

## 西湖におけるクニマスの産卵環境－V

加地弘一・青柳敏裕

クニマス *Oncorhynchus kawamurae* の産卵生態については不明な点が多く、原産地の田沢湖での情報がわずかにあるのみである<sup>1)</sup>。また、Nakabo *et al.*<sup>2)</sup>は西湖のクニマスの産卵が3月に水深約30m付近で行われ、近縁のヒメマス *O. nerka* と生殖隔離が成立していることを報告している。しかし、クニマスの産卵生態については不明な点が多いことから、水産技術センターではこれまでに西湖のクニマスの産卵生態調査を行ってきた<sup>3-11)</sup>。その結果、クニマスの産卵場は西湖北岸の水深約30m付近の1箇所のみであり、産卵場は周囲が泥底の中にある8箇所の礫地で、礫地には湧水が湧出していることなどを明らかにしてきた。また、産卵場の最大礫地にタイムラプスカメラを設置した観察により、クニマスの産卵期(11月から2月頃)や、クニマスの産卵行動について調査を継続している。タイムラプスカメラ画像には、産卵行動を行うクニマスとともに産着卵を捕食するヨーロッパウナギ *Anguilla anguilla* が確認されており<sup>7)</sup>、クニマス資源を保全するために現在ヨーロッパウナギの駆除を行っている。

本年度も、クニマスの産卵生態を明らかにするとともに、ヨーロッパウナギの捕食実態と駆除効果を明らかにすることを目的に、タイムラプスカメラによる産卵場の撮影を行ったのでその結果を報告する。また、礫地の現状と湧水の湧出状況も調査したのであわせて報告する。

なお、本研究は山梨県総合理工学研究機構の「クニマスの保全及び養殖技術に関する研究」として実施した。

### 材料及び方法

#### クニマスの産卵状況とウナギによる食卵状況

西湖北岸の西の越にあるクニマス産卵場内に8か所確認されている礫地のうち、最大の礫地にタイムラプスカメラを設置して撮影を行った。

撮影にはこれまでの調査<sup>6)</sup>同様一定間隔毎に静止画を撮影するタイムラプスカメラ(TLC200Pro, Brinno社、以下、カメラ)を用いた。撮影間隔は30秒間とし、タイマーにより毎日8時から16時までの8時間撮影を行った。カメラはフランジ付きアクリル製円筒(内径70mm×長さ150mm、厚さ10mm)2個を前後に結合させたハウジング内部に結露防止用シリカゲルとともに収納し、三脚(MK290XTA3-2W, マンフロット社)に装着して湖底約90cmの高さで礫地が撮影できるように設置した。なお、カメラは電源を通常の内蔵単三電池4本から外部単二電池8本で使用できるよう改造を施し撮影の長期化を図った。

カメラの設置と回収はダイバーに依頼し、2019年12月3日に設置し、2020年3月4日に回収した。カメラの回収後、撮影した映像の全コマを確認し、次の情報を調査日ごとに計数した。

「クニマス最大確認尾数」 = 1コマに映っている最大のクニマス数

「クニマス最大確認ペア数」 = 1コマに映っている最大のクニマスペア数

「ウナギ最大確認尾数」 = 1コマに映っている最大のウナギ数

「ウナギ確認総数」 = 1日の全コマに映っているウナギの総数(1コマに複数尾の場合は尾数分加算)

「食卵ウナギ総数」 = 1日の全コマに映っている食卵ウナギの総数(1コマに複数尾の場合は尾数分を加算)

なお、過去の調査同様、産卵場礫地で撮影されたマス類はすべてクニマスとして扱った。また、通常の遊泳とは異なり、縦になって泳ぎ礫底に口部を突き入れるような行動をとっているウナギを食卵ウナギとした。

### 湧水の湧出状況と礫地の大きさ

湧水は周囲の水温よりも高い事が知られている。湧出状況を確認するために、礫地中央付近の湧水確認地点（以下、湧出点）と礫地南端の湧水のほとんど無い地点（以下、非湧出点）の2地点で、温度ロガー（TidbiTv2, Onset社）による温度の記録を行った。温度ロガーの設置はダイバーに依頼し、礫の上（以下、露出）と礫中約5cmの深さ（以下、埋設）の2か所に設置した。設置期間は2019年12月4日から2020年1月3日までとし、測定間隔は1分とした。

