

西湖におけるクニマスの産卵環境—VI

～産卵場に設置した水中ビデオカメラシステムの映像の解析～

加地弘一・青柳敏裕

水産技術センターでは、クニマス *Oncorhynchus kawamurae* の産卵生態解明を目的に、2017年度からクニマスの産卵場である西の越沖合の水深30m付近にある礫地に定点カメラを設置して、産卵期のクニマス親魚来遊状況や産卵行動、クニマス卵を食害しているウナギの出現状況などについて調査を行っている¹⁾⁷⁾。これまでの調査は、特注ハウジングに収容した市販のタイムラプスカメラを潜水士が産卵場礫地に直接設置と回収を行い、後日回収したカメラに保存された画像を解析する方法で行っていた。この方法は装置が比較的簡易であるためコストが抑えられる反面、電源となる電池容量や記憶媒体の容量などにより撮影可能日数や画質などに制限があり、カメラの設置回収を毎回潜水士に委託しなくてはならないなど問題点があった。また、タイムラプスカメラの特性上画像はコマ撮りになるため情報の欠損が懸念された。そこで、今年度はこれらの課題を解決するため、産卵場礫地から湖岸まで電源供給できるLANケーブルを敷設し、産卵場礫地にインターネットで画像配信できるカメラを設置し、インターネットを経由して産卵場礫地の映像をリアルタイムに確認できる「水中ビデオカメラシステム」を構築した⁸⁾。本報では水中ビデオカメラシステムの映像を解析し、クニマスの来遊状況やウナギによる食卵状況を調査したのでその結果を報告する。また、産卵場礫地でカワウ *Phalacrocorax carbo* が初めて確認されたのでその出現状況についても報告する。

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

解析に用いた画像

解析には、水中ビデオカメラシステムで撮影し録画用ネットワーク接続型ストレージ (Qnap, TBS453-DX, 以下NASという) に記録された映像を使用した (図1)。水中ビデオカメラシステムによる撮影は2020年12月13日から2021年3月11日までの89日間、タイマー設定により毎日9時から15時までの6時間行った。このうち過去の調査でクニマスが最も観察される時間帯である10時から11時の映像を解析に用いた。

水中ビデオカメラシステムとの比較のため、2021年1月25日から2021年3月8日の43日間、水中ビデオカメラシステムの近傍にタイムラプスカメラ (BRINNO, TLC200 Pro) を設置して撮影を行った (図1)。撮影間隔は30秒で、撮影時間は毎日8時から16時、その他の設定は既報³⁾⁵⁾と同様とした。解析には全画像を用いた。



図1 水中ビデオカメラシステムの概観 (左: 設置時の様子, 右: ハウジングに収容されたネットワークカメラ (SONY, SNC-VB640), タイムラプスカメラ (BRINNO, TLC200 Pro))

Kaji Koichi, Aoyagi Toshihiro

解析項目

次の項目について、調査日毎に集計を行った。なお、過去の調査¹⁻⁷⁾と同様、撮影されたマス類はすべてクニマスとして集計を行った。

最多クニマス尾数

1画面中の最多クニマス尾数 (図 2a 黒色矢印)

最多クニマスペア数

1画面中の最多クニマスペア数 (図 2c)

最多ウナギ尾数

1画面中の最多ウナギ尾数 (図 2a 白抜き矢印)

ウナギ延べ出現数 (水中ビデオカメラシステムのみ)

10時から11時の1時間に確認したウナギの延べ数

ウナギ延べ食卵時間 (水中ビデオカメラシステムのみ)

10時から11時の1時間に確認したウナギ食卵行動の延べ時間 (同時に複数個体が食卵している場合は個体ごとに計測) (図 2b)。なお、ウナギが頭部を湖底に向けて垂直になり、口部で礫内を攪乱するような行動を食卵行動とした。

カワウ延べ出現数 (水中ビデオカメラシステムのみ)

