

令和7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	ア	事業実施期間	令和7年度
課 題 名	産卵場に向かうニホンウナギの由来判別		
担 当 者	白井厚太郎、板倉 光、脇谷量子郎（東京大学大気海洋研究所）		

令和7年度の成果の要約：産卵場に向かうニホンウナギが天然加入又は放流由来かを判別するため、今年度は、本事業によりこれまでに採集された124個体について、耳石酸素・炭素安定同位体分析を実施し、分析結果を課題イに提供した。また、由来既知の43個体の耳石酸素・炭素安定同位体比データを蓄積した。経験環境履歴を推定する手法の高度化のため、耳石酸素・炭素安定同位体分析による判別モデルにより由来が特定された個体を用いて、由来ごとに耳石 Sr:Ca 比および $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を検討した。その結果、両指標の急激な変化により淡水養殖場から汽水域への放流履歴や放流時の全長を推定できる可能性に加え、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比の変化パターンから地質年代の異なる複数地域で養殖された個体が放流されていることが示唆された。本年度は、本事業の他課題で実施されているような現場での大量かつ迅速な標識放流を想定し、アリザリンコンプレクソン（ALC）を用いた短時間耳石標識の最適条件の検討も合わせて実施した。実装可能な最短条件として、水温約25℃において ALC 濃度 100 ppm 以上の溶液に5分の浸漬することで有意に高い蛍光強度で、標識率 100%が達成された。

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、平成26年6月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧IB類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、ウナギの資源管理を推進していく必要がある。

耳石安定同位体比を利用した放流ウナギと天然ウナギの判別法が中央大学、東京大学、水産研究・教育機構などにより開発された（Kaifu et al. 2018; Itakura et al. 2018）。耳石には酸素と炭素などが含まれており、酸素や炭素にはわずかに重さの異なる安定同位体が存在する。この手法により、放流個体と天然個体の経験環境の差異によって、これら安定同位体比の異なることを利用し、放流／天然の判別が可能となった。

課題実施計画

（1）全体計画

目的：天然水域におけるニホンウナギの天然加入又は放流の由来判別のための分析を実施

する。また、産卵場に向かう個体の経験環境履歴を推定する手法を検討する。

方法：課題エ「ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討」①「ニホンウナギの資源増殖手法の高度化」②「ニホンウナギの資源増殖の費用対効果」等において採集されたニホンウナギについて、天然加入個体又は放流個体であるかの判別のための分析を行う。また、判別手法の高度化、及び産卵場に向かう個体の経験環境履歴を推定する手法の検討を行う。

期待される成果：産卵回遊に向かうニホンウナギについて、微量元素・安定同位体比に基づく個体ごとの履歴情報が明らかとなる。

（２）当該年度の計画

目的：天然水域におけるニホンウナギの天然加入又は放流の由来判別のための分析を実施する。また、産卵場に向かう個体の経験環境履歴を推定する手法を検討する。

方法：課題エ「ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討」①「ニホンウナギの資源増殖手法の高度化」②「ニホンウナギの資源増殖の費用対効果」等において採集されたニホンウナギ標本を用いた天然加入／放流の判別のため、安定同位体比分析試料の作成及び分析を進める。耳石などの分析等を行い、判別個体の経験環境履歴を推定する手法を検討する。

放流判別のための分析は、以下の方法によって行った：ニホンウナギの耳石を研磨し薄片切片を作成する。切片のうち、沿岸来遊以前に形成された耳石の中心部位を除去する。放流個体については、耳石の沿岸来遊後の形成部位として、内側から順に、養殖場で形成された部位、放流後に自然環境下で形成された部位が存在することになる。このため、沿岸来遊後に相当する耳石部位をマイクロドリルで削り出し、酸素・炭素安定同位体比分析を行う。分析結果は課題イの判別モデルによる天然加入／放流の判別に提供する。

通し回遊魚の回遊履歴推定に代表的な指標として、耳石 Sr/Ca（河川-海洋往来履歴の指標）と Sr 安定同位体比（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ）がある。そこで酸素炭素同位体比による天然／放流判別済みの個体について、耳石 Sr:Ca 比分析および耳石 Sr 同位体比（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ）分析を行った。分析には、一昨年度に島根県宍道湖で採集した個体のうち、耳石酸素・炭素安定同位体分析による判別モデルにより由来が特定された天然個体 7 個体と放流個体 13 個体の計 20 個体を用いた。

本事業の他課題で実施されているような現場での大量かつ迅速な標識放流を想定し、アリザリンコンプレクソン（ALC）を用いた短時間耳石標識の最適条件の検討も合わせて実施した。養鰻由来の黄ウナギを用い、約 25℃で ALC 10/30/100/200 ppm×1 分/5 分/2 時間/24 時間（16 群）、約 10-12℃で 200 ppm×同時間（4 群）を設定し、対照として 0 ppm（24 時間）群を設けた。処理個体はタグで個体識別し、標識後 34-35 日飼育ののち、扁平石を摘出・研磨して落射蛍光顕微鏡で撮影し、ImageJ で蛍光強度を定量化した。統計解析は対照群との

比較に Dunnett 検定、群間比較に Welch の t 検定を用いた。

結果：今年度の分析では、ニホンウナギが天然加入個体又は放流個体であるかの判別を目的としてこれまでに作成が完了したニホンウナギ標本（ $n=124$ ）の耳石試料について、新たに酸素・炭素安定同位体分析を実施した。静岡県で採集されたニホンウナギ（ $n=62$ ）における耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -6.56 ± 1.03 、範囲 $-10.15 \sim -3.60$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 $\pm$ 標準偏差 -11.80 ± 1.51 、範囲 $-13.92 \sim -6.68$ であった。青森県で採集されたニホンウナギ（ $n=9$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -7.93 ± 0.85 、範囲 $-8.86 \sim -6.35$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -9.37 ± 1.03 、範囲 $-11.16 \sim -8.12$ であった。愛媛県で採集されたニホンウナギ（ $n=31$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -8.34 ± 0.36 、範囲 $-9.14 \sim -7.32$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -10.73 ± 0.56 、範囲 $-11.38 \sim -8.91$ であった。島根県で採集されたニホンウナギ（ $n=22$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -7.80 ± 0.79 、範囲 $-8.63 \sim -5.99$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -10.00 ± 1.16 、範囲 $-12.04 \sim -7.52$ であった。これら安定同位体比については、放流判別のため、課題Ⅱに分析データを提供した（表 1）。

表1. R7年度ニホンウナギの耳石酸素炭素安定同位体比分析結果

県	採集地	採集年	個体数	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)				$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			
				平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大
青森県	高瀬川	2023	5	-7.82	0.64	-8.50	-6.94	-9.50	1.27	-11.16	-8.12
	小川原湖	2023	3	-8.64	0.19	-8.86	-8.52	-9.21	0.99	-10.25	-8.29
	千疊敷沖	2023	1	-6.35				-9.24			
	県計		9	-7.93	0.85	-8.86	-6.35	-9.37	1.03	-11.16	-8.12
静岡県	郁田川	2023	31	-6.80	1.07	-10.15	-4.54	-11.95	1.25	-13.92	-8.37
	浜名湖	2023	31	-6.32	0.94	-7.36	-3.60	-11.66	1.73	-13.72	-6.68
	県計		62	-6.56	1.03	-10.15	-3.60	-11.80	1.51	-13.92	-6.68
島根県	宍道湖	2023	22	-7.8	0.79	-8.63	-5.99	-10	1.16	-12.04	-7.52
	県計		22	-7.80	0.79	-8.63	-5.99	-10.00	1.16	-12.04	-7.52
愛媛県	重信川	2024-2025	31	-8.34	0.36	-9.14	-7.32	-10.73	0.56	-11.38	-8.91
	県計		31	-8.34	0.36	-9.14	-7.32	-10.73	0.56	-11.38	-8.91

由来既知データの蓄積を目的とし、これまでに作成が完了した由来既知の標本（ $n=43$ ）の耳石試料について、新たに酸素・炭素安定同位体分析を実施した（表 2）。青森県で採集された放流のない水域（ $n=2$ ）や、全長が放流サイズ（平均：約 300 mm）より以下であると想定される小型個体（全長：192~246 mm、 $n=9$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -8.18 ± 1.01 、範囲 $-9.44 \sim -6.27$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -9.83 ± 0.82 、範囲 $-11.19 \sim -8.76$ であった。2023 年に小川原湖で放流される放流用種苗から標本抽出した個体（ $n=15$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -8.09 ± 0.16 、範囲 $-8.44 \sim -7.88$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -10.41 ± 0.23 、範囲 $-10.80 \sim -9.97$ であった。青森県で採集された標識・履歴記載により放流由来が既知のニホンウナギ（ $n=3$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -8.07 ± 0.20 、範囲 $-8.24 \sim -7.85$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平均 -11.39 ± 0.39 、範囲 $-11.70 \sim -10.95$ であった。愛媛県の養殖場の個体（ $n=14$ ）の耳石酸素安定同位体比（‰）は平均 -8.47 ± 0.21 、範囲 $-8.93 \sim -8.11$ であり、炭素安定同位体比（‰）は平

均 -11.29 ± 0.24 、範囲 $-11.75 \sim -10.81$ であった。

表2. R7年度ニホンウナギ由来既知個体の耳石酸素・炭素安定同位体比分析結果

県	由来	採集地	採集年	個体数	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)				$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			
					平均	標準偏差	最小	最大	平均	標準偏差	最小	最大
青森県	天然加入	小川原湖	2023	9	-8.59	0.47	-9.44	-7.78	-9.74	0.88	-11.19	-8.76
		泊海岸	2023	1	-6.39		-6.39	-6.39	-10.60		-10.60	-10.60
		老部川	2023	1	-6.27		-6.27	-6.27	-9.90		-9.90	-9.90
		計		11	-8.18	1.01	-9.44	-6.27	-9.83	0.82	-11.19	-8.76
	放流	大沼	2023	3	-8.07	0.20	-8.24	-7.85	-11.39	0.39	-11.70	-10.95
		放流用種苗	2023	15	-8.09	0.16	-8.44	-7.88	-10.41	0.23	-10.80	-9.97
		計		18	-8.09	0.16	-8.44	-7.85	-10.57	0.45	-11.70	-9.97
愛媛県	放流	養鰻場	2025	14	-8.47	0.21	-8.93	-8.11	-11.29	0.24	-11.75	-10.81
		計		14	-8.47	0.21	-8.93	-8.11	-11.29	0.24	-11.75	-10.81

一昨年度に島根県宍道湖で採集した個体のうち、耳石酸素・炭素安定同位体分析による判別モデルにより由来が特定された天然個体 7 個体と放流個体 13 個体の計 20 個体について耳石 Sr:Ca 比を分析した結果、すべての放流個体において、Sr:Ca 比が淡水の値から汽水の値へと大きく変化する点が観測された（図 1）。この変化は、養殖場の淡水環境から天然の汽水環境へ放流されたことを反映していると考えられる。すなわち、本水域のような汽水・海水域では、耳石 Sr:Ca 比分析により、ウナギが放流された時期やその時点での全長を推定できる可能性が示された。

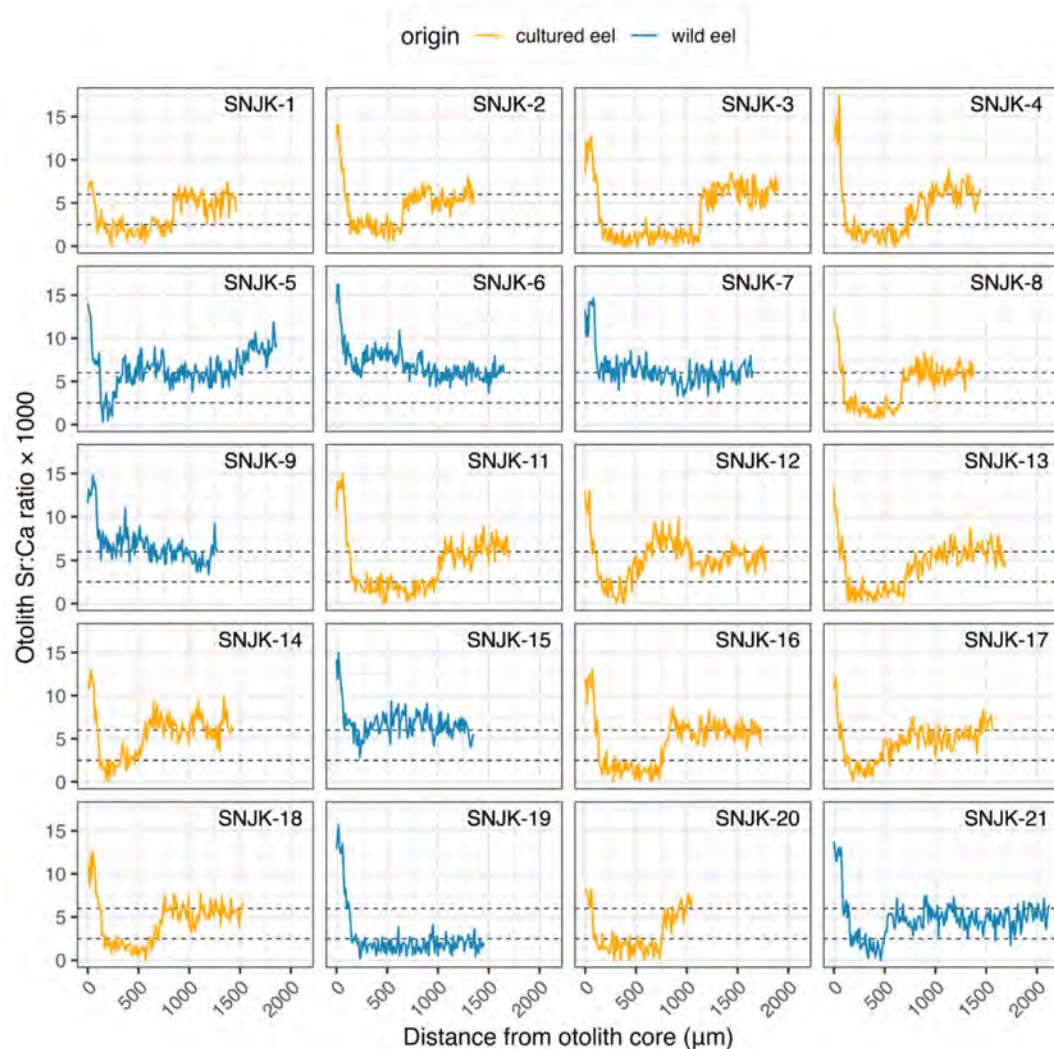


図 1.天然加入個体と放流由来個体の耳石 Sr:Ca 比

破線は、耳石 Sr:Ca 比の値を淡水と汽水および汽水と海水に区別するための基準値を示す。

耳石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 分析の結果、天然個体では生活史を通じて $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値に大きな変化は認められず、全世界でほぼ一定とされる海洋の値 (0.70918) よりやや低い値で推移した (図 2)。この海洋値より低い値は、宍道湖の特有の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値に相当すると推察される。一方、放流個体では $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値が大きく変化する点が観測され、変化後の値は宍道湖固有と考えられる値と類似していた (図 2)。このことから、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値の急激な変化は、宍道湖とは地質年代の異なる地域の養殖場で育った個体が宍道湖へ放流されたことを示していると考えられる。さらに、変化前の値に着目すると、宍道湖固有の値より高い値を示す個体と低い値を示す個体が確認された。これは、地質年代の異なる複数の地域で養殖された個体が宍道湖に放流されている可能性を示唆している。

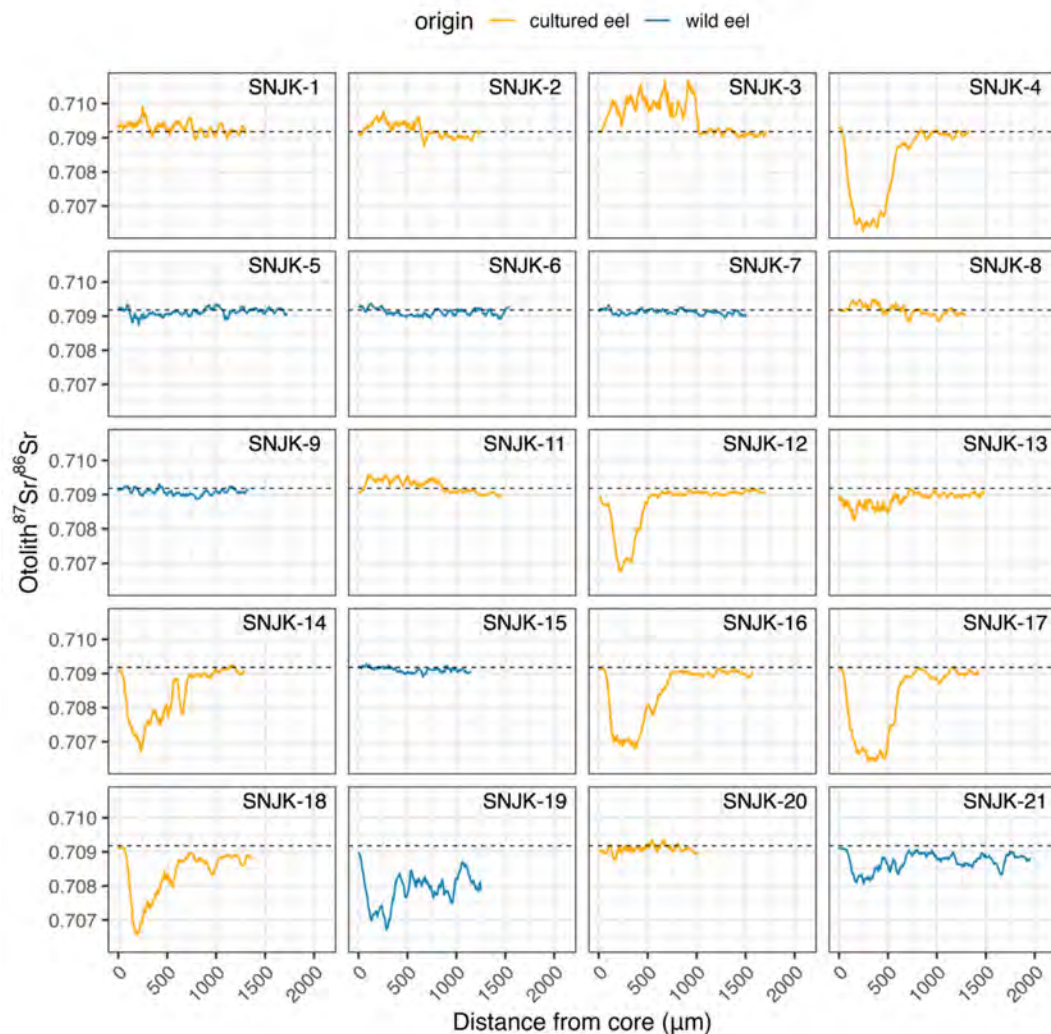


図 2.天然加入個体と放流由来個体の耳石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

破線は、全世界でほぼ一定とされる海洋の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値 (0.70918) を示す。

さらに、耳石 Sr:Ca 比と $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ の値が大きく変化する時点は概ね一致していた。以上より、耳石 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 分析は、今回のような淡水（養殖場）から汽水への放流に加え、地質年代が異なる地域間で淡水から淡水へと放流される水域においても、放流個体が放流された時期や全長を個体レベルで推定できる可能性が示された。

現場での大量かつ迅速な標識放流を想定し、アリザリンコンプレクソン (ALC) を用いた短時間耳石標識の最適条件の検討したところ、耳石試料の ALC 蛍光強度は ALC 濃度・浸漬時間に依存して増大し、100/200 ppm×5 分以上で標識率 100%かつ対照に対して有意に高い蛍光強度が得られた。一方、10/30 ppm×1-5 分では標識率が低く有意差は認められなかった (図 3)。200 ppm では低水温群 (約 10-12°C) と高水温群 (約 25°C) の同一浸漬時間間で

有意差はみられず、高濃度条件が温度差の影響を打ち消す可能性が示唆された（図 4）。群別の蛍光強度は概ね $17.9 \pm 6.9 \sim 200.5 \pm 48.3$ の範囲で、対照群が最も低く、低水温 200 ppm×24 時間が最高値を示し、1 分浸漬はいずれの濃度でも有意差が認められなかった（図 4）。

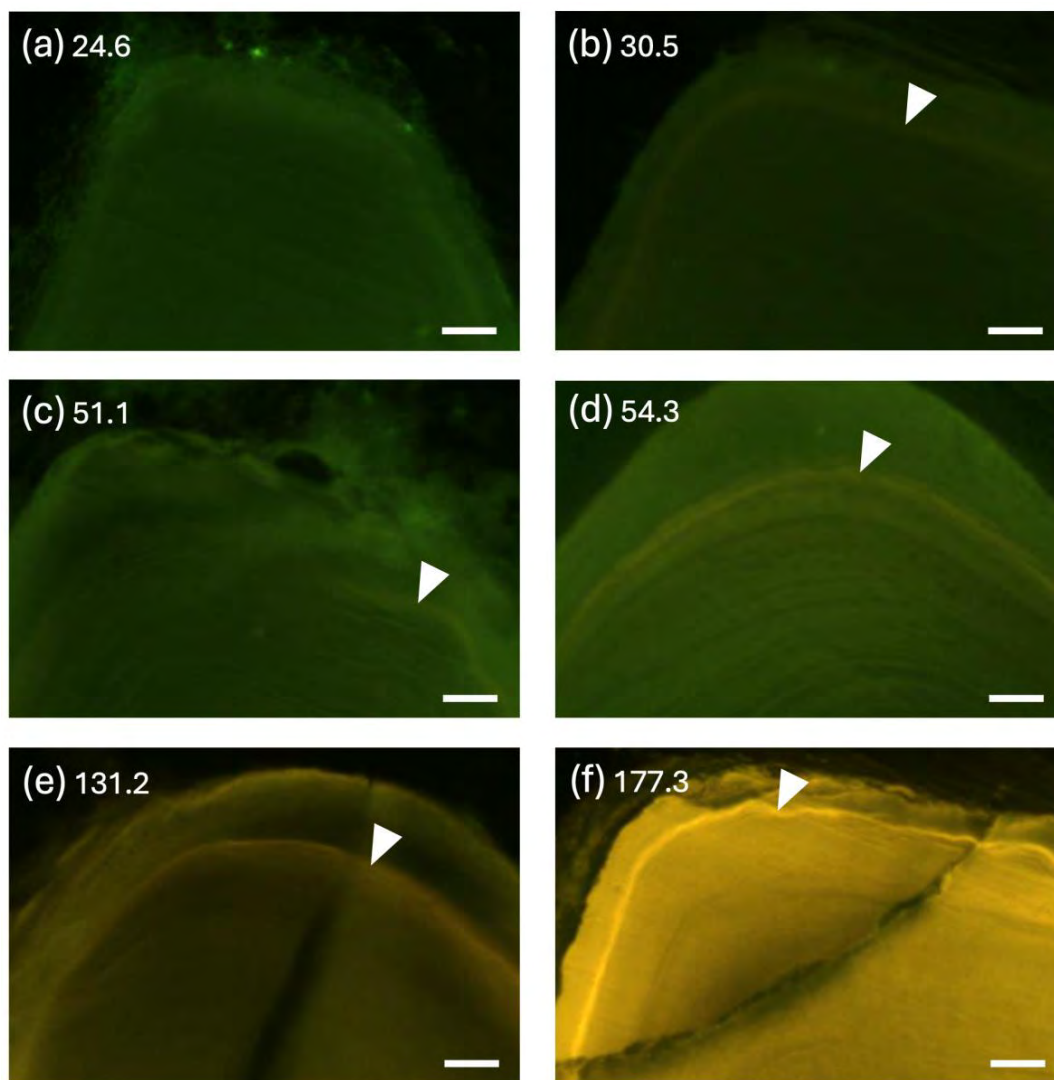


図3. 黄ウナギにおける耳石周縁部とアリザリン・コンプレクソン（ALC）標識写真

(a)高水温-0 ppm-24時間（対照）(b)高水温-30 ppm-5分(c)高水温-100 ppm-1分 (d)「高水温-100 ppm-5分 (e)高水温-100 ppm-2時間 (f) 高水温-100 ppm-24時間. ▲は ALC 標識部位を示す。数値は蛍光強度。スケールバー：50 μm

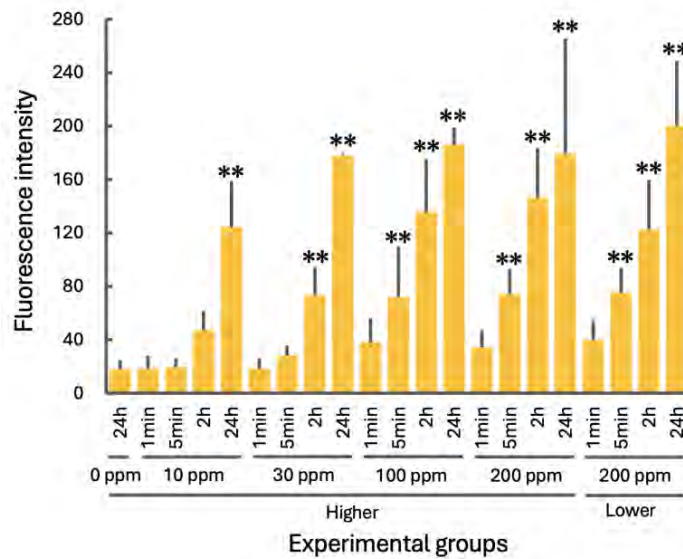


図4. ALC標識した黄ウナギの耳石輪紋における平均蛍光強度

アスタリスク：対照群との有意差（*： $p < 0.05$ 、**： $p < 0.01$ 、Dunnett 検定）、縦線：標準偏差

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。

今後、放流判別精度のより一層の向上のためには、本課題で示された微量元素・安定同位体比について、地点・個体数を増やし、データの蓄積を進め、従来の耳石による分析結果との対応を検討する必要があるものと考えられる。

次年度計画：ニホンウナギが天然加入個体又は放流個体であるかを判別するために、継続して試料の作成を進め、耳石酸素・炭素安定同位体分析を実施し、データの蓄積を進める。また、ニホンウナギの経験環境履歴を推定する手法について検討を進める。

引用文献

- Itakura H, Arai K, Kaifu K, Shirai K, Yoneta A, Miyake Y, Secor DH, Kimura S. 2018. Distribution of wild and stocked Japanese eels in the lower reaches of the Tone River catchment revealed by otolith stable-isotope ratios. *J. Fish Biol.* **93**: 805–813.
- Kaifu K, Itakura H, Amano Y, Shirai K, Yokouchi K, Wakiya R, Murakami-Sugihara N, Washitani I, Yada T. 2018. Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. *ICES J. Mar. Sci.* **75**: 719–726.

令和7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	イ	事業実施期間	令和7年度
課 題 名	産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握		
担 当 者	横内一樹、福田野歩人（水産研究・教育機構）、 大戸夢木（愛媛大学）		

令和7年度の成果の要約：今年度は、産卵場に向かうニホンウナギが天然加入又は放流由来かを判別するため、本事業により採集された124個体のニホンウナギについて、耳石酸素・炭素安定同位体分析による放流判別分析を実施した。その結果、放流由来のニホンウナギの産卵回遊への参加状況、及び今年度新たに確認された6個体の放流に由来する産卵回遊開始個体（銀化ステージ：Y2以上）の生物学的特性が明らかとなった。大河川における産卵回遊開始個体（銀ウナギ）に占める天然/放流個体の割合と、それらの成長履歴を明らかにするためのサンプル確保を目的とし、本種の漁獲量が極めて多い高知県四万十川河口域における採集調査を実施し、186個体の銀ウナギ（S1, S2）を得た。また、R6年度以前に同一地点で採捕された銀ウナギ標本を解析した結果、性比は概ね1:1で、メスはオスより全長、肥満度指数、河川成育期間のいずれも有意に大きい、あるいは長かった。また、どちらの性においても全長、肥満度指数、河川成育期間に大きなばらつきがあり、銀ウナギの河川内での成育条件の違いが影響している可能性が示唆された。

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、平成26年6月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧IB類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、ウナギの資源管理を推進していく必要がある。

耳石安定同位体比を利用した放流ウナギと天然ウナギの判別法が中央大学、東京大学、水産研究・教育機構などにより開発された（Kaifu et al. 2018; Itakura et al. 2018）。耳石には酸素と炭素などが含まれており、酸素や炭素にはわずかに重さの異なる安定同位体が存在する。この手法により、放流個体と天然個体の経験環境の差異によって、これら安定同位体比の異なることを利用し、放流／天然の判別が可能となった。

課題実施計画

（1）全体計画

目的：産卵場に向かうニホンウナギが天然加入個体又は放流個体であるかを判別し、放流個

体が産卵回遊に参加しているかを調査する。

方法: 課題エ「ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討」①「ニホンウナギの資源増殖手法の高度化」②「ニホンウナギの資源増殖の費用対効果」等において採集されたニホンウナギについて、課題ア「産卵場に向かうニホンウナギの由来判別」と共同で、天然加入個体又は放流個体であるかの判別を行うことにより、放流したニホンウナギの産卵回遊状況の把握を進める。産卵回遊に参加している放流個体の生物学的特性について実態を把握する。

期待される成果: 産卵回遊に向かうニホンウナギについて、放流に由来する個体の回遊状況とその生物学的特性等の実態が明らかとなる。

(2) 当該年度の計画

目的: 産卵場に向かうニホンウナギが天然加入個体又は放流個体であるかを判別し、放流個体が産卵に参加しているかを調査する。

方法: 課題エ「ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討」①「ニホンウナギの資源増殖手法の高度化」②「ニホンウナギの資源増殖の費用対効果」等において採集されたニホンウナギ標本を用いた課題ア「産卵場に向かうニホンウナギの由来判別」による安定同位体比分析結果から天然加入／放流の判別を行う。あわせて、天然水域における放流由来個体が確認された場合、その生物学的特性について、課題エ「ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法等の検討」①「ニホンウナギの資源増殖手法の高度化」②「ニホンウナギの資源増殖の費用対効果」等の天然加入個体のものと比較する。

また、放流個体の繁殖への貢献度を把握するためには、同一河川において定量的に採捕された産卵回遊開始個体を対象に天然/放流個体の比率を求めることも重要である。そこで本年度は、これまでサンプルを得られていないが、まとまった数のサンプルの確保が期待できる大河川として高知県四万十川を選定し、天然/放流判別のためのサンプル確保を目的とし、ニホンウナギの採集調査を実施した。

放流判別は、以下の方法によって行った：ニホンウナギの耳石を研磨し薄片切片を作成する。切片のうち、沿岸来遊以前に形成された耳石の中心部位を除去する。次に、沿岸来遊後に相当する耳石部位をマイクロドリルで削り出し、酸素・炭素安定同位体比分析を行うことで、放流個体の耳石酸素・炭素安定同位体比は、養殖場の環境を反映したものとなり、天然個体であれば、自然環境を反映したものとなる。得られた酸素・炭素安定同位体比は、ランダムフォレストを用いた判別モデル (Kaifu et al. 2018; Itakura et al. 2018) により、判別確率 90%を閾値とし、個体ごとに放流／天然として判別し、閾値以下の個体については判別不可とした。尚、ここでは銀化ステージ Y2~S2 の個体を産卵回遊開始個体とした。

結果：産卵場に向かうニホンウナギが、天然加入個体又は放流個体であるかを判別するため、課題アと共同で、本事業により採集されたニホンウナギ標本を用いた耳石試料の作成及び酸素・炭素安定同位体分析を実施した。今年度は、124 個体のデータを得て、ランダムフォレストによる天然／放流判別分析（教師データ：Itakura et al. 2018）を行った。その結果、調査対象水域において採集された放流に由来する個体（判別確率 90%以上）は 45 個体を確認することができた（図 1、図 2、表 1）。このうち、銀化ステージ Y2～S2 の個体（産卵回遊開始個体）は、Y2 が 3 個体、S1 が 2 個体、S2 が 1 個体であった（図 1、表 1）。内訳として、Y2 ステージは青森県・小川原湖で 1 個体、静岡県・浜名湖（新川）で 2 個体、S1 ステージは青森県・高瀬川で 1 個体、静岡県・浜名湖（新川）で 1 個体、S2 ステージは静岡県・浜名湖（新川）で 1 個体を確認した（図 1、表 1）。

水域ごとにみると、青森県では、小川原湖で採集された個体のうち 1 個体が放流由来、2 個体が判別不可、高瀬川では 2 個体が放流由来、2 個体が判別不可、1 個体が天然加入、千疊敷沖では 1 個体が天然加入と判別された（図 1、図 2、表 1）。

静岡県では、浜名湖（鷺津）において放流由来個体は出現せず、全て天然加入（31 個体）であり、浜名湖（雄踏：新川）では 4 個体が放流由来、27 個体が天然加入であった（図 1、図 2、表 1）。愛媛県（重信川）では 27 個体が放流由来、4 個体が判別不可であった（図 1、図 2、表 1）。島根県（宍道湖）では 11 個体が放流由来、3 個体が判別不可、8 個体が天然加入と判別された（図 1、図 2、表 1）。

表1. ニホンウナギの耳石酸素炭素安定同位体比による放流・天然判別結果

県	採集地	採集年	判別結果	個体数	ステージ	全長 (mm)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	判別確率
青森県	千疊敷沖	2023	天然加入	1	Y2-S2	941.0	-6.35	-9.24	1
		2023	放流由来	1	Y2-S2	701.0	-8.86	-10.25	1
	小川原湖	2023	判別不可	2	Y2-S2	745.5	-8.54	-8.68	0.61
		2023	放流由来	1	Y2-S2	784.0	-8.29	-9.89	1
		2023	判別不可	1	Y2-S2	726.0	-8.5	-8.12	0.73
静岡県	浜名湖鷺津	2023	天然加入	28	Y2-S2	544.7	-6.43	-11.8	1
	浜名湖新川	2023	放流由来	4	Y2-S2	550.8	-8.82	-10.41	1
		2023	天然加入	24	Y2-S2	508.8	-6.6	-12.34	1
島根県	宍道湖	2023	天然加入	3	Y2-S2	768.3	-6.99	-8.35	0.98
青森県	高瀬川	2023	放流由来	1	Y1	482.0	-7.96	-11.16	0.98
		2023	判別不可	1	Y1	568.0	-7.39	-9.99	0.89
		2023	天然加入	1	Y1	486.0	-6.94	-8.32	1
静岡県	浜名湖鷺津	2023	天然加入	3	Y1	522.0	-5.31	-10.35	0.98
	浜名湖新川	2023	天然加入	3	Y1	610.0	-5.73	-10.84	1
島根県	宍道湖	2023	放流由来	11	Y1	549.6	-8.33	-10.63	0.99
		2023	判別不可	3	Y1	588.3	-7.76	-10.27	0.79
		2023	天然加入	5	Y1	544.0	-7.17	-9.43	0.98
愛媛県	重信川	2024	放流由来	17	Y1	421.7	-8.42	-10.96	0.99
		2024	判別不可	1	Y1	339.0	-7.81	-10.79	0.89
		2025	放流由来	10	Y1	250.3	-8.38	-10.65	0.98
		2025	判別不可	3	Y1	169.3	-7.96	-9.65	0.79

注：表中の全長、同位体比、判別確率の数値は平均値。

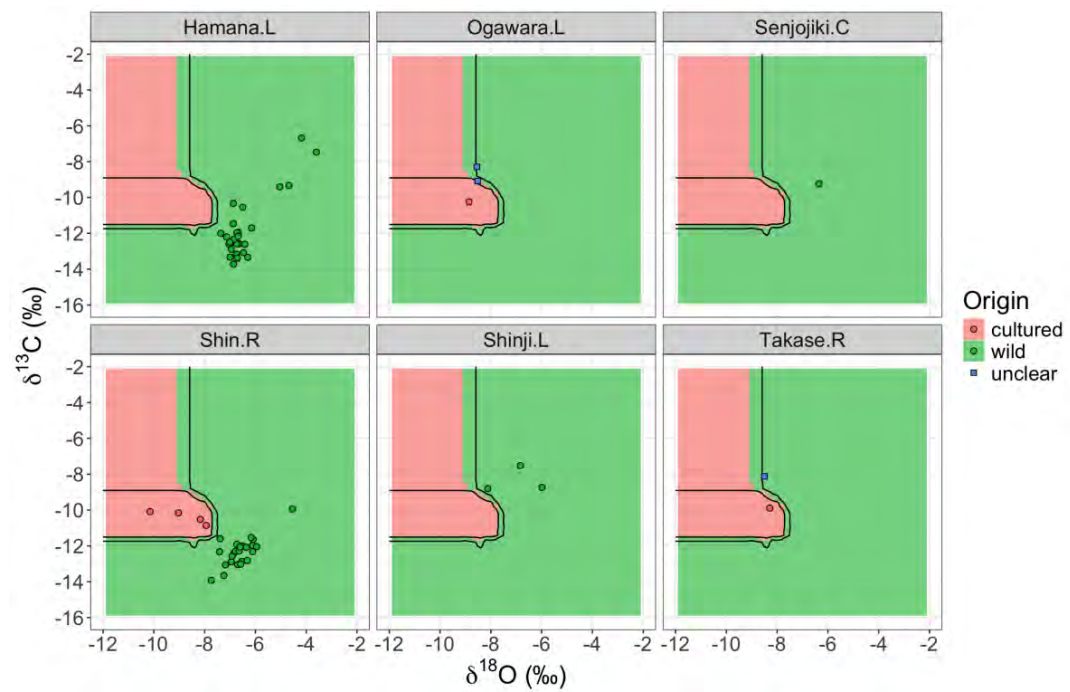


図 1. 地点ごとのニホンウナギ産卵回遊開始個体 (stage:Y2~S2) の耳石酸素・炭素同位体比教師データ：(●) 養殖, (▲) 天然; 分析データ：(●) 天然, (■) 判別確率<90%, (●) 放流由来. (一) 判別確率 70%. 赤のエリアは放流の判別確率>50%, 緑は天然の判別確率>50%

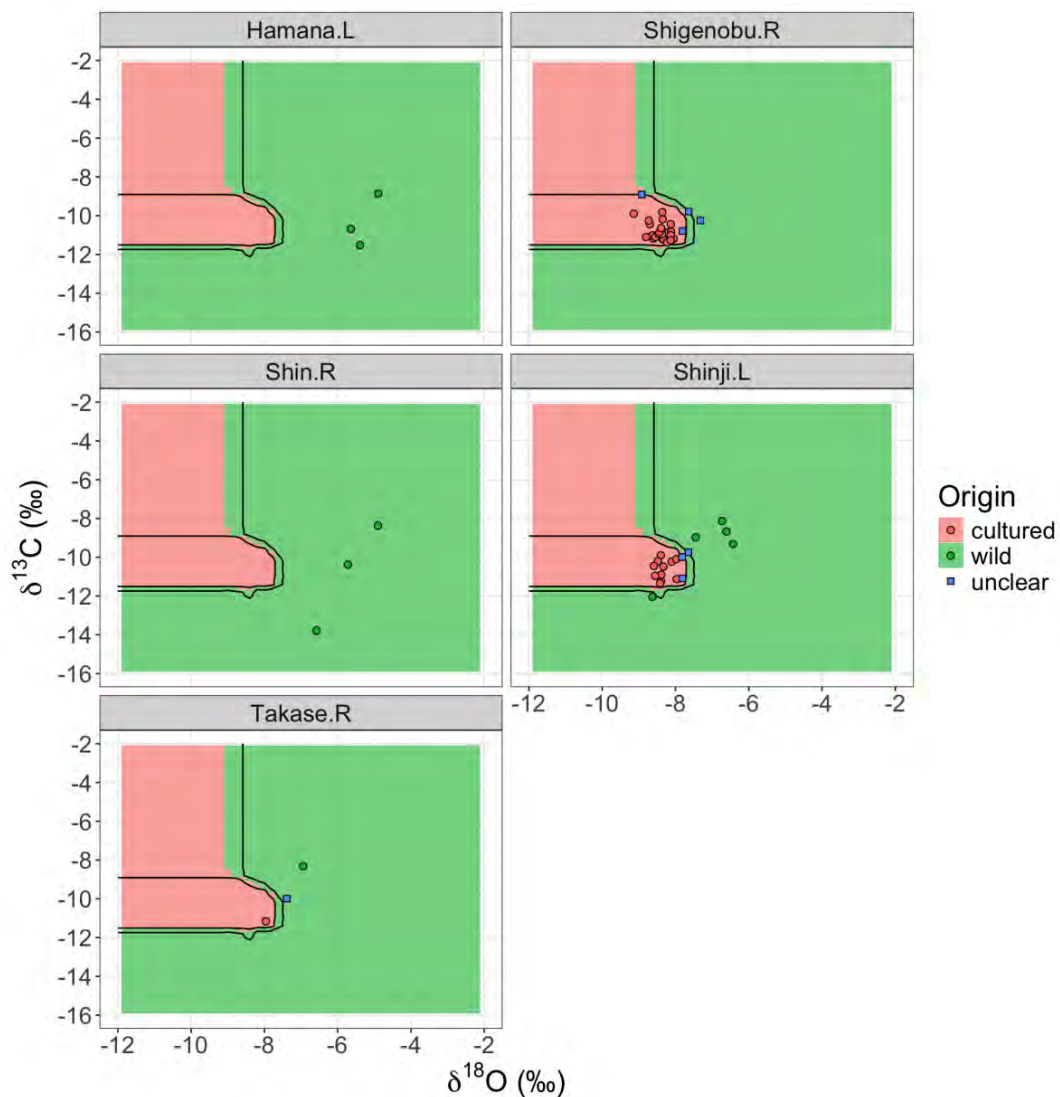


図 2. 地点ごとの成長期のニホンウナギ (stage:Y1) の耳石酸素・炭素同位体比
表記は図 1 と同様

調査対象水域において今年度で確認された放流に由来する産卵回遊開始個体 (Y 2~S 2) の生物学的特性をみると、青森県では小川原湖で全長 701 mm の銀化ステージ Y2 の雌 1 個体、高瀬川で全長 784 mm の S1 の雌 1 個体が確認された。これらの肥満度 (K) は 0.14 (小川原湖) / 0.16 (高瀬川) で、GSI はそれぞれ 1.63 (小川原湖) / 2.02 (高瀬川) であった (表 2)。静岡県でも放流由来の産卵回遊開始個体が確認されており、これまで確認されていなかった雄を 4 個体確認することができた (表 2)。成長期 Y1 の個体について、今年度新たに島根県宍道湖および愛媛県・重信川においても放流由来と判別された個体が確認された。性別情報が欠測の個体が多いが、全長は概ね 150–650 mm の範囲に分布し、宍道湖の放流由来個体も、11 個体はすべて雌であった (表 2)。

表2. 採集したニホンウナギにおける由来ごとの生物学的特性

県	採集地	採集年	ステージ	個体数	全長	肥満度	FI	EI	HSI	GI	性別	GSI	判別結果
青森県	千疊敷沖	2023	S2	1	941	0.17	5.09	0.08	1.17	0.57	雄	4.17	天然加入
		2023	Y2	1	701	0.14	4.81	0.04	1.37	1.27	雄	1.63	放流由来
		2023	Y2	2	745.5	0.18	5.51	0.05	1.34	1.24	雄	1.26	判別不可
	高瀬川	2023	S1	1	784	0.16	4.69	0.05	1.46	0.9	雄	2.02	放流由来
		2023	S2	1	726	0.16	4.74	0.06	1.21	0.59	雄	2.43	判別不可
静岡県	浜名湖簗津	2023	Y2-S2	28	544.7	0.14	5.46	0.07	1.49	0.79	雄 50%	2.36	天然加入
		2023	Y2-S2	4	550.8	0.12	5.31	0.06	1.41	0.48	雄	-	放流由来
		2023	Y2-S2	24	508.8	0.13	5.62	0.05	1.05	0.55	雄 21%	1.91	天然加入
鳥取県	宍道湖	2023	Y2-S1	3	768.3	-	-	-	1.22	-	雄	1.12	天然加入
青森県	高瀬川	2023	Y1	1	482	0.13	4.63	0.02	1.72	2.73	雄	0.37	放流由来
		2023	Y1	1	568	0.15	3.98	0.02	1.54	1.83	雄	0.65	判別不可
		2023	Y1	1	486	0.12	3.93	0.02	1.7	1.88	雄	0.11	天然加入
静岡県	浜名湖簗津	2023	Y1	3	522	0.13	4.23	0.04	1.24	2.26	雄 67%	0.33	天然加入
		2023	Y1	3	610	0.12	4.39	0.03	0.98	1.97	雄	0.48	天然加入
鳥取県	宍道湖	2023	Y1	11	549.5	-	-	-	1.54	-	雄	0.39	放流由来
		2023	Y1	3	588.3	-	-	-	1.33	-	雄	0.38	判別不可
		2023	Y1	5	544	-	-	-	1.27	-	雄	0.44	天然加入
		2024	Y1	17	421.7	-	-	-	-	-	-	-	放流由来
愛媛県	重信川	2024	Y1	1	339	-	-	-	-	-	-	-	判別不可
		2025	Y1	10	250.3	-	-	-	-	-	-	-	放流由来
		2025	Y1	3	169.3	-	-	-	-	-	-	-	判別不可

値は平均値、GSIはメスのみ集計。

多様な成育環境を擁する大河川における放流個体の繁殖への貢献度を定量するため、本年度はR6年度に続き、高知県四万十川河口域においてニホンウナギの採集調査を実施し、186個体の銀ウナギ標本を得た。また、R5年度に同一地点にて採捕された標本と併せ、本事業にてR6年度に採捕された標本について、まず性判定を行ったところ、オスが108個体、メスが107個体と性比が概ね1:1であった。続いて形態計測を行ったところ、全長はオスが平均 ± 標準偏差 = 49.0 ± 5.2 cm、メスが 59.4 ± 6.8 cmとメスの方が大きく (t -test, $P < 0.001$)、またその分散はオスよりメスにおいて有意に大きかった (F -test, $P = 0.008$)。肛門まわりの胴回り長 (mm) を全長 (cm) で除した肥満度指数については、オスが 1.87 ± 0.14 、メスが 1.96 ± 0.14 とメスの方が高かった (t -test, $P < 0.001$)。また、この肥満度指数のばらつきは、他の河川よりも大きい傾向にあることが分かった (西日本の9河川中2番目、大河川では最も大 ; Oto et al., unpublished data)。また、耳石から推定した河川期間年数は、オスが 8.6 ± 2.8 年、メスが 10.1 ± 2.6 年とメスの方が長かった (t -test, $P < 0.001$)。

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。

引き続き、採集・試料作成・同位体分析を実施し、サンプル・データの拡充を図り、放流個体の生物学的特性の定量的把握を行うことが重要であると考えられる。

次年度計画：産卵場に向かうニホンウナギが天然加入個体又は放流個体であるかを判別し、産卵に参加している放流個体についての生物学的特性のより詳細な把握のために、データの蓄積を進める。また、四万十川河口域にて採捕された銀ウナギについては、天然/放流由来判定や成長履歴の推定等について検討する。

引用文献

Itakura H, Arai K, Kaifu K, Shirai K, Yoneta A, Miyake Y, Secor DH, Kimura S. 2018. Distribution of wild and stocked Japanese eels in the lower reaches of the Tone River catchment revealed by

otolith stable-isotope ratios. *J. Fish Biol.* **93**: 805–813.

Kaifu K, Itakura H, Amano Y, Shirai K, Yokouchi K, Wakiya R, Murakami-Sugihara N, Washitani I, Yada T. 2018. Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. *ICES J. Mar. Sci.* **75**: 719–726.