湧水の湧出量を測定するため、2019年12月4日に自作シーページメータ<sup>8)</sup>による湧水の採水を行った。採水した湧水は直ちにメスシリンダーで計量し、単位面積当たりの湧出量を算出した。シーページメータは容量70Lのポリプロピレン製バケツの底部を3cmの高さで切断したもので（断面積0.1385m<sup>2</sup>、容積4.2L）、上面に穴を開けてφ18mmのシリコンチューブを接続し、シリコンチューブの先端にビニール袋を装着して採水を行った。シーページメータの設置と採水はダイバーに依頼して行った。採水日の午前中にシーページメータを礫に埋め込んでも設置したのちに採水バックを接続し、約3時間後に採水バックを回収する方法で行った。採水した湧水は直ちにメスシリンダーにより計量した。

また、礫地の大きさを把握するために、南北方向に長い楕円形状である礫地の長径部分と短径部分の長さを、巻き尺を用いて計測した。

## 結果及び考察

### クニマスの産卵状況

クニマス最大確認尾数の経時変化を図1に示した。クニマスはカメラを設置した2019年12月3日に既に確認され、1コマ中最大6尾が確認された。確認尾数の最大は2019年12月20日、12月21日で、1コマ中16尾であった。確認尾数は12月下旬をピークに減少し、撮影を終了した2020年3月4日には最大で1コマ中1尾が確認されるのみであった。

クニマス最大確認ペア数の経時変化を図2に示した。クニマスペアは撮影開始日の2019年12月3日に既に確認され、1コマ中5ペアが確認された。確認ペア数の最大は2019年12月21日～12月23日、2019年12月27日～12月29日で、1コマ中8ペアであった。確認ペア数は12月下旬をピークに減少し、2020年2月21日以降は確認されなかった。

以上の結果から、今シーズンのクニマスの産卵ピークは12月下旬ごろであり、1月に入ると徐々に減少し、2月に入るとほぼ終了したと考えられた。この傾向は、ピーク時期が若干異なるものの2016年度と2017年度の調査<sup>7,8)</sup>とほぼ同様であった。瀬部ら<sup>12)</sup>はVPSによる行動追跡調査の結果から、クニマスは11月中旬から2月下旬は産卵場周辺を集中的に利用していると報告している。また、青柳ら<sup>3)</sup>は西の越付近で捕獲したクニマス成熟魚の出現状況とGSIの変化から産卵期は11月から2月頃であると推定しており、これらの調査結果とも同様の傾向であった。なお、2018年度は確認尾数に明確なピークは見られず、2月下旬にも産卵行動を行うペアが確認されている<sup>9)</sup>。

1日当たりの確認尾数とペア数の最大値はそれぞれ1コマ当たり16尾と8ペアであり、いずれも過去の調査<sup>7,9)</sup>と同程度かそれよりやや多く、産卵集団の規模に大きな変化はないと考えられた（図1,2）。産卵集団の規模は西湖のクニマス個体群維持と遺伝的多様性維持に重要である。過去に、西湖のクニマスの遺伝的多様度を調査した結果では、現時点でクニマスの遺伝的多様度は比較的高いが、推定有効集団サイズが小さく有効集団サイズの向

上が必要と指摘されている<sup>12)</sup>。有効集団サイズをこれ以上減少させないために、西湖に1箇所しかなく狭小な礫地を保全するとともに、有効集団サイズの向上に向けた取り組みを検討することや、遺伝的多様性のモニタリングが必要と考えられた。

