

西湖におけるクニマスの産卵環境—IV

加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規

クニマス *Oncorhynchus kawamurae* の産卵生態については、原産地の田沢湖で産卵が湖の深部で行われていたとの報告¹⁾や、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との報告²⁾などがある。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、山梨県水産技術センターではこれまで西湖のクニマスの産卵生態調査を行い、クニマスの産卵環境や産卵行動などを明らかにしてきた³⁻⁸⁾。今年度も産卵生態調査を実施したのでその結果を報告する。

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

産卵場歴地のクニマスと産卵ペアの出現状況

西湖北岸の西の越沖合に設置されたクニマス産卵保護区にあるクニマス産卵場の一番大きい礫地(水深約30m, 南北9m×東西7m)にカメラを設置してクニマスと産卵ペアの出現状況などを撮影した(図1)。撮影には既報⁷⁻⁸⁾と同様に、市販のタイムラプスカメラ(TLC200Pro, Brinno社, 以下, カメラ)を用いた。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個を結合した自作ハウジングに収納し、三脚(MK290XTA3-2W, マンフロット社)に装着し、礫地の東端から湧水の湧出点方向を撮影するように設置した(図2)。

撮影期間は2018年10月16日から2019年2月26日までとした。カメラの撮影間隔は5秒間とし、タイマーにより毎日9時から15時までの6時間撮影を行った。なお、カメラは2018年12月17日に一度回収し電池交換を行った後に12月18日に再び同場所に設置した。



図1 調査を行ったクニマス産卵保護区の位置

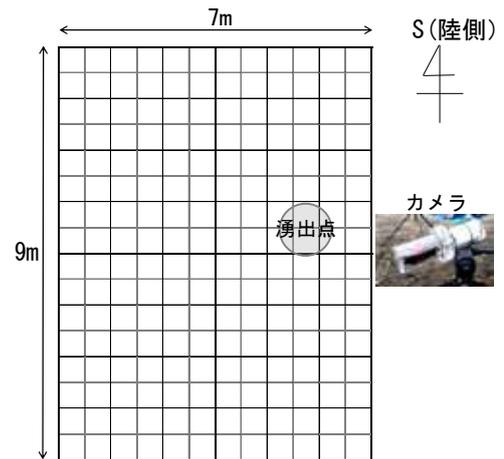


図2 産卵場礫地の模式図とカメラ設置場所

カメラを回収した後、撮影したすべての映像を1日ごとに全コマを解析し、1日当たりのクニマスの最大確認尾数(1コマあたりの最大出現尾数)を算出した。また、10時~11時の映像で追尾行動または掘り行動を行っているクニマス産卵ペアの1コマ中の最大出現数を算出した。

なお、過去に調査地点付近で採捕したマス類の多くがクニマスであり成熟した雌雄が採捕されたこと³⁾、ヒメマスはわずかに採捕されたがオスのみでメスは採捕されていないこと³⁾、西湖ではクニマスとヒメマスの雑種が採捕されていないこと^{9,10)}から、今回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解析した。

湧水の湧出状況

産卵場礫地には周囲の水温よりも温度の高い場所がスポット的にあり、湧水の存在が確認されている⁹⁾。湧水の湧出状況を確認するために、湧水が確認されている礫地の東側付近(以下、湧出点)と礫地南端付近の湧水のほとんど無い地点(以下、非湧出点)の2箇所に、水温ロガー(TidviTv2, Onset社)を礫中約5cmの深さに埋設し、礫内の温度を1時間間隔で測定した。測定は2018年10月15日から2019年2月26日まで行った。また、2018年10月15日、12月17日、2019年2月27日の潜水調査時に、湧出点付近数か所で市販のデジタルカメラのハウジング内に密閉しセンサー部のみを露出させた水温計(TR-71U, T&D社)を用いて礫内温度を直接計測し記録した。

湧水の湧出量を測定するため、2018年10月16日、12月18日、2019年2月27日に、自作の採水装置(以下、シーページメータ)による湧水の採水を行った。シーページメータは既報⁹⁾と同様容量70Lの市販のバケツの底部を3cmの高さで切断したもので(断面積0.1385m²、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、シリコンチューブに採水バックが脱着できるようにした(図3)。採水前日の午前中にダイバーがシーページメータを礫に埋め込むように設置し、内部が湧水に置き換わったと考えられる翌日の午前中に採水バックを接続し、3時間後に採水バックに入った湧水を回収した。湧水は直ちにメスシリンダーで計量した。



