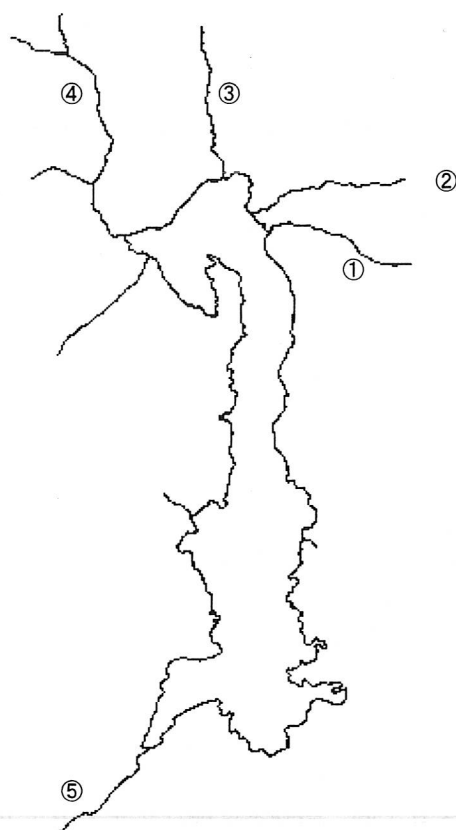


図1 檜原湖の主要流入河川

①早稲沢川②吾妻川③長井川④大川入川⑤雄子沢川

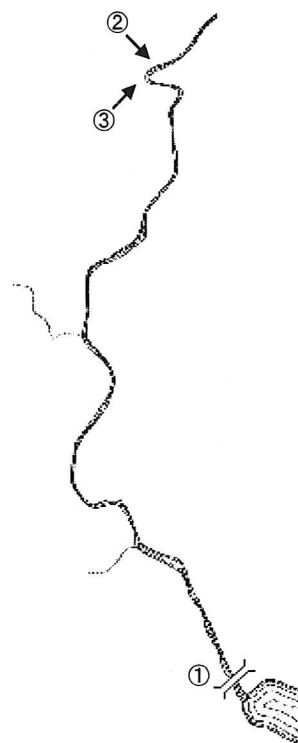


図2 大川入川の調査区間

①大川入橋②調査区間終点③自記水温計設定地点

結 果

河川環境

調査期間における水温の季節変化を図3に示す。旬別平均水温をみると、5月下旬から7月下旬まで上下の変化がありながら徐々に上昇し、7月下旬から9月上旬まで16℃前後の高温期となった。以降、11月上旬まで低下して5℃前後となった。日間最高水温の旬別平均をみると、7月下旬から9月上旬までが特に高く、9月上旬には18.5℃を示した。日間最低水温の旬別平均をみると、11月上、中旬が特に低く、11月上旬には4.5℃まで低下した。日間の最低水温と最高水温の差の旬別平均をみると、5月から11月にかけて変化しながら徐々に小さくなる傾向があるが、最も差の大きな6月上旬で5.6℃、最も差の小さな11月下旬で1.3℃、調査期間中は概ね4℃を示した。

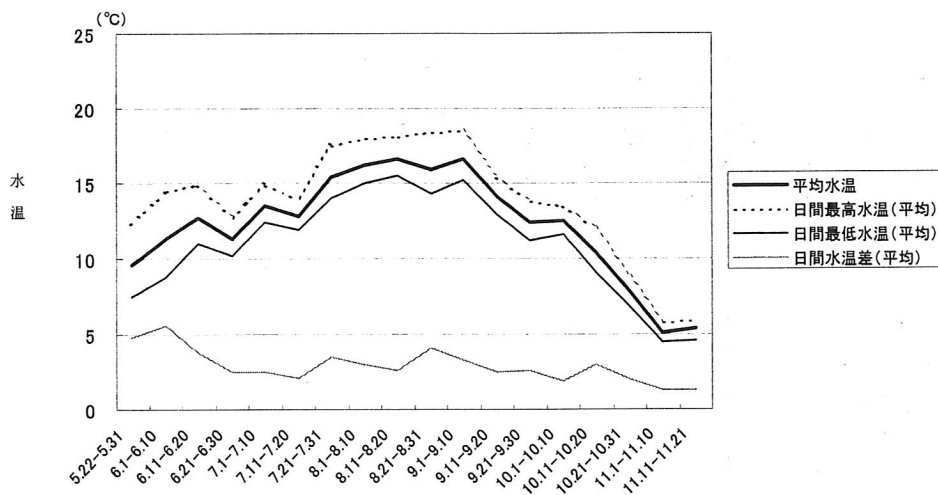


図3 大川入川の旬別水温 (2002)

各調査回の計測値から算出した流量測定結果を表1に示す。最高値は11月の2.967 m³/s、最低値は9月に0.203 m³/sであった。調査日前の降雨等の短期的影響を受けるものとも思われるが、5、6月には雪しろによる増水、夏期には流量の低下する傾向など季節性が見られた。比較的流量の安定する7月から10月の平水時は概ね0.5 m³/s前後と見られる。

調査河川の上流部にはダム湖などではなく、人為的な流量の調整は行われていない。また、調査区間はごく一部に河岸の改修区間があるものの、全般的に自然状態を保っており、淵や瀬など河川内の地形変化に富んでいる。調査期間中には、大きな出水による淵の消失や新たな瀬や淵の出現、河岸の掘削が観察された。

調査月日	流量(m ³ /s)	川幅(m)
5.22.	1.099	13.6
6.12.	0.648	9.2
7.22.	0.435	7.5
8.14.	0.431	6.5
9.10.	0.203	5.4
10.11.	0.519	7.2
11.13.	2.967	14
12.17.	1.342	11.5

科	属	種
サンフィッシュ	オオクチバス	コクチバス
ヤツメウナギ	ヤツメウナギ	スナヤツメ
サケ	イワナ	イワナ
	サケ	ヤマメ
コイ	オイカワ	オイカワ
	ウグイ	ウグイ
	ニゴイ	ニゴイ
ハゼ	ヨシノボリ	
カジカ	カジカ	カジカ

生息魚類相とその季節的な変化

潜水調査およびエレクトリックショッカーによる採捕で確認した魚種を表2に示す。コクチバスを含め6科9属の魚類が確認された。大川入川においてはこの他ワカサギが春期に檜原湖内から産卵遡上する。

コクチバス以外の生息魚種の分布を図4に示す。魚種毎に各調査回に確認した調査区間と尾数

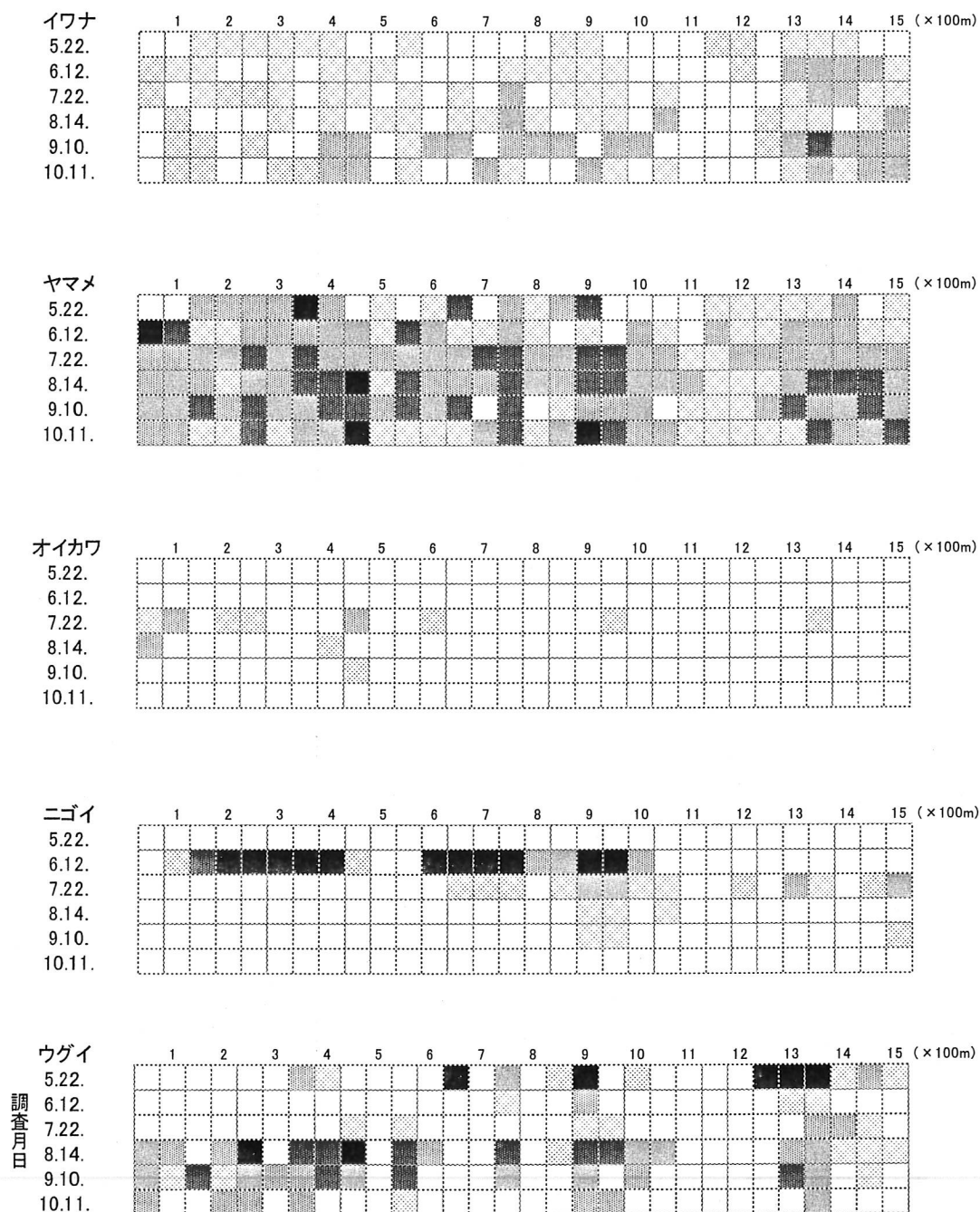


図4 生息魚類の分布

(概数)を示したが、確認尾数の少なかったスナヤツメ、ヨシノボリ属、カジカ(いずれも全調査回の合計で10尾未満)を除いた。調査期間を通じて最も多く観察されたのはヤマメで、毎回、調査区間のほぼ全域で相当数が確認された。次いでウグイが多く、5月には産卵遡上群と考えられるまとまりが調査区間600mより上流に見られるほか、8月以降はほぼ全域に分布していた。また、調査期間中、全魚種を通じて、魚類の観察尾数の少ない区間(区間500m、区間1100m~1200m)がみられた。これらの区間については、淵や浮石などのない平坦な区間であった。イワナ、ヤマメ、ウグイなど確認尾数の多い魚種については水温下降期である10月に確認尾数の多い区間と少ない区間の差が明瞭に現れた。

