

ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業

遠藤 赳寛

目 的

我が国のニホンウナギ資源量の減少は深刻であり、国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストに絶滅危惧 IB 類として記載されるなど¹⁾、資源回復が急務である。

青森県の太平洋側に位置する小川原湖は、高瀬川を介して海と接続する汽水湖であり、大規模なニホンウナギ漁場としては北限にあたる。小川原湖では漁協によるニホンウナギ種苗の義務放流が行われている他、高瀬川にシラスウナギが来遊することが確認されており²⁻⁴⁾、湖内には放流個体と天然個体が混在すると考えられるが、その割合は不明である。また、過去の標識放流調査の結果²⁻⁴⁾から、放流後のニホンウナギは湖内で良好に成長し、漁獲に直接寄与していることが示唆された一方、放流個体が再生産に寄与しているかは分っていない。近年、耳石の酸素・炭素安定同位体比からニホンウナギの由来水域の判別が可能となり⁵⁾、小川原湖においても湖内のニホンウナギの天然・放流の割合や放流個体の産卵回遊の有無が明らかになることが期待される。判別には機械学習を活用するため、判別精度を担保するには教師データの十分な蓄積が必要だが、青森県においては特に天然由来個体の耳石サンプル確保が課題となっている。北限の漁場である小川原湖のニホンウナギの実態を把握することは、青森県、ひいては我が国のニホンウナギ資源管理手法を検討する上で肝要である。

本事業は小川原湖におけるニホンウナギの漁獲実態と種苗放流実態の把握に加え、産卵親魚候補である銀ウナギの実態を把握することを目的とし、放流由来個体が漁獲された銀ウナギに含まれているか判別するためのサンプル収集及び生物特性の調査、分析を行うものである。

なお、本事業は水産庁委託「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」の一環として実施されたものである。以下の報告内容は既報の水産庁委託事業報告書⁶⁾に準じ、内水面研究所が主担当として実施した部分について記載する。

材料と方法

1. 漁獲・種苗放流実態の把握

2023 年 6 月 1 日から 9 月 30 日の小川原湖漁業協同組合のニホンウナギ荷受伝票を基に、日別、サイズ別及び漁法別の漁獲量を集計した。なお、2022 年 10 月 1 日から 2023 年 5 月 31 日及び 2023 年 10 月 1 日から 2024 年 5 月 31 日の期間は、青森県内水面漁場管理委員会指示によりニホンウナギの採捕が禁止されていたため荷受けはなかった。

2023 年 4 月 19 日に小川原湖漁協のニホンウナギ義務放流が実施されたのに合わせ、放流に供した種苗 90kg の中から無作為に 100 個体の全長及び体重を測定し、全長組成、体重組成及び放流尾数を算出した。

2. 銀ウナギサンプルの採集と生物学的特性の把握

(1) 小川原湖

2023 年 6 月 1 日から 9 月 30 日の漁期中に小川原湖で漁獲された銀ウナギをサンプルとして購入するため、ニホンウナギ荷受け時における銀化ステージの確認を小川原湖漁業協同組合に依頼した。銀化ステージの判断基準は Okamura *et al.*(2007)⁷⁾に準じた。

2023 年 11 月 22 日の夕方に小川原湖北部の水深 8~11m の地点に延縄（うなぎ針 9 号 50 本/500m）を 3 本設置し（図 1 ①）、11 月 23 日の朝に回収した。

(2) 高瀬川

2023 年 10 月 20 日から 11 月 30 日の期間、六ヶ所村漁業協同組合に依頼して高瀬川に建網 1 ヶ統を設置し（図 1 ②）、銀ウナギ採捕調査を実施した。

(3) 精密測定及び各種組織サンプルの採取

(1)、(2) で採集した銀ウナギ及び黄ウナギについて、全長、体重、胸鰭長、水平眼径、垂直眼径、生殖腺重量、肝臓重量、胃重量及び腸重量を測定した。また、胸鰭、耳石、脳、脳下垂体、肝臓、生殖腺及び血液を採取した。