10時から11時の1時間に確認したカワウの延べ数 (図 2d)

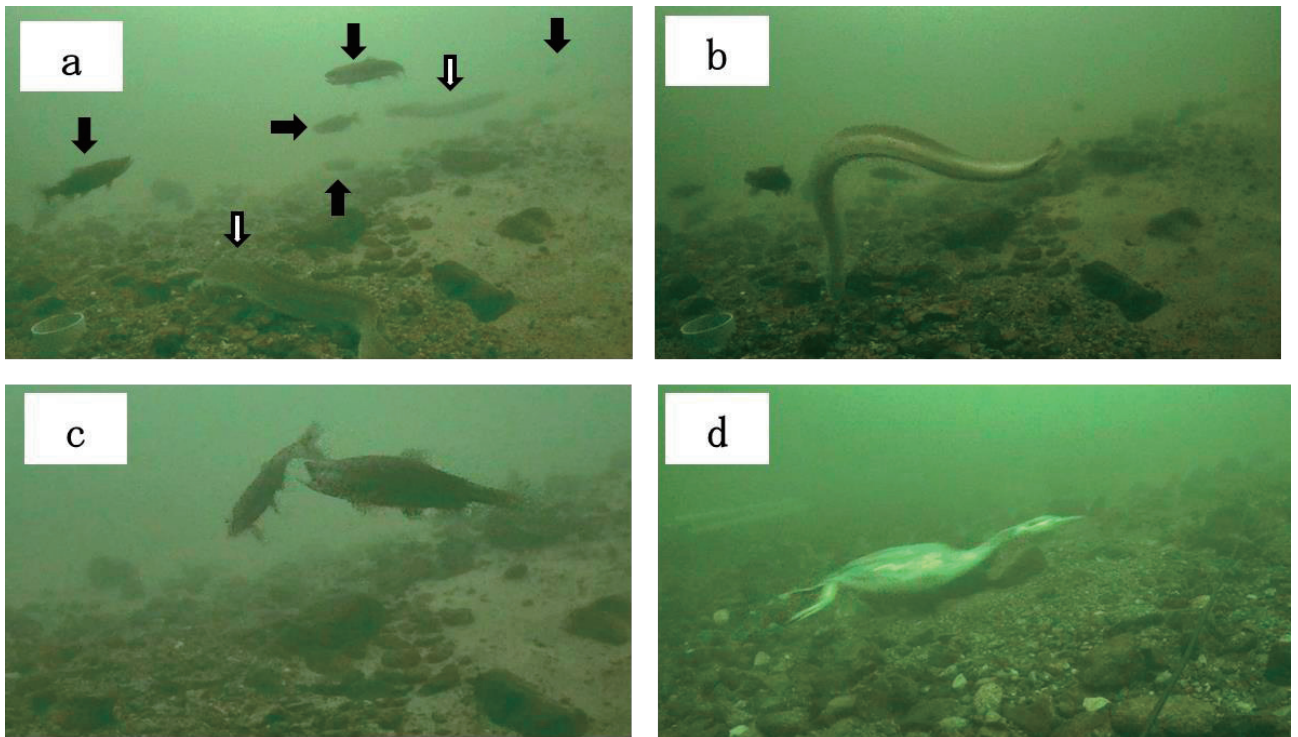


図 2 水中ビデオカメラシステムの撮影画像 (a: クニマス (黒色矢印, 5尾) とウナギ (白抜き矢印, 2尾), b: 食卵行動ウナギ, c: クニマスのペア (メスを追尾するオス), d: カメラの前を横切るカワウ)

結果

最多クニマス尾数

(水中ビデオカメラシステム)

撮影を行った 89 日間のうち、濁りが強く観察が不能であった 10 日間を除く 79 日間すべてでクニマスが確認された (図 3 左)。平均は 3.8 尾/日で、最多は 8 尾であった。クニマスは撮影開始時から確認され、12 月 25 日、12 月 26 日、12 月 28 日に最多の 8 尾を確認し、その後は減少した。