イワナは、調査期間を通じてほぼ全域に分布していたが、特に9、10月に確認尾数が増加した。この時期には産卵遡上と思われる湖内から遡上した大型個体も見られたが、幼魚の成長や生息域の移動など計数可能な若齢個体の増加による影響が大きいと考えられる。比較的尾数の多い区間は区間600mより上流にみられた。

ヤマメは、調査期間を通じてほぼ全域に分布していた。尾数が非常に多く、調査区間内上流、下流の分布の傾向は認めにくい、8月以降に区間1300mより上流で比較的尾数が多い区間が分布していた。イワナ同様に湖内から遡上した大型個体も見られたが、幼魚の成長や生息域の移動など計数可能な若齢個体の増加による影響と考えられる。

オイカワは、7~9月に少数が局所的にみられた。オイカワは湖内および河口部付近に普通に見られるが、調査区間においては水温、底質など生息環境がそれらの生息場所より好適ではないことから、高水温期に一部遡上したものと考えられる。

ニゴイは、6月に濃密な産卵遡上群が区間100m~1000mにかけて認められた。産卵期以降は、10月まで試験区間上流部において残留する少数の成魚群が散見された。

ウグイは、5月に濃密な産卵遡上群が区間600m~1350mにかけて散見された。産卵期後の6、7月には確認尾数が激減するが8、9月には調査区間のほぼ全域でかなりの尾数が確認された。

コクチバスの季節的分布

潜水調査(5~10月)およびエレクトリックショッカー調査(11、12月)で調査期間に延べ46個体のコクチバスを確認し、うち19個体を採捕した。確認したコクチバスはいずれも遊泳力のある成魚や幼魚で、河川内での再生産に由来すると考えられる仔魚等は観察されなかった。コクチバスは主に大きな淵やその周辺の木の根、蛇籠等遮蔽物の下、転石部など河川内でも緩流部で定位する様子が観察された。

採捕個体の測定結果を表3に示す。採捕個体の全長の範囲は、6.3~36.3cmと幅広いが、成魚と考えられる全長30cm前後の個体と当歳魚と考えられる全長10cm前後の個体の2群が認められた。

確認されたコクチバスの分布を図5上段に示す。コクチバスは6~11月に確認された。分布の範囲については、9月に最上流のもので区間1300mで観察された。採捕個体の測定結果を表3に示す。成魚と考えられる全長30cm前後の個体と当歳魚と考えられる全長10cm前後の個体の2群が認められるため、潜水目視による大まかな全長の記録をもとに全長約25cm以上のものを大型、全長25cm未満のものを小型と分類したものの分布を図5中段、下段に示す。大型は6~9月に確認された。1回の調査で1~5尾、最も多く確認されたのは8月だった。小型は9~11月に確認された。潜水調査で9月に11尾、10月に25尾確認された。また、エレクトリックショッカーにより11月にも2尾採捕された。

表3 採捕したコクチバスの測定結果

採捕月日	採捕区間	個体番号	全長(cm)	体長(cm)	体重(g) *1	備考
7.22.	350-400	①	34.6	28.3	484.0	現地測定、標識後放流
8.14.	400-450	②	28.5	23.6	274.6	"
8.14.	700-750	③	28.2	23.7	319.8	"
8.14.	850-900	④	28.8	24.1	316.7	"
8.14.	850-900	⑤	35.1	29.3	491.9	"
8.14.	850-900	⑥	31.0	25.9	385.8	"
9.10.	850-900	⑤	36.3	30.1	600.6	"
10.11.	200-550		9.6	7.9	11.7	実験室測定
10.11.	200-550		8.5	7.0	8.1	"
10.11.	200-550		8.3	6.8	7.1	"
10.11.	200-550		8.0	6.6	6.7	"
10.11.	200-550		8.4	6.9	7.5	"
10.11.	200-550		8.2	6.8	6.5	"
10.11.	200-550		6.9	5.7	4.1	"
10.11.	200-550		6.3	5.2	3.3	"
10.11.	200-550		10.6	8.7	16.6	"
10.11.	200-550		9.7	7.9	12.5	"
11.13.	400-450		8.4	6.9	7.8	"
11.13.	400-450		7.0	5.8	4.2	"

*1 胃内容物重量を含む

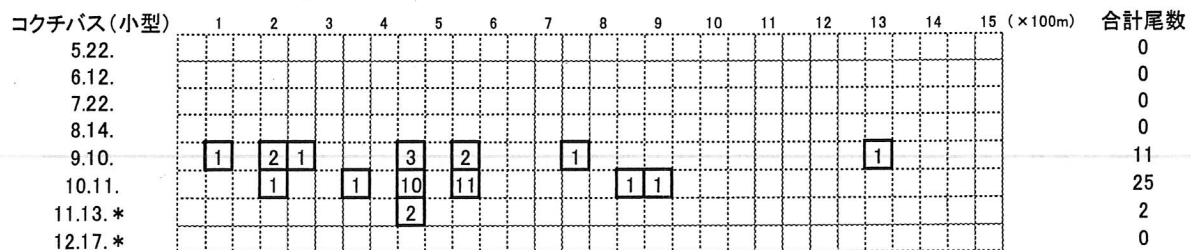
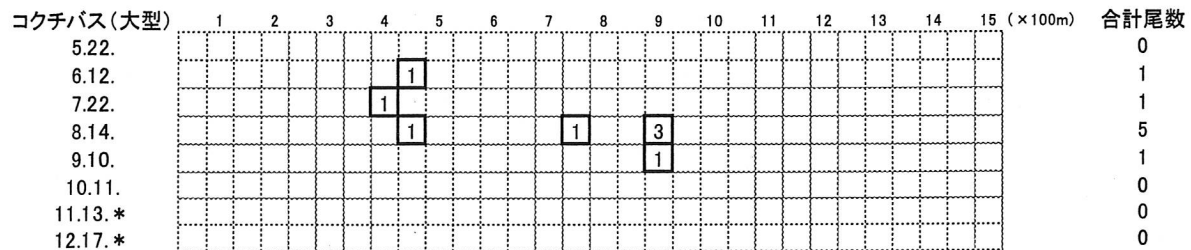
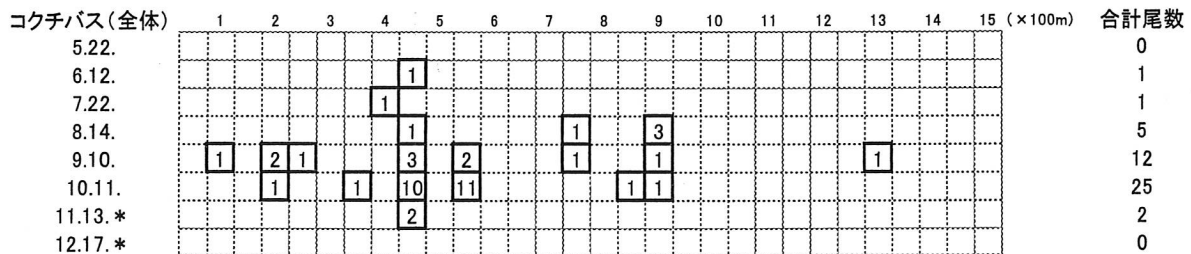


図5 コクチバスの確認尾数*1および分布 上段:コクチバス(全体)

中段:コクチバス(大型、全長25cm以上)

下段:コクチバス(小型、全長25cm未満)

* 5.22.~10.11.については潜水調査による 11.13.、12.17.についてはエレクトリックショッカー調査による

個体の追跡

採捕後、標識放流した6個体のうち再採捕されたのは1個体（表3：個体番号⑤）であった。この個体の測定結果の詳細を表4に示す。採捕区間の変化はなく、同一区間に滞留したものとと思われる。再採捕までの27日間で体長が0.8cm、体重が83.3g増加し（相対成長率0.586%/日）、肥満度が19.3から20.9となった。また、いずれの採捕時も胃内容物重量組成は90%以上を魚類が占めていた。

表4 標識魚の測定結果

個体番号	⑤		⑤	
採捕月日	8.14		9.10	
採捕区間	850-900		850-900	
全長(cm)	35.1		36.3	
体長(cm)	29.3		30.1	
体重(g)*1	486.3		569.6	
肥満度	19.3		20.9	
胃内容物組成	個体数	重量	個体数	重量
サケ科不明	1	2.47	ヤマメ	1 22.89
不明魚類	2	3.02	カジカ	1 7.84
その他		0.09	不明魚類	1 0.24
8.14-9.10(27日間)の平均水温(°C)			16.3	

*1 現地測定体重から胃内容物重量を除いたもの

考 察

調査河川は、水温や地形等の物理環境的に、また魚類相からもいわゆる溪流と呼ばれる河川環境にある。ここで湖内に生息するコクチバスが一定の期間、生活の場として利用することが確認された。調査河川においては区間850-900m、湖から約1km上流までを主な分布域としていた。コクチバスは、成魚と思われる大型個体と当歳魚と思われる幼魚の2群が認められ、確認された期間や確認尾数のピークが異なっていた。

同調査河川においては、前年に多数のコクチバス成魚が確認された¹⁾が（2001年8月1日17尾採捕、同月24日10尾採捕。採捕後の放流はしていない。）、本調査では大型個体の確認数が最も多かった8月で5尾であった。これら大型個体の動態をみると、5月には全く観察されなかったことと8月をピークに10月以降全く見られなくなったことから、季節的な遡上と降下があるものと考えられる。水温をみると15°Cを目安に高温で安定する時期と大型個体の出現ピークが一致している。河川内には餌生物となる魚類が所により高密度で生息しており摂餌活動の面からは良好な環境にあるといえる。檜原湖近傍の秋元湖においてはコクチバスの産卵期が5月下旬から6月と特定されており³⁾、このことから遡上時期が湖内における産卵期後と考えられることから、魚体回復のための好適な水温および餌料環境を求めた移動と思われる。本調査で再採捕された個体は、体重等の大幅な増加を示した。これら成魚の遡上行動は、確認個体数からみて湖内の生息数に比べて著しく少数であることから、コクチバス個体群の特性というよりは、個体の行動特性である可能性を示唆するものと思われる。

本調査で初めて当歳魚と思われる小型個体が確認された。調査区間での再生産の可能性については、水温、流量の変化など湖内と比較して明らかに不利なことや産卵床、孵化仔魚などが観察されていないことから調査区間で繁殖したものではない。これらの小型個体については遡上可能な遊泳力が備わった段階で河川流量の少ない時期に湖内からの遡上してくるものと考えられる。溪流河川を1km以上遡上し、冬期にも河川内に残留する個体がみられることは、流水や低水温への高い適応性を示すものと考えられる。

