

# ヨーロッパウナギによるクニマス卵の捕食実態調査

加地弘一・青柳敏裕・大浜秀規・塚本勝巳\*

西湖でクニマス *Oncorhynchus kawamurae* が再発見<sup>1)</sup>されて以来、水産技術センターではクニマスの保全と活用に資するための調査を実施している<sup>2,7)</sup>。このうちクニマスの産卵生態を解明するための調査では、クニマス産卵場礫地に定点カメラを設置してクニマスの産卵状況などの観察を行っているが、このカメラの映像で産卵場礫地に来遊するクニマス以外に複数のウナギが確認され、ウナギがクニマスの卵を捕食する行動も頻繁に確認された<sup>6,7)</sup>。そこで、産卵場を中心に延縄によるウナギの除去を実施したところ、産卵場周辺で捕獲されたウナギのほとんどがヨーロッパウナギであることが明らかになった<sup>7)</sup>。ヨーロッパウナギはニホンウナギに比べて低水温での適性が高いことが知られており<sup>8,9)</sup>、低水温下で産卵するクニマス資源に与える影響は大きいと懸念された。そこで、今年度も産卵場礫地の定点カメラ映像を解析してウナギの出現状況と食卵状況を調査するとともに、クニマス産卵場周辺でのウナギの採捕を継続して行っ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

### ウナギの出現状況と食卵状況

西湖北岸の西の越沖合に設置されているクニマス産卵保護区内にあるクニマス産卵場礫地（水深約 30m、南北 9m×東西 7m）にカメラを設置しウナギの出現状況および食卵行動の状況を撮影した（図 1）。撮影には既報<sup>6,7)</sup>と同様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 1 分間とし、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

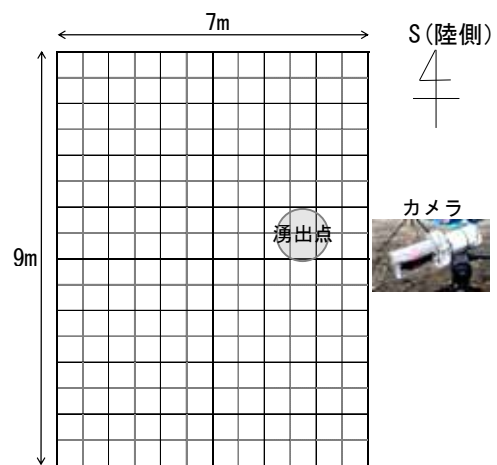


図 2 産卵場礫地の模式図とカメラ設置場所

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、ウナギの延べ出現尾数（1コマに複数尾数映っている場合は尾数分を加算）、ウナギの1コマ当たりの最大出現尾数、食卵ウナギの延べ出現尾数（1コマに複数尾数映っている場合は尾数分を加算）、食卵ウナギの1コマ当たりの最大尾数を算出した。なお、ウナギが通常の水平遊泳とは異なり口部を底方向にして垂直に立ち体を左右に振って礫地に突っ込むような行動を食卵行動とした（図3）。



図3 ウナギによるクニマス卵の食卵行動  
(1画面中に4尾の食卵ウナギが確認できる)

### ウナギの採捕

2018年10月19日から2019年3月24日の間に、クニマス産卵保護区外で43回、産卵保護区内で10回、西湖漁協沖合で1回の合計54回、底延縄（長さ70m、ウナギ針50本、餌：冷凍ワカサギ）によるウナギの採捕を行った。採捕したウナギは全長と体重を測定し、耳石による年齢査定とmtDNAの16srRNA領域の部分塩基配列（約550bp）の決定による種同定を行った。また、ヨーロッパウナギについては眼の長径と短径を計測し、下記の式によりEye Index<sup>10</sup>を算出し、既報<sup>10</sup>に従ってEye Indexが6.5未満を黄ウナギ、6.5以上を銀ウナギとした。

$$\text{Eye Index} = \{[(\text{眼の長径(mm)} + \text{眼の短径(mm)}) / 4]^2 \pi / \text{全長(mm)}\} \times 100$$

