

西湖におけるクニマスの産卵環境－Ⅱ

大浜秀規・青柳敏裕・芦澤晃彦・長谷川裕弥*

2010年に西湖で再発見されたクニマス *Oncorhynchus kawamurae* が、ヒメマス *Oncorhynchus nerka* と交雑せず70年間も存続してきた理由として、水深30mにある礫地で産卵の行われてきたことが指摘されている¹⁾。これまでの我々の調査により礫地の数と大きさに加え、礫地には地中温度が高い湧水の湧出場所があり、産卵期にはクニマスが蝟集することも明らかになってきた²⁾。しかし、この礫地における湧水の湧出状況や底質などについては、ほとんど明らかになっていなかったため昨年度から産卵環境の調査を開始した³⁾。本年度は昨年度に引き続き、クニマス産卵場の礫地において、スキューバ潜水により湖底湧水の湧出状況を調査するとともに、礫地を掘り上げクニマス卵の生残状況を確認した。同時に水中カメラを長期間設置し、親魚の来遊状況を確認すること等により、クニマス保全を図るために必要な産卵環境についての検討を行った。

材料及び方法

礫地の位置と規模

湖底礫地の位置と規模及び湧水の湧出状況について、2016年10月31日から11月10日にかけて7日間、14回×2名の潜水により調査した。

礫地の位置と規模については、最大の礫地 No.1 の南端中央部に設置したマーカーを基点にして、メジャー(30m)、コンパス、ダイブコンピューター (apeks 社, Quantum) を用いて距離、方向、規模、水深を測定し、図面上に記録した。

湧水の湧出状況

調査を行った西湖の水深30mにおける水温は周年4～6℃の範囲内にあるが、産卵場湧水の集水域にある井戸の水温は約9℃とされている。このため前回の調査と同様に、礫地周辺の湖底水温に比べて地中温度が高い地点を湧水が湧いている地点と、温度が高いほど湧水の湧出量が多いと判定した³⁾。

前年に測定した最大の礫地 No.1 を除く礫地 No.2～8 の7カ所で地中温度を測定し、湧水の湧出状況を確認した。地中温度については、礫地の長径及びそれに直交する短径上を1m(規模が小さい礫地の一部では50cm)間隔で、デジタル式温度計 (T&D 社 TR-71U, 精度±0.3℃) をデジタルカメラの耐圧ハウジングケースに密閉し、センサー先端部を湖底から深さ5cmまで貫入させて測定した。

湧水の経時変化

2016年7月5日から2017年2月8日にかけて、礫地 No.1 の一番湧水の多い地点(地中温度が高かった地点)と湧水の少ない地点(地中温度が低かった地点)の湖底上と地中5cmへ水中用温度記録計(以下「水温ロガー」という。HOBO 社 UTBI-001, 1時間間隔, 精度±0.2℃)を設置し、各々湧水多一湖底区, 湧水多一埋設区, 湧水少一湖底区, 湧水少一埋設区として温度を測定した。また、地中温度の変動について検討するため、西湖北岸へ設置した気象計 (DAVIS, ウェザーステーション) により降水量を30分間隔で測定した。西湖の日平均水位は山梨県富士・東部建設事務所吉田支所から聞き取った。

Oohama Hideki, Aoyagi Toshihiro, Ashizawa Akihiko, Yuya Hasegawa *山梨県衛生環境研究所

クニマスの来遊及び産卵行動

湖底の礫地に水中カメラを設置し、いつの時期、どれくらいのクニマスが、どの礫地に来遊するのかを来遊状況調査で、どの様な産卵行動をするのかを産卵行動調査で観察した。いずれの調査も一定間隔毎に撮影を行うタイムラプスカメラ（Brinno 社製、TLC200Pro, F 値:2.0, レンズ対角:112°, 画素数:1.3 メガピクセル）をハウジング（フランジ付きアクリル製円柱 内径:直径 70mm×長さ 150mm, 厚さ 10mm）へ収納し、結露防止のためシリカゲルを同封し、ステンレス棒で中性浮力に調整したのち、三脚（マンフロット社製、MK290XTA3-2W, 重さ:2.65kg）へ装着し、これを湖底上に設置した。タイムラプスカメラは低照度下での撮影も長時間露光により可能であるが、魚種や行動が確認できるようにするため 1/15sec より早いシャッタースピードで撮影が行われるように設定した。

