

課題と対応策：試験研究機関が要望する個体を提供することができた。

次年度計画：引き続き会員組合の協力を得て、試験研究機関が要望する個体を提供する。

令和3年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告書

課 題 番 号	ウ	事業実施期間	令和3年度
課 題 名	産卵回遊が期待できるニホンウナギの作出		
担 当 者	倉石 祐（静岡県水産・海洋技術研究所）		

背景：ニホンウナギ（以下、ウナギ）の資源保護のため養殖または天然由来のウナギが各地で放流されているが、放流後に成熟・産卵し、資源増加に寄与しているか不明である。特に未成熟で放流されたウナギは直ちに産卵に寄与するとは考えにくいいため、産卵回遊に寄与する放流ウナギを作出する手法を開発する必要がある。

課題実施計画

（１）４カ年の全体計画

目的：魚類の多くは環境の変化により生理学的影響を受けて、成熟することが知られている。そこで、本課題では、水温や日照時間など異なる環境で飼育したウナギの生理状態を把握することで産卵回遊に寄与するウナギの作出を目指す。

方法：環境要因として、水温、日照時間、塩分濃度に着目した。また、それぞれについて、短期的または長期的な影響を明らかにするために飼育実験を行い、各組織の mRNA 量や血中ホルモン濃度の測定を行う。

期待される成果：水温、日照時間、塩分濃度による生理状態への影響が明らかになり、適切な環境で飼育することによって産卵回遊に寄与するウナギを作出する技術開発が期待できる。

（２）令和3年度の計画

目的：ウナギは淡水と海水を行き来して成長、成熟していくため、塩分濃度の影響を明らかにする必要がある。特に現在浜名湖では汽水域に生息する天然ウナギを漁獲し、淡水で畜養し、海に放流するという活動が実施されているが、短期的な塩分濃度の変化による成熟への影響は明らかになっていない。また、養殖ウナギを放流する際などには塩分濃度の変化による長期的な影響を明らかにする必要がある。そのため、本研究所では、塩分濃度による短期的な影響と長期的な生理学的変化を明らかにすることを目的とした。

方法：

（１）短期的影響

塩分濃度による短期的な影響を調べるため、令和3年度12月に浜名湖で漁獲された天然ウナギを用いて、20℃で最長13日間飼育した。それぞれ3尾、4尾、1尾を淡水、

50%海水、海水を循環させた屋内の角形 5t 水槽にて、無給餌、遮光した環境で飼育し、試験開始時、及び 1、3、7、13 日目において個体ごとに血漿を採取し、性ステロイドホルモンとしてテストステロン (T)、11-ケトテストステロン (11-KT)、エストラジオール-17 β (E2)、ストレス値の参考となるコルチゾルの濃度を測定した。また、13 日目においてはすべての個体について RNA を分析するため脳、下垂体、鰓、肝臓、生殖腺をサンプリングした。

(2) 長期的影響

塩分濃度による長期的な影響を調べるために当研究所では海水条件を担当する。令和 2 年 12 月に鹿児島県産養殖ウナギを購入し、飼育水は表層海水 (15-25℃・季節変動あり) と駿河湾深層水 (11-12℃・季節変動なし) を掛け流しにして、無給餌、屋内の 3t 水槽にて自然日長で飼育した。試験開始時と銀化開始時期前の 9 月、銀化時期後の 12 月に RNA 分析用に脳、下垂体、胃、肝臓、生殖腺、組織観察用として生殖線、ホルモン分析用として血漿を 18~21 尾サンプリングした。

結果：

(1) 短期的影響

個体ごとの性ステロイドホルモン濃度変化を図 1～3 に示す。海水区では死亡個体が多く最終的に 1 尾になった。全体の傾向として、個体ごとの差が大きく、試験区間の明瞭な差はみられなかった。また、個体ごとにみると日によって 2 倍以上に増加、または 10 分の 1 程度まで減少するなど日変動が観察された。また、コルチゾルは 1.2～84.4ng/mL と個体差や日変動差が大きかった。

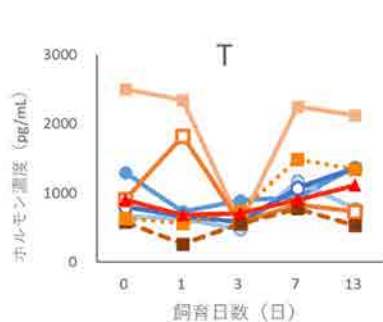


図 1 T の濃度変化

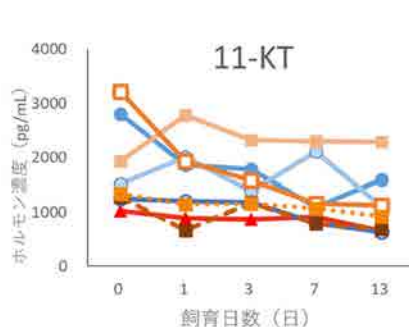


図 2 11-KT の濃度変化

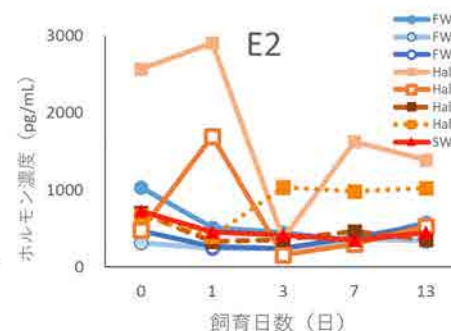


図 3 E2 の濃度変化

(2) 長期的影響

試験開始時、銀化開始時期前、銀化時期後における深層水区と表層海水区の血中ホルモン濃度を図 4～6 に示す。試験区内の銀化前後の差はみられなかったが、表層水区に比べて深層水区の方がホルモン濃度が高い傾向が見られた。

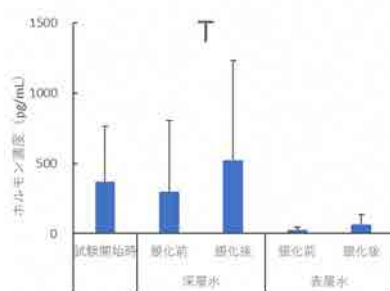


図4 Tの血中濃度

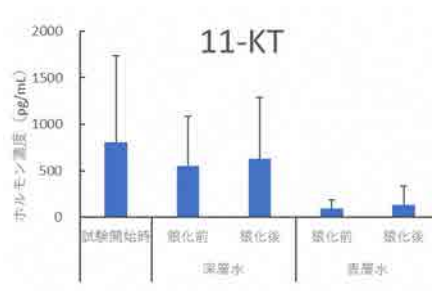


図5 11-KTの血中濃度

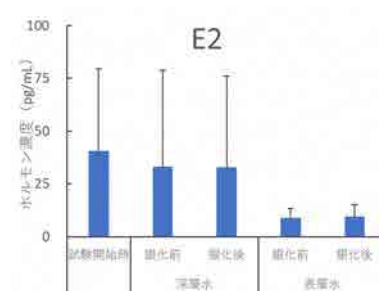


図6 E2の血中濃度

課題と対応策：

(1) 短期的影響

サンプル数が少なく、試験区間における明瞭な差が見られなかったため、サンプル数を増やし、塩分濃度による短期的な影響があるかどうかを明らかにする。また、短期的な温度変化の影響も明らかにする必要がある、今回は10～11月頃の浜名湖の水温に近い20℃で実験を行ったが、外海水はさらに温度が低いため、低い温度帯における影響を調べる必要がある。また、コルチゾル濃度については麻酔やハンドリングストレスなどが影響した可能性が考えられるため、麻酔濃度や実験手法の改善が必要である。

(2) 長期的影響

今回は試験区間による比較であり、個体ごとの変化は不明である。そのため、試験開始時に個体ごとに血液を採取し、試験後と比較することで長期的な影響が詳細に明らかになると思われる。また、今回の試験では開始時の魚体重が約250～300gと親魚としては小さく、無給餌の飼育により、体重が減少してしまった。そのため、より成熟が期待できる大型魚を用いて試験を行う必要があると考える。また、今回は駿河湾深層水という表層海水と比較して低い温度帯について調べたため、高い海水温についても調べる必要がある。

次年度計画：今年度サンプリングを行ったRNAサンプルについて解析を続けると共に塩分濃度、水温による短期的、長期的な生理学的変化を明らかにする。

令和3年度 資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業 報告書

課 題 番 号	ウ	事業実施期間	令和3年度
課 題 名	産卵回遊が期待できるニホンウナギの作出		
担 当 者	福田野歩人, 矢田 崇, 阿部倫久, 山本敏博, 横内一樹, 須藤竜介 (水産研究・教育機構)		

