

令和2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2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	矢田 崇, 阿部倫久, 山本敏博, 横内一樹, 福田野歩人, 岩崎隆志 (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：産卵に寄与する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2年度の計画

目的：人為的雌化技術ならびに性分化に影響する環境・生理的要因について検討する。また、成熟の進行ならびに回遊行動に関する解析システムを構築する。

方法：

(i) 雌雄の選択的作出手法の開発

どの体サイズまで性可塑性があるかを調べるため、H31-R1 に水研機構の交付金プロジェクトで、これまで性分化が完了するとされる全長 30cm よりも大きな平均全長 40cm の浜名湖養鰻場由来 10P サイズのウナギを用いて、E2 投与試験を行った。試験開始の 2019 年 8 月 21 日に 28 個体について、体測（全長 40.5 ± 4.2 cm, 体重 93.1 ± 28.7 g）と解剖目視による雌雄判別を行った（解剖した個体は目視で全て雄と判断された）。試験区は飼育期間を通じて、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）を設定した。各試験水槽の収容尾数は 29 尾とし、試験開始時に各水槽の全個体について、体測と個体識別用の DNA 鱗サンプリングを行った。2020 年 3 月 10 日に、飼育を終了し、各水槽の生残した全個体について、体測と個体識別用の DNA 鱗サンプリング、解剖目視による雌雄判別および、生殖腺の 10%ホルマリン固定を行なった。今年度、固定した生殖腺 51 個体分をサブサンプリングし、パラフィン包埋したのち、組織切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシン染色し、検鏡した。天然由来のエストロゲン様物質含有飼料による雌作出が可能かを調べるため、2019 年採集の稚魚を用いて、全長 10cm 程度まで養成し、2019 年 5 月から、E2 添加区 (E2: 10mg/kg)、すじこ乳化油添加区 (E2: 0.26mg/kg)、タラ肝油添加区 (通常区) にそれぞれ 70 尾収容し、各区 2 つの水槽で飼育試験を行った。今年度も継続して、性判別できるサイズ（全長 35 cm 程度）まで成長した個体を順次取りあげ、解剖目視による雌雄判別を行った。

(ii) 性成熟開始条件の検討

予備試験として、季節的水温変動のある屋外水槽で養殖由来黄ウナギ (2P、2.5P サイズ) を飼育し、全長、体重、体色の季節的な変化を調べた。飼育は事業開始前の 2018 年 8 月から 2020 年 2 月に行った。2P サイズの 4 個体と 6 個体、2.5P サイズの 7 個体と 7 個体を入れた 4 水槽を設定した。2P サイズと 2.5P サイズの各 1 水槽は、2018 年 8 月～12 月まで加温後、無加温とし、もう 1 水槽は、常時無加温とした。水温ロガーの記録をした結果、加温した水槽についても屋外水槽であったため、加温の影響はほぼないことが後に判明した。各季節 (8 月、12 月、4 月、8 月、2 月) に形態計測を行い、最後の 2 月には、解剖して、性判別と生殖腺重量の測定を行なった。

今年度、季節的水温変化の有無が養殖由来黄ウナギの銀化・成熟への影響を実験的に調べるため、大隅養鰻で育てられた養殖ウナギを供試魚として、2021 年 1 月より日光庁舎 (内分泌分析用)、旧横須賀庁舎 (行動実験用) にて、水温一定区 (日光: 14°C 、旧横須賀庁舎: 20°C)、自然水温区の各 3 水槽で飼育試験を開始した。日光では、1.5t の FRP 水槽を使用し、各 20 尾を入れ、水温・照度ロガーを設置した。今後、各季節に、体色、形態、生理指標について調べる。

天然由来銀ウナギを流水あり／なし (すなわち、遊泳あり／なし)、日周水温変動あり／なし、の条件で飼育し、形態 (全長、体重、体色) 変化、成熟に関わる内的因子について調べた。2018 年 12 月 6 日に、浜名湖で漁師によって捕獲された全長 50cm 以上

のウナギ 20 個体を用いた。ウナギは、屋外の FRP 水槽に自然海水の掛け流しで、実験開始まで保管した。12 月 14 日に実験開始前の全長、体重、眼径、胸ビレ長、銀化ステージの形態計測を行った。2019 年 5 月 30 日、飼育実験は、4 つの FRP 水槽を用いて、12 月 14 日～5 月 30 日に行った。サーモスタット、チラー、ヒーター (500W)、タイマーを用いて、2 つの水槽は、5～18 時は水温 20℃、18～5 時は水温 5℃となるようにセットし、残り 2 つの水槽は、12.5℃で一定となるようにセットした。各水槽には、トリカルネットを円柱状にしたケージを一つずつ配置し、ウナギは、各ケージの中に、ランダムに 5 尾ずつ収容した。端に水中ポンプを取り付けて円柱内に水流を作ったケージ、水中ポンプがなく水流のないケージを、水温変動あり、水温一定の水槽それぞれにセットした。水流のあるケージ内では、ウナギが泳ぐ底層部で流速が 20～38cm/s となるようにした。実験中は、全暗とした。実験終了時に、形態計測と採血をし、生殖腺、胃腸、肝臓の重量を測定した。今年度、血中ホルモン (E2, T, 11-KT, コルチゾル)、視床下部の RNA 発現(GnRH1、GnRH2)について、分析を進めた。

(iii) 正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法

銀ウナギになると黄ウナギに比べて、回遊衝動が高まり、飼育下でも塩ビ管から外に出る時間が長くなることが報告されている (Sudo and Tsukamoto 2015)。今年度は、作出個体の産卵回遊への衝動を数値化して評価できるようにするため、塩ビ管の出入りを赤外線センサーにより自動記録する装置の開発を行った。