要 約

裏磐梯檜原湖の流入河川大川入川に調査区間を設け、コクチバスの季節的な移動および生息環境の調査を行った。調査河川は、物理環境、魚類相からも溪流河川と呼ばれる特徴を有しており、この河川において湖内に生息するコクチバスが一定の期間、生活の場として利用することが確認された。遡上するコクチバスは成魚である大型魚と当歳魚と思われる小型魚の2群がみられ、大型魚は6月から9月に、小型魚は9月から11月にかけて出現した。大型魚については季節的な遡上、降下があるものと考えられた。また、個体標識をした1個体の再採捕記録が得られた。小型魚については、冬期にも河川内に残留する個体がみられ、流水や低水温への高い適応性を示すものと考えられた。

文 献

- 1) 淀太我・井口恵一郎：バス問題の経緯と背景、水研センター研報、第12号、10-24(2004)
- 2) 成田 薫・廣瀬 充・渋谷武久・平川英人：コクチバス河川生態調査、平成13年度福島県内水面水産試験場事業報告書、81-84(2001)。
- 3) 成田 薫・平川英人・渋谷武久・廣瀬 充：コクチバスの生態に関する基礎研究、平成12年度福島県内水面水産試験場事業報告書、85-91(2000)。

阿武隈川、阿賀川水系におけるカワウの捕食魚種と 漁業被害金額

鈴木 信・廣瀬 充

The Fishery Damage and Species of Fish Preyed by Common Cormorant
in Abukuma and Aga River Systems

Makoto Suzuki, Mitsuru Hirose

は じ め に

カワウ *Phalacrocorax carbo* はペリカン目ウ科に属する大型の魚食性水鳥である。近年、カワウの異常繁殖や大量飛来のため、内水面漁業への影響が深刻になっており、その対策は全国的にも急がれる課題である¹⁾。本県のカワウは、終戦後に裏磐梯の檜原湖で確認されたこと、また、会津高田町伊須美神社での繁殖記録があるが²⁾、その後は一般的には見慣れない鳥であり、内水面漁業関係者（以下、漁業関係者）の間でも話題にのぼらない存在であった。

漁業関係者によると³⁾、本宮町の阿武隈川では、1999 年にカワウが見られるようになり、2 年後には本宮町鳴瀬地区の営巣地で 700 羽以上のカワウが目認された。また、会津地方の阿賀川では、1994 年に見られ始め、猪苗代湖の翁島及び高郷村のカワウ営巣地の存在とアユなどの食害が問題化した。その集団による見事な採食行動と魚食性に危機感を持った漁業関係者は、カワウ被害防除のため、早朝から追い払いやテープ及び案山子等で着水阻止を試みたが期待した効果が得られなかった。

このため、福島県内水面漁業協同組合連合会、関係内水面漁業協同組合、福島県関係行政及び試験研究機関、関係市町村、日本野鳥の会県内関係者、国土交通省を構成員とした「福島県カワウ対策検討協議会」が 2000 年 10 月に設立されてその防除対策等が論議された。この協議会において、当時はカワウの食性調査を担当した。今回は学術目的で調査捕獲したカワウの胃内容物を精査し、その捕食魚種と内水面漁業における漁業被害金額について知見を得たので報告する。

材 料 と 方 法

カワウ調査捕獲と胃内容物の処理

カワウの調査捕獲は、関係市町村によって阿武隈川水系では本宮町鳴瀬地内、阿賀川水系では塩川町山王橋から上流の会津若松市新大川橋の間で銃器を用いて行われた。捕獲時間は阿武隈川水系では 14 時以降日没まで、阿賀川水系では日の出から 8 時頃まで費やした。また、カワウ捕獲は、2002 年 1 月から 2003 年 6 月の間、阿武隈川水系では 4 回（1 回の許可期間は約 30 日間、許可羽数は 30 羽）、阿賀川水系では 3 回にわたって行われた。

捕獲したカワウは福島県会津家畜保健衛生所と福島県北家畜保健衛生所で剖検後、胃を摘出してその後エタノールで保存した。保存した胃は当场に搬入し 2 週間以内にその内容物を精査した。

魚種の特定は、消化が進んでいない個体については魚体から確認し、消化が進んで外観から魚種が判別できない個体については、コイ科魚類の特徴である咽頭骨の形状で行った。また、魚体を確認した個体は、全長、体長、尾鰭長、重量を測定した。

魚体重量の推定

摘出した胃はエタノールで保存してあるので、予め、アユ、ウグイ、コイの3魚種について、エタノール(和光純薬、特級試薬)保存による全長、重量の変化を調べた。魚体から種類を確認した10魚種については、廣瀬ら⁴⁾が報告したとおり、全長、体長、尾鰭長と体重の関係式から1尾当たりの体重を換算した。しかし、既存調査記録原簿で測定結果の少ない5魚種(ドジョウ、シマドジョウ、ヌマチチブ、ヨシノボリ、アカザ)は、1尾当たりの体重を一律5gで積算した。また、咽頭骨から魚種を特定した個体については、魚体から魚種を確認した水系別の魚種別平均体重を用いて換算した。

漁業被害金額の推定

漁業被害金額は次式で算定した。

- ・ カワウの総捕食量(A) = 年間総カワウ飛来羽数^{*1)} × 0.5kg / 日・羽
- ・ 漁業権に基づく増殖対象種(以下、増殖対象種)捕食量 = (A) × カワウ胃内容物に占める増殖対象種の重量割合
- ・ 増殖対象種別の被害金額(B) = (A) × 増殖対象種別の重量割合 × 魚種別単価^{*2)}
- ・ 漁業被害金額 = (B) の総和

*1) 年間総カワウ飛来羽数：カワウの飛来調査は日本野鳥の会福島県支部連合会及び会津支部、二本松支部によって行われた。調査区域は、阿武隈川水系は本宮町鳴瀬地区のカワウ営巣地付近、また、阿賀川水系は西会津町上野尻発電所から上流の会津若松市本郷大橋の区間である。その調査期間は2002年1月から12月の1年間であり、阿武隈川水系の11月を除いて各月1日以上頻度で調査された。

*2) 魚種別単価：福島県内水面漁業協同組合連合会の2002年の斡旋販売単価

(アユ：3,255円/kg、ウグイ：1,575円/kg、コイ：475円/kg、フナ類：620円/kg)

結 果

カワウ調査捕獲

カワウの捕獲回数と捕獲実績を図1に示す。カワウ調査捕獲は阿武隈川水系では2002年1月から2003年6月の間、4回にわたり、主に3月と6月に行われた。1回当たりの調査捕獲は約10名の捕獲隊員で10日間程度をかけて実施されたがカワウを捕獲できない日が続いた。1回当たりの捕獲実績は3～11

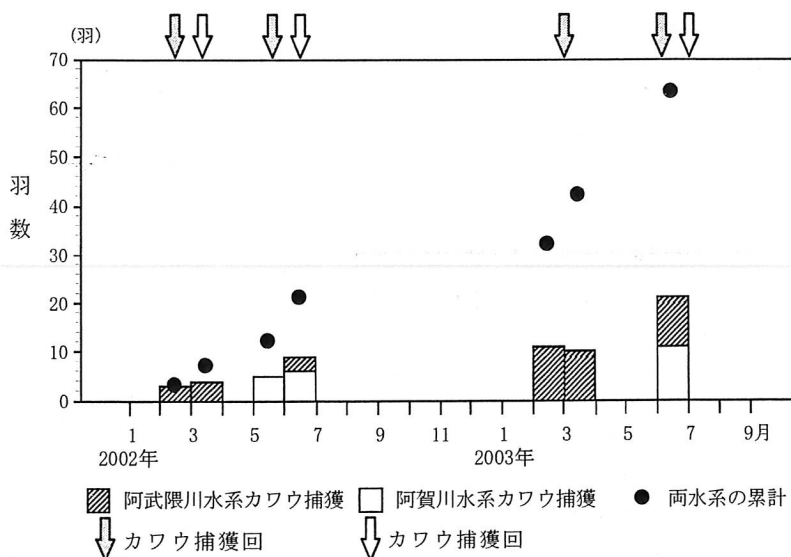


図1 水系別カワウの調査捕獲実績

羽であり、4回にわたる調査捕獲で合計 41 羽が捕獲された。阿賀川水系は阿武隈川水系と同じ程度の捕獲体制で3回実施された結果、1回当たりの捕獲実績は0～10羽で、合計22羽が捕獲された。

捕獲したカワウの各部位の測定結果は、阿武隈川水系では個体重量が1.55～2.90 kgの範囲で、平均値が2.25kg、全長が72～87cmの範囲であった。阿賀川水系では個体重量が1.60～2.50kgの範囲で、平均値が1.97kg、全長が67～86cmの範囲であった。

胃内容物調査

水系別の胃内容物重量は阿武隈川水系では、0.9～343.8gの範囲であり、その平均値は126.5gであった。阿賀川水系は、0～214.0gの範囲であり、その平均値は60.2gであった。阿武隈川水系の胃内容物重量は阿賀川水系に比較して2倍以上であった。

カワウの胃内容物重量度数分布と魚種別捕食尾数を表1に示す。捕獲したカワウのうち空胃個体と線虫だけの個体を空胃羽数とした。空胃羽数は阿武隈川水系が9羽、阿賀川水系が7羽であり、捕獲羽数に占める空胃個体の割合は阿武隈川水系が22%、阿賀川水系が32%であった。また、胃内容物重量について、100g以上を捕食している個体を空胃羽数を除いて割合でみると、阿武隈川水系が66%、阿賀川水系が20%であった。

表1 水系別カワウ調査捕獲の胃内容物重量度数分布と魚種別捕食尾数

項 目	阿武隈川水系	阿賀川水系	合 計
捕 獲 羽 数	41	22	63
(空 胃 羽 数)	(9)	(7)	(16)
度 数			
<100 g	11	12	23
100 g ～	10	1	11
200 g ～	9	2	11
300 g ～	2		2
400 g ～			
平 均 重 量 g	126.5	60.2	—
ウ グ イ	4	47	51
オ イ カ ワ	46	2	48
ア ユ		43	43
フ ナ 類	28	6	34
コ イ	28		28
バ ス 類	6		6
ニ ゴ イ	4		4
ヌ マ チ チ ブ		3	3
ド ジ ヨ ウ	2	1	3
ア ブ ラ ハ ヤ		3	3
ヨ シ ノ ボ リ		1	1
ブ ル ー ギ ル	1		1
シ マ ド ジ ヨ ウ	1		1
カ マ ツ カ	1		1
ア カ ザ		1	1
合 計	121	107	228