背景：近年、ニホンウナギの稚魚（シラスウナギ）の採捕量は低水準にあり、ニホンウナギ資源の増大にむけた対策が必要となっている。こうした中、各地で資源増大を目的とした放流が行われ、漁獲量の増加及び漁業者の収入増加につながっている地域もある。ニホンウナギは、海で産卵し、川や沿岸・河口域で成長するという“通し回遊”という特殊な生活史を持っている。資源として考えた場合に、各地に放流されたウナギが再生産にも貢献しているのか、また養殖ウナギの環境を整えることによって、正常に再生産に貢献できる可能性があるのか、といった点は不明なままである。一度飼育された個体を再生産に貢献しうるものとするためには、飼育下でもバランスのとれた性比とする手法、性成熟を開始させる条件の検討、銀化個体の回遊行動の評価、に関する知見の蓄積が必要である。

課題実施計画

（１）４カ年の全体計画

目的：産卵に寄与し、ニホンウナギの資源増大に資する種苗の育成及び放流手法の開発につなげ得る知見を集積する。

方法：ニホンウナギの性分化と成熟の進行、回遊行動について調査研究を行うことにより、産卵に寄与しうる個体の作出手法について検討する。天然個体群と同質の銀ウナギを出現させることを目標とし、具体的には（１）雌雄を選択的に作出する技術の検討、（２）性成熟の開始により黄ウナギが銀ウナギとなる条件及び性成熟の維持と促進に関わる要因の検討、（３）正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法の検討を行う。

期待される成果：産卵に寄与しうるニホンウナギ種苗の育成及び放流手法が明らかとなる。

（２）令和3年度の計画

目的：（i）雌雄選択的作出技術の検討については、発育サイズによってE2応答が異なり、雌化比率が変化するかを検討する。（ii）性成熟の開始については、寒冷な淡水域での放流前管理を想定して、秋季の季節水温降下での3Pサイズでの銀化状況を調べる。また、養成された銀ウナギと天然の銀ウナギで、その後人為的催熟・受精を行った時に

卵質に違いがあるかを調べる。(iii) 回遊行動については、養成されたウナギについて、体サイズ、黄ウナギと銀ウナギのステージ、あるいは養成時の水温環境によって、その回遊衝動及び回遊時の日周鉛直行動に違いがあるかを検討する。

方法：

(i) 雌雄の選択的作出手法の開発

雌雄、特に雌を選択的に作出するため、エストラジオール- 17β (E2) 投与時期(体サイズ)を変えて、雌化割合の変化を検討した。昨年度までに平均全長 40cm の浜名湖養鰻場由来 10P サイズのウナギを用いた E2 への雌化応答に対する飼育試験を行った。今年度は、平均全長 30cm (20P サイズ群)、平均全長 50cm (5P サイズ群)といった異なるサイズを用いた飼育試験を八重山庁舎で実施した。通常の練餌飼料を与える区(通常区)と E2 (10 mg/kg) を混ぜた練餌飼料を与える区 (E2 区) の 2 試験区 (反復 2 水槽) を設定し、その雌化率を調べた。飼育開始時と終了時に体測と個体識別用の DNA 鰭サンプリングを行った。開始時の一部個体と終了時の飼育後全個体について、解剖目視による雌雄判別および、生殖腺のダヴィッドソン固定液による固定を行った。固定された組織は、適宜、組織切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシン染色し、検鏡する予定であり、現在、20P サイズの試験サンプルの組織切片標本作成を外注委託に出して、結果を待っている。

(ii) 性成熟開始条件の検討

放流は、様々な体サイズ・雌雄割合のウナギを各地の寒冷地～温暖地、多様な塩分環境で行われているが、これらが繁殖可能性のある銀ウナギとなる確率は不明である。昨年度までの試験では、2P サイズの養成ウナギは夏から冬にかけて、沿岸の海水環境で季節的水温降下を経験すると、高確率で銀化することが分かった。今年度、寒冷な淡水域での放流前管理を想定して、秋季の季節的水温経験における 3P サイズ養成ウナギ(大隅養鰻由来)の銀化率について調べた。2021 年 1 月から 11 月にかけて、日光庁舎(淡水条件、同時に焼津では沿岸の海水条件での銀化率を検討)にて、季節的水温変化のある自然水温区と、季節的水温変化のない水温一定区(日光: 14℃)を作り、各区 3 水槽で飼育試験を実施した。1.5t の FRP 水槽を使用し、各水槽に 20 尾ずつを収容し、水温・照度ロガー (HOB0) を設置し、隠れ家として塩ビ管 ($\Phi 100\text{mm}$ 、長さ 1m) 6 本を入れて、無給餌で飼育した。9 月(銀化時期前)、11 月(銀化時期後)に、各水槽からランダムにサンプリングを行い、形態計測および生理状態(性ステロイド等)を調べた。

養成されたウナギの卵質に天然個体と違いがあるかを調べるため、静岡県(焼津)で養成した雌個体を選び、南伊豆で人為的に催熟、受精の試験を実施している。対照群として、浜名湖で採集した銀ウナギを天然群として使用した。人為的に催熟、受精を行ったのち、プレート法で管理し孵化後 6 日の生残率を養成群と天然群で比較を行う。この試験は、現在進行中である。

(iii) 正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法

パイプの出入りに関する試験

養成ウナギが銀化した場合に、天然個体と同じような行動性質を持つかどうかは不明である。天然個体と同様、養成ウナギが銀化した時に回遊衝動の高まりを示すかを検討するため、パイプの出入りを調べる行動試験を行った。試験魚に利用するため、養成ウナギ（3P サイズ群：体重 250～350g）を 2021 年 1 月から 11 月にかけて、水産研究・教育機構旧横須賀庁舎にて、海水条件の自然水温区（3m² コンクリート水槽）と 20℃水温一定区（1.5tFRP 水槽）のそれぞれ 3 水槽、2 水槽に各 6 個体を収容し、隠れ家として塩ビ管（Φ50mm、長さが 80cm）を入れ、無給餌で飼育した。8 月に自然水温区の 14 個体が魚病により死亡し、自然水温区は 4 個体となった。3P サイズ群に加えて、浜名湖分場で養成された大型ウナギ（1P サイズ群とする：体重 800g～2200g）を、旧横須賀庁舎で 2021 年 9 月から 12 月にかけて、自然水温区、20℃水温一定区に各 6 個体収容し、飼育した。3P サイズ群の各水温区 4 個体と、1P サイズ群の各水温区 4、5 個体について、パイプの出入りを調べる行動実験で回遊衝動の観察を行った。行動実験は、2021 年 12 月 19～27 日、12 月 27 日～1 月 4 日に、自然水温、自然光条件で、個体ごとに塩ビ管の出入りを記録した。塩ビ管への出入りの頻度・時間は、塩ビ管に中心及び両サイドに設置した赤外線センサーにより自動記録する装置（図 1）を用いて、計測した。行動試験後、3P サイズ群は解剖して、形態計測や内分泌関連のサンプリングを行い、1P サイズ群は、形態計測と血液採取を行い、行動結果との対応を検討した。

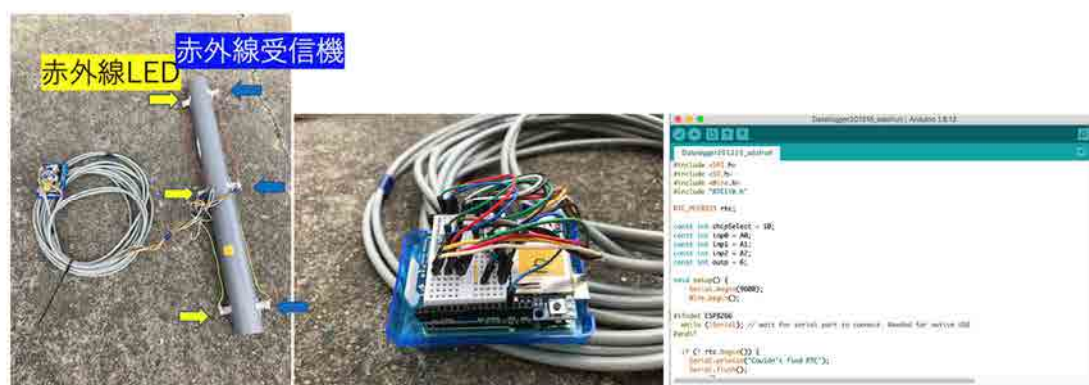


図 1 赤外線センサーをつけ、ウナギの出入りを記録できるようにした塩ビ管（左）、Arduino（中）、プログラム画面（右）

ポップアップ式タグによる放流試験

養成して自発的に銀化したウナギが、天然個体が外洋での回遊中に見せる日周鉛直移動を示すかを調べるため、ポップアップ式タグ装着による放流試験を行った。上述したパイプの出入りに用いた 1P サイズ群の個体を供試魚に用いた。事前に測定した放流ウナギの全長、体重、銀化インデックス等を表 1 に記す。

