

# クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究

青柳 敏裕<sup>1</sup>, 加地 奈々<sup>2</sup>, 長谷川 裕弥<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>山梨県水産技術センター, <sup>2</sup>山梨県水産技術センター忍野支所, <sup>3</sup>山梨県衛生環境研究所)

**要約** 2010年に西湖で再発見されたクニマスの保全及び活用を図るため, 産卵生態に関する調査及び増養殖試験を行った. その結果, 西湖におけるクニマスの産卵は11月から2月にかけて, 主として西の越沖の水深30-40mの湖底で行われているものと推定された. クニマスの人工繁殖に成功し, おそらく成魚までは人工飼育が可能であることが示された. これまで知られていなかったクニマスの卵発生及び稚魚の形態はヒメマスに類似しているものと推察された.

## Studies on the ecology and culture of Kunimasu (*Oncorhynchus kawamurae*) in Lake Saiko.

Toshihiro Aoyagi<sup>1</sup>, Nana Kaji<sup>2</sup>, and Yuya Hasegawa<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Yamanashi Fisheries Technology Center, <sup>2</sup>Yamanashi Fisheries Technology Center Oshino-branch, <sup>3</sup>Yamanashi Institute for Public Health)

**Abstract** We investigated to the spawning ecology and aquaculture of Kunimasu, that had rediscovered from Lake Saiko in 2010. As a result of several investigation, it supposed that Kunimasu is spawned in November to February mainly, and the spawning ground will exist at the bottom of lake off the Nishino-koshi that is 30 to 40 meters in depth. We have done the artificial insemination of Kunimasu successfully, and have been expected that are breeding to adult fish. It seems that development of egg and form of fingerling look like a Himemasu.

### 1. 緒言

クニマスは秋田県田沢湖の固有種でベニザケ(ヒメマス)の近縁種とみなされていたが, 田沢湖水質の強酸性化により1940年頃に絶滅したと考えられていた<sup>1)</sup>. しかし2010年に山梨県西湖で再発見され<sup>2)</sup>, 1935年に発眼卵で移植されたクニマス<sup>3)</sup>の子孫の可能性が高いことが明らかとなった. クニマスは生態及び形態の多くが謎のまま絶滅しており, 慎重な同定や保安全管理に向けた生態解明が求められている<sup>4)</sup>. また, 再絶滅のリスクを軽減するためには域外保全策として人工下での飼育技術を確立する必要があるとともに, 絶滅前に「魚一匹米一升」と称され食用として珍重されたクニマスを養殖し新たな地域特産品として活用することも求められている.

そこで, クニマスの保全並びに西湖のヒメマス漁業との共存に資するため生態や生息環境について明らかにするとともに, クニマスの域外保全並びに養殖事業化に資するため増養殖技術の研究を行うこととした.

予備研究の平成23年度から研究初年度の24年度にかけては絶滅前の知見が残り比較検証が可能な産卵生態について調査を行うとともに, 採捕された成熟魚からの人工繁殖及び稚魚飼育に関する試験を行った. 平成24年度からは西湖の水環境について水温鉛直分布の経時変化, 冬季の光量及び湖内流の観測を行った. 研究は生態調査を水産技術センター, 増養殖試験を同忍野支所, 水

環境調査を衛生環境研究所が担当した.

### 2. 実験方法

#### 2-1 西湖におけるクニマスの産卵生態

##### 2-1-1 成熟魚の出現状況

過去の調査<sup>5)</sup>及び地元漁業者の経験から推定されたクニマスまたはヒメマスの産卵水域に2定点(定点1;水深10-15m, 定点2;水深30-40m), 西湖最深部の湖心に1定点(定点3;水深70m)を設け(図1), 2011年9月から2012年3月にかけて毎月1回中旬頃に合計7回, 底刺網により産卵場に来遊する成熟魚を採捕し, その出現時期及び水深について検討した. なお本項にいう成熟魚とは, 採捕時に排卵または排精が認められた個体, 採捕時



図1 刺網調査地点

に未排卵または未排精だが産卵期中に排卵または排精が見込まれる個体、採捕時に放精後または放卵後の個体を指す。

刺網は1ヶ所につき目合6節、丈1.5m×幅20mのものを2枚、目合13節、丈1.5m×幅20mのものを1枚の3枚を連結し、午後3時頃に投入し翌日午前10時頃に回収した。採捕された成熟魚は可能な限り生かしたまま忍野支所に搬入し、人工繁殖試験まで畜養した。

