

## 山梨県総合理工学研究機構 研究成果報告書

研究課題名	クニマスの保全及び養殖技術に関する研究
研究期間	平成31年～令和3年度(平成30年度:プレ研究、4ヶ年)
研究者	加地弘一、青柳敏裕、岡崎巧(水産技術センター)、 長谷川裕弥(衛生環境研究所)、吉崎悟朗(東京海洋大学)、 馬籠純(山梨大学)
キーワード	クニマス、保全、養殖、AI、水中ビデオカメラ、ヨーロッパウナギ、水温、ブラインシュリンプ

### 1. 研究成果の概要:

#### ○クニマスの保全について

クニマス産卵場をリアルタイムに観察できる産卵場モニタリングシステムを構築した結果、従来のタイムラプスカメラと比較して鮮明に観察できる優れたシステムが構築できた。また、AI による画像解析により、データ集計の省力化につながる可能性が示唆された。

産卵場に出現するヨーロッパウナギ採捕技術開発では漁具選択性試験の結果、作業の効率化を図るために用いる筒漁具においては、内径が頭や体の幅や高さと同程度か 10mm 程度大きく、全長よりも長い塩ビ管が最適と考えられた。

#### ○クニマスの養殖について

クニマスの親魚を忍野支所の通常水温(12.5℃)で飼育した場合に比べて、水温 8-9℃で飼育することで成熟個体の出現率、採卵成績ともに改善できることが示唆された。クニマスの稚魚期にブラインシュリンプを給餌することで、1年後の生残率が従来の3倍に改善した。

### 2. 研究の目的

2010年に西湖で再発見されたクニマスの保全を図るため、これまでクニマスの生態及び生息環境の解明、養殖技術の確立を目的として調査研究に取り組んできた。

保全については、これまでの推定生息数は2-4千尾程度で産卵場は1地点のみであり、遺伝子解析により産卵に寄与した親魚数はわずか12-80尾(絶滅リスク回避に最低150尾以上が望ましい)、産卵場の産着卵数や仔魚数が少ない等、現在の再生産状況が良好ではないと考えられた。あわせて、ヨーロッパウナギによる食卵も確認された。そこでクニマス資源を保全していくために、クニマス産卵場をリアルタイムに動画撮影できるシステムを構築し、クニマスの産卵状況や外来種のヨーロッパウナギによる食卵状況のモニタリングを行うとともに、クニマス産卵場(水深約30m)でクニマス卵を捕食しているヨーロッパウナギを効率的に除去する技術を開発する。

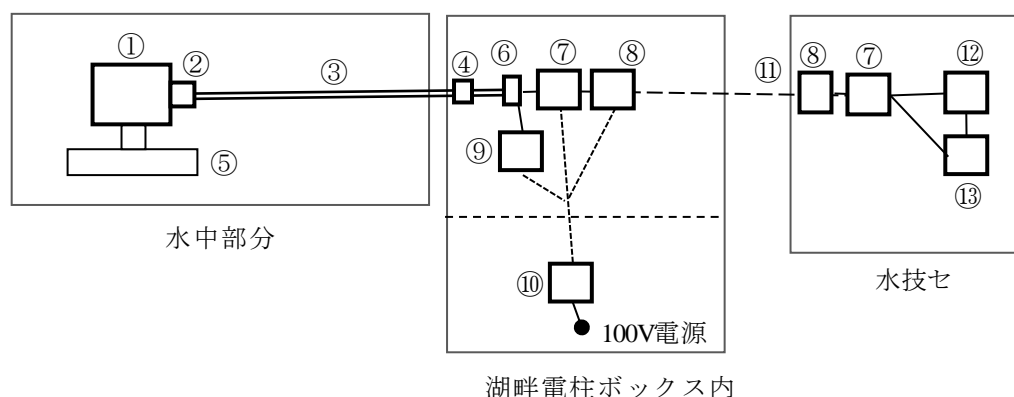
養殖については、これまで天然親魚からの人工授精による養殖第一世代の作出と飼育環境下で成魚まで育成することに成功した。一方、養殖第一世代からの次世代の作出については、養成親魚からの少数の採卵・孵化に成功しているものの、成熟個体の出現割合が低く、卵質が悪いため、大量生産には至っていない。量産が困難であることの大きな要因として、飼育水温が成熟適水温に比して高いことが考えられる。そのため、クニマスの成熟に適した水温条件を明らかにし、産業活用の基礎となる安定的な種苗量産技術を確立する。

### 3. 研究課題

#### 3-1 クニマス産卵場モニタリングのための水中ビデオカメラシステムの構築「詳細は参考文献1)参照」

##### 3-1-1 研究方法

市販のネットワークカメラを特注の防水ハウジングに収容した水中ビデオカメラをクニマス産卵場礫地辺縁に設置した。映像はカメラに接続したLANケーブルで湖畔の電柱まで伝送し、インターネット経由で水産技術センターからライブ観察し、またスケジュール録画した映像を適宜観察できるようにした。カメラハウジングの製作及びLANケーブルまでの防水加工一式、カメラ台座はそれぞれ特注し、通信、録画及び観察に要する機器は市販品で構成した(図1)。