2022 年 1 月 15 日 4 時 37 分～45 分に、房総沖（東経 142 度、北緯 35 度）の水産庁漁

業調査船開洋丸甲板上で、各水温条件区のウナギ各 3 個体にポップアップ式タグ (mrPAT, Wildlife 社) を装着し、1 個体ずつ計 7 個体 (うちタグ装着は 6 個体) を舷からタンクをゆっくりと下ろし放流した (図 2)。装着したタグ (mrPAT) は一日に経験した最大および最低水温を電子的に記録し、プログラムした日時にタグが切り離されて浮上し、衛星を通して、データが転送されるシステムであり、1 ヶ月後の 2 月 15 日にタグを切り離し浮上させるようにプログラムした。

表 1 放流した養成ウナギの概要

ウナギID	Pop_up_Tag_ID	飼育環境	Pit_tag_number	全長(mm)	体重 (g)	銀化インデックス
Eel_1	Hama_eel1	20°C一定	9820000357427347	820	896	S2
Eel_2	Hama_eel2	20°C一定	下4桁 7272	880	1270	S1
Eel_3	Hama_eel3	20°C一定	下4桁 7332	892	987	S1
Eel_4	Hama_eel4	季節水温 (放流前14°C)	下4桁 7336	885	1092	S2
Eel_5	Hama_eel5	季節水温 (放流前14°C)	下4桁 7297	1060	1751	S2
Eel_6	Hama_eel6	季節水温 (放流前14°C)	下4桁 7256	1048	2114	S1



図 2 放流風景 (左)、ポップアップ式タグ (中)、タグ装着されたウナギ (右)

結果：

(i) 雌雄の選択的作出手法の開発

平均全長約30cm (20Pサイズ) のウナギを用いたE2投与実験を2021年1月13日～6月16日に実施した。実験開始時に10個体を解剖したところ、目視判別で全個体が精巣を保有していた (表2)。実験終了後、E2投与区の 2 水槽で78.6% (14個体中11個体)、56.1% (14個体中8個体) の個体が目視判別で卵巣を保有していた (表2)。一方、通常区では、全個体 (いずれも10個体中10個体) が精巣を保有していた (表2)。組織切片標本は現在作成中である。

平均全長約50cm (5Pサイズ) のウナギを用いたE2投与実験を2020年10月8日～2021年4月14日に実施した。実験開始時に20個体を解剖したところ、目視判別で全個体が精巣を保有していた (表3)。実験終了後、E2投与区の 2 水槽 (17個体及び16個体を解剖) で、いずれも精巣を保有していた (表3)。通常区でも、全個体 (いずれも16個体中16

個体)が精巢を保有していた(表3)。

昨年度の試験では、10Pサイズで、E2投与により16～40%の個体が雌化することが示された。これにより、これまで全長30cm程度で性が決定すると考えられてきたが、精巢を有していても、まだ性の可塑性があり、卵巢に変わりうることがわかった。今年度の試験結果を合わせると、雌性ホルモンへ応答する個体割合は、体サイズに応じて変動し、大きくなるほどE2投与による雌化割合は減少することがわかった。これらの応答性の違いを利用することで、選択的に性比を制御した個体群を作出できる可能性が示唆された。また、青森県小川原湖では、全長30cm以上のオスが優占する種苗を放流しても、再捕獲された時に雌が優占することが報告されている。これまで考えられてきた性決定サイズである全長30cmより大きなサイズであっても、性の可塑性があり、放流後の環境に応じて、性が変わりうることも示唆された。

表2 1 20Pサイズ飼育終了時における全長、体重および雌個体出現状況(21.06.14)

試験区	試験 開始時	通常飼料区		E2区	
		C-1	C-2	E-1	E-2
観察尾数	10	10	10	14	14
全長(cm)	30.6±6.1	49.3±4.4	51.8±3.3	48.5±5.3	48.3±7.1
体重(g)	34.0±37.5	161±49	208±51	176±70	180±75
雌個体率(%)	0.0	0.0	0.0	78.6	57.1

表3 5Pサイズ飼育終了時における全長、体重および雌個体出現状況(21.04.14)

試験区	試験 開始時	通常飼料区		E2区	
		C-1	C-2	E-1	E-2
観察尾数	20	17	16	16	16
全長(cm)	51.4±1.7	50.6±1.8	52.4±2.3	52.3±2.6	51.2±2.4
体重(g)	196±14	171±21	191±30	180±40	173±39
雌個体率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(ii) 性成熟(銀化)開始・促進条件の解明

日光庁舎では、自然水温区及び水温一定区で、3Pサイズ養成ウナギの銀化状況を調べた。図3は各区の水温変動を示す。水温一定区は14℃一定、自然水温区は、8月に20℃程度まで高まり、11月には6℃まで低下していた。

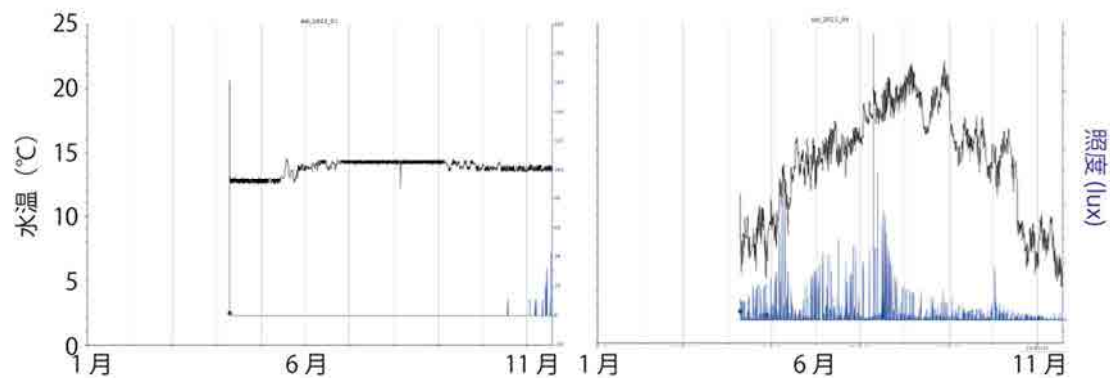


図3 水温一定区（左）と自然水温区（右）

9月（銀化時期前）～11月（銀化時期後）のサンプリング時、試験個体の平均全長は573-586mm、平均体重は255-269gであった（表4）。9月サンプリング時の個体は、水温一定区および自然水温区の各12個体は、全て黄ウナギ（銀化率0%）であった。11月サンプリング時の個体は、水温一定区では37個体の全てが黄ウナギであり、自然水温区では40個体のうち3個体が銀ウナギであった。銀化した3個体はすべて雄であった（銀化率：雄で13.7%、雌で0%）。

血中の性ステロイドホルモンの計測を行い、雌雄別にそれらを表4にまとめた。その結果、雌の黄ウナギのテストステロン（T）、11-ケトテストステロン（11-KT）に、9月と11月の間で有意差が見られた（ $P < 0.05$, Mann-Whitney test）。水温一定区、自然水温区の雄の11-KTでは、統計的有意差は無いものの、9月に比べて11月で高い傾向が見られた。11月時の黄ウナギと銀ウナギの雄には、いずれの性ステロイドにも違いは見られなかった。

本試験では、寒冷な淡水域での放流前管理を想定して、3Pサイズ群を用いて、秋季の水温降下による銀化率を調べた結果、この条件下では、水温変動によらず秋季に性ステロイドの変動が見られ、また自然水温を経験した場合により銀化しやすいものと考えられた。