来遊状況調査では、一番大きい礫地 No.1 の一番湧水の多い地点（以下「st.1」という。）と湧水の少ない地点（以下「st.2」という。）及び小さい礫地 No.2 の中央（以下「st.3」という。）に位置の確認と魚体サイズの比較用に標識棒（ステンレス製、直径 9mm×20cm）を設置した。標識棒から距離 1.5m, 高さ 90cm の位置にカメラをセットし、標識棒が画面の中央になるよう調整した。撮影は 2016 年 11 月 14 日から 2017 年 2 月 7 日の 6~17 時の間、1 時間間隔で行った。なお、各カメラは 12 月 19 日に電池交換のため回収し、その際に 2 つのハウジングを合体させ、電源を通常の内蔵単三電池 4 本から外部単二電池 8 本に増強する改造を行い、撮影の長期化を図った。

産卵行動調査では、st.1 に設置した来遊状況調査の水中カメラの隣に高さ 60cm の位置から 1m 先を写すように、カメラを設置した。撮影は 2016 年 12 月 20 日から 2017 年 2 月 7 日の 9~15 時の間に 1 分間隔で行った。

魚影が大きくブレていたり、遠方で小さく写っていたりする場合は、外観から魚種を明確に判定できなかったが、過去の調査からこの周辺で 11 月以降採捕された魚の 96.0%がクニマスであったことから⁴⁾、クニマス以外の魚種と判断されたものを除き、魚影は全てクニマスとして取り扱った。

クニマス産着卵の状況

礫地における卵の分布や生残の状況を明らかにするために、2017 年 2 月 6, 8 日の 2 日間で、4 回×2 名の潜水を行った。st.1 と st.2 の各々周辺 3 カ所を選定し、地中 5cm の温度を測定した。これを中心として 25×25cm の方形枠を設置し、プラスチック製スコップで枠内を深さ 15cm まで徐々に掘り上げ、掘り上げた砂礫に含まれる卵及び仔魚の数及び生死を計数し、その後卵及び仔魚は埋め戻した。

ウナギの採捕

産卵行動調査の水中カメラでウナギによるクニマス卵の食害が確認されたことから、産卵場周辺のウナギを除去するために採捕を行った。2017 年 2 月 20 日から 3 月 12 日の間に 9 回、西湖漁業協同組合に委託し、底延縄（長さ 100m, ウナギ針 50 本, 餌:ワカサギ）を 1 回あたり 1 から 4 本（延べ 21 本）クニマス産卵場周辺の湖底に設置し、翌日または翌々日に引き上げた。

結果

礫地の位置と規模

最大で東西 65m, 南北 30m の範囲を潜水目視し、8 カ所の礫地を確認した（図 1）。礫地は水深 27~31m にかけて散在し、その大きさは最大 7×9m, 最小 1×2m で、周辺は容易に手が 30cm 程度は埋まる泥であった（表 1）。8 カ所の礫地のうち 6 カ所は南北方向に長く、残りの 2 カ所（礫地 No.3, 4）は南北方向の北がやや東に傾く形で分布していた。

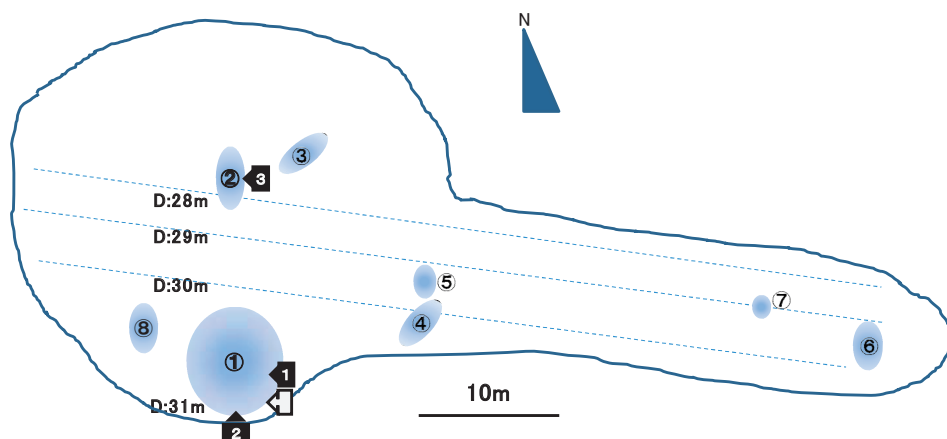


図1 礫地の位置と規模

丸印の番号は礫地の No., 実線は目視した範囲, 点線は水深の目安を示す。

■①は来遊状況調査の水中カメラの位置と番号を, □②は産卵行動調査の水中カメラの位置を示す。

表1 礫地の規模と地中温度

礫地 No.	礫地の規模 (m)		地中水温 (°C)			
	長径	短径	平均値	標準偏差	最小値	最大値
1	(9.0)	(7.0)	(6.2)	(0.6)	(5.5)	(9.1)
2	5.5	2.0	7.6	1.3	6.3	10.0
3	4.0	2.0	7.8	0.6	7.0	8.4
4	5.0	2.0	6.8	0.3	6.4	9.0
5	3.0	1.5	7.0	0.4	6.5	7.6
6	2.0	1.0	7.5	0.8	6.7	9.1
7	4.0	2.0	7.5	0.5	6.9	8.0
8	4.0	2.0	7.5	0.8	6.5	8.8