機器	機種	特長等
① ネットワークカメラ (防水ハウジング収容)	SONY, SNC-VB640	カメラ性能は表1のとおり(防水ハウジング製作及びLANケーブルまでの防水加工はエヌティエフ)
② 水中コネクタ	-	エヌティエフ調産品, カメラハウジングとLANケーブルを水中で脱着可能
③ LANケーブル	屋外用U/UTPケーブル	同上, PoE, 200m(水中コネクタ規格に合わせカテゴリ5e)
④ LANエクステンダ	-	同上, 延長距離600mまで伝送速度100Mbps(900mまで10Mbps)
⑤ カメラ台座	-	ヤスダ工業特注, カメラハウジングを取り付けた支柱がベース鋼材から脱着可能, 重量80Kg
⑥ スwitchングハブ	NETGEAR, GS305P-100JPS	PoE(15w), カメラ6wとLANエクステンダ2wの消費電力にケーブル200m分の電圧降下を考慮して倍の給電容量
⑦ ルーター	YAMAHA, RTX830	
⑧ ONU (光回線終端装置)	-	NTTからレンタル
⑨ NAS (ネットワーク接続型ストレージ) ①	QNAP, TBS-453DX	バックアップ用, 4TBのSSD搭載
⑩ 無停電電源装置	OMRON, BY35S	最大出力210w, 雷サージ保護機能付
⑪ インターネット (光回線)	-	フレッツ光ネクスト(ファミリー・ギガライン)
⑫ 観察用パソコン	HP, EliteDesk 800 G5TW	グラフィックボード (AMD Radeon RX 550X FH)を増設
⑬ NAS②	QNAP, TS-253Be	⑨からデータ(録画ファイル)を自動バックアップ, 12TBのHDD搭載

図1 水中ビデオカメラシステムの模式図

カメラ台座付近にタイムラプスカメラを設置し、水中ビデオカメラと同時に撮影を行った。両カメラにより撮影された映像について、次の5段階に区分して(図2)、両カメラ設置期間の2021年1月25日から3月8日(43日間)の10-11時(明るい映像が得られやすい時間帯)の映像の見やすさを比較した。

- 区分1: 澄んでいて、画面奥まで礫地及び魚体がよく確認できる状態
- 区分2: 濁りはあるが、画面中央までは礫地や魚体が確認できる状態
- 区分3: 濁りがあり不鮮明だが、画面手前の礫地や魚影は確認できる状態
- 区分4: 濁りが強く観察は困難で、時々魚影が確認できる状態
- 区分5: 濁りが極めて強く、観察不能な状態