胸鰭は 100%エタノールに浸漬して常温保管し、後述の DNA 個体判別に供した。

耳石は乾燥状態で保管し、耳石酸素・炭素安定同位体比分析に基づく由来水域判別⁵⁾に供するため、分析を担当する水産研究・教育機構水産資源研究所横浜庁舎に送付した。

脳、脳下垂体及び肝臓は RNeasy (Invitrogen) に浸漬して -20℃で保管し、生殖腺はユフィックス（サクラファインテック）で固定後、70%エタノールに置換して常温保管した。また、血液は血漿の状態では -20℃で保管した。これらのサンプルについて、遺伝子発現量解析、生殖腺組織切片作成及びホルモン分析に供するため、分析を担当する水産研究・教育機構水産技術研究所日光庁舎に送付した。

(4) 個体判別

(1)、(2) で採捕された銀ウナギの中に、2016 年度及び 2017 年度の「河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業²⁻³⁾」で小川原湖内に標識放流した遺伝子型既知の個体が含まれている可能性があるため、DNA 個体判別を実施した。

(3) の胸鰭からの DNA 抽出には Gentra Puregene Tissue Kit (QIAGEN) を使用した。

マーカーは「DNA マーカーを用いたニホンウナギの非侵襲的個体識別法マニュアル⁸⁾」に記載のマイクロサテライト 8 遺伝子座 (*Anja-15*, *Anja-41*, *Anja-44*, *Anja-48*, *Anja-6*, *Anja-19*, *Anja-23* 及び *Anja-37*) を使用した (表 1)。PCR は Type-it Microsatellite PCR Kit (QIAGEN) を用いたマルチプレックス PCR とし、プライマーセットは前出のマニュアルに従い、4 遺伝子座×2 セットで実施した。各マーカーのフォワードプライマーには Dye set G5 に対応するよう、6-FAM (*Anja-41*, *Anja-37*)、VIC (*Anja-44*, *Anja-19*)、NED (*Anja-48*, *Anja-6*)、PET (*Anja-15*, *Anja-23*) の蛍光色素を付加した。なお、PCR 増幅時の不安定なアデニン 1 塩基付加に由来するスプリットピークを抑制するため、いずれのマーカーにも Applied Biosystems の Tail 配列を付加した。

PCR 反応液の組成及び反応条件は表 2、3 に従った。プライマーミックスはセットごとに、各プライマー濃度が 0.2μM になるよう 1×TE バッファーで調製した。



図 1. 銀ウナギ採捕調査地点

表 1. 個体判別に使用したマイクロサテライトマーカー

プライマー セット	遺伝子座	蛍光色素	プライマー配列	Tail付加
A	<i>Anja-15</i>	PET	F: tcctgtgtctcaaaaggtcaaa R: ttttgacttctgttagatgc	○
	<i>Anja-41</i>	6-FAM	F: aagaatttaccacagccaaga R: ggggtgtgtgtatgggtttct	○
	<i>Anja-44</i>	VIC	F: gaattacaggcgatggctaaag R: atggccaaagatgtgttttc	○
	<i>Anja-48</i>	NED	F: caggagtgagtcactgagaa R: agaaacagagcggacagttagc	○
B	<i>Anja-6</i>	NED	F: atctctctgaccttgacgtt R: agaaacaggggtagtgttga	○
	<i>Anja-19</i>	VIC	F: acactgcgtaagtcactctgga R: ggatgtgttactgggtcaat	○
	<i>Anja-23</i>	PET	F: acgatttattgttccctt R: taagcaaacgtgcataggaatg	○
	<i>Anja-37</i>	6-FAM	F: tatggccgtagtgtgtgttc R: cagcaaacattagctgcttgac	○

表 2. PCR 反応液の組成

Master Mix	5 μl
プライマーミックス	1 μl
Q-Solution	1 μl
超純水	2 μl
テンプレート DNA	1 μl
計	10 μl

表 3. PCR 反応条件

	温度	時間	サイクル数 (②-④)
① 初期変性	95 °C	5 分	
② 変性	95 °C	30 秒	
③ アニーリング	60 °C	90 秒	×28
④ 伸長	72 °C	30 秒	
⑤ 最終伸長	60 °C	30 分	

フラグメント解析には ABI 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) を使用した。泳動サンプルは、約 10 倍に希釈した PCR 産物 0.5 μ l と GeneScan 600 LIZ dye size standard v2.0 (Applied Biosystems) 0.13 μ l、及び Hi-Di Formamide (Applied Biosystems) 9.37 μ l を混合して合計 10 μ l になるように調製した。