カワウ胃内容物の魚種別出現組成を図2に示す。

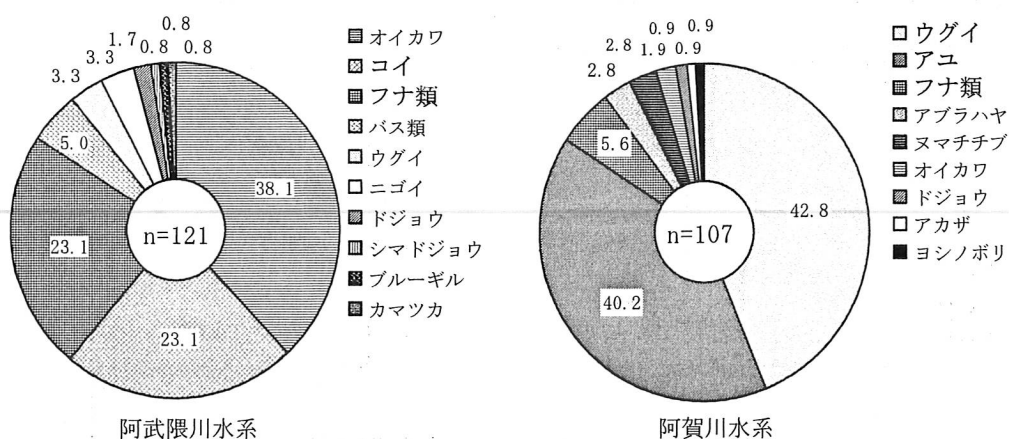


図2 カワウ胃内容物の魚種別出現組成 (%)

阿武隈川水系では 10 魚種の捕食を確認した。その魚種別内訳はオイカワ、コイ、フナ類が上位 3 種であり、この 3 魚種で全体の 84.3 % を占めた。それ以外ではバス類、ウグイ、ニゴイが続いており、中にはドジョウ、シマドジョウ、カマツカの底棲に生息する魚種もみられた。

阿賀川水系では 9 魚種が捕食されていた。その魚種別内訳はウグイ、アユ、フナ類が上位 3 種であり、この 3 魚種で全体の 88.6 % を占めた。それ以外ではアブラハヤ、ヌマチチブ、オイカワの順位であり、中にはふくしまレッドリスト準絶滅危惧種に分類される⁵⁾アカザもみられた。

カワウ胃内容物の魚種別重量組成

カワウの胃内容物の魚種特定と体長等測定サンプルはエタノールで保存したものである。エタノールで保存した 3 魚種の全長と体重の変化を図 3 に示す。

全長についてみると、アユは 2 日後には 96 % ウグイ、コイは 97 % 程度まで収縮した。体重はアユが 2 日後には 70 %、ウグイが 80 %、コイが 75 % 程度まで減少しており、その後は大きな変化がみられなかった。このため、本報はエタノール保存の影響が少ない全長、体長、尾鰭長を用い、魚種別の個体重量を換算した。

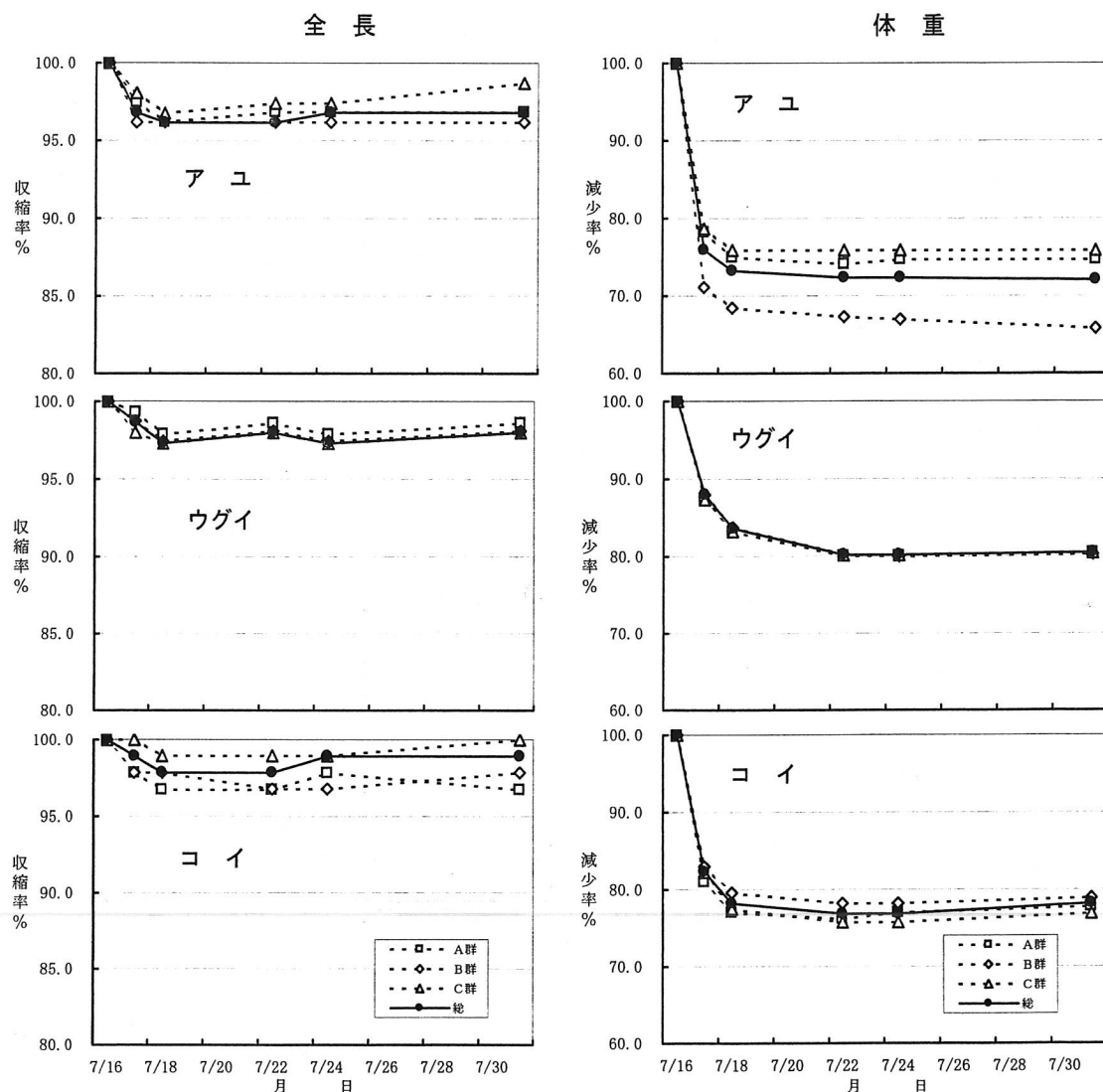


図 3 エタノール保存の魚種別全長と体重の変化

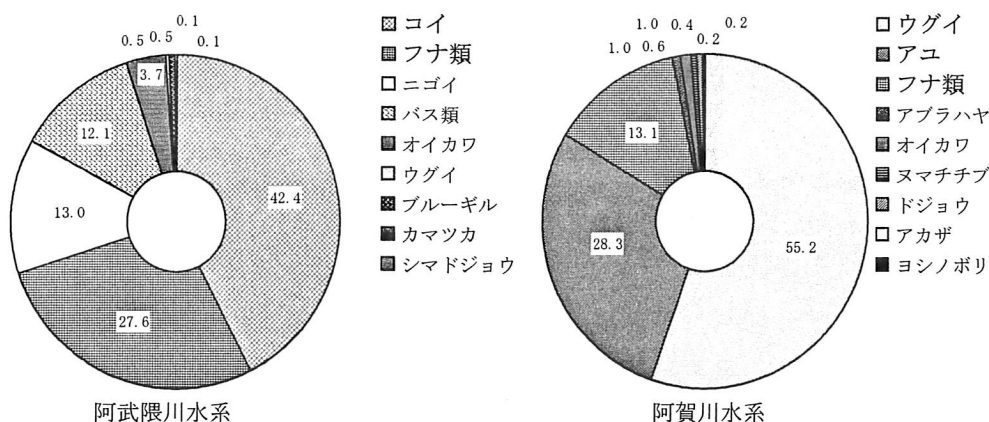


図4 カワウ胃内容物の魚種別重量組成 (%)

カワウ胃内容物の魚種別重量組成を図4に示す。阿武隈川水系はコイ、フナ類、ウグイの3魚種で全体の70.5%、阿賀川水系はウグイ、アユ、フナ類の3魚種で96.6%を占めており、増殖対象種が多く捕食されていた。捕食魚の大きさは、全長7.5cm、体重5.8gのオイカワから全長28.5cm、体重385gのコイまで様々であった。

カワウによる漁業被害金額

2002年のカワウ年間延べ飛来羽数は、阿武隈川水系では123,539羽であり、阿賀川水系では60,670羽であった。カワウが捕食した魚種別重量比と増殖対象種の漁業被害金額を表2に示す。

表2-1 増殖対象種の被害金額調査結果 (阿武隈川)

魚種	重量比 (%)	捕食量 (kg)	単価 (円/kg)	金額 (円)
ウグイ	0.5	309	1,575	486,431
コイ	42.4	26,190	475	12,440,277
フナ類	27.6	17,048	620	10,569,911
(小計)	70.5	43,547		23,496,619
オイカワ	3.7	2,285		
バス類	12.1	7,474		
カマツカ	0.1	62		
シマドジョウ	0.1	62		
ニゴイ	13.0	8,030		
ブルーギル	0.5	309		
(合計)	100.0	61,769		≒23,500千円

表2-2 増殖対象種の被害金額調査結果 (阿賀川)

魚種	5～8月分				9～4月分				合計 (円)
	重量比 (%)	捕食量 (kg)	単価 (円/kg)	金額 (円)	重量比 (%)	捕食量 (kg)	単価 (円/kg)	金額 (円)	
アユ	28.3	4,344	3,255	14,139,720	0.0	—		0	14,139,720
ウグイ	55.2	8,474	1,575	13,346,550	77.0	11,538	1,575	18,172,350	31,518,900
フナ類	13.1	2,011	620	1,246,820	18.2	2,727	620	1,690,740	2,937,560
(小計)	96.6	14,829		28,733,090	95.2	14,265		19,863,090	48,596,180
アカザ	0.2	31			0.3	45			
アブラハヤ	1.0	154			1.4	210			
オイカワ	1.0	154			1.4	210			
ドジョウ	0.4	61			0.6	90			
ヌマチチブ	0.6	92			0.9	135			
ヨシノボリ	0.2	31			0.3	45			
(合計)	100.0	15,352			100.1	15,000			≒48,600千円