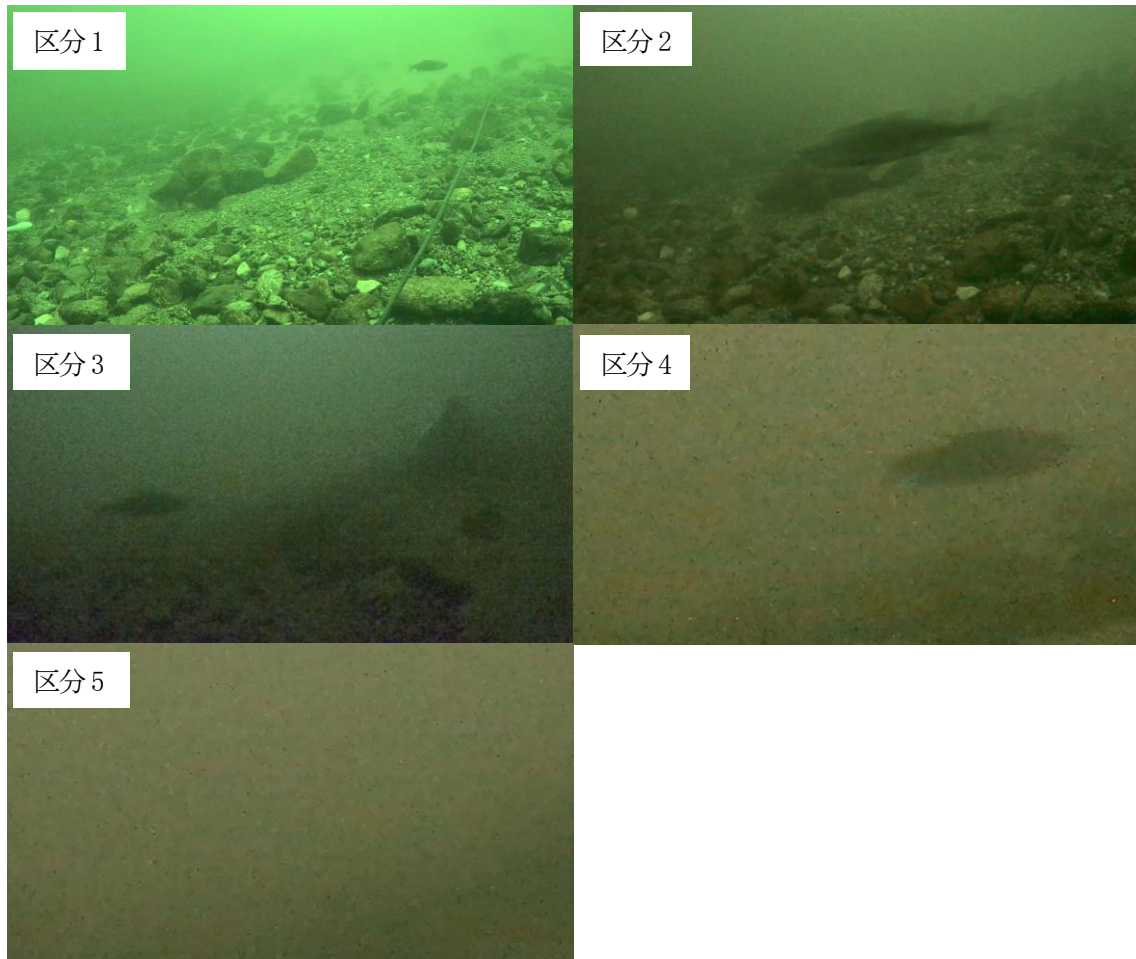


図2 各区分の画像

### 3-1-2 研究結果

クニマス産卵場がある西湖北岸の湖畔道路沿いには電源線と光回線が敷設されている。そのため安定的な電源と高速の通信環境を利用した有線式的水中ビデオカメラシステムを構築することができた。計画段階では無線や携帯電話回線(LTE)を利用したシステムの導入も検討したが、湖面に電源や通信機器を備えたブイ等を浮かべるのは荒天時に損壊の危険が大きく、映像伝送やバッテリー電圧の安定性にも不安があった。また、観察地が西湖から直線距離で約30km離れた水産技術センター(甲斐市牛久)であるため、無線による伝送も困難と考えられた。さらに世界文化遺産富士山の構成資産である西湖では景観上の問題にも配慮する必要があった。これらを踏まえ、湖底ケーブルを敷設しインターネット環境を利用した有線式の本システムが最良の方法と判断した。

水中ビデオカメラとタイムラプスカメラの映像の見やすさを表1に示した区分で評価したところ、水中ビデオカメラでは区分1が5日間、区分2が21日間、区分3が16日間、区分4が0日間、区分5が1日間であり、43日間の調査期間中のほとんどで観察が可能であった(表1)。一方、タイムラプスカメラでは区分1が0日間、区分2が21日間、区分3が3日間、区分4が7日間、区分5が12日間であり、調査期間中の半数近くで観察が困難または不可能であった(表1)。水中ビデオカメラではタイムラプスカメラでは判別できない日でも湖底形状や魚影を確認でき、クニマス産卵場をモニタリングする上でより優れたシステムであった。

以上のように、構築した水中ビデオカメラシステムは、従来用いたタイムラプスカメラと比較して、より良好な画像が得られることが明らかとなった。今後、今回構築した水中ビデオカメラにより

得られた映像を用いて、産卵場へ来遊するクニマス個体数や産卵行動の解析を進める予定である。

表1 水中ビデオカメラとタイムラプスカメラの映像の見やすさの比較

	1/25	1/26	1/27	1/28	1/29	1/30	1/31	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8
水中ビデオカメラ	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
タイムラプスカメラ	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4

2/9	2/10	2/11	2/12	2/13	2/14	2/15	2/16	2/17	2/18	2/19	2/20	2/21	2/22	2/23	2/24	2/25	2/26	2/27
2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
4	3	4	4	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

2/28	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8
3	1	2	1	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2

期間の集計

	1	2	3	4	5
水中ビデオカメラ	5	21	16	0	1
タイムラプスカメラ	0	21	3	7	12

区分

1	澄んでいて奥まで礫がよく見え魚影もはっきりと確認できる
2	濁りはあるが中央までは礫がよく見え魚影も確認できる
3	濁りがあり不鮮明だが礫の形や魚影は確認できる
4	濁りが強く観察が困難（時々魚影などが確認できる）
5	濁りが極めて強く観察不能

3-2 AIによるモニタリング画像解析「詳細は参考文献2)参照」

3-2-1 研究方法

画像解析は①動物検出(差分検出)、②分類器の作成、③検出対象の分類(分類器を用いた検出)の行程から構成した。

- ① オリジナルの観測画像をグレースケールに変換し、ヒストグラム平坦化(CLAHE)、適応的二値化処理を経た画像を元に、二時期の画像間の差分を算出し、その変化の検出を行った。
- ② Scikit-learn により分類器を作成し、クラスタリング手法(k-means 法、x-means 法)を用いて分類器に学習させる画像の増強を図った。その後、Keras による分類器作成(アルゴリズムは畳み込みニューラルネットワークを使用)を行った。
- ③ Scikit-learn の分類器による画像分類を行い、分類された画像を keras の分類器により判定を行った。

2020年12月13日から2021年3月11日に産卵場モニタリングシステムで撮影された画像を解析に用いた。対象の時間帯は午前10時から11時までの1時間とした。1画面中の最多クニマス尾数を計数し、AIによる検出と目視の結果を比較した。