(タイムラプスカメラ)

撮影を行った 43 日間のうち、濁りが強く観察が不能であった 4 日間を除く 39 日間すべてでクニマスが確認された (図 3 右)。平均は 1.8 尾/日で、最多は 3 尾であった。

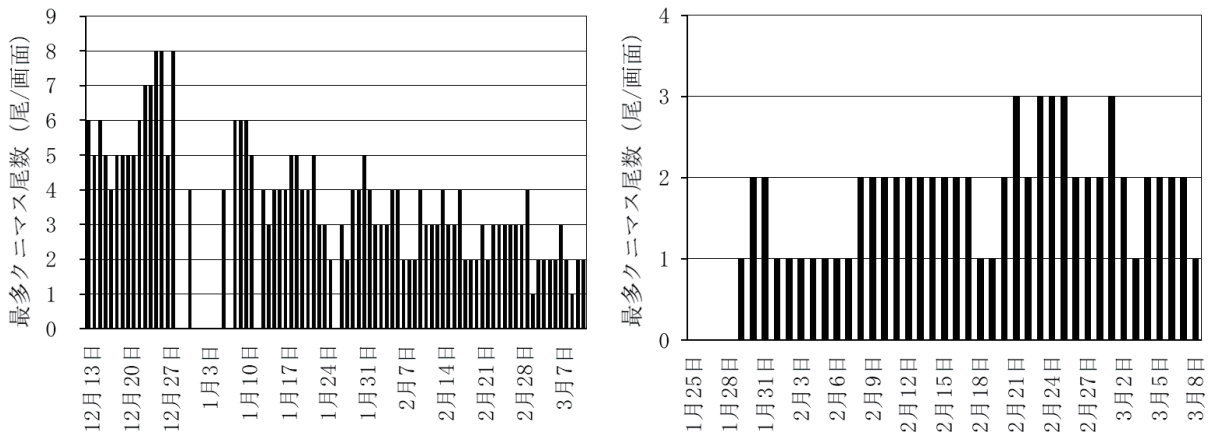


図 3 最多クニマス尾数 (左 : 水中ビデオカメラシステム, 右 : タイムラプスカメラ)

最多クニマスペア数

(水中ビデオカメラシステム)

観察可能な 79 日間のうち、56 日間でクニマスペアが確認された (図 4 左)。平均は 1.1 ペア/日で、最多は 4 ペアであった。クニマスペアは撮影開始時から確認され、12 月 26 日、12 月 28 日に最多の 4 ペアを確認し、その後は減少し、観察最終日の 3 月 11 日にも 1 ペアが確認された。

(タイムラプスカメラ)