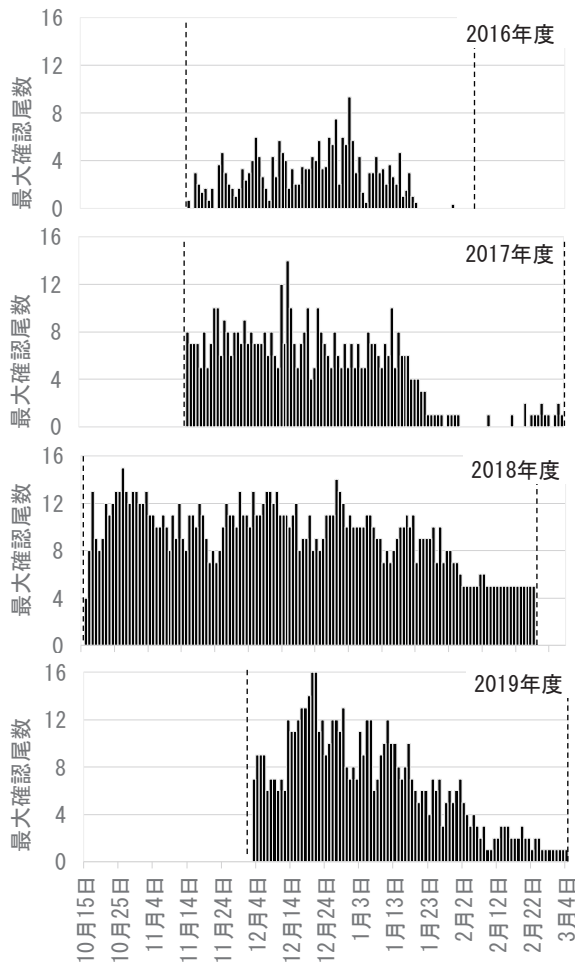


図1 クニマス最大確認尾数の経時変化  
(点線の間がカメラ設置期間)

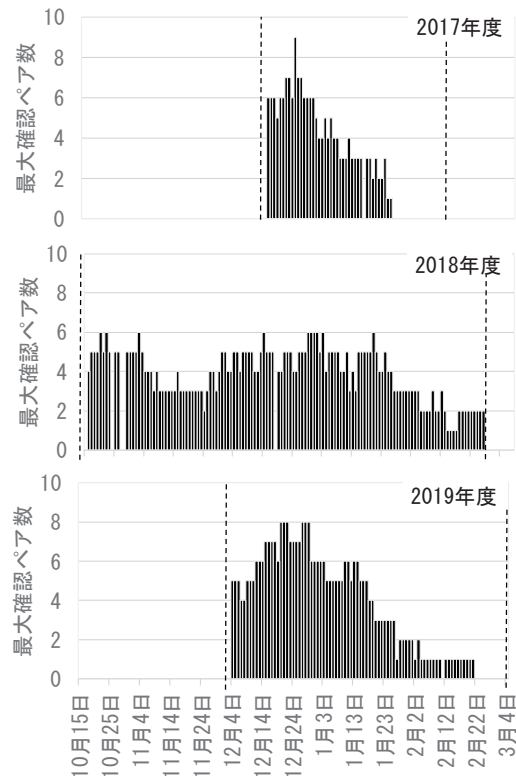


図2 クニマス最大確認ペア数の経時変化  
(点線の間がカメラ設置期間)

### ウナギによる食卵状況

ウナギ最大確認尾数の経時変化を図3に示した。ウナギはカメラ設置直後の12月4日に既に1尾が確認され、2月16日までほぼ毎日確認された。1コマ当たりの最大は1月9日の3尾であった。2017年度は1コマ当たりの最大は4尾であったが、2018年度は1コマ当たり2尾に減少したため、産卵場周辺での駆除により出現数が減少したと考えた。しかし、本年度は再び増加したことから、今後も産卵場付近でのウナギ駆除を継続するとともに、出現ウナギ数をモニタリングして駆除効果を確認する必要があると考えられた。

ウナギ確認総数の経時変化を図4に示した。ウナギは2019年12月3日から12月13日頃まで一日当たりの確認総数は多くなかったが、2019年12月14日に1日当たり26尾が確認され、2020年1月30日ころまではほぼ毎日頻繁に確認され、2020年1月31日以降は再び確認されなくなった。確認尾数の最大は2020年1月11日で、1日当たり607尾であった。確認尾数が特異的に多かった2020年1月11日を除けば、確認尾数のピークは12月下旬と考えられた。