3-2-2 研究結果

濁りが強い日や漁具の存在により過大評価となる期間があったが、鮮明に観察できる時期にはクニマス尾数の増減の傾向を概ね捉えることができ、画像データ集計の省力化につながる可能性が示唆された(図3)。一方、映像が暗く不鮮明な時期の集計結果は目視による結果に比べ過大評価となった。過大評価となった理由については、明るさ調整を画像に適用はしたものの、十分な諧調差が得られず、湖底の礫を誤判別したケースが多く生じたと考えられる。実用化にはまだ多くの課題が残っており、今後の実用化に向けては、暗い画像の処理方法や差分検出方法の改良などの改善が必要である。

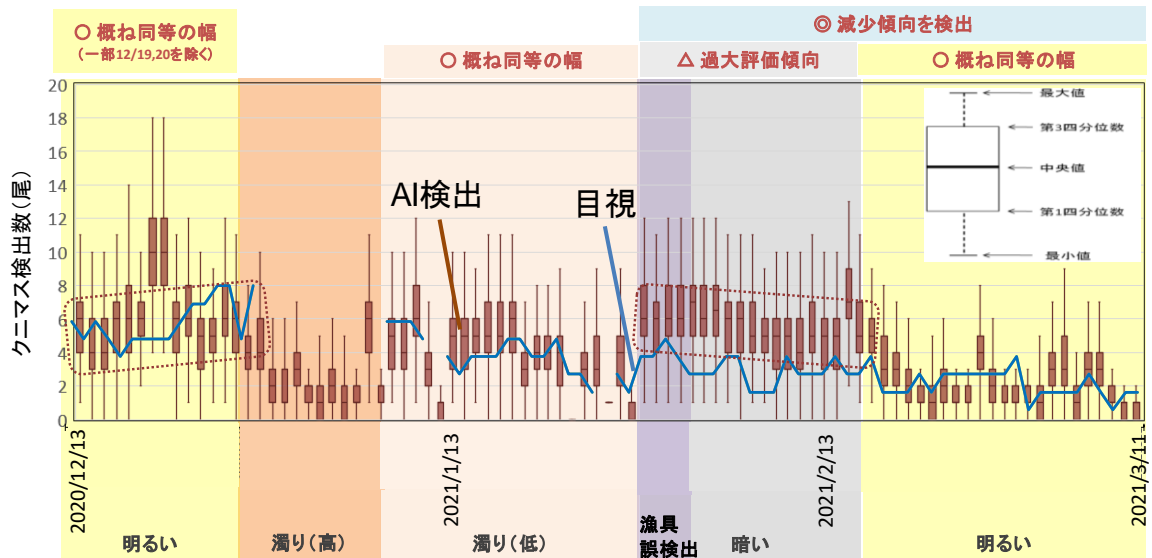


図3 目視とAIによる1画面中のクニマス検出数

### 3-3 効率的なヨーロッパウナギ採捕技術の開発「詳細は参考文献3)参照」

#### 3-3-1 研究方法

供試魚には西湖で捕獲したヨーロッパウナギ2尾を用いた(表2)。地下水(水温約18℃)を注水した長方形のコンクリート池(6.0m×0.95m)の上流側に形状の異なる漁具を複数設置し、下流側にヨーロッパウナギを1尾放養して約4時間後に各漁具の中を確認し、ヨーロッパウナギが入っていた漁具を選択したと判断した。同じ漁具を配置した2面の池に各1個体のヨーロッパウナギを放養し、反復区とした。各試験項目と試験の詳細は次のとおりとした。

表2 供試魚の測定結果

個体	全長 (mm)	体重 (g)	頭部高 (mm)	頭部幅 (mm)	体高 (mm)	体幅 (mm)
A	811	965	48	46	55	50
B	850	1,145	53	44	55	50

#### 筒漁具の材質

青竹2本(内径40mm、50mm各1本)と、塩ビ管3本(内径40mm、50mm、75mm各1本)の合計5本の筒を設置した選択性試験を、合計3回実施した。

#### 筒漁具の内径

内径の異なる塩ビ管9本(内径30mm、1本・40mm・50mm・65mm・75mm、各2本)を設置した選択性試験を、合計7回実施した。

#### 筒漁具の長さ

長さの異なる塩ビ管4本(内径65mm、長さ80cm・100cm・120cm・150cm)を設置した選択性試験を、合計4回実施した。また、各池に長さの異なる塩ビ管3本(長さ80cm・100cm・120cm)を設置した選択性試験を、合計3回実施した。

#### 3-3-2 研究結果

### 筒の材質

2 個体とも 3 回の試験全てで塩ビ管を選択し、内径は個体 A が 40mm を 1 回、50mm を 2 回、個体 B が、40mm、50mm、75mm をそれぞれ 1 回選択した(表 3)。

表 3 筒漁具における材質別の選択頻度

個体	青竹① (φ 40mm)	青竹② (φ 50mm)	塩ビ管 (φ 40mm)	塩ビ管 (φ 50mm)	塩ビ管 (φ 75mm)
A	0	0	1	2	0
B	0	0	1	1	1
計	0	0	2	3	1