観察が可能な 39 日間のうち 27 日間でクニマスペアが 1 ペアずつ確認された (図 4 右)。

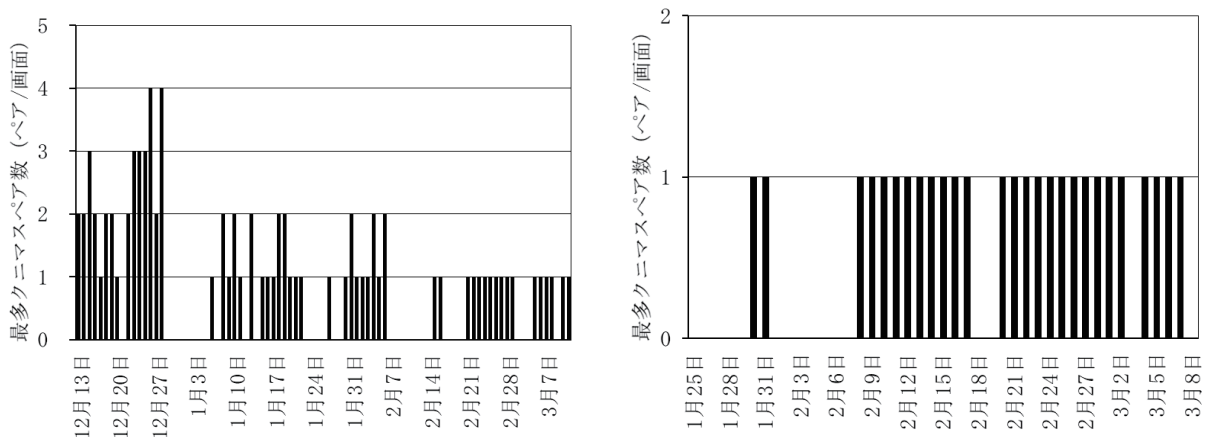


図 4 最多クニマスペア数 (左 : 水中ビデオカメラシステム, 右 : タイムラプスカメラ)

最多ウナギ尾数

(水中ビデオカメラシステム)

観察可能な 79 日間のうち、32 日間でウナギが確認された (図 5 左)。平均は 0.4 尾/日で、最多は 2 尾であった。ウナギは撮影開始時から確認され、12 月 15 日、12 月 25 日、12 月 26 日に最多の 2 尾を確認した。1 月下旬までは頻繁に確認できたが、それ以降は確認頻度が減少した。

(タイムラプスカメラ)

観察が可能な 39 日間のうち 3 日間でウナギがそれぞれ 1 尾で確認された (図 5 右)。

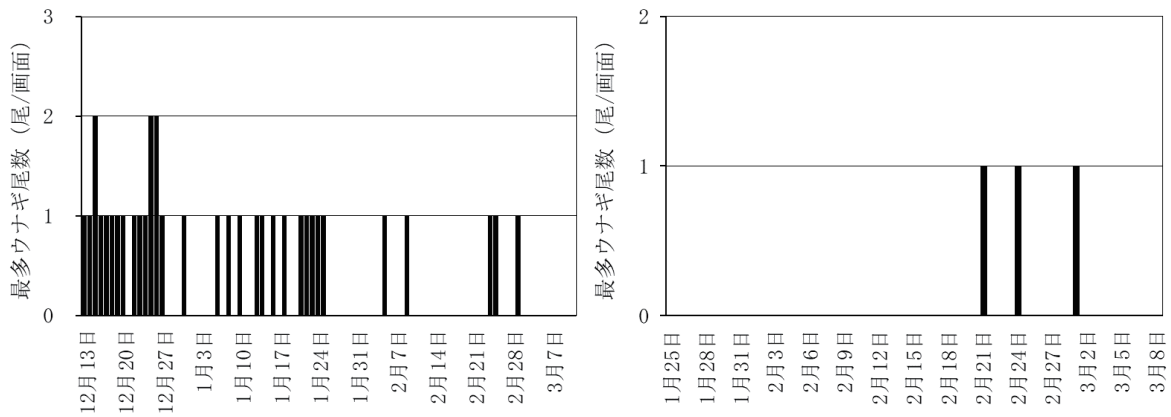


図 5 最多ウナギ尾数 (左 : 水中ビデオカメラシステム, 右 : タイムラプスカメラ)

ウナギ延べ出現数

32 日間で延べ 74 尾、平均で 0.94 尾/時間のウナギが出現した (図 6)。延べ出現数が最も多かったのは 12 月 26 日の 7 尾/時間で、次いで 1 月 25 日の 6 尾/時間、1 月 21 日の 5 尾/時間であった。

ウナギ延べ食卵時間

食卵行動が確認されたのは 4 日間で、延べ 31 分間のウナギによるクニマス卵の食卵が確認された (図 7)。延べ食卵時間が最も長かったのは 12 月 26 日で 20 分間であった。