装置動作確認と飼育実験前 (季節的水温変化の有無による銀化・成熟への影響を調べる実験) の行動把握をするため、養殖ウナギ 5 個体について、行動試験を行った。2020 年 12 月 15 日に大隅養鰻から横須賀に 16 尾のウナギが到着し、半海水 (16.5psu) の入った FRP (140*60*50cm、水は 25cm) に収容後、海水を注水して、徐々に海水へ馴致させた。隠れ家として、長さ 70cm、径 50mm の塩ビ管をウナギ尾数と同数、入れた。12 月 28 日まで、自然水温条件で飼育した。行動試験の時には、センサーのついた長さ 65cm、直径 50mm の塩ビ管を中央に配置した各試験用タンクに 1 尾ずつ、計 5 尾を入れた。6～17 時は明条件、17～6 時は暗条件とし、照明には LED 蛍光灯を用いた。12 月 28 日～1 月 4 日まで、パイプの出入りを記録した。なお、実験開始・終了時の水温は 15.9℃、16.8℃であった。

結果：

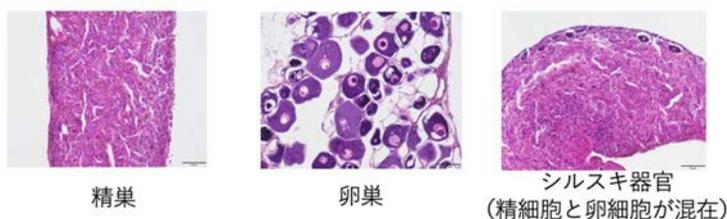
(i) 雌雄の選択的作出手法の開発

10Pサイズから E2 投与を行う実験を実施したところ、試験開始時には解剖目視で全個体雄であった群が、試験終了時には E2 投与をおこなった処理区で 25 個体中 10 個体と 25 個体中 4 個体が解剖目視で卵巣を保有していることを確認した。一方、通常区では全て雄であった (表 1)。試験開始時と終了時の各水槽の一部個体について生殖腺の組織切片観察を行なったところ、実験開始時の目視で雄だった 9 個体は、精巣 7 個体・シルスキ器官 1 個体・乾燥による判別不可 1 個体であった。実験終了時、通常区の目視で雄

と判別された7個体（水槽①）、同じく7個体（水槽②）では、どれも精巣が観察された（図1）。E2投与区では、実験終了時の目視による雌雄判別で、雄7・雌10（水槽①）、雄7・雌4（水槽②）は、それぞれ水槽①で精巣6個体・卵巢10個体・シルスキ器官1個体、水槽②で精巣4個体・卵巢4個体・シルスキ器官3個体であった（図1）。このことから、10Pサイズからでも、性の可塑性を維持した個体が16~40%いることが示された。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わると考えられ、応答性の違いを利用することで、選択的にバランスのとれた性比をもつ個体群を作出できる可能性が示唆された。

表1 飼育終了時における全長、体重および雌個体出現状況(20.03.10)

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	28	24	19	25	25
全長 (cm)	40.5±4.2	49.0±4.4	49.9±4.5	50.3±4.6	49.5±4.1
体重 (g)	93±29	186±60	202±60	211±62	200±65
雌個体率 (%)	0.0	0.0	0.0	40.0	16.0



試験区	試験開始時	通常飼料区		E2区	
		C-1	C-2	E-1	E-2
目視判別	雄8個体	雄7個体	雄7個体	雄7個体 雌10個体	雄7個体 雌4個体
組織判別	雄7個体 シルスキ1個体	雄7個体	雄7個体	雄6個体 雌10個体 シルスキ1個体	雄4個体 雌4個体 シルスキ3個体

図1 生殖腺組織切片画像、目視判別と組織判別の比較

すじこ乳化油に含まれる E2 濃度は 1629-4088 pg/mg であり、通常区で用いるタラ肝油では 169-265 pg/mg であった。すじこ乳化油添加による餌の E2 濃度が 0.26mg/kg となるように給餌した。試験開始から約 6 か月後の中間サンプリングにおける血漿中の E2 濃度は、E2 区では約 11,000-12,000pg/ml であったのに対し、すじこ乳化油区と通常区ではそれぞれ約 280pg/ml と約 300pg/ml と低濃度であった。全長 35cm に達している個体について雌雄判別を行ったところ、雌割合は、E2 区では 100%(n=25,22)である一方、すじこ乳化油添加区 (n=18,15) および通常区 (n=18,21) はいずれも 0%であった。この結果、

すじこ乳化油由来の E2 では雌化しないものと考えられた。

(ii) 性成熟（銀化）開始・促進条件の解明

養殖由来ウナギを屋外水槽で飼育した予備試験では、餌ぐいが見られず、体重が減少しましたが、冬になると銀化することが観察された（図2）。飼育初年度から、養殖ウナギは季節的な水温降下により銀化した（図3）。飼育終了後に生き残っていた個体について解剖した結果、性比は、2Pサイズで雄：雌=1：7、2.5Pサイズでは雄：雌=6：0であった。雌のGSIは平均2.6（1.3～3.2）であった。

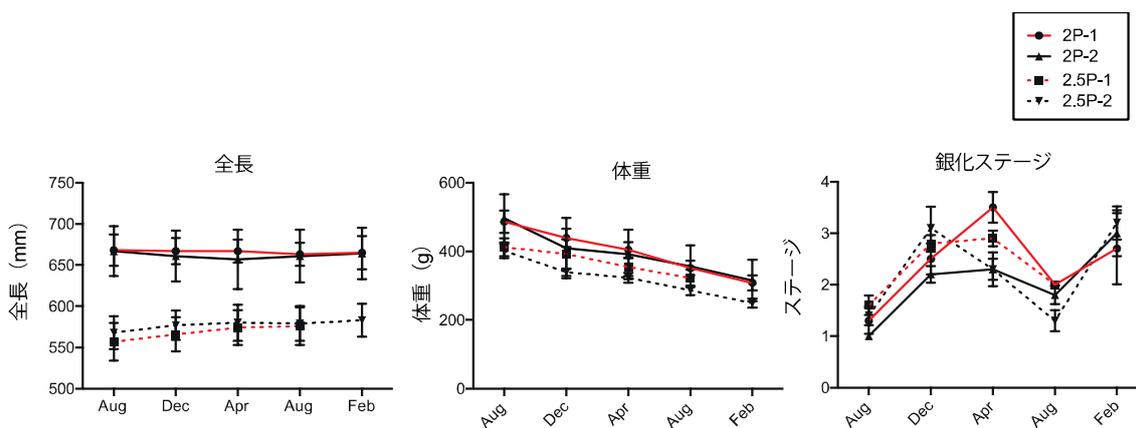


図2 各サイズクラスでの全長、体重、銀化ステージの推移



図3 予備試験におけるウナギの体色（左は実験開始時、右は初年度冬）

今年度、季節的な水温変化の有無および淡水・海水による銀化・成熟への影響を実験的に調べるため、2021年1月から、日光庁舎において淡水条件（焼津は海水条件）の下、水温一定と水温季節変動の2試験区を設け、飼育試験を開始した（図4）。2/25現在まで水温一定区で7尾、自然水温区で1尾が死亡している。