図3 採水に用いたシーページメータ

結果

クニマスと産卵ペアの出現状況

クニマスはカメラ設置直後の2018年10月16日から出現し、1月下旬まで毎日7~15尾が出現した(図4)。出現尾数に多少の増減はあるものの1月下旬まで毎日10尾前後が出現し、最大出現尾数は10月27日の15尾であった。その後出現尾数は減少し2月上旬以降は5尾程度に減少したが、カメラを回収した2019年2月26日まで毎日出現した。

クニマス産卵ペアはカメラ設置直後の2018年10月16日から出現し、2019年2月26日までほぼ毎日出現した(図5)。産卵ペアは1月下旬まで毎日3~6ペアが出現、その後1月下旬以降は減少していった。2月上旬以降は2ペア程度まで減少したが、カメラを回収した2019年2月26日まで毎日出現した。なお、2018年10月24日、

10月27日, 10月28日, 12月18日については10時~11時の画像が欠損していたため解析から除外した。

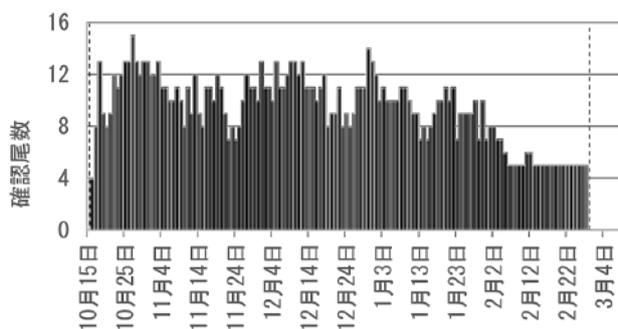


図4 クニマス確認尾数（一日当たりの最大尾数）
の経時変化（破線間がカメラ設置期間）

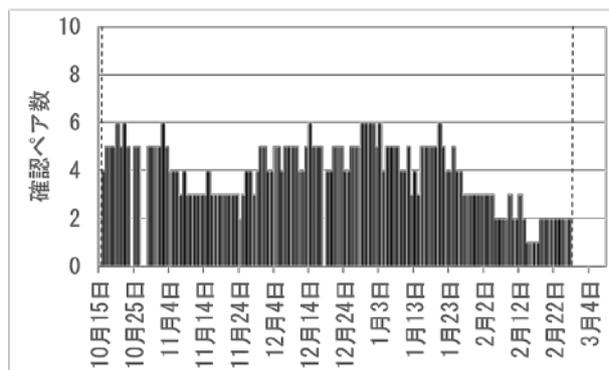


図5 産卵ペア数（10:00~11:00の最大ペア数）
の経時変化（破線間がカメラ設置期間）

湧水の湧出状況

湧水湧出の指標である礫内温度は、非湧出点では 5.0~6.1℃の範囲でほぼ一定であったが、湧出点では 4.9~9.2℃で変化した（図6）。湧出点の礫内温度は10月15日は9℃前後と過去の調査とほぼ同程度であったが、11月1日に急激に低下して非湧出点付近の5.5℃付近まで低下した。その後は非湧出点付近とそれより1℃前後高い間で定期的な変動を繰り返す、1月上旬以降は非湧出点の温度とほぼ同じ値で推移した。

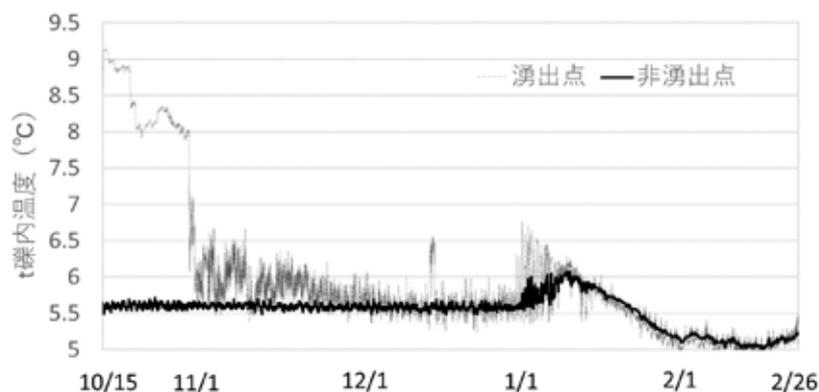


図6 水温ロガーによる礫内温度の測定結果

ダイバーが直接測定した湧出点付近の礫内温度の分布を図7に示す。礫内温度は場所により高低があり、10月15日は6.2~9.3℃、12月12日は6.1~8.2℃、2月27日は5.8~8.0℃の範囲であった。礫内温度が高い場所は過去の調査とほぼ同じ場所であった。なお、最高地点の温度は後半の測定日ほど低かった。