併せて西湖のヒメマスの産卵生態を比較するため、2011年10月から2012年3月、2012年10月から2013年3月にかけて根場から西湖漁業協同組合養魚池排水部までの湖の北岸側を対象に、毎週2回程度産卵行動や産卵床など産卵の形跡について目視観察を行った。なお溶岩帯の南岸は踏査しなかった。

刺網調査の採捕魚は採卵後またはへい死するまで忍野支所で飼育し、採卵時または死後に全長、標準体長、体重及び生殖腺重量を計測し10%ホルマリン液で約3週間固定した後70%エタノール液に置換し標本として保管した(付表)。

標本の幽門垂数及び鰓耙数を計数し、両形質から判別分析による種判別を行い、両種の出現時期及び場所を検討した。判別分析のもととなる判別関数の算出には、クニマス集団の形質として西湖で再発見されたクニマスの幽門垂数及び鰓耙数(n=9, 幽門垂数 $54.7 \pm 5.4$ , 鰓耙数 $39.6 \pm 1.8$ , それぞれ平均値±標準偏差)<sup>2)</sup>を、ヒメマス集団の形質として西湖漁協の直近5年間の放流ヒメマスと同由来のヒメマス成魚(阿寒湖漁協, 中禅寺湖漁協, 水産技術センター忍野支所)を入手し幽門垂数及び鰓耙数を計数して用いた(n=58, 幽門垂数 $76.2 \pm 12.2$ , 鰓耙数 $33.3 \pm 1.5$ , 同前)。次の判別関数Zが得られ、Zの値が正の場合クニマス、負の場合ヒメマスと判別されることにより個体ごとに種判別を行った。

$Z = -0.225X_1 + 2.808X_2 - 87.534$  ( $X_1$ : 幽門垂数,  $X_2$ : 鰓耙数。各係数のP値<0.01, 誤判別率=0.009)。

### 2-1-2 産卵環境調査

2011年9月から2012年8月にかけて毎月1回中旬頃、刺網調査の各定点で水温及び溶存酸素量をメモリーDO計(JFEアドバンテック, ARO2-USB)により0.5秒間隔で計測し、同時に記録される深度から水深1m間隔で計測値を抽出した。

## 2-2 クニマスの人工繁殖及び稚魚の飼育試験

### 2-2-1 天然魚からの採卵と受精

2011年10月から2012年1月にかけて定点2で採捕された成熟魚を親魚(図2)とした。親魚は排卵または排精を確認後、雌1個体に対し雄1個体の交配で乾導法による人工受精を行った(図3)。卵は採卵可能であった全個体分を用い、精液は顕微鏡下で精子の運動性を確認し

て良好な個体のみを用いた。未排卵の個体は4℃から5℃の水温に設定した水槽に収容し、週に3回の頻度で排卵の確認を行い、排卵時に採卵を行った。

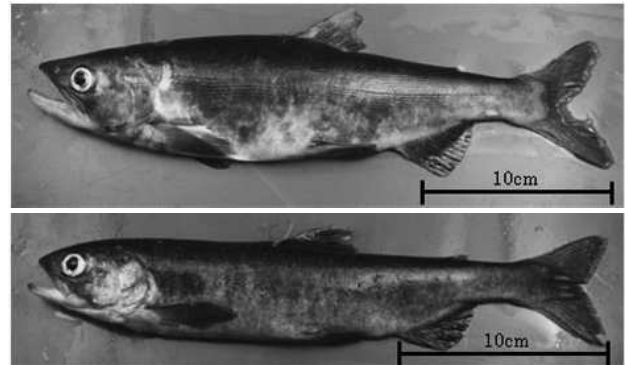


図2 人工受精に用いた親魚(上:雄,下:雌)



図3 人工受精作業

### 2-2-2 卵管理

受精後の卵は卵管理に適した水温を検討するため、4℃、8℃及び12℃の異なる水温で管理を行った。冷却装置を用いて前述の水温に設定した3槽のFRP製タテ型孵化水槽(縦216cm×横36cm×水深37cm)に網目0.3mmのカゴ(縦12.5cm×横16.5cm×高さ12.5cm)を交配分設置し、各交配の受精卵を3等分して収容し、浮上時まで管理を行った。卵数が多く得られなかった交配については8℃及び12℃、もしくは12℃のみの管理とした。