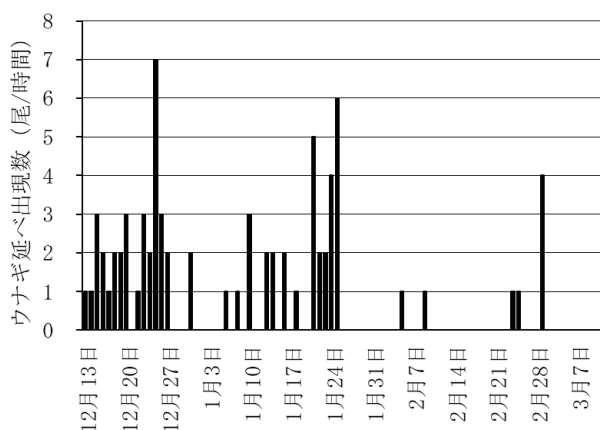


図 6 1 時間のウナギ延べ出現数

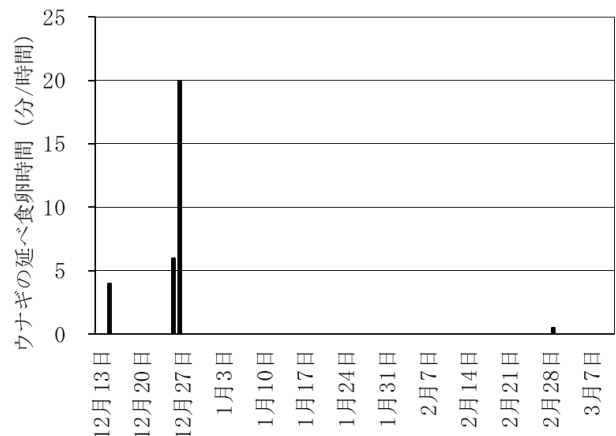


図 7 1 時間のウナギ延べ食卵時間

カワウ延べ出現数

カワウが出現したのは7日間で、延べ16羽が確認された(図8)。延べ出現数が最も多かったのは2月9日で4羽であった。なお、画面内にカワウが複数撮影されることは無く、全て単独であった。

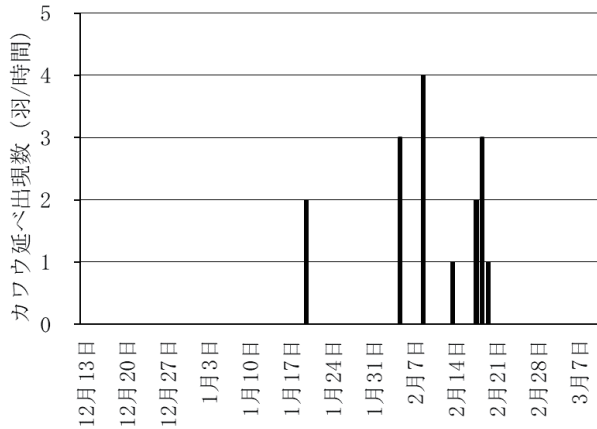


図8 1時間のカワウ延べ出現数

考 察

今年度新たに設置した水中ビデオカメラシステムで撮影した映像を用いてクニマスの産卵生態調査を行った。その結果、産卵場礫地のクニマス尾数、クニマスペア数はいずれも12月下旬をピークに増加し、その後2月上旬にかけて減少していったことから、2020年度のクニマスの産卵盛期は12月下旬で、産卵は少なくとも3月上旬まで続いていると考えられた。この傾向は過去の調査結果²⁾⁹⁾でも同様であり、西湖におけるクニマス産卵盛期は12月下旬で、2月下旬頃に終了すると考えられた(図9,10)。産卵終期については、産卵場周辺で採捕したクニマスGSIの経時変化から産卵期を11月から2月頃と推定した報告⁸⁾や、VPSによる行動追跡から11月中旬から2月下旬は産卵場礫地付近を集中的に利用していたとの報告⁹⁾とよく一致する。一方、産卵開始時期については、今回の観察開始時に既にクニマスが出現していたため不明であるが、2018年度は10月中旬に既に多数のクニマスペアが観察されており、これら既報よりも早い可能性も考えられた。10月と11月には産卵場礫地付近ではクニマスのほか成熟したヒメマスが採捕されるが、11月以降はクニマスのみになることが報告⁸⁾されており、10月の観察個体にはヒメマスが含まれている可能性も考えられた。なお、西湖ではクニマスとヒメマスの交雑は無いとの報告があり¹⁰⁻¹¹⁾、両種には何らかの機構で生殖隔離が存在していると考えられるが、その詳細は不明であり今後の検討課題である。