注：礫地 No.1 の数値は、昨年度の調査結果

底層水温は、礫地 No.1 の調査時が 5.2~5.9°C, No.2~8 の調査時が 6.2~6.4°C。

湧水の湧出状況

礫地 No.2~8 の地中温度は 6.3~10.0°C の範囲内であった (表 1)。周辺の底層水温は 6.2~6.4°C であり、全ての礫地で底層水温より高い地中温度が観測された。No.2~8 の礫地すべてで湧水が湧出していることが確認されたが、各礫地内で均一に湧出しているわけではなく、湧出量にはバラツキがあった。

湧水の経時変化

2017 年 7 月 5 日から 12 月下旬にかけて湧水少一湖底区の温度は約 6.0°C, 湧水多一湖底区の温度は約 6.5°C で、湧水の多い地点の方が湖底温度が高かった (図 2)。湧水少一埋設区の温度は、湧水少一湖底区に比べやや高く (約 0.2°C) かつ振れ幅は小さかった。湧水多一埋設区の温度は他の区がほとんど変動しなかったのに対し、7~9°C の範囲で変動を示した。その後温度はどの区においても 12 月下旬から一度上昇した後、2 月上旬にかけて徐々に低下した。埋設区の温度も湖底区と同様の変動を示したが、各区間の順位は変わらなかった。また、湧水少一埋設

区を除く他の3区では、7~12月の間に0.5℃程度の温度の振れが常時認められた。

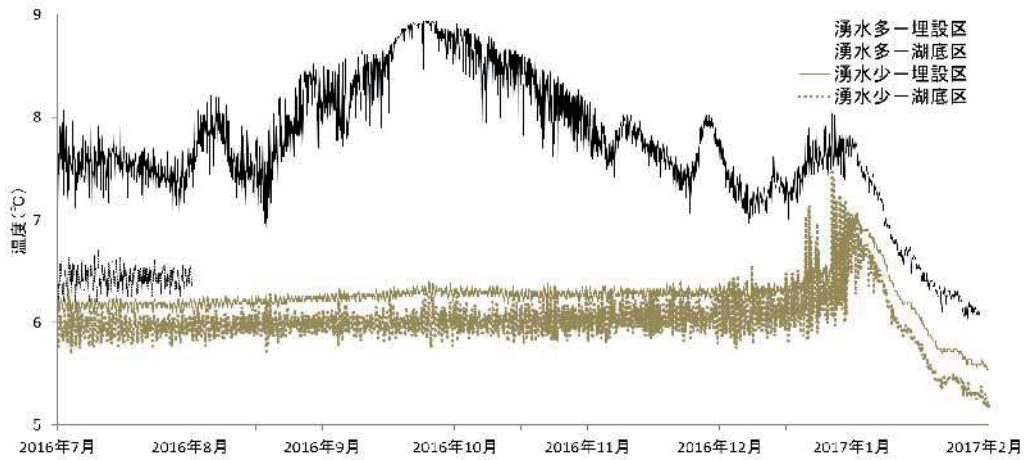


図2 湖底礫地の湧水の多い所と少ない所の湖底及び地中に設置した水温ロガーの季節変動

湧水多-埋設区の温度が経時的に変動した要因について、降水量や西湖水位との関連から検討した。降水後に湧水の湧出量が増加し地中温度が上昇することが想定された。降水後に地中温度の上昇する傾向がうかがえたが、欠測期間もあり今回のデータのみでは明確な判断ができなかった(図3)。また、西湖の水位が低下すると湧水の湧出量が増加し地中温度が上昇することが想定された⁹⁾。水位と地中温度のピークの時期がほぼ重なっていたが、他の時期に相関は認められなかった。