表4 飼育試験での銀化インデックスおよび血中の性ステロイドホルモン測定値

		水温一定区		自然水温区	
		9月	11月	9月	11月
全長(mm)		573±22	586±24	578±32	580±20
体重(g)		264±19	255±24	272±32	269±27
黄ウナギステージ個体数 (オス:メス)		12 (4:8)	37(21:16)	12 (5:7)	25(14:11)
銀ウナギステージ個体数 (オス:メス)		0	0	0	3(3:0)
オス					
GSI	黄ウナギステージ	0.15±0.07	0.11±0.05	0.15±0.09	0.12±0.05
	銀ウナギステージ	-	-	-	0.22±0.10
E2(pg/ml)	黄ウナギステージ	0.18±0.14	6.14±2.39	0.19±0.08	5.90±2.85
	銀ウナギステージ	-	-	-	11.49±6.43
T(pg/ml)	黄ウナギステージ	30.7±22.2	39.3±19.7	11.5±16.1	75.6±14.9*
	銀ウナギステージ	-	-	-	61.6±30.6
11-KT(pg/ml)	黄ウナギステージ	51.2±34.9	149.0±167.5	61.8±67.4	241.9±60.0
	銀ウナギステージ	-	-	-	187.8±118.7
メス					
GSI	黄ウナギステージ	1.94±0.16	1.01±0.36	0.96±0.28	1.01±0.22
	銀ウナギステージ	-	-	-	-
E2(pg/ml)	黄ウナギステージ	8.16±8.33	12.24±5.81	8.9±8.9	9.18±7.12
	銀ウナギステージ	-	-	-	-
T(pg/ml)	黄ウナギステージ	108.7±67.0	92.0±61.8	96.1±80.3	71.3±36.2
	銀ウナギステージ	-	-	-	-
11-KT(pg/ml)	黄ウナギステージ	15.7±16.1	51.0±82.5	21.1±17.0	160.6±125.7*
	銀ウナギステージ	-	-	-	-
* 9月に比べて、有意に高い (Mann-Whitney, P<0.05)					

(iii) 正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法

パイプの出入りに関する試験

3Pサイズ群の8個体（水温一定区20℃4個体、自然水温区4個体、表5）、1Pサイズ群の9個体（水温一定区20℃4個体、自然水温区5個体、表5）を行動実験用のタンクに収容して、7日間、そのパイプの出入りを赤外線センサー付きの塩ビ管を用いて調べた。

実験後の形態計測では、3Pサイズ群は黄ウナギ：銀ウナギ=6:2、3Pサイズ群は黄ウナギ：銀ウナギ=9:0であった。

表5 パイプの出入りを調べた後の、形態計測結果の概要

Tank ID	サイズクラス	全長(mm)	体重(g)	ステージ	性別	実験前水温条件
1	3P	582	244.8	黄ウナギ	オス	自然水温区
2	3P	590	282.2	黄ウナギ	オス	水温一定区 (20°C)
3	3P	596	257.2	銀ウナギ	オス	自然水温区
4	3P	603	272	黄ウナギ	メス	水温一定区 (20°C)
5	1P	885	1092	銀ウナギ	(メス推定)	自然水温区
6	1P	820	896	銀ウナギ	(メス推定)	水温一定区 (20°C)
7	1P	1060	1751	銀ウナギ	(メス推定)	自然水温区
8	1P	892	896	銀ウナギ	(メス推定)	水温一定区 (20°C)
9	1P	838	835	銀ウナギ	(メス推定)	自然水温区
10	1P	880	1270	銀ウナギ	オス	水温一定区 (20°C)
11	3P	605	257	黄ウナギ	メス	自然水温区
12	3P	638	314	黄ウナギ	メス	水温一定区 (20°C)
13	3P	607	282	銀ウナギ	オス	自然水温区
14	3P	608	239	黄ウナギ	(メス推定)	水温一定区 (20°C)
15	1P	1048	2114	銀ウナギ	(メス推定)	自然水温区
16	1P	978	1945	銀ウナギ	(メス推定)	水温一定区 (20°C)
17	1P	905	1001	銀ウナギ	(メス推定)	自然水温区

半身以上パイプから外に出た時間を計測し、行動指標とした。試験期間中（7日間）にパイプ外に出た総時間を積算し、1時間あたりのパイプ外に出ていた時間（分）を個体ごとに計算した。昼夜別、それらを比較したところ、夜間に有意に長くパイプ外に出ている傾向があった（Mann-Whitney, $P < 0.05$ 、図4）。

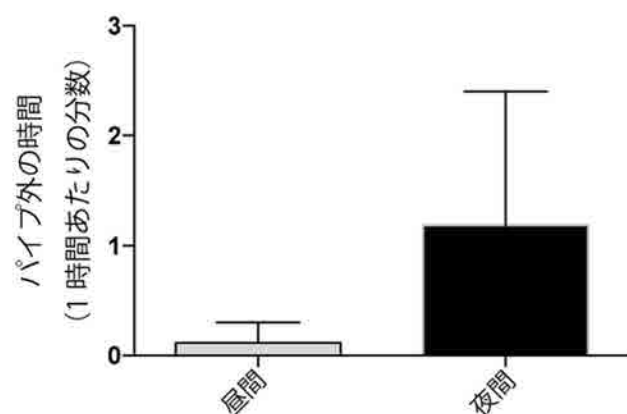


図4 パイプ外に出た平均分数（1時間あたり）

夜間に各個体のパイプ外に出た時間（分）を、実験前水温条件（水温一定区、自然水温区）別、ステージ別あるいは、サイズクラス別（3P、1P）に比較した（図5）。本試験では、ウナギがパイプから出ていた時間は夜間でも1時間あたり2分程度と短いものだった。黄ウナギが銀ウナギよりもパイプ外に出る時間が長い傾向があり、また、3Pサイズ群が1Pサイズ群よりもパイプ外に出る時間が長い傾向があった。なお、上

述したように、本実験では、黄ウナギは3Pサイズ群でのみ見られ、1Pサイズ群はすべて銀ウナギであったため、サイズ群と銀化ステージには、相関があることには留意しておく必要がある。

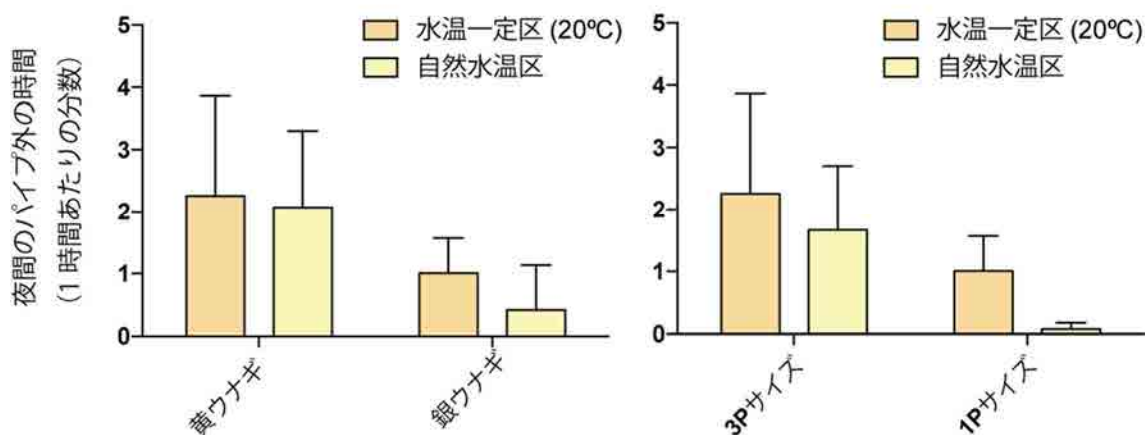


図5 実験前水温条件とステージおよびサイズクラス別で見た時の、夜間にパイプ外に出た時間

行動試験終了後に、各個体の血中のステロイドホルモン量を測定した。雌雄別に、サイズクラス別、ステージ別のT, 11-KT, コルチゾルの血中濃度を表6～8にまとめた。今回、各群の個体数が少ないため、参考値として、傾向を述べる。表6の雌の性ステロイドを見ると、1Pサイズの銀ウナギステージの個体は3Pサイズの黄ウナギに比べて、T, 11-KTともに100倍程度高い値を示した。また、3Pサイズの黄ウナギ、及び1Pサイズの銀ウナギいずれにおいても、水温一定区と自然水温区の間では差異は見られなかった。雄についても、水温一定区と自然水温区の間では差異は見られず（表7）、3Pサイズの黄ウナギと銀ウナギの間で、差異は見られなかった（表8）