## 結果

### ウナギの出現状況と食卵状況

カメラを設置した134日間でウナギが出現したのは83日間であった（図4）。10月16日から11月18日の間は4日間しか出現しなかったが、11月19日から2月8日まではほぼ毎日出現し、2月9日からは再びほとんど出現しなくなった。1日の延べ出現尾数は平均 $12.8 \pm 13.5$ 尾/日で、最大は1月15日の延べ67尾/日であった。なお、1コマ当たりの最大出現尾数は平均 $0.7 \pm 0.6$ 尾で、最大は2尾であった。

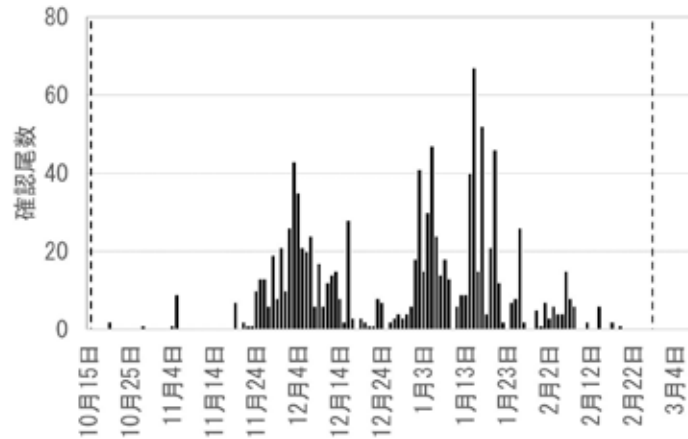


図4 ウナギの延べ確認尾数の経時変化（破線間がカメラの設置期間）

ウナギが出現した 83 日間で食卵ウナギが出現したのは 45 日間であった（図 5）。10 月 16 日から 11 月 23 日まででは食卵ウナギはほとんど出現しなかったが、11 月 24 日から 12 月 14 日までは毎日出現した。その後 12 月 15 日から 12 月 29 日まではほとんど出現しなかったが、食卵ウナギは 12 月 30 日から 1 月 21 日まで再び頻繁に出現するようになり、1 月 22 日以降は殆ど出現しなくなった。食卵ウナギ出現尾数の平均は  $9.2 \pm 10.5$  尾で、最大は 1 月 15 日の 45 尾であった。なお、1 コマ中の最大食卵ウナギ出現尾数は平均  $0.6 \pm 0.6$  尾で、最大 2 尾であった。

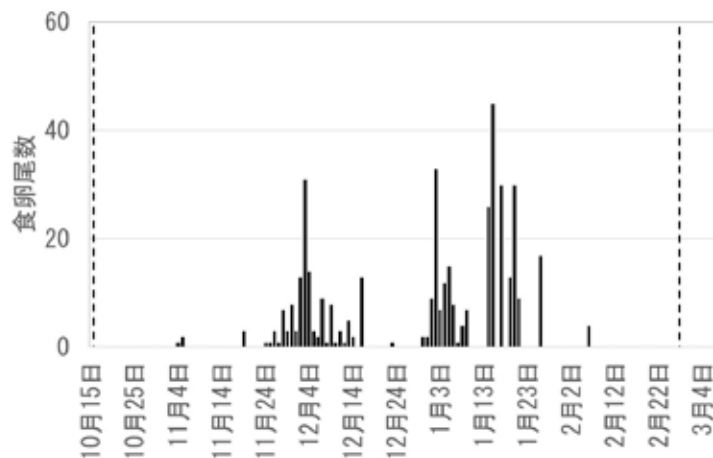


図5 ウナギの延べ食卵尾数の経時変化（破線間がカメラの設置期間）

### ウナギの採捕結果

合計 6 尾のウナギが採捕された。種判別の結果、4 尾はニホンウナギ、2 尾はヨーロッパウナギであった。採捕場所別にみると、ニホンウナギは 4 尾すべてが産卵場保護区外で、ヨーロッパウナギは 2 尾とも産卵場保護区内で採捕された（表 1）。

採捕したウナギの測定結果を表 2 に示した。ニホンウナギは全長  $729 \pm 45\text{mm}$ 、体重  $511 \pm 80\text{g}$ 、ヨーロッパウナギは全長  $831 \pm 28\text{mm}$ 、体重  $1,055 \pm 127\text{g}$  であり、ヨーロッパウナギの方が大きかった。また、年齢は、ニホンウナギが  $15.3 \pm 2.2$  歳、ヨーロッパウナギが  $19.0 \pm 1.4$  歳であり、ヨーロッパウナギのほうが高齢であった。なお、ヨーロッパウナギ 2 尾の Eye Index はそれぞれ  $10.4 \pm 0.6$  であり、いずれも 6.5 より大きく銀ウナギであった。