令和 7 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 7 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	須藤竜介, 福田野歩人, 安池元重, 馬久地みゆき, 朝倉大河, 本郷悠貴, 相馬智史, 畠山類 (水産研究・教育機構)、 山本高宏, 青島秀二 (静岡県水産・海洋技術研究所)、 脇谷量子郎 (東京大学大気海洋研究所)、 日本養鰻漁業協同組合連合会		

令和 7 年度の成果の要約：養殖ウナギと天然ウナギの差異を明らかにするために、浜名湖およびその流入河川、琵琶湖、養鰻場でサンプリングを実施し、解析サンプルを得た。得られたサンプルを組織学的に解析したところ、銀化に伴い卵巣は卵黄形成期に入り、消化管はイオンや水の輸送に向けた準備をしていることが推察された。次に核磁気共鳴 (NMR) により筋肉と血清を解析したところ、筋組織中の特定代謝物 (リジン、クレアチン、カルニチン等) を指標として、ウナギの天然・養殖を明瞭に判別可能であることが示された。また、銀化や成長に伴う生理状態の変化 (GPC 増加、グルコース減少) も捉えることに成功した。養殖ウナギと天然ウナギのパイプ外での活動率を行動学的な差異として比較したところ、明期における天然ウナギと養殖ウナギの活動率には有意な差は確認されたものの、その差はわずかであった。海水による銀化促進効果の把握のため、低温の海水と淡水で畜養したところ、淡水よりも海水で銀化指数や GSI、血中ステロイドホルモン濃度が高くなる傾向が認められた。露地池に放流した養殖ウナギの成長や残存等を明らかにするために、定期的な捕獲調査を実施した。露地池では旧池の方が新池より成長が早く、特に 2023 年放流群では 1 年後に全長 60 cm を超える個体も見られた。一方、残存率は種苗種に依存し、新仔群がやや高い傾向を示したが、2024 年放流群は過密や捕食により急激に減少した。炭素・窒素安定同位体比分析によりこれらの露地池ウナギの餌料を推定したところ、配合飼料だけでなく底生動物も摂餌していると考えられた。露地池のウナギを自然海水で銀化誘導し、銀化の顕著な雌ウナギについて浜名湖の天然ウナギと比較したところ、外観の銀化は進んでいたものの、卵巣は天然ほど発達していない傾向にあった。以上の結果から、半自然条件の露地池では大型のウナギを効率的に得ることは難しいことが示唆された。今後は、銀ウナギになることが可能な大型のウナギをより効率良く生産する方法を検討していく必要がある。

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、平成 26 年 6 月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧IB 類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。こうした中、各地で資源増大を目的とした放流が行われ、漁獲量の増加および漁業者の収入増加につながっている地域もある。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、ウナギの資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

（１）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放流手法の開発につなげ得る知見を集積する。

方法：天然ウナギおよび養殖ウナギの生理状態を比較し、天然ウナギと遜色ない生理状態の養殖ウナギの作出法を開発する。同時に、銀化機構を調べ、養殖ウナギへの銀化誘導技術を開発し、養殖由来の銀ウナギ放流法の可否を調べる。

期待される成果：産卵に寄与するニホンウナギ種苗の育成および放流手法が明らかとなる。

（２）当該年度の計画

目的：

天然ウナギと養殖ウナギの比較解析のためのサンプリングを実施すること。また、半自然環境における粗放的飼育が養殖ウナギに与える影響を調べることも目的とする。

方法：

天然ウナギと養殖ウナギのサンプリング

2025 年 6～12 月にかけて浜名湖および浜名湖流入河川において天然ウナギ 65 尾を採集または購入により入手した。7 月には琵琶湖で捕獲された 10 尾のウナギを入手した。8 月と 11 月には湖西市の養鰻場から 32 尾の養殖ウナギを入手した。

得られたニホンウナギは、2-フェノキシエタノール（1%）により麻酔し、全長、体重、眼径、鰭長を計測し、Okamura et al. 2007 の銀化指数に基づき、銀化発達順に Y1, Y2, S1, S2 に区分した。ここで、Y1 は鰭の基部に金属光沢の無い個体、Y2 は胸鰭の基部に金属光沢を示すが胸鰭の縁辺まで完全に黒化していない個体を指し、これらのステージを黄ウナギ期とした。また、S1 は胸鰭が完全に黒化し、背部は金属光沢の暗褐色、腹部は銀白色になった個体とし、S2 は腹部を含めて体全体が一様に金属光沢の暗褐色に変化した個体を指す。これら S1 と S2 の両ステージを銀ウナギとした。次に尾部もしくは動脈球

から血液を採取後、断頭し耳石を取り出した。得られた血液は 4℃、3300G で 20 分遠心分離し血清にした上で -80℃ で保存した。さらに、供試魚を開腹して生殖線、肝臓および消化管を摘出し、それぞれ重量を測定した。消化管重量は内容物除去後の重量とした。生殖線を肉眼で観察し性判別した。生殖線、肝臓および消化管（胃、中腸、直腸）はブアン氏液で固定して 70% エタノールで保存した他、RNA later でも保存した。

次に、解剖データから肥満度（Condition Factor : K）、眼径指数（Eye Index : EI）、鰭長指数（Fin Index : FI）、生殖腺指数（Gonad Somatic Index : GSI）、肝指数（Hepato Somatic Index : HSI）、消化管指数（Gut Somatic Index : GI）をそれぞれ以下の式に従い算出した。なお式中の略語は、体重（BW）、全長（TL）、眼径（ED）、胸鰭長（PFL）、生殖腺重量（GW）、肝重量（LW）、消化管重量（GIW）とした。

$$K = BW(g) / (TL(cm))^3 \times 1000 ; EI = \{(ED/2)^2 \times \pi / TL(mm) \times 1000\} ;$$

$$FI = PFL(mm) / TL(mm) \times 100 ; GSI = GW(g) / BW(g) \times 100 ; HSI = LW(g) / BW(g) \times 100 ;$$

$$GI = GIW(g) / BW(g) \times 100.$$

組織学的解析

生殖線および消化管については、それぞれ 121 尾および 48 尾について組織切片標本を作製した。これらのエタノール保存標本は、常法に従い、エタノール系列で脱水しパラフィンに包埋した後、5μm の組織切片を作製した。作製した組織切片はキシレンでの脱パラフィン後、ヘマトキシリンとエオシンによる二重染色を施してカバーガラスで封入し、光学顕微鏡による観察に供した。生殖線の発達段階（図 1）として、卵巢では卵巢中で大部分を占める卵母細胞の名称（山本他 1974）を用いた。精巣では山本他（1972）の名称を用いた。なお、卵母細胞の名称である油球期については、油球の蓄積状態に応じて、前期、中期、後期と細分化した。

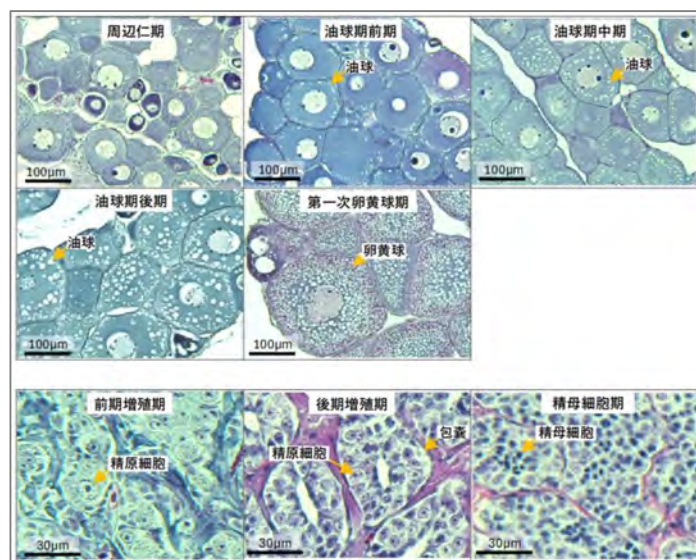


図 1 卵巢（上）と精巣（下）の発達段階

メタボローム解析

筋肉（普通筋）は凍結乾燥後、タングステンビーズを用いて破碎した。粉末化した筋肉試料に重水素化リン酸緩衝液を加え、熱抽出により得られた水溶性成分を核磁気共鳴（NMR）で測定した。血清試料についても同様に重水素化リン酸緩衝液を加え、NMRを使用して測定した。スペクトル取得には、ピーク分離能の高い 2D *J*-res 法によって網羅的なスペクトルの取得を行った。得られたスペクトルを 1 次元化し、ピークごとに代謝物を同定した後、シグナル強度を数値化した。数値化された代謝プロファイルデータに対し、主成分分析（PCA）を用いた多変量解析を行い、天然・養殖の差異、および成熟（銀化）に伴い変化する代謝産物を探索した。

天然ウナギと養殖ウナギの行動学実験

本課題ではさらに養殖ウナギと天然ウナギの活動の日周性および日中の活動性の差異も評価した。ニホンウナギは夜行性であり、日中は浮き石や泥の中に隠れ、その姿を見ることは困難であるが、放流した養殖ウナギにおいては、隠れ方が甘く、容易に観察できる個体も確認している（Takeuchi et al., 2026）。さらに、養殖場では、日中にもかかわらず表層を泳いでいる様子が観察される。野外調査の結果や養殖場での観察から、養殖ウナギは日中の活動性が高いことが予想される。活動性の指標として、パイプ利用行動を用いた。これは、パイプを設置した水槽にニホンウナギを導入すると、ほとんどの時間をパイプの中で過ごすことを利用した指標である。パイプ利用行動は、ニホンウナギおよびウナギ属魚類の一種であるオオウナギ *Anguilla marmorata* において日周性を評価するために用いられている（Sudo and Tsukamoto 2015; Kumai et al., 2024）。

本実験には、静岡県浜松市を流れる西神田川および静岡県湖西市を流れる今川にて採捕した天然ウナギ 13 個体と、静岡県湖西市の養殖業者から購入した養殖ウナギ 11 個体を供した。これらの個体は、静岡県浜松市の東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所へ輸送し、所内の実験池で 24 時間以上畜養した。飼育実験には、長さ 20 cm の塩化ビニール製パイプ（VP20; 内径 20mm）を 1 つずつ設置した 8 個の水槽を用いた（図 2）。水槽には、無酸素の地下水に曝気したものを供給した。地下水は、実験期間を通して 18℃から 22℃の範囲で安定しており、わずかに塩分（2～3 %）を含んでいた。実験開始日の 11:30 から 12:00 までの間に、ニホンウナギを 1 個体ずつ水槽に導入した。その後、赤外線ビデオカメラ（QT914-4N4; Q.See, USA, and SHDVR-HK7204, Altaclasse, Tokyo, Japan）を用いて実験開始日の 12:00 から実験 4 日目の 12:00 までの合計 72 時間の撮影をした。水槽およびビデオカメラは暗幕によって囲われており、自然光が当たることはなかった。6:00 から 18:00 までは、各水槽の上部に設置した LED ライトを点灯させ、明期とした。また、水槽の上部に設置した赤外線ライト(LED infrared light; ICAMI, China)で常時照らすことによって、暗期でも観察を可能にした。実験は 2024 年の 11 月に 3 回に分けて行われた。実験に供した天然ウナギ 13 個体のうち 4 個体が、実験中に水槽から脱走した。これらの個体は解析から排除した。

ビデオカメラにより撮影した動画から、各個体のパイプ利用状況を把握した。パイプ

利用状況の把握は、動画を1分ごとに静止して行い、そのタイミングで体が完全にパイプから出ている場合には活動しているとし、体の一部が少しでもパイプに入っている場合にはパイプを利用しているとした（図2）。一般化加法モデル（Generalized additive model: GAM）により各個体のパイプ外での活動率の推移を把握した。応答変数は、パイプを利用しているか否かのダミー変数（パイプ外で活動：1、パイプを利用：0）とした。説明変数は経過時間（実験開始日の12:00から計測、単位：時間）とし、平滑化関数でモデル化した。応答変数の誤差分布は二項分布を仮定した。

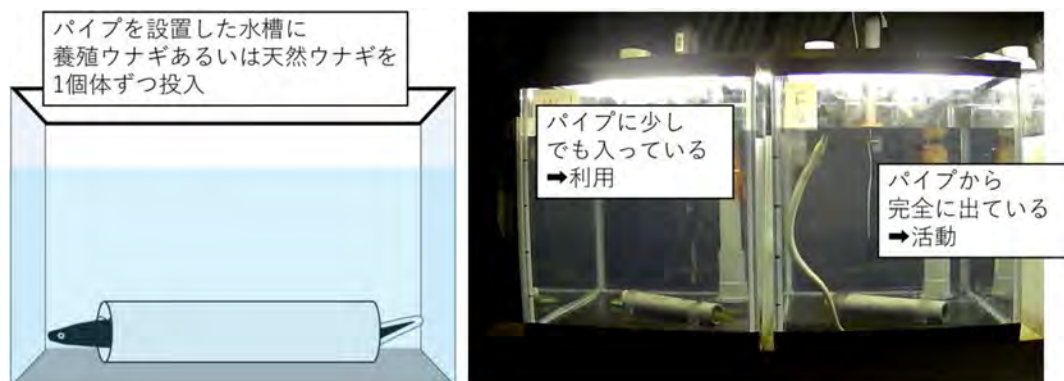


図2 試験水槽の概念図と写真

養殖ウナギと天然ウナギの活動の日周性を比較するために、一般化線形混合モデル（Generalized liner mixed model: GLMM）を用いて解析した。応答変数は、パイプを利用しているか否かのダミー変数とし、説明変数は、由来（天然 or 養殖）、明暗（明期 or 暗期）、由来と明暗の交互作用とした。応答変数の誤差分布は二項分布を仮定した。水槽に導入してから実験3日目の12:00までは馴致期間とし、実験3日目の12:00から実験4日目の12:00までのデータを用いて解析した。

夜間および日中の活動性が、水槽に導入した直後は大きく、時間経過とともに低下する可能性を評価するために、GLMMを用いて解析した。応答変数は、パイプを利用しているか否かのダミー変数とし、説明変数は、経過時間（単位：時間）、明暗、経過時間と明暗の交互作用とした。応答変数の誤差分布は二項分布を仮定し、天然ウナギと養殖ウナギで別々にモデルを作成した。

銀化誘導における海水の効果

銀化において、淡水から海水に入ることが銀化促進に効果があるのかを確認するため、屋外水槽で一定期間飼育した養殖ウナギを用いて飼育試験を実施した。試験に用いた雌ウナギは、イソフラボンで雌化されたもので、2025年4月に養鰻場で入手した満1歳を過ぎた全長60 cm以上の個体である。雄ウナギは、2025年4月まで静岡県水産・海洋技術研究所（浜名湖分場）で養成されていた満1歳を過ぎた全長50 cm以上の個体である。これらの個体を屋外の大型水槽において無加温で給餌しながら8月下旬まで育成した。この間、水温は22℃から28℃まで徐々に増加した。その後、自然光の入る屋内の

円形 500L 水槽に収容し、9 月上旬の試験開始まで畜養した。

試験区の設定は、秋の水温低下による効果は既に報告されているので (Sudo et al., 2011)、ここでは水温を低下させる条件 (25℃から 15℃) を淡水 (淡水・低温区) と海水 (海水・低温区) の 2 条件で実施した (図 3)。なお、当初計画にあった水温を高温のまま下げずに淡水と海水で試験する 2 区は、魚の馴致段階での飼育設備の不具合で失敗したため、実施しなかった。試験に供する尾数は、淡水・低温区と海水・低温区で、それぞれ雌雄 6 尾ずつとした。これらとは別に、試験開始時の GSI やサンプルを得るため、それぞれ雄 5 尾と雌 6 尾を解剖した。なお、ここでの GSI は体重ではなく次の全長を基準とした式で算出した。 $GSI = GW (g) / (TL (cm))^3 \times 10^5$

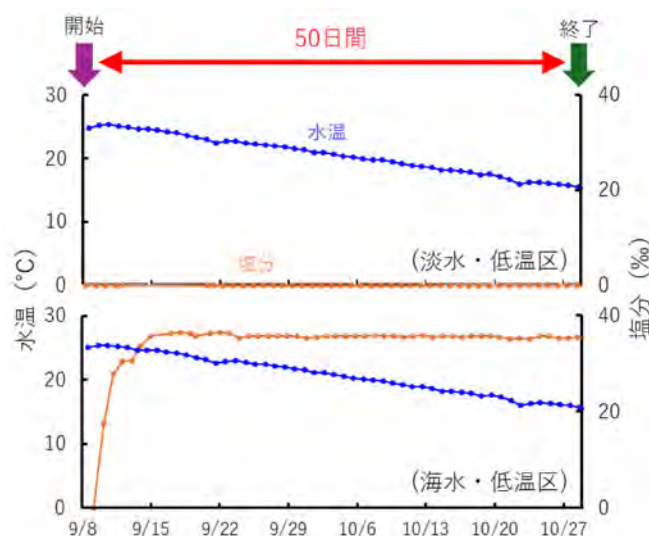


図 3 淡水・低温区 (上) と海水・低温区 (下) における水温と塩分の変化

試験開始に先立ち、供試魚に麻酔を施して全長と体重を測定、銀化指数を記録し、外観をデジタルカメラで撮影した。なおここでの銀化指数には、胸鰭縁辺に僅かに透明帯を残す Y2 と S1 ステージの移行期の S0 ステージも独自に加えた。また事前に腹腔に挿入していた PIT タグの読み取りを行った。ステロイドホルモン測定用の血漿を得るために尾部からの採血を行った。腹部の一部を僅かに開腹し、生殖腺片を採取後、縫合した。これとは別に、開始時の解剖個体については、同様の測定や撮影を行い、バイオプシーの代わりに生殖腺を全摘して重量を測定した。これらの生殖腺は、バイオプシーしたものについては全てを、全摘したものについては一部をブアン氏液で固定して、後に 70% エタノールで保存した。試験の終了時には、開始時の解剖個体と同様の解剖処理を行った。

ステロイドホルモン (11-KT、E2、T) の測定は、LC-MS/MS により行った。具体的には、血清 0.2ml と標準試料に同位体標識内部標準物質を添加し、蒸留水 1ml で希釈した。ステロイドホルモンの抽出は、4ml の t-ブチルメチルエーテルと共に激しく浸透することで行った。精製および誘導体化は、既知の方法に若干の改変を加えて実施した (Yazawa

et al., 2021)。反応生成物は、InertSep SI カートリッジに添加し、残留試薬を除去した。得られたサンプルをアセトニトリル/蒸留水混合液（40:60、v/v）0.1 ml に溶解し、その溶液 20 μ l を下記の LC-MS/MS 分析に供した。

露地池での養殖ウナギの成長と生残、餌料

1) 成長と生残

養殖ウナギを露地池に放流して粗放的に管理することで、天然個体と遜色なく銀化する個体を育成することを目指している。銀化する体サイズに達するまでの露地池でのウナギの生産効率を把握するため、成長速度や残存率を求めるための調査を実施した。なお露地池では池の排水口からの移出も想定されるので、ここでは生残率ではなく、残存率という用語を用いた。

養殖ウナギ種苗を放流する露地池は、浜名湖うなぎ漁業生産組合の所有する 2 つの隣接する池である。南側の露地池（旧池。水域面積約 1800m²。図 4 左）は、かつては養鰻池として使用されていたものである。北側の露地池（以降、新池、水域面積約 1200m²。図 4 右）は、2023 年に新たに造成されたものである。これらの池には、本事業で放流したウナギ以外に、浜名湖うなぎ漁業生産組合が旧池では 2020 年以降、新池では 2023 年以降、毎年、数～数十 kg 程度のヒネを放流している。池には、これらの個体のため毎日少量の養鰻用飼料が撒かれている。5～10 月に毎日夕方一回、新池では練餌の洗い水（練餌を作った容器を洗った際の餌の混じる水）と浮餌 200～500g が、旧池では練餌の洗い水と浮餌 200g が給餌されている。

2023 年に新仔、新仔雌（大豆イソフラボンを配合した飼料で雌化）、ヒネ、3P の 4 種を、2024 年に前者 3 種を、2025 年にヒネを露地池に放流した。ヒネは 1 年半かけて全長 30 cm 程度まで育ったもの、新仔は半年で全長 30 cm 程度まで育ったものを示す。放流個体のサイズと尾数は表 1 の通りである。放流する個体は、2-フェノキシエタノール（1%）で麻酔後に体計測（全長、体重、外観撮影）し、腹部にメスで小さな穴を開けて腹腔内に PIT タグ（以下、タグ）を装着した後、池へ放流した。

放流個体の捕獲調査は、2 日連続で行うことを基本とし、2023 年度には両池共に 10～2 月の期間中、延べ 7 回実施した。2024 年度には両池共に 5～11 月の期間中、延べ 12 回実施した。2025 年度には、5～11 月の期間中、延べ 5 回実施した。捕獲調査には、80 cm の長さに切断した内径 16、30、56mm の塩ビパイプ各 3 本を束ねたものをトラップ 1 個として用いた（図 4 右）。これらのトラップは、2023 年 10 月以降、各池にそれぞれ 25 個を常時沈めていたもので、捕獲の際には順次トラップを引き上げて、隠れている個体を捕獲した。捕獲した個体は、麻酔後、体計測を行い、タグ ID の読み取りを行った。2024 年には、本事業以外で池に放流されていた個体が捕獲された場合にはそれらの個体にタグ装着を行った。1 日目の調査で捕獲され体計測等を実施した個体は、2 日目の調査で再捕されないよう、2 日目の捕獲が終わるまで籠に入れて池に沈めておき、その後放流した。

2025 年は、上記に加えて、浜名湖養魚漁業生産組合の所有する露地池についても、

5月16日にヒネ1000尾を20ppmALCで耳石標識し、5月17日に放流した。これらは完全粗放飼育ウナギとして、管理露地池のウナギとの比較用に数年後に捕獲調査する予定とする。

2023年6～8月、2024年に放流した新仔、新仔雌、ヒネの3種について、再捕獲データを利用し、新池および旧池での2025年11月までの年間残存率および捕獲率について暫定的な試算を行った。フリーソフトRのパッケージ”marked”を用い、Cormack-Jolly-Seberモデルで推定した。残存率モデル、捕獲率モデルともに説明要因候補に種苗由来（新仔、新仔雌、ヒネ）、サンプリング年月日を考慮し、AICの最も低いモデルを最良モデルとして採用した。



図4 旧池と新池の画像（左）と露地池でのウナギの捕獲に用いた塩ビトラップ（右）

表1 養殖ウナギの露路池への標識放流の概要

池	年度	種別	放流日	全長 (cm)	Pサイズ (尾数/kg)	放流重量 (kg)	放流尾数
新池	2023	ヒネ	7月1日、8月3日	34.3±5.9	21	4.5	97
		新仔メス	7月1日、8月3日	30.1±3.7	26	3.5	90
		新仔	7月1日、8月3日	32.3±3.6	25	3.5	86
		3P	8月4日	59.1±2.5	3	22.6	65
	2024	ヒネ	7月26日	28.9±3.1	46	5.2	240
		新仔メス	7月17～19、26日	25.5±2.5	53	7.1	376
		新仔	7月18～19日	28.6±2.9	38	5.9	223
	2025	ヒネ	5月12日	24.9±4.4	63	8	500
旧池	2023	ヒネ	6月5日	32.5±5.7	24	3.8	90
		新仔メス	6月19日	26.5±1.6	40	2.2	90
		新仔	6月6日	32.5±2.4	23	3.9	90
		3P	8月4日	59.1±2.4	3	21.9	63
	2024	ヒネ	7月24日	28.9±2.7	45	5.3	239
		新仔メス	7月17、19、22日	24.8±2.2	56	6.3	351
		新仔	7月18、22、23日	29.0±2.7	37	7.3	273
	2025	ヒネ	5月12日	24.5±2.7	67	7.5	500

2) 餌料

粗放的な露地池に放流された養殖ウナギが池内で生物餌料を摂餌しているかどうかを確認するため、非侵襲的に個体の検体を採取出来る体表粘液を使って窒素・炭素安定同位体比分析を行い、池での餌料を推定した。

分析に用いた試料は、露地池に放流された養殖ウナギの体表粘液、露地池に生息する底生動物、露地池での給餌に用いられる配合飼料（練餌用の粉末飼料と顆粒状飼料）、露地池の環境水、補足的に養鰻ハウスで育成中の養殖ウナギの体側筋とした。

ニホンウナギの粘液については、2024 年 10 月と 11 月の露地池での定期的な捕獲調査において得られた 20 尾（旧池 11 尾、新池 9 尾）について、麻酔後、スライドガラスの側面を用いて体表上の粘液を集めて、1.5ml チューブにて分析の前処理まで-30℃で保存した。底生動物については、2024 年 8 月、10～11 月、2025 年 5 月にタモ網を用いて採集し、少量の水と共に同様に-30℃で保存した。環境水については、300ml を採水し、同様に凍結保存した。養殖ウナギについては、2025 年 6 月の本課題でのサンプリングの際に背面の体側筋を 2 cm³ 程度切り出して凍結保存した。

分析に先立ち、底生動物は可能な範囲で分類し、甲殻類や魚類、両生類（幼生）については、個体毎に脚部や尾部、体側における筋肉を摘出した（表 2）。巻貝については腹足部の筋肉を摘出した。その他の底生動物については、全身を分析に供した。

全ての試料は-20℃で約 1 週間凍結乾燥後、12mg に満たない試料については同時期に採集された同種または同分類群の他個体と合わせた。これらの試料は 1.5ml マイクロチューブ内で粉末にした後、クロロホルム-メタノール溶液（v/v 1:2）とメタノールで脱脂し、60℃で 1 日間乾燥させた。サンプルは錫カップに約 0.8mg 秤量し、安定同位体比を測定した。水サンプルは、採取日に 485℃、4 時間で焼成した GF/F フィルターでろ過し、60℃で 2 日間乾燥させた。無機炭酸カルシウムを除去するため、デシケーター内で 12N HCl の蒸気に 3 時間晒し、60℃で一晩乾燥した。その後錫に入れて、安定同位体比を測定した。安定同位体分析は、元素分析装置と安定同位体質量分析計の連結システムを用いて実施した。

表 2 炭素・窒素安定同位体比分析に供した露地池の水生生物

分類	分析部位	2024年8月		2024年10~11月		2025年5月	
		旧池	新池	旧池	新池	旧池	新池
サカマキガイ	腹足（筋肉）					1	
イトミミズ科	全身			1			
ヌマエビ属	腹部（筋肉）	5	5				
テナガエビ属	腹部（筋肉）		1		1		
モクズガニ	脚部（筋肉）		1	1	4	1	2
イトトンボ亜目（ヤゴ）	全身	5	5				
トンボ亜目（ヤゴ）	全身	3	5			4	
トビケラ目（幼虫）	全身	6	4	8	2		
ユスリカ科（幼虫）	全身	3	5	13	6	4	
ニホンウナギ（クロコ）	体側（筋肉）	1					
ニホンウナギ	体側（筋肉）			11	9		
タウナギ	体側（筋肉）	1					
ヨシノボリ属	体側（筋肉）				1		
ウシガエル（幼生）	尾部（筋肉）		3				

露地池の養殖ウナギの銀化誘導

銀化誘導した露地池（粗放露地池）の養殖ウナギの特徴を把握するため、10月に捕獲した23尾を浜名湖の海水をかけ流した自然光の入る屋内水槽に収容して51日間畜養した。今年度は新たに、十分な給餌を行い出荷もしている管理された露地池（管理露地池）の養殖ウナギについても特徴を把握するため、38尾を同様の環境で42日間畜養した。畜養期間中の水温と塩分を図5に示した。水温は畜養期間を通して26℃から16℃まで低下した。管理露地池の個体を収容した水槽のデータはないが、粗放露地池と同様、収容後24時間かけて淡水に置換後は同様の値を推移したと思われる。

粗放露地池の個体は、水槽への収容時に麻酔を施して全長と体重を測定、銀化指数(S0含む)を記録し、外観をデジタルカメラで撮影した。腹腔に装着しているPITタグの読み取りを行って記録し、未装着な個体については腹腔に挿入した。腹部の一部を僅かに開腹し、生殖腺片を採取後、開腹部を縫合した。採取した生殖腺片はブアン氏液で固定し、その後常法によりHE染色による組織切片標本作製した。畜養の終了時には銀化の顕著な個体を含む10尾（解剖群：雌6尾、雄4尾）を選んで上記と同様に体測定やタグの読み取り、外観の撮影等を行った後、解剖を行って生殖腺を全摘して重量を測定した。残りの13尾（雌10尾、雄3尾）については、タグの読み取りと外観の撮影、バイオプシーのみを行った。管理露地池の個体については、開始時の体計測やバイオプシーは行わなかった。終了時には銀化の顕著な個体を含む12尾（解剖群：雌10尾、雄2尾）を選んで粗放露地池の解剖個体と同様に測定等を行い、解剖により生殖腺を全摘し重量を測定した。2池共に、解剖個体の生殖腺については、次式でGSIを算出した。 $GSI = GW(g) / (TL(cm))^3 \times 10^5$ 全摘した生殖腺の一部は上記と同様に組織切片標本作製した。組織切片標本は検鏡して、生殖腺の発達段階を決定した。また卵巣については各個体あたり3個の大型の卵母細胞の直径を測定してその平均値を卵径とした。

銀化誘導した露地池の個体の銀化指数や卵巣の発達状態、卵径は、本課題でのサンプリングのために12月に浜名湖で捕獲された天然個体との比較を行った。なお、雄は個体数が少なかったため、今回の解析からは除外した。粗放露地池の解剖群の雌1尾についても全長50cm未満と小型であったため解析から除外した。



図5 海水畜養中の水温と塩分の変化

結果：

天然ウナギと養殖ウナギの基礎生物学的特性

浜名湖流入河川からは18尾、浜名湖からは47尾、琵琶湖からは10尾のウナギが採集された。銀化状態を確認したところ、浜名湖内にて銀ウナギは9月に1尾採集され、11月から採集尾数が増えた。各種パラメータを月別に浜名湖流入河川、浜名湖内で採集した天然ウナギ（黄ウナギと銀ウナギ）、通常飼育した養殖ウナギ、大豆イソフラボンで雌化した養殖ウナギ、琵琶湖で採集された放流ウナギに分けて表3にまとめた。

表 3 今年度サンプリングしたウナギの基礎生物学的特性

雌												
採集月	採集地	銀化	個体数	全長	体重	肥満度	眼径指数	鱗長指数	生殖線指数	肝指数	消化管指数	
6月	河川	黄ウナギ	6	57.4 ± 6.7	270 ± 110	1.35 ± 0.14	4.49 ± 0.33	4.23 ± 0.51	0.60 ± 0.15	1.62 ± 0.37	2.63 ± 0.56	
7月	琵琶湖	黄ウナギ	10	73.3 ± 16.2	741 ± 527	1.63 ± 0.29	4.19 ± 0.90	4.75 ± 0.77	0.74 ± 0.38	1.32 ± 0.29	1.86 ± 0.90	
8月	河川	黄ウナギ	12	54.0 ± 11.9	247 ± 147	1.38 ± 0.50	4.11 ± 0.81	4.58 ± 0.64	0.59 ± 0.29	1.19 ± 0.29	2.45 ± 0.60	
	養鰻場	黄ウナギ	7	54.6 ± 1.4	239 ± 10	1.47 ± 0.14	4.67 ± 0.79	4.45 ± 0.41	0.77 ± 0.15	1.23 ± 0.09	0.94 ± 0.18	
9月	浜名湖	黄ウナギ	7	50.2 ± 6.6	179 ± 89	1.33 ± 0.11	3.05 ± 0.62	3.85 ± 0.27	0.50 ± 0.22	1.14 ± 0.25	2.02 ± 0.67	
	浜名湖	銀ウナギ	1	58.8	295	1.45	5.39	4.96	1.62	1.13	0.98	
10月	浜名湖	黄ウナギ	3	49.4 ± 3.3	155 ± 51	1.25 ± 0.15	2.40 ± 0.45	3.81 ± 0.44	0.59 ± 0.34	1.49 ± 0.07	2.59 ± 0.60	
	養鰻場	黄ウナギ	8	55.0 ± 2.4	301 ± 35	1.80 ± 0.16	4.03 ± 0.45	4.23 ± 0.41	0.70 ± 0.17	1.23 ± 0.18	1.02 ± 0.22	
11月	浜名湖	黄ウナギ	3	57.5 ± 7.4	256 ± 63	1.35 ± 0.22	7.82 ± 0.56	5.63 ± 0.36	2.43 ± 0.19	1.30 ± 0.11	0.50 ± 0.09	
	浜名湖	銀ウナギ	9	50.2 ± 4.9	166 ± 75	1.24 ± 0.20	5.44 ± 1.86	4.82 ± 0.61	1.38 ± 0.88	1.23 ± 0.23	1.32 ± 0.95	
12月	浜名湖	銀ウナギ	9	66.6 ± 4.7	450 ± 72	1.53 ± 0.19	5.65 ± 0.81	5.39 ± 0.60	2.69 ± 0.38	1.05 ± 0.12	0.57 ± 0.15	
雄												
採集月	採集地	銀化	個体数	全長	体重	肥満度	眼径指数	鱗長指数	生殖線指数	肝指数	消化管指数	
8月	養鰻場	黄ウナギ	9	56.3 ± 1.8	309 ± 30	1.74 ± 0.18	4.90 ± 0.55	4.42 ± 0.32	0.15 ± 0.07	1.32 ± 0.19	1.18 ± 0.16	
9月	浜名湖	黄ウナギ	3	50.5 ± 4.5	199 ± 63	1.50 ± 0.10	3.44 ± 0.33	4.19 ± 0.36	0.12 ± 0.02	1.27 ± 0.06	1.72 ± 0.34	
10月	浜名湖	黄ウナギ	1	51.3	144	1.06	2.71	3.47	0.07	1.38	2.49	
	浜名湖	銀ウナギ	4	52.4 ± 1.5	221 ± 34	1.54 ± 0.15	5.11 ± 1.05	5.43 ± 0.60	0.29 ± 0.08	1.49 ± 0.14	1.32 ± 0.23	
11月	養鰻場	黄ウナギ	8	53.6 ± 1.3	247 ± 21	1.60 ± 0.08	4.94 ± 0.81	4.67 ± 0.35	0.22 ± 0.05	1.19 ± 0.10	0.75 ± 0.12	
	浜名湖	黄ウナギ	5	46.6 ± 4.5	147 ± 53	1.41 ± 0.18	6.04 ± 1.53	4.94 ± 0.74	0.32 ± 0.09	1.25 ± 0.16	0.89 ± 0.68	
	浜名湖	銀ウナギ	2	47.9 ± 1.3	145 ± 0	1.32 ± 0.10	3.94 ± 1.98	5.09 ± 0.38	0.43 ± 0.08	1.19 ± 0.05	0.60 ± 0.05	

天然ウナギと養殖ウナギの生殖線と消化管の組織学的解析

各個体の生殖線の発達段階を区分したところ、卵巣は周辺仁期から第一次卵黄球期まで、精巣は前期増殖期から精母細胞期までが認められた。各発達段階の出現時期を表4にまとめた。浜名湖では銀ウナギが多く捕獲され、これらの出現する9月以降にはそれ以前よりも発達の進んだ生殖腺、すなわち雌では第一卵黄球期、雄では精母細胞期のものが観察されるようになった。ただし、全ての生殖腺が進んだ発達段階にあるのではなく、浜名湖の11月の雌では周辺仁期の個体が5尾認められた。養鰻場の個体では、いずれの時期でも第一次卵黄球期や精母細胞期の生殖腺は見られなかったが、秋にはやや発達が進む個体が多くなる傾向にあった。

表 4 サンプリング時期と生殖腺の発達段階

		浜名湖流入河川				浜名湖				琵琶湖			
		6月	8月	9月		10月	11月		12月	7月		8月	11月
		Y	Y	Y	S	Y	S	Y	S	Y	S	Y	Y
卵巣	周辺仁期	1	2	4		1	1	5		3			
	油球期初期	5	7	2		1				3		3	1
	油球期中期		3	1						1		3	5
	油球期後期							1	1			1	2
	第一次卵黄球期				1			1	5	8			
精巣	前期増殖期			3		1						4	
	後期増殖期						1	1				5	7
	精母細胞期					1	2	3	2				

Y、黄ウナギ；S、銀ウナギ

消化管重量の変化に伴い、その組織構造がどのように変化するのか調べた。まず、GI と GSI、銀化指数との関係を見ると（図 6）、天然個体では銀化指数が Y1 や Y2 といった黄ウナギから S0 以降の銀ウナギに進むに従って GSI が増加し、GI が減少する傾向にあった。一方、養殖ウナギでは、GI は天然の黄ウナギと銀ウナギの中間程度であった。

消化管断面は大まかに 5 つの構造で区分される（図 7）。天然の黄ウナギ（図 7-A、C、E）と比べて天然の銀ウナギ（図 7-B、D、F）では粘膜層とそれが大部分を占める襞、そして筋肉層の厚さが大きく減少しており、このことが GI の減少をもたらしたと考えられた。一方、銀ウナギの粘膜下層では、厚さに大きな減少は見られず、この層を縦走する血管断面が目立って観察された。銀化に伴ってニホンウナギは摂餌をやめ、海水に入る。消化管内での消化や吸収、食物の輸送と関連する粘膜や複雑な襞構造、筋肉層が退行する代わりに、イオンや水分の輸送に関わる血管が発達した可能性が推察される。

他方、養殖の黄ウナギ（図 7-G）では、周年を通して粘膜層や筋肉層が天然の黄ウナギよりも薄い傾向にあった。これについては餌の違いによる可塑的な変化と思われるが、精査が必要である。養殖黄ウナギの一部では、（図 7-G）のように粘膜下層に血管が認められた。この個体は 11 月にサンプリングされ GI も低いことから（図 6-個体 c）、銀化しつつあった可能性が高い。したがって、必ずしも海水に入ることによって浜名湖の銀ウナギのような消化管への形態変化が起こるわけではないことが示唆された。

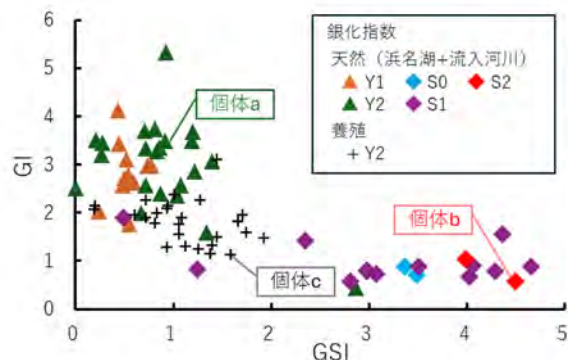


図 6 2025 年サンプリング個体の GI と GSI、銀化指数との関係

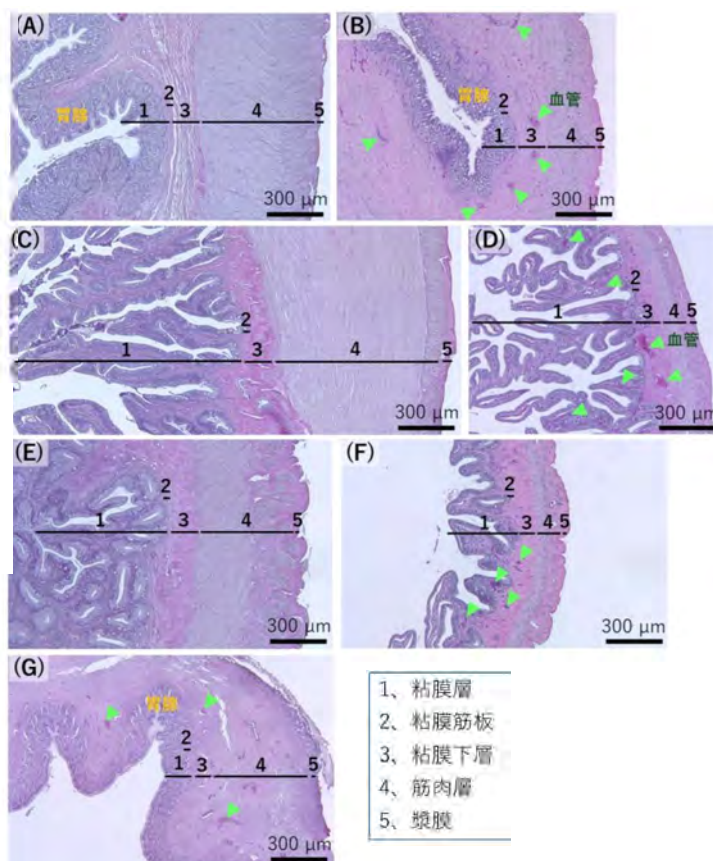
GSI と GI は次式による。

$$GSI = GW(g) / (TL(cm))^3 \times 10^5$$

$$GI = GIW(g) / (TL(cm))^3 \times 10^5$$

図 7 天然（浜名湖とその流入河川）と養殖ウナギの消化管の横断面の組織像

A、C、E は天然の黄ウナギ（個体 a、61.2 mm TL、Y2 ステージ）、B、D、F は天然の銀ウナギ（個体 b、61.9 mm TL、S2 ステージ）、G は養殖の黄ウナギ（個体 c、56.6 mm TL、Y2 ステージ）。A と B と G は胃、C と D は中腸、E と F は直腸。



天然ウナギと養殖ウナギのメタボローム解析

筋組織を用いた代謝プロファイルにおける主成分分析（PCA）の結果、第 2 主成分（PC2、寄与率 11.9%）において、養殖個体と天然個体が明確に分離された（図 8）。路地池の個体は両者の中間的なプロファイルを示した。また PC2 のローディングプロットおよびシグナル強度の比較より、以下の特徴が明らかとなった（図 9）。養殖個体において必須アミノ酸であるリジン（Lys）が顕著に高かった。これは、養殖用飼料にリジンが豊富に含まれていることに由来する可能性が考えられた。天然個体では、L-2-アミノアジピン酸（L-2-Aminoadipate、リジン代謝の中間体）、クレアチン（Creatine）、カルニチン（Carnitine）の強度が高かった。クレアチンやカルニチンはエネルギー代謝に関連する物質であることから、天然環境下における高い運動量や、環境ストレスの負荷を反映していることが示唆された。

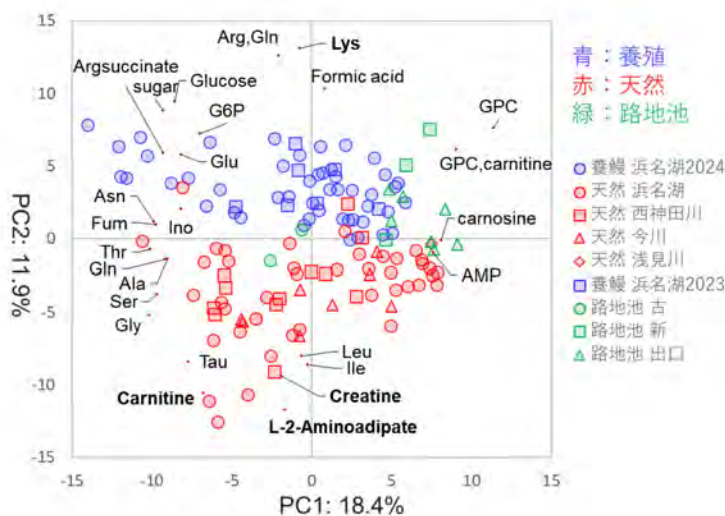


図 8 筋組織における PCA スコアプロット

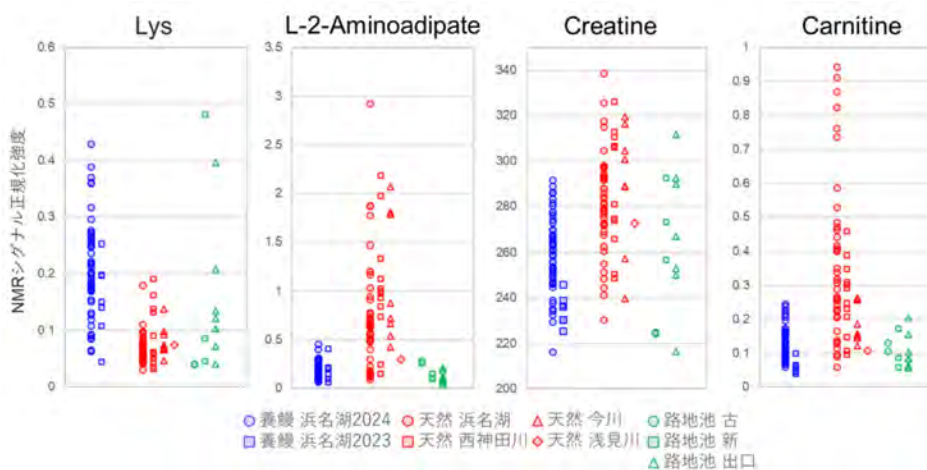


図 9 主要代謝物の NMR シグナル正規化強度

第1主成分（PC1、寄与率 18.4%）において、銀化指数および体重の増加に伴う代謝プロファイルの変動が確認された。銀化の進行およびサイズの増大に伴い、グリセロホスホコリン（GPC）の増加が見られ、またグルコース（Glucose）は減少傾向にあった（図10）。これらの変動は、銀ウナギへの移行期における絶食の影響や、変態に伴う生理的变化を反映していることが示唆される。ただし、本解析では成熟（銀化）の影響とサイズ（成長）の影響を区別することは困難であった。浜名湖水系内（湖および各河川）の地点間比較を行ったが、現在のサンプル数および解析条件では、湖と河川を明確に区別する代謝プロファイルの差異は確認されなかった。

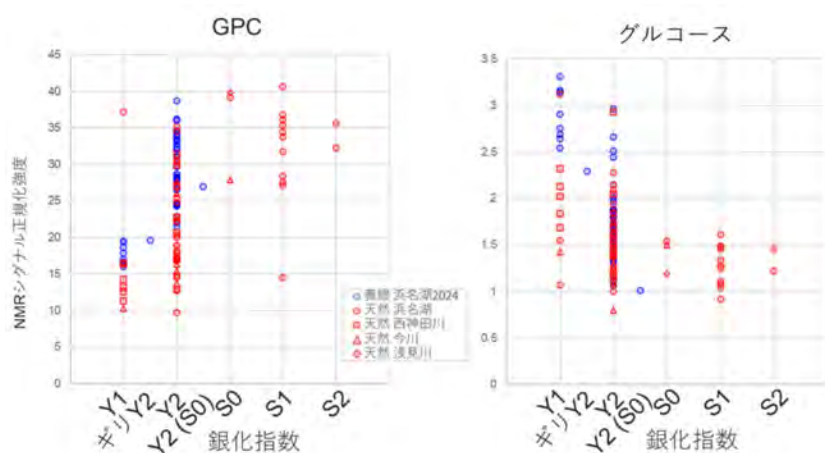


図10 成熟および成長に応じて変動する代謝物

また、血清を用いた解析では、筋組織と同様に銀化に伴う GPC 増加などの傾向が一部で確認された。しかし、全体として個体差によるばらつき（外れ値）が大きく、天然・養殖の判別や成熟関連物質の特定において、筋組織ほど明瞭な結果は得られなかった（図11）。

NMR メタボロミクス解析を用いることで、筋組織中の特定代謝物（リジン、クレアチン、カルニチン等）を指標として、ウナギの天然・養殖を明瞭に判別可能であることが示された。また、銀化や成長に伴う生理状態の変化（GPC 増加、グルコース減少）も捉えることに成功した。今後、養殖種苗を放流している琵琶湖産の個体を解析し、そのプロファイルが天然型（環境要因）に近づくか、養殖型（出自要因）の特徴を維持するかを検証する。また血清解析では個体差によるばらつきが大きく、明確な判別が困難であった。しかし、資源保護や同一個体での経時的な評価を行う観点からは、筋肉採取を伴わない評価法が望ましい。サンプリングや測定・解析手法の改善を図り、非侵襲的な評価法としての確立を引き続き目指す。

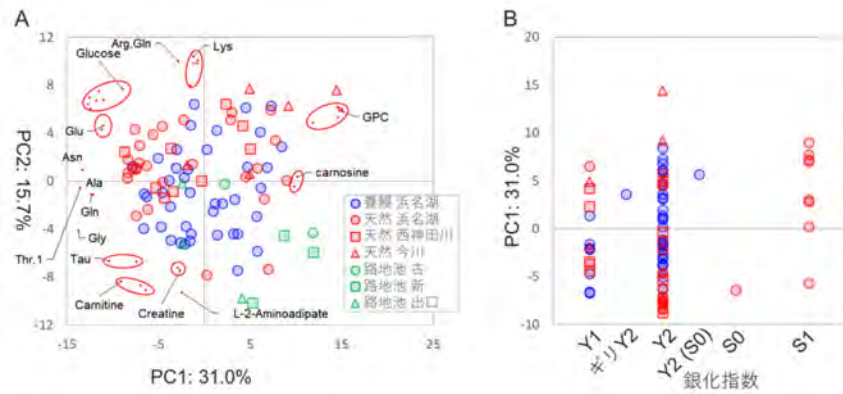


図 11 血清分析による養殖・天然および成熟との関係 (A: PC1 vs PC2, B: 銀化指数 vs PC1)

天然ウナギと養殖ウナギの行動学的差違

図12および13は、GAMでモデル化した養殖ウナギおよび天然ウナギのパイプ外での活動率の推移を示す。天然ウナギに加えて、養殖ウナギにおいても、明期より暗期のほうが活動率は高い傾向があった。ただし、養殖ウナギのうち1個体 (F7) は、1回目の暗期以降において、明暗に関わらず一度もパイプを利用しなかった。そこで、養殖ウナギF7は異常な個体であると判断し、この個体は日周性の解析から排除した。

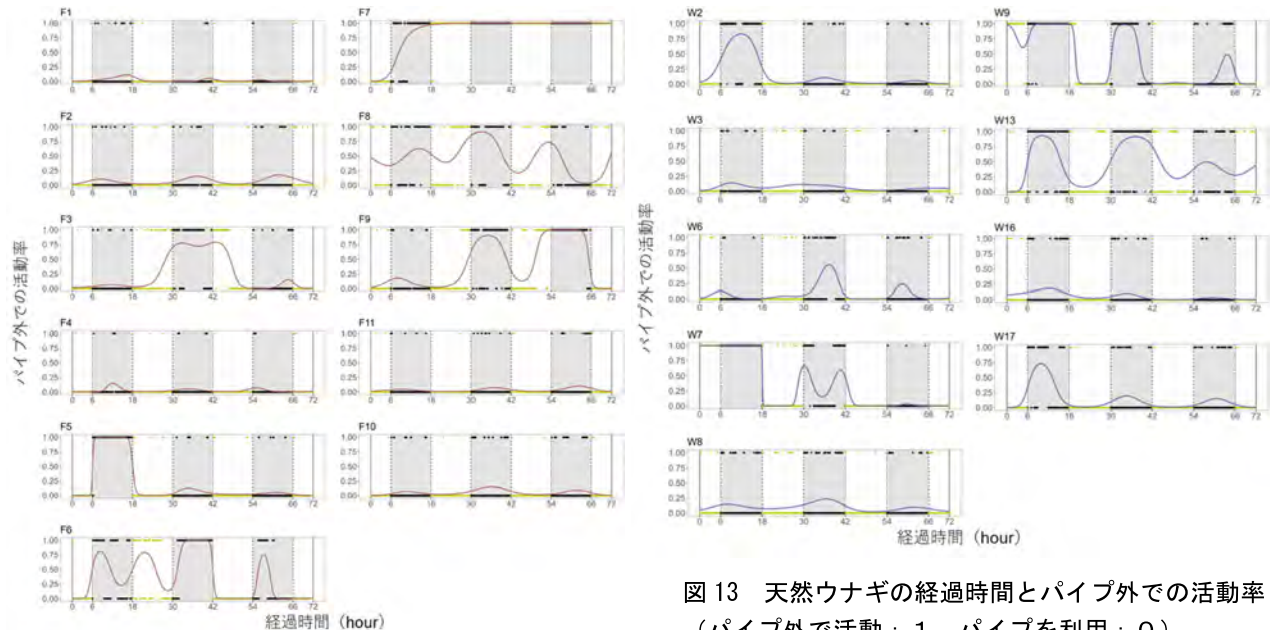


図 12 養殖ウナギの経過時間とパイプ外での活動率 (パイプ外で活動: 1, パイプを利用: 0)