収容後の卵は発眼日、孵化日及び浮上日までの日平均水温を累積して積算水温を求めた。日平均水温は自動水温記録計により測定した。また、収容卵数に対する発眼卵数、孵化尾数及び浮上尾数の割合を、それぞれ発眼率、孵化率及び浮上率として算出した。3水温区を設けた5交配については、全く発眼が認められなかった水温区がみられた1交配を事故等の要因によるものとして除外し、4交配分を水温別に合計して発眼率、孵化率及び浮上率を算出し、採卵成績を比較した。

### 2-2-3 稚魚飼育

浮上した仔魚は、交配別にプラスチック製の水槽（縦24cm×横44cm×水深15cmまたは縦44cm×横64cm×水深23cm）に移して12℃の井水をかけ流して管理し、給餌を開始した。餌付けには稚魚用初期配合飼料を1日5回給餌し、その後は稚魚の成長に応じて適した粒径のマス用配合飼料に切り替えて飼育を行った。

1月に採卵し、4℃で卵管理を行った試験区については、初期飼育に適した水温を検討するため、異なる水温下で餌付けを行った。冷却装置を用いて6℃及び12℃の水温に設定したFRP製タテ型孵化水槽の中に網目1mmのカゴ（縦34cm×横34cm×水深15cm）を設置し、浮上した仔魚を各交配別に2等分して収容し、前述と同様の給餌方法で飼育を行った。餌付から3ヶ月後に水温別に生残尾数を集計して生残率の比較を行った。

### 2-2-4 形態変化の観察

稚魚の成長に伴う形態変化を観察するため、孵化1ヶ月後から定期的に稚魚をアクリル製の観察水槽に収容し、上面と側面から体色の変化や斑紋の出現等を記録した。また、定期的に全長、体長及び体重の測定を行った。

## 2-3 西湖の水環境に関する調査

### 2-3-1 水温の連続測定

西湖の水温の経時変化、季節変化を明らかにするために水温計（UTBI-001, HOBO）を5カ所の観測測定地点に設置し（図4、表1）、1時間間隔での連続測定を行った。水温計は表1に示す間隔で水深別に設置し、垂直分布を測定した。これと併せて湖岸に気象計（ウェザーステーション）及びデータロガー（DAVIS）を設置し、気象条件（気温や風向、風速、雨量等）を30分間隔で

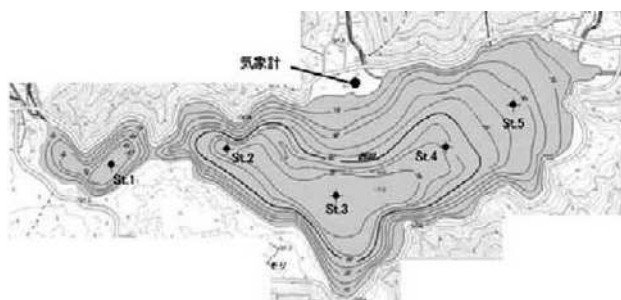


図4 西湖における水温測定地点

表1 水温測定地点と水温計の設置水深

地点名	北緯	東経	水深(m)	水温計の設置水深(m)
St.1	35.498°	138.669°	45	0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40
St.2	35.499°	138.676°	65	0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60
St.3	35.497°	138.683°	70	0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60
St.4	35.499°	138.690°	55	0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40
St.5	35.501°	138.694°	33	0.5, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20

連続測定した。水温及び気象条件は、2012年5月25日から連続測定を開始した。

### 2-3-2 水中光量の測定

クニマスの産卵が認められた水深30mから40mにかけての水中の光環境を把握するために、光量子計（LI-CO社 LI-250A, 光量子センサー：地上用 LI-190SA, 水中用 LI-192SA）を用いて水中光量子量を測定した（測定波長：400～700nm）。光量の測定は、図4のSt.3（水深約73m）において、2013年1月より毎月1回、晴天時に実施した。水中の光量子量は太陽光の日射量に影響されるので、湖水面直上と水中で同時に光量子量を測定し、水面直上の光量子量に対する相対光量率（%）で評価を行った。

同時に透明度板を用いて透明度の測定を行った。

### 2-3-3 湖内流観測

西湖の湖内流を水深別に観測するためにGPS内蔵小型発信機（NTT DoCoMo Posiseek）を搭載したパケット通信型漂流ブイ（ZTB-P-1A：以下、漂流ブイ）を使用した。漂流ブイに自作したドロークを図5のように釣り下げて湖に放流し、漂流ブイから緯度と経度の位置情報を10分毎に受信し湖内流の観測を行った。水の抵抗を受けやすい構造になっているドロークは1m, 5m, 10m, 20m, 30m, 40mごとに漂流ブイ（計6基）に取り付け、水深別に湖内の流れを観測した。これと併せて湖岸に設置した気象計及びデータロガーにより、気象条件（気温や風向、風速、雨量等）を10分間隔で連続測定した。