表1 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 ²)
181015	180	0	0.0
181218	180	48	1.9
190227	180	16	0.6

考 察

西湖におけるクニマスの産卵期に関する調査については、クニマスの行動追跡調査(VPS)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の報告や¹⁾、西の越付近でのクニマス成熟魚の出現状況とGSIの調査から産卵期は11月から2月頃であると推定されるとの報告などがある³⁾。また、2016年度⁷⁾と2017年度⁸⁾に行った湖底カメラによる調査では、クニマスは調査開始時の11月中旬には礫地で確認されており、1月下旬以降は殆ど確認されなくなったことや、産卵ペアが1月下旬以降確認できなくなったことから、クニマスの産卵期は11月中旬以前から1月下旬頃と考えられた(図8)。今年度は過去の調査よりも1か月程度早い時期から調査を行ったが、クニマスは調査開始の10月中旬には礫地で確認され、産卵ペアも確認できたことから、産卵開始時期は少なくとも10月中旬以前と考えられた。一方、今年度はカメラを回収した2月下旬まで産卵ペアが継続して確認されている事から、産卵終了時期は2016年度と2017年度の調査よりも1か月以上遅いと考えられた(図9)。産卵ペアの多寡を産卵頻度の指標とした場合、2017年度は12月25日まで産卵ペアが増加傾向にありその後減少したことから、産卵のピークは12月下旬頃と考えられた。一方、2018年度は産卵ペアの増減に明確なピークが見られなかったが、1月20日以降は減少傾向にあったことから、1月下旬には産卵盛期を過ぎているものと考えられた。以上のことから、西湖におけるクニマスの産卵時期は数か月間以上の長期間にわたると考えられるが、産卵ペアの出現時期やピークが年度により異なることなどから、今後も継続した調査を行い産卵期間の決定要因などを解明する必要があると考えられた。

過去の調査で、産卵場礫地には周囲よりも礫内温度が高い場所があり湧水が存在すること、湧水の湧出量は比較的少ないと考えられることが報告されている^{6,8)}。また、ヒメマス卵の埋設試験の結果や礫地内でのクニマス卵・仔魚の堀上か結果から、産卵場湧水はクニマスの再生産に非常に重要であることが指摘されている^{6,8)}。今回の調査でも過去の調査と同じ地点から湧水の湧出を確認したが、推定湧出量は昨年度の45.3~89.2mL/min./m²に比べ0~1.9 mL/min./m²と大幅に少なかった。10月の採水量は0mLであったが、湧出量の指標となる礫内温度の測定結果は水温ロガー(図6)、直接測定(図7)ともに9℃であり過去の調査と同じ値で湧水は存在していたと考えられる。採水できなかった原因は湧出量の低下などにより湧出点の範囲が狭くなり、シーページメータが湧出点からずれていたことが考えられる。また、湧出点の礫内温度は水温ロガー設置2週間後から急激に低下して、その後非湧出点の5.5℃と1℃高い水温の間で変動した。この原因として湧出量の低下や、埋設した水温ロガーが何らかの要因で露出した可能性が考えられる。大浜ら(2017)⁹⁾は、水温ロガーを湧出点に埋設、湧出点の湖底に設置、非湧出点に埋設、非湧出点の湖底に設置して水温変動を調査しており、湧出点湖底設置区の水温は非湧出点埋設区とほぼ等しい水温と1℃前後高い水温で変動することを報告している。今回の水温低下後の変動はこれとよく一致しており、水温ロガーが何らかの要因で露出した可能性もあると考えられた。ただし、水温ロガーが露出していたとしても湧出量が十分にある場合は水温が9℃前後に維持されると考えられ、湧水の湧出が不安定とも考えられる。今後、クニマスを保全するためには湧水量の増減要因の解明や、予防原則に基づく水源林の保全や適切な地下水利用など湧水保全施策の実施が重要と考えられた。