各図の左上の数字は各個体の ID を示す。実線は GAM により推定された平滑化曲線を示す。

図 13 天然ウナギの経過時間とパイプ外での活動率 (パイプ外で活動: 1, パイプを利用: 0)

各図の左上の数字は各個体の ID を示す。実線は GAM により推定された平滑化曲線を示す。

養殖ウナギと天然ウナギの活動の日周性に関してGLMMを用いて解析した結果、明暗に有意な関係が見られ、その係数は負の値であった（表5）。このことは、暗期のほうがパイプ外での活動率が高く、飼育実験下でも、供試魚は夜行性が維持されていることを示している。明暗と由来の交互作用にも有意な関係が見られ、その係数は負の値であったことから、明期において、天然ウナギは養殖ウナギに比べて、パイプ外での活動率が低下することが明らかとなった。これは、明るい時間における養殖ウナギの活動性は、天然ウナギに比べて高いことを示している。GLMMから推定された明期、暗期における養殖ウナギと天然ウナギのパイプ外での活動率を比較したところ、明期における天然ウナギと養殖ウナギの活動率には有意な差は確認されたものの、その差はわずかであったと考えられる（図14）。

表 5 活動の日周性に関する GLMM の係数

	Estimate	SE	Zvalue	Pvalue	
(切片)	-2.102	0.451	-4.666	<0.001	*
明暗（明: 1, 暗: 0）	-1.299	0.066	-19.748	<0.001	*
由来（天然: 1, 養殖: 0）	-0.368	0.660	-0.558	0.577	
明暗:由来	-0.304	0.107	-2.841	0.005	*

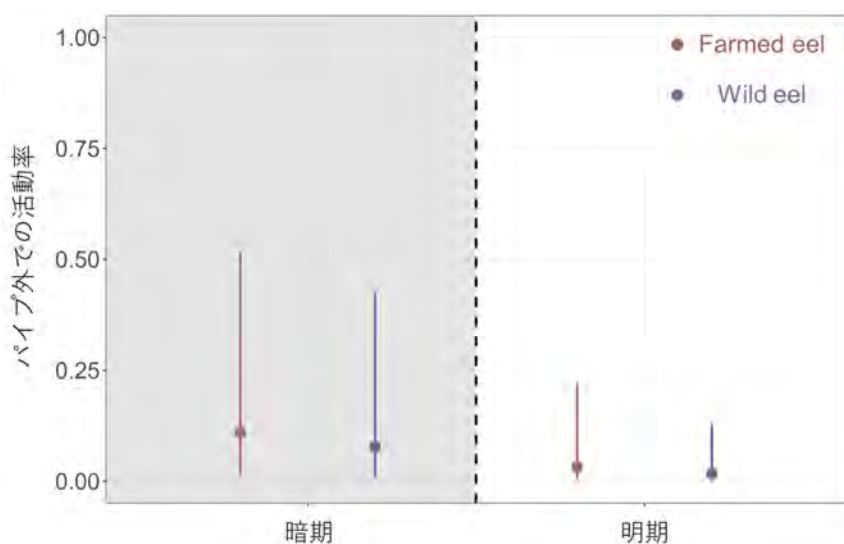


図 14 天然ウナギと養殖ウナギのパイプ外での活動率（パイプ外で活動：1，パイプを利用：0）の比較
赤色は養殖ウナギ、青色は天然ウナギの結果を示す。点は推定値、線は 95%

パイプ外での活動率と経過時間との関係を把握するためのGLMMを用いて解析したところ、養殖ウナギと天然ウナギの双方において、パイプ外での活動率は経過時間と有意な負の関係が見られた（表6, 7, 図15）。このことは、水槽に導入した直後の活動性が高いことを示している。

本実験は、実験水槽に養殖ウナギあるいは天然ウナギを放流したと捉えることができる。養殖ウナギの移動性は、放流直後に高いことが報告されており (Takeuchi et al., 2026)、河川間で移送放流した天然ウナギにおいても同様であることを確認している (竹内 未発表)。そのため、野外における放流直後に移動性が高いことが、飼育実験下でも活動性の高さという形で再現された可能性がある。さらに、パイプ外での活動率と経過時間との関係は、暗期において顕著であった。また本実験から、養殖ウナギは天然ウナギと同様に夜行性を示したものの、明期の養殖ウナギの活動性は天然ウナギに比べて有意に高いことが明らかとなった。しかし、その差異はわずかであるため、その対策を施した放流手法による効果は乏しいことが考えられる。さらに、飼育実験では、異常な行動を示した養殖ウナギ (F7) も確認された。このような個体が放流された場合には、被食などにより速やかに淘汰されることが考えられる。そのため、このような個体の選別技術の開発が求められる。以上のように本実験から得られた一連の結果は、これまでの放流した養殖ウナギの野外調査で観察された移動特性と一致するものであった。

表 6 養殖ウナギにおける活動率と経過時間との関係を把握する GLMM の係数

	Estimate	SE	Zvalue	Pvalue	
(切片)	-1.011	0.454	-2.228	0.026	*
経過時間	-0.013	0.001	-14.239	<0.001	*
明暗 (明: 1, 暗: 0)	-1.822	0.059	-31.068	<0.001	*
明暗:経過時間	0.014	0.001	9.787	<0.001	*

表 7 天然ウナギにおける活動率と経過時間との関係を把握する GLMM の係数

	Estimate	SE	Zvalue	Pvalue	
(切片)	0.793	0.417	1.903	0.057	
Elapsed time(ET)	-0.054	0.001	-49.968	<0.001	*
明暗 (明: 1, 暗: 0)	-2.710	0.063	-42.781	<0.001	*
明暗:経過時間	0.014	0.002	7.486	<0.001	*

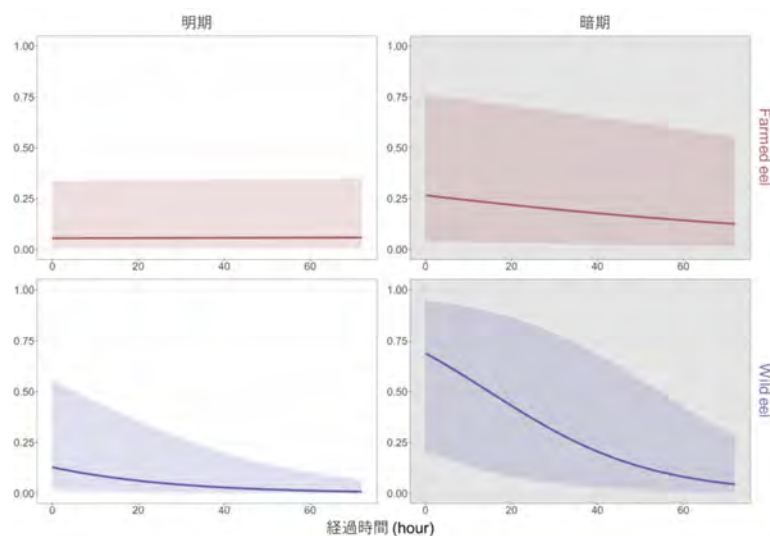


図 15 天然ウナギと養殖ウナギのパイプ外での活動率と経過時間との関係。赤色は養殖ウナギ、青色は天然ウナギの結果を示す。実線は推定値、網掛けは 95%信頼区間を示す。

低温海水処理の効果

GSI は、雌雄共に、海水・低温区で平均値が最も高かったが、試験開始時に対して統計的に有意差があったのは雌のみであった（図 16）。

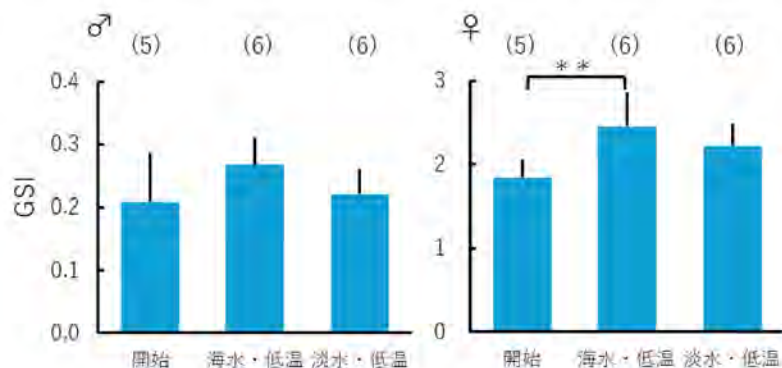


図 16 海水・低温または淡水・低温の条件で 50 日間畜養した養殖ウナギの GSI の変化
開始時との GSI の違いは Dunnett test による（対立仮説は、開始＜）。* * は $P < 0.01$ を表す。

銀化指数は、開始時では淡水・低温区の雄 1 尾のみが S0 で、それ以外の 23 尾は Y2 であった（図 17）。一方終了時は、淡水・低温区では 12 尾全てが Y2 であったのに対して、海水・低温区では 50%以上の 9 尾が S0 とより進んだステージとなった。

GSI と銀化指数は、海水・低温区でより外観や生殖腺の発達が進む傾向にあった。但し、生殖腺の発達段階や卵径については試験区間で明らかに大きな差は認められず、特に海水・低温区の雌における GSI の増加に対して卵母細胞の発達や卵径からは必ずしも十分な説明が出来なかった。

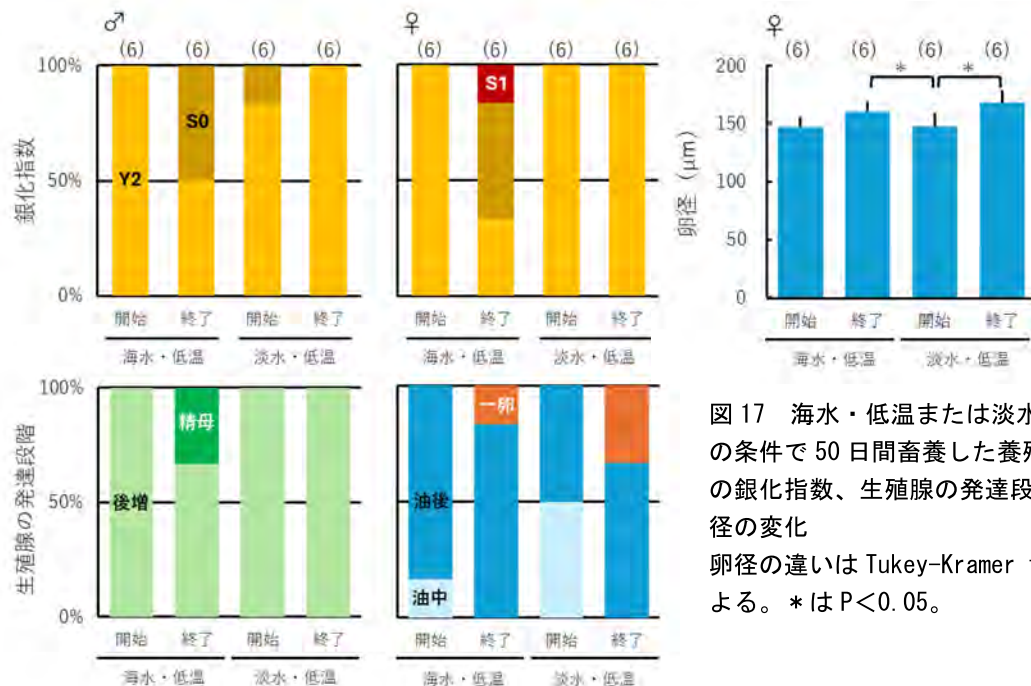


図 17 海水・低温または淡水・低温の条件で 50 日間畜養した養殖ウナギの銀化指数、生殖腺の発達段階、卵径の変化
卵径の違いは Tukey-Kramer test による。* は $P < 0.05$ 。

得られたステロイドホルモンの濃度は、図17のとおりである。11-KT、E2、Tのいずれも、雌雄共に、海水・低温区で最も高い傾向にあった。ヨーロッパウナギの雌では、E2と合成されたメチルテストステロンを投与すると、それぞれ単体での投与よりも外観の銀化や卵巣の発達がより進むことが知られており (Palstra et al., 2022)、外観の変化に関しては今回の試験結果はこの知見とも一致する。一方で生殖腺の発達に関しては、GSIは海水・低温区で高い傾向にあったものの（雌では開始時に対して有意に増加）、生殖腺の発達段階や卵径においては外観やステロイドホルモンの結果と異なっており、試験区間ではっきりとした差が認められなかったため、より精査が必要である。

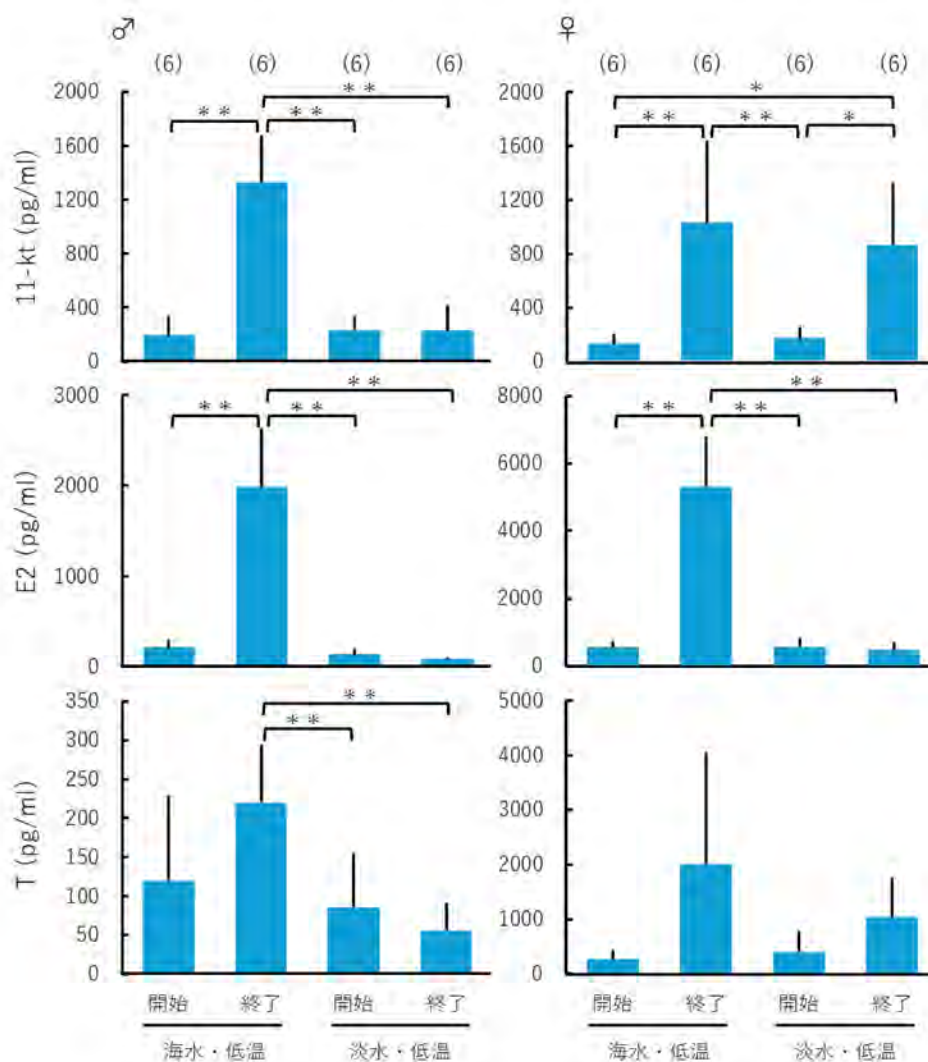


図 17 海水・低温または淡水・低温の条件で 50 日間畜養した養殖ウナギのステロイドホルモン (11-KT、E2、T) 量の変化
ホルモン量の違いは Tukey-Kramer test による。* は $P < 0.05$ 。

露地池での成長、生残、餌料

1) 成長と生残

露地池に放流後、捕獲された個体の放流時と捕獲時の全長推移を図18に示した。種苗（ヒネ、新仔雌、新仔）に依らず、旧池における成長は新池に比べて速い傾向にあった。また、放流年の年内に捕獲された場合には、旧池では成長が見られることが多かったのに対して、新池では、成長が停滞している個体が多く見られた。旧池では、2023年放流群の成長の速い個体は1年後の秋には全長60cmを超えていた。

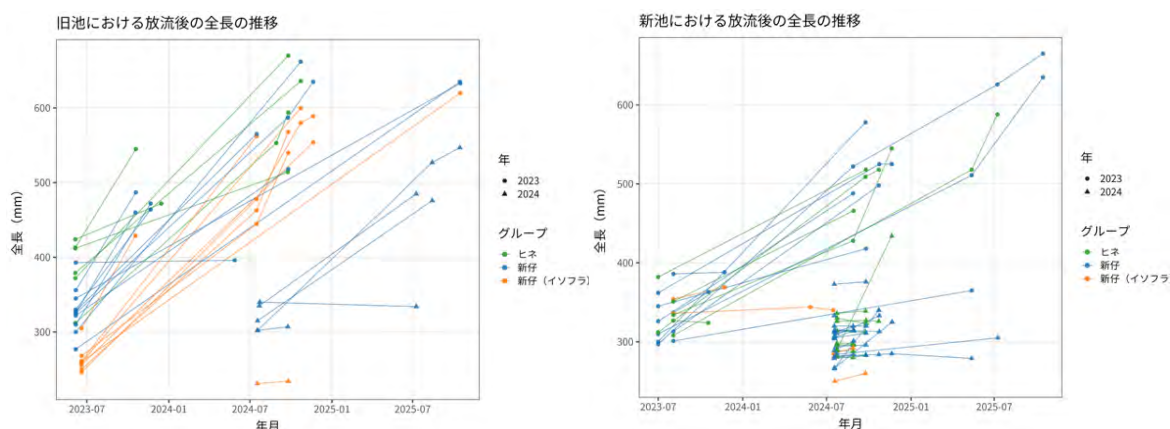


図 18 放流後に捕獲された個体の放流時と捕獲時の全長推移

Cormack-Jolly-Seber の残存率と捕獲率のモデルでは、池種（新池、旧池）および放流年によって、最良モデルに採用される説明変数は多少異なったが、残存率については種苗種がいずれも選択された（表 8）。

表 8 各池における Cormack-Jolly-Seber 法でのモデル選択結果

放流年	池	残存率の最良モデル	捕獲率の最良モデル変数
2023年	旧池	残存率 ~ 種苗種	捕獲率 ~ 放流後時間
	新池	残存率 ~ 種苗種	捕獲率 ~ 放流後時間
2024年	旧池	残存率 ~ 種苗種 + 放流直後の期間	捕獲率 ~ 1
	新池	残存率 ~ 種苗種	捕獲率 ~ 1

図 19 に種苗由来ごとの推定残存数の推移を示す。2023 年放流群は、新池・旧池ともに、緩やかな残存数の減少傾向が見られる一方、2024 年放流群は、放流直後からの急激な減少傾向が見られた。また、種苗種別では、各年各池ともに、新仔群が他の群に比べて、残存率がやや高い傾向が見られた。ただし、本解析は、再捕獲個体数が少なかったため、傾向として捉える程度にとどめておく必要がある。

2024 年放流群は、2023 年放流群に比べて急激な減少傾向が見られた。2023 年は、標識放流個体数が各種苗 86-97 個体であったが、2024 年は、標識放流個体数が各種苗

223-376 個体と 2 倍以上多かった。両池ともに、標識放流個体以外にも養殖場からヒネ個体が不定期に収容されていることから、池内のウナギ個体数密度については不明ではあるが、2024 年は過密状態となり池の収容力を超え、残存率の低下が起こった可能性が一因として考えられる。捕獲調査において捕獲された大型個体から小型ウナギが吐き出され、小型ウナギから PIT タグが検出された事例も数例あった。収容力を超え、大型個体が占有した状況での新たな池入れは、残存率の低下を大きくしている可能性があるものと推察された。これらを踏まえると、少給餌の半自然条件の露路池では、多くの大型ウナギを生産することは難しいものと考えられた。露路池で高生産性を維持して銀ウナギを作出するためには、今後、①給餌を十分に行う露地池とし、高生残で小型個体から育成する、②ハウスで十分成長した大型ウナギとなってから露地池に収容し、露路池では成長を見込まずに銀ウナギとして成熟するまでの自然馴致場として利用する、といった 2 つの選択肢が考えられた。露路池で得られた銀ウナギが、天然個体と遜色ない生理状態であるかについても合わせて検討し（次セクションで後述）、生産性および銀ウナギの質として十分な条件を模索していく必要がある。

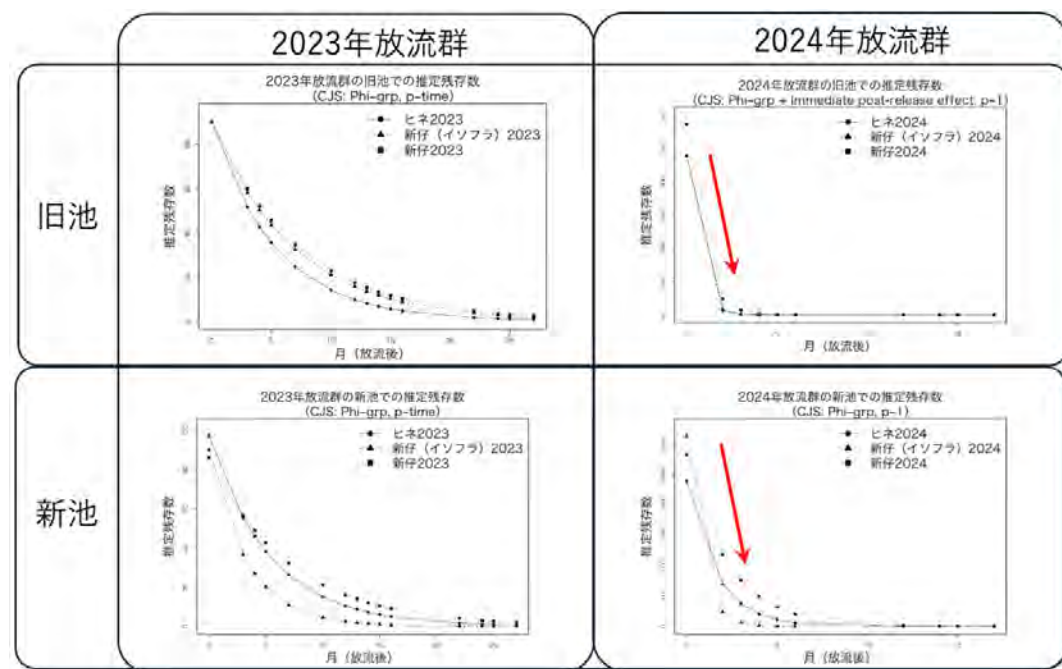


図19 各池における推定残存数の推移

2) 餌料

旧池と新池の2つの露地池における炭素と窒素の安定同位体比の関係を図20に示す。なお今回は、露地ウナギ（露地池に放流された養殖ウナギ）の体表粘液については、ヨーロッパウナギで体表粘液と筋肉は近い値を示すという知見（Boardman et al., 2022）を踏襲し、粘液の同位体比そのものを補正せずに利用した。一般に、生物が特定の餌を食べた場合に増加する濃縮係数として、炭素では0.8‰、窒素では3.4‰の値が用いられる。露地ウナギのプロットを見ると、練餌用飼料や顆粒状飼料を摂餌していればそれらよりも右上に位置するプロットが、炭素ではより左に、窒素では2つの飼料の間に位置している。粘液が餌の安定同位体比を短期間で反映するとされることを踏まえると、池に放流された養殖ウナギは、配合飼料を摂餌しながら、併せて生物餌料も摂餌していると考えられる。なお、天然加入と思われるクロコ1尾についても旧池の図でプロットしているが、位置から見てトビケラやユスリカの幼虫を食べていることが推察された。

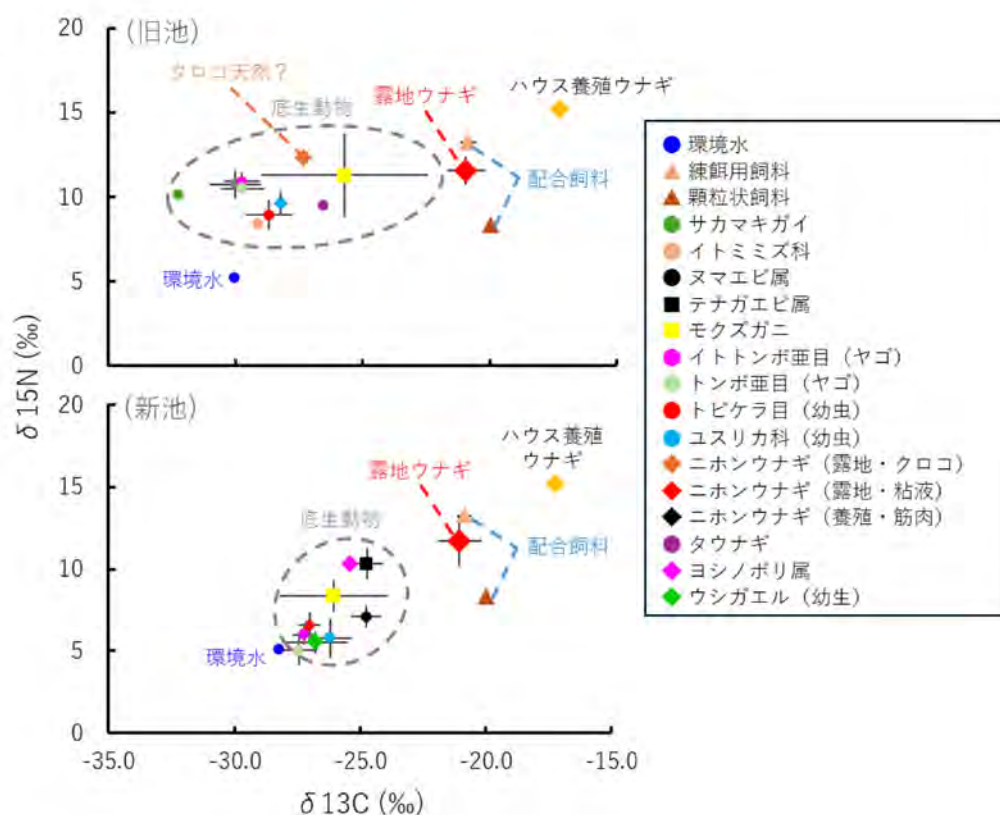


図20 露地池ウナギと底生動物、給餌された配合飼料等の炭素・窒素安定同位体比
各サンプルにおけるプロットと横棒と縦棒は、それぞれ平均値と標準偏差を表す。

今回の分析に用いた露地ウナギ20尾の以前の捕獲・測定データから成長速度を算出し（表9）、安定同位体比との関連を整理したところ、窒素、炭素共に、成長速度の速い個体では安定同位体比の値が低く、成長速度の遅い個体では安定同位体比の値が高

い傾向にあった（図21）。このことについては2つの要因が考えられ、1つは、成長の停滞した個体では絶食に伴う蛋白質の利用に伴って、軽い同位体の ^{14}N や ^{12}C が代謝により先に使われて安定同位体比が高くなった可能性である（Doi et al., 2017）。一方で、成長の速い個体は配合飼料だけでなく、安定同位体比の低い底生動物も摂餌していた可能性がある。池の環境に順応して配合飼料や底生生物を摂餌出来た個体が速い成長を得た可能性がある。

表 9 露地池ウナギの放流履歴と全長、成長速度、粘液の炭素・窒素同位体比

池	放流後の日数	粘液採取時の 全長 (mm)	前回採捕時からの 成長速度 (mm/日)	粘液の安定同位体比	
				$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$
旧池	506	636	0.5 [506]	11.7	-22.0
旧池	492	600	0.7 [492]	11.1	-21.1
旧池	不明 (55日以上)	435	0.0 [29]	12.0	-19.6
旧池	不明 (55日以上)	505	0.1 [28]	13.0	-19.9
旧池	不明 (55日以上)	522	1.2 [29]	11.2	-21.0
旧池	492	580	1.0 [99]	11.2	-21.2
旧池	不明 (55日以上)	437	0.2 [29]	13.1	-20.0
旧池	492	589	1.1 [99]	10.7	-21.4
旧池	520	554	0.6 [520]	10.8	-21.6
旧池	476	635	0.8 [57]	11.0	-21.3
旧池	不明 (55日以上)	535	0.5 [28]	11.2	-21.0
新池	96	284	0.0 [96]	14.3	-20.8
新池	447	498	0.4 [447]	11.5	-22.5
新池	不明 (148日以上)	446	0.3 [148]	11.0	-22.1
新池	不明 (29日以上)	491	0.4 [29]	11.0	-21.4
新池	451	518	0.3 [29]	10.1	-21.0
新池	不明 (29日以上)	534	0.0 [29]	13.5	-19.9
新池	不明 (148日以上)	408	-0.1 [148]	13.1	-19.9
新池	481	525	0.3 [481]	10.2	-21.4
新池	不明 (56日以上)	553	0.2 [56]	10.8	-20.5

成長速度における[]内の数値は前回採捕時からの日数

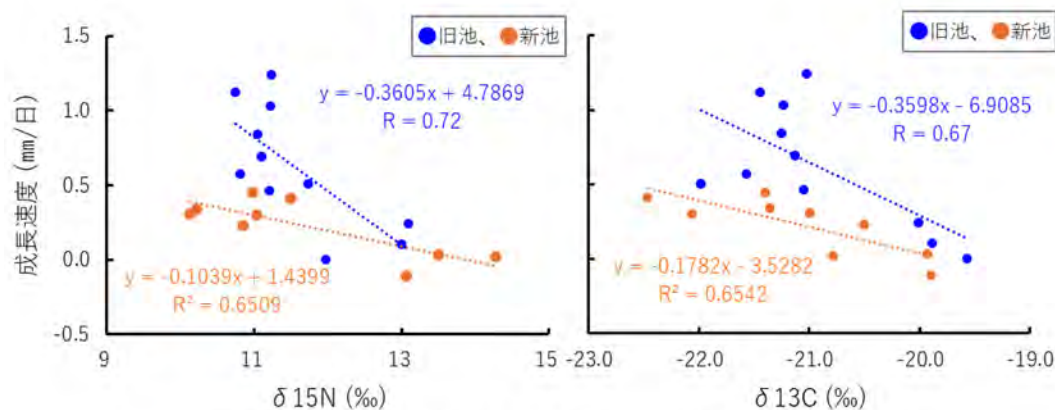


図 21 露地池ウナギの成長速度と窒素および炭素の安定同位体比

銀化誘導した露地池の養殖ウナギの特徴

銀化誘導した露地池のウナギにおける銀化指数とGSIの結果を図22に示す。なお、図中の”解剖銀化終了”とは、銀化誘導終了時の解剖個体のうち、浜名湖の銀ウナギとの比較を行うために銀化指数S0以上の銀化個体から得たデータであることを示す。粗放露地池と管理露地池のこれらの個体と浜名湖の天然個体では、銀化指数は露地池の個体でそれぞれ全個体と60%で最も進んだステージのS2であったのに対して、浜名湖の個体では25%のみがS2であった（図22-A）。一方GSIでは、露地池のS2個体であっても、浜名湖のS1個体よりも低いGSIを持つ個体が多い傾向にあった。但し粗放露地池では、1尾ながらGSI4.5と浜名湖の個体と遜色ない個体も得られた（図22-B）。露地池の個体の卵巣の発達段階や卵径は天然個体ほど発達していない傾向にあったので（図23-A、B）、低いGSIは天然より未熟な卵の状態によることが推察された。

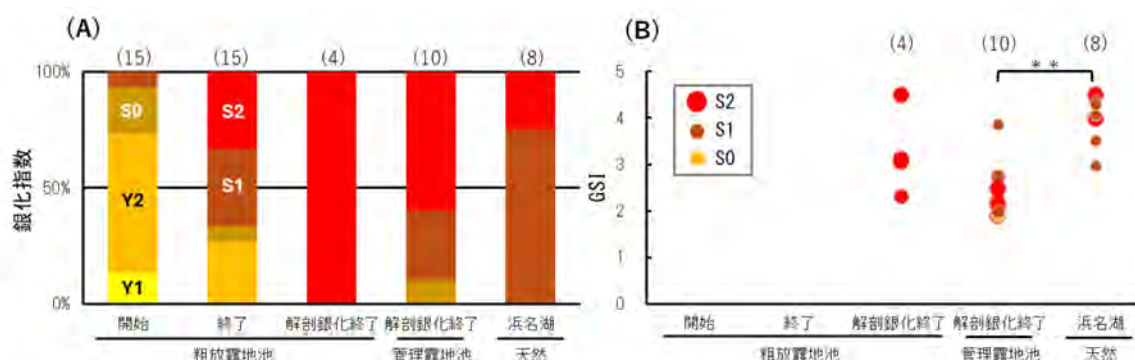


図 22 露地池の養殖ウナギの銀化状況 (A) および GSI (B) の浜名湖天然ウナギとの比較
() 内の数字はサンプル数。Y1, Y2, S0, S1, S2 は銀化指数。* * は有意差を表す
(Tukey-Kramer test, $p < 0.01$)。

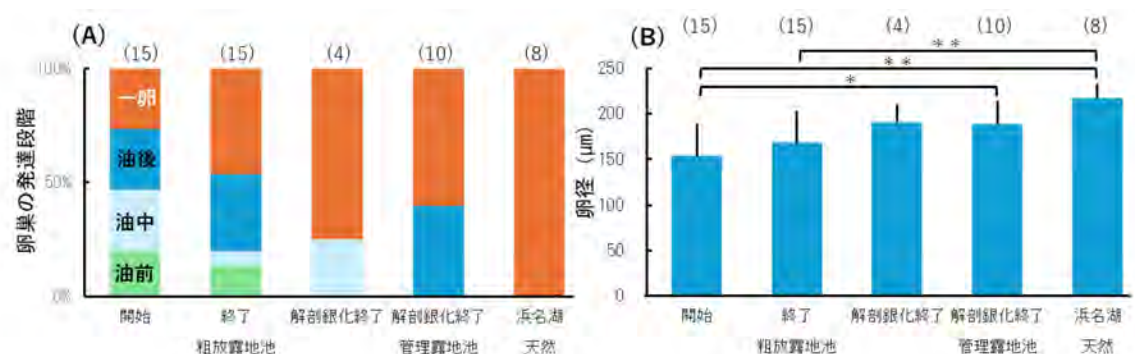


図 23 露地池の養殖ウナギの卵巣の発達段階 (A) と卵径 (B) の浜名湖天然ウナギとの比較
() 内の数字はサンプル数。* または * * は有意差を表す (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$ または $p < 0.01$)。

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	「①ニホンウナギ等の資源増殖手法の高度化」のうち、放流適地の検討、汲み上げ放流の有効性の検討 ―愛媛県の河川を主とした調査―		
担 当 者	井上幹生・畑啓生・大戸夢木・三宅洋（愛媛大学） 棟方有宗（宮城教育大学）、日本養鰻漁業協同組合連合会		

令和 7 年度の成果の要約：

愛媛県の河川において、黄ウナギの放流効果に関する調査と遡上ウナギ稚魚（シラス・クロコ）の汲み上げ放流に関する調査を行った。黄ウナギ放流効果に関する調査では、令和 6 年度（2024）に開始した 7 ヶ所での標識再捕調査を継続するとともに、新たに 3 河川で標識再捕調査を行った。2024 年開始の調査では 7 月に標識個体を放流し、その後、同年 10 月、翌 2025 年 3 月に再捕を行ったが、7 月の放流により上昇したウナギ密度は翌年 3 月までに放流前と同程度またはそれ以下まで低下し、養殖放流個体はほとんど残存しないことが示された（1-3 個体：再捕率 0.7-2.0%；7 ヶ所中 4 ヶ所で消失）。2025 年に 3 河川で新たに開始した標識再捕調査では、放流密度を低くし、再捕範囲を広げたが、その結果、2024 年度調査よりも再捕率、成長率ともに上昇した。これら 2 年の結果をあわせて、残存率および成長率とウナギ密度との関係を検討した結果、養殖ウナギの放流密度がその後の残存、成長に影響する可能性が示唆された。

遡上ウナギ稚魚に関しては、2024 年度より行っている感潮域での個体数密度動態に関する調査を継続するとともに、感潮域で採捕された稚魚を上流側に移送・放流する汲み上げ放流を 2 河川で行った。遡上動態調査では、感潮域においては遡上稚魚は 3 月頃より急増し、4 月頃をピークにその後次第に減少し、7 月には 3 月の新規加入以前と同レベルの密度まで低下することが示された。感潮域より上流側の淡水域での調査では、ウナギ稚魚は 7 月頃には河川淡水域に遡上し、その後、9 月にはいくつかの低い堰堤を越えて、約 1 km 上流（調査河川においては生息域上流端付近に相当）まで分散する様子をとらえることができた。汲み上げ放流については、2 つの河川で、5 - 6 月に全長 5.5 cm 前後のウナギ稚魚を感潮域から上流側へと移送・放流し、6 月末と 9 月に再捕を行ったが、9 月におけるそれぞれの河川での残存率は 20%と 36%と推定され、どちらの河川でも全長 12cm 前後まで成長していた。

背景：

近年、ニホンウナギの稚魚（シラスウナギ）の漁獲量は低水準にあり、平成 26 年 6 月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 I B 類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の回復が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、本種の資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

（１）全体計画

目的：

河川等の環境とニホンウナギ（以下、ウナギと呼ぶ）資源の現状にかかわる知見を収集・分析し、漁場環境に応じた資源の適切な増殖手法等について検討する。

方法：

ウナギの放流試験を実施し、放流適地の検討を行うとともに。新たな放流手法（汲み上げ放流）の開発を行う。また、ウナギの好適生息場所の探索手法を検討する。

期待される成果：

ウナギの増殖効果を高める手法に資する知見が得られる。

（２）当該年度の計画

【放流適地の検討】

目的：

複数河川において、在来天然ウナギ密度の異なる区間でウナギの標識再捕調査を行い、成長および残存とウナギ密度との関係を検討する。それにより、堰堤上流等、ウナギ未利用水域のほう放流効果が高いであろうという仮説、すなわち、在来天然ウナギ密度が低い区間ほど残存率および成長率が高くなるという予想を検証する。

方法：

愛媛県の7つの調査地において、令和6年度（2024）7月より開始した標識再捕調査（養殖ウナギと現地で採捕した天然ウナギの2タイプを標識放流）を継続した。また、別の3河川において、新たな標識再捕調査を開始した。

2024年度実施の標識再捕調査より、養殖放流ウナギでは再捕率（残存率）、成長率

ともに極めて低いことが明らかになっている（再捕率は多くの場合、3%未満、成長率はほとんどの再捕個体でマイナス値）。その要因として、再捕範囲の狭さおよび放流密度の高さが考えられたので、今年度（2025）開始の標識再捕調査では、再捕範囲を広くするとともに（2024年の調査では再捕範囲500mに対して、2025年調査では最大2765 m）、放流ウナギ密度を低めに設定した（2024年では100 m²あたり6・15個体に対して、2025年では4個体未満）（表1, 2）。なお、今年度（2025年）の調査では、養殖ウナギのみを用いて標識再捕を行い、天然ウナギには標識しなかった。

表1. 調査時期と調査地設定

	*放流日・夏	再捕日1・秋	再捕日2・翌春	調査地設定
2024年開始調査	2024	2024	2025	
国近 上	7/23 (7/05)	10/22	3/19	2024年では、原則、放流区間300 m、再捕区間500 mとし、7月に養殖個体と天然個体を標識放流。ただし、大井手上では養殖ウナギ放流区間から天然ウナギを排除。また、伊台上には天然ウナギは生息していない。よって、これらの調査地では天然ウナギの標識放流はしていない。
国近 下	7/24 (7/10)	10/28	3/20	
神寄 上	7/24 (7/05)	10/29	3/20	
神寄 下	7/23 (7/09)	10/24	3/19	
長尾谷 下	7/25 (7/09)	10/30	3/21	
大井手 上	7/25	10/22	3/21	
伊台 上	7/25	10/31	3/23	
2025年開始調査	2025	2025		
種川	7/04	9/12, 16		2025年では、2024年よりもウナギ密度が低くなる条件下で養殖個体のみを放流。また、再捕区間を2024年よりも長く設定。
河野川	7/02	9/10, 30; 10/03		・種川では河口から生息域上限まで全域を対象 ・河野川では放流区間全体から天然ウナギを排除
長坂川	7/02	9/08, 09, 26; 10/02, 06, 15		・長坂川では放流区間上流半分の間で天然ウナギを排除

*放流日・夏： 括弧内の日付は天然ウナギの標識放流日

新たに設定した種川、長坂川、河野川の3河川のうち、種川での再捕範囲は約1.2 kmだが、その1.2 km区間は感潮域からウナギ生息域最上流端まで、生息域全域を網羅している。残りの2河川、長坂川と河野川では、養殖ウナギ放流前に、電気漁具を用いて天然ウナギを採捕・排除し、ウナギ密度を予め低下させた。2025年7月に、養殖個体にPITタグを施した後、各河川に放流し、その後9月に再捕を行った（表1, 2）。なお、ウナギの餌量の指標として、各調査河川において、キックサンプリング（採取面積625 cm², 3サンプル）により底生無脊椎動物を採取し、その密度を算出した。

表2. 調査地の概況。天然ウナギ密度は採捕効率を用いて推定

	2024年開始調査							2025年開始調査		
	国近 上	国近 下	神寄 上	神寄 下	長尾谷 下	大井手 上	伊台 上	種川	河野川	長坂川
平均水面幅 (m)	3.6	5.2	2.7	3.8	7.9	2.5	2.9	2.5	3.0	3.0
放流区間長 (m)	300	300	300	300	300	300	250	1000	499	1000
再捕区間長 (m)	500	500	322	500	450	500	350	1184	1260	2765
無脊椎動物密度 (N・m ⁻²)	6624	2784	6251	5467	24096	7797	4960	8682	3328	15653
ウナギ採捕効率 (%)	30.8	31.9	18.2	48.9	32.7	50.0	35.4*	35.4*	35.4*	35.4*
放流時密度 (N・100 m ⁻²)										
養殖ウナギ	8.3	9.7	14.7	13.3	6.3	12.2	10.5	3.8	3.9	2.8
天然ウナギ (推定)	5.4	22.4	16.2	10.2	8.6	9.1	0	17.1	9.1	4.0
総ウナギ密度	13.8	32.1	30.9	23.5	14.9	21.3	10.5	20.9	13.0	6.8

*採捕効率：伊台上、種川、河野川、長坂川では採捕効率の調査を行っていないので、他 6 調査地での平均値35.4%を使用

結果：

2024 年 7 月に標識放流した養殖／天然ウナギの再捕を 2025 年 3 月（翌春）に実施した結果、天然ウナギについては再捕率 7.5-33.3%と前回 2024 年 10 月（秋）と同程度の数を採捕することができたが、養殖ウナギについては 7 調査地のうち 3 調査地でしか再捕できず、それらの調査地でも 1-3 個体（再捕率 0.7-2.0%）と極めて少なかった（表 3）。また、ウナギ密度については、2024 年 7 月の養殖ウナギ放流によって、ウナギの総密度は 1.5-2 倍に上昇したが、その後、国近下では変動が大きかったものの、それ以外の調査地では、秋（10 月）には放流前と同程度またはそれ以下の密度まで低下した（図 1）。

表3. 再捕結果、推定残存率は採捕効率を用いて推定

	2024年開始調査							2025年開始調査		
	国近 上	国近 下	神寄 上	神寄 下	長尾谷 下	大井手 上	伊台 上	種川	河野川	長坂川
放流個体数・夏										
天然ウナギ	18	111	24	56	67					
養殖ウナギ	90	150	120	150	150	90	76	108	58	102
再捕個体数・秋										
天然ウナギ	2	11	5	8	10					
養殖ウナギ	2	2	2	3	6	2	6	8 (7)*	9 (6)*	10 (8)*
再捕率・秋 (%)										
天然ウナギ	11.1	9.9	20.8	14.3	14.9					
養殖ウナギ	2.2	1.3	1.7	2.0	4.0	2.2	7.9	7.4 (6.5)*	15.5 (10.3)*	9.8 (7.8)*
推定残存率 (%)										
天然ウナギ	36.1	31.0	114.6	29.2	45.7					
養殖ウナギ	7.2	4.2	9.2	4.1	12.2	4.4	22.3	20.9 (18.3)*	43.8 (29.2)*	27.7 (22.2)*
再捕個体数・翌春										
天然ウナギ	6	23	4	5	5					
養殖ウナギ	0	0	0	1	3	0	1			
再捕率・翌春 (%)										
天然ウナギ	33.3	20.7	16.7	8.9	7.5					
養殖ウナギ	0	0	0	0.7	2.0	0	1.3			
推定残存率 (%)										
天然ウナギ	108.3	64.9	91.7	18.2	22.8					
養殖ウナギ	0	0	0	1.4	6.1	0	3.7			

*2025年開始調査の調査地における括弧内の値は、再捕距離を放流区間から350 m以内に限定した場合の値（2024年調査での再捕と類似した条件）。

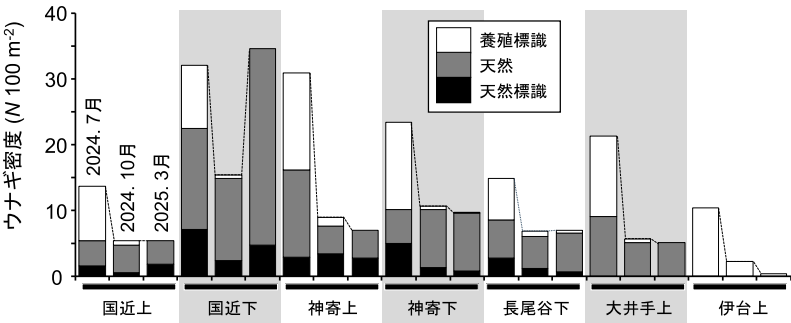


図 1. 2024 年に開始した 7 調査地におけるウナギ密度変化

2024 年 10 月に再捕されたウナギの移動距離（放流した区間と再捕された区間との間の距離：1 区間=50 m で評価）を検討した結果、天然ウナギよりも養殖ウナギの方がよく移動する傾向が見られた（図 2）。天然ウナギでは再捕された個体の約 6 割が放流した区間（=7 月に採捕した区間）と同じ区間で再捕され、約 9 割は放流区間から上下流 100 m 以内（2 区間）の場所で再捕された。一方、養殖ウナギでは放流区間と同じ区間で再捕された個体は 10%未満であり、放流区間よりも上流側で再捕される傾向が見られた。養殖個体の約半数の個体が放流区間の上流側 100 m（2 区間）以内で再捕された。

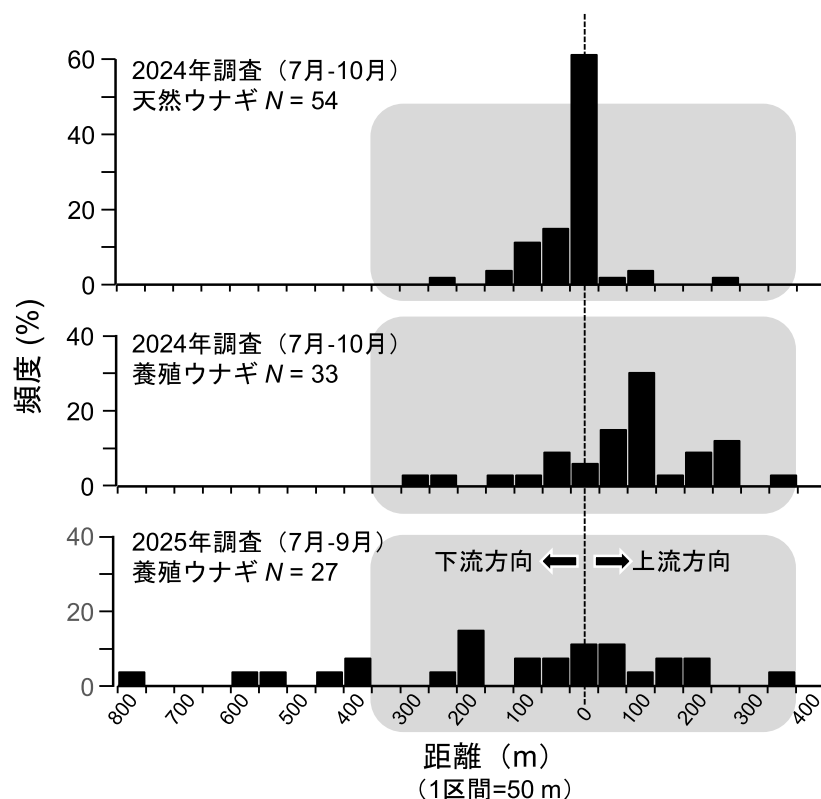


図 2. 夏から秋にかけての標識個体の移動。2024 年の調査では、再捕される距離は最長でも上流側・下流側ともに 350 m。灰色の部分はその範囲を示す。2025 年の調査では、再捕可能範囲は最長で上流側 1100 m、下流側 1750 m。