図4 日光庁舎での飼育と形態計測

天然由来銀ウナギを用いて、流水あり／なし（すなわち、遊泳あり／なし）、日周水温変動あり／なし、の条件で、銀化の維持・促進への影響を調べた。試験の結果、銀化ステージは水温変動（5～20℃）があると進み、水温一定だと退行する傾向が見られた（図5）。生殖腺指数および各種血中ホルモンには、各処理区間で有意な違いは認められなかったが（Kruskal Wallis, $P>0.05$ ）、11-KT、コルチゾルが水温変動の区で高い傾向があった（図6）。



図5 遊泳および日周水温変動の異なる飼育下における銀化、体重の推移

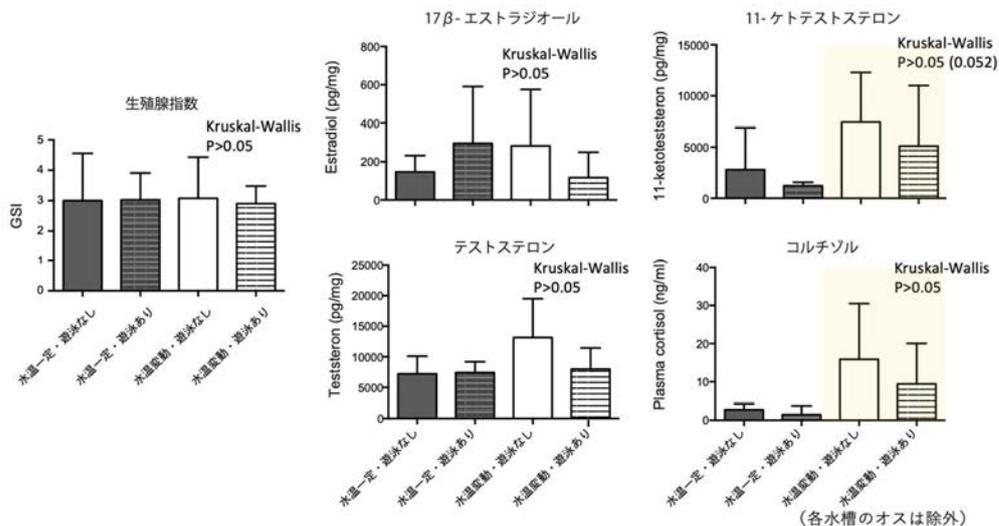


図6 各条件での飼育実験終了後の生殖腺指数・血中ホルモン

(iii) 正常な回遊行動をさせるための飼育・放流手法

赤外線センサーを両端と中央に配置した塩ビ管を作り、管内での魚体による赤外線遮光の有無を自動記録する電子回路を作成した。マイコン (Arduino) を用いて、センサー値を任意の時間間隔で読み取り、それをSDカードに自動記録できるように、プログラムの作成を行った。これにより、パイプから出る時間で回遊モチベーションの判断が可能となった (図7)。

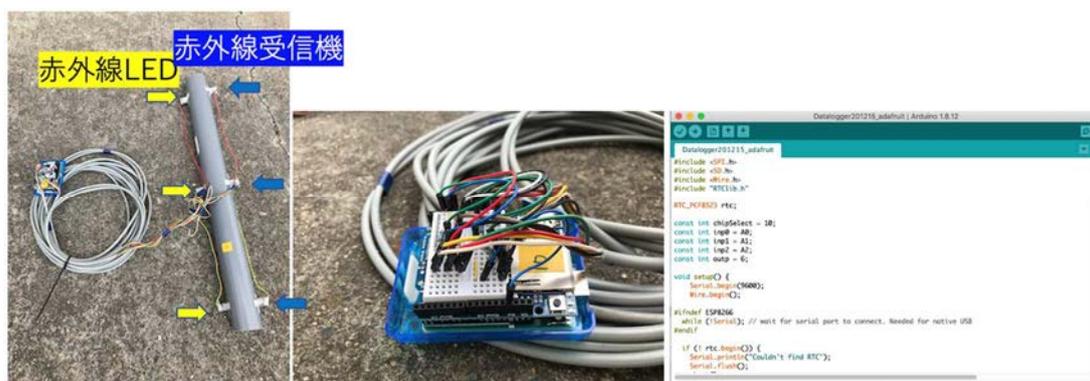


図7 赤外線センサーをつけ、ウナギの出入りを記録できるようにした塩ビ管 (左)、Arduino (中)、プログラム画面 (右)

養殖ウナギ5個体について、装置動作確認と行動把握をするため、試験を行った結果、パイプの出入りが記録できていることを確認した (図8)。活動度の尺度として、体の半分以上がパイプの外に出る時間、体の全部がパイプの外に出る時間の合計分数 (1時間あたり) を用いた。活動度は、夜間に高くなる傾向が見られる一方、個体差や日間の差も大きい傾向が見られた。