### 筒の内径

2 個体とも内径 50mm を 4 回、内径 65mm を 3 回選択し、それ以外の径は選択しなかった(表 4)。最も多く選択したのは内径 50mm で、供試魚の頭や体の幅や高さとはほぼ同じ大きさであった。

表 4 塩ビ管の内径別の選択頻度

個体	φ 30mm	φ 40mm	φ 50mm	φ 65mm	φ 75mm
A	0	0	4	3	0
B	0	0	4	3	0
計	0	0	8	6	0

### 筒の長さ

前半の試験では、2 個体とも長さ 100cm を 1 回、長さ 150cm を 3 回選択し、それ以外の長さは選択しなかった(表 5 上)。

後半の試験では、個体 A は 2 回とも 120cm を選択し、個体 B は 100cm と 120cm をそれぞれ 1 回選択した(表 5 下)。

いずれの試験も供試した中で最も長い筒を多く選択し、供試魚の全長よりも短い 80cm は選択しなかった。

表 5 塩ビ管の長さ別の選択頻度(上:1~4 回目試験、下:5~6 回目試験)

個体	80cm	100cm	120cm	150cm
A	0	1	0	3
B	0	1	0	3
計	0	2	0	6

個体	80cm	100cm	120cm
A	0	0	2
B	0	1	1
計	0	1	3

以上のことから、選択回数や調達容易さ、作業性を考慮して、筒漁具を用いたヨーロッパウナギの採捕には内径が頭や体の幅や高さと同程度か 10mm 程度大きく、全長よりも長い塩ビ製の筒が最適と考え

られた。

### 3-4 クニマスの成熟に適した水温と飼育期間の検討「詳細は参考文献4)参照」

#### 3-4-1 研究方法

##### 供試魚及び飼育設備

西湖産の天然親魚から作出した、養殖第一世代(2017年12月11-18日人工授精)の個体(約16か月齢)を供試魚とした。試験池は、水産技術センター忍野支所内の屋内コンクリート池(L4.6m×W1.5m×D0.7m、A-8号池及びB-8号池)を使用した。予めB-8号池には循環式屋外空冷型クーラー(IWAKI、RXC-L3750AR-M)を設置した。クーラーの循環水量は約65L/minで、水質悪化を軽減するため補助的に地下水(12.5℃、以下同じ)を20L/min注水し、半循環飼育とした。対照区をA-8号池として、地下水を40L/min注水し、かけ流し飼育とした。

B-8号池を冷却試験区(以下、冷却区)として、飼育水の冷却温度は当初8℃とした。2019年4月1日、冷却区に130尾、対照区に129尾の供試魚を収容した。2020年4月6日、対照区飼育魚112尾のうち30尾を抽出し、B-8号池を上下に仕切った下区画に収容して、2歳春以降の冷却飼育群とした(冷却区②)。試験開始時からの冷却群を冷却区①)。飼育温度別の成熟率の検討は年度別に行い、各年度期首の飼育数を母数とした。2020年度に供試魚と同由来のクニマス展示館(以下、展示館)展示魚のうち複数の雌が成熟し、良質卵が得られた<sup>5)</sup>。そこで、2021年4月1日から冷却温度を展示館と同じ9℃に変更して試験を継続した。

##### 熟度鑑別

熟度鑑別は2019年10月7日から2022年2月20日までの2年4ヶ月の間、週1回の頻度で行った。魚を触診し、排卵及び排精を確認した個体を成熟魚とした。排卵を確認した際には採卵及び人工授精を行い、運動性が良好な精子が十分量得られた際には精子の凍結保存を行った。

##### 採卵・人工授精

熟度鑑別で排卵個体が認められた際は、搾出法または切開法により採卵した。同時に排精個体が認められた場合は精液を搾出して媒精した。採卵時に採精可能な雄がいなかった場合は、予め液体窒素中で凍結保存していた精子を用いた。受精卵は発眼期まで地下水を掛け流して管理した。発眼期から浮上期までの間は、循環式冷却機で水温9℃に設定した水槽中に地下水を微量注水して管理し、発眼卵数、孵化尾数、浮上尾数を計数した。

##### 生殖腺の発達状況の検討

2020年4月から12月にかけて、供試魚がへい死した際に生殖腺をブアン固定し、70%エタノールに置換した組織を9℃で保管した。後日、常法により組織のパラフィン切片を作成し、ヘマトキシリン・エオジン染色を施した後、生殖腺細胞の発達段階を光学顕微鏡により観察した。

#### 3-4-2 研究結果

低温親魚養成試験及び展示館における成熟魚(排卵または排精した個体)の出現状況を表6に示す。2020年度(3歳)は対照区が8.8%(雄5尾、雌2尾)、冷却区は①②ともに0%、展示館が34.8%(雄2尾、雌6尾)、2021年度(4歳)は対照区が4.4%(雄2尾、雌0尾)、冷却区①が13.2%(雄4尾、雌3尾)、冷却区②が25.0%(雄6尾、雌0尾)、展示館が14.3%(雄2尾、雌0尾)であった。2020、2021年度の展示館、2021年度の冷却区①②の成熟魚の出現率がいずれも10%を超え、水温9℃の池の成熟率が比較的高かった。なお、対照区はこれまでの親魚養成試験(水温12.5℃)と同様に、低調な結果となった。各区の成熟個体は年間を通じて散発的に出現したが、10月から翌年2月の間が多く、西湖での産卵期に近い範囲であった。