阿武隈川水系ではウグイ、コイ、フナ類の増殖対象種を捕食しており、これら魚種を周年にわたり捕食したものとして積算した結果、阿武隈川水系のカワウによる年間魚類捕食量は 61.7t で、この内、43.6t が増殖対象種であり、その被害金額は 23,500 千円であると算定された。

阿賀川水系ではアユ、ウグイ、フナ類の増殖対象種が捕食されていた。この被害金額の算定に際しては、アユの棲息期間は 5 月から 8 月までとした。その他の期間はアユを除いた魚種を捕食したものとして積算した結果、阿賀川水系のカワウによる年間魚類捕食量は 30.3t で、この内、29.1t が増殖対象種であり、その被害金額は約 48,600 千円であると算定された。

考 察

カワウ調査捕獲と胃内容物の出現魚種

カワウ調査捕獲は 2002 年 1 月から 2003 年 6 月に実施された結果、阿武隈川水系では 41 羽、阿賀川水系では 22 羽が捕獲された。この間、両水系のカワウ調査捕獲に要した捕獲隊員は延べ人数で約 700 名に達し、多くの労力を要した。

阿武隈川水系のカワウ胃内容物の平均重量は、阿賀川水系に比較して 2 倍以上の数値を示した。この要因は阿武隈川水系のカワウ調査捕獲は午後 2 時以降日没まで、ねぐらに帰る個体を待ち受けたが、阿賀川水系は早朝から午前 8 時頃までのカワウが川へ飛来、採食する早朝の時間に捕獲されたことによるものと考えられた。

調査捕獲したカワウの胃内容物には魚体を確認できるものと消化途中の骨片や胃に寄生する線虫がみられた。胃内容物の魚種は、魚体から特定したものと咽頭骨から調べる 2 つの方法を用いた。咽頭骨の形と数はコイ科魚類の重要な分類形質であり^{6) 7)}、今回はコイ、フナ類、ウグイ、オイカワの咽頭骨見本を置きながら消化途中の骨片等を実体顕微鏡で調べた。カワウの胃内容物は未消化物を含めてその形状は変化に富んでおり、魚体から特定できる場合は特に支障がないが、その他の組織等で魚種を特定することが難しい。今回行った咽頭骨を用いた魚種の特定も一つの方法であると考えられる。

カワウが捕食した両水系の出現魚種についてみると、阿武隈川水系では、オイカワを筆頭にコイとフナ類が 2 位を占めており、合計 10 魚種を確認した。阿武隈川は 39 種の魚種が生息⁸⁾しており、1/4 の魚種が捕食されていた。また、カワウ捕獲場所は阿武隈川の中流域であり、オイカワ、コイ、フナ類、ウグイが比較的多く生息する漁場環境を反映したものと考えられた。さらに、阿賀川水系についてはカワウの捕獲実績が 6 月であり、ウグイの産卵期⁹⁾とアユの放流時期であったことから、これら魚種が多く捕食されたものと推察される。

両水系のカワウが捕食した増殖対象種の重量組成は、阿武隈川水系ではコイ、フナ類、ウグイの 3 魚種で全体の 70.5 %、阿賀川水系ではウグイ、アユ、フナ類 3 魚種で全体の 96.6 %を占めており、増殖対象種が多く捕食されている実態が確認された。

カワウによる漁業被害金額

今回の漁業被害金額の試算は、2002 年のカワウ飛来数と 1 日当たりのカワウ採食量を 0.5kg / 羽、カワウ胃内容物の魚種別重量組成及び販売単価を用いて算定した。カワウの 1 日当たりの採食量については、今回の調査捕獲したカワウの平均重量が 2.15kg であり、佐藤ら⁹⁾の屋外でのカワウの採食量は 1 日当たり体重の 26.2 %を採用すると 0.56kg と計算される。また、カワウ飼育試験結果¹⁰⁾及び各県の事例から、カワウの 1 日当たりの採食量を 0.5kg / 羽とすることが妥当であると考えられる。

阿武隈川水系と阿賀川水系の漁業被害金額は、それぞれ 23,500 千円と 48,600 千円と算定され

た。阿武隈川水系はカワウ飛来数が阿賀川水系の約2倍であったが、その被害金額が大きく下回った要因は、阿武隈川水系では単価が比較的安いコイ、フナ類が多く捕食されたことによるものと考えられる。それぞれの漁業被害金額は、阿武隈川水系1漁協と阿賀川水系4漁協の年間増殖経費の8割以上に相当しており、漁協関係者にとっていかに深刻な事態であるか危惧される。

阿武隈川水系には第2種区画漁業権免許を受けた41の灌漑用ため池が点在しており、全国2位の生産実績¹¹⁾を持つ本県におけるコイ養殖の主産地である。このため池にもカワウが飛来着水している。鈴木ら¹²⁾によると2002年の本県におけるコイ養殖池での漁業被害は、0才魚の生産結果でコイ減収量が35t、その被害金額が14,000千円であると推定しており、カワウは河川のみならずコイ養殖業での深刻な影響を報告している。

カワウによる漁業被害金額は、水産庁¹⁾によると、1都7県(茨城、栃木、埼玉、神奈川、山梨、長野及び群馬県)の事例が報告されており、今回報告した試算手法は長野県の事例に近い。長野県は、2001年11月から1年間の調査結果から、天竜川と木曽川及び信濃川水系のカワウ飛来数、捕食金額は、それぞれ水系別に、105,180羽、5,345万円と9,780羽、558万円及び19,800羽、704万円と試算している。また、全国的な漁業被害金額については、全国内水面漁業協同組合連合会のアンケート調査によると25億8百万円の報告¹⁾がある。今後は、これら深刻な漁業被害防除のためにその対策が急がれるものと考えられる。

要 約

カワウによる内水面漁業対策に資するため、調査捕獲したカワウの胃内容物を精査して捕食魚種、魚種別捕食重量さらには阿武隈川、阿賀川水系の漁業被害金額を検討した結果、以下の知見を得た。

1. カワウ調査捕獲は、2002年1月から2003年6月に実施した結果、阿武隈川水系では41羽、阿賀川水系では22羽のカワウを得た。
2. 胃内容物重量は、阿武隈川水系では0.9～343.8gの範囲で、その平均値は126.5gであった。阿賀川水系は0～214.0gの範囲で、その平均値は60.2gであった。両水系の胃内容物重量の差は捕獲時間帯の違いによるものと考えられた。
3. 胃内容物の魚種組成は、阿武隈川水系ではオイカワ、コイ、フナ類が上位3種であり、次にバス類、ウグイ、ニゴイが続いており、中にはドジョウ、シマドジョウ、カマツカの底棲の魚類も含めて10魚種が確認された。阿賀川水系では、ウグイ、アユ、フナ類が上位3種であり、次にヌマチチブ、アブラハヤ、オイカワであり、中にはふくしまレッドリスト準絶滅危惧種に分類されるアカザを含めて9魚種が確認された。
4. 胃内容物の魚種別捕食重量について、増殖対象種についてみると、阿武隈川水系はコイ、フナ類、ウグイの3魚種で全体の70.5%、阿賀川水系はウグイ、アユ、フナ類3魚種で実に96.6%を占めており、これら魚種が多く捕食されていることを確認した。
5. 胃内容物から魚種を特定する手法として、コイ科魚類の分類形質である咽頭骨を用いて魚種特定することが可能であった。
6. 2002年のカワウ飛来羽数は阿武隈川水系では123,539羽であり、阿賀川水系では60,670羽であった。
7. カワウの2002年の魚類捕食量は阿武隈川水系では61.8tで、この内、43.6tが増殖対象種であり、その被害金額は23,500千円と算定された。阿賀川水系では魚類捕食量が30.4tで、この内、29.1tが増殖対象種であり、その被害金額は約48,600千円と算定された。それぞれ金額は両水系別の増殖経費の8割以上に相当する額であった。

8. 阿武隈川水系には、更にコイ養殖池のカワウによるコイ減収に伴う被害金額が報告されている。

文 献

- 1) 水産庁：内水面生態系管理手法開発事業報告書(カワウ等食害防止対策)、(2003)。
- 2) 湯浅大多郎：福島県の鳥、59(1953)。
- 3) 全国内水面漁業協同組合連合会：カワウの食害じわじわ、広報ないすいめん、第25号、32、(2001)。
- 4) 廣瀬 充・鈴木 信：カワウ胃内容物中の魚体重推定(短報)、福島内水試研報第6号、86-86(2005)。
- 5) 福島県：レッドデータブックふくしまⅡ、22(2003)。
- 6) 落合明編著：魚類解剖学、緑書房、83(1987)。
- 7) 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦：原色日本淡水魚類図鑑、保育社、(1980)。
- 8) 福島県内水面水産試験場：福島県の淡水魚、134-135(2002)。
- 9) 佐藤孝二・皇甫宗・奥村純市：カワウの採食量と基礎代謝率、応用鳥学集報、8、58-62(1988)。
- 10) 尾田紀夫・阿久津正浩：カワウ対策事業、栃木県水産試験場研究報告、第7号、5-8(2004)。
- 11) 農林水産省統計情報部：平成11年度漁業・養殖業生産統計年報、228、(2001)。
- 12) 鈴木章一：カワウによるコイ養殖の漁業被害、平成15年度福島県内水試事報、(印刷中)。

福島県のカワウ生息状況と内水面漁業への影響

鈴木 信・廣瀬 充

The Fishery Damage by the Common Cormorant Inhabiting in Fukushima Prefecture

Makoto Suzuki, Mitsuru Hirose

はじめに

カワウ *Phalacrocorax carbo* はペリカン目ウ科に属する大型の魚食性水鳥である。近年、カワウの異常繁殖や大量飛来のため、内水面漁業への影響が深刻になっている。前報¹⁾では阿武隈川、阿賀川水系におけるカワウの捕食魚種と漁業被害金額を報告した。カワウの影響は直接的には捕食による魚族資源の減少であるがこれに伴う内水面漁業への影響が各種論議されている²⁾³⁾。

今回は、いままで得た本県のカワウ生息状況と飛来河川と飛来しない河川の漁獲統計、ウグイ産卵期の漁獲量、遊漁料収入及び魚類相を調査し知見を得たので報告する。

材 料 と 方 法

福島県のカワウ生息状況

カワウの生息は前報¹⁾の日本野鳥の会の情報と現場が行ったカワウ食性調査さらには内水面漁業関係者(以下、漁業関係者とする)から聴き取った飛来情報及び文献等で調査した。

漁獲統計の整理

カワウの飛来と漁獲量の変化をみるため、カワウが飛来する阿武隈川、阿賀川水系と 2003 年までカワウが飛来していない久慈川水系の漁獲量について、福島農林水産統計年報を用い、1987~2002 年の 16 年間を整理した。