2025 年 7 月に標識放流した養殖ウナギを 2025 年 9 月（秋）に再捕した結果、再捕率は 7.4-15.5%と、2024 年標識再捕調査の 7 月-10 月における再捕率（1.3-7.9%）よりも高くなった（表 3、図 3）。2025 年調査では 2024 年調査よりも再捕範囲を長くしたため、2024 年では最長でも上下流側ともに放流区間から 350 m（7 区間）離れた区間までしか再捕できなかったが、2025 年では最長で上流側 1100 m（種川）、下流側 1750 m（長坂川）離れた区間での再捕が可能であった。その結果、2025 年では最長で上流側

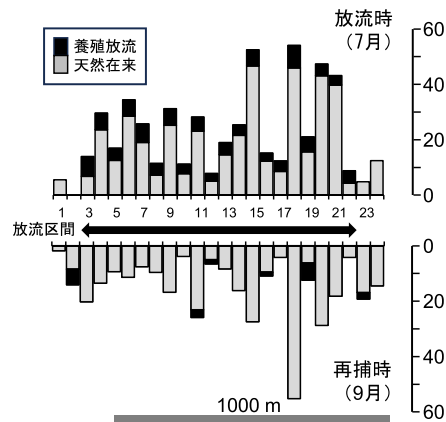
種川（全域対象）

放流区間： 1000 m

再捕区間： 1184 m

再捕率： 7.4 % (108 → 8個体)

推定残存率：20.9 %



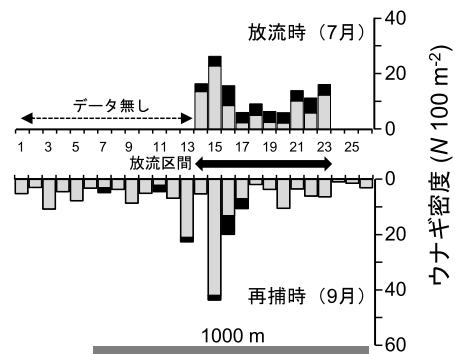
河野川

放流区間： 499 m

再捕区間： 1260 m

再捕率： 15.5 % (58 → 9個体)

推定残存率：43.8 %



長坂川

放流区間： 1000 m

再捕区間： 2765 m

再捕率： 9.8 % (102 → 10個体)

推定残存率：27.7 %

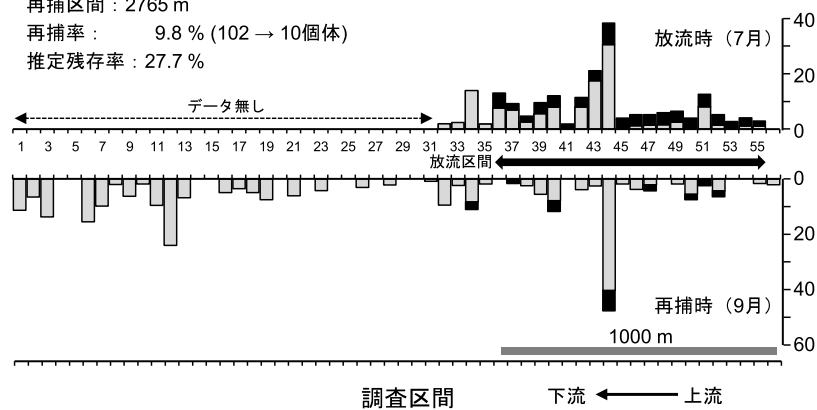


図 3. 2025 年に 3 河川で行った標識再捕調査の結果。各河川調査範囲の 50 m 区間毎に、上段上向きに放流時（7 月）の、下段下向きに再捕時（9 月）のウナギ密度を示す。種川では、感潮域から最上流端まで生息域全域を網羅している。

350 m、下流側では 800 m 移動した個体が再捕され、2024 年の養殖放流ウナギよりも広く移動分散する傾向が示された（図 2）。2024 年調査では、養殖ウナギは上流方向に移動する傾向が見られたものの、2025 年では、個体数においても距離においても、上流よりも下流側に移動する傾向が強いことが示された（図 2）。2024 年調査と 2025 年調査とでの再捕範囲の違いを考慮して養殖放流ウナギの残存率を比較するために、2025 年調査における 9 月での再捕率を、放流区間から上下流 350 m 以内で再捕されたものだけを対象にして算出したところ、6.5-10.3%と、2024 年調査よりも依然として高い傾向を示した（表 3）。このことから、2025 年における 2024 年調査よりも高い再捕率は、再捕範囲の拡張のみからでは説明しにくいことが示唆された。

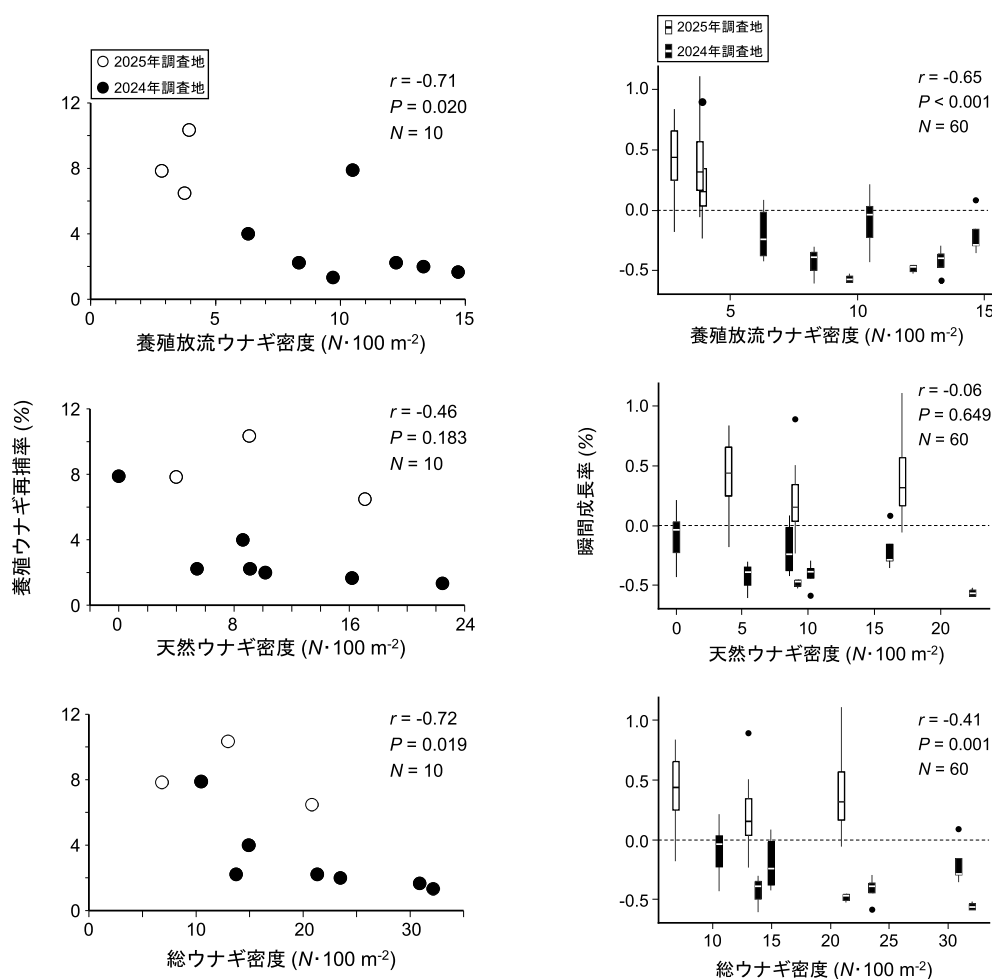


図 4. 2024 年と 2025 年の標識再捕調査における養殖ウナギの再捕率（左側）および養殖ウナギの瞬間成長率（右側）とウナギ密度との関係。

養殖ウナギ再捕率と放流時におけるウナギ密度（養殖放流ウナギ密度、天然在来ウナギ密度、総ウナギ密度）との関係を検討した結果、養殖放流ウナギ密度と総ウナギ密度で同程度の負の相関が認められた（図 4）。秋に再捕された養殖放流個体の瞬間成長率を、 $100 (\ln W_2 - \ln W_1) / d$ で算出し（ W_1 = 7 月の体重、 W_2 = 9 月または 10 月の体重、 d = 日数）、2024 年調査と 2025 年調査で比較したところ、2024 年調査ではほとんどの個体がマイナス値であったのに対して、2025 年調査ではプラス値をとる個体のほうが多かった（図 4）。また、瞬間成長率とウナギ密度（養殖放流ウナギ密度、天然在来ウナギ密度、総ウナギ密度）との関係を検討したところ、養殖ウナギ密度との間に最も強い負の相関が認められた（図 4）。これら再捕率（残存率）および瞬間成長率とウナギ密度との関係より、養殖ウナギの放流密度が放流後の残存と成長に影響する可能性が示唆された。

【ウナギ稚魚の遡上動態および汲み上げ放流】

目的：

堰堤等の遡上阻害要因によってウナギの未利用地となっている水域の有効活用を図るための「汲み上げ放流」について、その手法の開発と効果の検証を行う。今年度（2025）は、昨年度から実施している感潮域での稚魚の遡上動態の観測を続けるとともに、感潮域で採捕された稚魚を上流側に移送・放流し、その後の残存率を調べた。

方法：

昨年（2024）より調査地としていた愛媛県今治市を流れる5つの小河川のうち、4河川（菊間川、種川、天満川および品部川）の感潮域（最下流の堰堤直下）において、昨年から引き続き、月に一度の頻度で電気漁具を用いてウナギ稚魚を採捕し、生息密度を調べた。同時に汲み上げカゴも設置し、ウナギ稚魚を継続的に採捕した。今年度は、感潮域から淡水域へと遡上進入する時期を調べるために、感潮域だけでなくその直上の淡水域でも定期的に調査を行った。また、幹川流路長の短い種川においては、7月と9月に河川全域（1.2 km）を対象にウナギ稚魚の遡上・分散状況を調査した。

汲み上げ放流については、上記4河川の感潮域で採捕されたウナギ稚魚（シラス）を菊間川支流長坂川へ、松山市の河野川と立岩川の感潮域で採捕されたウナギ稚魚を河野川上流へと移送・放流した。ウナギ稚魚の捕獲には電気漁具と汲み上げカゴの両方を用い、2025年4/30-6/6の期間に行った。その後、6月末と9月に再捕を行い、残存率（再捕率）を調査した。また、ウナギ稚魚の残存率を推定するために電気漁具による採捕効率についても調査した。

なお、河川全域で遡上動態を調べた種川、汲み上げ放流を行った長坂川と河野川については、今後、従来型の養殖黄ウナギ放流と稚魚の汲み上げ放流とで放流効果（残存、成長）を比較できるように、上記の養殖ウナギの標識再捕調査と同じ場所を調査地としている。

結果：

河川感潮域における毎月の密度観測より、ウナギ稚魚（シラス）は3月に感潮域に現れ、その密度は4月にピークに達し、その後、次第に減少して7月には新規加入時期（3月）以前の密度レベルまで戻ることが示された（図5）。種川の感潮域直上の淡水域では、6月まではウナギ稚魚は採捕されなかったが、7月から採捕されるようになった。7月に感潮域の上流側300 mまで採捕調査を行った結果、上流側100 mまでは高密度で生息していたが100－200 mではほとんど採捕されず、200－300 mでは全く採捕されなくなることが示された（図6）。9月に種川全域で調査を行った結果、ウナギ稚魚はいくつかの堰堤を越え、感潮域から1100 m上流の区間まで遡上分散している様子が示された（図6）。

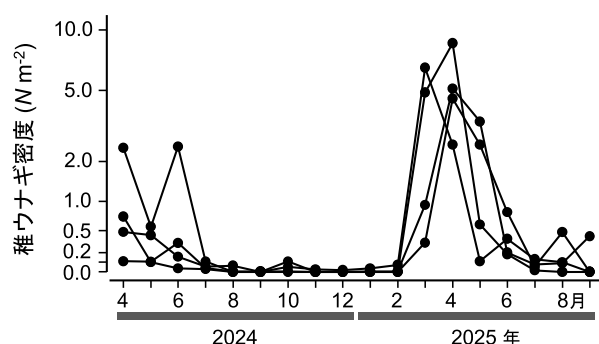


図5. 菊間川、種川、天満川、および品部川それぞれの感潮域におけるウナギ稚魚密度の変化（縦軸は対数スケール）。

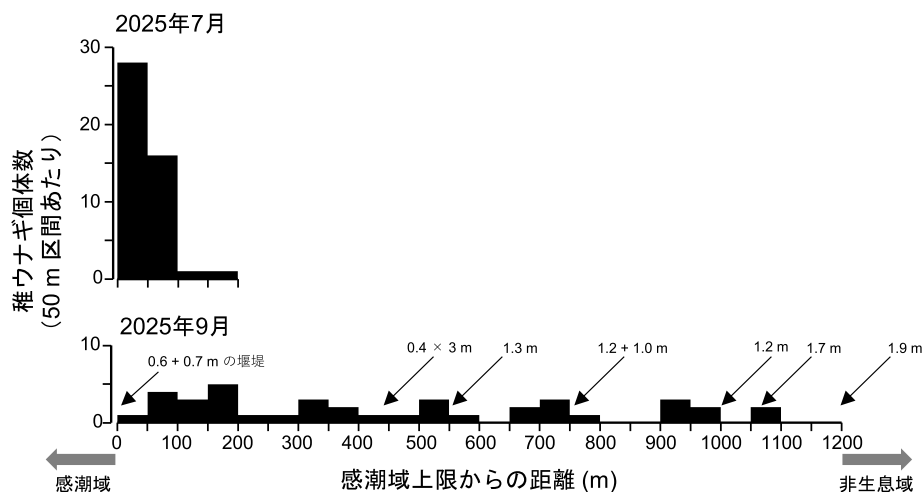


図6. 7月と9月における種川全域でのウナギ稚魚密度。50 m 区間毎の密度で示す。7月では感潮域から200 - 250 m、250 - 300 m 区間で採捕されなかったため、それより上流では調査を行っていない。矢印は堰堤の位置とその堤高を示す。

電気漁具を用いた2回繰り返し採捕によるウナギ稚魚（シラス）の採捕効率を推定するために、立岩川の感潮域で採捕したウナギ稚魚をそこから約3.5 km上流に位置する支流（院内川）にて放流・再捕を行った。この院内川の4カ所にウナギ稚魚を50または100個体放流し、放流後1-2時間後に採捕することで採捕効率を算出した（採捕数／放流数）（表4）。この時、院内川にはウナギ稚魚は到達していないため、ここで採捕されたウナギ稚魚は放流個体と仮定できる。この調査の結果、採捕効率は16-32%で、平均26.3%となった。

表4. 院内川におけるウナギ稚魚の採捕効率調査の結果。平均採捕効率は26.3%

	放流範囲面積 (m ²)	採捕範囲面積 (m ²)	放流個体数	採捕個体数	採捕効率 (%)
調査地 1	15.0	29.8	50	8	16.0
調査地 2	15.0	72.5	100	31	31.0
調査地 3	6.3	36.8	100	32	32.0
調査地 4	4.0	29.0	100	26	26.0

長坂川と河野川で行った汲み上げ放流では、放流期間中に長坂川では1361個体、河野川では1114個体のウナギ稚魚を放流し、6月末にはそのうちの、それぞれ、9.9%、4.8%が再捕された（表5）。9月における再捕率は長坂川で9.3%、河野川で5.2%であり、上記の採捕効率26.3%を基に残存率を推定すると、長坂川では35.5%、河野川では19.8%と推定された。また、放流時にはウナギ稚魚の全長は5.5 cm前後であったが、9月の再捕時には12 cm前後まで成長していた。今後、これら放流個体の動向を調査するために、これらにはイラストマーで標識を施して放流した。

表5. ウナギ稚魚の放流再捕結果。
推定残存率は平均採捕効率(26.3%)を基に推定

	河野川	長坂川
放流時		
放流期間	5/5-6/6	4/30-6/6
放流個体数	1114	1361
放流区間長 (m)	100	100
6月再捕時		
再捕日	6/26	6/27
再捕区間長 (m)	200	350
再捕個体数 (再捕率%)	53 (4.8)	134 (9.9)
推定残存率%	18.1	37.4
全長 (平均±標準偏差 cm)	6.2±0.4	7.9±0.9
9月再捕時		
再捕日	9/10, 30, 10/3	9/8, 9
再捕区間長 (m)	1260	1215
再捕個体数 (再捕率%)	58 (5.2)	127 (9.3)
推定残存率%	19.8	35.5
全長(平均±標準偏差 cm)	11.9±1.5	11.9±1.5
標識を施した個体数	69*	127

* 河野川では標識個体数を増やすために追加採捕を実施

課題と対応策：

養殖黄ウナギの標識再捕調査については残存率がかなり低く、放流個体の追跡調査が難しいことが前年度の課題であったが、今年度（2025）、放流密度を低くし、再捕範囲を拡げることで再捕率を改善することができた。ただし、改善されたとはいえ、再捕個体数は一河川あたり 10 個体以下とさほど多くない。このことが課題であるが、今後、再捕調査を継続しながら、標識個体の動向を注視する。

次年度計画：

2024 年度に開始した黄ウナギの標識再捕調査については今年度をもって完了とし、次年度（2026）は実施しない。今年度（2025）開始した 3 河川での黄ウナギの標識再捕調査については次年度も継続し、放流個体の残存率、移動、成長に関するデータを得る。また、ウナギ稚魚の汲み上げ放流を行った 2 河川では、稚魚のその後の残存、成長を調べ、今後、できれば、従来型の養殖黄ウナギ放流と稚魚の汲み上げ放流とで、その効果を比較する。

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	ニホンウナギ等内水面資源の生息状況調査・分析， 資源増殖等の手法検討		
担 当 者	古賀智文，宍道弘敏，中島広樹，高杉朋孝（鹿児島県水産技術 開発センター），福田野歩人（水産研究・教育機構），棟方有宗 （宮城教育大学），日本養鰻漁業協同組合連合会		

令和 7 年度の成果の要約：

鹿児島県水産技術開発センター実験池（鹿児島県指宿市）で「養殖ウナギの効果的な放流方法の検討」，指宿市五間川で，「効果的なクロコ採捕手法の検討」，鹿児島市八幡川で「過去の標識放流ウナギの追跡調査」を行った。

(1) 養殖ウナギの効果的な放流方法の検討

養殖ウナギ（平均全長 202mm）400 尾を自然環境への馴致群（活き餌・隠れ家あり）と非馴致群（配合飼料・隠れ家なし）に分け，陸上コンクリート水槽を用いた模擬放流試験を行った。その結果，コンクリート水槽からの移出は非馴致群よりも馴致群の方がやや穏やかであった。また水槽内に残留したウナギの数は馴致群 22：非馴致群 5 となり，残留率は馴致群の方が高かった（ $p < 0.001$ ）。この結果は，資源増殖を目的として養殖ウナギを天然河川に放流する場合，直接放流するよりも，自然環境に馴れさせる期間を設けた後に放流する方が望ましいことを示唆する。

(2) 効果的なクロコ採捕手法の検討

鹿児島県指宿市五間川（二反田川支流）のウナギの遡上が妨げられていると考えられる可動堰下流側において，クロコの効率的な採捕を目的として，市販のプラスチック製ウナギ筒を用いた採捕試験を行った。筒内部に①シュロ，②細竹，③広葉樹の葉（アラカシ等），④小石を詰めたもの及びコントロールとして⑤何も詰めないものの 5 種類の漁具を作製した。また，それぞれに餌（マイワシ，ミミズ）を入れたものと入れないものを用意し，餌の有無による採捕数の違いを調べた。令和 7 年 6 月～令和 8 年 1 月にかけて計 5 回試験を行ったが，クロコの採捕には至らなかった。

(3) 過去の標識放流ウナギの追跡調査

鹿児島市喜入町の八幡川で，過去に当河川に放流したウナギを電気ショッカーを用いて採捕し，全長・体重測定と個体番号の識別を行った。その結果，令和 6 年 7 月 30 日に放流した養殖ウナギ 1 尾が再捕されたが，全長が変化しておらず，体重が減

少していた。

背景：

2025 年 11 月にウズベキスタンで開催されたワシントン条約締約国会議において、「ニホンウナギを含むウナギ全種の国際取引規制」案が提唱されるなど、近年ウナギ資源保護のための国際取引規制を求める声が高まりつつあり、より一層ニホンウナギの資源管理が急務となっている。こうした中、日本各地で資源増大を目的とした放流が行われているが、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流後の成長・生残、移動回遊等に関する知見は乏しい。そのため、適切な放流や移植手法の検討に資する基礎的知見を収集、蓄積し、ウナギの資源増殖を図りつつ、資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画：

1 全体計画

ア 目的

ウナギ放流を効果的にするための手法の高度化を検討

イ 方法

ニホンウナギの資源増殖対策を図るため、資源生態調査を行うとともに、放流調査や生息範囲拡大手法開発などの増殖対策を行う。

ウ 期待される成果

ウナギ放流を効果的にするための手法が明らかとなる。

2 当該年度の計画

(1) 養殖ウナギの効果的な放流手法の検討

ア 目的

これまでの放流実験の結果から、養殖ウナギ稚魚（以下養殖稚魚）を河川に放流すると数日から数週間程度の間に放流地点から下流方向への逸散行動が起こる傾向が示されている。こうした逸散を抑制する手段として、河川に接続する池や田んぼ（休耕田）、養殖施設などの止水域への放流が考えられる。しかし、放流場所が止水域ならば散逸行動が抑制され得るのか、あるいは止水域内に特定の環境要因が備わっていることが重要かは、十分に分かっていない。そこで、止水域にどのような環境が備わっていれば養殖稚魚の逸散が抑制されるかを明らかにするため、コンクリート製の人工池を用いた模擬放流試験を行い、逸散行動に対する天然餌料（ミミズ）の給餌や筒などの環境要因の添加の影響を調べた。

イ 材料及び方法

① 試験区の概要

水産技術開発センター実験池（指宿市、以下「実験池」という）の44.5ト

ンコンクリート水槽（4m×8m×水深50cm，注水量1.4L/秒）4面に，ナイロンモジ網（66-140径）製の試験用生け簀（2m×2m）を各1基ずつ設置した（図1）。

各池をP1～P4とし，P1・P3を馴致群（活き餌・隠れ家あり），P2・P4を非馴致群（配合飼料・隠れ家なし）とした。池内からのウナギの逃避を防ぐため，各池の排水口をタキロンネットで保護した。実験池から隣接する天然河川（湊川）へ通じる排水溝にソーラー式PITタグアンテナ（IS1001，Biomark社製）を設置した（図2）。



図1 P1～P4各池



図2 ソーラー式PITタグアンテナ

② 馴致放流試験に供した養殖ウナギの概要

日本養鰻漁業協同組合連合会から提供された100Pサイズの養殖ウナギ計5kgを，令和7年6月30日に実験池に受け入れた。これを2.5kgずつに分け，輸送時のストレスを解消するため，P1・P2のナイロンモジ網内（配合飼料・隠れ家なし）にて25日間（6/30～7/25）飼育した。配合飼料には日清丸紅飼料株式会社製ウナギスーパー黒を使用し，水で練って団子状にしたものを，残餌の有無を確認しながら，各池につき1回あたり25g，週3回程度給餌した。7月25日に水産用麻酔薬（FA100，DSファーマアニマルヘルス株式会社製）で麻酔した後，全長（TL）と体重（BW）を測定し，腹腔内にPITタグ（Ø1.4×8mm，FDX-B，FAREAD社製）（図3）を挿入し個体識別ができるようにした（図4）。その後，P1・P3に100尾ずつ（馴致群計200尾），P2・P4に100尾ずつ（非馴致群計200尾）割り振り，各池に設置したモジ網内に収容した（図5）。

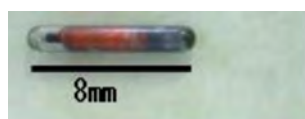


図3 PITタグ



図4 PITタグ挿入の様子

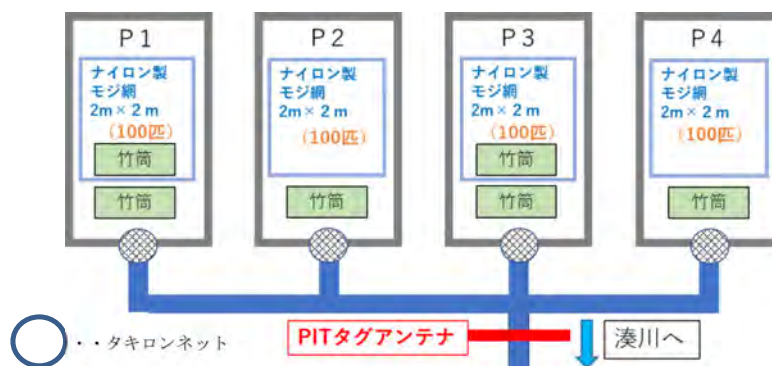


図5 馴致期間中の実験池の設定

③ 馴致期間中の概要

8月4日までの10日間、全試験区にて引き続き配合飼料を与え続けた。この時点で池内の環境に順応したものと判断し、馴致群のモジ網内に、竹筒（長さ80 cm、内径3.5～5cm）3本を束ねたものを1基として2基設置し、隠れ家環境への馴致を開始した（図6）。7月25日のPITタグ挿入後、8月8日の給餌まではいずれの試験区のウナギも餌に対して積極的な摂餌行動が回復していない状態だったが、8月13日の給餌では非馴致群にて配合飼料の積極的な摂餌行動が観察されたので、8月13日～9月19日の期間は配合飼料を30gに増量して給餌した。また、8月4日以降は馴致群の配合飼料にミンチ状にしたミミズを加え、徐々に配合飼料から生き餌への馴致操作を行った（図7）。ミミズ入り配合飼料は、ミンチにしたミミズの水分でペースト状になるため、配合飼料の分量を4g増やし、16gの団子状にして給餌した。9月2日以降は、馴致群の配合飼料の給餌を停止し、生きミミズのみを与えた（図8, 9）。一方、非馴致群は、隠れ家環境を与えず、配合飼料のみを放流開始時まで与え続けた（表1）。



図6 竹筒とウナギ



図7 ミミズ入り配合飼料給餌状況



図8 生きミミズ



図9 生きミミズを捕食するウナギ

表 1 池収容から放流までの各試験区の給餌内容

試験の流れ		試験区			
		P1	P2	P3	P4
池内環境 馴致期間	6/30～7/24	25 (配合)	25 (配合)	-	-
PITタグ挿入	7/25	-	-	-	-
PITタグ挿入後 回復期間	7/25～8/4	12 (配合)	12 (配合)	12 (配合)	12 (配合)
隠れ家・活き餌 馴致期間	8/4～8/13	16 (ミミズ 6, 配合10)	12 (配合)	16 (ミミズ 6, 配合10)	12 (配合)
	8/13～8/25	16 (ミミズ 6, 配合10)	30 (配合)	16 (ミミズ 6, 配合10)	30 (配合)
	8/25～9/19	15 (ミミズ)	30 (配合)	15 (ミミズ)	30 (配合)
模擬放流前計測	9/19	-	-	-	-
模擬放流期間	9/19～11/28	15 (ミミズ)	15 (ミミズ)	15 (ミミズ)	15 (ミミズ)

※試験区内の数字は給餌量 (g) を示す

表 2 馴致試験前後の平均全長・体重

試験区	馴致試験開始前(2025.7.25)		馴致試験終了後(2025.9.19)	
	平均全長±SD(mm)	平均体重±SD(g)	平均全長±SD(mm)	平均体重±SD(g)
P1	202.9±17.4	6.6±1.3	183.5±17.8	5.2±1.3
P2	202.0±17.6	6.9±1.5	201.8±17.8	5.9±1.5
P3	202.7±23.2	6.8±1.7	204.8±21.6	5.6±1.7
P4	200.1±18.6	6.9±1.5	202.0±18.3	6.0±1.8

④ 模擬放流試験開始後の概要

9月19日に、7月25日の計測と同様にウナギに麻酔をかけ、全長・体重測定を行った。7月25日からの57日の間に、全試験区において体重の減少が見られた(表2)。9月26日の夕方時に、実験池排水溝に設置したソーラー式 PIT タグアンテナを起動し、全試験区の排水口に設置したタキロンネットを撤去後、モジ網内のウナギを池内に放流し、馴致群・非馴致群で放流後の移出行動に差が出るか観察を開始した。

放流試験開始から64日後の令和7年11月28日に試験を終了し、12月5日に全池の池干しを実施した。池内に残留していたウナギを全て回収し、FA100で麻酔した後、全長・体重測定と個体識別を行った。

得られたデータから、馴致群、非馴致群の移出行動の違いを把握するとともに、両群で池内残留数に統計的な差があるかどうか χ^2 検定で調べた。

ウ 結果及び考察

池内残留数はP1:19尾、P2:0尾、P3:3尾、P4:5尾で、馴致群、非馴致群で池

内残留数の比率は22:5となり、馴致群の方が多かった ($p<0.001$) (表3)。残留個体の平均全長・体重はいずれの試験区においても試験開始前より大きかった (表4)。

表3 池内残留数・残留率

	放流数	残留数	残留率
馴致群	200	22	11.0% ***
非馴致群	200	5	2.5%

*** : $p<0.001$

表4 模擬放流試験前後の平均全長・体重

試験区	模擬放流試験開始前(2025.9.19)		模擬放流試験終了後(2025.12.5)	
	平均全長±SD(mm)	平均体重±SD(g)	平均全長±SD(mm)	平均体重±SD(g)
P1	204.0±22.1	5.0±1.4	236.0±23.6	12.7±4.3
P2	-	-	-	-
P3	201.2±22.2	4.4±1.0	284.7±30.4	24.8±7.5
P4	194.0±7.8	4.6±0.8	256.0±23.0	18.4±4.6

模擬放流試験期間内に全試験区合わせて28～49尾が斃死または行方不明となった。これらを除いた試験期間内の各試験区からの移出尾数を図10に、累積移出率を図11に示す。

試験期間内の移出のプロファイルを見ると、非馴致群の多くが試験開始の前半に移出したのに対し、馴致群の移出は比較的緩やかに起こること、すなわち試験期間中盤の10月上～下旬にかけても若干の移出が起こることが示された。

馴致群の2面の実験池からの移出は非馴致群群よりもやや緩やかであった。また馴致群の残留率は非馴致群よりも有意に高かった (表3) ことから、天然餌料 (ミミズ) の給餌や竹筒の設

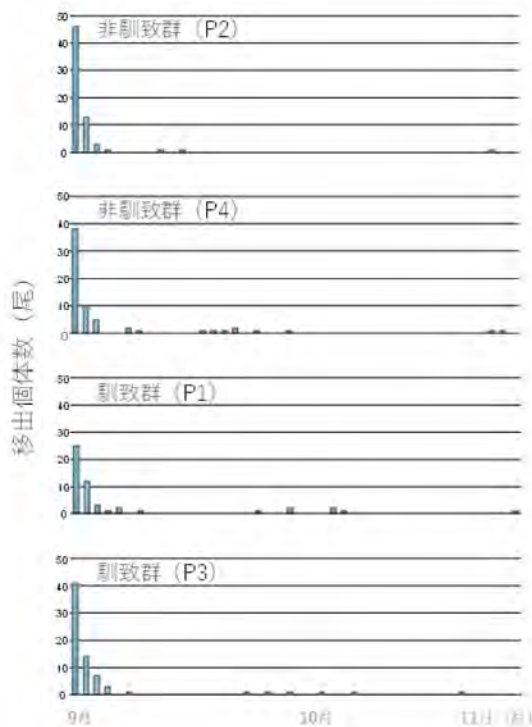


図10 各試験区の模擬放流試験期間内の移出尾数の推移

置といった環境要因が移出行動に抑制的に作用した可能性が考えられる。

一方、馴致群において試験期間の中盤に若干の移出が見られた10月上～下旬の天候に着目すると、この間に気温・気圧の低下、強風、まとまった降雨などが観測されている（気象庁発表（地点：鹿児島県指宿）https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/select/prefecture.php?prec_no=88&prec_ch=%8E%AD%8E%99%93%87%8C%A7）（図12）。このような天候の変化がトリガーとなり、ウナギの実験池からの移出が促された可能性については、今後さらなる検討が必要である。

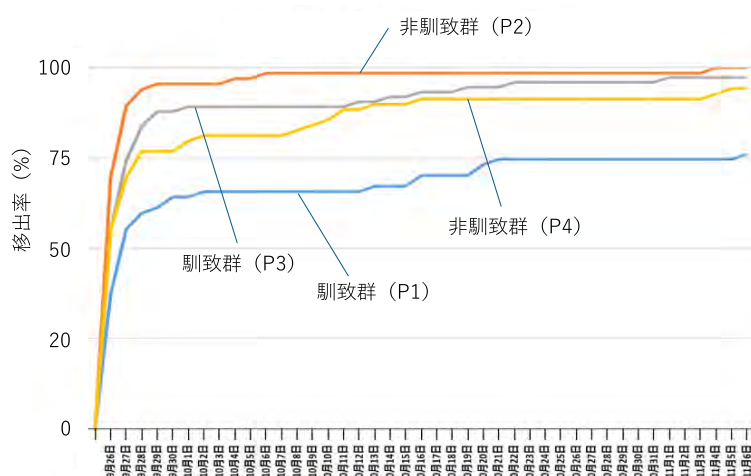


図11 各試験区の累積移出率の推移

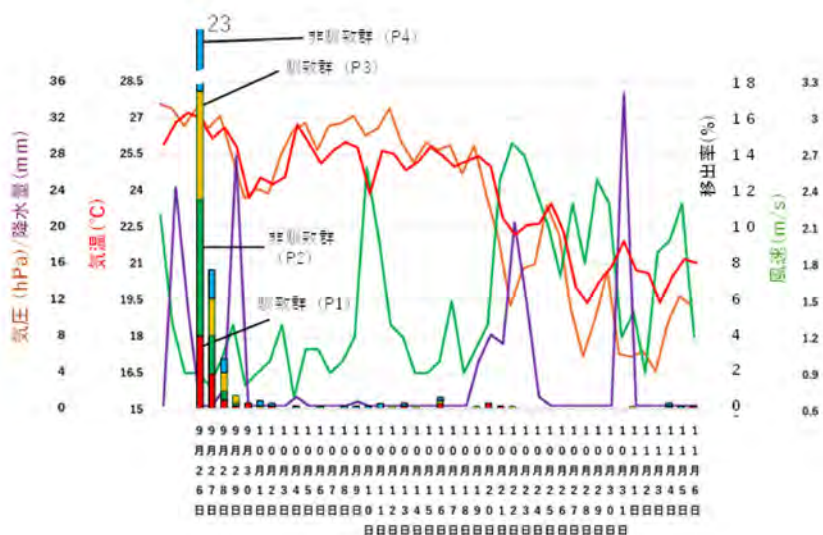


図12 移出の推移と環境要因（気圧、降水量、気温、風量）の関係

(2) 効果的なクロコ採捕手法の検討

ア 目的

ニホンウナギの生息域増大のため、河川横断工作物の下流で採捕したクロコを即座に上流へ放流する「汲み上げ放流」の効率的な手法を検討する。

なお、ここでは、市販のプラスチック製ウナギ筒を応用し、既報のクロコ採捕漁具である石籠よりも簡便なクロコ採捕手法の開発を試みる。

イ 材料及び方法

① 試験区の概要

五間川（鹿児島県指宿市）可動堰直下右岸側用水路口において試験を5回実施した（図13～15）。

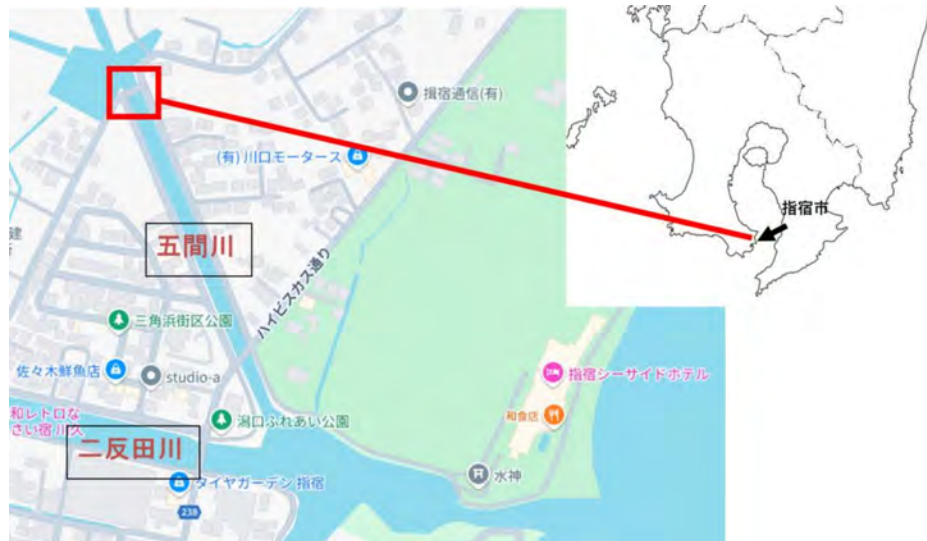


図13 試験地



図14 可動堰全景



図15 ウナギ筒設置場所全景

② クロコ採捕漁具の概要

市販のプラスチック製ウナギ筒（図16）（ ϕ :146 mm $\times$ L:800mm）を利用した10個（5種類 $\times$ 餌の有無）のクロコ採捕漁具（①シュロ入り、②細竹入り、③

広葉樹の葉入り，④小石入り，⑤ウナギ筒のみ）を用い，ウナギ筒入口反対部分は，ネットで塞ぐことにより，筒内に入ったクロコの逃避を防いだ（図17）。誘因餌として，半分に切断したマイワシ（図18）を使用し，果物ネットに包んでウナギ筒内に収容した（表5）。

なお，4回目以降の試験では，第1～3回試験で生物の採捕数が少かったNo.4ウナギ筒の内部基質（図19）を，工業用チューブ（ハッコウKYチューブ 内径6mm，外径8mm，全長250mm）を束ねた基質に変更した（図20）。また第5回目の試験では，誘因餌をマイワシからミミズに変更した。



図16 プラスチック製ウナギ筒



図17 ウナギ筒後方部

表5 クロコ採捕試験用筒一覧

内容物	誘因餌：マイワシ	
	餌あり	餌なし
シュロ	No.1-1	No.1-2
細竹	No.2-1	No.2-2
広葉樹の葉	No.3-1	No.3-2
小石	No.4-1	No.4-2
なし	No.5-1	No.5-2



図18 誘因餌（マイワシ）



図19 No. 4-1, 4-2に用いた基質（小石）



図20 チューブ束

③ 設置方法及び設置期間

ウナギ筒は，ウナギ筒入口側が下流側を向くように調整し（図21），計10本並べて設置した（図22）。試験は以下の通り5回行った。漁具の設置日数は1～6日であった。

- [第1回] 令和7年6月10日～6月11日（1日間）
 [第2回] 令和7年6月19日～6月20日（1日間）
 [第3回] 令和7年7月 4日～7月 7日（3日間）
 [第4回] 令和7年8月 1日～8月 7日（6日間）
 [第5回] 令和8年1月19日～1月23日（4日間）



図21 ウナギ筒設置状況



図22 ウナギ筒設置場状況

表6 クロコ採捕試験結果（令和7年6月10日～令和8年1月23日）

第1回試験 筒設置日 2025.6.10 16:30 設置時間		
筒回収日 2025.6.11 09:30 17h		
筒番号	生物名	匹数
No.1-1	コンジテンナガエビ	1
No.1-2	-	-
No.2-1	-	-
No.2-2	イトトンボ科（ヤゴ）	1
No.3-1	-	-
No.3-2	ヒナハゼ	1
No.4-1	-	-
No.4-2	スジエビ	1
No.5-1	-	-
No.5-2	ドジョウ	1
	コンジテンナガエビ	1

第2回試験 筒設置日 2025.6.19 16:30 設置時間		
筒回収日 2025.6.20 09:30 17h		
筒番号	生物名	匹数
No.1-1	-	-
No.1-2	-	-
No.2-1	-	-
No.2-2	-	-
No.3-1	-	-
No.3-2	-	-
No.4-1	-	-
No.4-2	-	-
No.5-1	-	-
No.5-2	-	-

第3回試験 筒設置日 2025.7.4 09:30 設置時間		
筒回収日 2025.7.7 10:00 72.5h		
筒番号	生物名	匹数
No.1-1	-	-
No.1-2	-	-
No.2-1	ウロハゼ	1
No.2-2	ハゼ（幼魚）	1
	スジエビ	1
No.3-1	ウロハゼ	1
No.3-2	ハゼ（幼魚）	4
	スジエビ	8
No.4-1	-	-
No.4-2	ウロハゼ	1
No.5-1	ウロハゼ	1
	ハゼ（幼魚）	1
No.5-2	ハゼ（幼魚）	1
	スジエビ	1

第4回試験 筒設置日 2025.8.1 09:30 設置時間		
筒回収日 2025.8.7 13:30 148h		
筒番号	生物名	匹数
No.1-1	-	-
No.1-2	-	-
No.2-1	-	-
No.2-2	ベンケイガニ科のカニ	2
No.3-1	ハゼ科の幼魚	2
No.3-2	カワアナゴ	5
No.4-1	ノコギリガザミ（♂）	1
No.4-2	-	-
No.5-1	-	-
No.5-2	-	-

第5回試験 筒設置日 2026.1.19 10:30 設置時間		
筒回収日 2026.1.23 10:00 95.5h		
筒番号	生物名	匹数
No.1-1	テナガエビ（幼生）	1
No.1-2	テナガエビ（幼生）	1
	イシガニ（♂）	1
No.2-1	モクズガニ（♀）	1
	テナガエビ（幼生）	1
No.2-2	クロホシフエダイ（稚魚）	1
	イソガニ（♀）	1
No.3-1	モクズガニ（♀）	1
	イシガニ（♂）	1
No.3-2	ヒライソガニ（♀）	1
No.4-1	テナガエビ（幼生）	2
No.4-2	モクズガニ（♂）	1
No.5-1	-	-
No.5-2	テナガエビ（幼生）	1

ウ 結果及び考察

計5回試験を実施したが、クロコの採捕には至らなかった。

第5回目の試験では、二反田川河口域で別途当センターが実施しているシラスウナギ来遊調査において、令和7年12月以降シラスウナギの来遊を確認していることから、同河川の支流である五間川にもシラスウナギあるいはクロコの遡上が期待されたものの、クロコは採捕されなかった。

各試験で採捕されたその他生物に関する情報を表6に示す。

(3) 過去の標識放流ウナギの追跡調査

ア 目的

頭首工（可動堰）下流において、過去に放流された養殖ウナギとその河川に生息する天然ウナギを追跡調査し、再捕率や成長率等の結果から養殖ウナギの放流適地を検討する。

イ 方法

① 調査区域の概要

調査河川は、鹿児島県鹿児島市喜入の八幡川（図 23）で、本河川は漁業権が設定されていないため、義務放流等による養殖ウナギの放流実態はない。

始点から 905m 上流には、幅 20m、長さ 15m、高さ 1.5m の可動堰があり、基本的には堰は常時起きた状態であり、左岸側には魚道が整備されている。

試験区域は、八幡川の河口から上流へ 2km の地点（始点）から 420m を「下流区」、420m から可動堰（905m）を「中流区」、可動堰（920m）から終点を「上流区」と設定し、このうちの下流区と中流区において調査を実施した。

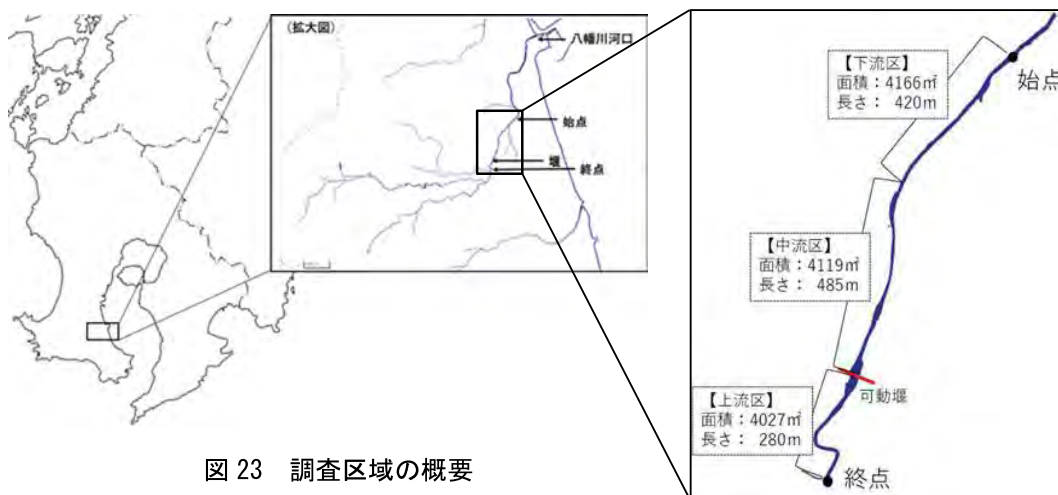


図 23 調査区域の概要

② 採捕調査の概要

調査は10月15日に実施した。ウナギの採捕には電気ショッカー2台(LR-20B, SMITH-ROOT 社製及びFISH SHOCKERⅢS, 有限会社フロンティアエレクトリック社製)を用い、ショッカー担当者1名+タモ網による採捕担当者3名を1組とした2組体制で、右岸側と左岸側に分かれて同時進行で実施した。

採捕したウナギは実験池の陸上水槽(25℃地下水の掛け流し)に収容し、翌日、FA100で麻酔後、全長・体重測定及びPITタグの有無を確認した。測定後、標識がない天然ウナギには腹腔内にPITタグを挿入したうえで、全て八幡川の各個体が採捕された地点に再放流した。

ウ 結果及び考察

① 採捕結果

合計21尾が採捕され、うち20尾が天然個体(TL 124~830mm, BW 1.2~896.0g)、1尾が令和6年7月30日に八幡川に放流された養殖個体(TL 296mm, BW 17.1g)だった。天然個体のうち15尾は今回初めて採捕された個体、5尾は過去に採捕・標識放流履歴のある天然個体の再捕だった。過去に採捕・標識放流履歴のある天然個体のうち1尾は、今回が2度目の再捕だった(表7、図24)。

② 再捕個体の成長

天然個体はいずれも前回の採捕時点より全長・体重ともに増大しており、日間成長率は全長で0.21~0.30mm/day、体重で0.08~0.77g/dayだった。これに対し養殖個体は、全長が296mmのまま変わらず、体重は26.5gから17.1gへと減少していた(図24)。この結果は、放流後1年目の養殖ウナギは天然ウナギと比べて肥満度が低下する傾向が見られるとする当センターの過去の知見と一致する。

③ 再捕個体の前回放流後の移動

養殖個体は下流区から中流区へ移動しており、放流地点から265m上流での再捕だった。天然個体は、下流区に留まったものが1尾、中流区に留まったものが4尾で、移動距離と方向は、0m~340m下流だった(図25)。

表7 天然ウナギ・放流ウナギ採捕数

調査区域	天然個体			養殖個体	合計
	初採捕	採捕2回目 (再捕1回目)	採捕3回目 (再捕2回目)	初再捕	
中流区	7	3	1	1	12
下流区	8	1	0	0	9
合計	15	4	1	1	21

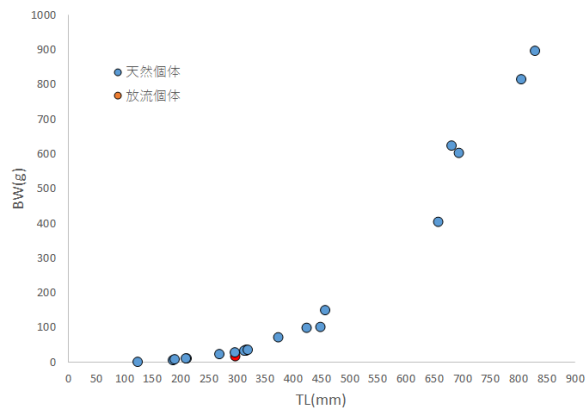


図24 採捕個体の全長（TL）および体重（BW）の関係

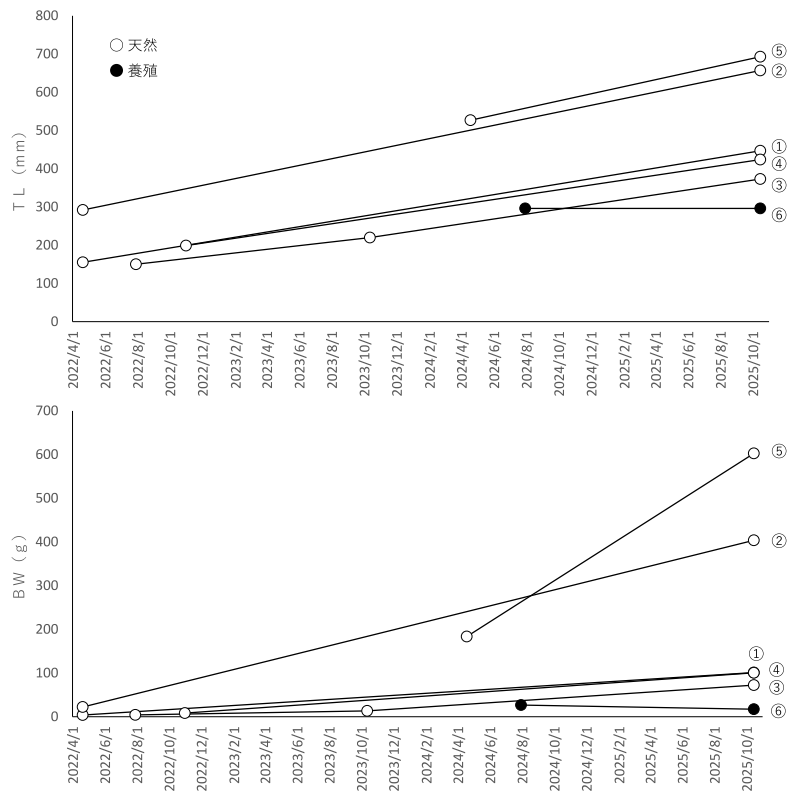


図25 再捕個体の成長

- ①天然 (Tag No. 3D6. 1533D9832C, 中流区→中流区, 5m ↓)
- ②天然 (Tag No. 3DD. 003DF7ED55, 中流区→中流区, 340m ↓)
- ③天然 (Tag No. 3D6. 1533D982E2, 中流区→中流区, 0m →)
- ④天然 (Tag No. 3DD. 003E18449D, 下流区→下流区, 75m ↓)
- ⑤天然 (Tag No. 3D6. 15346B4667, 中流区→中流区, 0m →)
- ⑥養殖 (Tag No. 384. 3A35396EAA, 下流区→中流区, 265m ↑)

