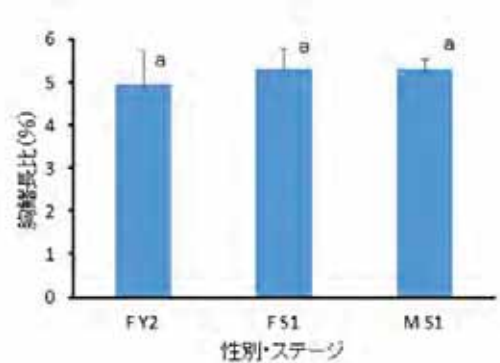
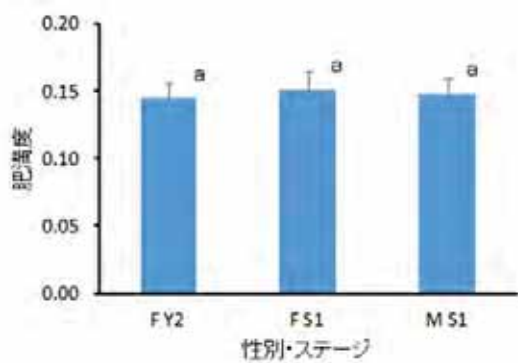


表1 浜名湖天然ウナギサンプルの内訳

水揚げ地	採捕日	性別	ステージ	尾数
鷺津	2022/11/22	Female	S1	8
		Male	S1	2
	2022/12/1	Female	Y2	2
		Female	S1	2
		Male	S1	4
		Male	S2	1
計	2022/11/22	Female	S1	16
		Male	S1	2
	2022/12/1		Y2	4
		Female	S1	8
			S2	2
		Male	S1	4
			S2	1
	2022/12/6	Female	Y2	1
		Female	S1	9

水揚げ地	採捕日	性別	ステージ	尾数
雄踏 (新川)	2022/11/22	Female	S1	8
			Y2	2
	2022/12/1	Female	S1	6
			S2	2
計	2022/12/6	Female	Y2	1
		Female	S1	9
			S2	1



重

図1 浜名湖天然ウナギサンプルの肥満度

図2 浜名湖天然ウナギサンプルの胸鰭
長比

F:雌 M:雄 異なるアルファベット間に有意差あり

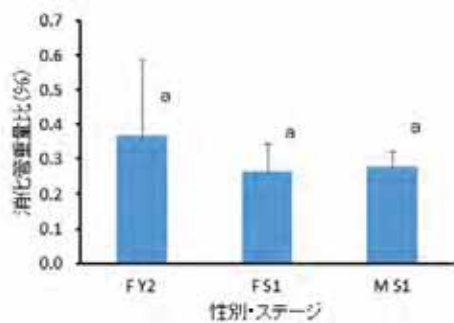


図5 浜名湖天然ウナギサンプルの消化器重量比

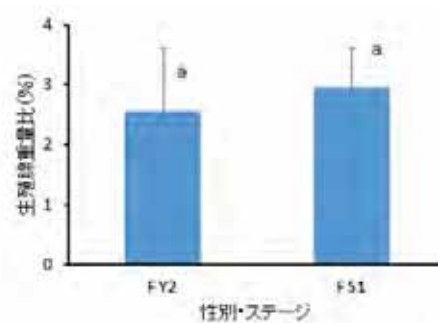


図6 浜名湖天然ウナギサンプルの生殖腺重量比

F:雌 M:雄 異なるアルファベット間に有意差あり

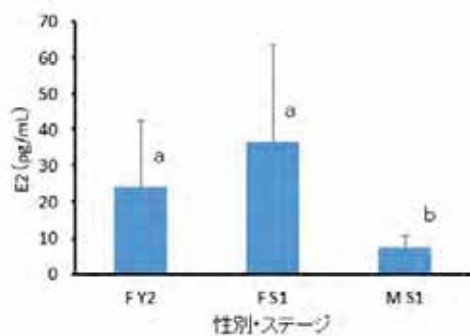


図7 浜名湖天然ウナギサンプルの血中エストラジオール 17β 濃度(E2)

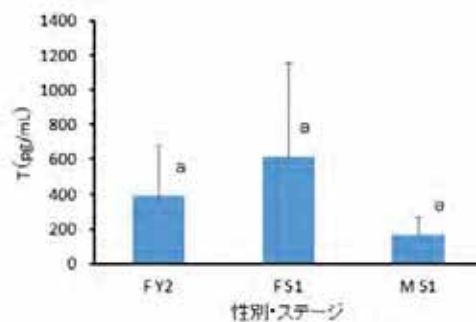


図8 浜名湖天然ウナギサンプルの血中テストステロン濃度(T)