湖内流の観測は、2013年1月～2月に図4の湖心（St.3）及びその周辺において10回行った。

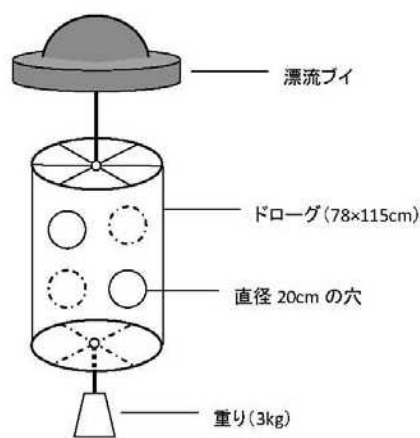


図5 漂流ブイの概略図

### 3. 結果

#### 3-1 西湖におけるクニマスの産卵生態

##### 3-1-1 成熟魚の出現状況

合計7回の刺網調査の結果、定点1で28尾、定点2で118尾の合計146尾の成熟魚が採捕された。また定点3では期間中成熟魚は採捕されなかった。採捕された146尾のうち136尾について判別分析を行ったところ、クニマスが106尾、ヒメマスが30尾であった。残る10尾は畜養中に鯉弁に水カビが着生し鰓耙数の計数ができなかったものであり、DNA判別技術の確立後に同定する予定である。表2, 3に両種の採捕状況を示した。

また両種の生殖腺指数 (GSI: 生殖腺重量/体重×100) の推移を図6から図9に示した。

9月の採捕魚は全て排精前または排卵前で、定点1のみで採捕された。採捕魚のほとんどがヒメマスでクニマ

表2 定点1 (水深10-15m) の採捕状況

	9/14	10/18	11/16	12/16	1/18	2/21	3/15	計
クニマス♂	1	5	0	0	0	0	0	6
クニマス♀	0	0	0	0	0	0	0	0
ヒメマス♂	13	3	0	0	0	0	0	16
ヒメマス♀	4	1	0	0	0	0	0	5
保留	0	0	0	0	1	0	0	1
計	18	9	0	0	1	0	0	28

表3 定点2 (水深30-40m) の採捕状況

	9/14	10/18	11/16	12/16	1/18	2/21	3/15	計
クニマス♂	0	3	31	12	27	3	1	77
クニマス♀	0	2	6	4	11	0	0	23
ヒメマス♂	0	5	4	0	0	0	0	9
ヒメマス♀	0	0	0	0	0	0	0	0
保留	0	0	4	1	4	0	0	9
計	0	10	45	17	42	3	1	118

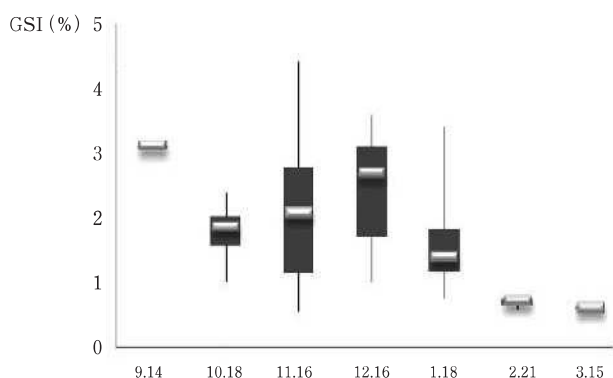


図6 GSIの推移 (クニマス雄, n=83)

各月の標本数は表2, 3の計。箱の下端は第一四分位点, 上端は第三四分位点, 箱内の横棒は中央値で, 中央値の上下各25%内の標本が箱内に含まれる。箱から上下に伸びる縦棒は最大値から最小値までの範囲を示す。以下図9まで同じ。

スは雄1尾が採捕されたのみであった。10月には定点1, 2の採捕数はおおよそ同程度であり, 各定点のクニマスとヒメマスの比率もほぼ同程度であった。10月にはクニマス・ヒメマスともに排精雄が認められたが排卵雌は認められなかった。11月以降両種とも定点1ではほぼ採捕されず, 定点2では採捕魚のほとんどがクニマスであった。採捕時点で排卵または放卵後のクニマス雌は11月から1月にかけて認められ, クニマスの採捕数はこの時期が最も多かった。11月に定点2で採捕されたヒメマスは全て排精雄であった。2月以降採捕数は急減した。採捕魚の性比はいずれの採捕でも雄に偏っていた (雄の比率60-100%)。