ウグイ産卵期の漁獲量

産卵期のウグイは、ませ漁法と称されて投網で漁獲されており、県内各地にはませ漁法に熟練した漁業関係者がいる。ここで用いたウグイの漁獲量は、カワウが多く飛来する阿武隈川、阿賀川の 4 漁業協同組合(以下漁協とする)とカワウの飛来情報がない浜通り、中通り、会津地方のそれぞれ 1 漁協を抽出し、1 漁協当たり 5 名のアンケートを行った。集計にあたっては、5 名の漁獲量の内、最大、最小値を除いた 3 名の平均値を用い、カワウが異常繁殖する以前の 1996~1998 年の 3 カ年の平均値を基準に各年の変化を比較した。

遊漁料収入

遊漁料収入は、漁協の実績報告書から年券、日釣券の遊漁料収入を整理した。対象とした漁協は前述のウグイ産卵期の漁獲量と同様であり、1996~1998 年の 3 カ年の平均値を基準に各年の変

化を比較した。

魚類相調査

調査河川はカワウ飛来河川と飛来しない河川を選定した。飛来河川は阿賀川を選定し、会津本郷町の本郷鉄橋の 500m 下流(本郷鉄橋区)と会津坂下町の宮古橋の 400m 上流(宮古橋区)の 2 区間で調査した。また、飛来しない河川は伊南川とし、その調査区間は南郷村の南郷橋直下(南郷橋区)の 1 区間とした。

調査箇所はいずれも瀬と淵が連続する河川形態の 100m 区間であり、アユ、ウグイの好漁場である。調査は事前に行った阿賀川の投網調査で全く魚が捕れなかったので潜水目視で行った。潜水調査は 2 名以上の人員で 50m 区間ごとに目視魚種、尾数、大きさを記録して行った。調査は平水時に 2002 年と 2003 年の 2 回行った。

カワウの飛来着水が確認されている阿賀川の調査両区の内、上流に位置する本郷鉄橋区は、0~50m までは最大水深が 2.5 m 程度の淵であり、その上流 50 ~ 100m は川幅が 25m、水深が 80cm 程度の早瀬である。また、淵の右岸には 10 基程度のテトラポットが 2 カ所に設置されていた。下流の宮古橋区は、0~50m までは最大水深が 2.0 m 程度の淵であり、その左岸 35m は護岸テトラポットが連続して設置されていた。その上流の 50 ~ 100m は水深 60cm 程度の早瀬である。対照とした伊南川の南郷橋区は、0~50m までは最大水深が 3.5 m 程度の淵であり、その上流 50 ~ 100m は川幅が 28m で水深が 80cm 程度の早瀬である。また、テトラポット等の人工構築物が全くみられない調査箇所である。

また、潜水調査の 10 日程度前にはいずれの区間ともアユが放流された場所である。調査時期は阿賀川では 6 月、伊南川は 7 月であった。さらに、阿賀川の調査区間付近はカワウ対策のため、防鳥テープや追い払い等でカワウ着水阻止の取り組みが漁協によって実施されていた。

結 果

福島県のカワウ生息状況

本県の内水面漁場とカワウ営巣地の模式図を図 1 に示す。

本県の内水面漁場は、浜通りは太平洋に面した多くの河川、中通りは阿武隈川、久慈川の一級河川、また、会津は渓流域を多く含む阿賀川水系の一級河川に加え、裏磐梯湖沼群、田子倉ダムに代表され湖沼等変化に富んだ漁場が存在する。

本県における近年のカワウ生息状況について、後藤⁴⁾は、1997 年 7 月に猪苗代湖北岸で 23 羽のカワウを確認したのを始め、1999 年には同湖の翁島で営巣地を確認した。また、2000 年には阿賀川水系の高郷村東羽賀地内でも 200 羽のカワウと営巣地を確認した。阿武隈川水系では、1999 年に二本松市と本宮町でカワウが確認され始め、2000 年には本宮町鳴瀬地区で 80 羽のカワウと営巣地を確認した。

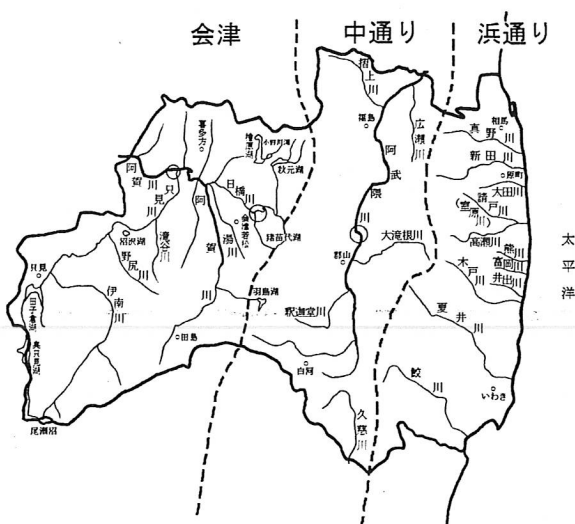


図 1 福島県の内水面漁場とカワウの営巣地

○ カワウの営巣地

表 1 カワウ飛来数調査結果 (2002年)

調査月	調査月日	調査羽数 (推定羽数)	月次罾 利用延べ 羽数	月次採餌 ^{※1)} 総重量 (kg)
阿武隈川本宮町鳴瀬地区カワウ罾調査 (日本野鳥の会二本松支部調べ)				
1月	1/14	473	14,663	7,332
2月	2/24	460	12,880	6,440
3月	3/10	454	4,540	2,270
〃	3/31	312	6,552	3,276
4月	4/14	268	8,040	4,020
5月	5/19	268	8,308	4,154
6月	6/14	168	5,040	2,520
7月	7/24	221	6,851	3,426
8月	8/17	268	8,308	4,154
9月	9/18	323	9,690	4,845
10月	10/31	421	13,051	6,526
11月	—	362	10,860	5,430
12月	12/24	476	14,756	7,378
年合計			123,539	61,771
阿賀川カワウ飛来数調査 (日本野鳥の会会津支部調べ)				
1月	1/8, 20, 22	(100)	3,100	1,550
2月	2/1	(100)	2,800	1,400
3月	3/1, 13	(100)	3,100	1,550
4月	4/7, 15, 17, 21	(150)	4,500	2,250
5月	5/12, 13, 25	(200)	6,200	3,100
6月	6/4, 16, 25	(300)	9,000	4,500
7月	7/9, 12, 18, 21	(300)	9,300	4,650
8月	8/25	(200)	6,200	3,100
9月	9/29	(200)	6,000	3,000
10月	10/27	(200)	6,200	3,100
11月	11/24	(70)	2,100	1,050
12月	12/29	(70)	2,170	1,085
年合計			60,670	30,335

※1) ; 日間カワウ採餌重量は0.5kg/羽・日

出典 ; 第8回福島県カワウ対策検討協議会資料、一部改変

2003年6月時点での本県のカワウは、営巣地が3カ所、確認したカワウは合計1,081羽であると報告している。また、日本野鳥の会二本松支部、会津支部が調べた2002年のカワウ飛来羽数を表1に示す。阿武隈川水系では1日当たり168~473羽、年間では約123.5千羽であり、阿賀川水系では1日当たり70~300羽、年間では約60.6千羽であった(第8回福島県カワウ対策検討協議会資料プリント)。さらに、カワウ飛来数の最大値については、日本野鳥の会福島県内支部連合

会によると、2003 年 5 月から 2004 年 2 月までの 3 営巣地及び阿賀川の泡の巻橋での調査によると 1,927 羽との報告がある(第 9 回福島県カワウ対策検討協議会説明)。

これらの知見、情報は主に営巣地及びその周辺での調査結果である。漁業関係者によると、浜通りの各河川には、数羽から 30 羽程度の集団が飛来着水していること、また、2004 年 3 月に始めて確認された矢祭町の久慈川及び白河市周辺の阿武隈川上流でも他県から飛来しているとみられる 100 羽を超える集団が飛来着水した。

さらに、阿賀川水系只見川の滝ダムでは、2002 年 4 月、当场がカワウ 30 羽程度を確認したのを始めに、その後、その数は倍増しており、2004 年 4 月の調査では 150 羽を超える集団を確認した。このカワウについては、2004 年 1 月、漁業関係者が飛来を確認したとの情報があった。

漁獲統計の整理

カワウが多く飛来する阿武隈川と阿賀川水系及び 2003 年までカワウの飛来がなかった久慈川水系の魚種別漁獲量の推移を図 2 に示す。阿武隈川水系の漁獲量は、1993 年には 400t であったが 2002 年は 270t まで減少した。カワウの飛来が確認された 1999 年以降はウグイ、コイの減少が若干認められる。阿賀川水系は、1989 年には 360t の漁獲量であったが 2002 年には 130t まで落ち込んだ。カワウの飛来が確認された 1997 年以降をみるとアユ、ウグイの減少が大きい。しかし、ヤマメ、イワナ等陸封型マス類とワカサギの漁獲量は増加した。

一方、カワウが飛来しない久慈川水系は全体的に 30t 前後で推移しており、近年はアユとウグイを含めて漁獲量が増加した。

近年のアユ、ウグイ漁獲量の減少要因として、アユ冷水病とカワウ食害が報告されている⁵⁾。本県の河川でのアユ冷水病の確認は 1995 年であるが⁶⁾、その確認件数は 1998 年の 7 件を最大にその後は各年とも 3 件未満であり、近年、アユ冷水病の発生が多い状況はみられない。