F:雌 M:雄 異なるアルファベット間に有意差あり

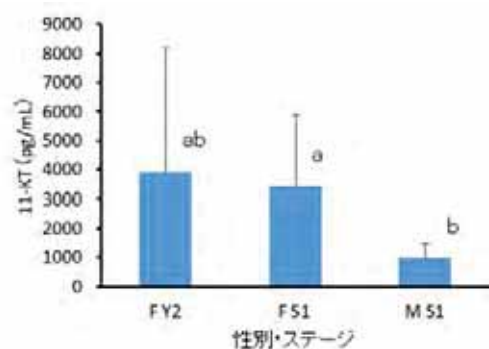


図9 浜名湖天然ウナギサンプルの血中11-ケトテストステロン濃度(11-KT)

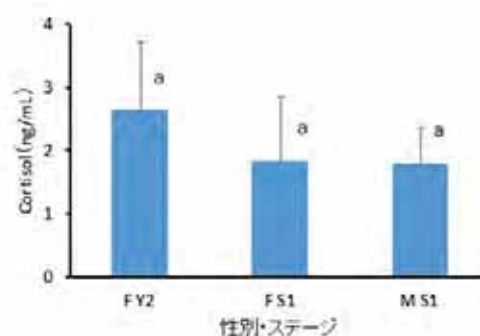


図10 浜名湖天然ウナギサンプルの血中コルチゾール濃度

F:雌 M:雄 異なるアルファベット間に有意差あり

表2 露地池ウナギサンプルの内訳

生産者名	採捕日	性別	ステージ	尾数	計	比率(%)
TA	22/11/8	Female	Y1	2	5	50
			Y2	3		
		Male	Y1	1	5	50
			Y2	4		
TO	22/11/16	Female	Y1	2	5	50
			Y2	3		
		Male	Y1	1	5	50
			Y2	4		
M	22/11/24	Female	Y1	2	3	33
			Y2	1		
		Male	Y1	3	6	67
			Y2	3		
Y	22/12/1	Female	Y1	3	5	71
			Y2	2		
		Male	Y1	1	2	29
			Y2	1		
計		Female	Y1	9	18	50
			Y2	9		
		Male	Y1	6	18	50
			Y2	12		

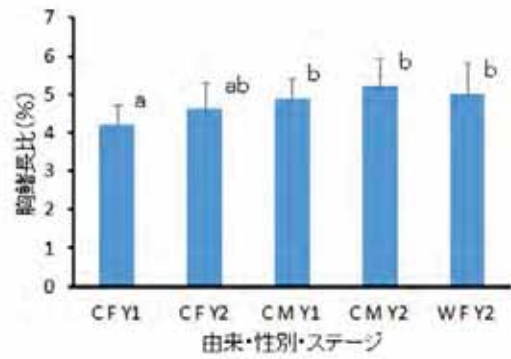
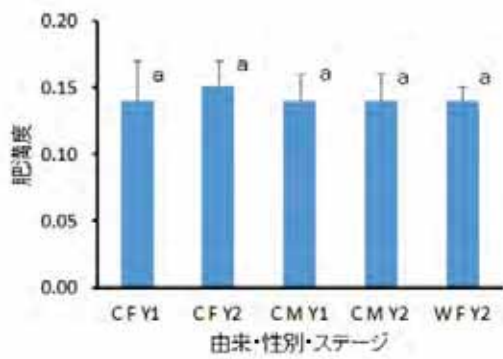