クニマス雄のGSIは9月と12月の2つのピークがみられ

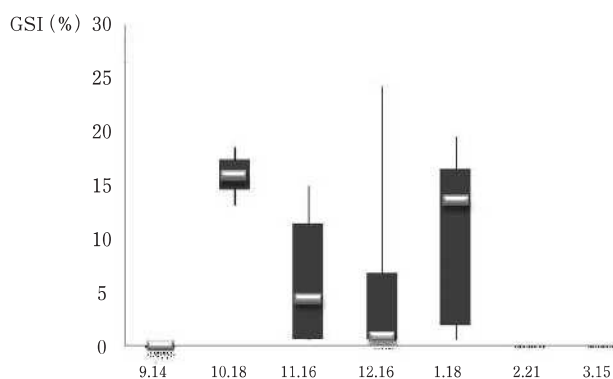


図7 GSIの推移 (クニマス雌, n=23)

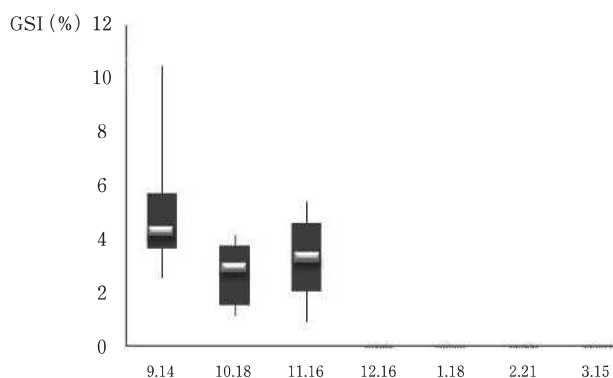


図8 GSIの推移 (ヒメマス雄, n=25)

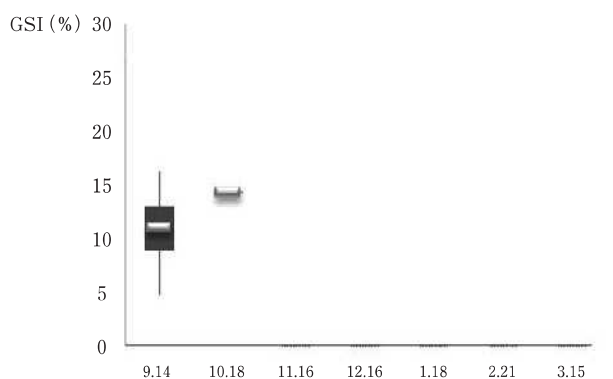


図9 GSIの推移 (ヒメマス雌, n=5)



た. クニマス雌のGSIは雄から1カ月遅れて10月と1月の2つのピークがみられた. ヒメマス雄のGSIは9月をピークに10月から11月にかけて減少した. ヒメマス雌のGSIのピークは10月頃であった. 排卵または放卵後のヒメマスはいずれの定点でも採捕されなかった. また2年間の湖岸踏査において目視観察可能な範囲でヒメマスまたはクニマスの来遊や産卵行動, 産卵床は確認されなかった.

### 3-1-2 産卵環境調査

2011年9月から2012年8月までの調査において, 定点

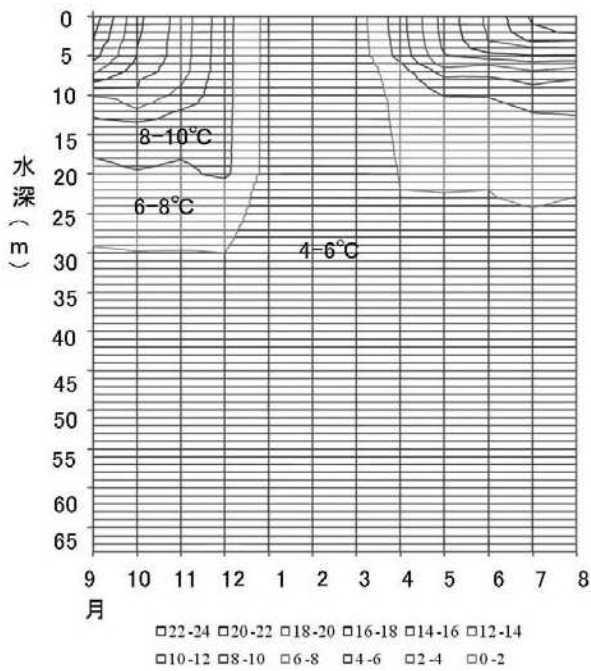


図10 水温の鉛直分布 (代表として定点3)