ジェノタイピングには GeneMapper Software 5 または Microsatellite Analysis (いずれも Applied Biosystems) を使用した。

3. 天然ウナギサンプルの採集

小川原湖、青森県太平洋側の老部川（東通村）及び泊海岸において、耳石由来判別の教師データとして利用する天然ウナギのサンプルを採集した。

小川原湖ではニホンウナギの義務放流が行われており、天然個体と放流個体を外見で識別することは困難だが、放流サイズより明確に小さい個体に限っては、天然個体である可能性が極めて高い。そこで、小川原湖では 2023 年 9 月 13 日から 10 月 13 日の期間、全長 15cm 前後を目安に胴網でサイズ選択的にニホンウナギを採集した。

老部川及び泊海岸については周辺水域を含め、少なくとも近年の放流履歴がないことからサイズによらず全数をサンプルとした。

老部川では 2023 年 6 月 6 日に電気ショッカーでニホンウナギを採集した。

泊海岸では 2022 年 5 月から 2023 年 4 月まで、毎月 1 回の頻度で定期的に採捕調査を実施した。調査地点は水深 20cm 以浅の磯で、主に日没から 2 時間を目途に調査員 2~4 名で手網によりサンプリングした。

4. 泊海岸における海ウナギ生息状況調査

上記の泊海岸における周年調査の後、磯という特殊な環境にニホンウナギが少なくとも一定期間定着している要因の把握を目的として、2023 年 8 月 10 日及び 8 月 11 日に、調査地一帯のウナギの分布状況、生物相及び塩分を調査した。

なお、本調査は宮城教育大学と共同で実施した。調査方法及び結果については遠藤&棟方 (2024)⁶⁾を参照されたい。

結果と考察

1. 漁獲・種苗放流実態の把握

小川原湖漁協の荷受け伝票を基に算出した 2023 年のニホンウナギ漁獲量は 1,338kg、漁獲尾数は 3,586 尾であった。漁期中の月別漁獲量は 9 月が最も多く、8 月が最も少なかった (図 2)。ただし、8 月は操業者数も少なく、御盆の期間市場が閉まるため出漁を控えた可能性がある。漁法は漁獲全体の 94% が延縄で、6 月及び 9 月にワカサギ、シラウオ漁の袋網に入網した個体が市場に持ち込まれた。月別漁獲量及び操業者数の推移、並びに漁法の傾向は 2020 年から 2022 年の調査結果と概ね同様であった⁹⁻¹¹⁾。

小川原湖漁協では 200g 以上の個体を荷受けの対象としている。

2023 年の漁獲物を 100g 刻みでサイズ分けして尾数を集計すると、サイズ組成は 200~300g が 41% (2021 年 35%、2022 年 36%)、301~

400g が 25% (同 26%、25%)、401~500g が 16% (同 17%、19%)、501~600g が 9% (同 11%、10%)、601~700g が 5% (同 6%、5%)、701g 以上が 5% (同 5%、5%) だった。サイズ別の集計を始めた 2021 年以降、漁獲物のサイズ組成は概ね同様の傾向を示した (図 3)。各サイズの年別漁獲尾数及び年間の操業者数の推移は図 4 のとおりだった。

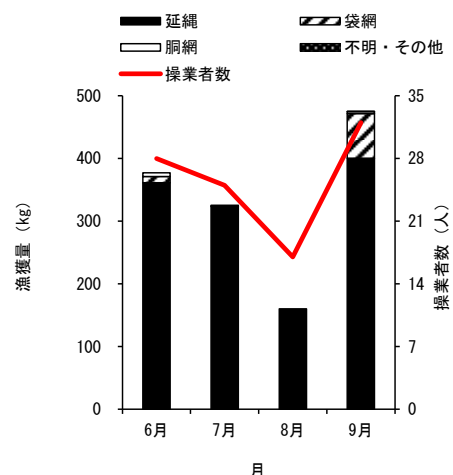


図 2. 小川原湖における月別漁法別ニホンウナギ漁獲量と操業者数の推移 (2023 年)