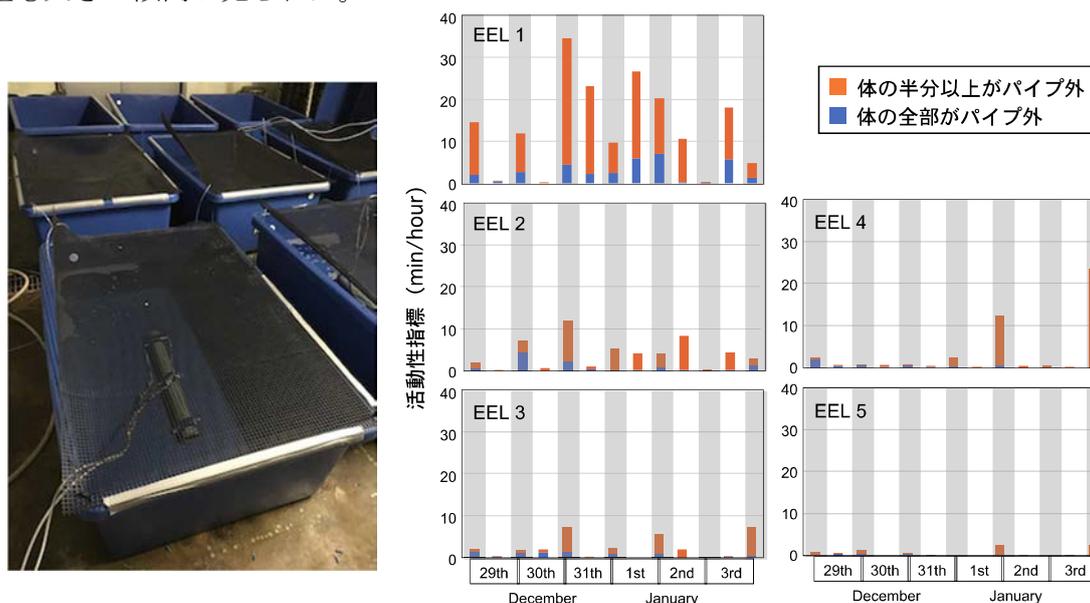


図8 行動試験用の水槽 (左) と養殖ウナギの活動量の変化 (右)

課題と対応策：計画通りに順調に実施されると共に、着実な成果を得た。

次年度計画：日長による銀化／成熟の季節変化を調べる飼育試験を1年程度かけて行う。作出した個体の特性評価を試みる。

令和2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2年6月22日（月）～7月3日（金）

開催形式：電子メール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

【メール会議の進め方】

1. 開会：各課題担当機関より提示された本年度計画（ワードファイルの計画書とパワーポイントファイルの説明資料）を添付資料として提示。
2. 議事：検討委員はじめ会議参画者による質疑等をメールにて投稿。
3. 閉会：開催期日最終日の17時をもって閉会。
4. 集約および確認等：1週間後を目処に回答・意見等を集約し、担当者に提示。さらに1週間後を目処に回答・確認等を集約し、最終案として参加者に提示。

【本年度の課題】

課題ア．産卵場に向かうニホンウナギの由来判別

担当：東京大学大気海洋研究所，水産研究・教育機構

課題イ．産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握

担当：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

課題ウ．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，日本養鰻漁業協同組合連合会

水産研究・教育機構

令和2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2年6月22日(月)～7月3日(金)
電子メールでの情報提供および意見招集による会議

出席者名簿

水産庁	<p>裁培養殖課</p> <p>管理調整課 研究指導課</p>	<p>内水面漁業振興室 室長</p> <p>内水面指導班 課長補佐</p> <p>内水面指導班 係員</p> <p>内水面企画班 係員</p> <p>漁場利用指導班 係長</p> <p>研究管理官</p> <p>研究管理官</p>	<p>櫻井 政和</p> <p>染川 洋</p> <p>豊嶋 彩香</p> <p>友西 貴也</p> <p>小川 一人</p> <p>鈴木 伸明</p> <p>丹羽 健太郎</p>
九州大学大学院 東京大学大学院	<p>農学研究院</p> <p>農学生命科学研究科</p>	<p>准教授</p> <p>准教授</p>	<p>望岡 典隆</p> <p>渡邊 壮一</p>
東京大学	<p>大気海洋研究所</p>	<p>准教授</p>	<p>白井 厚太郎</p>
青森県産業技術センター	<p>内水面研究所</p>	<p>調査研究部 部長</p> <p>研究員</p>	<p>榎 昌文</p> <p>遠藤 越寛</p>
静岡県	<p>水産・海洋技術研究所</p>	<p>研究統括官</p> <p>科長</p> <p>主任研究員</p> <p>浜名湖分場 主任</p>	<p>川合 範明</p> <p>吉川 康夫</p> <p>倉石 祐</p> <p>吉川 昌之</p>
鹿児島県	<p>水産技術開発センター</p>	<p>漁場環境部 部長</p> <p>研究専門員</p> <p>研究専門員</p> <p>研究員</p>	<p>吉満 敏</p> <p>眞鍋 美幸</p> <p>猪狩 忠光</p> <p>市末 拓海</p>
日本養鰻漁業協同組合連合会		<p>参事</p> <p>職員</p>	<p>若林 稔</p> <p>忍田 龍麻</p>
水産研究・教育機構	<p>研究推進部</p>	<p>研究開発コーディネーター</p> <p>研究開発コーディネーター</p> <p>研究開発コーディネーター</p> <p>研究開発コーディネーター</p> <p>研究開発コーディネーター</p>	<p>養松 郁子</p> <p>藤原 篤志</p> <p>米崎 史郎</p> <p>堀 正和</p> <p>山崎 いづみ</p>
中央水産研究所	<p>沿岸・内水面研究センター</p>	<p>センター長</p> <p>副センター長</p> <p>グループ長</p> <p>グループ長</p> <p>主任研究員</p> <p>研究員</p>	<p>中村 智幸</p> <p>黒木 洋明</p> <p>山本 敏博</p> <p>矢田 崇</p> <p>横内 一樹</p> <p>福田 野歩人</p>
西海区水研	<p>亜熱帯研究センター</p>	<p>主任研究員</p>	<p>岩崎 隆志</p>