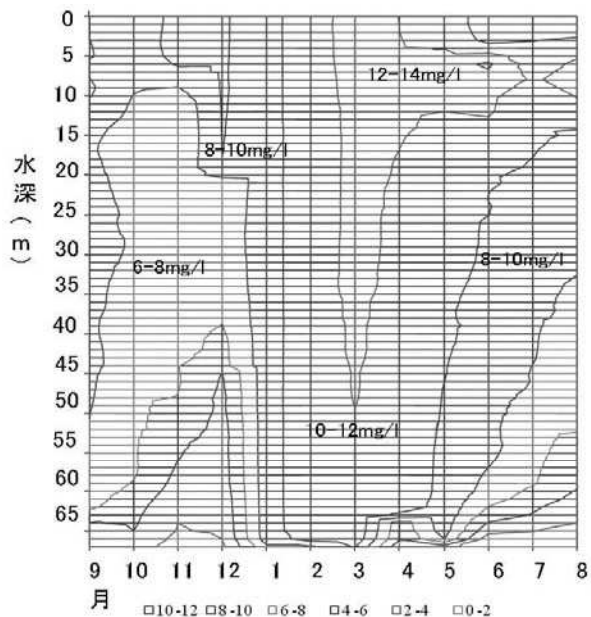


図11 溶存酸素量の鉛直分布 (代表として定点3)

1から定点3まで同様の推移を示したため, 代表して定点3の水温及び溶存酸素量の鉛直分布を図10, 11に示した. 水深30m以下 (定点2と同層) の深層の水温は, 年間を通じて4-6°Cの範囲であった. 水深10-15m層 (定点1と同層) が水温4-6°Cになるのは1月から3月にかけてであった. なお, 1月から3月は湖面から深層まで等水温を示した.

溶存酸素量は季節変動が大きく, 水深60m以下の深層では6月から12月にかけて0-4mg/lの値を示した. 水深40m以上 (定点1, 2と同層) では年間を通じて6.7mg/l以上を示した. なお, 1月から3月の溶存酸素量は湖面から深層まで10-14mg/lの範囲であった.

### 3-2 クニマスの人工繁殖及び稚魚の飼育試験

#### 3-2-1 天然魚からの採卵と受精

採卵結果を表4に示した. 10月1尾, 11月3尾, 12月1尾, 1月8尾の計13個体のメスから合計4,645粒の卵が得られた. 1尾あたりの平均採卵数は353.7±149.4粒, 平均1粒卵重は88.2±26.6mgであった (それぞれ平均値±標準偏差).

表4 採卵結果

No.	採捕日	採卵日	体長 (mm)	体重 (g)	採卵数 (粒)	採卵重量 (g)	1粒卵重 (mg)
1	2011/10/18	2011/10/27	229.5	176.4	372	32.7	88.0
2	2011/11/16	2011/11/16	231.2	196.8	452	22.8	50.4
3	2011/11/16	2011/11/28	322.1	524.0	624	72.3	115.9
4	2011/11/16	2011/12/11	302.2	393.6	321	30.0	93.6
5	2011/12/16	2011/12/16	220.8	146.5	345	27.0	78.3
6	2012/1/18	2011/1/18	265.5	263.3	469	35.9	76.5
7	2012/1/18	2011/1/18	230.9	144.4	198	16.1	81.3
8	2012/1/18	2011/1/18	257.2	240.5	523	39.5	75.5
9	2012/1/18	2011/1/18	245.5	197.8	220	23.3	105.9
10	2012/1/18	2011/1/18	229.8	161.6	309	23.4	75.7
11	2012/1/18	2011/1/18	243.2	163.5	23	3.7	160.9
12	2012/1/18	2011/1/25	239.1	179.9	455	27.7	60.8
13	2012/1/18	2011/1/25	224.8	178.4	334	27.8	83.2
平均			249.4	228.2	353.3	29.4	88.2
標準偏差			29.7	106.7	149.4	15.1	26.6

#### 3-2-2 卵管理

交配別の採卵成績を表5に示した. 全ての交配を合計した発眼率, 孵化率及び浮上率はそれぞれ68.3%, 56.2%, 52.0%であり, 4,645粒の卵から2,033尾の浮上魚が得られた.