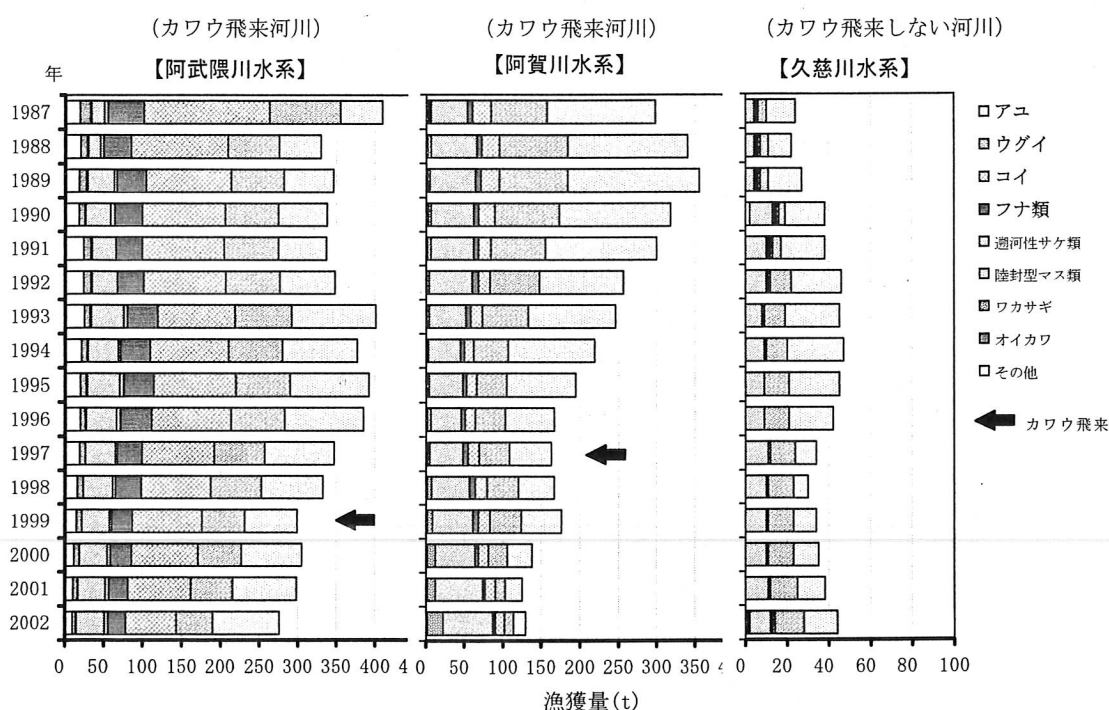


図 2 水系別漁獲量の変化 (出典：福島県農林水産統計年報)

ウグイ産卵期の漁獲量

産卵期のませ漁法によるウグイ漁獲割合の経年変化を図3に示す。カワウが飛来する河川の4漁協はいずれもウグイの漁獲量が減少した。4漁協の平均をみると、1998年以降に減少しており、2002年は24%まで大きく減少した。カワウが飛来しない河川の3漁協は、E漁協の変化が大きいが1998年以降はいずれの漁協も100%を大きく下回る状況は認められなかった。

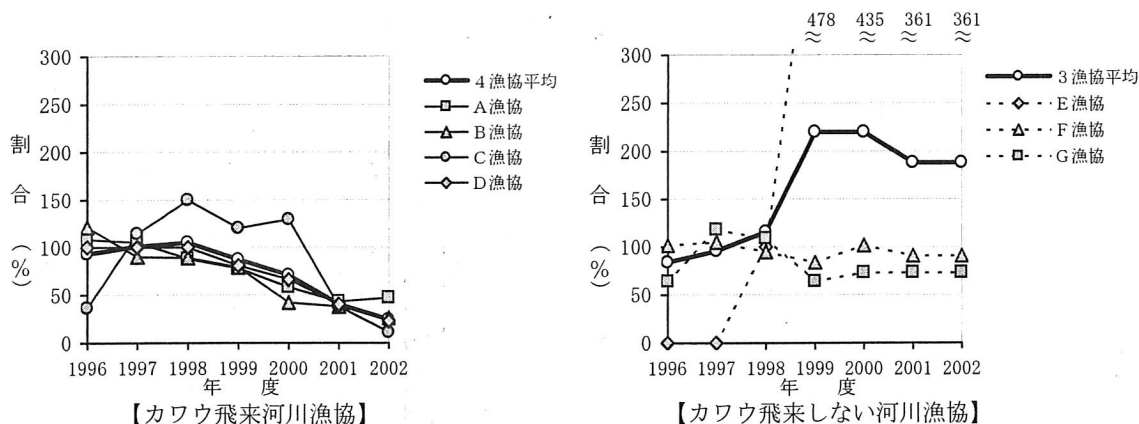


図3 ませ漁法によるウグイ漁獲量の経年変化

遊漁料収入

漁協別の遊漁収入実績割合の経年変化を図4に示す。県全体の遊漁料収入割合は、1998年の105%を最大に2002年では85%に減少した。カワウが飛来する河川の4漁協は、2002年では3漁協が60%以下であった。特に、B漁協においては1998年以降にその割合が減少しており、2002年には13%まで大きく落ち込んだ。B漁協の漁業権河川は他漁協に比してカワウが着水しやすい開けた漁場環境であった。

一方、カワウが飛来しない3漁協は、いずれの年も77%以上の数値を示しており、大きな減少は認められなかった。

魚類相調査

潜水目視による魚類相調査結果を表2に示す。

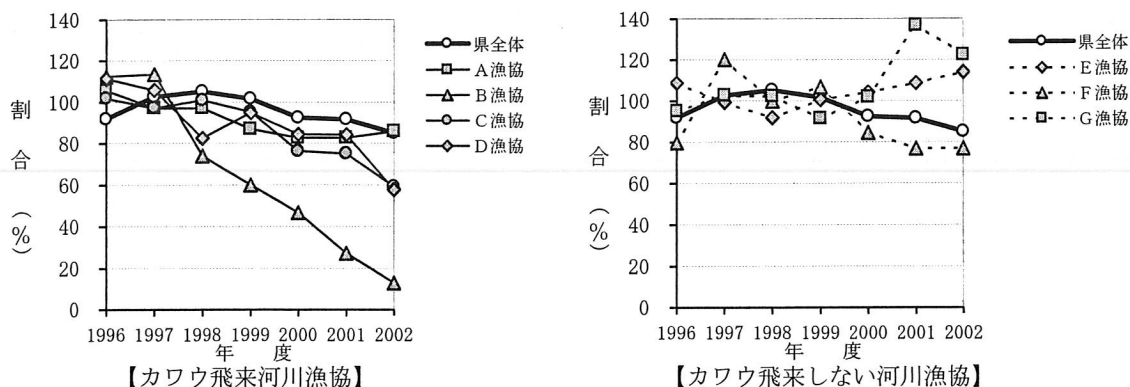


図4 遊漁料収入実績の経年変化

表2 潜水目視による魚種相調査結果

単位：尾

年 調 査 区 調 査 月 日 水 温	2002			2003		
	※1	※2	※3			
	本郷鉄橋	宮古橋	南郷橋	本郷鉄橋	宮古橋	南郷橋
	6/27 18.6	6/27 19.6	7/4 21.6	6/4 18.6	6/4 19.1	7/7 17.9
ウ グ イ ～10cm	40	80	300	67		54
～20cm	24		400			453
～30cm			100	1		50
(計)	(64)	(80)	(800)	(68)	(0)	(557)
ニ ゴ イ 30cm～	40	20		7	70	
コ イ 30cm～	1	40			25	
ア ユ ～20cm	2	8	200以上	1	2	200以上
オ イ カ ワ		10				
ア ブ ラ ハ ヤ	20	1	1			
ナ マ ズ				1	6	
カ マ ツ カ			3			
コ ク チ バ ス		3			5	
ヨ シ ノ ボ リ	2	1		3		
ヤ マ メ			2	1		1
カ ジ カ				1		
ド ジ ヨ ウ						1
ウケクチウグイ					4	

※1、※2：カワウ飛来河川の阿賀川

※3：対照区、カワウ飛来情報のない伊南川

阿賀川の両区で確認した魚種は2年間で12魚種であった。目視尾数はウグイ、ニゴイ、コイの順位であり、上位3魚種で全体の8割を占めた。この内、ニゴイ、コイはいずれも30cm以上の大型個体であり、ウグイは10cm以下の小型個体に偏っていた。また、アユは放流後であったにも関わらず8尾未満に止まっており、これ以外の魚種としてはオイカワ、アブラハヤ等8種であった。さらに、両区で目視した魚の行動は淵と早瀬でも俊敏な逃避行動をしており、南郷橋区の遊泳行動と明らかに異なっていた。

南郷橋区で確認した魚は6魚種で、尾数ではウグイ、アユの順位であり、この2魚種で全体の9割以上を占めた。ウグイは10～30cmの範囲であり、阿賀川のような大きさの偏りは認められなかった。また、アユは50尾以上の群れが淵で多く見られたほか瀬では単独で遊泳する姿も確認した。ウグイ、アユの遊泳行動は、特に瀬では1m以内の距離に近づいても俊敏な逃避行動をするような状況はみられなかった。

考 察

福島県のカワウ生息状況

本県では、1997年にカワウがみられ始め、1999年以降は1,000羽前後の大量飛来と営巣地での繁殖が確認された。本県のカワウ生息状況について、2003年6月時点の営巣地での羽数として1,081羽⁴⁾であった。また、最高羽数については2003年5月～2004年2月の間、3カ所の営巣地及び阿賀川の泡の巻橋での調査で1,927羽であると報告されている。これらの数値は主に県

内3カ所の営巣地付近での調査結果である。

これ以外の情報によると、浜通り各河川では数羽から30羽程度の個々の集団と中通り久慈川、阿武隈川上流でみられたそれぞれ100羽を超える集団の報告がある。さらに、阿賀川水系只見川の滝ダムでは、2004年4月に当场が150羽を超える集団を確認した。特に、滝ダムでは、2004年1月に漁業関係者が冬季の飛来を確認したことから留鳥になっていることが指摘される。以上のように、本県では、阿武隈川、阿賀川水系だけでなく県下全域に生息域を拡大しているものと考えられる。

カワウによる内水面漁業への影響

カワウによる内水面漁業の影響は、直接的には捕食による魚族資源の減少であるがそれ以外にも内水面漁業への影響が各種論議されている。本報ではカワウ飛来の有無により、漁獲量と遊漁料収入及び魚類相調査で内水面漁業への影響を比較した結果、いずれもカワウが飛来する河川が減少しており、特に、カワウ大量飛来が確認された1999年以降に大きな減少が認められた。一方、飛来のない河川は大きな減少がなかったことからいずれの課題もカワウによる影響が大きいものと考えられる。

また、魚類相調査結果では、カワウが飛来する阿賀川の調査両区は、ニゴイ、コイの大きさが全長30cm以上の大型個体であり、ウグイは全長10cm以下の小型個体に偏っている状況がみられた。一方、対照の南郷橋区は、ウグイの全長が10～30cmの範囲で大きさの偏りが認められなかったことから阿賀川でみられた魚体の大きさの偏りはカワウによる捕食の影響を反映したものと推察される。

さらに、阿賀川両区のウグイ、アユの尾数は、それぞれ80尾、8尾未満であり、南郷橋区の1/6以下と少なかった。この要因は、阿賀川水系におけるカワウ胃内容物の魚種別出現組成¹⁾をみると、ウグイ、アユ2魚種で全体の83%を占めており、カワウによる捕食が影響したものと考えられる。