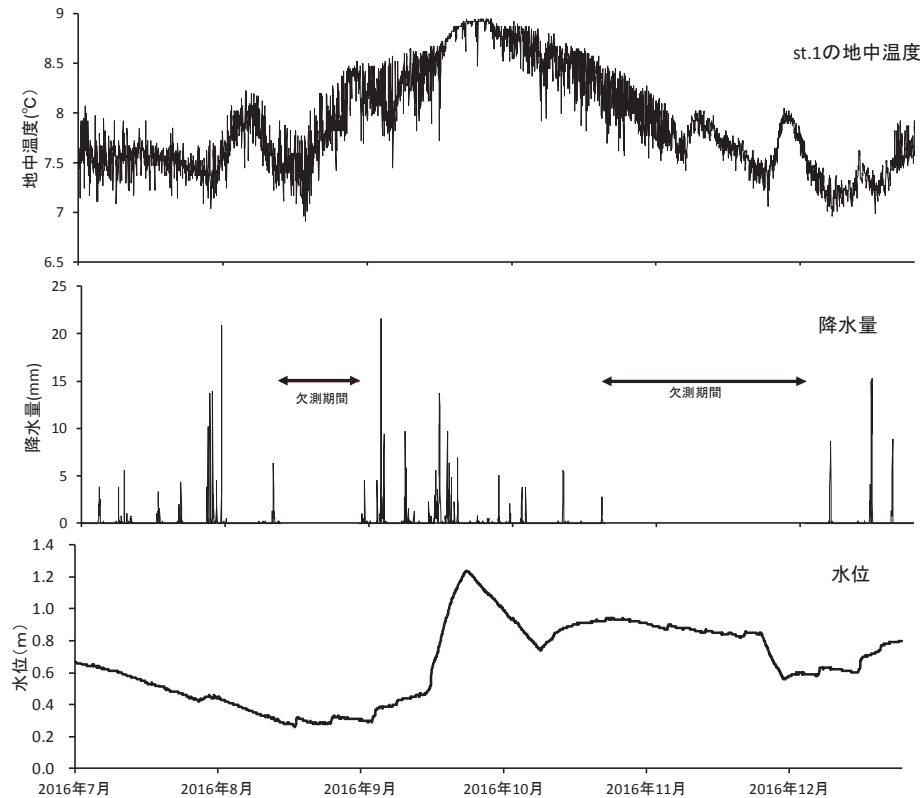


図3 湧水多-埋設区の地中温度及び降水量と西湖水位の変化

クニマスの来遊及び産卵行動

来遊状況調査で湖底礫地に設置した3台の水中カメラには、設置直後からクニマスが写っていたが、水深30mの暗い環境であるため動きが止まって鮮明に写っているものは少なかった。クニマスは湖底から1m以内の礫地周辺を単体でランダムな方向へ遊泳し、一定の場所に定位している個体は認められなかった。

クニマスの確認時期や消長は、湧水の多いst.1、湧水の少ないst.2、小さい礫地のst.3においても、ほぼ同じ傾向で、水中カメラを設置した11月中旬から1月下旬にかけて来遊し、12月に高い値を示した(図4)。

1回の撮影で確認された最多来遊数は12尾で、12月26日のst.2、1月3日のst.1で撮影された。来遊数のピークはst.1、2とも12月下旬から1月上旬にかけてであった。来遊数は、湧水の多いst.1と湧水の少ないst.2がほぼ同じであったのに対し、小さい礫地のst.3は半分程度でしかなかった。