水温別の採卵成績を図12に示した. 4°C, 8°C及び12°Cの各発眼率は80.7%, 90.9%及び89.8%, 孵化率は71.7%, 87.6%及び71.0%, 浮上率は70.1%, 84.0%及び65.9%となり, 発眼率では8°C及び12°Cが, 孵化率及び浮上率では8°Cが有意に高かった (p<0.01, Tukey法による多重比較検定).

全ての試験区における受精から浮上までの積算水温を図13に示した. 受精から発眼までの積算水温は240-310°C, 受精から孵化までは530-710°C, 受精から浮上までの積算水温は880-1,030°Cの範囲であった.

表5 交配別の採卵成績

No.	收容卵数 (粒)	水温 (°C)	発眼卵数 (粒)	発眼率 (%)	孵化尾数 (尾)	孵化率 (%)	浮上尾数 (尾)	浮上率 (%)
1	372	12	361	97.0	343	92.2	311	83.6
2	226	12	204	90.3	61	35.8	70	31.0
	226	8	194	85.8	72	31.9	61	27.0
3	208	12	176	84.6	151	72.6	137	65.9
	208	8	167	80.3	155	74.5	127	61.1
	208	4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
4	160	12	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	161	8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	115	12	102	88.7	98	85.2	87	75.7
5	115	8	104	90.4	97	84.3	92	80.0
	115	4	68	59.1	53	46.1	50	43.5
	156	12	147	94.2	139	89.1	136	87.2
6	157	8	148	94.3	146	93.0	143	91.1
	156	4	149	95.5	145	92.9	144	92.3
7	99	12	93	93.9	89	89.9	86	86.9
	99	8	94	94.9	93	93.9	91	91.9
	174	12	155	89.1	84	48.3	79	45.4
8	175	8	153	87.4	147	84.0	137	78.3
	174	4	131	75.3	118	67.8	114	65.5
9	110	12	103	93.6	98	89.1	95	86.4
	110	8	100	90.9	89	80.9	87	79.1
	103	12	88	85.4	68	66.0	59	57.3
10	103	8	95	92.2	92	89.3	90	87.4
	103	4	94	91.3	77	74.8	76	73.8
11	23	12	17	73.9	16	69.6	11	47.8
12	228	12	61	26.8	29	12.7	23	10.1
	227	8	106	46.7	82	36.1	71	31.3
13	167	12	24	14.4	13	7.8	10	6.0
	167	8	39	23.4	34	20.4	20	12.0
合計	4645		3173	68.3	2609	56.2	2417	52.0

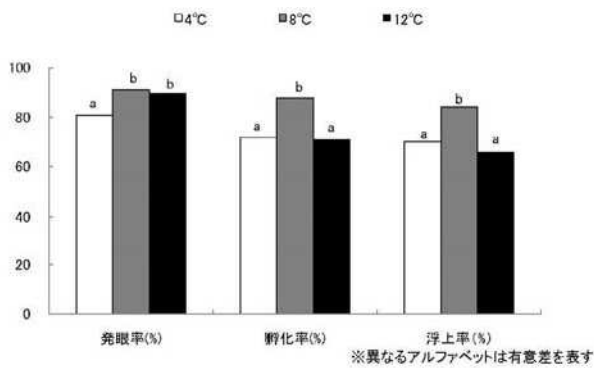
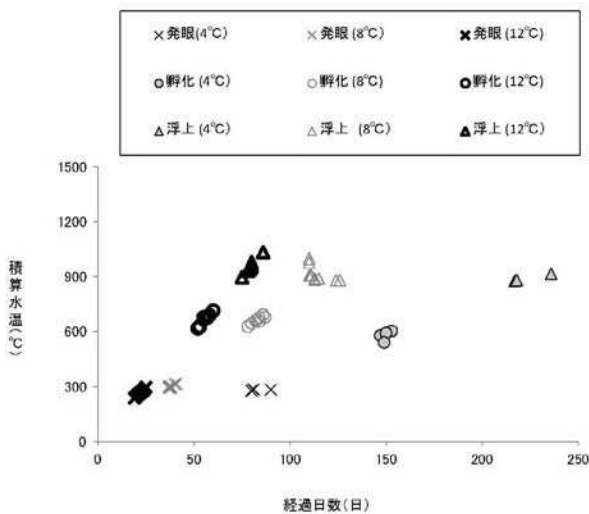