令和2年度水産庁事業「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
質疑内容抜粋

質問：水研・矢田

浜名湖での標本採捕地点について、それぞれの環境で塩濃度の幅や水深・底質などに特徴があるか。また湖内でどのくらいの移動がありそうか。

回答：静岡・吉川（昌）

回答は別紙「浜名湖におけるウナギの採集地点について」、「浜名湖内におけるウナギの移動について」、データは別紙内図表を参照。

事務局注）別紙回答と添付図表はテキスト化には大きいため、議事録に PDF として添付して、後日大容量システムで配布予定。

質問：東大農学部・渡邊

課題ア) 産卵場に向かうニホンウナギの由来判別

スライド中にある養殖個体と天然加入個体の区分を示したグラフを見ると天然と養殖の区分が難しい部分があるように思われる。養殖個体に近い値を取る天然個体の由来はどのようなものだったのか把握しているか聞きたい。その他の元素分析との併用は考えているか。天然環境はその地理的位置や年ごとにその変動パターンが異なるが、それらを考慮しても問題ない指標となっているか、調査と並行して継続的に検証することが望ましい。耳石の切削範囲はスライドで示されているような広範囲で行う予定か、それとも複数の成長線に沿う形で時系列高解像度データを得る予定なのか分かりにくい。

回答：東大大海研・白井

コメントの通り、放流と天然の境界の値を取る個体については区分が難しい。判別分析の信頼性に閾値を設定し、閾値以下のデータは使わない運用をしている。境界値に入る個体の判別精度を向上させる技術開発も行う予定。Sr/Ca 比との併用や、連続的に切削し生活史を通した変動プロファイルを得ることで判別精度を向上させる試み。判別分析に使う教師データは逐次更新しているので、天然環境の自然変動や地理的差違についてはある程度はカバーできるはず。一方技術開発に判別分析と比較して圧倒的にコストがかかるため、検証に適したサンプルに努力を集中することで効率化を計る。Sr/Ca 比と連続切削分析以外にも、眼球・脊椎骨・血液などを使った生態履歴の解明、Sr・Nd 同位体比を用いた生息地判別手法などを考えている。

課題イ) 産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握

実施機関別の質問事項・コメント

青森県産業技術センター内水面研究所

資料によると1954年以降毎年幼魚放流を実施しているとあるが、規模や放流サイズなどの実績を知りたい。漁協や事業者が独自で実施しているという理解でよいか。湖内では雌ウナギが優先していることは興味深い。性別による行動・生息域の違いがある可能性を検討するために、雌雄比の検証を行う際に複数の漁法による採捕は考えていないか。これまでに検討したことがあるか。

回答：青森・遠藤

小川原湖漁協が義務放流として実施。放流個体の全長、体重の測定および放流尾数の推定は以下のとおり。2015年以前は把握していないが、県内水面漁場管理委員会の増殖計画量基準である程度把握できるかも知れない。

	2016	2017	2018	2019	2020
放流重量(kg)	—	—	63	50	75
推定放流尾数(尾)	—	—	930	1400	4600
平均体長(cm)	28.6	29.3	38.9	30.2	25.2
平均体重(g)	27.6	27.9	67.7	35.5	16.3

延縄と定置網（袋網、胴網）による操業が行われているが、採捕時の性比に影響する可能性について検証が必要と感じる。今年度せん筒による採捕も試みるので、性比に違いが出るか確認したい。

静岡県水産・海洋技術研究所浜名湖分場

生物学的特性を把握とは、基本的には形態的特徴か。浜名湖水系では、放流実態が把握できているという理解でよいか。

回答：静岡・吉川（昌）

特性把握はその通り。採集域の上流に位置する佐鳴湖においては、入野漁協が義務放流を行っており、その記録を入手する予定。

鹿児島県水産技術開発センター

PITタグ標識による放流効果の把握を計画しているが、小型個体でもタグ標識は生残に問題ないという検討はされているか。アンテナ感度に起因する捕捉漏れは検討しているか。実験水槽などを用いた検討が必要と考えられる。

回答：鹿児島・眞鍋

陸上水槽の飼育試験で確認する予定。別事業で小河川での小型ウナギ標識放流を実施するので、併せて海洋に流出する個体の補足を試みる。結果を見て設置場所や設置方法など問題等を整理し、次年度以降検討したい。

課題イ全体を通した質問事項・コメント

組織の採取について統一することが望ましい。RNA は易分解性なので組織のまま RNAlater で保存するだけでなく、前処理も検討した方がよい。生殖腺、脳、血漿といった組織を採取する目的を明確にしてほしい。

回答：水研・矢田

今年度は採取方法統一のため、原則水研に活魚輸送する。死魚・衰弱魚は耳石採取を優先し、現地で解剖・採取する。次年度以降のため、採血・解剖・組織前処理などの研修会を計画する。生殖腺は組織切片の観察とステロイド転換酵素遺伝子の解析、脳は生殖制御関連遺伝子の解析、血漿はステロイドホルモンと栄養関連の指標の解析を計画。

課題ウ) 産卵回遊が期待できるニホンウナギの作出

実施機関別の質問事項・コメント

静岡県水産・海洋技術研究所

成熟に対する飼育期間の検討とは銀ウナギの飼育という理解でよいか。入手方法は、将来水研機構で作出される個体を用いる予定はあるか。飼育開始前に性別を把握可能か。飼育密度など検討すべきだが基本的に個別飼育か。その場合水槽のやりくりは大丈夫か。日長および照度の予定は。具体的にどのような性ステロイドを測定する予定か。

回答：静岡・倉石

秋に浜名湖で捕獲される銀ウナギの予定。将来は水研の種苗も使用希望。性別はカニューレションで判定。初年度は 10 匹/トン程度の集団飼育。配置に若干制約があるが、飼育方法が確立した上で、次年度以降に飼育密度についても検討したい。なおピットタグで個体識別を検討。暗い中での飼育。11-ケトテストステロン・エストラジオールなど可能な範囲で複数測定。

日鰻連

ウナギの由来は養殖か天然か。養殖の場合、雄に着目した計画と理解してよいか。どの程度の飼育期間を考えているか。どのような地域での試験実施、特に露地池を考えているか。地域選定は重要なファクターなので、各種条件を検討してほしい。