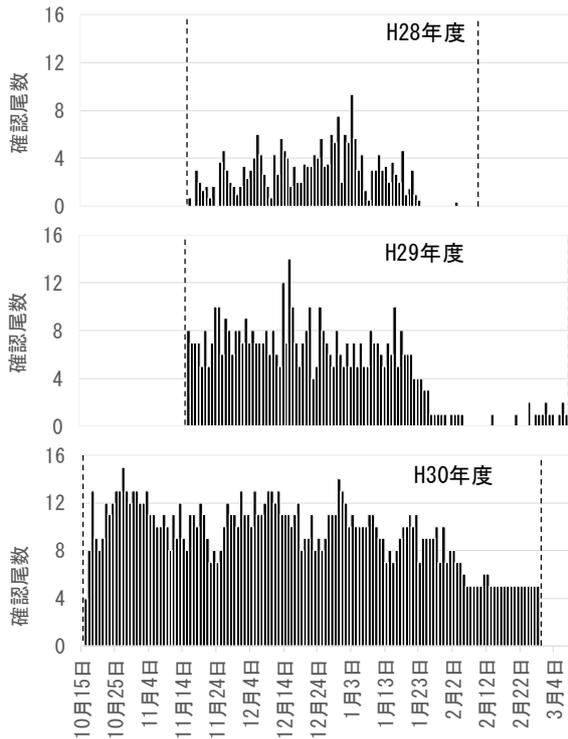


図8 クニマス尾数の変化 (H28年度は10時、11時、12時の平均値、H29年度とH30年度は1日の最大値、破線間がカメラ設置期間)

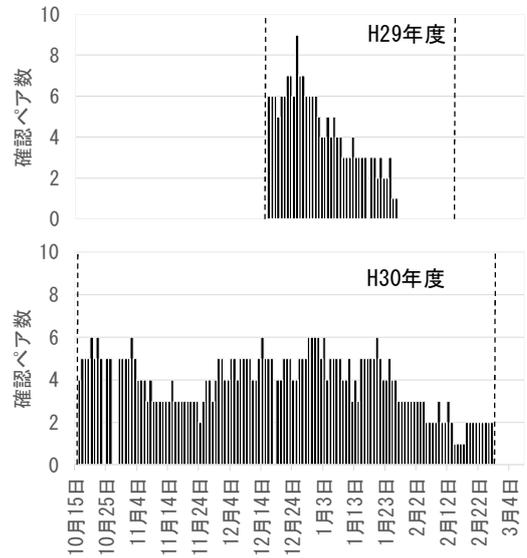


図9 クニマス産卵ペア数の変化 (9時から10時に確認されたペア数の最大値、破線間がカメラ設置期間)

謝辞

潜水調査は標高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。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る。

要約

1. 西湖北岸の西の越にあるクニマス産卵場礫地にカメラを設置して、画像解析を行いクニマスの産卵時期を調査した。
2. クニマスは10月中旬には既に産卵場礫地に来遊していた。また、産卵行動(追尾行動)を行うクニマスペアも確認されたことから、10月中旬には産卵も開始していると考えられた。
3. クニマスペア数の変動には明確なピークは見られなかったが、ペア数は1月下旬以降減少傾向にあることから、1月下旬には産卵盛期を過ぎていると考えられた。
4. クニマスペアはカメラを回収した2月下旬まで毎日確認されたことから、産卵の終了は2月下旬以降と考えられた。
5. クニマスの産卵環境として重要な役割を果たしている礫地の湧水について、過去の調査と同じ場所での湧出を確認した。しかし、推定湧出量は昨年度に比べて大幅に減少していることから、湧出量の変動要因解明や保全策の確立が望まれる。

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, 66-74.
- 2) 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.
- 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) Nakayama K., Tohkairin A., Yoshikawa A., Nakabo T. (2013) : Distinct genetic isolation between "Kunimasu" (*Oncorhynchus kawamurae*) and "Himemasu" (*O. nerka*) in Lake Saiko, Yamanashi Prefecture, Japan, inferred from microsatellite analysis. *Ichthyol Res.*, 60, 277- 281.
- 10) Muto N., Nakayama K., Nakabo T. (2013) : Distinct genetic isolation between "Kunimasu" (*Oncorhynchus kawamurae*) and "Himemasu" (*O. nerka*) in Lake Saiko Yamanashi Prefecture, Japan, inferred from microsatellite analysis . *Ichthyol Res.*, 60, 188- 194..
- 11) 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.