要 約

カワウによる内水面漁業対策に資するため、本県のカワウ生息状況とカワウ飛来河川の漁獲統計、産卵期ウグイの漁獲量、遊漁料収入及び魚類相を調査して以下の知見を得た。

1. 本県のカワウ生息は、営巣地が3カ所、その羽数は2003年6月時点では合計1,081羽であり、最高羽数は1,927羽である。
2. また、当场のカワウ食性調査と漁業関係者によると、浜通りの各河川では数羽から30羽程度及び久慈川の矢祭町と阿武隈川上流の白河市周辺で100羽を超える集団が飛来着水した。阿賀川水系只見川の滝ダムでは、2004年4月に150羽を超える集団が確認されており、生息域の拡大がみられた。
3. カワウが飛来する河川と飛来しない河川の漁獲量、ウグイ漁獲量、遊漁料収入をみると、いずれもカワウ飛来河川は全体的に減少が認められ、特に、カワウの大量飛来があった1999年以降は比較的大きな減少が認められた。一方、カワウが飛来しない河川は特別な経年変化が認められないことからいずれの課題もカワウによる影響が大きいものと考えられる。
4. 魚類相調査ではカワウが飛来する阿賀川の調査両区は2カ年間で13魚種を確認した。しかし、魚体の大きさは全長30cm以上の大型個体と全長10cm以下の小型個体に偏っていた。一方、カワウが飛来しない伊南川の南郷橋区は6魚種を確認したほか魚体の大きさは偏りが認められなかった。阿賀川での魚体の大きさの偏りはカワウによる捕食の影響を反映したものと推察さ

れる。

5. 阿賀川のウグイ、アユが少ない要因は、カワウ胃内容物の魚種別出現組成をみると、ウグイ、アユ2魚種で全体の83%を占めており、カワウの捕食が影響したものと考えられる。

文 献

- 1) 鈴木 信・廣瀬 充：阿武隈川、阿賀川水系におけるカワウの捕食魚種と漁業被害金額、福島内水試研報第6号、69-76、(2005)。
- 2) 水産庁：内水面生態系管理手法開発事業報告書(カワウ等食害防止対策)、(2003)。
- 3) 福富則夫：カワウ対策事業、栃木県内漁業協同組合のカワウによる漁業被害調査、栃水試研報45、104-109、(2002)。
- 4) 後藤 滋：「福島県内におけるカワウの生息状況」、「河川に生きるカワウと人との共存の道を探る」講演要旨集、財団法人日本野鳥の会、13-14(2003)。
- 5) 東北農政局福島統計情報事務所：平成12年度図説水産業の動向(福島)、19、(2001)。
- 6) 渡辺博之：アユ冷水病について、平成9年度水産種苗研究所・栽培漁業協会研究発表会要旨平成9年度福島県水産種苗研究所事業報告書、79、(1998)。

全長、体長、尾鰭長を用いたカワウ胃内容物中の 魚体重推定式（短報）

廣瀬 充・鈴木 信

Equation to Estimate the Body Weight of the Fish from Total Length, Standard Length
and Caudal Fin Length in the Stomach Contents of Common Cormorant
(Short Paper)

Mitsuru Hirose, Makoto Suzuki

カワウの個体数は一時期全国的に大きく減少したが¹⁾、近年増加の傾向にあり、福島県内でも1997年頃猪苗代湖北岸で確認されて以降、個体数は増加し続けている。2003年6月現在で福島県内での生息羽数は1,081羽となっており²⁾、魚食性の強い鳥類であることと併せて、内水面漁業に対して大きな影響を及ぼしているものと考えられている。このため、本県では2000年10月から福島県カワウ対策検討協議会においてカワウによる内水面漁業に対する被害状況の把握及び対策の検討を進めてきた。

カワウによる内水面漁業への被害額を推定するにあたり、捕食される魚種の組成及び種毎の重量を推定する必要がある。カワウから摘出した胃及び胃内容物はエタノール（99.9%）で保存されるため、消化がほとんど進んでいない個体でも脱水作用により魚体重は実際より小さくなる。このため、全長や体長などの収縮率が比較的小さい測定値から魚体重を推定する必要がある。しかし、こうした相対成長式が報告書等にまとめて記載された例はほとんどみられない³⁾。また、カワウに捕食された魚は時間の経過とともに消化が進行するため、全形をとどめていることは少ない。通常、カワウは捕獲した魚類を頭から飲み込むため、魚体の後方ほど消化されずに残る場合が多い。そこで、カワウに捕食された主な魚種について、当场で保有する過去の魚体測定データを用いて全長、体長及び尾鰭長と魚体重との関係式を求めたので報告する。

魚体測定データは、1978年以降に当场で全長、体長、体重を測定したものを使用した。また、全長と体長との差を尾鰭長として扱った。全長、体長、尾鰭長の単位はいずれもcm、体重の単位はgを用いた。関係式を求めるに先立ち、魚種毎の全長と体長をグラフにプロットし、回帰直線から大きく外れるデータについては、測定あるいは記入時のミスと見なして除外した。除外後の魚種毎のデータの使用尾数とその全長範囲を表1に示す。2001年から2003年の学術調査において調査捕獲したカワウの胃内容物として確認された魚種は計15種であった。このうちアユ、オイカワ、ウグイ、アブラハヤ、カマツカ、ニゴイ、コイ、フナ類、

表1 供試尾数と全長範囲

魚 種	供試尾数	全長範囲(cm)
アユ	599	6.2 - 20.5
オイカワ	128	5.1 - 14.5
ウグイ	605	3.8 - 32.1
アブラハヤ	368	3.3 - 23.0
カマツカ	63	6.4 - 22.5
ニゴイ	219	3.9 - 54.0
コイ	149	7.9 - 49.0
フナ類	521	1.8 - 34.5
オオクチバス	243	7.5 - 41.5
ブルーギル	86	7 - 18.8

オオクチバス、ブルーギルの 10 種について全長、体長、尾鰭長と魚体重の関係式を求めた。関係式及び重相関係数 R は、統計解析用パソコンソフト EXCEL 多変量解析 Ver.5.0⁴⁾の回帰分析機能を用いて、最小 2 乗法によりべき乗関数にあてはめて求めた。このうち、フナ類については過去の測定結果が単にフナとして記載されていることと、カワウの胃内容物からのフナ属の査定が困難であったことからまとめてフナ類として扱った。

求めた回帰式を表 2 に示す。種内で体型の個体差がまったく無ければ、体重は各部の長さの 3 乗に比例するはずである。しかし、実際には個体差が存在し、他にも成長に伴う体型の変化や、生息場所や季節の違いによる差が生じる。今回求めた回帰式についてみると、全長と体長からの回帰式については、x の指数は 3 に近い数値となっており重相関係数も全て 0.97 以上と高く、体重の推定に際して問題は無いと考えられる。尾鰭長からの回帰式については、指数が 3 から大きくずれる式が多く、重相関係数も 0.84 ～ 0.98 と全長、体長からの推定と比べて低くなっている。測定は 0.1cm を最小単位として行っているため、それ以下の差は測定しきれていない。尾鰭長から体重を推定する際には、全長や体長を用いる場合に比べて倍率が大きいため、測定しきれていない小さい差が引き延ばされてしまうことが一因と考えられる。したがって、全長、体長から体重の推定を行う場合に比べて誤差の大きい推定になってしまうことが考えられる。このため、全長及び体長の測定が不可能な場合に限って尾鰭長を用いた推定を行うのが望ましい。

表2 全長、体長、尾鰭長(x)と体重(y)の回帰式

魚 種	xの値					
	全長(cm)	R	体長(cm)	R	尾鰭長(cm)	R
アユ	$y=0.005345x^{3.165}$	0.99	$y=0.012601x^{3.027}$	0.99	$y=1.51963x^{3.573}$	0.87
オイカワ	$y=0.004435x^{3.279}$	0.98	$y=0.01005x^{3.204}$	0.99	$y=1.30029x^{3.091}$	0.87
ウグイ	$y=0.007547x^{3.039}$	0.98	$y=0.01395x^{3.027}$	0.99	$y=1.80717x^{2.871}$	0.85
アブラハヤ	$y=0.006293x^{3.165}$	0.99	$y=0.01296x^{3.086}$	0.99	$y=1.60998x^{2.894}$	0.91
カマツカ	$y=0.005165x^{3.210}$	0.99	$y=0.01124x^{3.124}$	0.99	$y=1.79515x^{3.167}$	0.93
ニゴイ	$y=0.010977x^{2.928}$	0.98	$y=0.02362x^{2.860}$	0.98	$y=1.51809x^{3.064}$	0.88
コイ	$y=0.009018x^{3.183}$	0.99	$y=0.02945x^{3.007}$	0.99	$y=0.87629x^{3.605}$	0.84
フナ類	$y=0.010838x^{3.107}$	0.97	$y=0.02417x^{3.071}$	0.98	$y=1.45350x^{3.115}$	0.85
オオクチバス	$y=0.008549x^{3.165}$	0.99	$y=0.01622x^{3.135}$	0.99	$y=3.32495x^{3.005}$	0.95
ブルーギル	$y=0.007003x^{3.406}$	0.99	$y=0.02339x^{3.228}$	0.99	$y=0.88339x^{3.824}$	0.98

文 献

- 1) 浜口哲一・森岡照明・叶内拓哉・蒲谷鶴彦：山溪カラー名鑑日本の野鳥、山と溪谷社、(1985)。
- 2) 後藤 滋：福島県内におけるカワウの生息状況、平成 15 年度「水域環境をめぐる学習活動等の成果公表支援」事業 シンポジウム「河川に生きるカワウと人との共存の道を探る」講演要旨集、日本野鳥の会、13-14(2003)。
- 3) 福田富男：各種魚類の相対成長式—体長、全長、体重の関係—、岡山県水産試験場報告、2、167-170 (1987)。
- 4) エスミ：excel 多変量解析 Ver.5.0、(2003)。

福島県内水面水産試験場研究報告

第6号

目 次

廣瀬 充・佐久間徹・成田 薫 河川における人工アユの成長と生残	1
神山享一 受精卵の圧力処理によるヤマメ全雌4倍体魚の作出	11
實松敦之・渡辺博之 17 α -メチルテストステロン投与処理による性転換雄の作出 および性転換雄を用いたコイ全雌魚種苗生産	17
實松敦之 モツゴ養殖研究	25
佐久間徹・廣瀬 充 コクチバスの繁殖生態と人工産卵場を利用した繁殖抑制	37
佐久間徹 ため池における HYBRID STRIPED BASS の捕獲記録	49
成田 薫・廣瀬 充・渋谷武久 裏磐梯の湖沼および河川におけるコクチバスの食性	55
成田 薫・廣瀬 充 コクチバスの溪流河川への侵入	61
鈴木 信・廣瀬 充 阿武隈川、阿賀川水系におけるカワウの捕食魚種と漁業被害金額	69
鈴木 信・廣瀬 充 福島県のカワウ生息状況と内水面漁業への影響	77
廣瀬 充・鈴木 信 全長、体長、尾鰭長を用いたカワウ胃内容物中の魚体重推定式(短報)	85