表1 採捕場所別のウナギ採捕結果

種 <sup>※</sup>	産卵保護区内	産卵保護区外
<i>A. japonica</i>	0	4
<i>A. anguilla</i>	2	0

※*A. japonica* : ニホンウナギ、*A. anguilla* : ヨーロッパウナギ

表2 ウナギ種別の測定結果

種	全長(mm)	体重(g)	年齢	Eye Index
<i>A. japonica</i> (n=4)	729±45	511±80	15.3±2.2	-
<i>A. anguilla</i> (n=2)	831±28	1,055±127	19.0±1.4	10.4±0.6

## 考 察

これまでの調査と同様に今年度もクニマス産卵場でウナギによるクニマス卵の食害が確認された。2017年度と今年度の結果を比較すると、若干のずれはあるもののウナギの出現期間は概ね11月中旬から2月上旬頃、食卵ウナギの出現期間は概ね11月下旬から2月上旬であり、ほぼ同時期であった(図6, 図7)。一方、1日の出現尾数の平均は2017年度18.7±19.5尾/日(最大100尾/日)、2018年度12.8±13.5尾/日(最大67尾/日)、食卵ウナギの出現尾数の平均は2017年度12.3±16.4尾/日(最大83尾/日)、2018年度9.2±10.5尾/日(最大45尾/日)と、いずれも2018年度のほうが少なかった。また、2017年度は1コマ中に最大4尾のウナギが出現したが、2018年度は最大2尾と半減した。これらのことは産卵保護区内でウナギを採捕している効果とも考えられるが、今後も産卵場周辺でのウナギ採捕とカメラ撮影によるモニタリングを継続することで効果を検証する必要がある。

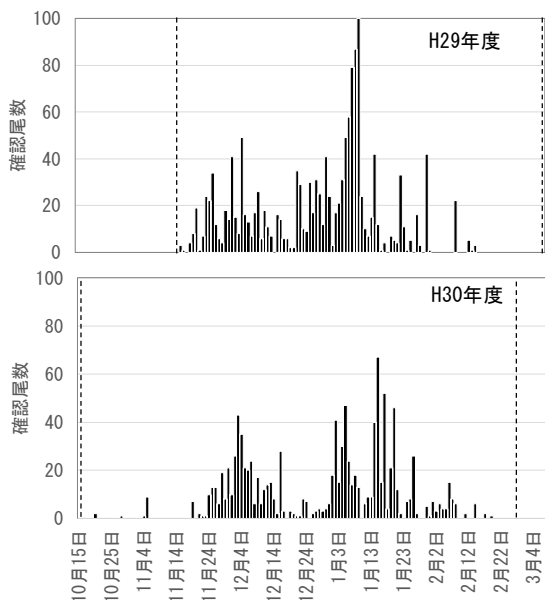


図6 ウナギ確認尾数(延べ数)の変化

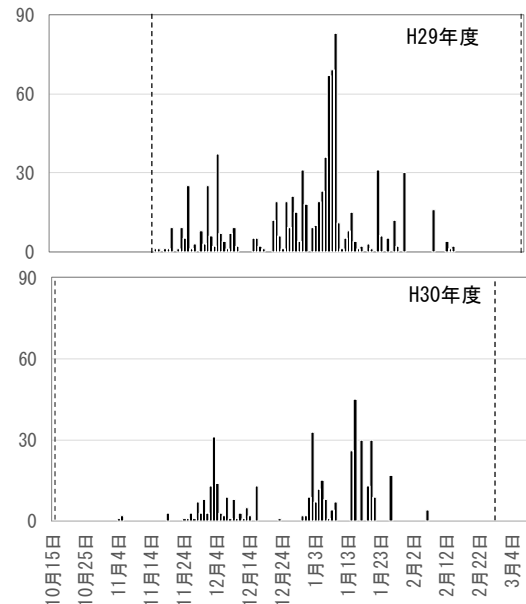


図7 食卵ウナギ尾数(述べ数)の変化

食卵ウナギ尾数とクニマス確認ペア数の関係を調べるために両者の相関を求めたところ、2017年度、2018年度ともに相関はみられなかった(図8)。クニマス確認ペア数の多寡が産卵頻度の指標になるとすれば、ウナギはクニ