産卵場ではウナギによるクニマス卵の食卵が確認されており、ウナギは11月中旬から2月下旬頃に出現し、食卵は11月下旬から2月上旬に行われている事が分かっている。今年度はカメラ設置時期が遅く、ウナギの出現期間は概ねこの範囲であったが、食卵行動はあまり確認されずそのほとんどは12月下旬に行われていた。なお、産卵場周辺でクニマス卵を食害するウナギの駆除を実施しているが、今年度も最多で2尾のウナギによる食卵行動が確認されており、クニマス産卵資源を保全するためにウナギ除去は依然として大きな課題となっている。さらに、今年度は水中ビデオカメラシステムで新たにカワウが撮影された。カワウが撮影される直前にはクニマスが異常な速度でカワウと反対方向に泳ぎ去るのが確認されており、カワウはクニマスを捕食しようとしていると考えられた。カワウの潜水時間は平均32~48秒で最長1.2分、潜水深度は最大37mと報告されている¹²⁾。水深30mにある産卵場で、最短で2分間隔で撮影されていたことから、複数のカワウが潜水している可能性も示唆された。

今後は、ウナギ同様にカワウもクニマス資源を保全する上で早急な対策が必要である。

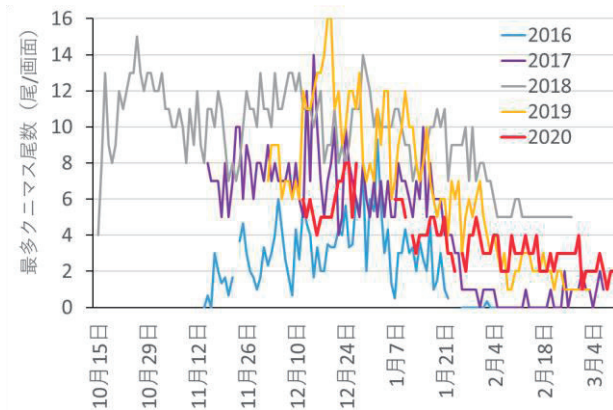


図9 最多クニマス尾数の経年変化

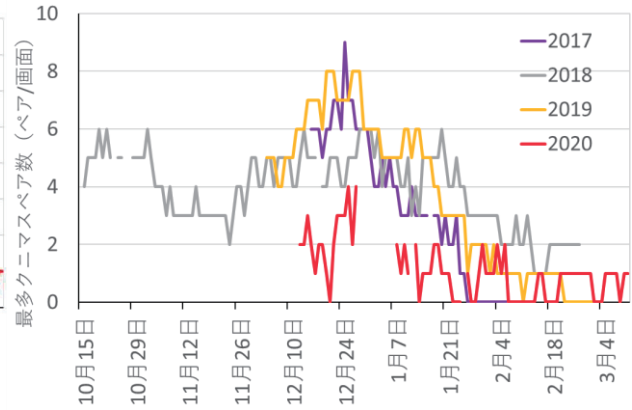


図10 最多クニマスペア数の経年変化

水中ビデオカメラシステムとタイムラプスカメラの特性を比較するために、1月25日から3月8日までの43日間の最多クニマス尾数をカメラ別に集計した(表1, 図11)。水中ビデオカメラシステムは43日中42日でクニマスが確認され、確認総数121尾、平均2.9尾/日、最大5尾であった。一方、タイムラプスカメラは確認日数39日、確認総数71尾、平均1.9尾/日、最大3尾であり、いずれも水中ビデオカメラシステムが優れていた。両カメラの映像の見えやすさを比較したところ、タイムラプスカメラで魚影や礫地が確認できない日でも水中ビデオカメラシステムでは確認が可能な日が多かった。また、タイムラプスカメラがインターバル撮影であるのに対し、水中カメラシステムは動画であるため、クニマスをモニタリングする上でより多くの情報が得られる。このことは、これまでのタイムラプスカメラで確認できなかったカワウが水中ビデオカメラシステムで確認できたことから明らかである。今後も水中ビデオカメラシステムをクニマス産卵場のモニタリングに活用し、クニマス保全に役立てる事が重要である。

表1 最多クニマス尾数のカメラ別集計結果

	水中ビデオ	タイムラプス
確認日数(日)	42	39
総数(尾)	121	71