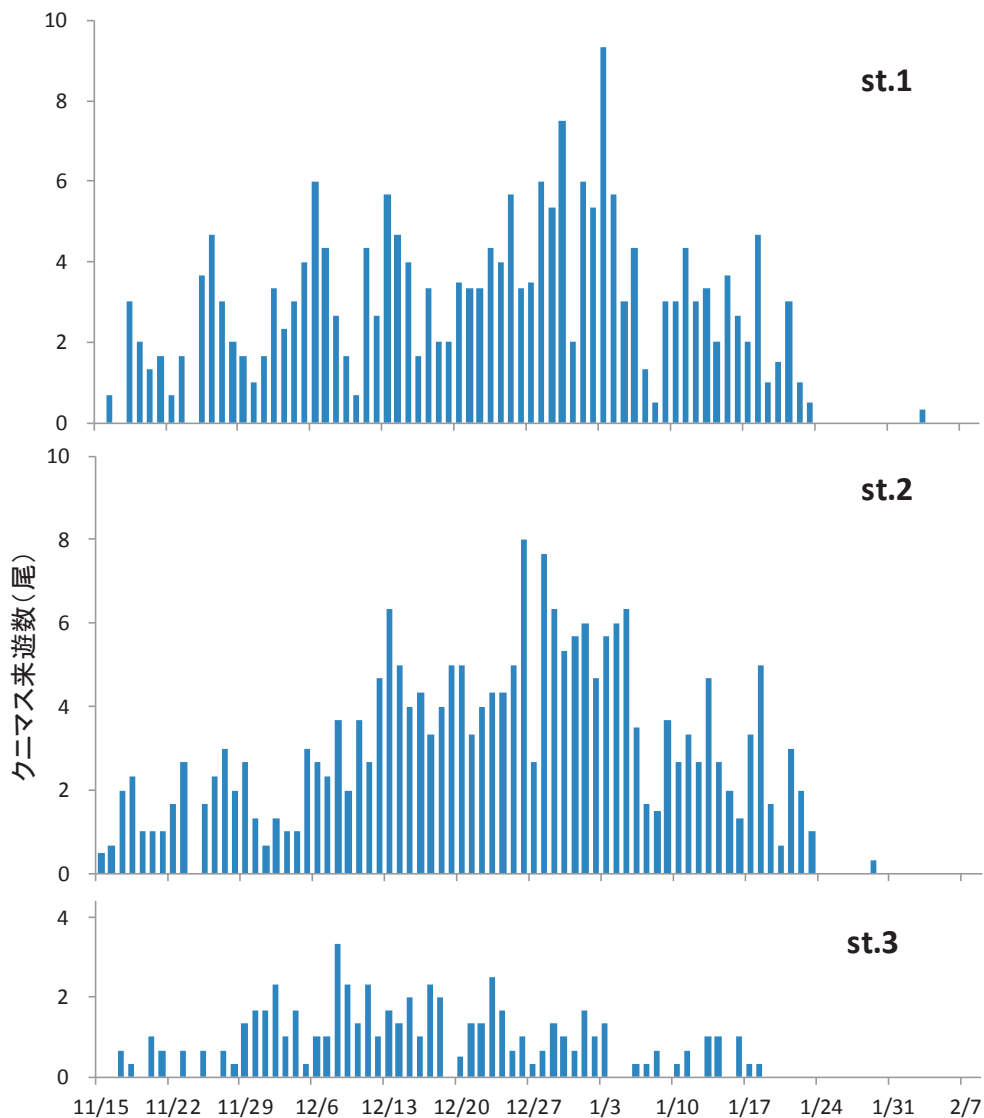


図4 クニマスの来遊状況

来遊数は11, 12, 13時に確認できたクニマスの平均値

クニマス以外にウナギ、フナ類、ナマズ類が確認されたが、st.1, 2, 3 合わせてもフナ類、ナマズ類の出現は各1回のみであった。ウナギはどの地点でも確認されたが、st.1 では観察期間中（11月15日から2月8日の11時から13時）に86回撮影したうちの16回（18.6%）で延べ17尾が観察され、出現期間は11月30日から2月2日にかけてで、クニマスの消長より半月程度遅い傾向にあった。

なお、撮影のために湧水の少ないst.2に設置したステンレス製の標識棒は設置13日後（11月27日）から14日後に（11月28日）かけて、やや移動しながら礫に埋もれていくのが観察された。

来遊状況調査の撮影は6時から17時の間に1時間間隔で行ったが、6, 7, 17時は暗く判別は不可能であった。クニマスの来遊数は、8時と16時は映像が暗い場合があることから確認数が少なかったが、それを除いても朝夕が少なく11時にピークがある変動を示した（図5）。

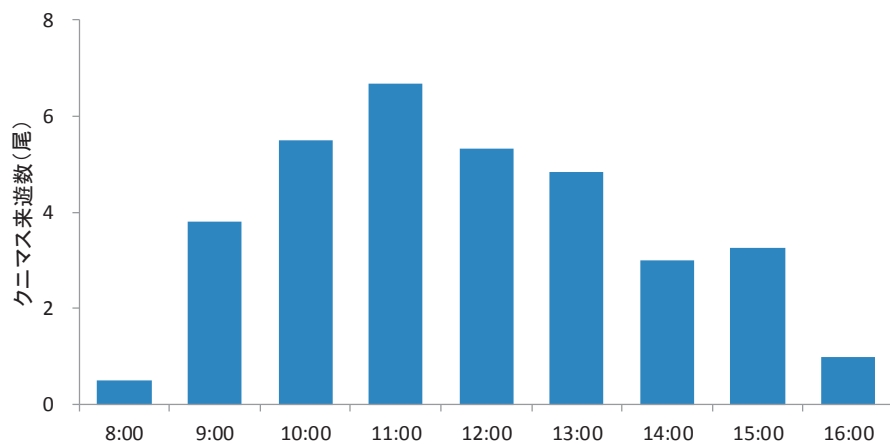


図5 クニマス来遊数の日周変化
来遊数の多かった2017年1月1日～6日の平均値

産卵行動調査では、クニマスがペアになったり、一定の湖底を尾鰭で掘る行動が観察されたが、放卵、放精の瞬間は確認できなかった。また、掘り行動はいくつかの場所で行われ、特定の場所で行われてはいなかった。