表6 雌の血中のステロイドホルモン測定結果

	3Pサイズ・黄ウナギ			1Pサイズ・銀ウナギ	
	水温一定区	自然水温区		水温一定区	自然水温区
N	1	2		5	4
T(pg/ml)	23.8	12.6 ± 8.4		1667 ± 1235	1557 ± 1115
11-KT(pg/ml)	245	137 ± 100		2396 ± 1665	2470 ± 967
Cortisol(ng/ml)	2.66	3.11 ± 0.78		2.42 ± 0.86	2.62 ± 0.76

表7 雄の水溫条件別サイズクラス別の血中のステロイドホルモン測定結果

	3Pサイズ			1Pサイズ	
	水溫一定区	自然水溫区		水溫一定区	自然水溫区
N	1	3		0	0
T(pg/ml)	60	179 ± 143		-	-
11-KT(pg/ml)	1173	908 ± 586		-	-
Cortisol(ng/ml)	3.01	3.15 ± 2.25		-	-

表8 雄の水溫条件別ステージ別の血中のステロイドホルモン測定結果

	黄ウナギ			銀ウナギ	
	水溫一定区	自然水溫区		水溫一定区	自然水溫区
N	1	1		0	2
T(pg/ml)	60	368		-	250 ± 106
11-KT(pg/ml)	1173	264		-	1229 ± 259
Cortisol(ng/ml)	3.01	2.88		-	3.29 ± 3.16

天然個体では、銀ウナギになると黄ウナギに比べて回遊衝動が高まり、行動試験において塩ビパイプから外に出る時間が長いこと、11-KTの高まりがその行動に起因することが報告されている (Sudo and Tsukamoto 2015)。今回、天然個体ではなく、養成されたウナギを用いて同様の実験を試みたところ、1Pサイズ群の銀ウナギよりも、黄ウナギを多く含む3Pサイズ群で、パイプから出る時間が長い傾向があり、養成された銀ウナギでは、天然個体で見られるような行動を見ることはできなかった。11-KTは、1Pサイズ群の銀ウナギで高い値を示していたが、回遊衝動に結びついていなかったものと考えられる。通常、天然の銀ウナギは、大水などがなんらかの環境要因が引き金となって回遊を開始するため、養成ウナギにおいても回遊衝動を高めるためには、初めに環境要因による引き金が必要である可能性も考えられた。

ポップアップ式タグ装着の親魚放流

現在試験進行中、2月15日にプログラムされた浮上を待っている。

課題と対応策：

- (i) 雌雄の選択的作出手法の開発

性判別は目視で行なった結果であり、生殖腺の組織観察を引き続き進める必要がある。

- (ii) 性成熟（銀化）開始・促進条件の解明

今回、試験魚に用いたものが3Pサイズ（250～350g）と小さかったため、銀化する個体が少なかったものと考えられる。今後、より大型の個体を用いて、雌雄別に体サイズ

による銀化率への影響についても調べる必要がある。また、実験前に雌雄を判別し、実験前後に同じ個体から血液等を採取し、生理状態を個別に追跡することで、銀化の可否に関する個体差について調べる必要がある。

(iii) 正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法

1Pサイズの大型ウナギでは11-KTは高かったが、回遊衝動を示す行動は認められなかった。3Pサイズの黄ウナギでは少しパイプから出る時間が長かったが、全体的に、パイプから出る行動は短く、回遊衝動は弱いものと考えられた。回遊の引き金となるストレス環境等を与え、行動に変化が見られるかなどについても検討する必要がある。

次年度計画：体サイズ、個体内の生理状態、水温環境による銀化確率への影響評価を計画する。また、養成ウナギの回遊衝動について、環境要因の操作や人為的なホルモン投与などで、行動の変化を調べる。外洋での遊泳についても、今年度の結果を踏まえ、詳細なタイムスケールでの把握を検討する。

令和３年度資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業
計画検討会
議事次第

日 時： 令和３年６月１日（火）１３時３０分～１７時００分
開催形式：Ｔｅａｍｓでの情報提供および意見招集による会議

- １）開会
- ２）挨拶 水産庁
- ３）全体計画について 水産研究・教育機構
- ４）報告及び質疑
産卵場に向かうニホンウナギの由来判別： 東京大学大気海洋研究所、水産研究・教育機構
産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握： 青森県産業技術センター
静岡県水産・海洋技術研究所
鹿児島県水産技術開発センター
水産研究・教育機構
産卵回遊が期待できるニホンウナギの作出： 静岡県水産・海洋技術研究所
水産研究・教育機構、日本養鰻漁業協同組合連合会
- ５）総合討論
- ６）講評
- ７）その他
- ８）閉会

令和3年度「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」計画検討会議

令和3年6月1日(火)
ウェブ会議

出席者名簿

水産庁	栽培養殖課	内水面指導班	課長	櫻井 政和
			課長補佐	生駒 潔
	管理調整課	内水面企画班	養殖指導係員	豊嶋 彩香
			課長補佐	吉川 千景
検討委員	九州大学大学院 東京大学大学院	内水面利用調整班	内水面企画係長	友西 貴也
			課長補佐	若命 洋一
	研究指導課	漁場利用指導班	総合調整係長	小川 一人
			研究管理官	尾崎 照遵
事業参画機関	東京大学	農学研究院 農学生命科学研究科	研究管理官	清藤 秀理
	宮城教育大学	大気海洋研究所	学術研究員	望岡 典隆
			准教授	渡邊 壮一
事業参画機関	青森県産業技術センター	教育学部	准教授	白井 厚太郎
				棟方 有宗
	静岡県	内水面研究所	調査研究部 部長	榊 昌文
			研究員	遠藤 趙寛
事業参画機関	鹿児島県	水産・海洋技術研究所	深層水科長	吉川 康夫
			主任研究員	倉石 祐
	日本養鰻漁業協同組合連合会	水産技術開発センター	浜名湖分場 主任	吉川 昌之
事業参画機関	水産研究・教育機構 水産資源研究所	企画調整部門 水産資源研究センター	研究専門員	眞鍋 美幸
	水産技術研究所	養殖部門 環境・応用部門	代表理事会長	外山 昭廣
			職員	菊川 裕基
オブザーバー	横浜国立大学	環境情報学府	研究開発コーディネーター	坂井 貴光
			グループ長	山本 敏博
	田中三次郎商店	生物モニタリング事業部	主任研究員	福田 野歩人
			主任研究員	横内 一樹
オブザーバー	横浜国立大学	環境情報学府	グループ長	須藤 竜介
			副部長	中村 智幸
	田中三次郎商店	生物モニタリング事業部	グループ長	矢田 崇
			支援職員	阿部 倫久
オブザーバー	横浜国立大学	環境情報学府	大学院学生	植松 康成
				渡辺 友樹
	田中三次郎商店	生物モニタリング事業部		

令和3年度資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業計画検討会議事録案

開会：矢田

挨拶

生駒（水産庁）：頂いている資料から、ウナギは基本的なことが知られていないのだと思う。基本的なことの積み上げが必要。今後良い結果が得られるように、各機関が連携して取り組んでほしい。

全体計画：

4年の事業のうち今年度は2年目。ウナギ漁獲量の減少やシラスウナギの資源減少が大きい。シラスの不漁の年がある。不漁の年には、シラスの輸入が増える。シラスの資源の問題は変動が大きい。減少要因のなかで放流による資源回復を目的にしたのが本事業。日本のウナギ放流には、漁協による義務放流、漁協による自主放流、試験研究機関による試験放流、有志による自主放流がある。先行した効果的な放流手法検討事業（H28-31）で積み残した課題を実施。積み残し課題は大きく3つ。1. 産卵場に向かうニホンウナギの由来判別、2. 産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握、3. 産卵が期待出来るニホンウナギの作出を行う。実施体制。宮城県教育大学にも今年度から参画いただく。

各研究課題の計画と質疑等

1. 産卵場に向かうニホンウナギの由来判別（白井・横内）

A p p（横内）：今年度新たに取り組む課題としては、放流された放流個体の環境履歴と成長を追う分析が補足点。

Q（矢田）：今までの知見をすべて合わせると放流由来の個体のうち、親魚（銀ウナギ）まで成長した個体の割合は？

A（横内）：場所によってかなり違う。

A（白井）：銀ウナギの分析はそれほど多くないので、今後詰める必要がある。

Q（矢田）：この事業以外で銀ウナギまで判別している個体は、少ないと言う解釈で良いか？

A（白井・横内）：その認識で良い。

Q（清藤）：耳石断面のうち掘削範囲は小さい範囲だが、ウナギの年齢査定法は確立されているか？掘削部分はシラスの養殖期間に対応しているのか。

A（白井）：養殖している間に成長した部分を掘削、それができる精度はある。

Q（渡邊）：今年度の計画でSr/Caで成長履歴を分析する計画だが、これまで養殖ウナギでそういった分析は行われているか？つまり養殖ウナギは海産由来の餌料に依存していることもあり、そうした影響はないのか？