※末尾の距離と矢印の組み合わせは、前回放流地点からの移動距離と移動方向を示す

課題と対応策：

(1) 養殖ウナギの効果的な放流方法の検討

馴致群の実験池からの移出は非馴致群群よりもやや緩やかであったこと、また馴致群の残留率は非馴致群よりも有意に高かったことから、天然餌料（ミミズ）の給餌や竹筒の設置といった環境要因が移出行動に抑制的に作用した可能性が考えられる。陸上コンクリート水槽を用いて得られた本試験結果を元に、今後は実際の自然環境下においても同様の結果が得られるか検証する必要がある。

(2) 効果的なクロコウナギ採捕手法の検討

漁業者が簡便に使用可能なクロコ採捕漁具の開発を目指し、市販のプラスチック製ウナギ筒を用いて計5回の採捕試験を試みたが、筒内部に収容する基質の種類や有無、誘因餌の種類や有無に関わらず、クロコの採捕には至らなかった。

汲み上げ放流手法の前提となるクロコ採捕手法としては、現状では、既報の石籠を用いる手法が最適であると考ええる。

(3) 過去の標識放流ウナギの追跡調査

再捕された天然個体の全長・体重が増加していた一方、再捕された養殖個体の全長に変化が見られず、体重が減少していたことは、当センターで過去に得られた知見と一致する。今後、資源増殖を目的とした養殖ウナギの放流を推進するには、さらなる放流技術の向上が求められる。改善の方向性としては、(1)で得られた知見のフィールドでの検証が考えられる。

次年度計画：

休耕田を活用した馴致放流試験

今年度の馴致放流試験の結果、資源増殖を目的として養殖ウナギを天然河川に放流する場合、自然環境に馴れさせる期間を設けることが望ましいと示唆されたことを受け、フィールドにおける馴致放流試験を実施する。養殖ウナギの馴致場所として、休耕田の活用を検討する。

令和7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	エ	事業実施期間	令和7年度
課 題 名	「ニホンウナギ等の資源増殖手法の高度化」のうち、 放流に適した種苗の検討		
担 当 者	福田野歩人、山本祥一郎、關野正志、畠山類（水産研究・教育機構）、田中俊充（和歌山県内水面試験地）、揖善継（和歌山県立自然博物館）、棟方有宗（宮城教育大）、長谷川悠波、河端雄毅（長崎大）、遠藤赳寛（青森県産業技術センター内水面研究所）、山本高宏、飯沼紀雄（静岡県水産・海洋技術研究所）、脇谷量子郎（東京大学大気海洋研究所）、日本養鰻漁業協同組合連合会		

【令和7年度の成果の要約】

和歌山県高瀬川において、養殖場での成長履歴が異なる高成長群および低成長群の中型黄ウナギ（放流時サイズは同一）を用いて再捕獲調査を継続するとともに、新たに低成長群を放流し、追跡調査を実施した。その結果、高成長群は低成長群に比べて残存率が高い傾向にあり、また放流1年半後に残存した個体では体重増加が確認された。放流時の両群間に遺伝的差異が存在するかを検証するため、高成長群80個体、低成長群83個体について低カバレッジ全ゲノムシーケンシングを行い、GWASを実施したが、成長タイプの違いを説明する遺伝的差異は検出されなかった。

中型より小さい発育段階での放流効果を評価するため、高瀬川において短期育成した初期黄ウナギと未育成のシラスウナギを用いた放流試験を実施した結果、初期黄ウナギとして放流することで、1年後の残存率および成長が大きく向上することが示された。湖沼における放流効果の検証として、静岡県佐鳴湖において各発育段階の種苗（シラスウナギ、初期黄ウナギ、中型黄ウナギ）の放流を開始し、現在漁獲物調査を継続中である。

飼育環境下での発育に伴う行動特性の変化を明らかにするため、逃避行動および河川遡上活性・能力について室内実験を実施した。その結果、逃避行動はクロコ以降で反応速度および反応潜時が向上し、遡上活性・能力は少なくとも全長11 cm程度までは成長とともに増大することが示唆された。

さらに、自然環境への順応性を評価するため、西神田川において摂餌状況を調査した結果、1年以上飼育された中型養殖ウナギでは摂餌状況が悪化する傾向が認められた一方、短期飼育の初期黄ウナギでは天然個体と同等の摂餌状況が確認された。

以上より、小河川においては、シラスウナギを短期育成して放流することで残存率および成長が向上することが示され、一方で長期飼育は自然環境への摂餌適応性を低

下させる可能性が示唆された。湖沼における放流効果については、現在進行中の佐鳴湖での調査結果をもとに、今後評価を行う必要がある。

【背景】

ニホンウナギの国際的資源保護・管理については、資源を利用する東アジア 4 か国（日本、台湾、中国、韓国）が非公式協議によりシラスウナギの池入れ量上限を設定している。シラスウナギは養殖種苗として経済的価値が極めて高い一方、その天然環境下における生残率は不明であり、獲り残しが資源増大に与える効果についても十分な科学的根拠は得られていない。そのため、シラスウナギ漁獲管理に加えて、資源管理の他の方策についても検討する必要がある。

ニホンウナギは河川・湖沼・内湾で成育期を過ごし、我が国では内水面漁業における第 5 種共同漁業権のもと、漁業協同組合等が増殖義務を果たすため、養殖場で成長の遅いウナギ（ビリやヒネと呼ばれる）を用いた放流が広く実施されている。しかし、小河川における放流調査では、天然個体との競合により放流個体の残存率や成長が低く、増殖効果は限定的であることが報告されている（Wakiya et al. 2022）。このことから、資源増大効果を高めるためには、放流適地および放流手法の改善が求められている。

放流には一般に黄ウナギ（低成長魚、いわゆるヒネ）が用いられているが、シラスウナギから黄ウナギに至るどの発育段階で放流することが最も効果的であるかについては、十分な知見が蓄積されていない。シラスウナギは河口着底前後の段階に相当し、この時期の稚魚の生残率は一般に低いとされている。そのため、現行の主要施策であるシラスウナギ漁獲管理による獲り残しの増大が、その後の黄ウナギ・銀ウナギ資源量の増加にどの程度寄与するかは依然として不明である。

一方、ニホンウナギはヨーロッパウナギやアメリカウナギと比較して養殖技術が高度に発達しており、養鰻場でのシラスウナギ以降の生残率は極めて高い。我が国には養殖生産者が多く、様々な発育段階のウナギを比較的容易に入手できるという特徴がある。このような背景から、天然環境下での自然生残過程と、養殖下で高生残率で育成された個体を放流した場合の生残・成長過程を比較検討し、資源管理の観点から最も効率的な資源利用手法を明らかにすることが重要である。

【課題実施計画】

（１）５カ年の全体計画

目的：放流効果の高い発育段階および成長履歴の種苗について明らかにする。

方法：シラスウナギ〜黄ウナギの各発育段階や養殖場での成長履歴の異なるニホンウナギ種苗に関する試験を実施し、放流後の残存率や成長、遺伝的背景等に関する種苗間の違いを把握し、放流効果の高い種苗を明らかにする。

期待される成果：資源減少するニホンウナギについて、放流増殖手法の改善に資する知見が得られる。

【今年度実施計画】

目的：高成長群および低成長群の養殖ウナギ、シラスウナギと短期育成クロコの放流調査を継続し、その放流効果について調べる。

(1) 和歌山県高瀬川での高成長群および低成長群の養殖ウナギの放流調査

目的：養殖場での成長履歴の異なる高成長群および低成長群の養殖ウナギについて、放流後の残存率や成長、移動状況について明らかにする。

材料と方法：養殖黄ウナギの高成長群と低成長群を放流用種苗に用いた。高成長群はおよそ半年間で全長 30cm 程度まで育った個体、低成長群はおよそ 1 年半かけて全長 30cm 程度まで育った個体であり、2024 年は両群を、2025 年は低成長群のみ、放流した。2024 年は、これらを 7 月 20 日に水産技術研究所横浜庁舎（以下、横浜庁舎）へと輸送し、90cm アクリル水槽 2 面の淡水内で保管した。7 月 22〜23 日に 2-フェノキシエタノールで麻酔して全長と体重の測定、および個体写真を撮影後、PIT タグを挿入した。測定時の高成長群と低成長群の平均全長（±標準偏差）は、それぞれ $28.7 \pm 2.6\text{cm}$ （ $n=225$ ）、 $28.8 \pm 2.7\text{cm}$ （ $n=225$ ）、平均体重（±標準偏差）は、 $24.6 \pm 6.9\text{g}$ 、 $22.3 \pm 6.9\text{g}$ であった。2025 年は、低成長群を 5 月 1 日に、横浜庁舎へ輸送し、前年同様に保管、5 月 26 日に 2-フェノキシエタノールで麻酔して全長と体重の測定、および個体写真を撮影後、PIT タグを挿入した。測定時の低成長群の平均全長（±標準偏差）は、それぞれ $25.6 \pm 3.6\text{cm}$ （ $n=225$ ）、平均体重（±標準偏差）は、 $15.1 \pm 7.3\text{g}$ であった。両年とも形態計測したのち、和歌山県へと空輸した。

2024 年は、和歌山県高瀬川黄ウナギ調査区間（図 1）にて、養殖黄ウナギ放流前の 8 月 1〜2 日に電気ショッカー調査を行い、全長 15cm 以上の天然個体について、形態計測後に PIT タグを挿入し、計 96 個体を放流した（以下、天然個体群）。8 月 2 日に、高成長群、低成長群の養殖黄ウナギの放流を行った。2025 年は、5 月 28 日に低成長群の放流を行った。各年とも、高瀬川の調査区域を St. 1-6、7-12、13-18 の範囲に分け、各範囲の中央地点（St. 4、10、16）で、各範囲の 100 m²あたり個体密度が

高成長群と低成長群ともに 6 尾となるように、高成長群と低成長群を St.4 に各 116 尾、St.10 に各 67 尾、St.16 に各 42 尾を放流した。

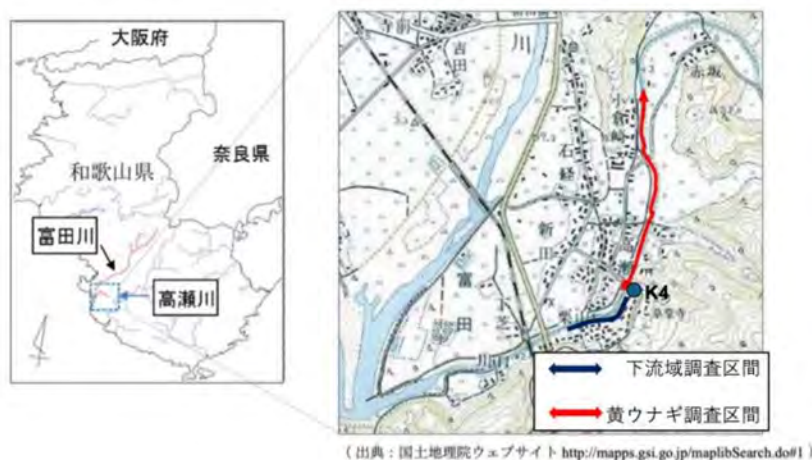


図 1. 和歌山県高瀬川の調査区間

放流した高成長群と低成長群の探知調査と採捕調査

携帯型 RFID システムによる探知調査を黄ウナギ調査区間（図 1）で行った。探知調査は、放流後 6 日間にあたる 2024 年 8 月 3 日から 8 日の間に 4 回行い、さらに、およそ放流 3 か月後にあたる 2024 年 10 月 29 日から 30 日に 1 回実施した。加えて、およそ放流 1 年後にあたる 2025 年 8 月 23 日から 25 日の間に 2 回行い、2025 年 10 月 6 日から 7 日にも 1 回実施した。河川で標識個体を探知するたびに、PIT タグの個体識別番号と探知された位置の起点からの距離（K4、図 1）を把握した。これらの調査に加えて、起点よりおよそ 900 m 上流に位置する高さ 50 cm の落差工を超えて上流へ移出した個体を把握するために、その落差工から上流 350 m の範囲での探知調査を 2024 年 8 月 4 日と 2024 年 8 月 7 日に行った。

電気ショッカーを用いた再捕獲調査を、2024 年 10 月 29 日から 31 日、2025 年 4 月 22 日から 23 日、10 月 8 日から 9 日に 1 回ずつ実施した。再採捕調査は、下流域調査区間および黄ウナギ調査区間（図 1）の範囲で実施した。黄ウナギ調査区間では、直流 250 V を用い、下流域調査区間では、塩分に応じて直流 100~250 V で採捕した。採捕した個体は 0.1% 2-phenoxyethanol で麻酔ののち全長と体重を測定し、PIT タグの個体識別番号とともに記録した。

高成長群と低成長群の残存率の比較

高成長群と低成長群の残存率の違いを評価するために、各個体の探知履歴および採捕履歴をもとに、状態空間モデルを組み込んだ Cormack-Jolly-Seber (CJS) モデルを用いて残存率および発見率を推定した。調査範囲を一致させるために、下流域調査区間で採捕された個体は、本解析からは排除した。本研究では、探知調査と再捕獲調査の両方

の結果を CJS モデルに組み込んだため、推定される探知率（あるいは採捕率）は発見率として表現することにした。本モデルの構造は Takeuchi et al., (2026) と同様である。ただし、1 週間あたりの残存率（期間残存率） $\varphi_{i,t}$ と発見率 $p_{i,t}$ は次の式で計算された。

$$\begin{aligned} \text{logit}(\varphi_{i,t}) &= \text{Intercept}_{\text{phi}} + C_group * \text{Group}_i + \text{Survey period}_{\Delta t}(\text{Random}) \\ \text{logit}(p_{i,t}) &= \text{Intercept}_p + C_method * \text{method}_t + \text{Survey}_t(\text{Random}) \end{aligned}$$

$\text{Intercept}_{\varphi/p}$ は期間残存率 φ および発見率 p の全体的な固定効果の平均（つまり、切片）を示す。 Group_i は、各個体のグループを示すダミー変数である（高成長群 = 1, 低成長群 = 0）。 method_t は、各調査の手法を示すダミー変数である（携帯型 RFID システムによる探知 = 1, 電気ショッカーによる採捕 = 0）。 C_group は、グループの違いによる期間残存率への影響を示す係数である。 C_method は手法の違いによる発見率への影響を示す係数である。それぞれの切片および係数の事前分布は、無情報事前分布とするために、分散 10000 の正規分布とした。ただし、ロジットスケールパラメータの安定化のために、-5 から 5 の範囲で切り捨て処理を施した（Kéry and Schaub, 2011）。本研究では、事後分布の中央値を代表値として用い、事後分布の 2.5 パーセンタイルから 97.5 パーセンタイルまでの範囲のことである 95% 信用区間（95% credible interval: 95% CI）にゼロを含まない場合に、その係数が有意であると判断した。CJS モデルには、各調査期間における期間残存率 φ の潜在的な変動、ならびに各調査における探知率 p の変動を考慮するために、ランダム効果を組み込んだ。 $\text{Survey period}_{\Delta t}$ は、期間残存率 φ に対する調査期間 Δt におけるランダム効果を示し、 Survey_t は、探知率 p に対する各調査 t におけるランダム効果を示す。調査期間 Δt は、調査 $t - 1$ から調査 t までの期間と定義した。ランダム効果に対する事前分布は、局所的な差異を表現するために、階層的な無情報事前分布とし、標準偏差 σ_x の二乗を分散とする正規分布に従うと仮定した。ただし、ロジットスケールパラメータの安定化のために、-5 から 5 の範囲で切り捨て処理を施した（Kéry and Schaub, 2011）。 σ_x の事前分布は、0 から 10000 の値をとる一様分布とした。高成長群と低成長群の各期間における期間残存率 $\varphi_{\text{group},t}$ は、以下の式で算出される。

$$\begin{aligned} \text{logit}(\varphi_{\text{high_growth},t}) &= \text{Intercept}_{\text{phi}} + C_group * 1 + \text{Survey period}_{\Delta t}(\text{Random}) \\ \text{logit}(\varphi_{\text{low_growth},t}) &= \text{Intercept}_{\text{phi}} + C_group * 0 + \text{Survey period}_{\Delta t}(\text{Random}) \end{aligned}$$

調査 t 時点での高成長群と低成長群の累積残存率（Apparent survivorship）は、期間残存率 $\varphi_{\text{group},t}$ を用いて、次の式で計算された。

$$\begin{aligned} \text{Apparent survivorship}_{\text{Group},t} &= \varphi_{\text{group},1}^{(\text{Interval}_1)} \times \varphi_{\text{group},2}^{(\text{Interval}_2)} \times \dots \\ &\times \varphi_{\text{group},t}^{(\text{Interval}_{\Delta t})} \end{aligned}$$

$Interval_{\Delta t}$ は、 $Survey\ period_{\Delta t}$ の長さ（単位：週）を示す。これらのモデルは、R 4.3.3 および JAGS 4.3.1 を用いて実装し、事後分布を生成するためにギブスサンプリングを伴うマルコフ連鎖モンテカルロ法（MCMC 法）を使用した。6 本のマルコフ連鎖を並列に走らせ、モデル適合のために合計 144 万の MCMC サンプルを生成した。最初の 24 万サンプルはバーンインとして破棄し、自己相関を軽減するために 200 サンプルごとに 1 つのサンプルを残した。マルコフ連鎖の収束の指標として Brooks-Gelman-Rubin diagnostic convergence statistic (R-hat) を用いた (Brooks and Gelman, 1998; Gelman et al., 2003)。もし、R-hat が 1.1 未満の場合には、マルコフ連鎖が収束したと判断した (Kéry and Schaub, 2011)。

放流後 6 日間の分布の比較

高成長群と低成長群の放流直後の移動・分散を比較するために、誤差分布を負の二項分布に仮定した一般化線形混合モデル (Generalized linear mixed model: GLMM) を用いて解析した。リンク関数は log-link とした。放流後 6 日間で最後に探知された位置の放流地点からの距離の絶対値を各個体で算出し応答変数とした。説明変数には、各個体のグループを示すダミー変数（高成長群 = 1, 低成長群 = 0）を加えた。各個体の放流地点をランダム効果として考慮した。この解析は R 4.3.3 を用いて計算された。

結果：

(1) 高成長群と低成長群の比較

探知調査と再捕獲調査

調査範囲における全 8 回の探知調査により、181 個体の高成長群を合計 425 回探知し、160 個体の低成長群を合計 406 回探知した。2024 年 8 月 4 日に行われた調査範囲よりも上流 350 m における調査では、1 個体も探知されなかった。一方で、2024 年 8 月 7 日に行われた調査では、低成長群を 1 個体確認した。このことは、上流への移出も生じていたことを示唆している。しかし、調査範囲に対し探知できた個体数は少なく、その割合はわずかであったと考えられる。

2024 年 8 月以降の全 3 回の捕獲調査の結果を表 1 に、放流時体重を 1 として再捕獲された個体の体重変化を図 2 に示した。18 個体の高成長群と 1 個体の低成長群がそれぞれ 1 回ずつ採捕された。2024 年 10 月 29 日から 31 日に採捕された 7 個体および 2025 年 4 月 22 日から 23 日に採捕された 8 個体の養殖ウナギは全て高成長群であり、負の成長を示した (2024 年 10 月 29 日から 31 日採捕: -0.090 ± 0.037 g/日、2025 年 4 月 22 日から 23 日採捕: -0.045 ± 0.012 g/日、それぞれ mean $\pm$ standard deviance)。2025 年 10 月 8 日から 9 日に採捕された 3 個体の内 2 個体は高成長群で、その成長速度はそれぞれ 0.002 g/日、0.050 g/日であった。残りの 1 個体は低成長群で、その成長速度は -0.013 g/日であった。

表 1 高成長群と低成長群の放流と再捕獲調査の結果概要

種苗種類*	日付	放流／捕獲	N (再捕獲率%)	平均全長 (±SD)	平均体重 (±SD)
黄ウナギ 高成長群_2024	2024/8/2	放流	225	287 (±26)	24.6 (±6.9)
	2024/10/29-30	捕獲調査	7 (3.1)	303 (±29)	22.3 (±6.9)
	2025/4/22-23	捕獲調査	8 (3.6)	266 (±51)	21.5 (±14.1)
	2025/10/8-9	捕獲調査	2 (0.9)	302 (±35)	26.7 (±11.2)
黄ウナギ 低成長群_2024	2024年8月	放流	225	288 (±27)	22.3 (±6.9)
	2024/10/29-30	捕獲調査	0 (0)	-	-
	2025/4/22-23	捕獲調査	0 (0)	-	-
	2025/10/8-9	捕獲調査	1 (0.4)	316	26.8
天然黄ウナギ_2024	2024/8/1-2	放流	97	261 (±99)	28.6 (±35.3)
	2024/10/29-30	捕獲調査	4 (4.1)	248 (±62)	19.2 (±16.1)
	2025/4/22-23	捕獲調査	7 (7.2)	266 (±51)	21.5 (±14.1)
	2025/10/8-9	捕獲調査	6 (6.2)	321 (±89)	51.9 (±41.4)
黄ウナギ 低成長群_2025	2025/5/28	放流	225	256 (±36)	15.1 (±7.3)
	2025/10/8-9	捕獲調査	0 (0)	-	-

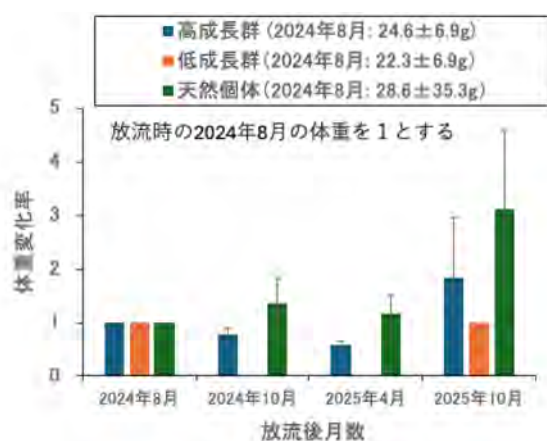


図 2 各放流群の体重の推移

高成長群と低成長群の残存率の推定

図 3 は CJS モデルにより推定された放流後の累積残存率の中央値(マーカー)と 95% 信頼区間(網掛け)を示す。高成長群と低成長群の両方において、放流直後に大幅に減耗する傾向があった。高成長群および低成長群の放流後 6 日間の累積残存率は、それぞれ 0.742 (95%CI: 0.656–0.806) 、0.670 (95%CI: 0.573–0.744) 、放流後 3 か月間の累積残存率は、それぞれ 0.275 (95%CI: 0.198–0.390) 、0.141 (95%CI: 0.080–0.243)

と推定された。放流 14 か月後の累積残存率は、高成長群で 0.171 (95%CI: 0.074–0.288)、低成長群で 0.068 (95%CI: 0.024–0.130) と推定された。

表 2 は、CJS モデルの各説明変数の係数の事後分布の中央値と 95%CI を示す。グループ間の期間残存率の違いを示す事後分布の 95% CI にはゼロを含まず、その中央値は正の値であった。このことは、高成長群の残存率は低成長群に比べて高いことを示している。調査方法による発見率への影響を示す係数の事後分布の 95% CI にはゼロを含まず、その中央値は正の値であった。このことは、携帯型 RFID アンテナによる探知のほうが電気ショックカーによる採捕に比べて発見率が高いことを示している。各調査のランダム効果を除いた発見率は、電気ショックカーでは 0.076 (95%CI: 0.023–0.203)、携帯型 RFID アンテナでは、0.399 (95%CI: 0.246–0.548) であった。

表 2 残存率推定における、各係数の事後分布の推定分位点および R-hat 値

	2.5%	median	95.0%	R-hat
Group_C	0.170	0.476	0.813	1.006
method_C	0.733	2.097	3.396	1.003

C_{group} は、グループにおける残存率の差異に関する係数を示す（高成長群 = 1, 低成長群 = 0）。 C_{method} は、手法における発見率の差異に関する係数示す（携帯型 RFID アンテナ = 1, 電気ショックカー = 0）。

高成長群と低成長群の移動・分散の比較

図 4 左図は、高成長群（青色）と低成長群（赤色）の放流後 6 日間の移動・分散の推移を放流地点ごとに示す。この結果から、低成長群は高成長群に比べて、放流地点からの移動・分散が大きいことが読み取れる。**図 4** 右図は、高成長群（青色）と低成長群（赤色）における、放流後 6 日間で最後に探知された場所の起点（K4, 図 1）からの距離を示す。移動・分散を評価するための GLMM の結果、高成長群は低成長群に比べて、放流地点から放流後 6 日間で最後に探知された地点までの距離が短かった（Coefficient ± SE = -0.422 ± 0.103, z value = -4.100, $P < 0.001$ ）。

今後の課題

- ・天然個体の残存率、全長、体重の放流後推移について、今後、分析に加えて、高成長群と低成長群との比較を実施する。
- ・高成長群と低成長群との比較に関する再現性を確かめるため、再度、試験を実施する必要があるかを検討する。

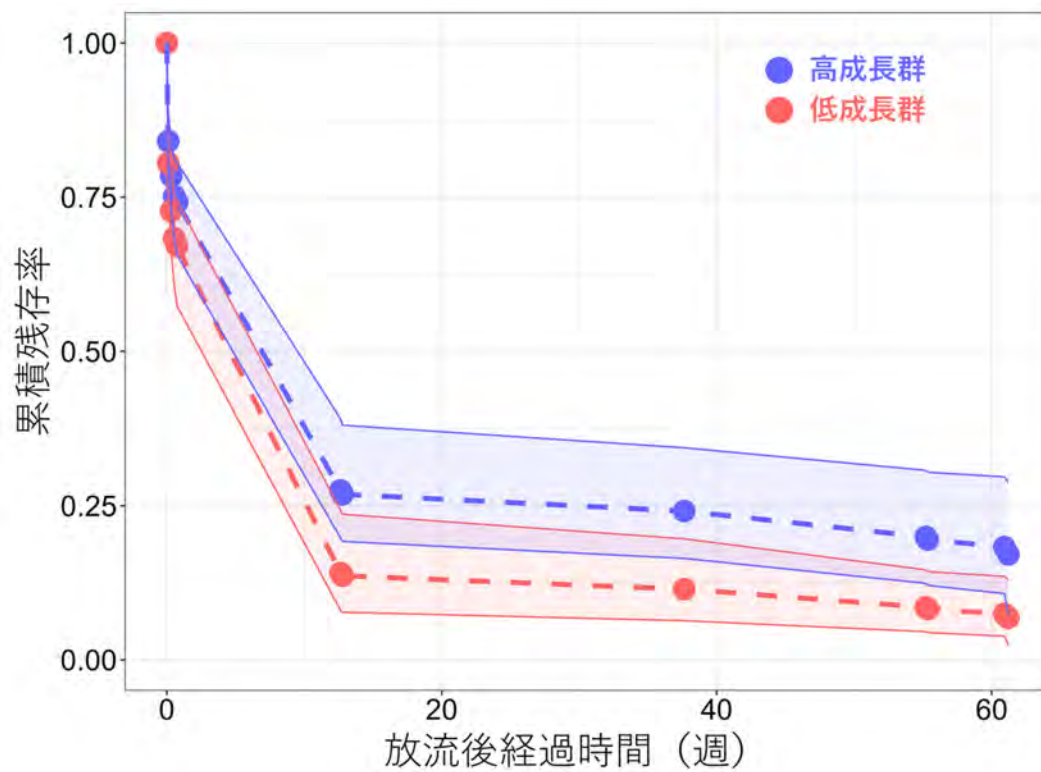


図3 高成長群（赤）と低成長群（青）の累積残存率の比較。横軸は放流後経過時間を示す。プロットは事後分布の中央値を示し、網掛けは95%信用区間を示す。

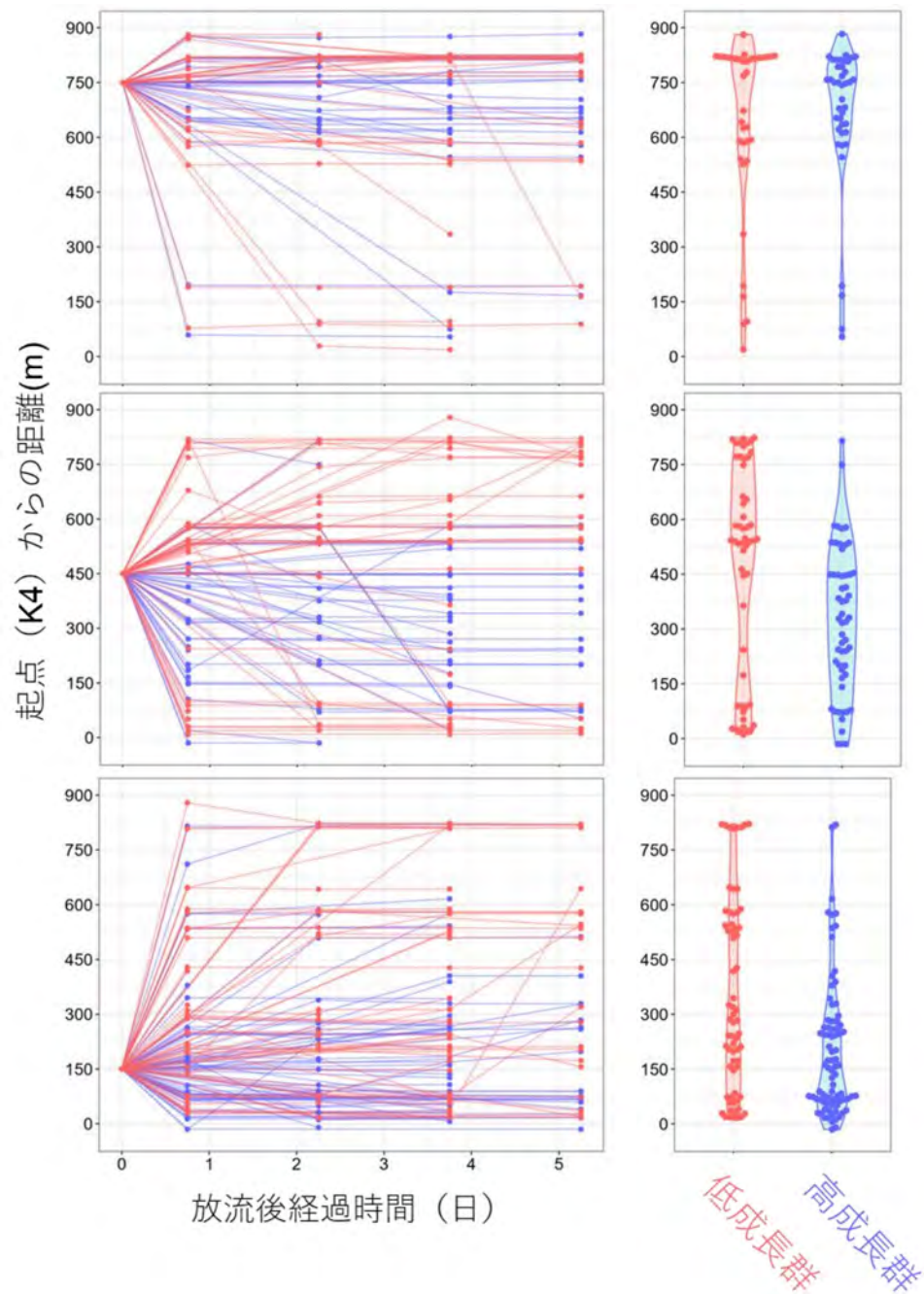


図4 高成長群（赤）と低成長群（青）の放流後6日間における探知地点の推移（左パネル）と最後に探知された地点の分布（右パネル）を示す。上段・中段・下段の各パネルは、それぞれ起点（K4、図1）から750 m、450 m、150 m 地点に放流したグループの結果を示している。

(2) 養鰻場での高成長群と低成長群の遺伝的背景の調査

目的：養鰻場での高成長群と低成長群間の遺伝的差異を調べ、遺伝的観点から見た低成長群の放流の妥当性を評価する。

材料と方法：2024 年度に、同一年級の同シラスウナギロットから育成された養殖ウナギの低成長群 ($N=80$) と高成長群 ($N=83$) を 2024 年 5 月にサンプリングした。それらについて、低カバレッジ全ゲノムシーケンシング (low-coverage whole genome sequencing) によってシーケンスリードを取得し、染色体レベルの参照ゲノム配列にマッピングした。2025 年度は、マッピングされたリードから一塩基多型 (SNP) を同定し、それらの遺伝子型尤度 (Genotype likelihood) を用いて、形質 (全長) と SNP の相関を調べるゲノムワイド相関解析 (GWAS : genome-wide association study) を行い、両群間を特徴づけるゲノム領域を探索した

結果：低成長群の全長は 157–266 mm (平均 $\pm$ 標準偏差 = 210.5 ± 24.1)、体重は 3.1–16.1 g (8.5 ± 2.8) であった。一方、高成長群の全長は 316–449 mm (400.0 ± 29.6)、体重は 40.0–139.0 g (95.4 ± 23.4) と、明らかに低成長群よりも成長が優れていた (図 5)。SNP 共有率 85% (全個体の 85% で遺伝子型尤度を推定できた SNP) の閾値を設定したところ、5,264,591 個の SNP が GWAS に利用可能であった。群間の遺伝的差異の指標である F_{ST} の値 (全 SNP の F_{ST} の平均値) は 0.0018 とゼロに近く、ゲノム全体で見た場合、群間の遺伝的差異は極めて小さいことが示唆された。GWAS において、ゲノムワイドの有意水準に基づくと、5 個の SNP が全長と相関があるとみなされた (図 6)。しかしそれらの SNP はゲノム上で散発的に生じており、ゲノムの特定の領域に相関のある SNP が集中していなかったため、偽陽性とみなすのが妥当であると考えられる。これらの結果から、成長の異なる群間での遺伝的差異の根拠は得られなかった。

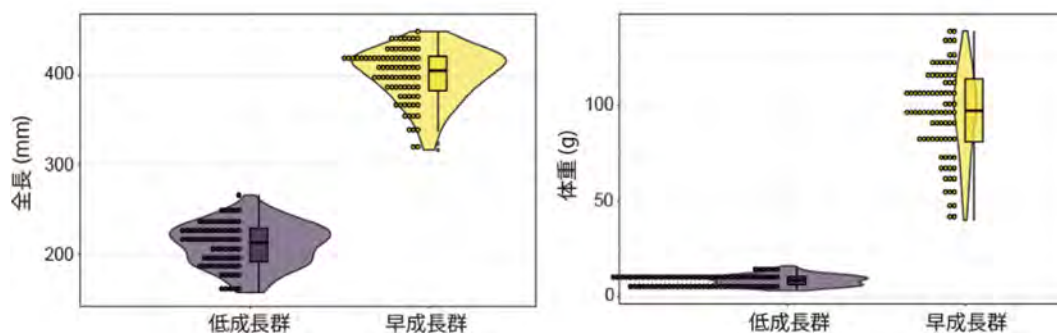


図 5 遺伝的背景の分析に用いた低成長群・高成長群の全長・体重分布

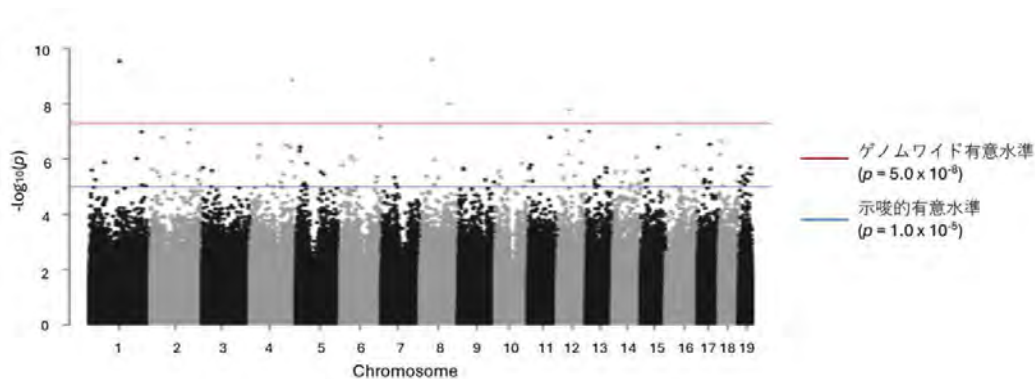


図 6 低成長群－高成長群間の GWAS 結果

今後の課題

- ・低成長群と高成長群の各 80 個体を比較した条件において、成長の異なる群間での遺伝的差異の根拠は得られなかったため、後天的な遺伝子発現状態で、シラスウナギ池入れ後の成長を説明できるかについて次年度以降、調べる。
- ・今回のサンプル数では検出できないような、多数の成長関連遺伝子があると想定した場合に、養殖場で選抜される低成長群が、その放流量及び残存率で自然個体群に影響する可能性があるかをシミュレーション分析できるかを検討する。

(3) 和歌山県高瀬川での短期育成個体とシラスウナギの放流試験

目的：シラスウナギを短期育成し、着底前後の初期減耗を回避させた場合の放流後の残存率や成長、移動状況について明らかにする。

材料と方法：

短期育成個体群とシラスウナギの放流

2024 年は、シラスウナギから初期黄ウナギへと短期育成するため、千葉県利根川で 2024 年 2 月 15 日に商業的に採集されたシラスウナギを購入し、静岡県水産・海洋技術研究所浜名湖分場（以下、浜名湖分場）へ輸送した。シラスウナギは 2t の FRP 水槽に収容し、28～30℃の淡水（換水率 1 回転／日）で餌付け飼料、配合飼料を給餌しおおよそ 1 ヶ月間育成した。育成された個体群は活魚タンクで水産技術研究所横浜庁舎（以下、横浜庁舎）に輸送し、90cm アクリル水槽 6 面の淡水の室内水温（16～21℃）で飼育を継続した。2025 年も、同水域で 3 月 2 日に商業的に採捕されたシラスウナギを購入し、浜名湖分場へ輸送して育成した。4 月 9 日にそれらを横浜庁舎へ輸送した。

2024 年、2025 年ともに、短期育成した初期黄ウナギ（以下、初期黄ウナギ群）との比較のため、育成せずにシラスウナギのまま放流する個体群（以下、シラス前期群）を用意した。2024 年放流用のシラスウナギとして、千葉県利根川で 2024 年 4 月 8 日

に商業的に採集されたものを購入した。放流までの間、横浜庁舎で、90cm アクリル水槽に収容し、12℃で保管した。2025 年放流用のシラスウナギは 4 月 6 日に利根川下流域で商業的に採捕された個体を用いた。これらは、耳石標識時を除いて 8℃で放流まで保管した。

2024 年、シラス前期群と初期黄ウナギ群の耳石に ALC 標識を施した。ALC を 1 規定 NaOH 溶液に溶かした後、1 規定 HCl 溶液で中和して、 $\text{pH}7\sim8$ にした後、飼育水に混ぜて ALC 濃度 50ppm とした。4 月 10 日からシラス前期群と初期黄ウナギ群を 24 時間、18℃の ALC 染色液に浸漬させた。加えて、初期黄ウナギ群は、麻酔して 1/3 ずつ、橙、緑、青のイラストマー標識を背鰭始部に施した（4 月 3～8 日）。2025 年、シラス前期群は、4 月 14 日～15 日に 20ppmALC に 0.1%SrCl 溶液（淡水 18℃を加えた染色液）に 24 時間浸漬し、ALC と Sr の耳石標識を行った。初期黄ウナギ群は、4 月 7 日～8 日に初期黄ウナギを 20ppm ALC に浸漬し、4 月 10 日～11 日に 0.1%SrCl 溶液に 24 時間浸漬して、シラスウナギと同様に ALC と Sr の耳石標識を施した。4 月 11 日、14 日に橙、黄、ピンクのイラストマーを背鰭始部後方（肛門位置の背側）に注入した。

2024 年は、4 月 15 日にシラス前期群と初期黄ウナギ群は横浜庁舎から和歌山県内水面試験地へ空輸し、放流前に、各 30 個体のサブサンプルについて麻酔後、全長、体重、色素発達段階の測定を実施した。4 月 18 日、高瀬川の飛鳥橋（K4、図 1）から 100～150m 下流地点でシラス前期 1322 個体、初期黄ウナギ 1067 個体を放流した。2025 年は、4 月 9 日にシラスウナギ 30 個体を、4 月 16 日に初期黄ウナギ 30 個体を 2-フェノキシエタノールで麻酔して放流前の全長、体重、色素発達段階の測定を実施した。4 月 24 日に空輸して、2024 年と同位置で、シラスウナギ 2155 個体、初期黄ウナギ 941 個体を放流した。

放流個体の再捕獲調査

令和 5 年（2023 年）以降、4 月と 10 月に、飛鳥橋（K4）から 250m 下流および、その上流の黄ウナギ調査区間 900m を合わせた 1150m の区間で、電気ショッカー（Smith-root 社）で再捕獲調査を実施している（図 1）。捕獲したウナギは、0.1%の 2-phenoxyethanol で麻酔して形態計測した。飛鳥橋より下流では、全長 25cm 以下の個体は過量な麻酔によって安楽死させ、実験室で耳石標識を調べるためのサンプルとした。飛鳥橋より上流では、全長 15cm 以下の個体は同様の処理でサンプルとし、全長 15cm を超える個体は、イラストマー標識の有無を確認後、再放流した。後日、持ち帰ったサンプルから耳石を取り出して研磨し、蛍光顕微鏡下で ALC 標識の有無を調べた。なお、また、耳石標識のない天然加入個体（以下、天然加入群）について、耳石による年齢査定を行なうこととした。

残存率と採捕効率の推定

放流種苗（初期黄ウナギ・シラスウナギ）の放流後 1 年目までの生残過程を把握するため、再捕獲データを用いて、現時点のデータに基づく暫定的な推定を行った。解析には、種苗種類（初期黄ウナギ／シラスウナギ）、再捕尾数、再捕時に川から取り除かれた尾数、放流後経過月数、調査季節（spring/fall）、放流年級、初回放流尾数を含むデータを用いた。種苗種類×放流年級を 1 つの放流群（cohort）とみなし、cohort ごとに時系列で処理した。

残存率は「放流初期は変動（低下）し、一定期間後に安定する」と考え、放流後 6 か月を境に二段階の残存率を設定した。具体的には、放流後 0～6 か月の残存率は種苗別（初期黄ウナギとシラスウナギで別々）に推定し、6 か月以降は両種苗で共通の残存率になると仮定した。残存の計算では、経過月数に応じて年率の残存率を月単位に換算して適用し、調査間隔ごとに母集団サイズを更新した。

採捕効率（ k ）は種苗種類による差はないとし、季節によって変化する可能性を考慮した。季節差を許容する解析では、春の採捕効率を固定し、秋（fall）の採捕効率を推定した。春の採捕効率の設定範囲は、PIT タグ標識した中型の養殖ウナギの標識再捕調査（前述）で推定された採捕効率（平均 0.076、95%CI: 0.023–0.203）を参考値として、0.02–0.20 とした。各調査回における期待再捕数は、当該時点の母集団サイズに採捕効率を乗じて算出した。再捕時にサンプル取得のため川から取り除かれた尾数は、調査記録にもとづく観測誤差のない既知量として扱い、各調査回の計算後に母集団から差し引いて母集団サイズを更新した。

推定は尤度最大化により行った。観測された再捕尾数は、期待再捕数を平均とするポアソン分布に従うと仮定し、全 cohort・全調査回のデータを用いて尤度を最大化することで、残存率（放流後 0～6 か月の種苗別残存率、6 か月以降の共通残存率）および（季節差を許容する場合の）秋の採捕効率を推定した。最適化には L-BFGS-B 法を用い、局所解への収束を避けるため、複数の初期値から最適化を繰り返す multi-start を採用し、最も尤度の高い解を採用した。

採捕効率 k の想定が種苗間の残存差の推定に与える影響を評価するため、春の採捕効率を 0.02～0.20 の範囲で 0.02 刻みに固定した複数のシナリオを設定し、各シナリオで生残パラメータを推定した。各シナリオで得られた推定値を用い、初期放流数を 1000 尾と仮定した場合の放流後 12 か月時点の残存数を種苗別に算出し、1 年後残存比（初期黄ウナギ／シラスウナギ）を指標として求めた。残存比の不確実性はパラメトリック・ブートストラップにより評価した。各 k 固定シナリオで得られた最尤推定値を真の値とみなし、モデルから得られる期待再捕数（調査回ごとの期待値）を用いて再捕尾数を確率的に生成し、模擬データを作成した。模擬データの生成では、各調査回の再捕尾数が期待再捕数を平均とするポアソン分布に従うと仮定した。生成した模擬データに対して同一の推定手順（尤度最大化・multi-start）を再適用し、生残パ

ラメータを再推定したうえで1年後残存比を再計算した。この操作を各kシナリオにつき100回繰り返し、残存比の分布を得た。得られた分布から、各kにおける残存比の平均（ブートストラップ平均）と95%信頼区間（分位点法：2.5–97.5パーセンタイル）を算出した。なお、模擬データの生成においても川からの除去数は観測誤差のない既知量として固定し、各反復で同一の値を用いて母集団更新を行った。

結果：

再捕獲結果と分布

2025年4月の捕獲調査では、2024年4月シラス前期群4個体、2024年4月初期黄ウナギ群32個体（表3）。2025年10月の捕獲調査では、2024年4月シラス前期群2個体、2024年4月初期黄ウナギ群14個体（うち、12個体は上流区域で全長15cmを超えていたため、再放流）、2025年4月シラス前期群0個体、2025年4月初期黄ウナギ群4個体が確認された（表3）。

放流日からの時間経過とともに、シラス前期群、初期黄ウナギ群および天然加入群がどのような河川内分布となったかを図7に示す。シラス前期群は、再捕獲個体が少なく、分布傾向を見るに至らなかった。初期黄ウナギ群と天然加入群は類似した河川内分布の傾向を持っており、放流（加入）して一年後までは、一部が上流へ移動するが、多くは下流域に留まり、それ以降、河川内に一様に広がるような傾向が見られた。河川内の分布において、中間育成した初期黄ウナギは天然加入群と変わらないものと推察された。

表 3. 高瀬川における各種放流群の捕獲結果の概要

放流種苗*	日付	放流*1／捕獲*2	N (再捕獲率%)	平均全長 (±SD)	平均体重 (±SD)
シラスウナギ前期_2023	2023/4/19	放流	1088	59.0 (±2.0)	0.14 (±0.02)
	2023/10/25-26	捕獲	4 (0.4)	90.0 (±9.9)	0.96 (±0.43)
	2024/4/16	捕獲	1 (0.1)	84.0	0.43
	2024/10/29-30	捕獲	1 (0.1)	160.0	3.85
	2025/4/21-23	捕獲	2 (0.2)	163.0 (±11.3)	4.76 (±0.39)
シラスウナギ後期_2023	2023/4/19	放流	366	68.4 (±10.9)	0.26 (±0.17)
	2023/10/25-26	捕獲	5 (1.4)	99.2 (±11.0)	1.11 (±0.20)
	2024/4/16	捕獲	4 (1.1)	120.0 (±20.8)	1.69 (±0.73)
	2024/10/29-30	捕獲	2 (0.5)	155.0 (±0.0)	3.76 (±0.01)
	2025/4/21-23	捕獲	8 (2.2)	165.0 (±12.8)	4.00 (±0.82)
初期黄ウナギ_2023	2023/7/19	放流	136	90.8 (±17.1)	0.75 (±0.45)
	2023/10/25-26	捕獲	8 (5.9)	102.3 (±20.3)	1.17 (±0.75)
	2024/4/16	捕獲	3 (2.2)	112.3 (±9.6)	1.19 (±0.32)
	2024/10/29-30	捕獲	1 (0.7)	154	3.60
	2025/4/21-23	捕獲	0 (0)	-	-
シラスウナギ前期_2024	2024/4/18	放流	1350	57.7 (±1.6)	0.11 (±0.01)
	2024/10/29-30	捕獲	0 (0)	-	-
	2025/4/21-23	捕獲	4 (0.3)	121.6 (±11.2)	2.17 (±0.85)
	2025/10/7-10	捕獲	2 (0.1)	122.8 (±10.7)	2.22 (±0.40)
初期黄ウナギ_2024	2024/4/18	放流	1322	100.2 (±10.9)	1.12 (±0.38)
	2024/10/29-30	捕獲	13 (1.0)	120.2 (±16.2)	1.66 (±0.75)
	2025/4/21-23	捕獲	32 (2.4)	134.0 (±17.7)	2.56 (±1.02)
	2025/10/7-10	捕獲	14 (1.1)	168.9 (±25.5)	5.08 (±2.13)
シラスウナギ前期_2025	2025/4/24	放流	941	86.3 (±9.8)	0.12 (±0.02)
	2025/10/7-10	捕獲	0 (0)	-	-
初期黄ウナギ_2025	2025/4/24	放流	2115	58.6 (±2.3)	0.68 (±0.28)
	2025/10/7-10	捕獲	4 (1.8)	111.2 (±26.0)	1.58 (±1.19)