産卵の瞬間は確認できなかったものの、産卵したと思われる直後にウナギが蝟集し卵食と思われる行動が確認された（図6）。そこでウナギが5分以上湖底の同じ場所へ頭部を突っ込んでいる状況を卵食行動として計数したところ、2016年12月26日から2017年1月29日の35日間に18回卵食行動が観察された。蝟集している時間は平均21分間（6～38分間）、尾数は平均1.2尾（1～4尾）であった。

水中カメラでは、ある程度遠方（5m程度）まで、湖底が明瞭に判別できるときもあったが、日中でも日差しの変化によると思われる暗い映像もあった。また、それ以外に濁りにより透視度が低下することが多数観察され、濁りが徐々に東から西方向へ凡そ1cm/sec程度移動する様子が調査期間を通じて複数回観察された。



図6 ウナギが卵食している状況

ウナギ2尾が頭部を湖底に突っ込み卵食している，中央上部にクニマスが1尾いる。
画面中央の白い線は礫地測定用に設置したガイドライン。

クニマス産着卵の状況

産着卵の掘り上げを行った時点の湖底水温は5.5℃で，掘り上げを行った6カ所の地中温度は5.5～8.1℃の範囲であった。1カ所当たりの掘り上げた卵は1～17粒，仔魚は0～6尾で，合計で卵50粒と仔魚11尾が，深さ5～15cmの湖底から確認された。湧水と卵及び仔魚数の間に相関はなく，湧水が多い所に多く産んでいる傾向は認められなかった(図7)。

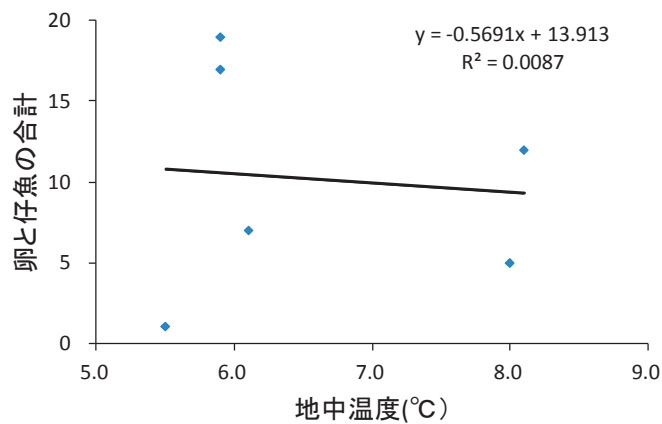


図7 地中温度と掘り上げた卵と仔魚の数

卵及び仔魚を合わせた生残率は，平均で80.3%，最低でも73.7%と比較的高い値であった(表2)。卵と仔魚の数が少なかったこともあり，全ての掘り上げ地点間で差は認められなかった(χ^2 独立性の検定, $p > 0.88$) (表2)。

表2 クニマス産着卵の掘り上げ結果

地点	水温	卵数		仔魚数		深さ (cm)	生残率 (%)
		生	死	生	死		
①	5.5	1	0	0	0	10	100.0
②	6.1	6	1	0	0	5	85.7
③	5.9	15	2	0	0	5	88.2
④	5.9	10	5	4	0	10	73.7
⑤	8.1	3	3	6	0	10~15	75.0
⑥	8	4	0	0	1	5	80.0
合計	45	39	11	10	1		80.3

注:底層水温は5.5℃

ウナギの採捕

ウナギは何回か針がかりした形跡はあったものの、捕獲されたのは3月12日の2尾(全長:771mm, 868mm)のみであった。今後各部の測定と共に胃内容物調査及び種の判別を行う予定である。

考 察

今回の潜水により、魚群探知機で湖底に硬い反応があり礫地の存在を伺わせた場所のほぼ全域を目視することができたことから、この周辺における礫地はこの8カ所が全てと考えられた。

埋設区の温度は12月下旬の循環期以降、湖底区の温度と連動して徐々に低下した。つまり、埋設区の温度は、湧水の温度の影響と共に湖水の水温の影響を受けていて、これは湧水の湧出量が少なく、湧出速度が遅いことにより生じていると考えられた。