食卵ウナギ総数の経時変化を図5に示した。食卵ウナギ総数は、12月下旬がピークと考えられ、1月に入ると徐々に減少し、2月中にはほとんど見られなくなった。この増減傾向はとクニマス確認総数(図1)とよく一致していた。2017年度の調査<sup>8)</sup>でも、食卵ウナギが見られた時期とクニマスペアが確認された時期はよく一致しており、ウナギはクニマスの産卵にあわせて食卵のために出現していると考えられた。なお、今年度の調査では、12月上旬から12月中旬はクニマス確認尾数が多いもののウナギはほぼ確認できなかったが、この原因は不明であった。

なお、過去の調査に比べ、ウナギ確認尾数や食卵ウナギ確認数が大幅に増加しているが、これは過去の調査より1日の撮影時間を長くし(6時間→8時間)、撮影間隔を短く(1分間隔→30秒間隔)設定したため、確認コマ数が増加したことによるものである。

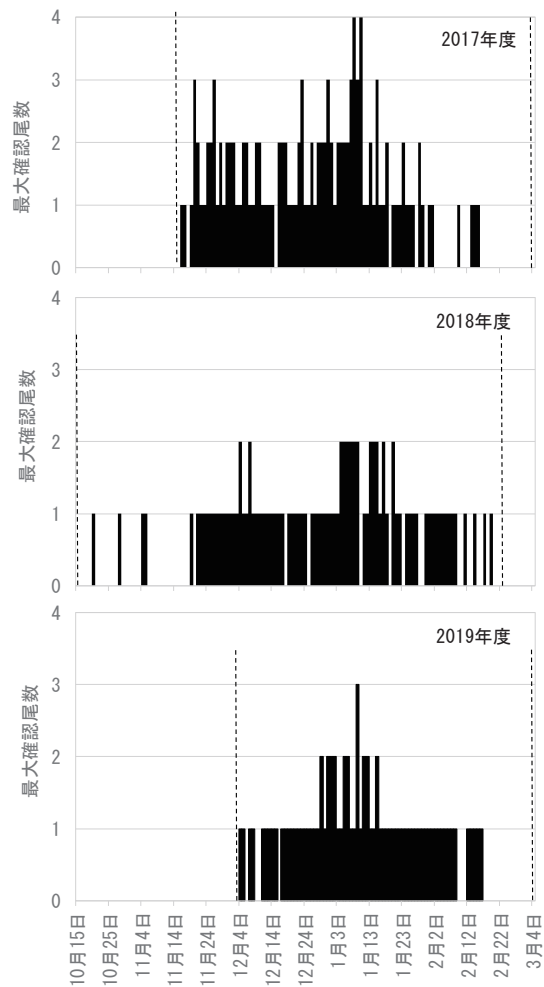


図3 ウナギ最大確認尾数の経時変化  
(点線の間がカメラ設置期間)

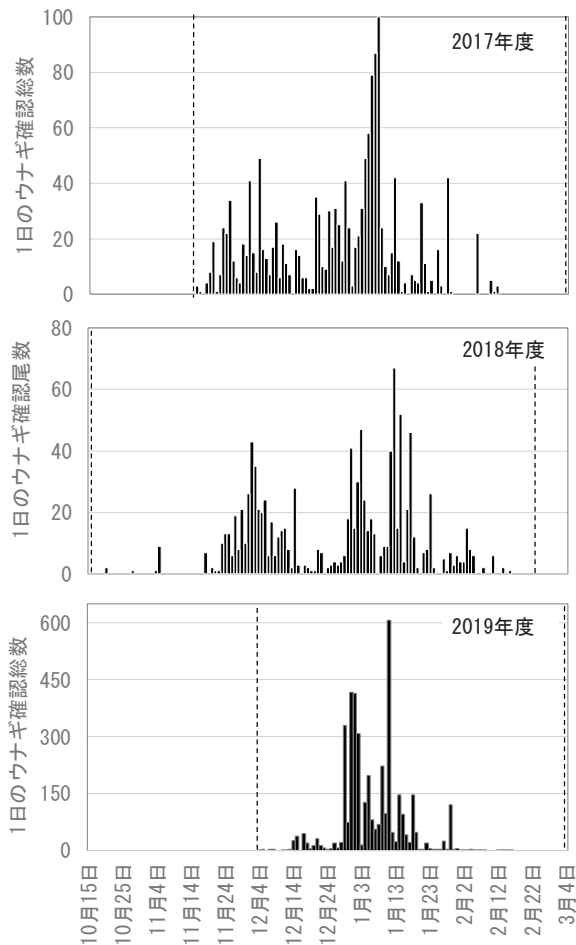


図4 ウナギ確認総数の経時変化  
(点線の間がカメラ設置期間)