平均(尾/日)	2.9	1.8
最小 - 最大(尾)	(1-5)	(1-3)

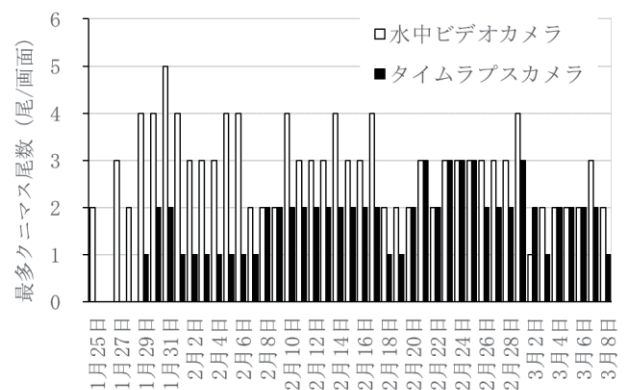


図11 カメラ別の最多クニマス尾数の経時変化

謝辞

カメラ類の設置と調整は本栖湖ダイブリゾートの古屋永輔氏、村蕃貴一氏に依頼した。調査が順調に行えたのは、標高900m、水深約30m、水温5~6℃、低照度下、加えて厳冬期という過酷な条件下での潜水作業を高い技術力で滞りなく行っていただいたおかげである。両名に心から感謝申し上げる。

要 約

1. クニマスの産卵場礫地に設置した水中ビデオカメラシステムの映像を解析しクニマスの産卵実態を調査した。
2. 産卵場礫地のクニマス尾数, クニマスペア数はいずれも 12 月下旬をピークに増加しその後 2 月上旬にかけて減少していったことから, 2020 年度のクニマスの産卵盛期は 12 月下旬で, 産卵は少なくとも 3 月上旬まで続いていると考えられた。
3. 産卵場で食卵するウナギは最大 2 尾確認され, 出現時期は 12 月上旬か 2 月下旬であった。食卵行動の頻度は少なく, ほとんどはクニマスの産卵盛期である 12 月に行われていた。
4. 水中ビデオカメラシステムにより産卵場礫地で初めてカワウが撮影された。カワウはクニマス産卵親魚を捕食しようとしていると考えられた。
5. 水中ビデオカメラシステムはこれまでのタイムラプスカメラよりもクニマスの撮影日数や撮影尾数などが多く, クニマス産卵場モニタリングを行う上でより有用であると考えられた。

文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 加地弘一・青柳敏裕 (2021) : 西湖におけるクニマスの産卵環境—V. 山梨県水産技術センター事業報告書, 48, 59-66.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) Muto N., Nakayama, T. Nakabo (2013) : Distinct genetic isolation between "Kunimasu" (*Oncorhynchus kawamurae*) and "Himemasu" (*O. nerka*) in Lake Saiko, Yamanashi Prefecture, Japan, inferred from microsatellite analysis. Ichthyol Res, 69, 189-194.
- 12) 山本麻希 (2008) : カワウってどんな鳥? 全国内水面漁業協同組合連合会, p46