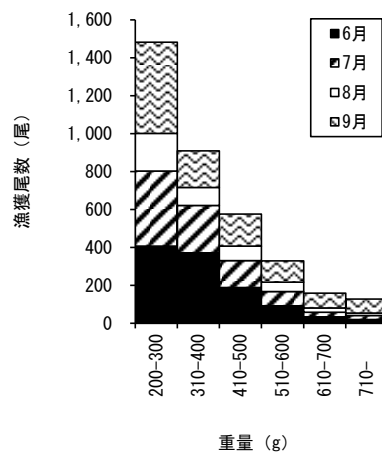


図 3. 小川原湖におけるサイズ別ニホンウナギ漁獲尾数 (2023 年)

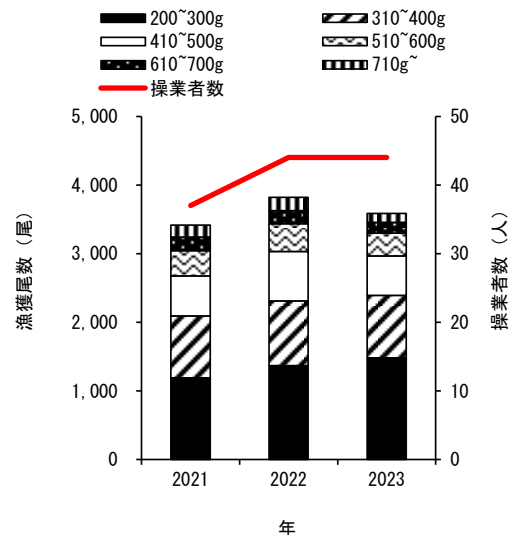


図 4. 小川原湖における年別ニホンウナギ漁獲尾数及び操業者数の推移 (2021~2023 年)

2014 年以降の小川原湖のニホンウナギ漁獲量¹²⁾と 2007 年以降の全国のシラスウナギ採捕量¹³⁾を比較したところ、小川原湖の漁獲量と 7 年前の全国のシラスウナギ採捕量の間に正の相関があった (図 5、Spearman の順位相関係数、 $r_s=0.66$ 、 $p<0.05$)。小川原湖へのシラスウナギ来遊量は不明であるものの、全国のシラスウナギ資源量の動態とある程度連動していることが示唆された。また、7 年の期間はシラスウナギの加入から主要漁獲サイズに成長するまでの期間と対応している可能性があり、今後漁獲物の年齢査定により確認することが望ましい。

表 4. 小川原湖のニホンウナギ漁獲量と全国のシラスウナギ採捕量 (ニホンウナギ稚魚国内採捕量の推移 (水産庁) より作成)

	小川原湖 の漁獲量 (kg)	全国のシラス ウナギ採捕量 (t)
2007		22.2
2008		11.4
2009		24.7
2010		9.2
2011		9.5
2012		9
2013		5.2
2014	1,133	17.4
2015	861	15.3
2016	1,075	13.6
2017	540	15.5
2018	778	8.9
2019	700	3.7
2020	912	17.1
2021	1,559	11.3
2022	1,401	10.3
2023	1,338	5.6

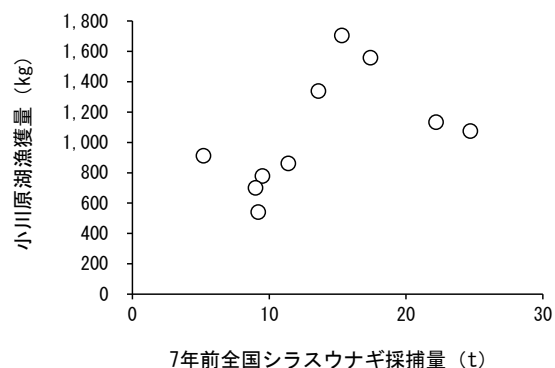


図 5. 小川原湖におけるニホンウナギ漁獲量と 7 年前の全国のシラスウナギ採捕量の関係

2023 年の小川原湖のニホンウナギ放流種苗の平均全長及び平均体重はそれぞれ 45.5 ± 0.3 cm、 102.5 ± 2.3 g (±標準誤差) であった。放流種苗の全長及び体重組成は図 6~8 のようになり、2016 年から 2022 年までに放流された種苗と比較してかなり大型であった。放流尾数はおおよそ 780 個体 (90kg) と推定され、放流尾数の調査を開始した 2016 年以降最も少なかった。種苗の総重量は例年 80kg 前後でほぼ一定のため、魚体が小さい年ほど放流尾数が多い傾向がある (図 9)。