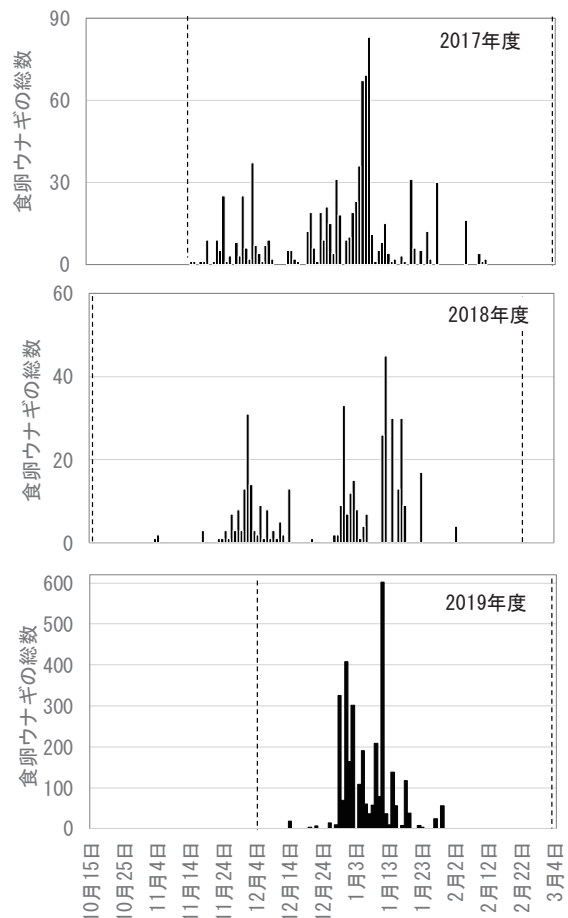


図5 食卵ウナギ総数の経時変化  
(点線の間がカメラ設置期間)

### 湧水の湧出状況

温度ロガーによる湧出点と非湧出点の温度測定結果を図5に示した。各地点の平均は、湧出点の礫中が  $8.87 \pm 0.22^\circ\text{C}$ 、湧出点の礫上が  $6.50 \pm 0.24^\circ\text{C}$ 、非湧出点の礫中が  $6.19 \pm 0.06^\circ\text{C}$ 、非湧出点の礫上が  $5.99 \pm 0.13^\circ\text{C}$  で、湧出点の礫中が他の地点より  $2^\circ\text{C} \sim 3^\circ\text{C}$  高かった。また、湧出点の礫中は、ほぼ  $8.6^\circ\text{C} \sim 9.2^\circ\text{C}$  の範囲でほぼ一定していた。過去の調査<sup>6-10)</sup>で湧水の温度は  $9^\circ\text{C}$  前後で、湖水温度に比べ高いことが明らかになっており、今回の調査でも湧出点から湧水が継続して湧出している事が確認された。非湧出点の礫上温度は他の地点よりも低く、湖水温度と等しいと考えられる。一方、非湧出点の礫中温度はそれよりも若干高く、非湧出点付近の礫中にも湧水の影響があることが示唆された。なお、湧出点の礫上温度は他の地点より変動幅が大きいのが、これは湖水と湧水が混合されていることによると考えられた。

シーページメータを3時間設置した湧水量は  $43\text{ml}$  であった(表1)。採水時間、採水量とシーページメータの設置面積から湧出量を算出したところ、 $1.7\text{ml}/\text{min}/\text{m}^2$  と少なかった。2017年11月16日から同様の方法による採水を10回行っており、湧出量は  $0 \sim 89.2\text{ml}/\text{min}/\text{m}^2$  の範囲であった。湧出量は2018年3月8日までは比較的多かったものの ( $45.3 \sim 89.2\text{ml}/\text{min}/\text{m}^2$ )、2018年10月15日以降大幅に少なくなっており ( $0 \sim 1.9\text{ml}/\text{min}/\text{m}^2$ )、クニマスの産卵環境として重要な要素である湧出量の減少が懸念された。一方、今年度湖底に設置したタイムラプスカメラの映像に、設置したシーページメータの周囲から湧水一定量が出ている様子が観察できており、定量性定