湧水多一埋設区で温度変化が認められ、これは湧水の湧出量の変動しているためと考えられるが、その変動要因については明らかにすることはできなかった。このため引き続き地中温度の観測を行うと共に産卵場周辺の降水量、揚水量、湖水位のデータを収集した上で、さらに検討を進める必要があると考えられた。

来遊状況調査で確認されたクニマスの数は、湧水の多いst.1と湧水の少ないst.2がほぼ同じであった。水中カメラでの確認尾数はカメラの撮影する範囲や方向により変化すると思われるが、映像を見る限りでは撮影範囲に大きな違いはなかったことから、実際の来遊数を反映していると考えられた。一方、小さい礫地st.3の水中カメラはほぼ礫地全体を写していたが、来遊数は一番大きい礫地にあるst.1やst.2の半分程度でしかなかった。st.3は、st.2より湧水の多い地点を写していたが、湧水の少ないst.2の方が来遊数が多かった。これらのことから考えると、クニマスの来遊には湧水の多い少ないより、礫地の大きさが関係していると考えられた。また撮影のために設置したステンレス製の標識棒は湧水の少ないst.2でやや移動しながら礫地に埋もれていったことが観察されており、湧水の有無にかかわらず掘り行動が行われていたと考えられるが、実際に産卵が行われたか否かについては、今後さらに調査を進める必要があろう。なお、標識棒のサイズからクニマスの大きさを確認することは、魚影の遠近が明瞭に判断できない場合があり困難であったため行わなかった。

時間帯別に見るとクニマスは11時頃をピークに産卵場の礫地に来遊していたことから、それ以外は礫地周辺に分散していると可能性が高いと考えられたが、この点を確認するためには今後魚探等による調査を行う必要がある。

産卵行動調査で、濁りが東から西方向へ移動する様子が観察された。前報で観察された水温の変動は、振幅は表層になるほど大きく、底層になるほど小さくなったこと、日周期的な変動でなかったこと、循環期には振れ

幅が小さくなったことなどから内部静振であると推察したが、水平方向への濁りの移動が複数回認められたことから、湖底付近の流れについては今後さらに詳細な調査を行った上で再検討を行うべきと考えられた。

産卵行動調査で掘り行動やペアになる様子が観察されたが、1分間隔の撮影では個体の特定は困難で、詳細な行動の解析はできなかった。今後産卵行動を解明するためには、更に短い間隔での連続撮影か又は動画での撮影が必要であろう。

カナダではブラックココニーと呼ばれるヒメマスが、水深50m程度の湖底深所で産卵することが知られており、産卵親魚はあたたかい水温差などにより湧水のある場所などを探し出していると推定されているが⁶⁾、それ以外の産卵生態については不明な点が多い。湖底深所での産卵はクニマス産卵との類似性が認められることからこれらの事例も参考にしつつ調査を進める必要がある。

前年の調査では、ヒメマス発眼卵を湧水がないところへ埋設すると斃死してしまい、産卵場における湧水の重要性が確認されたが³⁾、今回の結果はそのような傾向を示していなかった。これは掘り上げられた卵数が少ないためと考えられたが、卵数の少ないことが単に卵室を外していたためか、重複産卵により散逸していたためか、レイクトラウトのようにバラマキ産卵であったためか⁷⁾、ウナギの卵食の影響が大きかったためか、その理由と程度については分からなかった。重要であろう湧水と産着卵の関係を明らかにするためには、先ずウナギによる影響を除去した上で、これらの項目について検討を進める必要がある。

産卵行動調査の水中カメラで35日間に18回ウナギが平均で21分間卵食していることが確認された。この水中カメラに写っているのは最大礫地 No.1の一部であり、写っていない部分や他の礫地でも卵食が行われていると推定される。クニマスの有効集団サイズはマイクロサテライト DNA による遺伝的解析から12.7~79.9と推定されている(中山ら未発表)。これらのことから考えるとウナギがクニマスの再生産に大きなダメージを与えていることは明らかであろう。

ウナギは西湖の漁業権魚種となっており、従前から放流が行われてきており、減少しているクニマス資源との関連について不明な点も多いが、引き続き情報を集めた上で検討を進める必要がある。また、ニホンウナギは10℃以下になると餌をとらなくなるとされているが⁸⁾、今回の調査では6℃という低水温下で活発に摂餌を行っていたこともあり、今後胃内容物の確認やウナギの種類の同定等も必要であろう。

西湖におけるクニマス再生産の状況を明らかにするためには、産卵場周辺のウナギを採捕して影響を除去した上で、湧水の多い場所を選択して産卵を行っているのか？ 湧水の多い場所の卵の生残は良いのか？ 産着卵を埋めているのか？ などについての解明を進めることにより、クニマスの保全を図る必要がある。