図 11 露地池ウナギサンプルの肥満度

図 12 露地池ウナギサンプルの胸鰭長比

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄

異なるアルファベット間に有意差あり

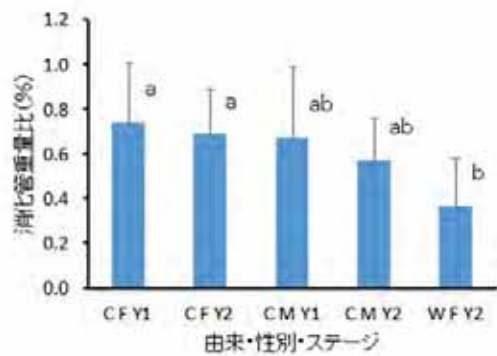


図 15 露地池ウナギサンプルの消化管重量比

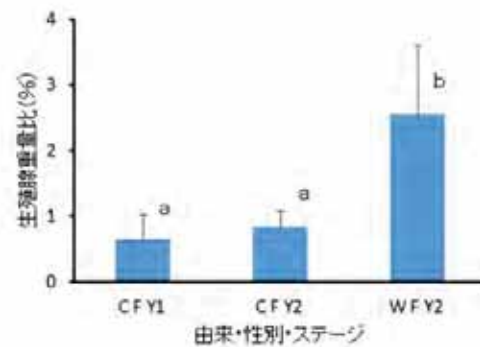


図 16 露地池ウナギサンプルの生殖腺重量比

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄 異なるアルファベット間に有意差あり

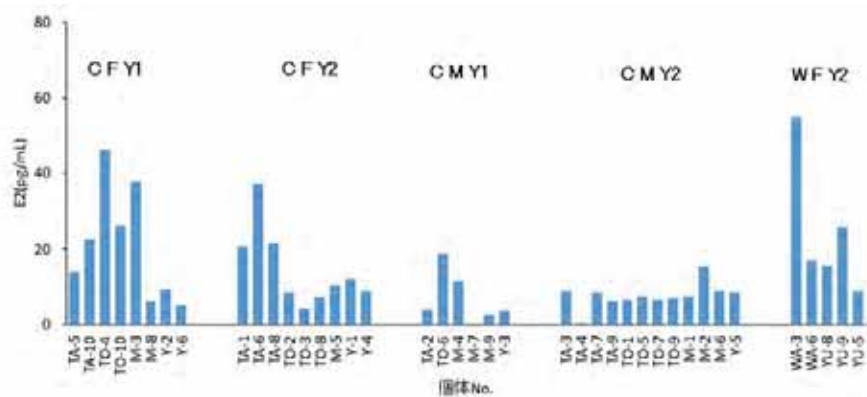


図 17 露地池ウナギサンプルの血中エストラジオール 17β 濃度(E2)

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄

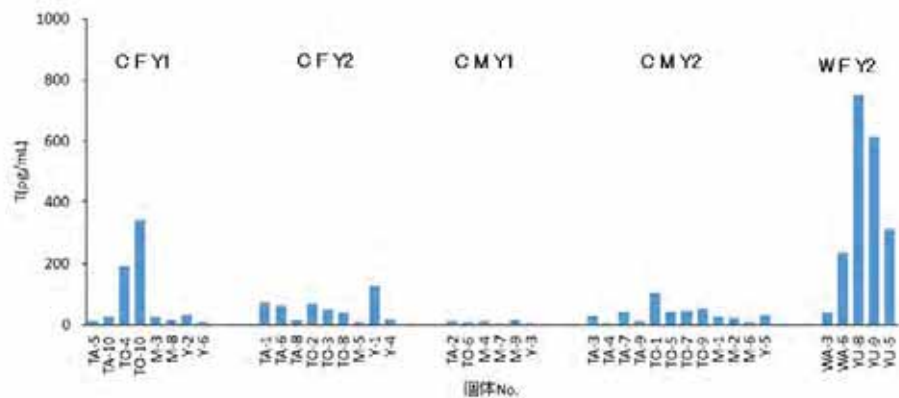


図 18 露地池ウナギサンプルの血中テストステロン濃度(T)

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄

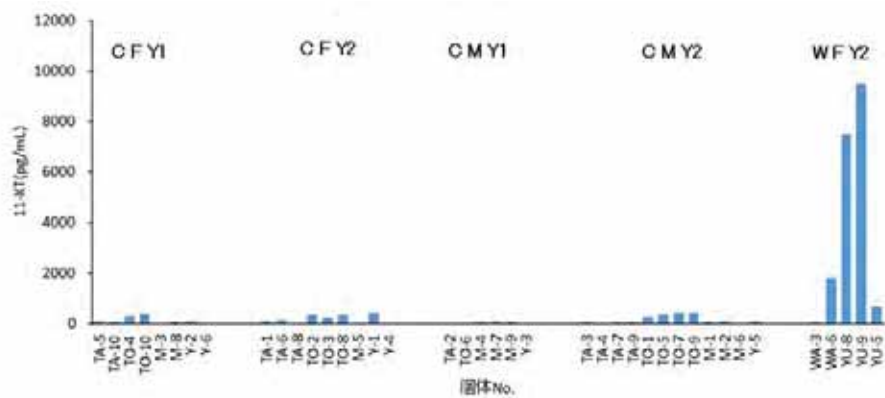


図 19 露地池ウナギサンプルの血中 11-ケトテストステロン濃度(11-KT)