A（白井）：餌の影響は、ほぼ耳石の成分には反映されない。

Q（矢田）：筋肉だと、同位体比が地域を反映するとの知見もあったと思うが。

A（白井）：筋肉から環境を推定することは出来るが、場所と環境が1対1で対応しないので、分析結果から場所を絞り込むことは難しい。

2. 産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握

青森県（遠藤）

C（矢田）ウナギ漁があるほぼ北限、自然に加入する天然ウナギもいる。この事業では新しい取り組みにも挑戦いただいている。

Q（横内）：ワカサギの漁で混獲されているサンプルを集めていただいている。現状でどの程度サンプルが集まっているか？非常に重要なデータになる。

A（遠藤）：4月20日頃から網入れしているが、その直後から15センチ前後のウナギが入ると漁業者から聞いていた。しかし、調査を始めたらず捕れなくなった。既に分析に送ったサンプルを含め、未だ6個体程度しか集まっていない。

Q（望岡）：延縄で漁獲される銀ウナギのステージは、S1とS2の両方獲れるのか？

A（遠藤）：私が担当になってからは、獲れていない。

Q（望岡）：せん筒に餌を入れるか？

A（遠藤）：入れることになる。小河原湖ではせん筒を使って漁業を行っている漁業者がおらず、試行錯誤したい。

Q（望岡）：複数の漁具で、様々なサイズのサンプリングを期待している。

C（矢田）：報告会の時にどう言った結果がでているかが、興味深い。

静岡県（吉川）

C（矢田）：浜名湖は、昨年度のサンプリングで最も数が多かった。サンプル処理も非常に良かった。今年はサンプリングにも期待している。

Q（渡邊）：白州支所では、採捕者数や漁法別の採捕量も追えるが、他の場所ではどうか？

A（吉川）：他の地区でも同様に追跡可能。

Q（矢田）：銀ウナギのサンプルがたくさん捕れたが、成熟の開始期のサンプリングが重要。銀化前の夏場からサンプリングは可能か、見通しは？

A（吉川）：入手は可能だと考えている。

C（矢田）：白井さん、横内さんへ、生理的な分析は多くの個体数を処理出来ないが、耳石は数がたくさんあった方が良いか？

A（横内）：雄踏のサンプルは特に集めたい。

C（矢田）：実際に集まってきたら、相談しながら進めたい。

鹿児島県（眞鍋）

C（矢田）：今年度からこの課題には、宮城教育大学の棟方さんのグループに参画いただく。田中三次郎商店にもご協力いただく。よろしくお願いいたします。

A（棟方）：眞鍋さんのご発表の通りだが、電波や音波発信器などの機器を開発していきたいと考えている。

Q（望岡）：盛りだくさんの内容だが、何れも重要課題なので頑張ってもらいたい。PIT アンテナで毎日検知される個体は、近くに隠れ家を持っていると考えて良いか？

A（眞鍋）：ここに住み着いている個体だと思う。底質が砂泥なので、そこにいる個体だと想定される。

Q（矢田）：一度しか検出されていない個体は、おそらく海に下ったと考えられている。今年は2台アンテナを置くことで明らかに下ったかどうかを評価できる、その目的で設置すると考えて良いか？

A（眞鍋）：その認識です。

Q（望岡）：10cmの個体に挿入したPITタグのサイズは、一番小さいものか？

A（眞鍋）：規格としては、最も小さい8mmのタグを入れている。

Q（矢田）：PITのサイズによってPITの検出精度に若干差があるとの意見もあるが、引き続き小さなPITを挿入するか？

A（眞鍋）：ウナギのサイズが大きい場合は12mmを使用する予定。

C（矢田）：結果がどう出るか、期待している。

3. 産卵が期待出来るニホンウナギの作出

静岡県（倉石）

Q（渡邊）：塩分濃度とステロイドの関係を見る実験を予定しているが、スタートの時期は？

A（倉石）：銀化個体が購入でき次第。9月ないし、秋頃を予定。

Q（渡邊）：その頃の水温が20℃と考えて良いか？捕れた時期の温度は考慮に入れておいた方がよい。一方、実験の水温は14℃一定なので、その辺の整合性は？14℃の根拠は？

A（倉石）：使用できる最低水溫が14℃なのと、ウナギの産卵回遊時の鉛直移動の知見がもう少し低い水溫なので、低い水溫を設定。

Q（渡邊）：日周変動はもっと低くて、4℃も経験する。14℃一定は季節変動を想定してか？

A（倉石）：その様な認識。

Q（渡邊）：もう少し冷たい水も使えた方がよいかと思う。まずは季節変動を想定した水溫設定をして、その後必要に応じて日収変動の実験も考えたら良いかと思う。

A（矢田）：検討したい。

Q（渡邊）：RNA用サンプルは、どんな解析を想定されるか？

A（矢田）：天然魚は昨年度の課題で銀化に関するホルモンを複数測定し、いくつか候補

を絞り込んだ。飼育下ではそうした、指標になりそうなホルモンの測定を考えている。

A（須藤）：銀化は 11KT の血中濃度の上昇によって起こることが前提。三河湾では、20℃を下回ると銀化個体の出現が多くなる。一方、水温を下げると 11KT が上がると言う意味では 14℃は適切。海水の影響は調べていない。

C（矢田）：打合せの機会を改めて設けたい。

水研（福田）

Q（渡邊）：盛りだくさんの計画。E2 投与で雌化させる。遺伝的な性がはっきりしないと思うが、遺伝的な性がもしあった場合はそこも考慮されて放流するのか？

A（福田）：E2 投与が雌化に応答するか、を実験することが目的。今回の実験で雌化した個体の、放流は考えていない。一方、自然由来の物質での雌化が進むのであれば、放流しても良いかと考えている。昨年度はスジコオイルで実験したが、スジコオイルで雌化するという結果は得られなかった。一方、愛知県は大豆由来のイソフラボンで雌化する結果を、プレスリリースした。将来的には、性の可塑性の体長範囲を前者の実験でもとめ、後者の操作で雌化したものの放流を想定する。

Q（渡邊）：遺伝的な性があるかもしれないし、ないかも知れないが、放流を想定されるのであれば慎重になった方が良い。

Q（清藤）：コントロールして銀化したウナギの、成熟段階に関する知見はどうか？つまり生殖腺切片等、例えばどれほど調べているのか？その辺を見ていないであれば、検討が必要と思った。放流調査について Pop-up タグを装着するが、どのサイズでの放流を想定し、切り離し装置の検討は行われているのか？

A（福田）：Pop-up タグの装着手法は、天然ウナギを使っては確立されている。ニホンウナギのサイズに対して、タグは現状で未だ大きい、日周鉛直移動を見るのは、タグの大きさは問題無いと考えている。一方、装着方法は検討する。飼育環境下で銀化したウナギの組織切片が、どの程度まで発達が進んでいるかは分析が進んでいない。今年度の放流個体と、同じロットで調べることは可能なので、検討したい。

A p p（吉川）：浜名湖では、漁法別魚種別漁獲量があるが、夏場は筒でも捕られる。一方、秋以降定置網に漁獲が偏るので、ウナギの行動は季節に影響されていると思う。もう一つ、ウナギが性転換するとの解釈で良いか？

A（福田）：青森県が実施した以前の事業結果を見ると、雄の生殖腺を持った個体が雌になった可能性と、雄の死亡が大きくて雌が残った結果と、両方の可能性が考えられる。40cm を越えた個体でも、雄が雌になることも実験的には確認できた。天然下でその現象が起こるのかは、今後確認したい。

C（矢田）：かなり挑戦的な課題なので、3 年後にどこまで成果に結び着くか、心配と期待がある。

総合討論

議題（矢田）：放流ウナギは産卵に貢献するか、は全事業の積み残しである。これを作るのが、本事業の大きな課題。昨年度の報告会での指摘事項にも、今回の計画では反映されていると考えている。