量性の検討が必要と考えられた。シーページメータによる採水には、ドラムと採水袋の間のチューブや採水袋の抵抗など、いくつかの問題点が指摘されている<sup>14)</sup>。チューブの抵抗については直径を0.9cm以上にすることで無視する事ができるとされており、今回使用したチューブの直径が18mmであったことからこの点は問題ないと考えられた。今後はドラムと採水袋の材質や内容量などを見直し、定量性を再検討する必要があると考えられた。

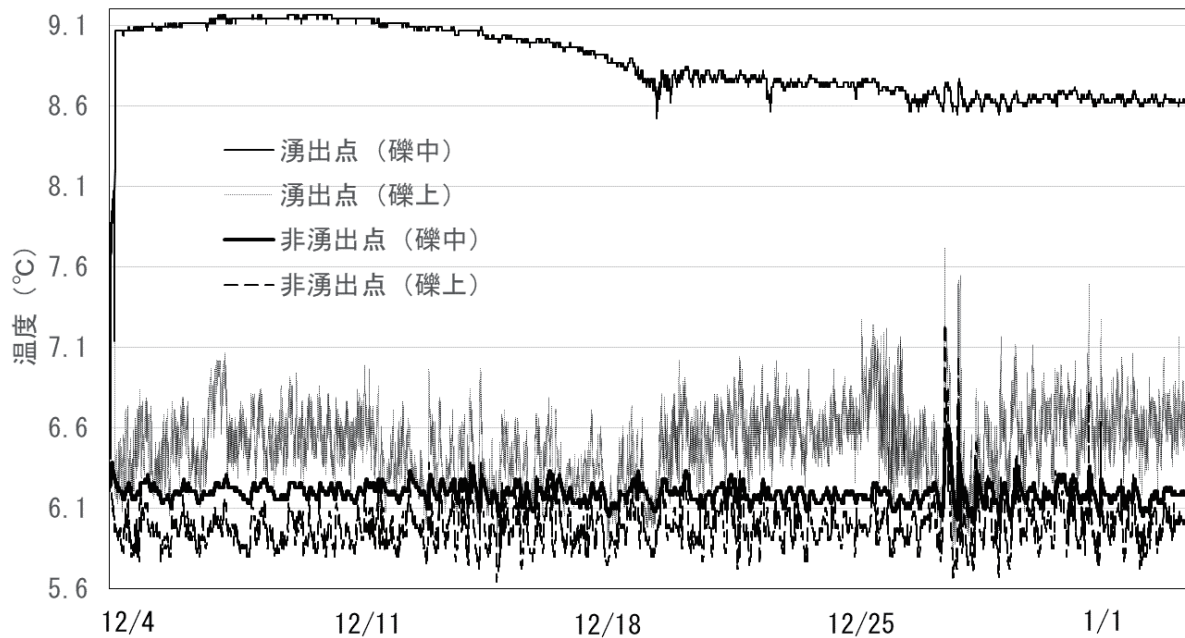


図5 湧出点と非湧出点の礫温度の測定結果

表1 シーページメータによる湧水の採水量と湧出量

採水日	設置時間 (min.)	採水量 (ml)	湧出量 (ml/min./m <sup>2</sup> )
171116	213	1,335	45.3
171214	190	1,880	71.4
171215	170	2,100	89.2
180116	180	1,670	67.0
180213	180	1,600	64.2
180308	180	1,200	50.1
181015	180	0	0.0
181218	180	48	1.9
190227	180	16	0.6
191204	180	43	1.7

## 産卵場礫地の大きさ

礫地の長径と短径を計測したところ、長径 13.0m（南北方向）、短径 12.4m（東西方向）であり、ともに過去の測定結果（長径 9m、短径 7m）よりも大きかった<sup>6,7)</sup>。今回の計測は礫と泥の境界間をメジャーで 2 か所計測しただけの簡易的なものであるため、今後は大浜ら<sup>7)</sup>が実施した詳細な環境調査を行い、現在の礫地の形状を詳細に把握することが望ましい。