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄

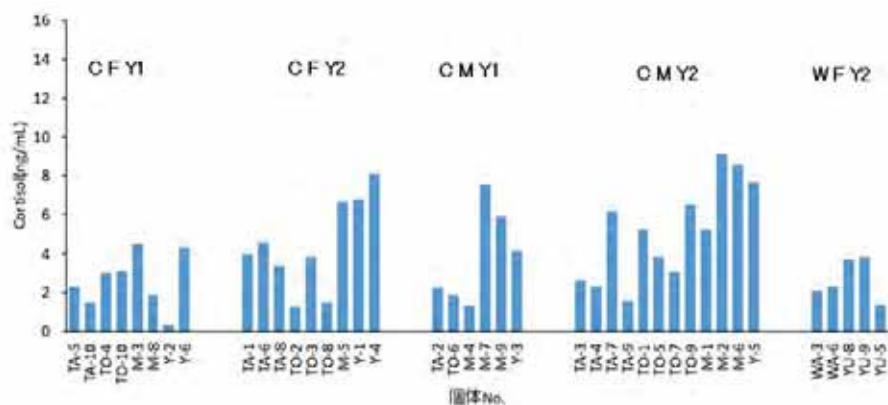


図 20 露地池ウナギサンプルの血中コルチゾール濃度

C:露地池 W:天然 F:雌 M:雄

令和4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	2	事業実施期間	令和4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	眞鍋美幸・猪狩裕代・中島広樹（鹿児島県水産技術開発センター） 棟方有宗（宮城教育大学） 矢田崇（水産研究・教育機構）		

令和4年度の成果の要約：鹿児島県枕崎市花渡川において、放流サイズ等の条件を変えて養殖ウナギを標識放流し、追跡調査を行った。年度別の養殖ウナギの放流総重量（kg）と天然ウナギの再採捕率には負の相関がみられ、養殖ウナギの放流量が多い年は天然ウナギに何らかの影響を与えている可能性が示唆された。また、平成26～29年度の養殖ウナギの体重の平均瞬間成長率

（SGR）は、年を経る毎に低下しており、養殖ウナギの放流を繰り返す事で放流ウナギの成長に影響を及ぼしている可能性が示唆された。今年度は、これまでの調査で最長期間となる放流から5年以上経過した養殖ウナギが2尾採捕されたものの、養殖由来の銀ウナギは採捕されなかった。

鹿児島県鹿児島市貝底川において、これまでにPITタグで標識放流した養殖・天然ウナギの移動の様子を2台のPITタグアンテナと3台の水中カメラでモニターした。個体の出現日数は延べ10日以下となる個体が最も多く、これらの中には短期的にアンテナ間を移動した個体が含まれると考えられた。そこで、これらが最後にアンテナで検出された日と月齢、降水量の関係を調べたところ、9月中旬、10月上旬・中旬、11月下旬、12月下旬にある程度まとまって検出されていた。こうした移動は新月の前後か20mm程度の降雨があった時、あるいはその両方が重なった時とある程度一致していたことから、可能性としてウナギ（銀ウナギ）の移動がこれらの環境要因の単独、あるいは複合的影響によって上記期間に発現する可能性が示された。

また本年度は引き続き新規のラフト型アンテナによるPITタグ検出試験と、ドローンとスマートフォンによる3次元測量技術開発も継続したので、進展について報告する。

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、産卵回遊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

て得られた知見を順次取り入れ、ウナギの好適な資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

(1) 4カ年の全体計画

目的：鹿児島県内河川において、産卵親魚候補である銀ウナギ（下りウナギ）に含まれる養殖由来個体とその特性を把握するとともに、産卵に寄与するニホンウナギの放流手法開発を行う。

方法：放流ウナギの追跡調査を行うとともに、産卵場に向かうニホンウナギの由来判別（天然／放流）と生物特性の調査・分析を行う。

期待される成果：翌年の産卵親魚候補である銀ウナギのうち、養殖由来個体の割合が分かる。

また、天然由来および養殖由来の銀ウナギに関する生物学的特性（性・形態・生態・生理状態等）の違いの有無について明らかとなる。併せて産卵に寄与しうるニホンウナギの放流技術の向上が図られる。