*1 2023年では、シラスウナギ前期は耳石ALC1重標識、シラスウナギ後期は耳石ALC2重標識、初期黄ウナギはイラストマー標識を実施。2024年以降では、シラスウナギ前期と初期黄ウナギは耳石ALC1重標識し、初期黄ウナギはイラストマー標識を実施。*2 感潮域では2024年4月まで全長15cm以下、2024年10月以降は全長25cm以下をサンプリング。淡水域では全長15cm以下をサンプリング。それより大きい個体はイラストマーの有無を確認して再放流。

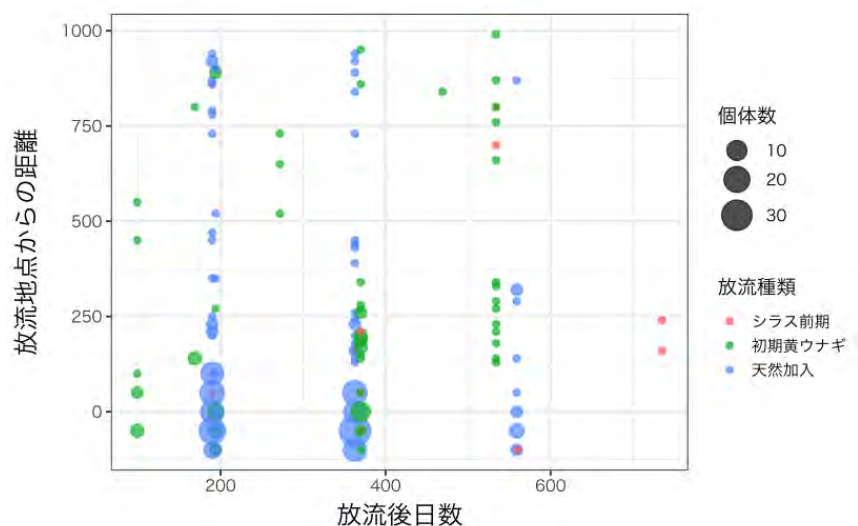


図 7 シラス前期群、初期黄ウナギ群、天然加入群の放流後時間経過に伴う分布変化

成長

2023 年～2025 年に放流したシラス前期群、初期黄ウナギ群および天然加入群の平均体重（±標準偏差）の推移を図 8 に示す。シラス前期放流群、初期黄ウナギ放流群のいずれも放流後、滞りなく成長していた。シラス前期放流群と天然加入群の体重は同様に推移した。初期黄ウナギ放流群は、それらに比べると半年～1 年程度早く、体重が推移していた。

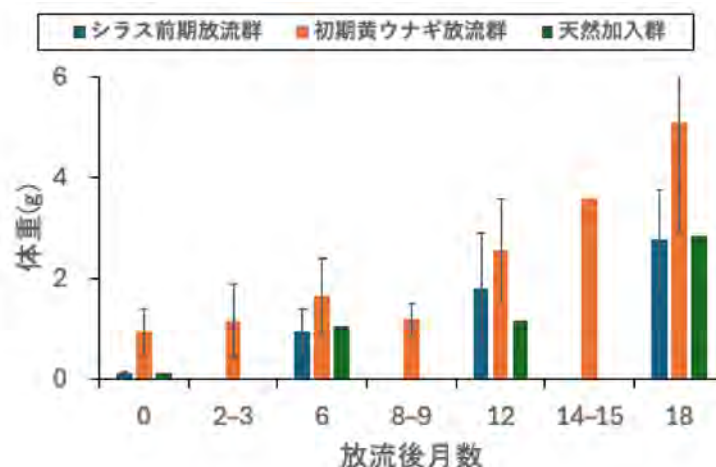


図 8 各放流群における全長推移

残存率と捕獲効率の推定

2023 年～2025 年に放流したシラス前期群、初期黄ウナギ群について、放流から 1 年後までの残存率 ϕ を推定した。放流後 1 年後までとしたのは、天然加入したシラスウナギの全長と年齢の関係において、加入 1 年後までは全長 15cm 以下であるが、それ以降になると再放流サイズの全長 15cm 以上となる個体がいたことによる。シラス前期放流群は、捕獲して耳石観察しないと放流群であるかの判別ができないため、残存率の推定は、放流から 1 年後までとした。再捕獲数が、シラス前期群、初期黄ウナギ群ともに少ないため（表 3）、残存率 ϕ と採捕効率 k の両者を同時に推定することは、不安定である。このため、 k は、前述した PIT タグ標識したウナギの標識再捕試験で得られた信頼区間 0.02～0.2 を参考とし、その間で設定した場合の、残存率推定を実施した。図 9 は、春季の採捕効率 (k_{spring}) を 0.02、0.08、0.14、0.2 に設定し、秋の採捕効率は変化すると仮定した時の推定残存過程を示す。この時、放流後 6 ヶ月までは放流種苗別に特異な残存率を有し、それ以降は、同様の残存率になると仮定している。図 9 により、いずれにおいても、初期黄ウナギ群がシラス前期群に比べて、残存数が高いと推察された。また、推定された残存過程は、採捕効率の設定値によって異なることがわかる。本研究における興味の内容は、初期黄ウナギに育成すること

で、シラス前期群に比べて、残存比率がどのくらい高まるかということである。そこで、設定する採捕効率 k によって 1 年後残存比率（初期黄ウナギ/シラス前期群）がどのように変化するかを調べた（図 10）。採捕効率が春と秋で異なると仮定した場合、春の採捕効率が 0.06 以下の時には平均で 10–12 倍、0.06 より大きい場合は平均 5–10 倍であった。採捕効率が春秋で変わらないと仮定した場合、採捕効率が 0.04 以下の時に平均 10–12 倍、0.06 より大きい場合は平均 2.5–10 倍であった。

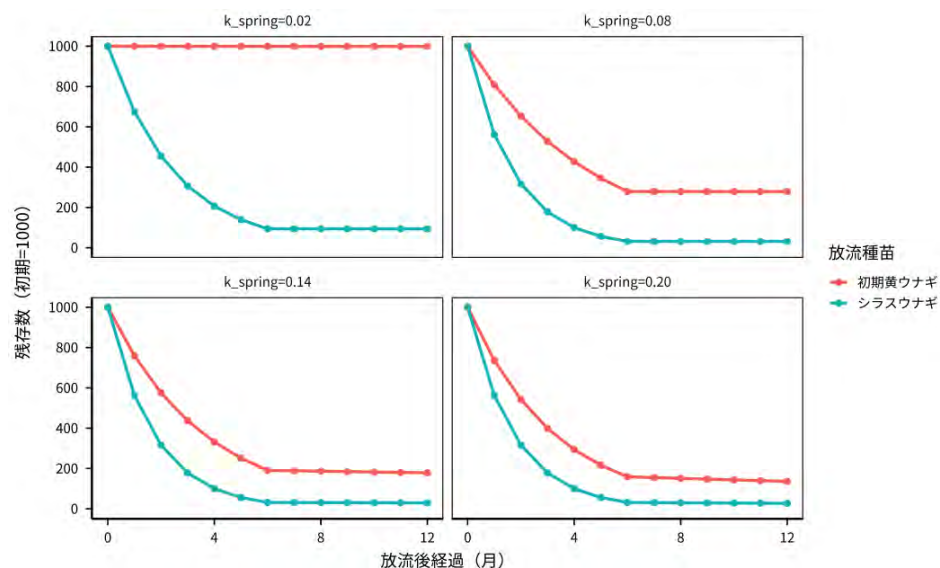


図 9 想定した捕獲効率 k 別の各放流種苗における推定残存数の推移

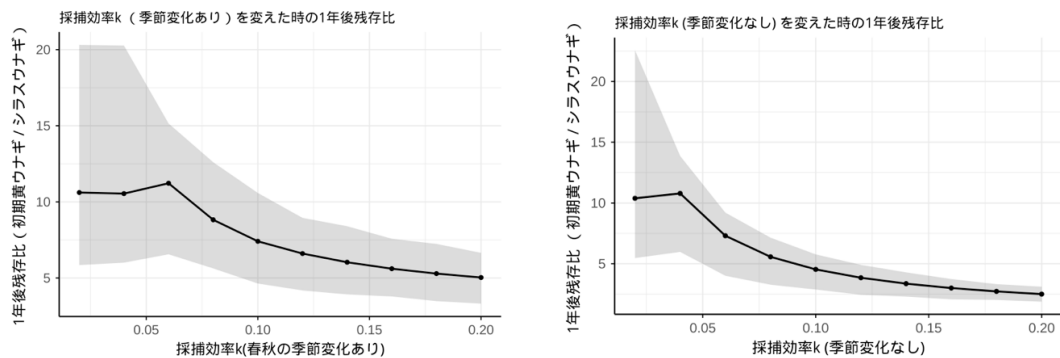


図 10 初期黄ウナギとシラスウナギの 1 年後残存比率に対する捕獲効率 k の感度分析

(4) 静岡県佐鳴湖での種苗種類による放流効果調査

目的：商業的な漁業が行われる佐鳴湖を調査地として、湖沼での種苗種類別の放流効果を漁獲物調査から明らかにする。

材料と方法：本研究は、静岡県浜名湖に隣接する佐鳴湖を対象とした。面積は 1.2 km² で汽水湖である。平均水深は約 2 m。浜名湖は海面だが、佐鳴湖は内水面として扱われる。ニホンウナギは漁業権対象種で、義務放流が行われている。

シラスウナギ放流群は、2025 年 3 月 4 日に 6768 個体を、4 月 8 日に 6892 個体を佐鳴湖の船着場で放流した。3 月 4 日の放流個体は、3 月 2 日に利根川下流域で採捕され、3 月 3 日に浜名湖分場へ輸送、20ppm ALC で 24 時間浸漬し耳石標識を行ったものである。4 月 8 日の放流個体は、3 月 5 日に利根川下流域で採捕され、3 月 6 日に横浜庁舎へ輸送して、7-8℃の淡水でしばらく保管、4 月 1 日～3 日にかけて、20ppm ALC 及び 1% SrCl に 24 時間ずつ浸漬して耳石標識をしたものである。

初期黄ウナギ放流群は、4 月 8 日に 5189 個体を佐鳴湖の船着場で放流した。これらは、3 月 2 日に利根川下流域で採捕され、3 月 3 日に浜名湖分場へ輸送、和歌山県高瀬川への初期期ウナギと同様に育成した後、4 月 7 日～8 日に 20ppm ALC に浸漬したものである。

黄ウナギ放流群は、およそ 1 年半かけて養殖場で育てられた全長 30cm 前後の個体で、5 月 15 日に 4000 個体を佐鳴湖の船着場で放流した。4 月 30 日に養殖池から浜名湖分場へ輸送し、屋外水槽で自然水温の淡水中で保管した。5 月 13 日～14 日に 20ppm ALC に 24 時間浸漬し、その後、放流に用いた。

漁獲物調査は、7 月～9 月に行い、300 個体を上回るまではサイズ分別することなく購入した。300 個体が集まって以降は、個体数の少ない 200～330g サイズ、330g 超サイズを追加で購入した。漁獲物サンプルは、全長、体重、肉眼での生殖腺観察による雌雄判別を行い、耳石を保管した。

捕獲状況を調べるため、3 隻の標本船で操業日誌の記入を行なった。操業日誌には、操業日毎に操業場所、筒の本数、捕獲尾数を記録し、その日の捕獲尾数は大（330g 以上）、中（200～330g）、小（100～200g）、極小（25～100g）、再放流（25g 以下）の 5 区分に分けて記録された。

結果：標本船の記録から、合計 69 出漁日の情報が得られ、その捕獲尾数の合計は 1061 尾であった（320 尾は再放流）。漁獲された個体の重量区分ごとの個体数を図 10 に示した。極小（25～100g）、小（100～200g）、中（200～330g）、大（330g 以上）の順で多く、漁獲された個体のうちの割合は 48%、40%、9%、3%であった。

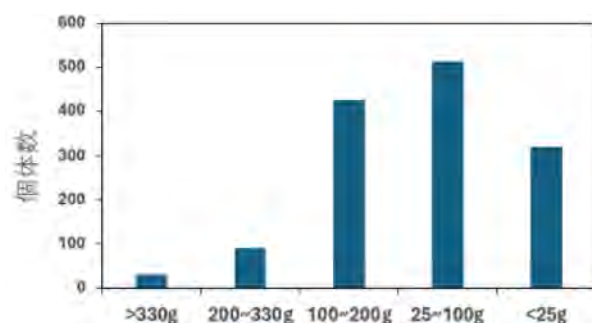


図 10 標本船で捕獲されたウナギの重量区別個体数

佐鳴湖を 6 水域（図 11 左）にわけて、水域別の出漁日数および漁獲尾数を図 11 右に示した。湖内（③～⑤）での出漁日数および漁獲尾数が多い傾向が見られた。

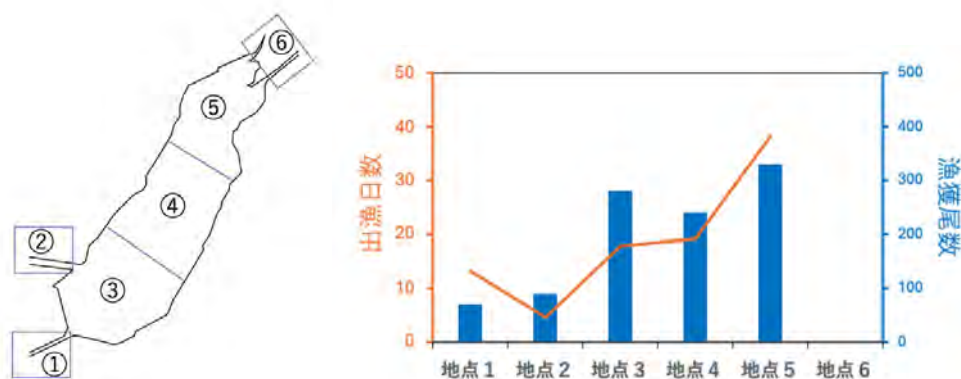


図 11 佐鳴湖の水域区分（左）と水域別の標本船の出漁日数と漁獲尾数（右）

佐鳴湖で捕獲されたウナギについて、サイズ選別をせずに計 355 個体の全長、体重、性別を調べた。調査したウナギの体重区別の個体数を図 12 に示した。雌雄比は、全体でオス 61%、メス 39%でオスが優占していた。メスの占有割合は、サイズが大きくなるほど高くなり、200g 以上の個体では、オス 1 個体を除き、38 個体がメスであった。

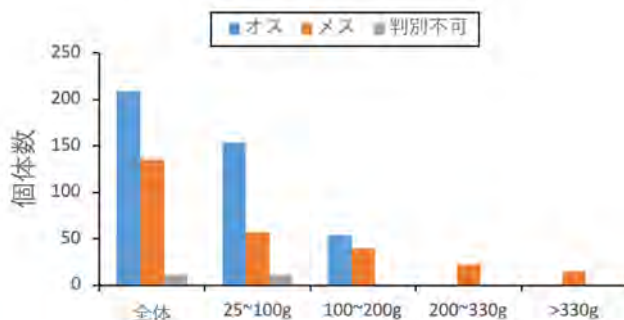


図 12 佐鳴湖の漁獲物調査で調べたウナギのサイズ組成

＜今後の課題＞

- ・今後、放流個体が漁獲物に混じっているかを耳石標識の確認により進める。
- ・各放流群が漁獲に加入するタイミング（年数）を調べるとともに、放流時の種苗種類によって漁獲物増大効果にどのような違いがあるかを継続的に調査し、明らかにしていく。また、和歌山や宮崎の小河川で実施している結果と比較し、湖沼での放流による資源増大効果を明らかにする。

（5） 青森県小川原湖での種苗種類による放流効果調査

目的：商業的な漁業が行われる小川原湖を調査地として、種苗種類別の放流を実施し、湖沼での種苗種類別の放流効果を再捕調査および、課題エ 2 で実施している漁獲物調査から明らかにする。

材料と方法：本研究は、青森県小川原湖を対象とした。面積は 63.2 km²で汽水湖である。平均水深は約 11 m。ニホンウナギは漁業権対象種で、義務放流が行われている。

シラスウナギ放流群は、2025 年 4 月 4 日に湖南部（N40°43'28.4"、E141°19'09.7"）、4 月 5 日に湖中央部（N40°46'12.0"、E141°19'03.5"）及び湖北部（N40°49'46.2"、E141°18'41.5"）の湖岸から各 4,486 個体ずつ、計 13,458 個体を放流した。これらは、3 月 30 日に利根川下流域で採捕され、3 月 31 日に横浜市庁舎へ輸送、4 月 1 日～2 日に 20ppm ALC（18℃）に 24 時間浸漬し耳石標識を行い、4 月 3 日～4 日に青森県産業技術センター内水面研究所へ輸送したものである。

初期黄ウナギ放流群は、4 月 10 日に前述の 3 地点から各 1,840 個体、計 5,520 個体を放流した。これらは、3 月 2 日に利根川下流域で採捕され、3 月 3 日に浜名湖分場へ輸送、和歌山県高瀬川への初期期ウナギと同様に育成した後、4 月 7 日～8 日に 20ppm ALC に浸漬し、4 月 10 に羽田空港から三沢空港へ空輸したものである。

黄ウナギ放流群は、およそ 1 年半かけて養殖場で育てられた全長 30cm 弱の個体で、5 月 14 日に前述の 3 地点から各 684 個体、5 月 22 日に同様に各地点から 660 個体、計 4,032 個体を放流した。5 月 14 日の放流個体は、4 月 30 日に養殖池から浜名湖分場へ輸送し、屋外水槽で自然水温の淡水中で保管、5 月 13 日～14 日に 20ppm ALC に 24 時間浸漬、5 月 13 日～14 日に小川原湖へ輸送したものである。5 月 22 日の放流個体は、4 月 30 日に養殖池から浜名湖分場へ輸送し、屋外水槽で自然水温の淡

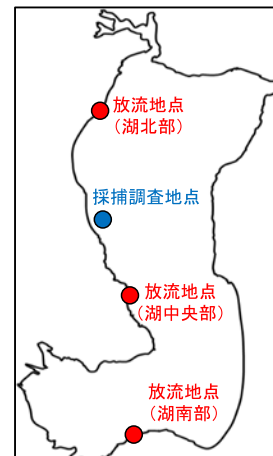


図 13 小川原湖の放流地点及び再調査地点

水中で保管、5月15日に横浜庁舎へ輸送し、5月21日～22日に20ppm ALCに24時間浸漬、5月22日に羽田空港から三沢空港へ空輸したものである。

採捕調査は10月9日から10月24日にかけて実施した。漁業者1名が湖中央部の1定点（N40°47'46.7”、E141°18'29.4”）に設置した定置網に入網した全個体をサンプルとして収集し、全長、体重、胸鰭長、眼球長、生殖腺重量、肝臓重量、胃重量及び腸重量を計測し、肉眼での生殖腺観察による雌雄判別を行い、耳石を保管した。

結果：採捕調査により計24個体のサンプルが得られた。およそ2週間の調査期間中に入網した個体の平均全長及び平均体重はそれぞれ $33.1 \pm 8.7\text{cm}$ 、 $57.7 \pm 120.7\text{g}$ （±標準偏差）で、全長30cm前後の個体の採捕が中心だった（図14）。このうち14個体がメス、10個体は判別できなかった。また、オスは採捕されなかった。

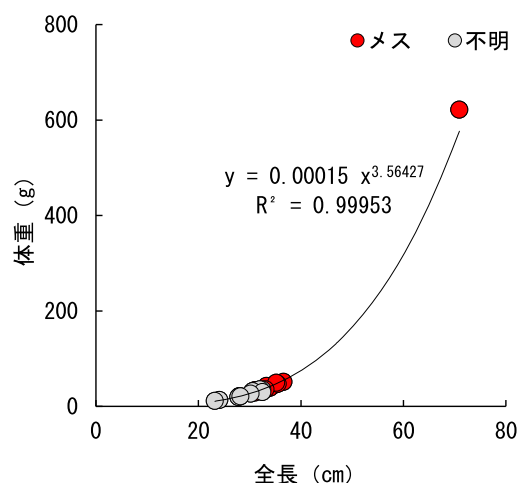


図14 定置網で採捕された個体の全長と体重の関係

<今後の課題>

- ・今後、放流個体が漁獲物混じっているかを、採捕調査により得られた個体に加え、課題エ②で収集した漁獲物サンプルについて耳石標識の確認により進める。
- ・各放流群が漁獲に加入するタイミング（年数）を調べるとともに、放流時の種苗種類によって漁獲物増大効果にどのような違いがあるかを継続的に調査し、明らかにしていく。また、和歌山や宮崎の小河川で実施している結果と比較し、湖沼での放流による資源増大効果を明らかにする。

(6) 放流ウナギの自然餌料への順応に関する調査（静岡県西神田川）

目的：短期育成した初期黄ウナギと、通常放流で用いられる黄ウナギで自然餌料への順応性に違いがあるかを明らかにする。

材料と方法：本研究は静岡県浜松市浜名区を流れ、浜名湖の流入河川である西神田川で実施した（図 15）。本河川は全長 4.4 km の小規模河川である。放流した養殖ウナギの上流への移出を抑制するために、河口から 1.37 km 地点に位置する高さ 40 cm の落差工を調査範囲の上端とし。河口を調査範囲の下端とした。2024 年 7 月 17 日から 18 日に調査範囲全体で 10 m ごとに測定した川幅、水深、流速および 100 m ごとに測定した pH、酸素飽和度の平均と標準偏差は、それぞれ 6.3 ± 3.7 m、 23.2 ± 12.5 cm、 0.4 ± 0.3 m/s、 7.26 ± 0.18 、 $85.5 \pm 8.4\%$ （mean $\pm$ SD）であった。水深、流速、pH、酸素飽和度は、河川のみお筋に沿って計測を行い、流速は、60%水深で計測した。

静岡県内の養殖場で 1 年以上にわたって飼育された養殖ウナギ（長期飼育ウナギ）と利根川で漁獲されたシラスウナギを水産技術研究所横浜庁舎で約 2 か月間飼育したウナギ（初期黄ウナギ）を用いて、2024 年と 2025 年に放流試験を行った。2024 年では、長期飼育ウナギを 200 個体、初期黄ウナギを 332 個体用いた。このうち、長期飼育ウナギ 100 個体は、麻酔下で全長および体重の測定と PIT タグの標識を行った。測定した全長と体重の平均と標準



図 15 西神田川の地図。黒丸は放流地点、黒棒は、調査範囲の上端とした高さ 40 cm の落差工を示す

偏差は、それぞれ 308.9 ± 46.4 mm、 33.8 ± 16.4 g であった。残りの長期飼育ウナギ 100 個体と初期黄ウナギには、麻酔下で背びれ基部に蛍光イラストマータグ標識を施した。その後、2024 年 4 月 16 日に、調査範囲上流・中流・下流の 3 か所に分けて、個体数密度が一定になるように水域面積に応じて個体数を調整して放流した（図 15）。放流個体数密度は、長期飼育ウナギでは、229.3 個体/ha、初期黄ウナギでは、344.0 個体/ha であった。初期黄ウナギの放流時の体サイズを把握するために、放流前日に 32 個体のサブサンプルを取り除き、冷凍ののち東京大学大気海洋研究所に輸送し、全長と体重を測定した。測定した全長と体重の平均と標準偏差は、それぞれ 97.2 ± 13.3 mm、 0.98 ± 0.48 g であった。2025 年では、長期飼育ウナギ 307 個体、初期黄ウナギ 235 個体を用いた。2025 年に放流した全ての長期飼育ウナギは、麻酔下で全長および体重を測定し PIT タグを標識した。測定した全長と体重の平均と標準偏差は、それぞれ 235.3 ± 38.1 mm、 14.3 ± 7.7 g であった。長期飼育ウナギは、調査範囲上流・中流・下流の 3 か所に分けて、個体数密度が一定になるように水域面積に応じて個体数を調整して、2025 年 5 月 5 日に放流した（図 15、352.0 個体/ha）。2025 年の初期黄ウナギには、

麻酔下で蛍光イラストマータグ標識を施した。2024 年 6 月に行った再捕獲調査では、初期黄ウナギと同等のサイズの天然ウナギ（max: 3 g）が 14 個体採捕されたが、その 78.6%にあたる 11 個体の採捕地点は、放流地点 1 から 200 m の範囲内であった。このことから、調査範囲の下流が初期黄ウナギにとって好適な環境であると判断し、2025 年 5 月 5 日に、すべての初期黄ウナギを放流地点 1 に放流した。初期黄ウナギには 0.1% の 2-phenoxyethanol を、長期飼育ウナギにはオイゲノール（FA100, Bussan Animal Health, Japan）の 0.1%希釈液を麻酔薬に用いた。

2024 年は、放流 1.5 か月後、放流 3 か月後、放流 5.5 か月後、放流半年後の合計 4 回の再捕獲調査を調査範囲にて実施した。2025 年は、放流 5 時間後（3 g 未満の個体を対象に放流地点 1 周辺のみ、午後 3 時から 4 時に実施）、放流 1.5 か月後、放流 3 か月後の合計 3 回の再捕獲調査を調査範囲全体にて実施した。再捕獲調査は電気ショッカー（150 V AC）を用いて行った。本種は夜間に活動して摂餌する魚であり、午後に採捕された個体の空胃率（胃内容物が出現しない確率）は、午前中に採捕された個体のそれに比べて高いことが知られている（Tesch 2003; Itakura et al., 2015b）。胃内容物分析に対するその影響を極力小さくするために、本研究の再捕獲調査は 2025 年放流当日の調査を除きすべて午前中に行った。採捕された個体は、過剰麻酔により安楽死させた後、氷を入れたクーラーボックス内で保管した。その後、東京大学大気海洋研究所へ輸送し、解剖までの間は -20 °C の冷凍庫で保管した。

東京大学大気海洋研究所にて、西神田川にて採捕された天然ウナギ、長期飼育ウナギ、初期黄ウナギの全長および体重の測定のもの開腹し、胃内容物の有無の確認とその重量の測定を行った。放流後 3 か月以内において、長期飼育ウナギと初期黄ウナギの空胃率を天然ウナギのそれと比較するために、誤差分布を二項分布に仮定し、ロジットリンク関数を用いた一般化線形モデル（Generalize linear model: GLM）による解析を行った。午前中に採捕された個体のみを対象とし、午後に行った 2025 年の放流当日の再捕獲調査のデータは、本解析から排除した。応答変数は胃内容物の有無を示すダミー変数（胃内容物有: 0, 胃内容物無: 1）とし、説明変数には、ウナギのグループ（長期飼育ウナギ or 初期黄ウナギ or 天然ウナギ）と解剖時の全長を加えた。さらに、2024 年と 2025 年で餌環境が異なる可能性を考慮するために、採集年もファクター型の変数として説明変数に加えた。胃内容物の重量と体重から、摂食強度を示す胃内容物重量指数を以下の式で算出した。胃内容物重量指数は、空胃だった個体も含めて計算した。

$$\text{胃内容物重量指数} = (\text{胃内容物重量/体重}) \times 100$$

長期飼育ウナギと天然ウナギで胃内容物重量指数を比較するために、Brunner-Munzel の順位和検定を行った。なお、胃内容物をもつ長期飼育ウナギは、2025 年に放流・採捕した個体にのみ確認されたため、この解析は、2025 年に採捕された長期飼育ウナギ・天然ウナギのみを用いて行った。体サイズによる影響を排除するため、天然ウナギにつ

いては長期飼育ウナギのサイズ範囲（max: 50 g, min: 5 g）に該当する個体のみを抽出して解析を行った。

結果: 電気ショッカーにより、合計 151 個体の天然ウナギ、19 個体の長期飼育ウナギ、36 個体の 2 か月飼育ウナギ（うち、2025 年放流当日に採捕されたのは 15 個体）が採捕された。再捕獲調査では、アユ *Plecoglossus altivelis* やヨシノボリ属魚類（シマヨシノボリ *Rhinogobius nagoyae*、ゴクラクハゼ *Rhinogobius similis* 等）、モクズガニ *Eriocheir japonica*、ヌマエビ科甲殻類（ミゾレヌマエビ *Caridina leucosticta* 等）などの、ニホンウナギ以外の生物も確認している。**表 4** は、本研究で行われたそれぞれの再捕獲調査において、2024 年に放流した養殖ウナギの採捕個体数と、その全長および体重の平均と標準偏差を示す。2024 年に放流した長期飼育ウナギのうち、放流後 5.5 か月以降に採捕されたのは、放流 16 か月後にあたる、2025 年 7 月での調査で採捕された 1 個体のみであった。一方で、2024 年に放流した 2 か月飼育ウナギは、放流後 5.5 か月以降に行われた再捕獲調査でも、1 から 3 個体と採捕数は少なかったものの安定的に採捕され、その体サイズは時間経過とともに大きくなった。2025 年放流当日に採捕された 15 個体の全長と体重の平均と標準偏差は、それぞれ 71.6 ± 11.5 mm、 0.45 ± 0.73 g であった（**表 5**）。

図 16 は、2024 年および 2025 年に放流され、放流後 3 か月以内に採捕された長期飼育ウナギおよび初期黄ウナギと天然ウナギとの空胃率の比較を示す。2024 年、2025 年の放流後 3 か月間に採捕された長期飼育ウナギの空胃率は、それぞれ 100%（n=9）、44.4%（n=9）であり、2024 年と 2025 年に採捕された同様のサイズの天然ウナギ（max: 50 g, min: 5 g）の空胃率は、それぞれ 62.2%（n=45）、25.0%（n=24）であった。2024 年、2025 年の放流後 3 か月間に採捕された初期黄ウナギの空胃率（ただし、放流当日に採捕した個体は除く）はそれぞれ 50%（n=10）、0.0%（n=4）であり、2024 年と 2025 年に採捕された同様のサイズの天然ウナギ（max: 3 g）の空胃率はそれぞれ 42.8%（n=21）、27.3%（n=24）であった。さらに、2025 年の放流当日に採捕された初期黄ウナギ（n=15）であっても、胃内容物が確認され、その空胃率は 60%であり、同様のサイズの天然ウナギ（max: 3 g, n=9）の空胃率（66%）と有意な違いはなかった（**図 17**, Fisher's exact test, $P = 1$ ）。**表 6** は、長期飼育ウナギおよび初期黄ウナギと天然ウナギの空胃率を比較する、GLM の解析結果を示す。長期飼育ウナギの空胃率は、天然ウナギのそれより有意に高かった（Coefficient $\pm$ SE = 1.360 ± 0.595 , z value = 2.286, $P = 0.022$ ）。一方で、初期黄ウナギの空胃率は、天然ウナギのそれと有意な違いはなかった（Coefficient $\pm$ SE = -0.451 ± 0.636 , z value = -0.709, $P = 0.478$ ）。2025 年に採捕された長期飼育ウナギは、胃内容物を持つ個体も確認されたが、Brunner–Munzel 検定の結果、その胃内容物重量指数は、天然ウナギ（max: 50 g, min: 5 g）に比べて有意に低かった（**図 18**）。これらの結果から、1 年以上飼育されたウナギは、放流後の自然

下での摂餌状況が悪く、2 か月間のみ飼育されたウナギは、放流後の自然下での摂餌状況は天然ウナギと同等であることが示唆された。GLM の結果、2025 年に採捕された個体は、2024 年に採捕された個体に比べて空胃率は低かった (Coefficient $\pm$ SE = -1.435 ± 0.346 , z value = -4.147 , $P < 0.001$, 表 6)。解剖時の全長と空胃率との有意な関係は確認されなかった (Coefficient $\pm$ SE = 0.001 ± 0.001 , z value = 1.083 , $P = 0.279$, 表 6)。

長期飼育ウナギと同様のサイズ (max: 50 g, min: 5 g) の天然ウナギの胃内容物として、魚類 (ウキゴリ属魚類 *Gymnogobius*、ヨシノボリ属魚類 *Rhinogobius* など)、甲殻類 (モクズガニ *Eriocheir japonica* など)、貧毛綱 *Oligochaeta* などを確認した。2025 年に放流し 3 か月以内に採捕された長期飼育ウナギの胃内容物として双翅目 *Diptera* の幼虫を確認し、2024 年に放流し 16 か月後に採捕された長期飼育ウナギ 1 個体の胃内容物として、貧毛綱 *Oligochaeta* を確認した。初期黄ウナギと同様のサイズ (max: 3 g) の天然ウナギにおいては、端脚目甲殻類 *Amphipoda* や双翅目 *Diptera* の幼虫などを確認した。初期黄ウナギの胃内容物も天然ウナギと同様に、端脚目甲殻類 *Amphipoda* や双翅目 *Diptera* の幼虫などを確認した。

表 4 2024 年に放流した個体の再捕獲調査の結果

	長期飼育ウナギ			初期黄ウナギ		
	n	全長	体重	n	全長	体重
放流時（2024 年 4 月）	100	308.9±46.4	33.8±16.4	32	97.2±13.3	0.98±0.48
再採捕月	n	全長	体重	n	全長	体重
2024 年 6 月	7	307.9±55.2	26.4±13.3	8	107.4±19.3	1.16±0.79
2024 年 7 月	2	309.0±38.2	26.5±12.2	2	103.0±9.9	1.25±0.49
2024 年 9 月	0	-	-	1	132	2.2
2024 年 10 月	0	-	-	2	126.0±12.7	2.25±0.32
2025 年 6 月	0	-	-	3	150.3±2.9	3.55±0.15
2025 年 7 月	1	286	15	1	152	3.1

表 5 2025 年に放流した個体の再捕獲調査の結果

	長期飼育ウナギ			初期黄ウナギ		
	n	全長	体重	n	全長	体重
放流時（2025 年 5 月）	307	235.3±38.1	14.3±7.7	18	70.2±11.0	0.39±0.68
再採捕月	n	全長	体重	n	全長	体重
2025 年 6 月	4	255.5±55.0	16.3±12.9	2	80.0±15.6	0.48±0.47
2025 年 7 月	5	230.4±45.7	10.2±6.8	2	90.0±8.5	0.55±0.03

初期黄ウナギにおける放流時（2025 年 5 月）のデータは、放流当日に捕獲された個体の情報を示す

表 6 空胃率に関する GLM の結果

	Estimate	Standard error	Z value	P value
切片	0.048	0.396	0.122	0.903
グループ				
- 長期飼育ウナギ	1.360	0.595	2.286	0.022*
- 初期黄ウナギ	-0.451	0.636	-0.709	0.478
年 (2025)	-1.435	0.346	-4.147	< 0.001*
全長	0.001	0.001	1.083	0.279

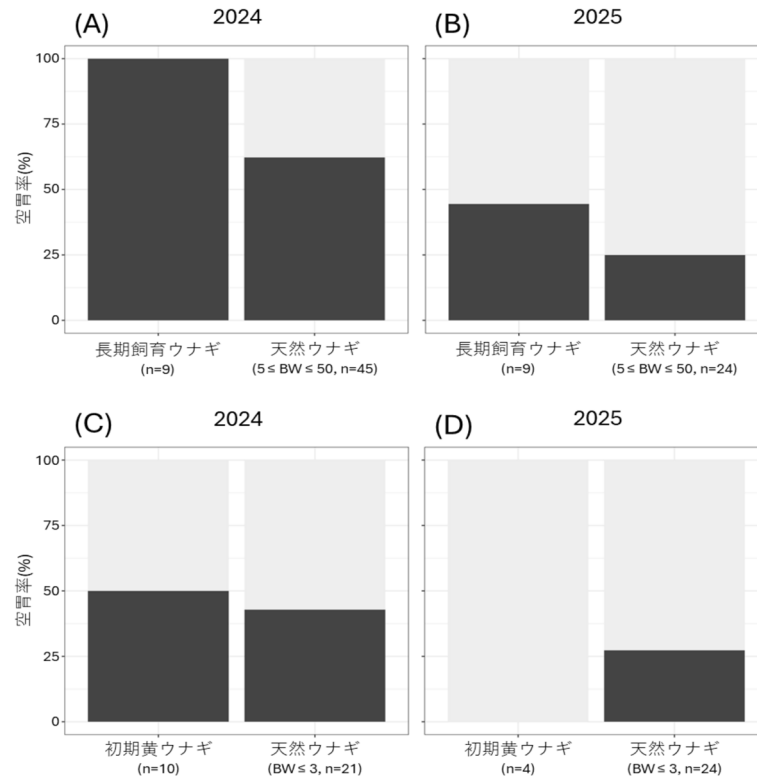


図 16 2024 年 (A) と 2025 年 (B) における放流した長期飼育ウナギと天然ウナギとの空胃率の比較。2024 年 (A) と 2025 年 (B) における放流した初期黄ウナギと天然ウナギとの空胃率の比較。

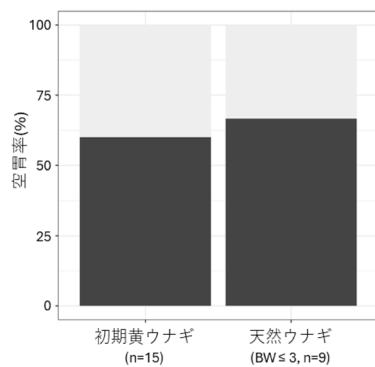


図 17 2025 年に放流し、その当日に採捕された初期黄ウナギと天然ウナギとの空胃率の比較。

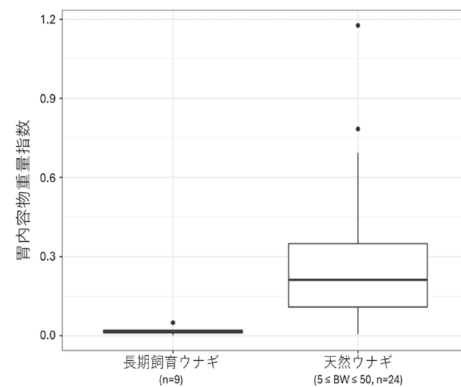


図 18 2025 年における、放流した長期飼育ウナギと天然ウナギとの胃内容物重量指数の比較。

(6) 東北地方の小河川における養殖黄ウナギの河川放流後の移動プロファイル

目的： 本事業ではこれまで、主に南西日本（和歌山県、宮崎県、鹿児島県）の小河川におけるウナギ養殖魚（黄ウナギ）の放流試験を行ってきた。ここでは宮城県の小河川での放流後の移動プロファイル調べた。

方法： 2024 年 6 月 28 日、予め 6 月 26 日に腹腔内に PIT タグ（Biomark 社）を挿入した養殖黄ウナギ（平均体長 29.2 cm、平均体重 29.1 g）190 尾を仙台市名取川の支川の 1 つである策川の中流域に放流した（図 19）。その後、放流地点を挟む上下 1.3 km の区間を 7 つのステーションに分け、放流地点を St. 4 として、以降 2025 年 11 月まで約 1～1.5 カ月の間隔で携帯型 PIT タグリーダー（HPR：Biomark 社）を用いて養殖黄ウナギのステーションごとの出現状況を調べた。



図 19 養殖黄ウナギの放流調査を行った宮城県策川の調査区間の様子

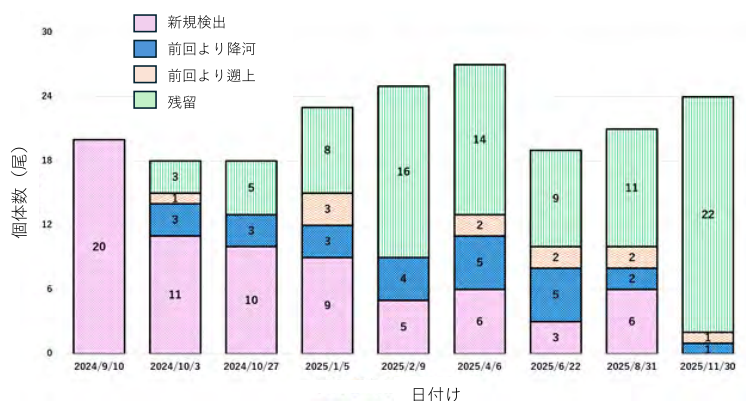


図 20 養殖黄ウナギの検出個体の内訳

結果：全調査期間を通じて 190 尾中 70 尾が検出された。各調査回の検出尾数は 18～26 尾の間で変動した（図 20）。検出尾数は冬に増加し、秋と春に減少する傾向を示した。新規検出となる個体の割合は調査回ごとに減少し、再検出魚の割合が増加する傾向を示した。再検出魚の内訳は、前回調査時と同じステーションに残留するものが最も多く、これに前回よりも下のステーションに降河する魚、上のステーションに遡上する個体が続いた。

次に、調査期間を通じて検出された 70 尾と全く検出されなかった 120 尾の放流時点の体長、体重、肥満度を比較したところ、いずれも、検出された魚が検出されなかった魚よりも高い値を示す傾向が見られた（図 21）。特に、体重に関しては検出魚が未検出魚よりも有意（ $P<0.001$ ；共分散分析）に高い値を示した。

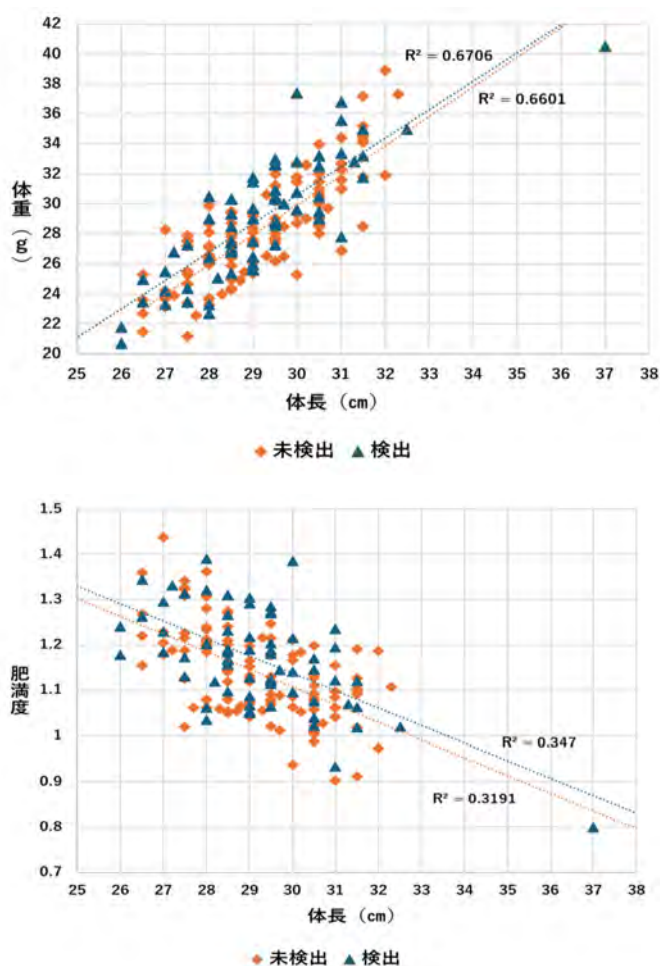


図 21 箆川に放流後に検出された養殖黄ウナギと検出されなかった黄ウナギの体サイズの散布図

なお、放流した養殖黄ウナギ 190 尾には 19 尾の骨曲がり症の個体が含まれたが（図 22）、調査期間内にはこれらの約半数にあたる 9 尾が検出されたことから、骨曲がり症個体の検出率（47%）は正常個体（36%）よりも若干高いことが示された。



図 22 骨曲がり症の黄ウナギの様子

考察：宮城県筑川における養殖黄ウナギの放流調査の結果、放流から 1 年半が経過しても 10～12%の個体が放流地点を含む約 1.3 km の区間で検出されることが示され、東北地方の河川においても一定の放流効果が得られることが示唆された。検出された 70 尾の個体には調査ステーション内に残留していた個体の他、他のステーションから降河、あるいは遡上してきた魚もあり、放流魚が調査区間内で活発に移動していることが示された。また調査開始から 1 年以上が経過しても継続的に新規検出個体が現れたことから、設定した調査区間 1.3 km の区間外からの降河や遡上も一定の頻度で行われている可能性も考えられた。

調査期間を通じて検出された個体と一回も検出されなかった個体の放流時の体サイズを比較すると、前者は后者よりも体重や肥満度が大きくなる傾向を示した。このことから、放流時に体重や肥満度が大きな個体ほど放流地点の近傍に定着する可能性が考えられた。また、養殖黄ウナギの中には一定の割合で骨曲がり症の個体が含まれるが、今回の調査では骨曲がり症の個体の検出率が正常な個体よりも高く、骨曲がり症個体の定着率の高さが示される結果となった。ただし、骨曲がり症の個体は形態の異常によって遊泳能力が低いといった、消極的な要因で移動が抑制された可能性もあり、これらの放流効果については今後のさらなる検証も必要である。

（7） 発育と逃避能力に関する室内実験

背景：ニホンウナギの稚魚は、捕食者の鰓孔から脱出するという特異的な捕食回避行動を示す。この行動は、シラスウナギ期の特定の発達段階以前には見られず、それ以降の個体のみで確認されている(Hasegawa *et al.* 2025)。また、クロコ期以降から捕食者に捕獲される前にその攻撃をかわす能力（攻撃回避能力）も大きく向上する(Hasegawa *et al.* 2025)。これらの捕食回避能力の発達変化には、逃避反応時の速度や

反応潜時といった運動性能が関与すると考えられるが、その知見は未だ十分に得られていない。この運動性能の発達変化ならびに捕食回避能力との関係性を解明することは、どの発達段階の種苗を放流すると高い効果が見込めるかを解明する一助となる。

目的：外部刺激から逃避する際の運動性能（逃避速度、反応潜時）を発達段階間で比較することで、その発達変化を明らかにする。また、実際の捕食者を用いた捕食被食実験の結果(Hasegawa *et al.* 2025)と比較することで、それらの運動性能が捕食回避能力の向上にどのように寄与するかを考察する。

方法：ニホンウナギの稚魚を対象に、7つの発達段階（シラスウナギ: VI_{A0}~VI_{A4}、クロコ: VI_B、黄ウナギ: Y）の間で逃避時の運動性能を比較した。稚魚を実験用水槽（44×44×45cm³,水深 4cm）に 10 分間馴致させた後、電磁石で保持した直径 2.5cm のスチール球を水槽中央に落下させ、刺激に対する逃避行動をハイスピードカメラにより記録した。試行後、発達段階の識別および体長・体重の測定を行い、映像から逃避速度と反応潜時を算出し、発達段階による逃避能力の変化を分析した。

結果：7つの発達段階すべてにおいて頭部後退運動が確認された。このことから、本行動は少なくとも VI_{A0}~Y 期を通じて共通して見られる典型的な逃避行動であると考えられた。逃避速度は VI_{A0}~VI_{A4} では低く安定していたが、VI_B以降で上昇し、Y で最大値を示した ($p<0.01$)。このことから、VI_Bは逃避速度が向上する転換点であることが示唆された。反応潜時では、刺激地点からの距離との間に強い正の相関があった ($p<0.001$)。そこで刺激地点からの距離の影響を除外する統計解析を実施したところ、統計的に有意ではなかったものの、VI_Bおよび Y では反応潜時が短い傾向が認められた。すなわち、逃避速度と同様に VI_Bが反応潜時が向上する転換点である可能性が示唆された。

以上の結果は、クロコ期以降で攻撃回避能力が大きく向上するという先行研究の結果(Hasegawa *et al.* 2025)と合致する。すなわち、クロコ期以降に捕食者等の危険をより素早く察知し、より高い速度で逃避することで、捕食者の攻撃をより回避できるようになると考えられる。一方で、本研究の結果は、VI_{A2}以降に鰓孔から脱出可能になるという先行研究の結果(Hasegawa *et al.* 2025)とは関連性がなかった。すなわち、速度や潜時といった運動特性ではなく、その他の特性（e.g., 滑りやすさ、強酸耐性など）が脱出行動の発達には関与していると考えられる。

(8) 発育と河川遡上活性・能力に関する室内実験

目的：室内実験によって定量可能な登坂行動を指標として、発育段階の変化に伴うニホンウナギの河川遡上活性や遡上能力の変化を明らかにすることを目的とした。こ

のために、本実験では、水槽内でシラスウナギを黄ウナギまで育成し、その間の複数の発育段階において遡上行動を定量して比較した。また、育成時の密度条件によって、発育段階の進行に伴う遡上行動の変化に差異が生じるかを調べた。

材料と方法：

供試魚の飼育

供試魚には、2025 年 2 月に千葉県の利根川河口域において定置網で採集されたシラスウナギを用いた。供試魚は水産研究・教育機構横浜庁舎にて 90 センチ水槽内で淡水、水温 8.0 ± 1.0 °C の条件で 2 ヶ月間馴致され、その後、20 尾（低密度区）または 60 尾（高密度区）ずつ飼育水槽へと収容された。飼育水槽の水温は 20.0 ± 1.0 °C に維持され、シラスウナギ期までは週 5–6 回、クロコ期以降は毎日、赤虫が給餌された。供試魚は当初、30 cm 規格水槽に収容されたが、5 か月後には成長に伴い 45 cm 規格水槽へ移され、同一の水温・給餌条件下で飼育が継続された。

行動実験

行動実験は、供試魚の成長に応じて適宜実施した。具体的には、供試魚を実験水槽に収容してから約 1 週間、1 ヶ月半、4 ヶ月、7 ヶ月後の計 4 回実施した。

実験開始前に、飼育水槽の上部に角度 15° のスロープ（30 センチ水槽の場合：長さ 25 cm、幅 10 cm、45 センチ水槽の場合：長さ 37.5 cm、幅 15 cm）を取り付け（図 23）、スロープを遡上した個体が、その先に設置された捕獲水槽へと移動できるようにした。ウナギの遡上を促進するため、スロープ表面には凹凸のあるプラスチック板が取り付けられた。スロープ上端から淡水を流して実験を開始し、開始から 72 時間経過後にスロープを登って捕獲水槽へと移動していた個体（遡上個体）および飼育水槽に留まった個体（非遡上個体）を計数した。すべての実験は各密度区について 3 反復で行い、実験中の水温は 20.0 ± 1.0 °C に維持された。