回答：日鰻連・若林

養殖だが、比較的雌の出現率の高い池を用いるので、必ずしも雄とは限らない。本年度中に開始し、2年から2年半程度飼育。静岡、愛知、高知、熊本、宮崎、鹿児島県の会員組合から、加温・無加温の小型池を予定。候補池があがれば試験研究機関担当者の現地視察の上で選定予定。

水産研究・教育機構

生殖腺観察に依らない雌雄の確認手法は検討可能か。スジコ乳化油中のエストロゲン含有量はどの程度か。テストステロンも併せて検討が望ましい。現在人工種苗作出にも E2 (エ

ストラジオール) 雌化ウナギを利用して大きな問題が生じていないという認識か。下垂体を採取する予定はないのか。fsh (濾胞刺激ホルモン) や lh (黄体形成ホルモン) も見た方がより正確に感じる。大型個体になると適切な採取方法を共有することが望ましい。実験水槽内での天然個体の行動を対照区として設定するとよい。

回答：水研・矢田

血中性ホルモンに雌雄差の報告があるので、本課題でも検討。スジコ油ではこれまでの測定でエストラジオール 2,920 pg/mg、テストステロン 2,330 pg/mg の値が出ている。人工種苗生産の現場では基本的にエストラジオールを使って雌親魚を確保しており、問題ないと認識。下垂体での fsh・lh の解析も検討する。天然個体をサンプリングする以上の数確保することは困難が予想されるが、可能な限り試みる。

課題ウ全体を通した質問事項・コメント

飼育実験ではかなり多くの環境条件が関わってくるが、各実施機関で行う試験では可能な限りこれらの条件のモニタリングを充実させることが望ましい。どのような条件をモニタリングする予定か。

回答：水研・福田

水温・日長に関しては記録ロガーを用いて、塩分については定期的にモニタリングする計画。

全体を通しての質問事項・コメント

課題イに対する質問事項にも記載したが、各種組織を採取する計画についてその目的を明確にしてもらいたい。ニホンウナギにはいわゆる魚の常識が通用しない部分が多いため、パラメータはできるだけ多く設定したいところではあるが、ある程度方向性を決めておかないと最適な採取法や前処理を落としてしまい、ただ取っただけということにつながることも懸念される。天然ニホンウナギ資源をよりの確な放流や簡便な種苗生産技術により下支えすることを目指す本事業の趣旨の重要性は大きいので各実施機関間での情報共有および連携を密にして成果を最大化するようお願いしたい。

回答：水研・矢田

初年度はパラメータをできるだけ多く、採取法と前処理も十全に諮りたい。また参画機関の情報共有と連携の最大化のため、移動規制も考慮しながら連絡体制の構築に努めたい。

質問：水産庁・鈴木

放流個体の追跡に PIT タグは可能か。肝臓もサンプリングした方がよいか。雌ウナギ作出の技術開発について、水産研究・教育機構の別課題を参考にできるか。

回答：青森・遠藤

小川原湖では過去の放流個体のマイクロサテライトマーカーの記録が有り。サンプルを

採取して今後の解析を検討。

回答：水研・矢田

肝臓も採取し、卵黄タンパクと栄養関連遺伝子の解析を検討。水産研究・教育機構内での連携も進めて行く。

以上

講 評

本事業は、昨年度までの鰻供給安定化事業のうち「効果的な放流手法検討事業」で得られた結果も踏まえつつ、産卵に寄与する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検討を行うものであり、今回はその第1回目の検討会であり、今後、事業を進めていくにあたり、各課題の方向性についてご議論いただく非常に重要なものでありました。

一方、コロナウィルスの影響もあり、関係者が一堂に会しての検討会の開催は困難となり、メール会議という手法での検討会という運びになりました。

そのような中でも皆様方から、各課題に対して活発な意見が出され、有意義な検討会となったのではないかと思います。

検討会で出された意見を踏まえ、各課題に取り組んでいただき、本事業の成果が再生産に寄与するニホンウナギの開発の一助になることを期待しまして水産庁の講評といたします。

令和2年7月 水産庁増殖推進部栽培養殖課

講 評

令和2年度資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業の課題計画書を見ました。昨年度までの効果的な放流手法検討事業で得られた成果に基づき、いよいよ再生産に寄与する雌雄の親魚候補育成が目標とされた事業であり、4年後の成果報告が今から楽しみです。計画案は概ね適切と判断します。それぞれの課題は互いに関連していますので、これまで以上に担当者間の連絡を密にして、意見交換を行いながら進めて下さい。課題ウには挑戦的な課題が多々含まれておりますが、現場ですぐに役に立つ手法開発に繋がることを期待されます。柔軟かつ果敢にチャレンジしていただきたいと思います。青森県、静岡県、鹿児島県での野外調査は猛暑の中で実施されると思います。くれぐれもお気をつけて、無理せず、安全第一で実施して下さい。

望岡典隆（九州大学大学院農学研究院）

講 評

今回の事業計画検討会での質疑を経てニホンウナギの育成・放流技術開発および放流モニタリングによって喫緊の課題であるウナギ資源の適切な管理と完全養殖用種苗の安定供給に着実に近づけるとの印象を強くした。質疑では多くの質問事項を列挙したがそれらすべてについて適切に考慮されていることを理解した。検討会での議論を重要度・緊急性に応じた優先順位を判断した上で計画の円滑な推進に活用いただきたい。

渡邊壮一（東京大学大学院農学生命科学研究科）

令和2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3年3月11日（木） 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
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2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3年3月11日(木)
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
	管理調整課		課長補佐	染川 洋
			養殖指導係員	豊嶋 彩香
研究指導課	内水面利用調整班	課長補佐	若命 洋一	
	漁場利用指導班	総合調整係長	小川 一人	
		研究管理官	鈴木 伸明	
		研究管理官	丹羽 健太郎	
検討委員	九州大学大学院	農学研究院	准教授	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
	青森県産業技術センター	内水面研究所	調査研究部 部長	榊 昌文
			研究員	静 一徳
			研究員	遠藤 赴寛
	静岡県	水産・海洋技術研究所	主任研究員	倉石 祐
			浜名湖分場 主任	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		代表理事会長	外山 昭廣	
			若林 稔	
水産研究・教育機構	水産資源研究所	研究推進部	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
	水産技術研究所		主任研究員	横内 一樹
		シラスウナギ生産部	研究員	福田 野歩人
		生産技術部	グループ長	須藤 竜介
		沿岸生態システム部	主任研究員	岩崎 隆志
			副部長	中村 智幸
		グループ長	矢田 崇	
		支援職員	阿部 倫久	
オブザーバー	宮城教育大学	教育学部	准教授	棟方 有宗