全国のシラスウナギ採捕量¹³⁾が多い年には小川原湖の放流尾数も多くなる傾向があり (図 10、Spearman の順位相関係数、 $r_s=0.71$ 、 $p=0.058$)、小川原湖内のニホンウナギ資源は天然由来個体、放流由来個体ともにシラスウナギの資源状態の影響を強く受けていることが示唆された。

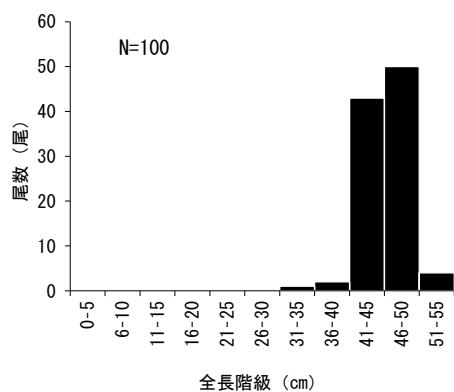


図 6. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の全長頻度分布（2023 年）

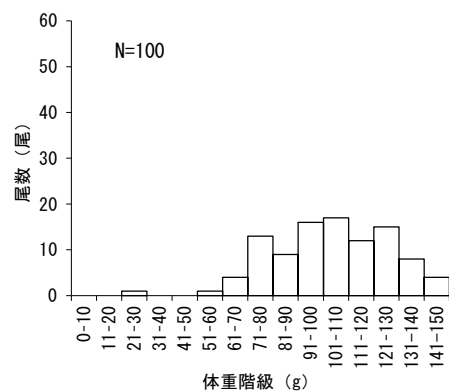


図 7. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の体重頻度分布（2023 年）

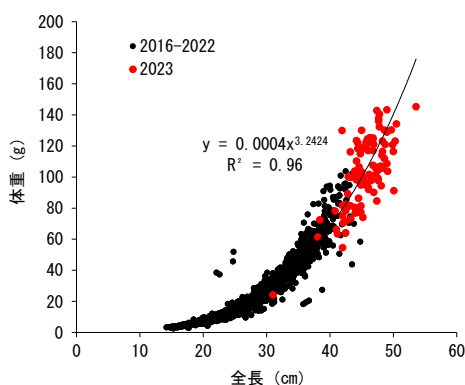


図 8. 小川原湖におけるニホンウナギ放流種苗の全長と体重の関係

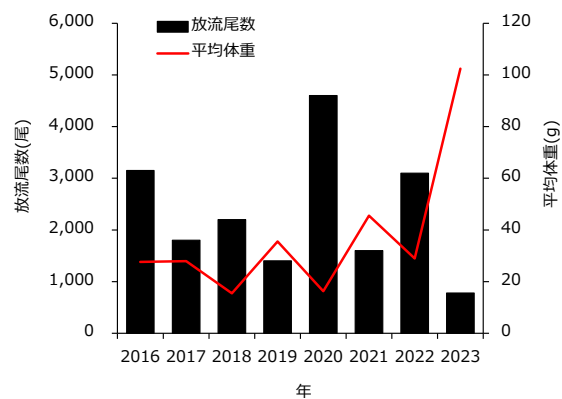


図 9. 小川原湖におけるニホンウナギ放流尾数と平均体重の推移

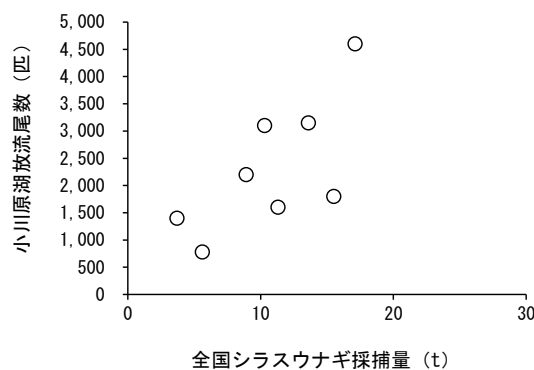


図 10. 小川原湖におけるニホンウナギ放流尾数と全国のシラスウナギ採捕量の関係

2. 銀ウナギサンプルの採集と生物学的特性の把握

小川原湖、高瀬川、青森県太平洋側の大沼及び青森県日本海側沿岸において、採捕調査及び市場購入により 12 個体のニホンウナギサンプルを収集した。全サンプルの精密測定結果は表 5 のとおり。このうち銀ウナギ（銀化ステージ S1、S2）は高瀬川で 2 個体、日本海沿岸で 1 個体の計 3 個体だった。また、小川原湖では Y2 の個体が 3 個体採捕された。採捕された個体はすべてメスだった。なお、小川原湖ではニホンウナギの性比がメスに偏っていることが指摘されている⁴⁾。

由来水域判別の結果については、判別完了後に水産庁委託「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」成果報告書において別途報告予定である。

表 5. 小川原湖、高瀬川、大沼及び青森県日本海側で採捕されたニホンウナギ（2023 年）

採捕日	採捕地点	漁法	全長 (cm)	体重 (g)	胸鰭長 (mm)	眼球長 縦 (mm)	眼球長 横 (mm)	生殖腺 重量 (g)	肝臓重量 (g)	胃重量 (g)	腸重量 (g)	雌雄	ステージ	標識
3月23日	日本海	建網	94.1	1450.01	47.9	10	10.1	60.50	16.92	3.32	4.89	メス	S2	なし