C（渡邊）：実際に矢田さんが示した整理の通り、課題毎に連携してほしい。銀ウナギを作ることにについて、フィールド情報は重要なので、今回の計画は現段階で最善だが、それに囚われることなく連携して進めてほしい。フィールドと実験的なことを、結び付けて行うことはなかなかないので、連携して進めてほしい。

個別ウナギのなかでの同位体比のことで、筋肉ではターンオーバーが激しいと考えられる。サメ類では水晶体を年齢査定で使っているが、そうした形質の分析は考えているか？

A（白井）：今、基礎実験をしている。現段階では魚種による。ほとんどの魚種で、入れ替わってはいない。

Q（渡邊）：水晶体では筋肉よりターンオーバーは小さいので、検討するのは良い。

A（白井）：結果が出てくれば、出して行きたい。

Q（矢田）：直近の環境も評価できるのか？

A（白井）：血液の分析も、実は今行っており、血液、眼球、筋肉の3つを分析出来れば、時間スケールの異なる履歴を追える様になると思う。しかし、もう少し確かなデータ蓄積が必要。

C（渡邊）：私の専門は浸透圧なので、成果に期待している。

C（望岡）：様々な情報が出た。放流した個体が銀化している。矢田さんが分析されているが、雌雄共に天然ウナギと差が無い状況か？今一度、整理して伺いたい。

A（矢田）：現状で天然と放流を判別して、パラメータを整理していない。一方、雌の数が多く、雄も集めているが、雌雄が偏っている。また銀化ウナギになる前段階のステージについては、未だ調べが及んでいないので、それも含めて全体の評価を行いたい。そうすることで、ご指摘の評価はできそうなので、もう少しお時間をいただきたい。

C（望岡）：提案だが、秋～冬に玄界灘で降りウナギを、イカ釣り船がすくってくる。分析の対象にその辺もご検討頂ければ良い。12月くらいからが出現のシーズン。その中には雄雌同じくらいに比で、採捕されている。

Q（矢田）：是非、サンプルがほしいが、後日改めてお話しをお聞かせ下さい。

C（山本）：福田さんの課題は少しチャレンジングだと思うが、3年後に成果が出れば良いと思う。

Q（渡邊）：コルチゾルの測定は考えているか？難しいと思うが、実験環境なら気を付ければ出来そうか。

A（矢田）：実は測っている。意外と良い結果は出るかも知れない。今後も測定数を増やして検討していきたい。

Q（渡邊）：今後の進展次第だが、ストレスに反応しやすいコルチゾルなどの規定値を出

して行くのも重要と思う。

講 評

これまでの事業からさらにウナギの知見が蓄積されて来ていますが、さりながらウナギの生態については解明されていない部分も多いことから、この事業として何をを目指すのかについては難しいこともあると思います。本事業では、産卵行動が期待できるウナギの作出という目的を設定し、その目的達成のために何をしなければならないかについて整理していただいているので、今後の成果が楽しみです。さらに進めて行く中で難しいお願いをするとすれば、ここで得られた成果を現場に落とし行かなければならないと考えていて、ウナギを提供していただいている養殖業者の方や内水面漁業者の方が、どういう工夫ができればいいのかについてです。この事業の期間の中で取り組むことが出来れば嬉しいですし、そこまで成果を出していただければ、放流について批判的な意見もあるなか、希望を持って放流に取り組んでいる現場の士気も上がるので、より有り難いと思っています。オンラインでは議論も難しいところではあるのですが、何時でも繋がれるツールが出来たことは有効だと思うので、本事業やウナギ関係の委託事業の関係各機関で是非連携してより良い成果が出るように進めていただき、また健康に留意しつつ実施していただければと思います。

水産庁栽培養殖課

講 評

本年度事業の、それぞれの課題の計画のご発表、お疲れ様でした。ニホンウナギの資源回復には生息域の質的・量的改善と併行して、放流・放流個体の育成の両輪で進めて行くことが必要です。平成 28 年度に開始された先行事業を受けての事業で、課題抽出も適切と思われる、設定も適当ですので、効果的にゴールに到達出来ると考えられます。本事業によって、産卵に向かう個体の生態学的な知見と、生理学的な側面を含めた生物学的特性が明らかにされ、これに基づいて産卵回遊が期待できるウナギの作出と、放流手法の開発に寄与することに大いに期待しています。課題によってはフィールドワークがメインのものもありますが、暑い時期になりますので熱中症に気をつけてください。コロナもあって、課題間の連携はなかなか難しいかも知れませんが、なるべく連携も密にして進めて頂きたいと期待しています。

望岡典隆 (九州大学大学院農学研究院)

講 評

実際にフィールドでの密な調査も有りながら、由来判別のような形での広域におけるウナギの生態の把握、さらに実験による知見も加え、放流ウナギの作出を重層的な試みから実施して行くことが必要で、これらの成果を繋げていくために連携して頂いて、その都度その都度、課題の優先順位を決めて進めて行くことが大事になると思います。それを一人で行うのは難しいと思いますので、オンラインも含めて連携して議論を進めて頂きたい。サンプリング手法や分析手法の情報共有については、コロナの影響もあって逆にオンラインの経験が増えてやりやすくなった面もあると思うので、そうした場を通じて進めて行って頂きたいと思います。

渡邊壮一（東京大学大学院農学生命科学研究科）

令和３年度資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業

成果報告会

議事次第

日 時： 令和４年２月１６日（水）９時００分～１２時００分

開催形式：Ｔｅａｍｓでの情報提供および意見招集による会議

参集範囲：水産庁，検討委員，参画機関担当者

内 容：

- １．開会
- ２．あいさつ
水産庁
水産研究・教育機構
- ３．研究成果の説明と検討
水産研究・教育機構
東京大学大気海洋研究所
宮城教育大学
青森県産業技術センター
静岡県水産・海洋技術研究所
鹿児島県水産技術開発センター
日本養鰻漁業協同組合連合会
- ４．総合討論
- ５．その他
- ６．閉会

令和3年度「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」成果報告会議

令和4年2月16日(水)
ハイブリッド会議

出席者名簿

水産庁	栽培養殖課	内水面漁業振興室	室長	柿沼 忠秋
		内水面企画班	課長補佐	中井 忍
			係長	友西 貴也
		内水面指導班	課長補佐	生駒 潔
			専門官	鈴木 聖子
	管理調整課	内水面利用調整班	課長補佐	若命 洋一
		漁場利用指導班	専門官	小山 藍
	研究指導課	参事官グループ	研究管理官	尾崎 照遵
			研究管理官	清藤 秀理
検討委員	九州大学大学院	農学研究院	特任教授	望岡 典隆
	東京大学大学院	農学生命科学研究科	准教授	渡邊 壮一
事業参画機関	東京大学	大気海洋研究所	准教授	白井 厚太郎
	宮城教育大学	教育学部	准教授	棟方 有宗
	青森県産業技術センター	内水面研究所	調査研究部 部長 研究員	榊 昌文 遠藤 赳寛
	静岡県	水産・海洋技術研究所	主任研究員 浜名湖分場 主任	倉石 祐 吉川 昌之
	鹿児島県	水産技術開発センター	研究専門員	眞鍋 美幸
	日本養鰻漁業協同組合連合会		参事	長畠 大四郎
	水産研究・教育機構 水産資源研究所	企画調整部門 水産資源研究センター	研究開発コーディネーター グループ長 主任研究員 主任研究員	坂井 貴光 山本 敏博 福田 野歩人 横内 一樹
	水産技術研究所	養殖部門 環境・応用部門	グループ長 副部長 グループ長 支援職員	須藤 竜介 中村 智幸 矢田 崇 阿部 倫久

令和4年2月16日(水)9時00分～12時00分@Teams

令和3年度資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業成果報告会事録案

生駒（挨拶）：本事業の報告会参加へのお礼。昨日の環境収容力の報告会、いろいろ報告頂いた。本日は放流技術の開発。より専門的な課題。関連する技術をものにしていきたい。二つの事業を両輪で進めたい。こちらの事業はあと二年。現場に還元出来る技術を出来るだけ纏めて頂きたい。

（青森発表）

横内：岩場でクロコが採捕される情報について、かなり珍しい話。ご発表以外の情報があれば教えてほしい。

回答：10月初めに漁協を通じて情報提供があった。地元の人が夜中にライトで照らしてコンブを採集している。その時にシラスがみえるという情報があった。実際に協力者から提供頂いた魚体はシラスウナギだった。その後自分でも確認に行ったが見つけれなかった。今後も情報を得ていきたい。