【質疑】

ア) 産卵場に向かうニホンウナギの由来判別

白井：発表

矢田：浜名湖データについて、放流をしているところでは放流個体がみられ、放流していないところでは天然個体が多い。ということは、放流個体は移動していないのか？

横内：詳しいデータは無いが、そう言うことではないかと思う。

遠藤：銀ウナギの性別はメスが多い印象があるが、考えられる理由は？

横内：サンプル数の問題だと思う。大きめのサンプルを分析するとメスが多くなるので、サンプル数が増えて来るともう少し雌雄比の実態が見えてくる可能性がある。

遠藤：教師データを引き続き収集出来る様、考えたい

矢田：今年度は111尾サンプリングして分析し、そのうちオスは10尾のみ。大きい個体を送って頂いていることで、メスに性比が偏っていると考えられる。

吉川：浜名湖では500グラム以上の個体を業者に注文し、サンプリングしている。

矢田：今後のサンプルの集め方は、総合討論で検討したい。

横内：放流個体はメスが多くなる可能性が考えられるため、青森県では雌が多くなる。

渡邊：今回の放流個体の年齢は？

横内：放流・天然の判別に絞って検討している。今後そう言った分析も行って行きたい。

矢田：随時、査定結果は送って頂いた機関へ返却したいと考えている。

イ) 産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握

遠藤：発表：高瀬川6個体11月に銀ウナギを採捕。全てメスで銀ウナギ。2020年の放流ウナギ尾数は4600尾75キロ、尾数で対前年比3.3倍。

マニュアルPCR条件要確認。ご記載の方法では増えない。訂正をお願いしたい。

矢田：水研を代表してお詫びしたい。

→資料の訂正は、水産資源研究所の山本敏博が対応します。

横内：11月以降銀ウナギ採捕成功。クロコが小河原湖周辺でよく目撃されるということであるが、放流サイズより小型であれば天然個体である可能性が高いと考えて良い。そうした個体の情報を集めて情報共有頂きたい。

遠藤：マンパワーの問題もあり、なかなか調査を進められないが情報を集めたい。

望岡：オスの銀ウナギが採捕されない。袋網の目合いはどれくらいの大きさか？

遠藤：詳しくは把握していないがかなり小さいと思われる。

望岡：オスはかなり小さいので、目合いを小さくすればオスの銀ウナギがとれる可能性がある。

矢田：クロコも多数見つかるという事だが、シラスの来遊が多くなったとの印象があるか？ また、そう言った情報はるか？

遠藤：今年度シラスの調査をしていないので、定量的な情報を持ち合わせていない。

矢田：事業終わってしまうと調査も途切れてしまう。勿体ない。

吉川：発表：鷺津（本湖産）、雄踏（佐鳴湖産）、浜名湖のウナギ漁獲量は、2006年頃ピークで約20トン、その後減少傾向。浜名湖の定置網では8月まで黄ウナギで冬に向かって銀ウナギの割合が増加、一方、筒漁業はシーズンを通して黄ウナギの漁獲が続く。ウナギ筒漁の就業者数はほぼ横ばい、小型定置網は減少傾向。これらのデータを用いて、資源動向を判断。黄ウナギは減少傾向。一方、銀ウナギは横ばい。シラスの採捕量と5年後白州支所の筒CPUEと正相関。

横内：銀ウナギの漁獲量を把握。正しい指標で価値高い。黄ウナギとシラスの相関が高いのは、生物学的情報をみても合っている。佐鳴湖の放流ウナギが、銀ウナギの増加に効いていそうなことも、良い結果。今年度の定置網採集における、黄ウナギと銀ウナギの最近年CPUEの上昇はどんな要因？

吉川：良く解らない。今後注視したい。

矢田：定置網の漁獲量が減っているのは、就業者数の減少によるものか？それともCPUEの減少か？

吉川：定置網の就業者数、経営体数は減っている。定置の操業日数も減っているが、就業者数の減少の方が大きそうか。

福田：ウナギ筒のCPUEが減少傾向なのに漁獲量が増えているのは努力量が増えている？

吉川：そう考えられる。就業者数も増えている。

眞鍋：発表：花渡川では、養殖ウナギを放流してから3～7年経過。貝底川で河口調査。花渡川は漁業権の無い2級河川。3700尾これまで放流。筒、石倉で採集調査を実施。今年度から小型定置網を設置して11-1月に採集。4年間で18回も採捕される個体がいる。石倉で毎月採捕されている。養殖ウナギの瞬間成長率は天然ウナギより遅い。今年度11尾の銀ウナギが採捕され、1尾が養殖放流由来。小型サイズ487ミリで雄。標識による死亡率への影響は認められない。貝底川平成29年に30グラム370尾、令和2年に10グラム925尾放流。放流ウナギは河口へ流出してしまうか検証。平成29年放流群が26尾、令和2年群が11尾の37尾を検出（令和2年9月20日～令和3年1月31日）。水温依存的に記録される。河川の最低水温である10度で検出頻度は最低。時刻別でみると、19時～深夜1時までが最も検出される。