謝 辞

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産工学研究所の藤田薫氏には、水中カメラに関し有益なアドバイスをいただいた。西湖漁業協同組合の三浦久組合長を始め組合員の方々には、ウナギの採捕を始め調査実施にご協力いただいた。ここに感謝申し上げます。また、今回の潜水調査は、昨年同様標高900m、水深約30m、水温5~6℃、低照度下の過酷な条件下で、加えて厳冬期の潜水も行ったが、調査が順調に行われたのはプロダイバーの下司秀樹氏と大谷光弘氏のおかげである。心から感謝申し上げます。

本研究は、山梨県総合理工学研究機構の「クニマスの保全並びに活用に関する研究」の一部として実施した。

要 約

1. クニマス産卵場の礫地において、スキューバ潜水により湖底湧水の湧出状況を調査するとともに、礫地を掘り上げクニマス卵の生残状況を確認した。同時に水中カメラを長期間設置し、親魚の来遊状況を確認すること

等により、クニマス保全を図るために必要な産卵環境についての検討を行った。

2. 礫地は水深 27~31mにかけて 8 カ所の礫地が散在し、その大きさは最大 7×9m, 最小 1×2mであった
3. 礫地 No.2~8 の全てで湧水の湧出が確認されたが、湧出量は少ないと考えられた。
4. 2017 年 7 月から 12 月にかけて湧水少-湖底区, 湧水多-湖底区, 湧水少-埋設区の温度は、ほとんど変動しなかった。湧水多-埋設区の温度 7~9℃の範囲で変動したが、その要因については明らかにできなかった。
5. クニマスは、11 月中旬から 1 月下旬にかけて湖底礫地に来遊しているのが水中カメラで撮影された。1 回の撮影で確認された最多来遊数は 12 尾で、来遊数のピークは 12 月下旬から 1 月上旬にかけてであった。クニマスの来遊は湧水の多少より、礫地の大きさが関係していると考えられた。
6. ウナギは 86 回撮影したうちの 16 回 (18.6%) で延べ 17 尾が観察され、卵食と思われる行動が 35 日間に 18 回観察された。蝟集している時間は平均 21 分間、尾数は平均 1.2 尾で、クニマスの再生産に大きなダメージを与えていると考えられた。
7. 堀り上げを 6 カ所行い、合計で卵 50 粒と仔魚 11 尾が確認された。湧水と卵及び仔魚数の間に相関はなく、湧水が多い所に多く産んでいる傾向は認められなかった。生残率は、平均で 80.3%と比較的高い値であった。湧水と産着卵の関係を明らかにするためには、ウナギによる影響を除去した上で検討を進める必要がある。

文 献

- 1) Nakabo, T., Nakayama, K., Muto, N. and Miyazawa, M (2011) : *Oncorhynchus kawamurae* "Kunimasu", a deepwater trout, discovered in Lake Saiko, 70 years after extinction in the original habitat, Lake Tazawa, Japan. Ichthyol Res. 58, 180-183.
- 2) 青柳敏裕・岡崎巧・大浜秀規・三浦正之・谷沢弘将・小澤涼・長谷川裕弥・吉澤一家・坪井潤一・勘坂弘治・市田健介・Lee Seungki・吉崎悟朗・松石隆 (2015) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究 (第 3 報), 山梨県理工学研究機構研究報告書第 10 号.43-65.
- 3) 大浜秀規・青柳敏裕・谷沢弘将・長谷川裕弥 (2017) : 西湖におけるクニマスの産卵環境. 山梨県水産技術センター事業報告書, 第 44 号, 45-53.
- 4) 青柳敏裕・加地奈々・長谷川裕弥 (2013) : クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究, 山梨県理工学研究機構研究報告書第 8 号.89-102.
- 5) 石飛智念・谷口真人・嶋田純 (2007) : 沿岸海底湧出量測定による塩淡水境界変動と地下水流出の評価. 地下水学会誌, 49, 191-204.
- 6) Morris, A. R., and Caverly, A. (2004) : 2003-2004 Seton and Anderson Lakes kokanee assessment, report to British Columbia Conservation Foundation and Ministry of Water, Land and Air Protection, Kamloops, BC.
- 7) John M. Gunn (1995): Spawning Behavior of Lake Trout: Effects on Colonization Ability. Journal of Great Lakes Research, 21, Supplement 1, 323-329.
- 8) 松井魁 (1970) : 養鰻法の理論と実際 3 ウナギの生活史, 水産増養殖叢書 4, 日本水産資源保護協. 18.