実験終了後は、麻酔下で供試魚の全長・体重を計測するとともに、サブサンプリングした個体の色素発育段階を、Fukuda et al. (2013) に従って調べた。実験に一度使用した飼育水槽は、その後の実験には再使用しなかった。



図 23 スロープを取り付けた飼育水槽および捕獲水槽の画像

結果：遡上個体の割合は、第1回と第2回の実験でともに2割程度と低かったが、第3回では5割程度と高くなり、第4回では6割5分程度とさらに上昇した（図 24）。一方で、すべての回において、低密度区と高密度区で遡上個体の割合に有意な差異は認められなかった（一般化線型モデル、 $P=0.575$ ）。

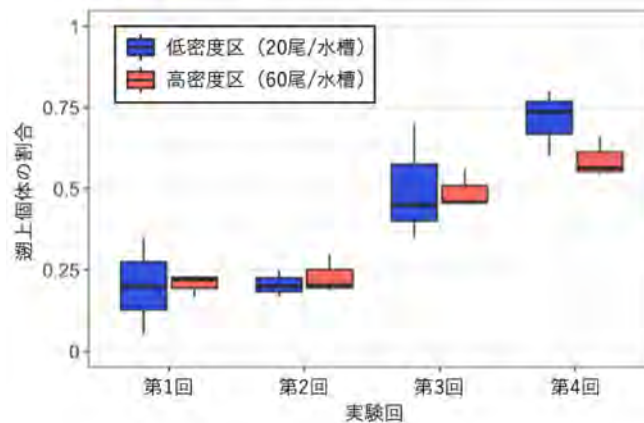


図 24 各実験回における遡上個体の割合

供試魚の色素発育段階は、第1回と第2回の実験では、 VI_{A2} – VI_{A3} （シラスウナギ後期に相当）が多くを占め大差なかったが、第3回では VI_B （クロコ）、第4回では VII （黄ウナギ）が優占した（図 25a）。また、第3回および第4回の実験時には、それ以前の実験時と比べて供試魚の全長および体重が顕著に増加しており（図 25b）、第4回の実験時には、全長の中央値は約 11 cm に達していた。

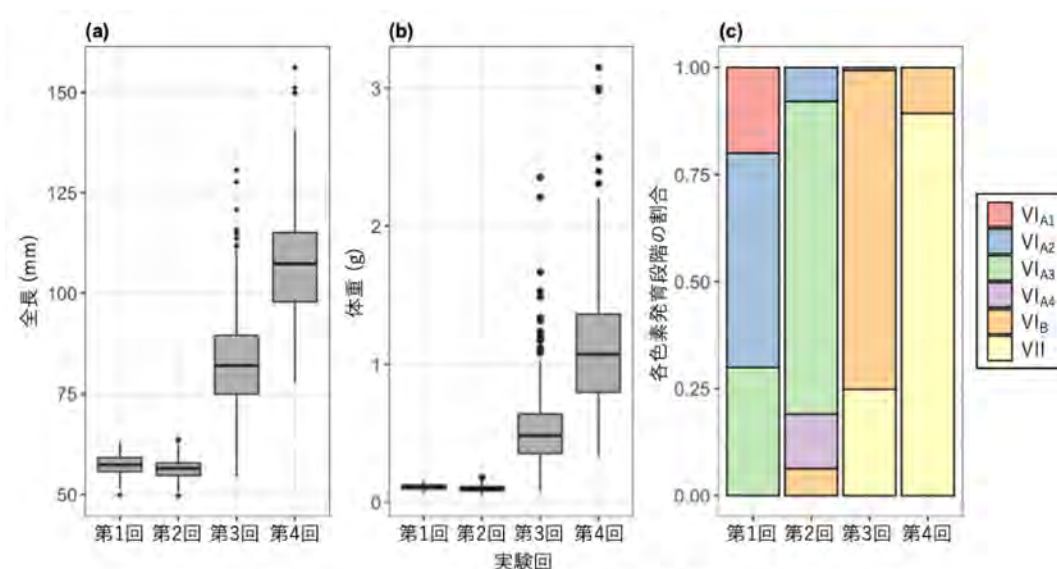


図 25 各実験回における供試魚の全長(a)、体重(b)、色素発育段階(c)

考察：色素発育段階の発達や全長・体重の増大に伴って遡上個体の割合が上昇したことから、ニホンウナギの河川遡上活性や遡上能力は、少なくとも全長 11 cm 程度までは、成長とともに増大することが示唆された。このことから、クロコや初期黄ウナギを放流種苗として用いる場合、河川下流域での一点放流であっても、ウナギが自ら河川を遡上して適切な生息地へと分散できると考えられた。また、育成密度の違いによって遡上個体の割合が変化しなかったことから、ニホンウナギの河川遡上行動は、個体ごとの行動特性 (personality) が影響していると考えられた。

課題と対応策

小規模河川で得られた放流効果の知見を、他の水域環境へ一般化できるかが本研究の今後の主要な課題である。小規模河川での調査において、中型養殖ウナギの高成長群 (6 ヶ月飼育) は、低成長群 (1 年以上飼育) よりも放流効果が高い可能性が示された。また、シラスウナギをそのまま放流する場合と比較して、短期間の飼育を行うことで残存率が飛躍的に向上することが明らかとなった。これらの結果から、シラスウナギからの短期飼育は放流効果を高める一方で、飼育の長期化は自然環境への順応を阻害し、残存率低下を招く可能性が示唆された。今後は、本結果の再現性を検証するため、佐鳴湖や中規模以上の河川においても同様の調査を継続・実施する必要がある。また、飼育下で発育する過程における行動特性の変化を実験的に評価し、自然環境への定着を阻害しない最適な発育段階を明らかにする必要がある。さらに、放流に用いられる低成長養殖ウナギが持つ遺伝的特性や低成長に至った要因の解明を進め、養殖生産と両立しつつ、自然環境への定着・順化を妨げない放流手法の開発が求められる。

次年度計画

現状の高瀬川での調査を継続し、再捕獲データの蓄積により、小規模河川における各発育段階の放流後残存率および成長の推定精度を高め、論文発表に耐えうる成果として確立する。それに加えて、湖沼の佐鳴湖、中規模河川の静岡県太田川で放流調査を継続及び新たな実施を行い、シラスウナギから黄ウナギまでの各発育段階における放流効果を、残存率および成長を指標として比較評価することで、異なる水域スケール間での放流効果の一般性を検証する。

引用文献

- Brooks, S. P., & Gelman, A. (1998). General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 7, 434–455.
- Fukuda N, Miller, MJ, Aoyama J, Shinoda A, Tsukamoto K. (2013). Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in *Anguilla japonica*. *Fisheries Science*, 79, 425–438.
<https://doi.org/10.1007/s12562-013-0621-x>.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2003). *Bayesian data analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hasegawa, Y., Mine, K., Fukuda, N., Yokouchi, K. & Kawabata, Y. (2025). Changes in post- and pre-capture escape ability over development in juvenile Japanese eels. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 752, 137-147.
- Itakura, H., Kaino, T., Miyake, Y., Kitagawa, T., & Kimura, S. (2015b). Feeding, condition, and abundance of Japanese eels from natural and revetment habitats in the Tone River, Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 98, 1871–1888.
<https://doi.org/10.1007/s10641-015-0404-6>
- Kéry M, Schaub M (2011). Bayesian population analysis using WinBUGS: a hierarchical perspective. Academic press.
- Takeuchi, K., Itakura, H., Maeda, T., Hagihara, S., Kimura, S., Anraku, K., Kotani, T., Wakiya, R., (2026). Rapid loss rates of farmed Japanese eels stocked into two different rivers. *Fish. Res.* 293, 107647.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2025.107647>
- Tesch, F. W. (2003). *The eel*. Blackwell Science.
- Wakiya R, Itakura H, Hirae T, Igari T, Manabe M, Matsuya N, Miyata K, Sakata M, Minamoto T, Yada T, Kaifu K (2022). Slower growth of farmed eels stocked into rivers with higher wild eel density. *Journal of Fish Biology*, 101(3), 613–627.

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	「①ニホンウナギ等の資源増殖手法の高度化」のうち、放流に適した種苗の検討 ―宮崎県河川を主とした調査―		
担 当 者	三木涼平、林悠真、茶木翠怜、田口智也（宮崎県水産試験場）、福田野歩人、山本祥一郎、畠山 類（水産研究・教育機構）、棟方有宗（宮城教育大学）、山本高宏、飯沼紀雄（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		

令和 7 年度の成果の要約：宮崎県日置川において、昨年度の放流に引き続き、今年度もシラスウナギ、初期黄ウナギ及び、養殖黄ウナギ（低成長群）の放流試験を実施した。その後の採捕調査の結果、シラスウナギは 2024 年放流群、2025 年放流群ともに採捕されなかった一方で、初期黄ウナギ放流群の採捕率は、2024 年放流群が 1.06%（1 年後）、1.07%（1 年半後）で、2025 年放流群については、0.93%（放流半年後）と、両年級群ともに安定して再採捕されたほか、放流時から順調に成長していることも確認された。今回の結果から、初期黄ウナギへ育成してからの放流は、成長および残存において、シラスウナギ放流よりも効果的であることが示唆された。

養殖黄ウナギの放流試験について、2025 年放流群（低成長群）はその後の採捕調査で再採捕されなかった。2024 年放流群は、放流後 3 回の採捕調査の累計で、高成長群 8 個体（採捕率 2.60%）、低成長群 1 個体（0.32%）を再採捕し、成長群間で採捕率に差が確認された。再採捕された高成長群に関しては、ほぼすべての個体で放流時より体重が減少していたが、放流から 1 年 2 ヶ月が経過した 3 回目の調査で初めて体重が増加した個体が得られた。1 個体のみ再採捕された低成長群に関しては、体重の増減はほとんどなかった。

放流黄ウナギの移動状況について調べたところ、高成長群は放流地点から離れて、主に大きく下流に移動し再採捕される傾向がみられた。唯一 2 回再採捕された高成長群の 1 個体は、初回放流地点から 130m 下流で再採捕されたが、2 回目の再採捕では再放流地点から 5m 下流で採捕されており、下流へと移出した養殖黄ウナギもいったん定着すれば、その後は天然個体と同様にあまり移動しないことが示唆された。

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、平成 26 年 6 月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 I B 類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどな

い状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、ウナギの資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

(1) 全体計画

目的：ニホンウナギ資源の増大を目指して、効果的な放流手法について検証する。

方法：宮崎県一ツ瀬川水系日置川において、シラスウナギ、初期黄ウナギ及び、成長の異なる養殖黄ウナギ（高成長群、低成長群）を放流し、放流後の体サイズや移動といった採捕データを収集、解析する。同時に、同河川における天然ニホンウナギの採捕データも収集する。5 年かけて採捕データを収集し、それぞれの成長段階における成長率や残存率を算出する。

期待される成果：各成長段階における残存率・成長率を明らかにすることで、資源の増大に最も効果的な放流手法を明らかにする。

(2) 当該年度の計画

目的：全体計画の達成に向けて、成長段階の異なるニホンウナギ（シラスウナギ、初期黄ウナギ、養殖黄ウナギ低成長群）を放流し、採捕データの収集に努める。

シラスウナギおよび育成初期黄ウナギの放流調査

方法：放流用のシラスウナギは 4 月 6 日に利根川下流域で商業的に採捕された個体を用いた。これらは、耳石標識時を除いて 8℃で放流まで保管した。耳石標識は、2024 年級と区別できるように、4 月 14 日～15 日に 20ppmALC に 0.1%SrCl 溶液（淡水 18℃を加えた染色液）に 24 時間浸漬して施した。放流用の初期黄ウナギは、3 月 2 日に利根川下流域で商業的に採捕されたものを購入し、静岡県水産海洋技術研究所浜名湖分場へ輸送して育成した。4 月 7 日～8 日に初期黄ウナギを 20ppm ALC に浸漬し、耳石標識した。4 月 9 日にそれらを水産技術研究所横浜庁舎へ輸送し、4 月 10 日～11 日に 0.1%SrCl 溶液に 24 時間浸漬して、シラスウナギと同様に Sr の耳石標識も施した。4 月 11 日、14 日にイラストマーを背鰭始部後方（肛門位置の背側）に注入し、外部標識を行った。これらは、耳石標識時を除き、放流まで室温で管理した。4 月 16 日、シラスウナギおよび初期黄ウナギの 30 個体ずつを、2-フェノキシエタノールで麻酔して放流前の全長体重の測定と色素段階区分を行った。4 月 17 日に空輸して、日置川の黄ウナギ調査区最下流から 100~150m 下流の感潮域で、シラスウナギ 2088 個体、初期黄ウナギ 968 個体を放流した。

採捕調査は、4 月と 10~11 月に実施し、4 月の調査では、4 月 14 日～16 日に、感潮域上端の可動堰より 450m 下流の地点から可動堰上流 1140m までを実施した（図 1）。10~11 月の調査では、10 月 18 日に可動堰から上流 1140m までを実施し、11 月 4 日

に可動堰から下流 300m までを実施した。採捕調査は、電気ショッカーによって実施し、可動堰下流から可動堰までの区間（感潮域）は河川の全域を調査した。可動堰より上流は 5m ごとに区間表示を設置し、概ね 3m 幅で採捕調査を行った。なお、川幅が 3m 以上ある場合は、隠れ場所（草木や転石など）が多い方の岸際から 3m 幅で行った。感潮域では全長 30cm 以下、淡水域は全長 20cm 以下をサンプリングし、耳石標識の確認を行った。それより大きい個体は試験場に持ち帰り、全長と体重を計測し、PIT タグとイラストマーの有無を確認して再放流した。また、4 月の調査においては、色素発達段階によりシラスウナギと判断した個体はすべて再放流を行った。



図 1 調査区間の位置図

結果と考察：2025 年放流群における放流時の全長と体重について記す。放流時の計測で、シラスウナギ群 (n=30) は全長 $58.6 \pm 2.3\text{mm}$ 、体重 $0.12 \pm 0.02\text{g}$ 、色素発達段階は VI_{A0} - VI_{A3} 、初期黄ウナギ群 (n=30) は全長 $86.3 \pm 9.8\text{mm}$ 、体重 $0.68 \pm 0.28\text{g}$ 、色素発達段階は 23 個体が Y、7 個体が VI_B であった。

4 月の調査では、ニホンウナギ 50 個体の耳石標識の確認を行ったところ、シラスウナギ放流群 0 個体、初期黄ウナギ 2024 年 4 月放流群 11 個体を含んでいた。また、これら 11 個体のうち、1 個体はイラストマーが脱落していた。10～11 月の調査では、133 個体のニホンウナギについて耳石標識の確認を行ったところ、シラスウナギ放流群 0 個体、初期黄ウナギ放流群 18 個体を含んでおり、1 個体はイラストマーの脱落が見られた。また、再放流個体の中にもイラストマー標識個体 2 個体が含まれていた。これら初期黄ウナギ放流群 20 個体のうち、11 個体が 2024 年 4 月放流群で、9 個体が 2025 年 4 月放流群であった。

10～11 月の調査において、2024 年群は、全長 $178.2 \pm 33.0\text{mm}$ 、体重 $5.87 \pm 3.36\text{g}$ であり、1 年半前の放流時（全長 $104.8 \pm 13.3\text{mm}$ 、体重 $1.17 \pm 0.44\text{g}$ 、n=30）から順調な成長が確認された（図 2）。また、2025 年群は、放流から半年で全長 $139.1 \pm 36.1\text{mm}$ 、体重 $2.85 \pm 2.11\text{g}$ まで成長しており、両年群とも放流後、野生環境に順応し、生育していると考えられる。

各調査期間における採捕率は、2024 年放流群が 1.24%（放流半年後）、1.06%（1 年

後)、1.07% (1 年半後) であった。2025 年放流群については、0.93% (放流半年後) で、両年級群ともに安定して再採捕された。シラスウナギ放流群に関しては、2024 年に 1350 個体、2025 年に 2088 個体の放流を行ったものの、その後実施した 3 回の調査で再採捕することはできなかった。

これらのことから、初期黄ウナギへ育成してからの放流は、成長および残存において、シラスウナギ放流よりも効果的であることが示唆された。天然加入のシラスウナギが、シラスウナギ放流群と同等の採捕・残存率であると考えた場合、シラスウナギは大量の減耗を経験しているものと推察された。一方、シラスウナギを短期的に育成することは、資源増大の効果を高められる可能性があることが本調査で示唆された。今後も、シラスウナギ放流群および初期黄ウナギ放流群の残存率や採捕率等についても把握するため、放流と採捕調査を継続する必要がある。

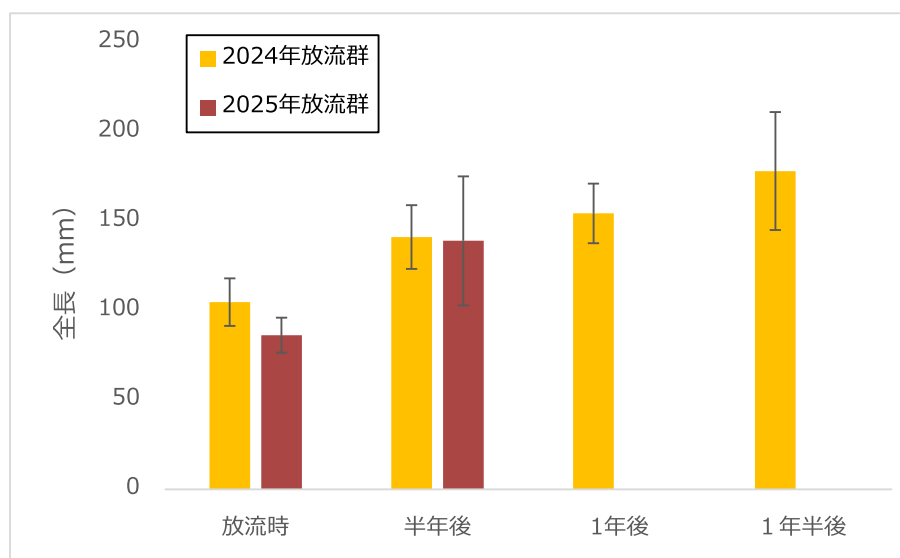


図3 初期黄ウナギ放流群の全長推移

養殖黄ウナギ（低成長群）の放流と天然黄ウナギの標識採捕調査

方法：

放流用養殖試験魚

放流用の養殖黄ウナギ（低成長群）は浜名湖うなぎ漁業生産組合で養殖された黄ウナギを用いた。試験魚は5月1日に横浜庁舎へと輸送し、90cm水槽、4面で保管した。5月26日に横浜庁舎にて2-フェノキシエタノールで麻酔して全長と体重の測定、および個体写真を撮影後、PITタグを挿入し、同型の3水槽に分槽し、室温で管理した。測定時の平均全長（±標準偏差）は、 $255 \pm 35\text{mm}$ (n=308) で、平均体重（±標準偏差）は、 $15.3 \pm 7.8\text{g}$ であった。5月28日に空輸便で宮崎空港へ輸送し、同日中に、日置川に放流した。

日置川での放流試験

宮崎県日置川の感潮域上端の可動堰を調査区間の基点(0m)に、基点から上流に1,140mの根固めブロックを終点に設定した(図1)。調査区間内には5mごとに区間表示を設置し、1区間50m×23区間(St.1-0~23-8)とした。養殖黄ウナギの放流は5月28日に行い、St.9~13、14~18、19~23の3範囲に分けて、各範囲における1㎡あたりの放流尾数を揃えて分散放流を行った。放流地点は昨年の放流と同地点で、各範囲の中央(St.11-5、16-5、21-5)とし、St.11-5に78尾、St.16-5に114尾、St.21-5に116尾を放流した。

日置川における標識採捕調査

調査日および調査方法は、前述したシラスウナギおよび育成初期黄ウナギの放流調査と同様である。採捕したウナギは採捕地点ごとに網袋に入れて回収し、宮崎県水産試験場内水面支場の陸上水槽(17℃湧水の掛け流し)に袋ごと安置した。採捕翌日に2-フェノキシエタノールにて麻酔し、全長及び体重を測定後、個体写真を撮影した。また、PITタグの有無を確認し、可動堰から上流1140mの淡水域で採捕された全長20cm以上の無標識個体については、PITタグを挿入した。

結果と考察：4月の調査では2024年8月に放流した高成長群4個体(採捕率1.30%)と低成長群1個体(0.32%)を再採捕し、高成長群の内の1個体は昨年10月に再採捕された個体であった。10月の調査では、2024年8月に放流した高成長群1個体(0.33%)のみが再採捕され、2025年5月放流群(低成長群)は再採捕されなかった。なお、昨年10月の調査において、2024年8月放流の高成長群4個体(R6報告書内では低成長群と誤記載)を再採捕していることから、現在までの累計で、高成長群8個体(採捕率2.60%)、低成長群1個体(0.16%)を再採捕したこととなり、成長群間で採捕率に差があった。一方で、2024年8月に日置川で採捕数日後に採捕地点に放流した天然黄ウナギ(n=31)に関しては、累計で7個体(採捕率22.58%)が再採捕されており、天然群と放流群で採捕率には大きな差があった。

2024年8月に放流した各成長群について、その後3回の調査における採捕個体の体重増加率を図3に示す。再採捕された天然黄ウナギ7個体は、いずれも体重が増加していた。高成長群に関しては、放流後2回の調査で再採捕された7個体すべてで体重の減少がみられたが、放流から1年2ヶ月が経過した3回目の調査で体重が増加した個体が得られた。1個体のみ再採捕された低成長群に関しては、体重の増減はほとんどなかった。養殖黄ウナギの放流後の体重減少に関しては、眞鍋ほか(2023)による鹿児島県での調査でも、放流から1年ほどは体重が減少傾向にあることが報告されていたが、本研究でも同様の結果が得られた。

再採捕された8月放流個体の移動状況について調べたところ、天然個体はすべて放流地点の周辺で再採捕されたものの、高成長群は放流地点から離れて、主に大きく下流に

移動し再採捕される傾向がみられた（図 4）。採捕調査期間中に唯一複数回再採捕された高成長群の 1 個体は、初回放流地点から 130m 下流で再採捕されたが、2 回目の再採捕では再放流地点から 5m 下流で再々採捕されていた。1 個体のデータしかないものの、再採捕・再放流地点からほとんど移動していなかったことから、下流へと移出した養殖黄ウナギもいったん定着すれば、その後は天然個体と同様にあまり移動しないことが示唆された。

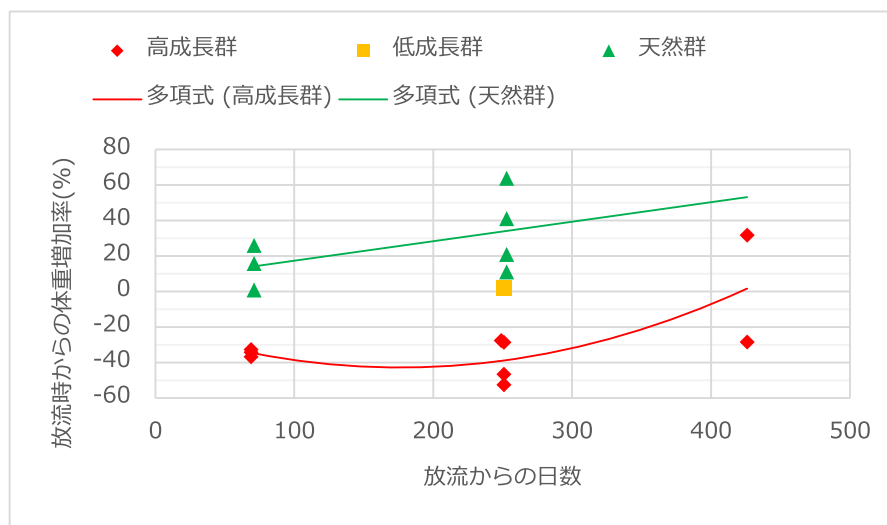


図 3 2024 年 8 月放流黄ウナギの再採捕時における体重増加率

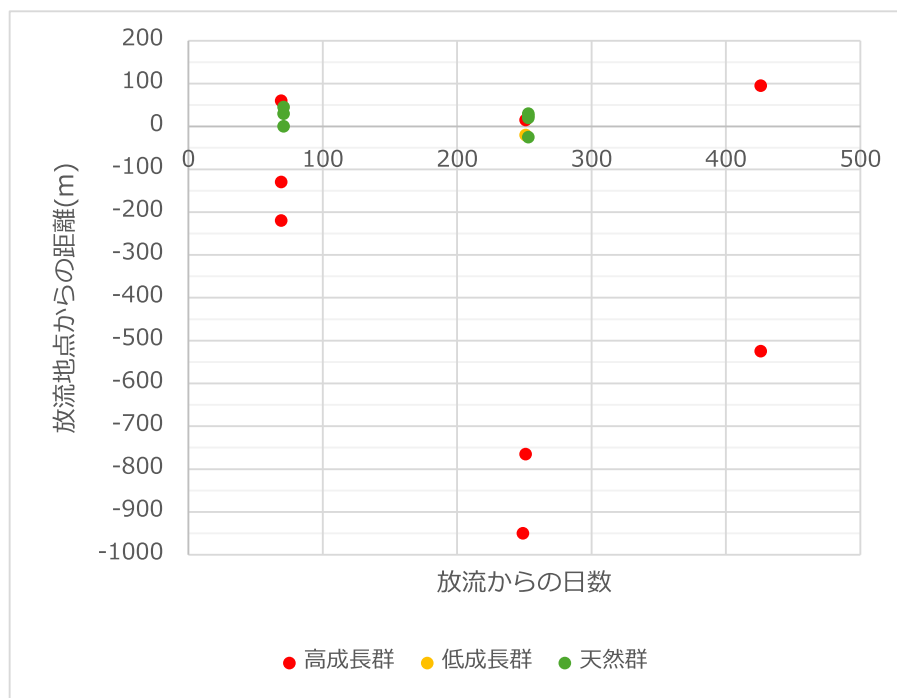


図 4 2024 年 8 月放流黄ウナギの再採捕時における放流地点からの移動距離

課題と対応策：ニホンウナギ資源の増加につながる効果的な放流手法として、初期黄ウナギへ育成してからの放流は、成長および残存において、シラスウナギ放流よりも効果的であることが示唆された。

また、現在のところ資源増大を目的とした放流では、黄ウナギ低成長群が放流に使用されやすい傾向にあるが、養殖黄ウナギの放流に関しては、高成長群と低成長群で放流後の残存率に差があり、低成長群でより残存率が低い可能性が示唆された。

昨年度の初回放流後 3 度の採捕調査を実施したが、各放流群ともにまだ再採捕個体数が少ないため、引き続き採捕調査を行い、天然個体とも比較した成長や残存率を調べていく必要がある。

次年度計画：今年度と同様にシラスウナギ、初期黄ウナギ、および養殖黄ウナギの放流を行い、個体数変化および短期中間育成による放流効果を調べる。黄ウナギ採捕調査は 4 月および 10 月の年 2 回とし、今年度放流個体のデータを引き続き収集する。

引用文献

眞鍋美幸，猪狩裕代，中島広樹，吉満敏，棟方有宗，矢田崇．ウナギ資源増殖対策事業（標識放流ウナギ追跡調査：花渡川，貝底川）．令和 4 年度鹿児島県水産技術開発センター事業報告書．

令和7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	エ	事業実施期間	令和7年度
課 題 名	「①ニホンウナギ等の資源増殖手法の高度化」のうち、放流に適した種苗の検討 —ニホンウナギ稚魚の被食状況及び捕食者特定—		
担 当 者	長谷川 悠波・松重 一輝（長崎大学）・南條楠土（水産大学校）・三木涼平（宮崎水試）・田中俊充（和歌山県内水面試験地）・福田野歩人（水産機構）		

令和7年度の成果の要約：宮崎県日置川および和歌山県高瀬川において、2025年4月にウナギ稚魚（シラスウナギ及び初期黄ウナギ）を放流直後に、捕食魚の捕獲調査を実施し、これまで明らかになっていなかったウナギ稚魚の捕食魚を複数種（ヌマチズブ、スズキ、クサフグ、黄ウナギ、キチヌ）特定した。さらに、着底期の未発達なシラスウナギは複数の捕食者種によって捕食される一方で、初期黄ウナギ群では、より大型の黄ウナギ2個体の胃内からのみ確認された。ベイズ推定により、シラスウナギ群の捕食率は、初期黄ウナギ群と比較して、3.0 (2.0-3.0)倍高いことが算出された。

背景：捕食は、自然下で生物の生存を左右する主要な選択圧の一つである。しかし、野外での本種稚魚の捕食者に関する情報は非常に少なく、ヒラスズキとアメリカナマズの2種のみに限られている (Miyake et al. 2018)。外洋で生まれたウナギ仔魚は、シラスウナギ期に東アジアの沿岸域に來遊し、その後河川・河口域に着底し、クロコ、黄ウナギへと発育を進める (Tsukamoto 1992, Fukuda et al. 2013)。その発育過程で、捕食回避能力（捕獲前の攻撃回避能力及び捕獲後の脱出能力）も急激に向上することがわかってきた (Hasegawa et al. 2025)。また、令和5年での和歌山県高瀬川での放流試験から、シラスウナギ前期よりも、それらを発育させて放流したシラスウナギ後期及び初期黄ウナギでその後の残存率が高くなる可能性を示唆する結果が得られた。そこで、本課題では、本種の2つの発育段階の稚魚（シラスウナギと初期黄ウナギ）を放流後に周辺水域の潜在的捕食魚の胃内容物を調査し、本種稚魚の捕食魚の特定すること、また放流種苗の発育段階によって被食されやすさに違いがあるかについて知見を得ることを目指す。

課題実施計画

（1）全体計画

目的：自然下でのニホンウナギ稚魚の被食状況とその捕食者を特定する。

方法：宮崎県日置川および和歌山県高瀬川にて、ニホンウナギ稚魚（シラスウナギと初期黄ウナギ）を放流後、周辺の潜在的な捕食者を採集し、胃内容物を観察することでニホンウナギ稚魚の被食状況と主な捕食者の特定を試みる。

期待される成果：放流の際の河川や放流個体（発達段階）の選定に寄与し、放流後の生残率の向上に貢献する情報を提供する。

（２）当該年度の計画

目的：発達段階の異なる２群のニホンウナギ稚魚において、その被食状況及び捕食者特定に関するデータを集積する。

方法：宮崎県日置川および和歌山県高瀬川にてシラスウナギ 6641 尾（耳石 ALC 標識）、初期黄ウナギ 3326 尾（耳石 ALC 標識＋イラストマー蛍光タグ）を放流し、その後約 2 日間に渡って、様々な方法（電気ショッカー、曳網、袋網、刺し網、釣り）にて、本種の捕食者となりうる魚種を採捕する。採捕後、その胃内容物の観察からニホンウナギ稚魚の有無及びその発達段階を特定する。これにより、捕食されやすい発達段階及びその捕食者の特定を試みる。

結果：2023 の予備調査（釣り調査）および昨年（2024 年）の結果と合わせて、368 個体の捕食魚候補を採集した（表 1：和歌山県高瀬川 196 個体、宮崎県日置川 172 個体）。そのうち 9 個体（5 種）の捕食魚の胃内から、計 15 個体のウナギ稚魚が確認された（表 2）。まず未発達なシラスウナギの群では、13 個体がヌマチチブ、ニホンウナギ、クサフグ（2 個体）、キチヌ、ヒラスズキ（2 個体）から得られた（図 1、表 2）。そのうち 5 個体において、放流個体であることを示す耳石 ALC 標識が確認され、残りの 8 個体においては頭部の消化が進んでおり、耳石を取り出すことができなかった。ベイズ推定により、全 13 個体中、放流ウナギは 12（95%信頼区間：8-16）個体であることが推定され、被食率は 0.18%（ $12 / 6641 \times 100$, 95%信頼区間では 0.12-0.20%）であった。一方で、初期黄ウナギ群では 2 個体が、より大型のニホンウナギ（2 個体）の胃内から得られた（図 2、表 2）。被食率は、0.06%（ $2 / 3,326 \times 100$ ）であった。以上より、シラスウナギ群は初期黄ウナギ群と比較して 3.0（2.0-3.3）倍捕食魚によって被食されやすいことが示された。まとめると、着底期の未発達なシラスウナギは様々な捕食魚（チチブ、クサフグ、スズキ、ニホンウナギ、キチヌ）によって捕食されるが、初期黄ウナギの被食割合は著しく低く、捕食魚も限られる（大型のウナギの胃内からのみ発見）可能性が示唆された。

課題と対応策：

実験を行った春季では、初期黄ウナギと比較してシラスウナギの被食率が高く、捕食魚種も多いことがあきらかになった。より来遊量の多い冬季でのデータが不足している。

→補足的なデータとして冬季にも同様の調査を行い、捕食魚の特定及び異なる発達段階における被食率の差を評価する。

次年度計画：今年度と同様の実験を冬季（12月）と春季（4月）でそれぞれ実施し、異なる季節（水温）における捕食魚の違い、および各季節での異なる発達段階における被食率の差を評価する。

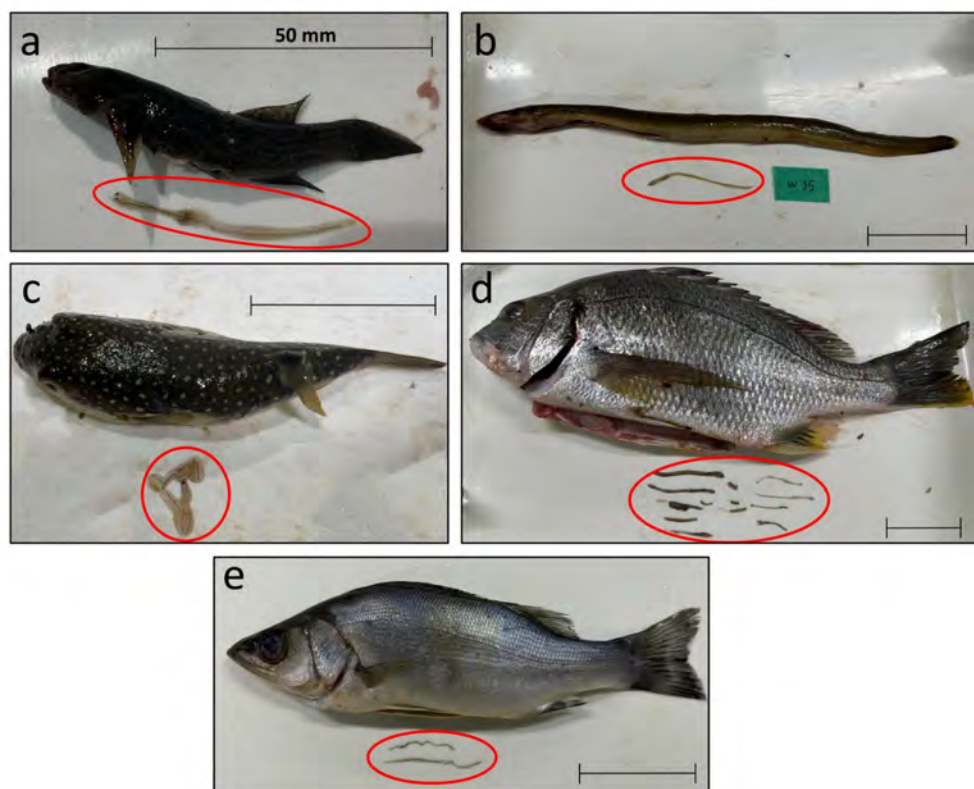


図 1. 捕食魚（a: ヌマチチブ、b: ニホンウナギ、c: クサフグ、d: キチヌ、e: ヒラスズキ）とその胃内から得られたシラスウナギ。



図 2. 黄ウナギとその胃内から得られた初期黄ウナギ（赤枠）。

表 1. 和歌山県高瀬川および宮崎県日置川で採集されたウナギ稚魚の潜在的な捕食魚とその胃内から得られたウナギ稚魚の概要.

科	種	和歌山県高瀬川				宮崎県日置川			
		サンプル数	体長 [mm, mean ± SD]	体重 [g, mean ± SD]		サンプル数	体長 [mm, mean ± SD]	体重 [g, mean ± SD]	
ウナギ科	ニホンウナギ	23	314.0 ± 119.1	48.3 ± 67.8		52	253.7 ± 107.3	36.2 ± 63.0	
スズキ科	ヒラスズキ	0	-	-		2	215.2 ± 2.1	102.4 ± 0.9	
	スズキ	9	126.2 ± 98.3	66.9 ± 92.0		2	534.5 ± 130.5	1140 ± 540	
タイ科	クロダイ	2	376.1 ± 11.0	905.0 ± 85.0		0	-	-	
	キチヌ	3	327.3 ± 25.7	530.0 ± 90.9		0	-	-	
カワアナゴ科	カワアナゴ	19	86.1 ± 26.4	9.3 ± 11.5		1	146	32.7	
ハゼ科	マハゼ	0	-	-		4	151.4 ± 7.1	25.3 ± 5.1	
	ヌマチチブ	56	70.4 ± 13.0	5.6 ± 3.0		58	71.1 ± 17.1	6.8 ± 5.2	
	ウロハゼ	0	-	-		14	125.2 ± 19.2	19.8 ± 11.1	
	ゴクラクハゼ	70	69.8 ± 8.9	4.2 ± 1.5		0	-	-	
	ヒメハゼ	0	-	-		33	55.2 ± 8.6	17.8 ± 9.3	
	ウキゴリ	2	84.1 ± 14.0	6.7 ± 3.0		0	-	-	
フグ科	クサフグ	12	154.0 ± 75.0	51.0 ± 15.1		6	109.9 ± 45.7	41.9 ± 37.6	
合計		196				172			

*: ウナギ稚魚が胃内から得られた捕食魚種.

表2. ウナギ稚魚が胃内から得られた捕食魚の概要. カッコ内の数字は、消化が進み耳石を取り出すことができなかったため、放流個体であることを確認できなかったウナギ稚魚の個体数.

捕食魚種	河川名	採集方法	体長 [mm]	体重 [g]	胃内から得られたウナギ稚魚の個体数	
					シラスウナギ [n = 6641]	初期黄ウナギ [n = 3326]
ニホンウナギ	高瀬川	シヨツカー	264.0	25.5	1	-
	日置川	シヨツカー	243.1	17.7	-	1
	日置川	シヨツカー	575.2	296.2	-	1
ヒラスズキ	日置川	袋網	217.2	101.5	1 (1)	-
	日置川	袋網	213.1	103.3	2 (1)	-
キチヌ	高瀬川	シヨツカー	355.1	630.0	6 (5)	-
ヌマチチブ	高瀬川	釣り	70.2	5.0	1	-
クサフゲ	高瀬川	釣り	114.0	30.0	1	-
	高瀬川	曳き網	122.4	52.2	1 (1)	-
合計					13 (8)	2

引用文献

- Fukuda N, Miller MJ, Aoyama J, Shinoda A, Tsukamoto K (2013) Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in *Anguilla japonica*. Fish Sci 79:425-438
- Hasegawa Y, Mine K, Fukuda N, Yokouchi K, Kawabata Y (2025) Changes in post- and pre-capture escape ability over development in juvenile Japanese eels. Mar Ecol Prog Ser 752:137-147
- Miyake Y, Takeshige A, Itakura H, Itoh H and others (2018) Predation on glass eels of Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tone River Estuary, Japan. Fish Sci 84:1009-1014
- Tsukamoto K (1992) Discovery of the spawning area for Japanese eel. Nature 356:789-791

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	ニホンウナギの資源増殖の費用対効果		
担 当 者	遠藤 赴寛（青森県産業技術センター内水面研究所） 横内一樹（水産研究・教育機構）		

令和 7 年度の成果の要約：小川原湖のニホンウナギの漁獲量、漁獲金額、放流量及び放流金額を調査し、湖内の資源実態把握に資する基礎情報の充実に図った。

令和 7 年漁期の総漁獲量は 2,572kg (8,011 尾)、漁獲金額は 1,734 万円だった。サイズ別では 200g 台の個体の漁獲尾数が最も多く、全体の 44%を占めた。単価はサイズが大きくなるほど上昇したが、200g 台を中心とした小型個体の絶対数が多いため、漁獲金額においてもこれらのサイズの売り上げが中心と考えられた。

令和 7 年のニホンウナギ放流量は 80kg（約 2,600 尾）、種苗単価は 7,200 円/kg、放流金額は 58 万円だった。

小川原湖・高瀬川における市場購入及びサンプリングによりニホンウナギ 95 個体を収集し、年齢査定、由来判別等のための組織採取及び精密測定に供した。このうち 21 個体は銀ウナギで、いずれも小川原湖のニホンウナギ漁期終了後の 10 月以降に採捕された。

令和 6 年度に小川原湖・高瀬川で採捕されたニホンウナギ 83 個体について年齢査定を実施し、サイズ別の年齢データを蓄積した。

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、平成 26 年 6 月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 I B 類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

（1）全体計画

目的：現在ニホンウナギ漁業が行われている湖沼において、ニホンウナギの生態や漁業実態（放流効果、費用対効果など）を調べ、効率的なニホンウナギ漁業のあり方を検討する。

方法：資源解析及び放流効果の把握に資する漁獲・放流データ及び漁獲物の生物情報等の基礎情報を蓄積する。

期待される成果：湖沼におけるニホンウナギ資源状態や放流効果を把握するとともに、効率的なニホンウナギ漁業のあり方を提案する。

（２）当該年度の計画

【漁獲・放流実態の把握】

目的：小川原湖内のニホンウナギ資源の実態把握に向けた基礎情報の充実を図る。

方法：小川原湖漁業協同組合においてニホンウナギ漁期（６～９月）に荷受け伝票調査を実施し、日別、魚体重別、漁法別、漁業者別の荷受重量及び尾数を記録する。また、聞き取りにより漁獲金額を把握する。

漁業者５名に操業日誌の記録を依頼し、操業実態を把握する。

小川原湖漁業協同組合が５月に実施する義務放流の際に放流重量及び放流金額を聞き取る。また、放流前の種苗の全長及び体重を測定し、放流尾数を推定する。

結果：

１．漁獲実態の把握

小川原湖漁業協同組合の荷受け伝票を基に算出した令和７年のニホンウナギ漁獲量は、2,572kg、漁獲尾数は8,011尾だった。

操業者数は38名で、漁法は漁獲量全体の91%を延縄が占めた（図１）。延縄の他には袋網（7%）、胴網（1%）などの荷受けがあった。各漁法の操業者数は図２のとおりである。

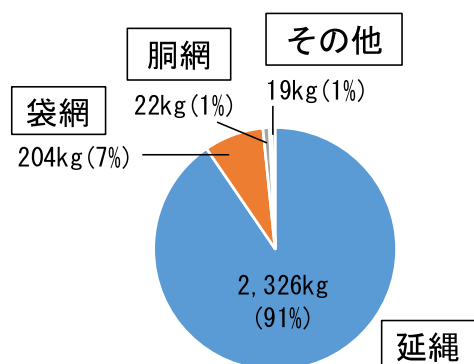


図 1. 小川原湖のニホンウナギ漁獲量に占める漁法の割合（2025 年）

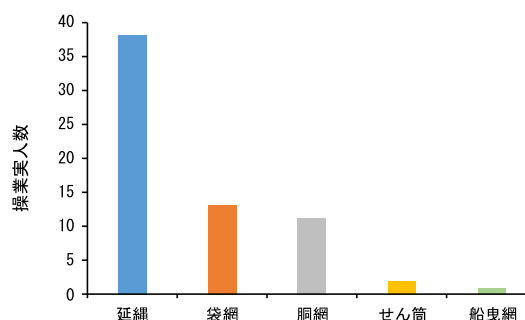


図 2. 小川原湖のニホンウナギ漁における漁法別操業者数（2025 年）

月別の漁獲量は図 3、4 のようになった。青森県内水面漁場管理委員会指示により、10 月 1 日から翌年 5 月 30 日までのニホンウナギ採捕が禁止されていることから、小

川原湖のニホンウナギ漁は6月から9月までの期間に限定されている。8月に漁獲量が落ち込むが、これは市場が盆休暇で長期間閉まることが一因とされ、例年概ね同様に推移する。漁法別の漁獲量を見ると、袋網による漁獲が9月に集中しているが、これは9月から解禁となるワカサギ、シラウオ漁の袋網に入網したニホンウナギが市場に持ち込まれたためである。

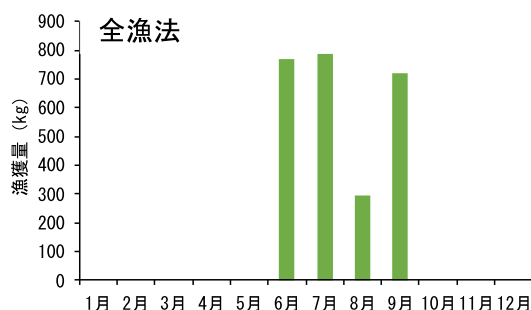


図3. 小川原湖における月別ニホンウナギ漁獲量（2025年、全漁法合計）

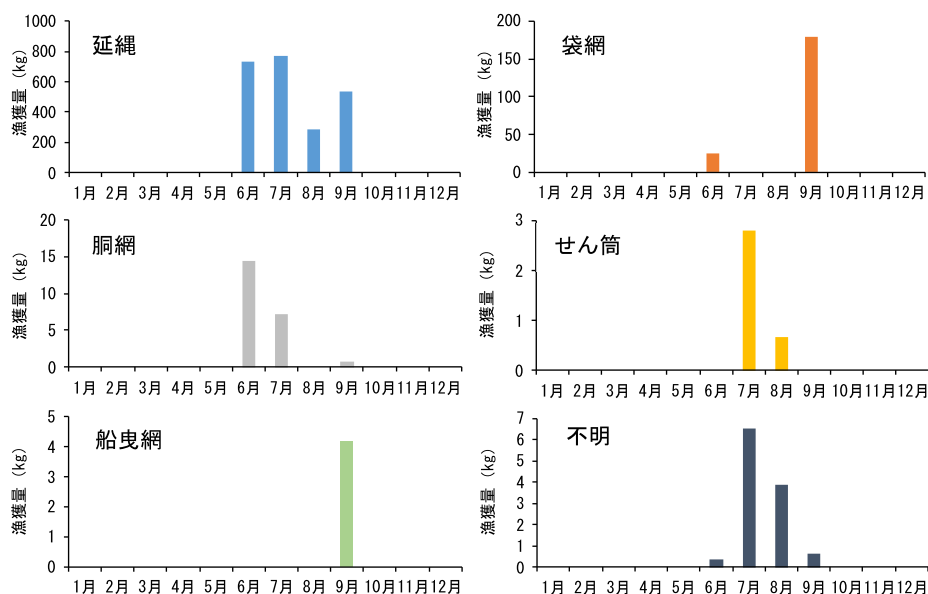


図4. 小川原湖における月別ニホンウナギ漁獲量（2025年、漁法別）

魚体重別の漁獲尾数は図5、6のようになった。漁獲尾数が最も多いのは200g台の個体で全体の44%を占めた。次いで300g台（26%）、400g台（12%）、500g台（5%）、600g台（3%）、700g以上（2%）と続いた。この傾向は漁法によらず概ね同様だった。

なお、青森県では内水面漁場管理委員会指示により全長40cm未満のニホンウナギの採捕を制限していることに加え、小川原湖漁業協同組合の自主管理により、体重170g未満の個体の荷受けは行っていない。

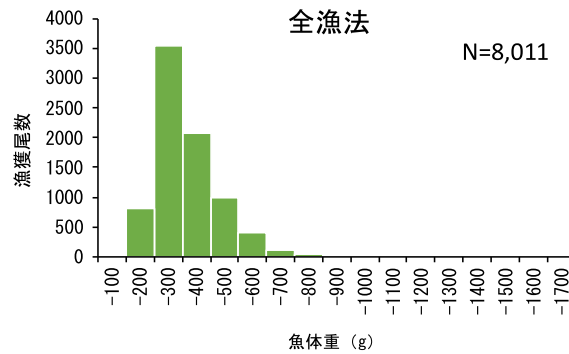


図 5. 小川原湖における魚体重別ニホンウナギ漁獲尾数（2025 年、全漁法合計）

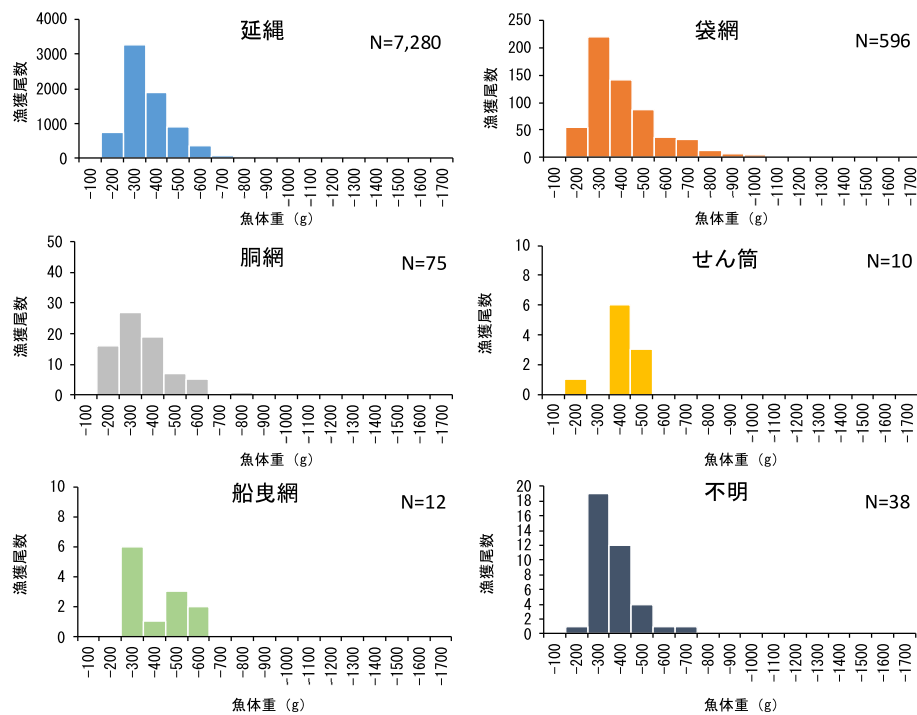


図 6. 小川原湖における魚体重別ニホンウナギ漁獲尾数（2025 年、漁法別）

令和 7 年の漁獲金額及び平均単価を小川原湖漁業協同組合に聞き取ったところ、総漁獲金額は 1,734 万円、平均単価は 6,743 円だった。なお、数字は入札取引の実績を基に算出しており、船主先取により漁業者が引き取った漁獲物の取引額は含まれない。2014 年から 2025 年における小川原湖のニホンウナギの漁獲金額及び漁獲物の平均単価は図 7 のように推移した。