表6 低温親魚養成試験及び西湖クニマス展示館の年度別成熟状況

年度	年級	飼育場所	飼育水温	年度期首 の飼育数	当該年度 の成熟数	成熟魚の 出現率(%)
2020	3	展示館	9.0	23	8	34.8
		冷却区①	8.0	90	0	0
		冷却区②	8.0	30	0	0
		対照区	12.5	80	7	8.8
2021	4	展示館	9.0	14	2	14.3
		冷却区①	9.0	53	7	13.2
		冷却区②	9.0	24	6	25.0
		対照区	12.5	45	2	4.4

低温親魚養成試験の採卵成績を表7に示す。忍野支所において2020年度(3歳)に排卵が確認されたのは対照区のみで、凍結精子を使い人工授精を実施した。いずれもこれまでの報告<sup>6)</sup>と同様、卵質が著しく悪く、発眼率が平均6.6%、ふ化率は平均0.1%と、ほとんど発生しなかった。2021年度(4歳)には冷却区で3尾の排卵が確認され、うち11月の1例では発眼率33.6%、ふ化率16.7%となり、忍野支所における親魚養成試験では最もよい成績が得られた。冷却区の他の2例はいずれも重度の腎石灰化症候群を呈しており、卵質が著しく悪く発眼率はいずれも0%であった。

表7 低温親魚養成試験の採卵及びふ化成績

	交配年月日	雌親魚ID	雄親魚ID	供試卵数	発眼卵数	発眼率	ふ化尾数	ふ化率	備考
展示館 (3歳時)	2020.9.30	G077	G074,G075	333	221	66.4	83	24.9	
	2020.10.6	G080	G080	427	422	98.8	167	39.1	
	2020.10.6	G084	G074,G075	414	358	86.5	206	49.8	
	2020.10.21	G076	G074	341	196	57.5	192	56.3	
	2021.1.19	G086	凍結精子	760	606	79.7	532	70.0	
	合計または平均			2,275	1,803	77.8	1,180	48.0	
冷却区 (4歳時)	2021.11.1	G093	C078,C079, C080	884	297	33.6	148	16.7	
	2022.1.10	G008	C081	391	0	0	0	0	卵質悪
	2022.1.25	C082	凍結精子	79	0	0	0	0	卵質悪
	合計または平均			1,354	297	21.9	148	10.9	
対照区 (3歳時)	2021.1.25	C076	凍結精子	1,213	130	10.7	0	0	
	2021.2.8	C075	凍結精子	522	13	2.5	1	0.2	
	合計または平均			1,735	143	6.6	1	0.1	

2020年度(3歳)にへい死した対照区の雄5尾及び雌2尾、同じく冷却区の雄3尾及び雌2尾について、生殖腺の組織像は全て未成熟な状態にあった。ただし、対照区の雄1尾では精子形成が進んでいた(図4)。同じく対照区の雌1尾では、卵巢内に一部退行過程を示す卵母細胞が混在していた(図5)。このため、12.5℃で飼育した場合、成熟過程で卵母細胞の発達が停止し、退化する可能性が示唆された。

以上のことから、12.5℃で飼育したクニマスは正常な成熟に至らないが、8-9℃で飼育することで成熟個体の出現率、採卵成績ともに改善できることが示唆された。



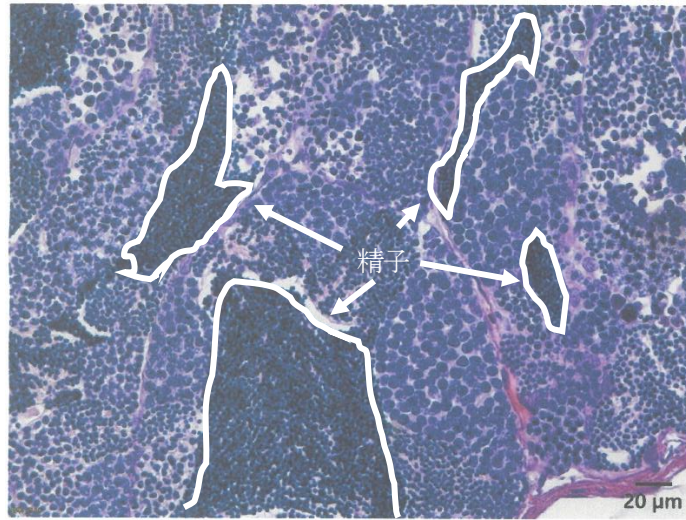


図4 精子形成が認められた精巣の組織像(対照区、12.5℃)