図12 水温別の採卵成績



3-3-1 水温の連続測定

2012年5月25日から2013年2月5日までの西湖湖心

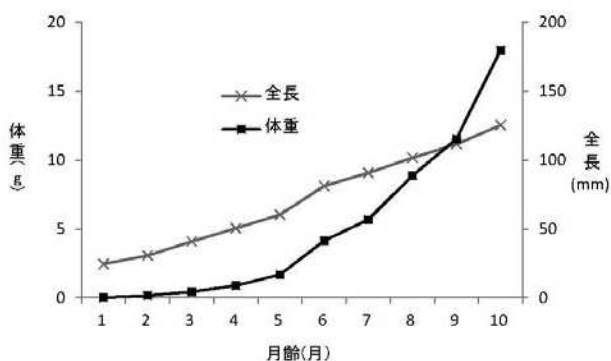


図16 稚魚の平均体重及び全長の推移

(St.3) での水温垂直分布の経時変化を図22に示す。5月25日の時点で水深6~10mで水温躍層を形成し始め、表層水温が20℃を超えると成層期(7~9月)となった。表層水温が20℃を下回る10月頃から少しずつ表層水の混合が始まり(循環期)、12月には全層の水が混合されて等温になった。また、水深30m以下の深層水温は1年



図19 稚魚(月齢5ヶ月)

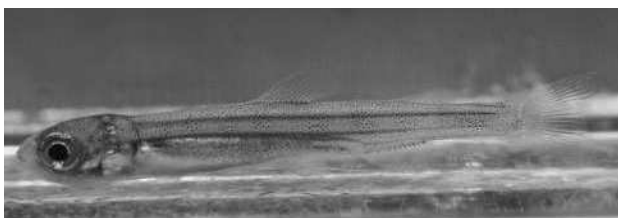


図17 稚魚(月齢1ヶ月)



図20 稚魚(月齢7ヶ月)



図18 稚魚(月齢3ヶ月)



図21 稚魚(月齢9ヶ月)

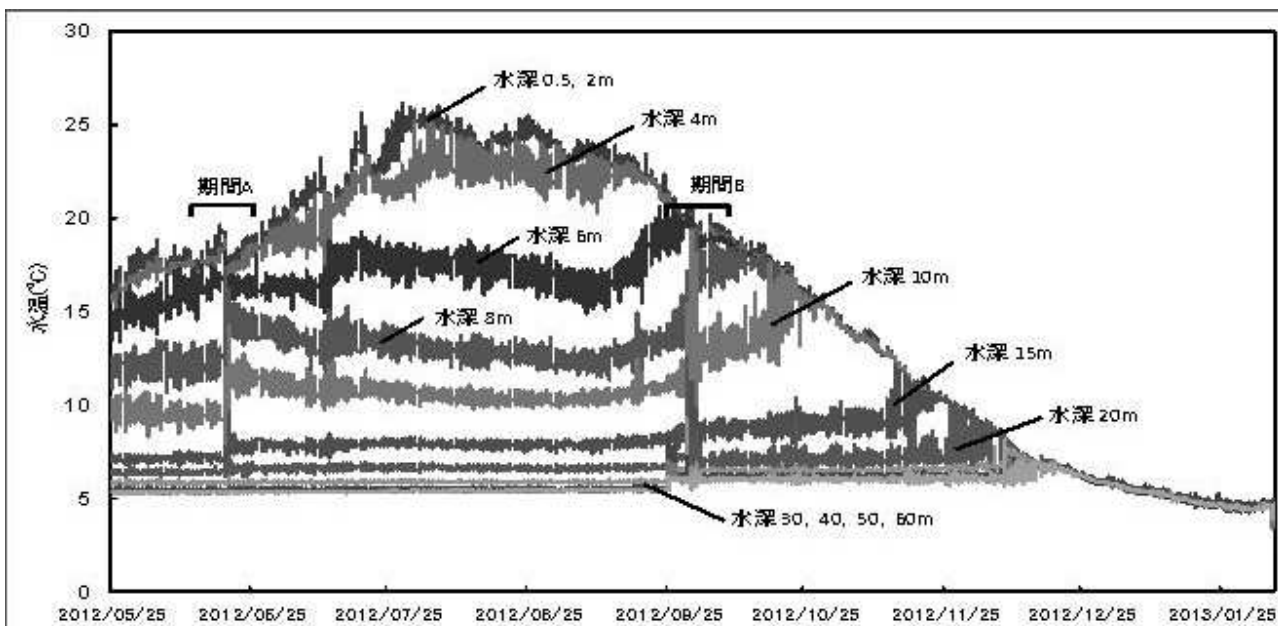


図22 西湖湖心での水温垂直分布の経時変化