望岡：放流を長い間続けた成果。養殖ウナギが銀化している。採集努力して花

渡川で放流魚が一度も獲れないのは何故？

眞鍋：貝底川の結果をみると、河口付近に溜まっている可能性が高い。

望岡：花渡川でも石倉を設置している場所より、さらに下流側で調査すれば、放流由来の個体が獲れるかも知れない。

矢田：非常に良い成果。PIT アンテナを増やして解析は大丈夫か？

眞鍋：取得データの数を調整出来るので、データ取得数を減らして対応したい。

ウ) 産卵回遊が期待出来るニホンウナギの作出

倉石：発表：養殖ウナギを飼育、駿河湾表層水、駿河湾深層水で。季節変動も調べる。行動実験も実施。

矢田：この課題に使った魚は、日鰻連より供試頂いた。

渡邊：海水で長期間飼育との理解で良いか？ これまでに海水で長期的に飼育した知見があるか？

倉石：経験的には表層水で飼育すると、銀が黄に戻る。深層水では銀が維持される。

渡邊：今回は無給餌か？ 給餌はしたい。

倉石：そうですね。1年くらいは無給餌で大丈夫。

渡邊：サイズが300グラムで雌雄が微妙。愛知県が過去に行っていたような、メス化の問題もある。出来れば大きな個体が良い。胃は何故？

矢田：食欲調節のグレリン等のホルモンを測定。

福田：給餌の問題は、私が発表をしてから議論したい。

福田：発表：飼育試験(性可塑性が維持する体サイズ把握)、性の可塑性は全長30センチを越えても残ることを確認。

矢田：渡邊先生のご質問に対しては？

福田：餌をあげても、簡単には食べてくれない。給餌させるまでに、もう少し技術的課題がありそう。

渡邊：嗜好性の問題か、一度給餌を止めたら、再度食べてくれないのか解らないが、深層水での飼育は魅力的。水の状態が良い時に水温コントロールが出来るので、給餌出来る様になるかと思った。そう言う意味で質問させて頂いた。しかし、難しいのは良く解った。エストロゲンの実験をたくさんしているが、どこで実施したか？

福田：八重山庁舎で行った。

矢田：野池での飼育では、給餌は期待できるか？

福田：期待はしているが、直ぐに給餌してくれるか解らない。

吉川：エストロゲンをやるとメスになり、やらないとオスになる。ホルモン投与の仕方で雌雄のコントロールは可能か？

福田：そう考えている。

吉川：個体差がありそう。

福田：そうですね。

矢田：補足説明：111 個体の生殖腺を切ってオスは 10 個体。ほとんどがメス。成熟が進むと胃も収縮する傾向。GSI と血中性ホルモンは正の相関。血糖との関係は不明、肝臓大きいのが関係か。胃が小さくなるのは経験通り。

【総合討論】

吉川：今回発表のあったサンプルがメスばかりだった。浜名湖ではオスの銀化個体も獲れる。300 グラムくらい。今後必要か？

福田：今回我々が飼育している個体には、オスとメス両方が含まれていると考えられる。雌雄両方の情報があると良い。

倉石：福田さんと同じで、両方の情報があると良い。

矢田：浜名湖分場で可能か？

吉川：今は 500 グラム以上を買い付けるとしているが、その条件を外してしまえば雄雌万遍なく銀ウナギを採集出来るのではと思う。黄ウナギもそうするかどうか？

矢田：銀ウナギになる前から変化が起こっていると考えられるが、まだ整理出来ていない。

福田：同じく整理できていない。

矢田：来年度の計画検討会までに少し勉強したい。

横内：課題アで考えれば、目的設定がぶれそうなので、黄ウナギは対象外が良い。

吉川：銀ウナギのサンプル数を減らすと言う意味ではなく、銀ウナギも採集されるので、買い付けた方が良いのでは？という趣旨。

矢田：課題ウ) の方で考えるべきことか。もう少し検討する。

渡邊：鹿児島での 1 個体で、オスなのにエストロゲンが高いのはなぜか。

矢田：ステロイドを転換する酵素の遺伝子発現を見る予定なので、高い値が一過性のものかは推測できる。一方未知の役割があるかも知れないので、即答はできない。

以上

講 評

様々報告頂き、興味深く拝聴した。今年はコロナ禍の中でも、着実に成果を得ていると感じた。ウナギ課題はどれもハードルが高いものと思うが、いずれも将来のウナギの資源増大につながる基礎的な研究となる。再生産の解明にも、必ずつながるものだと考えている。来年度は今年度の結果を踏まえて、引き続き調査に取り組んで頂ければと思う。

水産庁増殖推進部栽培養殖課

講 評

本日、成果を聞かせていただいたが、いずれも多くの新しい知見が含まれており、順調に進んでいると判断した。今年はコロナでフィールドワークや連携などに制限があり、ご苦勞があったと思うが、大きな成果をあげられており、皆さんのご努力に敬意を表したいと思う。

個別に申し上げますと、耳石による由来判別の課題は、着実な成果があがっている。青森のサンプルでは教師データがもう少し必要であるということであるが、本事業の要となる画期的な手法であるので、精度を上げてさらに判別の成果をあげていただきたい。青森の課題では、クロコがたくさん確認されているとのこと。このような天然個体の加入の証拠は、貴重な成果である。浜名湖、鹿児島 of 課題では様々なデータが出てきているが、放流個体が銀化したのは良い成果で、こうした個体の履歴等が解れば良い。作出の課題では、多くの実験成果が上がっており、次年度の成果報告会も楽しみにしている。

望岡典隆（九州大学大学院農学研究院）

講 評

これだけ全国のサンプルを緻密に集めて、実用にフィードバックできる機会はそうは無いと思うので、結果を楽しみにしている。コロナ禍で連携が難しかったと思うが、フィールドでの調査を緻密に実施すると共に、サンプルのやり取りや解析の分担などの心配は、杞憂に終わって安心した。鹿児島県のアンテナを2台置くなどの試みでどのような結果が出るのか、どんな課題が残ったのかという点について分かりやすく説明されていて、良いアイデアと感じた。各種遺伝子の発現については、来年度以降の楽しみにしたい。飼育についてはどのように進めたら良いのか、ある程度当たりが付いている部分はあると思うが、方向性を絞り込むことが難しい状況にあるという気がする。継続的な取り組みが大事と思う。課題全体を通して進捗状況は良好である印象を受けたので、来年度以降もよろしくお願いしたい。

渡邊壮一（東京大学大学院農学生命科学研究科）