## 謝 辞

潜水調査は標高 900m、水深約 30m、水温 5~6°C、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。調査が順調に行われたのはプロダイバーの大谷光弘氏と西原哲也氏のおかげである。心から感謝申し上げる。

## 要 約

1. クニマスの産卵場礫地にタイムラプスカメラを設置して、クニマスの産卵状況などを調査した。
2. クニマスは撮影を開始した 2019 年 12 月 3 日に既に 6 尾が確認され、産卵行動を行うペアも 5 組確認された。
3. クニマス確認尾数と確認ペア数のピークは 12 月下旬であり、1 月に入ると徐々に減少し、2 月にはほとんど見られなくなった。
4. ウナギは撮影を開始した 2019 年 12 月 3 日から 2019 年 12 月 13 日までは殆ど確認されなかったが、2019 年 12 月 14 日以降は頻繁に確認されるようになり、2020 年 1 月 31 日以降は再びほとんど確認されなくなった。
5. ウナギ確認尾数と食卵ウナギ確認尾数の増減傾向は酷似していた。また、12 月下旬以降のクニマス確認尾数と食卵ウナギ確認尾数の増減傾向も酷似しており、ウナギは食卵のために礫地に出現していた。
6. これまでの調査で湧水の湧出が確認されている場所の礫内温度は 9°C 程度であり、周囲に比べて 2~3 度ほど高く、湧水の湧出を確認した。
7. 湧水の湧出量は過去の調査から減少傾向が見られたが、撮影画像では一定の湧出量が確認されたことから、シーページメータによる採水の定量性の検討が必要と考えられた。
8. 礫地の大きさは長径 13.0m、短径 12.4m と過去の調査よりも若干大きかったが、今回の調査は簡易な計測であるため、今後は詳細調査を行い礫地の状況をモニタリングする必要があると考えられた。

## 文 献

- 1) 杉山秀樹（2000）：田沢湖まぼろしの魚 クニマス百科，秋田魁新報社，秋田。
- 2) Nakabo, T., Nakayama, K., Muto, N. and Miyazawa, M. (2011) : *Oncorhynchus kawamurae* "Kunimatsu", a deepwater trout, discovered in Lake Saiko, 70 years after extinction in the original habitat, Lake Tazawa, Japan. *Ichthyol Res.* 58, 180-183.
- 3) 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，8，89-102.
- 4) 青柳敏裕・岡崎巧・加地奈々・大浜秀規・長谷川裕弥・勘坂弘治・市田健介・吉崎悟朗（2014）：クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究（第 2 報）。山梨県理工学研究機構研究報告書，9，49-65.
- 5) 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，10，43-65.

- 6) 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, 44, 45-53.
- 7) 大浜秀規・青柳敏裕・芦澤晃彦・長谷川裕弥 (2018) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—II. 山梨県水産技術センター事業報告書, 45, 13-22.
- 8) 加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規・塚本勝巳 (2019) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—III. 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 46-59.
- 9) 加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規 (2020) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—IV. 山梨県水産技術センター事業報告書, 47, 41-47.
- 10) 大浜秀規・谷沢弘将・青柳敏裕 (2020) : 西湖におけるクニマス *Oncorhynchus kawamurae* の再生産 I. 産卵環境. 水生生物, 2020 巻, 1-9.
- 11) 大浜秀規・加地弘一・青柳敏裕・塚本勝巳 (2020) : 西湖におけるクニマス *Oncorhynchus kawamurae* の再生産 II. 産卵と阻害要因. 水生生物, 2020 巻, 1-11.
- 12) 中山耕至 (2019) : 西湖クニマスの遺伝的多様度および有効集団サイズについて (概要). 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 100-101.
- 13) 瀬部孝太・下野晃生・光永靖 (2019) : クニマスとヒメマスの行動比較II (概要). 山梨県水産技術センター事業報告書, 46, 102-107.
- 14) 谷口真人 (2001) : 「地下水と地表水・海水との相互作用」7.直接測定法. 地下水学会誌, 43 (4), 343-351.