7月23日	大沼	延縄	43.2	96.92	16.2	4.2	3.5	0.41	1.58	1.48	1.26	メス	Y1	青 (2017年放流)
7月23日	大沼	延縄	50.3	161.03	19.4	4.6	4.5	0.43	2.16	1.65	1.85	メス	Y1	橙 (2016年放流)
7月23日	大沼	延縄	52.4	167.92	21.9	5.2	4.5	0.29	2.42	2.30	2.65	メス	Y1	橙 (2016年放流)
9月20日	小川原湖	延縄	70.5	707.03	39.6	7.1	6.9	8.44	7.54	2.42	3.95	メス	Y2	なし
9月25日	小川原湖	延縄	78.6	738.46	42.4	7.3	6.7	9.73	11.88	4.69	6.91	メス	Y2	なし
10月13日	小川原湖	定置	70.1	489.15	33.7	6.3	5.9	7.99	6.71	3.42	2.78	メス	Y2	なし
10月24日	高瀬川	建網	78.4	768.20	36.8	7.4	7.2	15.52	11.20	2.39	4.56	メス	S1	なし
10月26日	高瀬川	定置	48.6	132.53	19.1	3.2	3.3	0.14	2.25	0.89	1.60	メス	Y1	なし
10月26日	高瀬川	定置	56.8	271.13	22.6	3.9	3.6	1.77	4.17	1.73	3.24	メス	Y1	なし
10月27日	高瀬川	建網	72.6	609.22	34.4	7.6	6.9	14.81	7.40	1.37	2.25	メス	S2	なし
11月2日	高瀬川	定置	48.2	151.06	22.3	3.8	3.8	0.56	2.60	1.50	2.63	メス	Y1	なし

小川原湖及び高瀬川で採捕されたニホンウナギサンプルについて個体判別を実施したところ、遺伝子型既知の放流個体は含まれなかった。なお、2016 年及び 2017 年に小川原湖に標識放流された 1,010 個体のうち、2023 年までに 40 個体が再採捕されている。

大沼の 3 個体は眼にイラストマー標識が施されており、2016 年及び 2017 年に大沼に放流された個体であることが確認された。大沼では放流時に遺伝子型の確認は行っていないため、個体ごとの成長は追跡できないものの、放流時の平均全長 29.5cm (2016 年) 及び 28.4cm (2017 年) から、およそ 3cm/年の速度で成長していると考えられた (図 11)。松谷ら (2019)¹⁴⁾では小川原湖の放流種苗の平均成長速度が 1.2cm/月と報告しており、地理的に近い大沼と比較して、小川原湖に放流されたニホンウナギの成長が著しく速いことが示唆された。