マスの産卵頻度が高い時期に卵食しているわけではないと考えられた。一方、ウナギの食卵行動はクニマスの産卵行動の直後に観察されることが多いので、ウナギはクニマスの産卵行動にたまたま遭遇した場合にのみ食卵を行っており、既に産み付けられた卵は食卵しない可能性が考えられた。

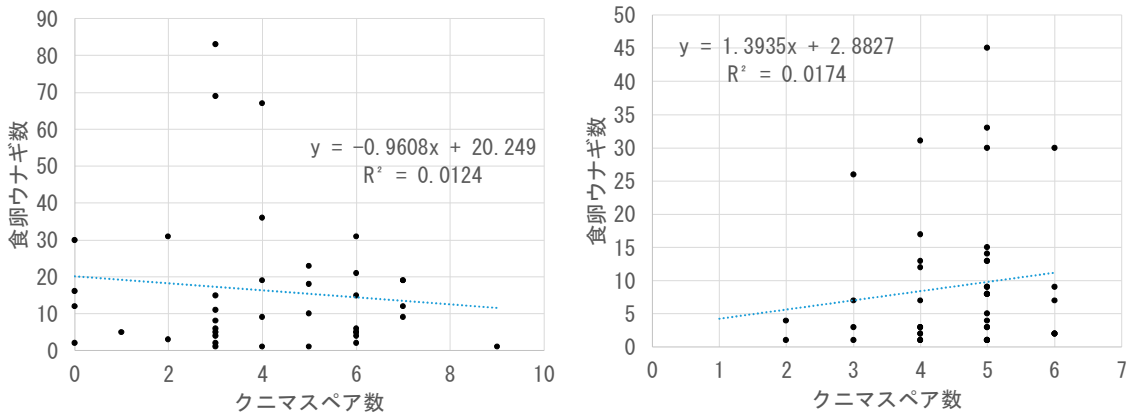


図8 クニマスペア数と食卵ウナギ数の関係（左：平成29年度，右：平成30年度）

これまでに湖内8か所から合計20尾（2016年度2尾，2017年度12尾，2018年度6尾）のウナギを採捕した。このうち7尾がヨーロッパウナギ（*A. anguilla*）であり，7尾中6尾がクニマス産卵保護区内（st.3）で採捕されている（図9）。ヨーロッパウナギはニホンウナギに比べてより低水温耐性がある事が知られており，ニホンウナギの摂餌限界が11～13℃であるのに対しヨーロッパウナギは7～8℃でも摂餌が可能であるとの報告がある<sup>8)</sup>。また，Costa-Dias<sup>11)</sup>らは河川でのヨーロッパウナギの年間の摂餌を調査して，河川水温が4～6℃に低下する12月にもヨーロッパウナギには胃内容物が認められることを報告している。産卵場のヨーロッパウナギは11月に1尾，12月に1尾，3月に4尾が採捕されている（表4）。産卵場付近の水温は12月中旬頃から徐々に低下し，3月には最低の4℃前後まで低下することから<sup>5,7)</sup>，水温が低下するクニマス産卵時期に摂餌しているのはヨーロッパウナギの可能性が高いと考えられた。ヨーロッパウナギはかつてニホンウナギの代替として国内で養殖された時期があり，その一部は天然水面への放流種苗にも用いられていた<sup>8,9)</sup>。利根川水系では1990年代に放流されたと考えられるヨーロッパウナギが捕獲されたとの報告があり，異種ウナギが天然水面に混入しないための方策整備の必要性が指摘されている<sup>12)</sup>。西湖のヨーロッパウナギの推定年齢は18～26歳であったことから（図10），1992年から2000年ころに放流された個体と考えられ利根川同様の結果であった。ヨーロッパウナギは現在国際取引が禁止されており国内に流通する可能性は低い。しかし，ニホンウナギ種苗の不漁に伴いヨーロッパウナギ以外にも複数の異種ウナギが国内に輸入されている。今後，クニマスの保全を図るためには，クニマス産卵場周辺からヨーロッパウナギを効率的に除去する技術の開発や，新たに異種ウナギが混入しないよう放流種苗のDNAによる鑑別などの対策が望まれる。