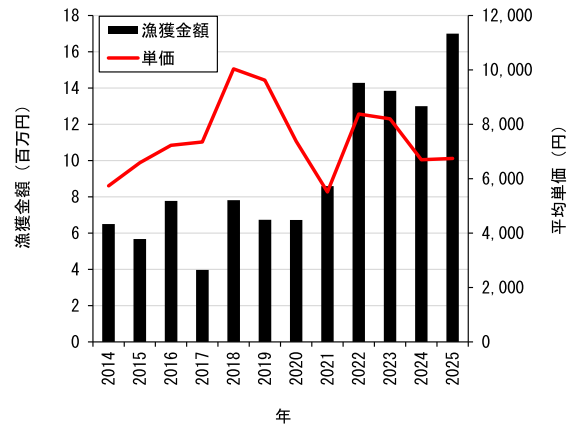


図 7. 小川原湖におけるニホンウナギ漁獲金額及び平均単価の推移 (2014-2025 年)

また、小川原湖漁業協同組合のニホンウナギ入札取引の仕切り伝票を基に魚体重別の平均単価を推定した (表 1)。平均単価は魚体重とともに上昇し、**500g** を超えた個体は平均で **1 万円/kg** 以上の単価で取引されていた。さらに、**900g** を超えた個体については **3 万円/kg** 以上の値が付いた。

荷受け伝票調査から得られたサイズ別漁獲量 (図 8) 及び表 1 の結果を用いて、魚体重別の漁獲金額を推定した (図 9)。単価はサイズが大きくなるほど上昇する一方、大型の個体は絶対的な漁獲尾数が少ないことから、漁獲物の主体である **200g** 台、及び **300g** 台の個体が売上金額においても中心と考えられた。

表 1. 魚体重別の平均単価 (2025 年)

体重(g)	平均単価(円/kg)
170-200	2,000
200-300	6,118
300-400	7,888
400-500	9,135
500-600	11,944
600-700	13,959
700-800	16,392
800-900	17,967
900-1000	32,999
1100-1200	36,000
1600-1700	40,000

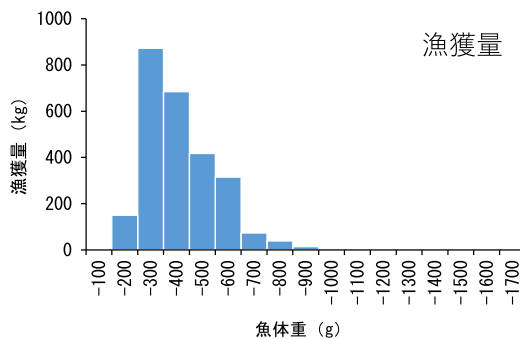


図 8. 小川原湖における魚体重別ニホンウナギ漁獲量 (2025 年)

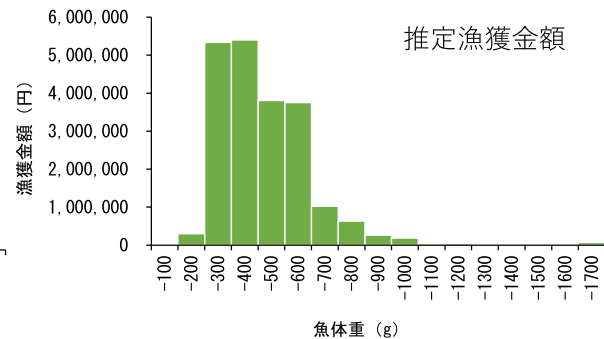


図 9. 小川原湖における魚体重別ニホンウナギ推定漁獲金額 (2025 年)

小川原湖のニホンウナギ延縄漁業者 5 名の操業記録から月別の CPUE (kg/隻・日) を算出したところ、図 10 のように推移した。6 月におよそ 3.2kg/隻・日で最も高く、8 月に 1.9kg/隻・日で最も低くなった。

2016 年以降の年別の CPUE (kg/隻・日) の推移は図 11 のようになり、2025 年は前年から概ね横ばいだった。

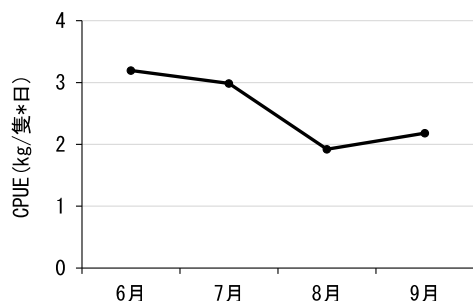


図 10. 小川原湖における延縄漁の月別 CPUE の推移 (2025 年)

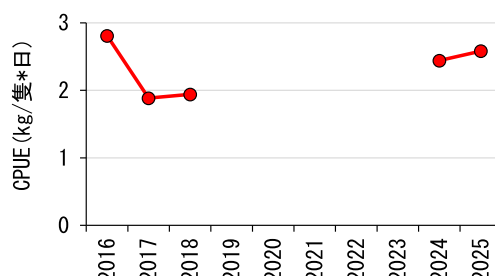


図 11. 小川原湖における延縄漁の年別 CPUE の推移 (2016-2025 年、2019-2023 年は欠測)

2. 放流実態の把握

令和 7 年の小川原湖漁業協同組合のニホンウナギ義務放流は 5 月 27 日に実施され、放流重量は 80kg だった。放流種苗 160 個体について測定し、平均全長及び平均体重はそれぞれ $31.4 \pm 2.6\text{cm}$ 、 $30.1 \pm 7.2\text{g}$ (±標準偏差) だった。放流種苗の全長組成及び体重組成は図 12、13 のようになった。

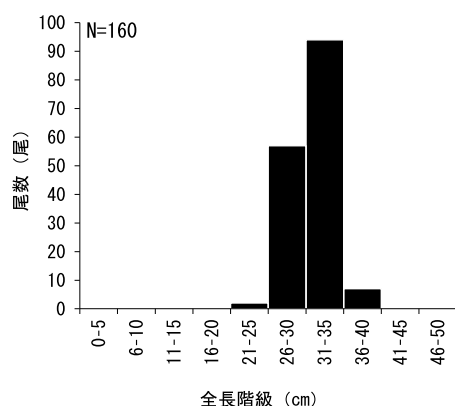


図 12. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の全長頻度分布 (2025 年)

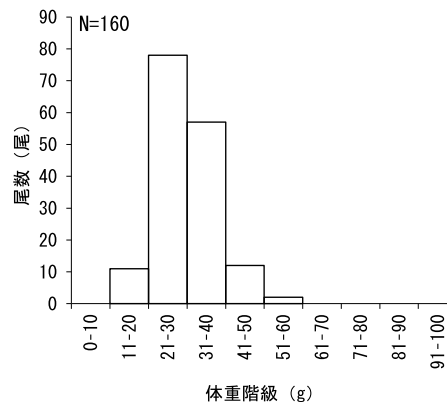


図 13. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の体重頻度分布 (2025 年)

放流尾数はおおよそ 2,600 個体と推定され、湖内 5 地点に概ね均等に放流された (図 14)。放流種苗の総重量は毎年大きく変動しないため、魚体が小さい年ほど放流尾数が多い傾向がある (図 15)。

直近 6 か年の種苗放流重量及び放流金額は図 16 のとおりである。令和 7 年の放流種苗単価は 7,200 円/kg、放流金額は 58 万円だった。

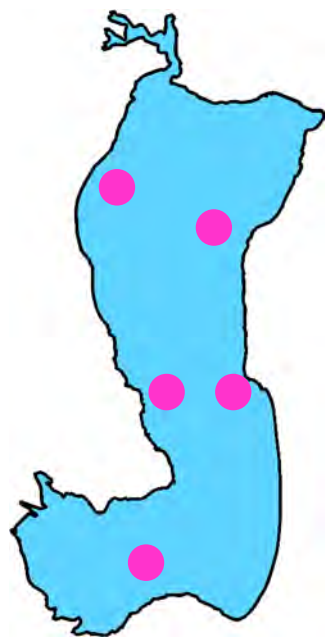


図 14. 小川原湖におけるニホンウナギ種苗放流地点（2025 年）

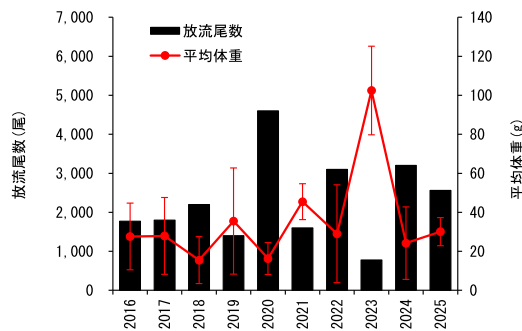


図 15. 小川原湖におけるニホンウナギ推定放流尾数と平均体重の推移（2016-2025 年）

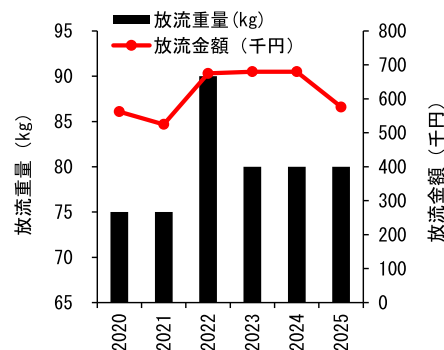


図 16. 小川原湖におけるニホンウナギ放流重量と放流金額の推移（2020-2025 年）

【漁獲されたニホンウナギの生物情報の取得】

目的：小川原湖内に放流されたニホンウナギの成長量、生残率等のデータを蓄積する。

方法：魚体重別に漁獲物を購入（170～200g、～300g、～400g、～500g、～600g、～700g 及び 700g 以上）し、精密測定及び組織採取に供する。測定項目は全長、体重、胸鰭長、眼径（水平及び垂直）、銀化ステージ、性、各内臓重量（肝臓、胃、腸及び生殖腺）とする。また、採取する組織及び固定方法は脳・下垂体・肝臓（RNAlater）、生殖腺（ユフィックス）、血漿・眼球・筋肉（凍結）及び耳石（乾燥）とする。

採取した組織は各分析担当機関に送付する。耳石については切片標本を作製し、漁獲物の年齢査定及び天然/放流の由来判別に供する。

漁獲物の購入または採捕により銀ウナギを収集し、課題イ「産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握」に供する。

結果：

小川原湖及び高瀬川において、採捕調査と市場購入により、合計95個体のニホンウナギサンプルを収集した。

魚体重別のサンプル数の内訳は表2のようになり、全長、体重の関係は図17、18のようになった。このうちオスの割合は1%と著しい性比の偏りが見られた。

銀ウナギ（銀化ステージS1及びS2）は合計21個体採捕され、すべて漁期終了後の10月以降に出現した。また、銀ウナギはいずれもメスであった。

表 2. サンプル数の内訳
(2025 年)

重量 (g)	サンプル数
-170	26
170-200	7
200-300	11
300-400	11
400-500	21
500-600	9
600-700	3
700-	4

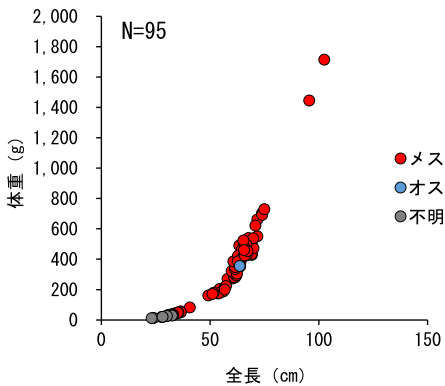


図 17. 小川原湖・高瀬川におけるニホンウナギの全長・体重の関係（2025 年、雌雄別）

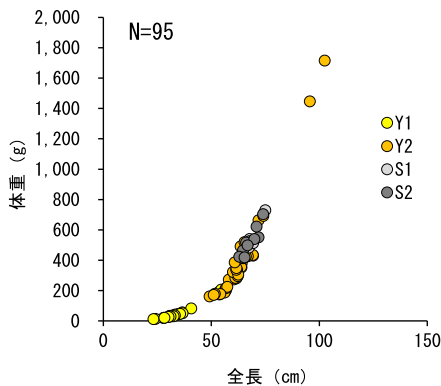


図 18. 小川原湖・高瀬川におけるニホンウナギの全長・体重の関係（2025 年、銀化ステージ別）

令和6年度に小川原湖及び高瀬川で採捕されたニホンウナギのうち83個体について、耳石薄片標本を作製して年齢査定を実施した。体重別の年齢組成は図19のように推定され、4歳魚の割合が高いことが示唆された。特に漁獲の主体サイズである200g台、300g台では4歳魚の割合が高く、全国的にシラスウナギの採捕量が多かった令和2年度の天然加入の寄与が大きい可能性がある。

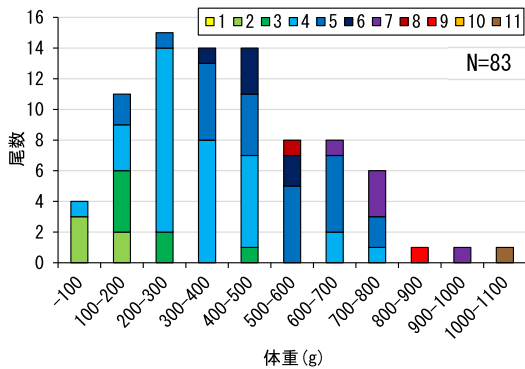


図 19. 小川原湖・高瀬川におけるニホンウナギの体重別年齢査定結果（2024 年）

各個体の精密測定データ及び組織サンプルは課題イ「産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握」を始めとした各課題の分析に供するため担当機関に送付した。

課題と対応策：令和7年度の進捗は計画通りであり、着実な成果を得た。

引き続き、資源解析及び放流効果の把握に資する各データの蓄積を図るとともに、放流由来個体の漁獲実態把握に向けた解析について課題担当者間の連携を密に図る。

次年度計画：各調査を継続するとともに、今年度の耳石サンプルについて年齢査定を進め、成長特性を把握する。また、過年度サンプルの由来水域の判別を進め、放流由来個体の漁獲実態把握に資するデータを蓄積する。

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	ニホンウナギ、アユ、ワカサギ及びイワナ等の溪流魚の生息環境調査・分析、資源の増殖手法の検討 ②ニホンウナギの資源増殖の費用対効果		
担 当 者	片岡佳孝 根本守仁（滋賀県水産試験場） 亀甲武志（近畿大学）		

令和 7 年度の成果の要約：2024 年の琵琶湖におけるウナギの漁獲量は 2,861kg、推定漁獲尾数は 4,563 尾であった。2025 年は現時点（2025 年 1～12 月現在）で総漁獲量は 1,921kg、推定漁獲尾数は 4,138 尾であった。漁獲は 6 月が最も多く、竹筒と延縄による漁獲で総漁獲量の 77%を占めた。漁獲サイズは体重 200～300 g のものが最も多かった。相対価格から算出した漁獲魚の総売上額は 1,744 万円程度と試算された。近畿大学による年齢査定によると漁獲魚は 4、5 歳魚が多く、メスの割合が高く（オス：メス＝1:9）、オスはメスより小型であった。2024 年漁獲魚について年齢別漁獲尾数を試算したところ、4 歳魚の漁獲が最も多いと推定された。漁獲日誌から算出した 2024、2025 年の CPUE（漁獲尾数/1 操業）は 1 操業当たり 0.4～11 尾であった。

背景：現在の琵琶湖では流出河川である宇治川に天ヶ瀬ダムが 1964 年に建設されて以来大阪湾からのウナギの天然遡上は途絶えている。そのため、長年ニホンウナギ（以下ウナギ）放流事業が実施されており、現在の琵琶湖のウナギ資源は原則放流で維持されている。最近 10 年間（2013～2022 年）では、年間 2.0～5.6 万尾、体重 19～51g の種苗が放流され（図 1）、年間 2～3t の漁獲がある（図 2）。このように、琵琶湖のウナギ漁業については放流量や漁獲量の統計データはある。しかしながら、放流後のウナギの成長や生残、漁獲実態については十分把握されていない。

貴重なウナギ種苗を用いた放流事業が行われている以上、その放流効果を確認する必要がある。また、琵琶湖で漁獲されたウナギは、近年高値で取引されるようになっており、琵琶湖の漁業振興の面からも、効率的な放流事業のもとで適切な資源管理が行われる必要がある。

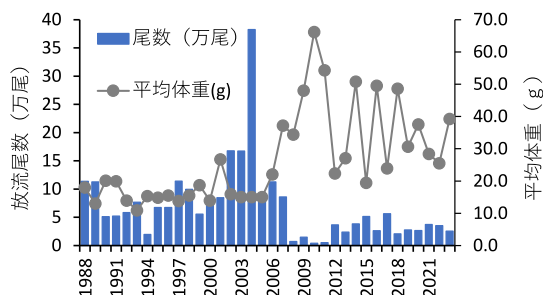


図 1 琵琶湖のウナギ放流尾数と放流サイズ

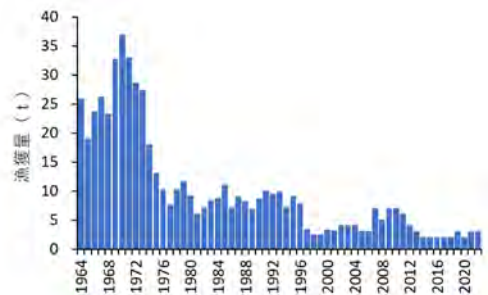


図 2 琵琶湖のウナギ漁獲量

課題実施計画

(1) 全体計画

目的：

琵琶湖で行われているウナギ放流事業について、その放流効果（回収率）と費用対効果を評価し、より採算性の高い放流事業と資源管理手法を提案する。

方法：

(i) 放流・漁獲状況の把握

放流状況については、過去の放流実績の整理と各年度の放流状況を把握する。漁獲状況については、琵琶湖の漁獲情報システム（名称：「湖レコ」、漁業者がスマートフォン等で漁獲情報を入力できる）への漁獲報告から単年度ごとの漁獲量を把握する。ウナギ漁業者に漁獲日誌（体重、漁獲尾数）の記入を依頼する。漁獲量と漁獲日誌の記録から漁獲尾数を算出する。

(ii) 漁獲魚の年齢組成の把握（年齢査定、成長解析は近畿大学が担当）

放流魚と漁獲魚のサンプルを収集し、耳石による年齢査定と成長解析を行う。

(iii) 資源評価と採算性の高い放流事業の提案

(i) と (ii) から年度ごとに漁獲魚の年齢別漁獲尾数を算出する。単年度データを蓄積し、最終的にコホート解析による資源評価を行う。また、放流効果および費用対効果を算出し、採算性の高い放流事業と資源管理のあり方を提案する。

期待される成果：

琵琶湖（湖沼）におけるウナギ放流事業の放流効果と資源状況を評価するとともにより採算性の高い放流事業と資源管理手法を提案する。

(2) 当該年度の計画

目的：

(i) 放流・漁獲状況の把握

- ① 2024年漁獲量、漁獲尾数および売上額の整理
- ② 2025年放流、漁獲状況の把握

(ii) 漁獲魚の年齢組成の把握（年齢査定、成長解析は近畿大学が担当）

(iii) 資源評価と採算性の高い放流事業の提案

- ① 年齢別漁獲尾数の試算（2024年漁獲魚を対象）
- ② CPUE の試算（2024 年と 2025 年を対象）

方法：

(i) 放流・漁獲状況の把握

- ① 2024年の漁獲報告が2024年報告書作成以降に多数確認されたため、それらを含めた2024年漁獲量の整理、漁獲尾数と売上額を整理した。
- ② 2025年の放流に立ち会うとともに放流量の把握、放流種苗代の試算を行なった。
- ③ 2025年の漁獲状況について「湖レコ」への漁獲報告から漁獲量を整理した。ウ

ナギ漁業者（延べ13経営体（延縄4、竹筒6、カゴ1、エリ2）に漁獲日誌の記入を依頼し、操業日、漁獲量、体重別漁獲尾数のデータ収集を行った。

- ④ 2025年の取引価格について聞き取り調査を行い、取引価格と③で得た体重別漁獲尾数から琵琶湖全体での売上額の試算を行った。

- (ii) 漁獲魚の年齢組成の把握（年齢査定、成長解析は近畿大学が担当）

2025年の放流および漁獲標本を収集し、体サイズ測定、耳石の摘出を行ったのち、耳石を用いた年齢査定と成長解析を行った。

- (iii) 資源評価と採算性の高い放流事業の提案

- ① 2024年の漁獲魚について年齢別漁獲尾数（年級群分解）の試算を行った。年級群分解は2024年の体重別漁獲尾数のヒストグラムに対して混合正規分布分解（五利江2002）を適用した。各年齢に対応する体重には、2024年調査で得た成長曲線、全長-体重関係を用いた。
- ② 2024年、2025年に収集した漁獲日誌からエリ漁（のべ経営体数4）、延縄漁（同6）、竹筒漁（同8）、カゴ漁（同2）の1操業あたりに漁獲尾数を算出した。各漁法で使用された漁具数は、エリは1統、延縄は80～1200針、竹筒は15～300個、カゴ100個であった。

結果：

- (i) 放流・漁獲状況の把握

- ① 2024年の漁獲量、漁獲尾数、売上額

2024年は最終的に2,861kg（のべ報告件数1,349件）の漁獲報告があった。竹筒による漁獲が最も多く（42%）、竹筒と延縄で総漁獲量の75%を占めた。総漁獲尾数は、4,563尾、売上額は25,933,194円と推定された。

- ② 2025年の放流状況

2025年の放流は10月20日に行われ、放流量は1,270kg、平均体重は26.1g（滋賀県漁連調べ）であった。これらから放流尾数は46,060尾と推定された。種苗単価は3,800円/kgであり、放流種苗代は4,826,000円と算出された。

- ③ 2025年の漁獲量と漁法の内訳（2025.12.17現在）

漁獲報告件数（漁獲があった場合）は907件であり、総漁獲量は1,921kgであった。漁獲量の内訳（カッコ内は総漁獲量に対する割合）は、延縄が880kg（46%）、竹筒が589kg（31%）であり、これら2漁法で全漁獲量の77%を占めた（図3）。2024年と同様な傾向であった。

漁獲報告を上げた漁業者（140人、実人数、漁法の重複あり）の漁法の内訳（カッコ内は漁獲を報告した漁業者数に対する割合）は、延縄54人（39%）、竹筒54人（39%）となっており、これらで全体の78%を占めた（図4）。

漁獲報告は1月から11月までであり、現時点では6月の漁獲が最も多かった（図5）。

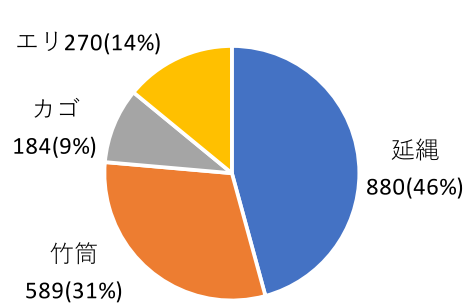


図3 漁獲量の漁法別割合 (2025 年)

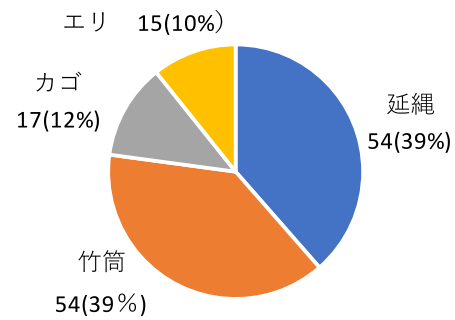


図4 漁法別漁獲報告者数 (2025 年)

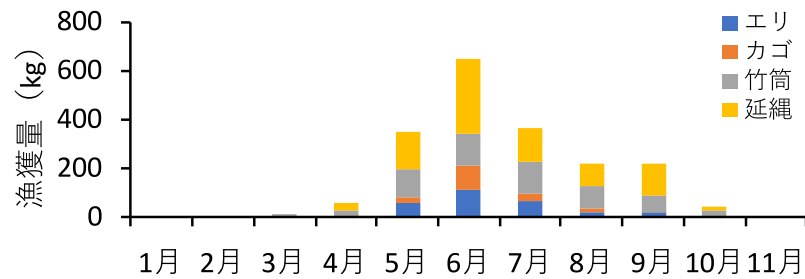


図5 月別漁獲量 (2025 年)

漁獲日誌を依頼した13経営体から計574尾の体重組成データが収集できた。漁獲尾数では200～300gサイズが最も多く、漁獲の中心であった（図6）。漁獲中心サイズは2024年と同様の傾向であったが、大型魚は2024年より少なかった。

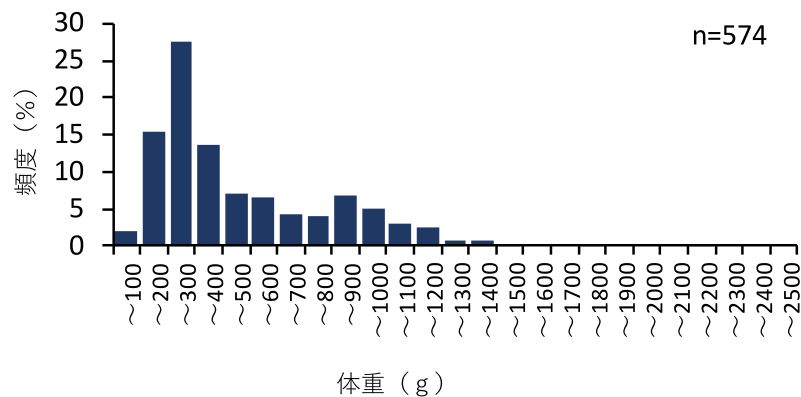


図6 漁獲魚の体重組成 (漁獲日誌 2025 年)

2025年1月～11月の総漁獲量（1,921kg）を漁獲魚の体重組成（図6）をもとに尾数換算すると、期間内に4,138尾が漁獲されたと推定された。漁獲尾数では200～300gの階級が最も多かった（図7）。2024年より大型個体の漁獲が少なかった。

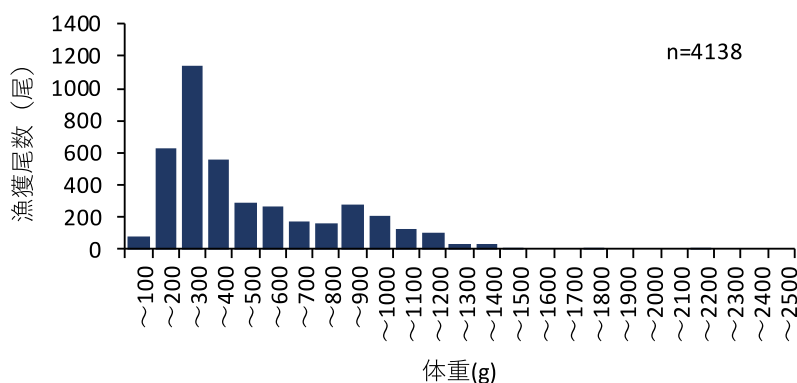


図7 2025年の体重別推定漁獲尾数（2025.12.17現在）

④ 2025年漁獲魚の取引価格と売上額（2025.12.17現在）

琵琶湖でのウナギの取引には「相対」と「競り」があるが、ほとんどが「相対」である。2025年の相対取引価格（聞き取りによる6経営体の平均）は、～300g：8,800円/kg、500g<：9,200円/kgであった。取引価格は2024年とほぼ同様であった。

体重別推定漁獲尾数と相対価格から売上額は1,744万円と試算された。2024年同時期よりも漁獲尾数は多いものの、単価が高い大型個体が少なかったため売上額は2024年同時期よりは少なくなった。

(ii) 漁獲魚の年齢組成の把握

2025年の漁獲魚50尾について年齢査定を行い、2024年のデータに加えることができた（計125尾、メス111尾、オス14尾）。4～5歳が多く（図8、9）、放流後3～4年で漁獲に貢献すると考えられた。性比はメスに偏っており89%がメスであった。

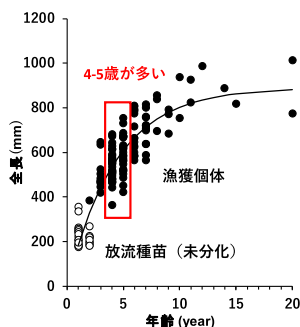


図8 年齢と全長の関係（メス n=111、放流種苗 n=26）

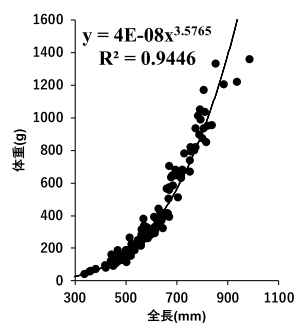


図9 全長と体重の関係（メス n=111）

た。オスはメスと比較して小型であり、10歳未満であった（図10、図11）。

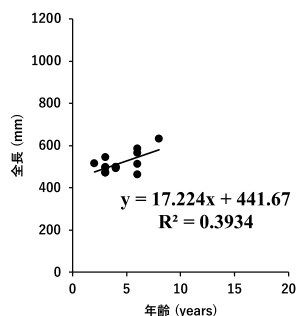


図 10 年齢と全長の関係（オス n=14）

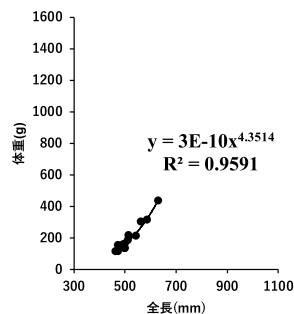


図 11 全長と体重の関係（オス n=14）

(iii) 資源評価と採算性の高い放流事業の提案

① 2024 年漁獲魚について年齢別漁獲尾数（年級群分解）の試算

今回の試算では、主な漁獲対象年齢は 4～12 歳（200～1500g）で漁獲の中心は 4 歳魚（1 歳で放流されたとすると放流 3 年後）であり、10 歳（同様に放流 9 年後）を超えると漁獲尾数は減少し始め、13 歳以上になると非常に少なくなると推測された。

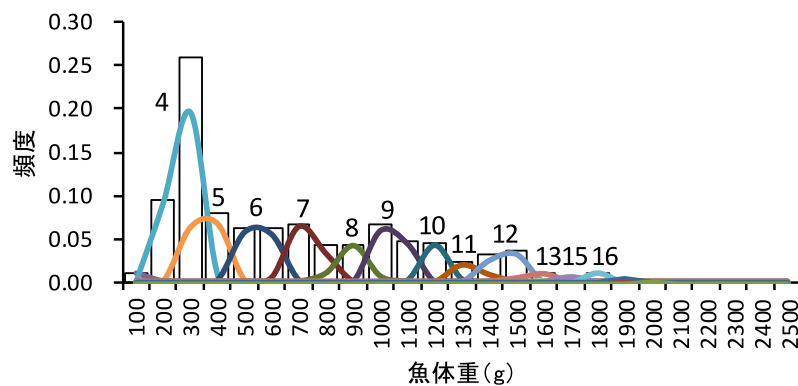


図 12 2024 年漁獲魚の年級組成（試算）

図中の数字は年齢を示す

表 1 2024 年漁獲魚の年齢別漁獲尾数（試算）

年齢	放流年	漁獲尾数	割合（％）
2	2023	0	0.00
3	2022	46	1.01
4	2021	1350	29.58
5	2020	625	13.71
6	2019	547	11.99
7	2018	467	10.23
8	2017	261	5.72
9	2016	488	10.71
10	2015	230	5.04
11	2014	123	2.70
12	2013	259	5.68
13	2012	58	1.27
14	2011	10	0.22
15	2010	26	0.57
16	2009	51	1.11
17	2008	1	0.02
18	2007	18	0.40
19	2006	0	0.00
20	2005	2	0.04
計		4563	100.00

② CPUE の試算（2024 年、2025 年を対象）

2024 年と 2025 年の漁獲日誌から算出した各漁法の CPUE（漁獲尾数/1 操業）は、延縄が 1.8～11 尾（延べ 6 経営体）、竹筒が 0.5～5.0 尾（同 8）、カゴが 3.0 尾（同 2）、エリ（同 4）が 0.4～1.0 尾であった。

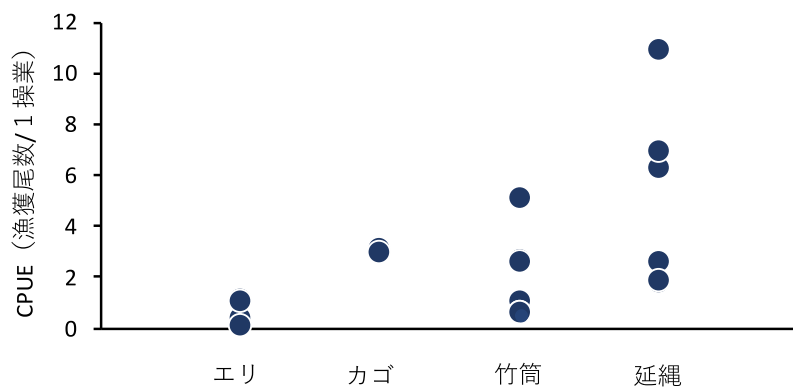


図 13 各漁法の CPUE（漁獲尾数/1 操業）

課題と対応策：

コホート解析による資源評価に必要な年齢別漁獲尾数の推定精度の向上が必要である。そのためには単年度の体重別漁獲尾数データと成長解析データの蓄積が必要である。

次年度計画：

全体計画に沿って今年度と同様の内容を引き続き行う。成長解析データの蓄積、年齢別漁獲尾数の推定精度向上を図る。

令和 7 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	エ	事業実施期間	令和 7 年度
課 題 名	湖沼でのニホンウナギ等の資源増殖に関わる調査		
担 当 者	曾田一志・松本洋典・寺戸稔貴（島根県水産技術センター） 板倉光（東京大学大気海洋研究所）		

令和 7 年度の成果の要約：

宍道湖におけるニホンウナギの放流情報および漁獲情報を調査し、放流実態および漁獲実態の把握に資する基礎情報を収集した。

【放流実態の把握】

2025 年に宍道湖にて実施されたウナギ放流事業について聞き取り調査したところ、3 月 18 日と 4 月 14 日の計 2 回実施された。放流量と種苗購入費、推定放流尾数は 3 月 18 日が 122 kg、732 千円、10,526 尾、4 月 14 日が 580 kgそれぞれ 550 kg、4,350 千円、22,156 尾であった。さらに、種苗の性別はほとんどが未分化、もしくは肉眼では判別できなかった。

【漁獲実態の把握】

宍道湖漁協が収集した漁獲成績によると、2025 年の宍道湖におけるウナギ漁獲量は 2180.8 kg であった。また、漁業者に依頼した標本船野帳と生物測定から得られた漁獲情報をもとに推定した漁獲尾数は 8,185 尾であった。

【漁獲物の生物情報取得】

2025 年 4 月から 11 月にかけてウナギ漁業者から漁獲物を購入し、合計 146 尾を収集した。そのうち 100～400 g 個体が 81%を占め、性別はオスが 3 尾、残りは全てメスであった。漁獲物の成熟ステージは Y1 が多く、Y2、S1 はます網漁獲物のみで確認された。また、漁法別の漁獲サイズに注目すると、昨年度と同様、はえ縄、かご、竹筒、朶葉漬けには有意差はみられなかったが、それら 4 漁法よりもます網で漁獲された個体の方が有意に大型であった。

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、平成 26 年 6 月には国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 I B 類として掲載されるなど、ニホンウナギの資源の増大が急務となっている。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。しかしながら、ニホンウナギの生態には不明な点が多く、放流したニホンウナギがどの程度生き残っているのか、産卵に参加しているのかといった知見はほとんどない状況である。そのため、ニホンウナギの生態について得られた知見を順次取り入れていき、ウナギの資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

(1) 全体計画

目的：宍道湖でのニホンウナギ（以下、ウナギ）について、放流による資源増殖の効果を明らかにし、放流場所としての宍道湖の有効性を検討する。

方法：宍道湖におけるウナギの放流事業および漁獲データを収集する。また、購入した放流種苗および漁獲物の生物調査を行うとともに、漁獲物に占める放流魚の比率を算定する。

期待される成果：宍道湖におけるウナギの漁獲量、漁獲尾数、放流魚の比率、年齢構成等から、ウナギ放流事業の費用対効果を検討する。

(2) 当該年度の計画

目的：宍道湖におけるウナギの放流実態および漁獲実態の把握に資する情報を収集するとともに、放流種苗・漁獲物の生物情報を取得する。

方法：

1. 放流実態の把握

宍道湖にて行われたウナギの放流事業について、宍道湖漁業協同組合（以下、宍道湖漁協）に放流時期および放流場所、放流量、種苗年齢、種苗単価の聞き取り調査を実施した。また、放流種苗と同ロットのウナギを購入し、31尾について全長、体重、性別を記録するとともに、次年度の年齢査定用に耳石を採取した。さらに、放流量と種苗の平均体重から放流尾数を推定した。

2. 漁獲実態の把握

漁獲物に関する情報として、漁獲量は宍道湖漁協が収集した漁獲実績報告書を基礎データとし、漁獲尾数については以下の方法により算出した。ここで、はえ縄、かご、竹筒、だば漬け（以下、4漁法）は4～11月、特に夏季を中心に操業される一方で、小型定置網（以下、ます網）は10～12月に限定して操業される。また、後述するが、4漁法は100～300gを主体に漁獲されていたが、ます網では500～700g前後の大型個体が漁獲されていた。上記のように4漁法とます網で操業時期と漁獲サイズが異なるため、漁獲尾数の推定にはそれぞれ別の算出方法を用いた。

ア) 年間操業者数・漁獲量の算出

宍道湖漁協の漁獲実績報告書入手し、2025年における宍道湖のウナギ漁業の操業者数ならびに4漁法、ます網の年間漁獲量 TC_1 、 TC_2 を算出した。

イ) 4漁法における年間漁獲尾数の推定

a) 標本船野帳調査

宍道湖におけるウナギ漁獲情報の詳細把握のため、宍道湖漁協組合員所属の漁業者（以下、漁業者）4名に標本船野帳の記入を依頼した。漁業者の選出については、宍道湖漁協の推薦により年間の操業日数が多く、精力的に操業している者とした。期間は2025年4月1日から11月30日、記入内容は操業日および漁法別の漁獲量、漁獲尾数、操業場所とした。記入内容を集計し、各月の漁獲物1尾当たりの平均体重 BW_m ($4 \leq m \leq 11$) および年間漁獲量のうち各月の占める割合 CP_m ($4 \leq m \leq 11$) を算出した。

b) 年間漁獲尾数の推定

宍道湖における4漁法の年間漁獲尾数 N_1 は以下のように求めた。

$$N_1 = \sum_{m=4}^{11} \frac{CP_m \times TC_1}{BW_m} \quad \dots (i)$$

ウ) ます網における年間漁獲尾数の推定

a) 漁獲物における平均体重の算出

ます網漁業者に対しての標本船野帳調査は実施していない。そこで、後述する3.の測定データから、ます網漁獲物1尾当たりの平均体重 BW_f を算出した。

b) 年間漁獲尾数の推定

宍道湖におけるます網の年間漁獲尾数 N_2 は以下のように求めた。

$$N_2 = \frac{TC_2}{BW_f} \quad \dots (ii)$$

エ) 年間漁獲尾数の推定

宍道湖における年間漁獲尾数 N は以下のように求めた。

$$N = N_1 + N_2 \quad \dots (iii)$$

3. 漁獲物の生物情報取得

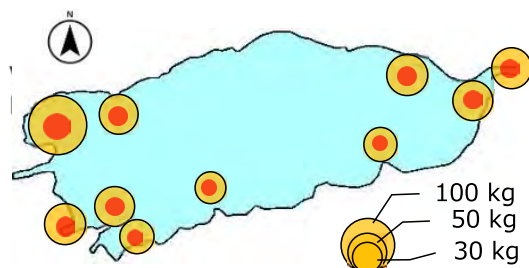
2025年4月1日から11月30日にかけて、漁業者5名（はえ縄・かご等漁業者4名、定置網（以下、ます網）漁業者1名）から漁獲物を買取り、精密測定を行った。記録項目は漁獲日、漁法、全長、体重、性別、成熟ステージ、生殖腺重量とした。加えて、次年度に実施する年齢査定、由来判別で使用する耳石を採取した。

結果：

1. 放流実態の把握

2025年のウナギ放流事業は3月18日と4月14日の2回実施された。放流場所は宍道湖内の全10地点であり、東部と西部に集中していた（図1）。放流量は3月18日が122

kg、種苗単価は6,000円/kg、放流購入費は732千円、4月14日が580 kg、種苗単価は7,500円/kg、放流購入費は4,350千円であった。3月18日に放流された種苗の尾数は10,526尾（207尾/2.4kg）、4月14日は22,156尾（191尾/5kg）と推定された。4月14日放流種苗の平均全長および平均体重（ $n=31$ ）は 251 ± 58 mm、 16.9 ± 15.3 g（±標準偏差）であった。測定した全長と体重の関係を図2に示した。性別は全て不明であった（図2）。なお、聞き取り内容から推定された種苗年齢は1齢であった。



●:3月18日放流分
図1 穴道湖におけるウナギ放流場所

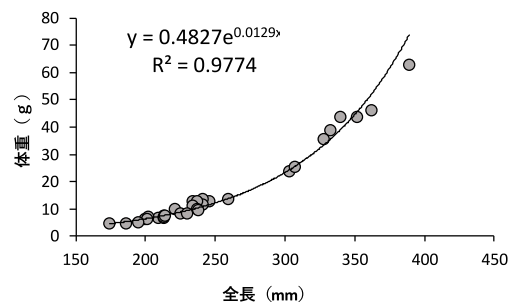


図2 穴道湖におけるウナギ放流種苗の全長と体重の関係

2. 漁獲実態の把握

ア) 操業者数・年間漁獲量の算出

穴道湖漁協の漁獲実績報告書によると、2025年の穴道湖におけるウナギ漁業の操業者数は4漁法が36名、ます網が1名であった。また、4漁法、ます網の年間漁獲量 TC_1 、 TC_2 はそれぞれ 2078.8 kg、102 kg であった。

イ) 4漁法における年間漁獲尾数の推定

a) 標本船野帳調査

漁業者4名の標本船野帳をもとに算出した2025年における各月の漁獲物1尾当たりの平均体重 BW_m は0.22~0.28 kg、年間漁獲量のうち各月の占める割合 CP_m は1.6~27.8%であった（図3）。漁獲割合は、4月以降10~17%で推移し、9月に27.8%まで上昇したが10月には9.4%、11月には1.6%まで低下した。

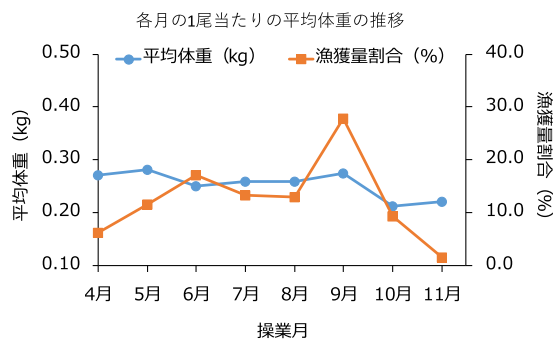


図3 穴道湖における各月のウナギ1尾当たりの平均体重と年間漁獲量のうち各月の占める割合

b) 年間漁獲尾数の推定

(i)式により算出された4漁法の年間漁獲尾数 N_I は8,028尾であった。なお、集計

した漁獲量は漁法ごとに区別されていなかった（ます網を除く）。ただし、後述する3.の通り、漁法による漁獲サイズの差異はなく、漁獲尾数の推定にあたっては漁法を一括して扱った。

ウ) ます網における年間漁獲尾数の推定

a) 漁獲物における平均体重の算出

漁業者からの聞き取りから、300g 未満の個体は再放流される事が判明したため、精密測定の結果から 300g 未満の個体を除いたます網漁獲物 (n=23) 1 尾当たりの平均体重 BW_f を推定したところ 0.65 kg であった。

b) 年間漁獲尾数の推定

(ii)式により算出されたます網の年間漁獲尾数 N_2 は 157 尾であった。

エ) 年間漁獲尾数の推定

(iii)式により算出された宍道湖の年間漁獲尾数 N は 8,185 尾と推定され、前年度の 4,630 尾と比較すると 3,555 尾の増加となった。

3. 漁獲物の生物情報取得

漁業者からの買取調査により、8か月間で合計146尾のサンプルを収集した。測定した全長および体重の関係は図4に示した。漁獲物の全長および体重はそれぞれ 418~818mm、82~927 gの範囲にあった(図4)。その内オスは3尾のみ確認され、残りはすべてメスであった。

GSI、成熟ステージと漁獲日については、4月から10月中旬にかけて漁獲された個体については、ほとんどがY1であった。一方、10月下旬から11月上旬に漁獲された個体の中にはGSIが1以上かつY2以上の個体が出現し、S1も2尾確認された。Y2以上の個体は、1個体を除き、ます網の漁獲物であった(図5)。

漁法に注目すると、漁法別漁獲尾数ははえ縄91尾、かご7尾、竹筒12尾、朶葉漬け4尾、ます網32尾であり、はえ縄が全体の62.3%を占めていた。また、一元配置分散分析を行ったところ、4漁法間の漁獲物の平均体重に有意差は得られず ($p>0.05$)、4漁

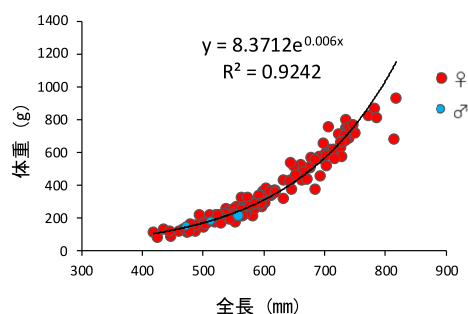


図 4 宍道湖におけるウナギ漁獲物の全長と体重

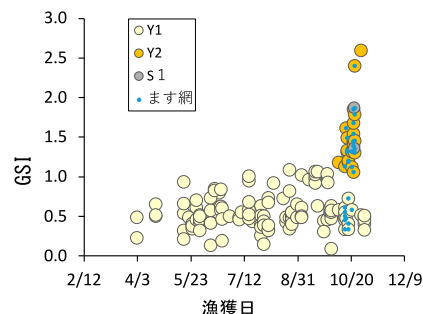


図 5 宍道湖におけるウナギ漁獲物の漁獲日と GSI、成熟ステージ

法間での漁獲サイズの選択性はなかったといえる。一方で、ます網漁獲物の平均体重は4漁法と有意差がみられ、比較的大型のウナギが漁獲される傾向にあった ($p<0.01$, 図6)。これはます網による漁獲物すべてが成熟ステージの進んだ300 g以上の個体が多かったためである。

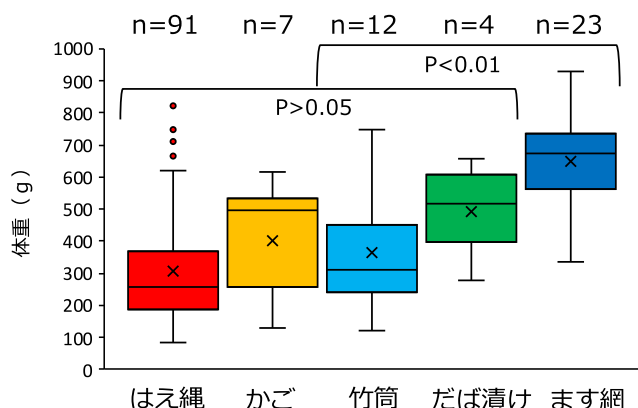


図6 宍道湖におけるウナギ漁獲物の漁法と体重の関係

課題と対応策：

宍道湖全域におけるウナギ漁獲実態の把握には、漁業者4名から収集した標本船野帳データを使用した。本年度から標本船野帳の対象期間を4～11月としたことで、年間の漁獲状況について概ね把握できた。

また、放流事業の費用対効果を調べるにあたりウナギの取引単価の把握は不可欠であるが、宍道湖で漁獲されたウナギの流通形態上、実態がつかみにくい。市場との取引単価を調べるため、引き続き漁業者や市場等への聞き取り調査を実施し、宍道湖におけるウナギ漁業の生産額算出に資する情報を蓄積する必要がある。

次年度計画：

本年度と同様に、放流・漁獲実態の把握、漁獲物の生物情報取得を継続する。次年度中には耳石分析が終了するため、放流種苗・漁獲物の年齢構成や天然・放流比のデータも踏まえて、宍道湖におけるウナギ放流効果について考察する。