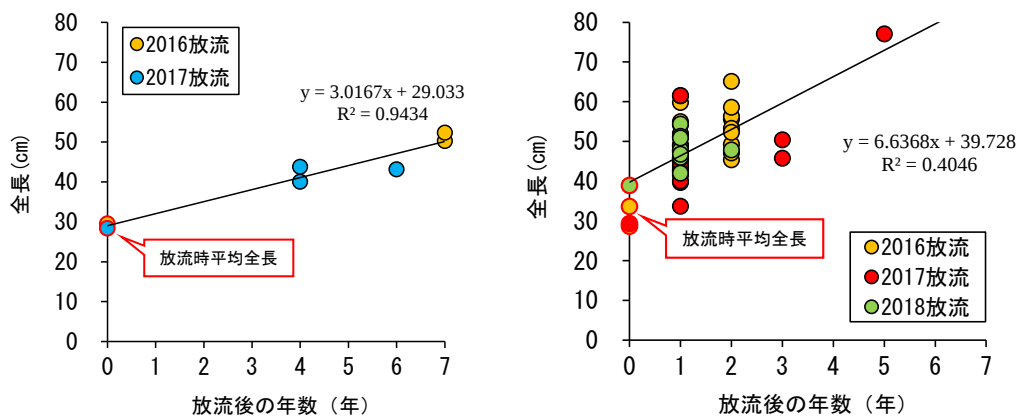


図 11. 放流翌年以降に大沼（左）及び小川原湖（右）で再採捕された標識放流個体の全長（2016-2023）

3. 天然ウナギサンプルの採集

小川原湖内、老部川及び泊海岸で計 11 個体の天然ウナギを採集し、耳石サンプリングに供した (表 6)。なお、泊海岸において前年度中に採捕された個体の精密測定結果については 2022 年度の報告書¹¹⁾に記載した。

表 6. 小川原湖、老部川及び泊海岸で採捕された天然ウナギ（2023 年）

採捕日	採捕地点	漁法	全長 (cm)	体重 (g)	胸鰭長 (mm)	眼球長 縦 (mm)	眼球長 横 (mm)	生殖腺 重量 (g)	肝臓重量 (g)	胃重量 (g)	腸重量 (g)	雌雄	ステージ
6月6日	老部川	ショッカー	70.0	460.9	33.1	5.1	5.2	3.54	5.83	4.22	6.93	メス	Y1
4月27日	泊海岸	手網	21.5	8.1	7.5	1.5	1	—	0.15	0.12	0.15	—	Y1
9月13日	小川原湖	定置	19.4	6.0	7.1	1.4	1.5	—	0.09	0.05	0.06	—	Y1
9月26日	小川原湖	定置	24.6	15.6	9.5	1.7	1.7	—	0.27	0.23	0.23	—	Y1
9月26日	小川原湖	定置	24.2	12.9	7.9	2	2	—	0.19	0.18	0.16	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	20.9	7.6	7.6	1.9	1.8	—	0.12	0.09	0.12	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	21.0	8.6	6.8	1.6	1.6	—	0.12	0.08	0.11	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	19.2	6.5	6.5	1.2	1.2	—	0.09	0.07	0.10	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	19.8	7.7	6.6	1.15	1.5	—	0.14	0.09	0.10	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	22.5	9.6	6.7	1.7	1.7	—	0.14	0.06	0.09	—	Y1
10月13日	小川原湖	定置	22.9	12.7	8.1	1.7	1.6	—	0.25	0.12	0.18	—	Y1

泊海岸における1年間を通したウナギの出現状況及び調査地点の水温は図12のとおりで、10月及び1～3月を除く月でウナギが確認された。

採捕されたウナギのサイズはシラスウナギ（6月のみ出現）～全長41.3cmの範囲だった（図13）。全長12～18cmにモードがあり、また、採捕せずに目視確認した個体も含めて、15cm前後にサイズが集中しているものと思われた。仮にこれらの個体が同じ年級で、直近で全国のシラスウナギ採捕量が多かった2020年頃に加入した個体であるとする仮定すると、泊海岸の集団は主に卓越年級の加入により維持されている可能性がある。