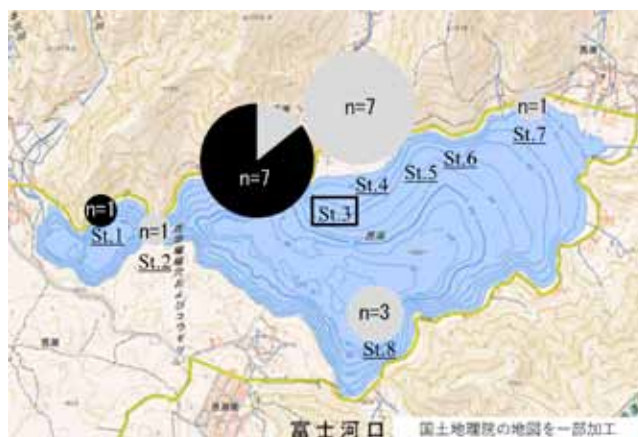


図9 場所別のウナギ採捕尾数

表4 時期別の採捕尾数

種	10月	11月	12月	1月	2月	3月
<i>A. japonica</i> (n=13)	2	6	4	1	0	0
<i>A. anguilla</i> (n=7)	0	1	1	1	0	4

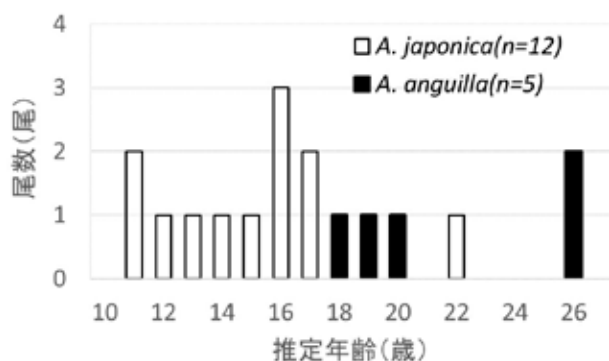


図10 ウナギ種別の推定年齢

## 謝 辞

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る。

## 要 約

1. これまでの調査と同様に産卵場礫地の定点カメラ映像を解析してウナギの出現状況等を調査するとともに、クニマス産卵場周辺でのウナギの除去を継続して行った。
2. 昨年度同様にウナギは産卵場礫地に11月中旬から2月下旬にかけて出現した。また、クニマス卵を食卵するウナギは11月下旬から1月下旬にかけて出現した。
3. 合計6尾のウナギを捕獲し、そのうち2尾がヨーロッパウナギだった。ヨーロッパウナギ2尾はいずれも産卵場保護区内で捕獲された。また、2尾ともEye Index6.5以上で銀ウナギであった。
4. これまでの調査結果と合わせると、クニマス産卵場でクニマス卵を食卵しているのはヨーロッパウナギであ

ると考えられた。

- クニマス資源を保全するためには産卵場周辺でのヨーロッパウナギの効率的な除去技術の開発や、ウナギ放流種苗への異種ウナギ混入防止策の確立などが必要と考えられた。

## 文 献

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 養鰻研究協議会 (1979) : ヨロッパウナギ養殖. 日本水産資源保護協会
- 多部田 修, 高井 徹, 松井 魁 (1977) わが国における外来ウナギについて. 水産増殖, 24 (4), 116-122.
- Pankhurst N. W. (1982) : Relation of visual change to the onset of sexual maturation in European eel *Anguilla anguilla* (L.), *Journal of Fish Biology* 21, 127-140.
- Costa-Dias S., Lobon-Crevis J. (2008) : Diel feeding activity and intensity in the European eel *Anguilla Anguilla* (L.) during an annual cycle in a Cantabrian stream, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 390-391, 01.
- Arai K., Itakura H., Yoneta A., Yoshinaga T., Shiratori F., Kaifu K., Kimura S. (2017) : Discovering the dominance of the non-native European eel in the upper reaches of the Tone River system, *Japan. Fish. Sci.* 83, 735-742.