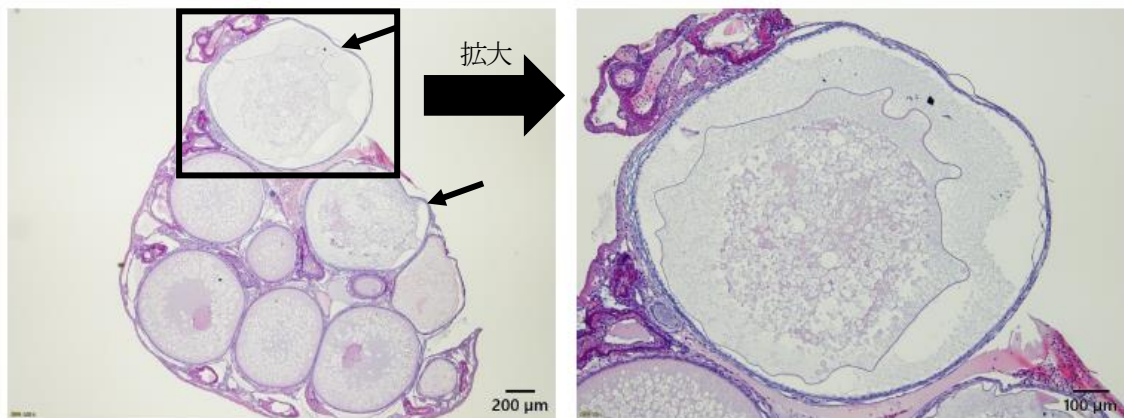


図5 退行途中様の形態を示す卵母細胞(矢印)が認められた卵巢の組織像(対照区、12.5℃)

### 3-5 クニマス稚魚の餌の検討「詳細は参考文献7)参照」

#### 3-5-1 研究方法

2017年12月に西湖で採捕したクニマス天然魚より採卵した卵由来の稚魚計914尾を供試魚とした。稚魚をブリキ製水槽(L:100×W:22×D:16cm)2槽に2個ずつ設置したカゴ(L:20×W:20×D:30cm、目合1mm)計4個に概ね4等分して收容し、12.5℃の地下水を掛け流して飼育を開始した。同時に配合飼料(アユ餌付用ゴールド No.3、日清丸紅飼料(株))及びブラインシュリンプ幼生(以下、BS)による餌付けを開始した。配合飼料の給餌は手撒きと小型自動給餌機(フードタイマー、(株)マルカン)を併用し、1日5回適量を給餌した。配合飼料の粒径はその後の成長に応じ、マス用のもの(マス餌付スーパーA、同B、いずれも日清丸紅(株))に適宜切り替えた。BSは次亜塩素酸ナトリウムにより脱殻処理を施した耐久卵をふ化させたものを地下水で洗浄し、1日1回、週4日間給餌した。飼育水槽は、成長に応じて順次容量の大きなものに移行させた。

餌付け開始から180日を経過した頃、配合飼料に餌付いた個体と餌付いていない個体間での成長差が目立ってきたため、2018年10月16日に、選別を行った。選別は目視によりトビ群、大群、小群に分け、トビ群25尾(平均体重13.3g)及び大群651尾(平均体重5.5g)をFRP製水槽(L:350×W:100×D:50cm)1槽にまとめて收容し、小群159尾(平均体重1.3g)はコンテナー水槽(L:64×W:44×D:38cm)1槽に收容した。この際、トビ群及び大群は目視により配合飼料に十分餌付いていると判断されたため、BSの給餌

を終了した。小群については、配合飼料に十分に餌付いていなかったため、引き続き BS を給餌することとし、2018年12月14日まで配合飼料と併用して給餌した(図6)。

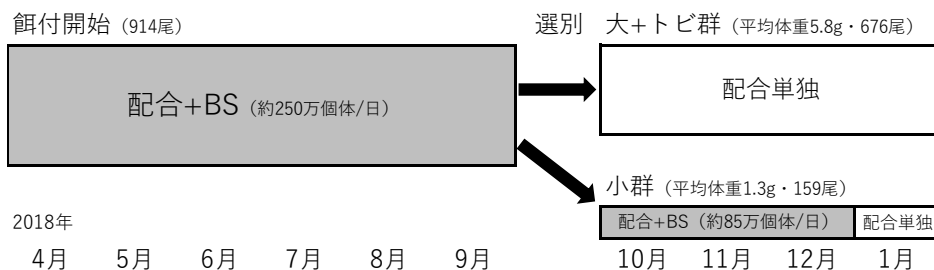


図6 給餌と選別の状況

### 3-5-2 研究結果

浮上稚魚の BS への嗜好性は良好で、給餌開始当初より積極的に摂餌している様子が目視にて観察された。一方、配合飼料への餌付きは極端に悪く、摂餌している様子はほとんど見られなかった。給餌開始から約90日を経過した頃には配合飼料を摂餌する個体が見られる様になったものの、BS に比べ嗜好性は依然として低かった。給餌開始から約180日を経過した頃には、配合飼料を積極的に摂餌する個体が多く見られる様になり、こうした個体の成長が顕著であった一方で、配合飼料に十分餌付いていないとみられる個体も見られ、これらに成長差が生じたため選別を行った。餌付け開始から260日までの生残率の推移を、配合飼料のみで餌付けを行った2011年度作出群の結果とあわせて図7に示した。