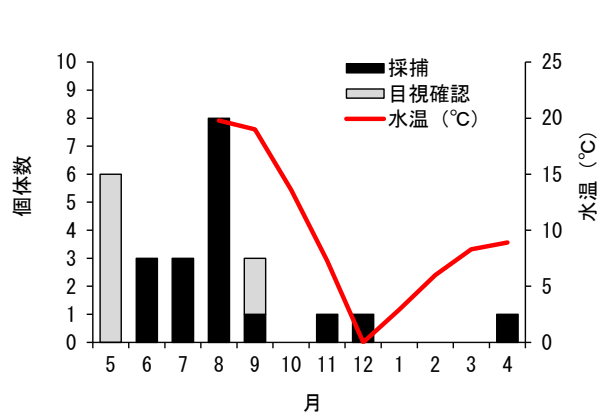


図12. 泊海岸における月別のニホンウナギ出現個体数（目視確認含む）及び出現地点の水温（5～7月欠測）

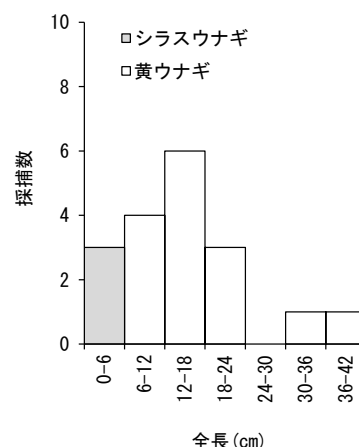


図13. 泊海岸におけるサイズ別のニホンウナギ採捕個体数

調査時にニホンウナギ発見地点の塩分を測定したところ、およそ0～20psu程度であり、周辺に比べ塩分が低い傾向があった。このような状況から、ニホンウナギが定着しているのは、泊海岸の中でも生活排水や湧水等の淡水が混じる特定の地点であることが示唆された。

文 献

- 1) IUCN 2021. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1*. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 30 August 2021.
- 2) 松谷紀明（2021）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業。平成28年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，92-99.
- 3) 松谷紀明（2021）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業。平成29年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，80-88.
- 4) 松谷紀明（2022）河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業。平成30年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，76-88.
- 5) Kaifu, K., Itakura, H., Amano, Y., Shirai, K., Yokouchi, K., Wakiya, R., Murakami-Sugihara, N., Washitani, I. and Yada, T. (2018) Discrimination of wild and cultured Japanese eels based on otolith stable isotope ratios. *ICES Journal of Marine Science*, 75 (2), 719-726.
- 6) 遠藤赳寛・棟方有宗（2024）産卵回遊に向かうニホンウナギの実態把握。水産庁委託 令和5年度ウナギ等資源回復推進事業のうち「資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業」成果報告書，19-29.
- 7) Okamura, A., Yamada, Y., Yokouchi, K., Horie, N., Mikawa, N., Utoh, T., Tanaka, S. and Tsukamoto, K. (2007) A silver index for the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Environmental Biology of Fishes*, 80, 77-89.

- 8) 水産庁（2019）DNA マーカーを用いたニホンウナギの非侵襲的個体識別法マニュアル
- 9) 遠藤赳寛（2022）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2019・2020 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，165-168.
- 10) 遠藤赳寛（2023）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2021 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，68-73.
- 11) 遠藤赳寛（2024）ニホンウナギの資源回復のための種苗育成・放流手法検討事業．2022 年度青森県産業技術センター内水面研究所事業報告，66-72.
- 12) 小川原湖漁業協同組合（2015-2023）通常総会資料.
- 13) 水産庁．ニホンウナギ稚魚国内採捕量の推移．<https://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/unagi.html>,（参照 2024 年 10 月 22 日）
- 14) 松谷紀明・長崎勝康・静一徳（2019）青森県小川原湖における汽水ウナギの出現状況の把握．水産庁委託 ウナギ供給安定化事業のうち「鰻来遊・生息調査事業（平成 27 年度）」及び「河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業（平成 28-30 年度）」成果報告書，180-194.

謝 辞

本事業にご協力いただきました国立研究開発法人水産研究・教育機構、小川原湖漁業協同組合、六ヶ所村漁業協同組合、三沢市漁業協同組合の皆様に感謝申し上げます。