望岡：銀ウナギが全てメスだったとの話したが、袋網の目合は？

遠藤：ワカサギを捕る網なので、雄の銀ウナギが小さいからと言っても抜けないと思う。

望岡：津軽海峡側でも天然ウナギの遡上があったという理解で良いか？

遠藤：過去に行った放流個体の追跡調査の一環で採集した情報なので、必ずしも天然のシラスウナギの加入があったからという訳では無い。

渡邊：今年度と昨年度の漁獲量の実績で、今年度の方が多かったとの話だが、今年度の漁獲量が多いのは放流量が昨年度多かったから？放流魚の寄与はどうか？

遠藤：今年は漁獲量が増えたが、今年は湖内全体に小ぶりなウナギが多いと漁業者から聞く。一昨年度はシラスウナギの採捕が多かった。その後15センチくらいの大サイズのウナギが多かった。天然由来とも思われる。

遠藤：天然のシラスも多いと放流量も多くなる（種苗が手に入りやすくなる）。今後も放流量や天然加入量がどの程度親魚の資源に貢献しているか詰めて行かれると良いと思う。

（静岡発表）

渡邊：雄踏の採捕がメスに偏っている。偶然なのか？こう言うものか？

吉川：定置網に限って集めて下さい等、指定しているので、問屋の買い上げのサイズが偏っている可能性がある。銀ウナギで小型のものがいないという訳では無いと思う。

渡邊：鷺津では小型の銀ウナギがいて、一方雄踏では小型銀ウナギがいない。

吉川：鷺津と雄踏には同じ問屋が出入りしているので、人に因るバイアスは無いと思う。

矢田：地域によるそう言った偏りはあると思うか？

横内：以前の「鰻来遊事業」では海域になるほどメスが多くなる結果を得た。小さい銀ウナ

ギが獲れれば良い。

望岡：銀ウナギを解剖している様だが、消化管内容物があるか？メスの肥満度が上がっていると思う。肥満度の上昇があるというのは食べているのか？

吉川：買い付けから解剖までしばらく時間があるので、食べていたとしても、すべて排泄している可能性の方が高い。

矢田：昨年度は血液を塩酸処理して頂いて、特別なホルモンを測定していた。食欲に関するホルモンを測定した。しかし、銀化が進むと食欲ホルモンも上昇している。と言う情報。

吉川：そう言うことであれば銀化しても食べていると言う事か。

矢田：その辺は消化管の組織的な検証も必要。

（鹿児島県）

矢田：2年目でここまで進むのは凄い進展。テレビでみている様な結果。ビデオの画像は昼間のものだが、夜でも撮影出来る？

眞鍋：赤外線撮影も試みた。出来る予定。

矢田：赤外線の撮影装置は日光でも作成を試みている。

福田：放流ウナギが放流年度によって成長が異なる。年々成長が悪くなっている様にみえたが、その辺の要因が解れば教えてほしい。

眞鍋：そこは解らない。平成26年の養殖魚の成長が良い。この年のロットは摂餌の試験（配合と天然由来）をしたものを用いたが、それらのロットのその後の成長試験では、配合飼料区と天然由来の餌料に慣らした区で成長に差が無かった。そう言う結果もあり良く解らない。

渡邊：報告書の方に遊漁の問題が指摘されている。実際どのくらい釣りや捕獲が見えないかたちで行われているか？大きな問題と認識している。

眞鍋：この課題を担当して3年。年々増えている印象。筒も我々の筒を設置している周りに多くみられるようになった。漁業権が無いので致し方無いが、協力を求めているしかない。

渡邊：大きな個体から獲れなくなっていくのはそうした問題もあると思った。

横内：再採捕個体の成長率が低下する。生き餌に慣らせたと言う事だが、放流個体の密度が飽和してきたと言う実感があるか？

眞鍋：もしかしたらそう言う可能性があるかと考えているが、解らない。

横内：ツインタグの結果は有用なので、引き続き頑張ってもらいたい。

（日鰻連長畠）

矢田：本年はコロナの状況下なかなか直接ご挨拶が出来なかった。次年度は日鰻連様には作出のところから伺って進めたい。

（倉石）

渡邊：前提として浜名湖で放流する個体について、畜養の状況が建て場で畜養されている。

それで良いか？

倉石：そうである。

渡邊：そうした状況ではストレスの影響があると思う。今後そういう状況でコルチゾルの測定をするか？

倉石：その予定である。

渡邊：性比を確認する予定があるか？

倉石：それもしているが現状では整理が進んでいないので今後纏めて行きたい

渡邊：銀化の退行について 11-KT の他どう言う経路を考えているのか？

倉石：今のところなかなか難しい。

渡邊：報告書のアップデートもお願いしたい。

須藤：退色は温度が効いている。同じ個体でも水温が変わるとだいぶ変わるので指標としてどうかというところは検討が必要。海水と淡水、それぞれの飼育下でも比較をされているのか？

倉石：している。

須藤：天然と養殖の銀化は全然違う。それぞれ、銀化と言うものはどう言う定義か考えて実験するのが良い。

吉川：ホルモン変化のグラフを見ると、最初から養殖のイニシャル 11-KT が高い。それはどんな要因が考えられるか？

矢田：前の事業で様々な養殖ウナギの 11-KT を測定していた。養殖ウナギの 11-KT は高くても天然の銀ウナギよりも遙かに低い値。そう言う状況下で養殖魚の 11-KT の高い、低いがどう言う意味を持つかは今後検討が必要。

吉川：どんな飼育歴を持つ養殖ウナギを用いて実験したか？高齢のものであれば、11-KT の実験魚としてそもそも適さないのではないか？

長畠：飼育期間は平成 31 年 3 月に導入されたニホンウナギ。1 年 11 ヶ月飼育したものを用了。

矢田：様々な実験と分析結果は出て来ているので、今後検討を進めて行きたい。

（水研福田）

渡邊：11-KT が高いにも関わらず、回遊衝動がみられなかった考察、環境に因るストレスが必要と考察されている。以前の研究では 11-KT のみで説明されていた。その整合性は？

福田：当時の実験では、通常よりももっと高い 11-KT が投与されていた。そこは課題。今後検討。

望岡：自然条件下で雄は銀化して、メスは銀化しなかった。その違いは？

福田：サイズが影響していると考えた。実験に使ったオスのサイズは銀化サイズだが、メス

はそもそも銀化サイズに足りない様なものもあったことが影響しているかも知れない。

講 評

ここの課題は盛りだくさんな内容を手探りでやっていただいております、困難な中でも着実に成果が積みあがってきていると思うが、なかなか出口に向けては遠いという印象を受けた。限られた時間の中で効果的に進めて行くために、本日色々とアドバイスがあったように、先行実験を確認しながらやっていただくとか、実験のやり方や条件の設定などに気をつけながらやっていただくなど、一回しかないチャンスを取りこぼさないよう留意しながら引き続きやっていただければと思う。鹿児島県でやっていただいた取り組みは、非常に興味深く思った。残りの時間の中で回遊に向かうウナギを見つける糸口が見つかればよいと思う。あと2年、よろしくお願いいたします。

水産庁栽培養殖課

講 評

いずれもわかりやすいプレゼンで、全体を通してワクワクしながら聞かせていただいた。ニホンウナギの資源回復には生息域の改善と効果的な放流手法を開発、実施するという両輪で進めていくのが重要であると思っている。本年度の事業は順調に進んでおり、保護すべき生息場所が発育期ごとに明らかにされつつあり、心強く感じた。また、本事業によって産卵に向かう個体の生態学的ならびに生理学的に貴重な知見が集積されている。銀ウナギの生物学的特性にはまだまだ不明な点が多いので、さらなる知見の集積を期待したい。あと2年であるが、このペースで進めていただければ、環境収容力推定の技術開発と保全に取り組む際の指針が完成するものと期待している。また、ポップアップタグのデータも楽しみにしている。残り2年間、フィールドワークが多いかと思うが安全第一で実施していただきたい。

望岡典隆(九州大学大学院農学研究院)

講 評

非常に盛りだくさんな内容で、追いきるのが大変な程の大量なデータが出ていて、進捗が素晴らしいものだと感じた。生態学的手法を用いてウナギ資源の現状把握をより詳細にするという取り組みと、生物学的生理学的な特性、ウナギが持っている回遊行動等に関わる特性を調べるという取り組み、この 2 つの両輪をうまく組み合わせて研究が進んでいると感じる。今後の成果についても楽しみにしている。

渡邊壮一（東京大学大学院農学生命科学研究科）