餌付け開始からの生残率は、2011年度作出群では、餌付け開始から約3ヶ月間で急激に低下しており、その原因は配合飼料への餌付き不良による餓死であった<sup>8)</sup>。一方、配合飼料に加えBSを併用して餌付けを行った2017年度作出群では、BSの給餌により餌付け初期の減耗は見られなかった。その後も目立ったへい死は見られず、餌付け開始から260日後の生残率は、2011年度作出群の29.3%に対し、2017年度作出群では88.4%に達し、従前の配合飼料のみで餌付けを行った場合に比べ生残率が約3倍に向上した。

以上のことから、クニマス初期飼育における配合飼料とBSを併用した給餌は初期減耗を大幅に抑えることに有効であると考えられた。

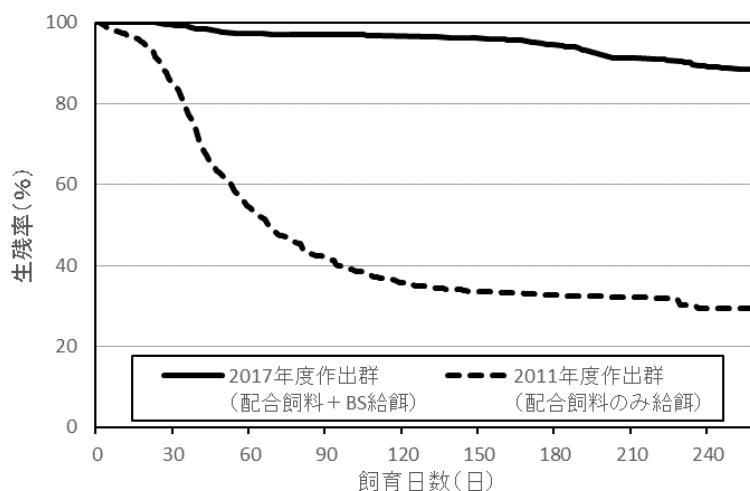


図7 餌付け開始後の生残率の推移

#### 4 まとめ

- ・産卵場のモニタリングに用いるシステムの構成機器、電源や通信方法等について気象条件等を踏まえて検討を行い、安全かつ確実性の高い水中ビデオカメラシステムを構築した。
- ・構築したモニタリングシステムは、従来のタイムラプスカメラと比較して鮮明に観察でき、モニタリング上より優れたシステムであった。
- ・撮影画像について AI による画像解析を検討したところ、濁り等の影響がなく鮮明に観察できる時期は、クニマス尾数の増減の傾向を概ね捉えており、画像データ集計の省力化につながる可能性が示唆された。
- ・西湖で採捕されたヨーロッパウナギを用いて漁具の選択性試験を実施した結果、選択回数や調達の容易さ、作業性を考慮して、筒漁具を用いたヨーロッパウナギの採捕には、内径が頭や体の幅や高さと同程度か 10mm 程度大きく、全長よりも長い塩ビ管が最適と考えられた。
- ・クニマスの親魚を忍野支所の通常水温(12.5℃)で飼育した場合に比べて、水温 8-9℃で飼育することで成熟個体の出現率、採卵成績ともに改善できることが示唆された。
- ・生殖腺の組織像を確認したところ、12.5℃飼育群において一部退行途中の形態を示す卵母細胞が混在している様子がみられ、成熟過程で卵母細胞の発達が停止し、退化する可能性が示唆された。
- ・稚魚期の生残率を向上させるため、稚魚期に生物餌料(ブラインシュリンプ)を給餌した。その結果、1年後の生残率を 88.4%(従来の約 3 倍)に改善することができた。

#### 参考文献

- 1) 青柳敏裕・加地弘一・馬籠 純・森 一博・名倉 盾・上田広樹・望月孝一・大浜秀規(2022):産卵期のクニマス観察のための水中ビデオカメラシステムの構築. 山梨県水産技術センター事業報告書、49、12-18.
- 2) 加地弘一・藤原 亮・馬籠 純(2023):西湖におけるクニマスの産卵環境—VII—令和 3 年度の水中毒オカメラシステムの映像解析—. 山梨県水産技術センター事業報告書、50、33-45.
- 3) 加地弘一・青柳敏裕(2021):西湖における効率的なヨーロッパウナギ捕獲方法の検討. 山梨県水産技術センター事業報告書、48、67-75.
- 4) 青柳敏裕・岡崎 巧・吉崎悟朗(2023):低水温での親魚養成によるクニマスの卵質改善. 山梨県水産技術センター事業報告書、50、46-51.
- 5) 岡崎 巧・平塚 匡・青柳敏裕・渡辺安司(2022):西湖クニマス展示館飼育魚の成熟と採卵. 山梨県水産技術センター事業報告書、49、39-43.
- 6) 青柳敏裕・岡崎 巧・大浜秀規・三浦正之・谷沢弘将・小澤 諒・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). 山梨県総合理工学研究機構研究報告書、10、43-65.
- 7) 岡崎 巧・平塚 匡・加地奈々・青柳敏裕・名倉 盾・加地弘一・大浜秀規(2020):生物餌料給餌によるクニマス初期生残率の向上. 山梨県水産技術センター事業報告書、47、55-58.
- 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. 山梨県総合理工学研究機構研究報告書、8、89-102.