(2) 令和4年度の計画

目的：鹿児島県内河川において、産卵親魚候補である銀ウナギ（下りウナギ）に含まれる養殖由来個体とその特性を把握するとともに、産卵に寄与するニホンウナギの放流手法開発を行う。

方法：

- i. 枕崎市花渡川において、10g サイズでPIT タグ（Biomark 社製 BI08B）による標識放流を行う。
河口から上流までの 3.5 km の感潮域に設定した St. 1～St. 10 の 10 定点（図 1）で竹筒（周年）、石倉（7～12 月）によりニホンウナギ（天然・養殖）の採集を月 1～2 回行い、全長、体重、標識の有無を記録し、無標識の天然ウナギには新たに PIT タグ（Biomark 社製 BI08B 又は BI012B）で標識を行い、採捕場所に再放流する。秋季（9～12 月）に得られた銀ウナギは、全長、体重に加え胸鰭長、眼径（水平、垂直）、体色による銀化ステージを記録し、血液採取後、天然個体は再放流し、養殖個体は持ち帰り解剖する。
- ii. 貝底川河口（図 1）の 3 定点で竹筒（周年）によりニホンウナギ（天然・養殖）の採集を月 1 回行い、全長、体重、標識の有無を記録し、無標識の天然ウナギには新たに PIT タグ（Biomark 社製 BI08B 又は BI012B）で標識を行い、採捕場所に再放流する。秋季（9～12 月）に得られた銀ウナギは、全長、体重に加え胸鰭長、眼径（水平、垂直）、体色による銀化ステージを記録し、血液採取後、天然個体は再放流し、養殖個体は持ち帰り解剖する。
- iii. 貝底川河口で PIT タグアンテナ 2 台、水中カメラ 3 台、およびハンディ PIT タグリーダーを用いて、これまでに標識放流した養殖・天然ウナギと、追加放流したツインタグ（2 重標識）ウナギの河口域での動向を調査する。
- iv. 貝底川河口等においてドローン・スマートフォンによる 3 次元測量・マップ作製技術開発を

行う。また、新規のラフト型 PIT タグリーダーの PIT タグ検出試験を実施する。



図1 調査地点



図2 調査地点（滋賀県淀川水系琵琶湖、愛知川、姉川）

結果：

1. 花渡川、中洲川調査

放流に使用する小型ウナギは、大隅半島で養殖されたニホンウナギで、令和4年7月8日及び20日に購入して当センター内水面実験池（図1）で飼育を行い、10月27日にオイゲノール（DSファーマアニマルヘルス株式会社製 FA100）で麻酔をかけて全長、体重を測定後、PIT タグ標識を腹腔内に挿入し、翌28日の夜間に St.8 で750尾放流した。放流個体の平均全長は $229.9 \pm 24.4\text{mm}$ ($\pm\text{S.D.}$)、平均体重は $10.1 \pm 4.0\text{g}$ ($\pm\text{S.D.}$) であった。

これまで PIT タグ標識で放流した養殖ウナギのデータを表1に示す。このうち平成26、27年度については、200g サイズと 50g サイズを放流しているが、200g サイズは 50g サイズより再採捕率が有意に低く、越冬後にはほとんど再採捕されなかったことから、50g サイズのみについて検証した。

表1 養殖ウナギの標識放流状況 (PIT タグ標識)

放流年月	放流尾数 (尾)	放流 サイズ	メスの 割合	餌	放流手法	
H26	7月	203	50g	60%	活餌 配合	1点 (St.8)
		195				
	10月	150	200g	0%		
		150				
H27	7月	345	50g	30%	配合	分散 (10箇所)
		398	200g	0%	配合	
H28	7月	700	50g	23%	配合	
H29	7月	700	50g	30%	配合	
H30	—	—	—	—		
R1	—	—	—	—		
R2	10月	750	10g	—	配合	
R3	7月	750	10g	—	配合	
R4	10月	750	10g	—	配合	
計	5,091	(50gサイズ以下は		4,393	)	

1) 採捕数 (複数回採捕した個体は複数尾で集計)

令和4年度(12月末現在)の採捕数を表2に示す。竹筒調査で262尾、石倉調査で56尾、計318尾を採捕した。うち養殖由来が13尾、天然由来が305尾(再採捕82尾、新規223尾)で、養殖由来は全て竹筒で再採捕された。また、再採捕率は竹筒が26.7%、石倉が44.6%で、石倉は天然ウナギの再採捕が多かった。

また、平成26年度～令和4年度(12月末現在)の調査地点別総採捕数を図3に示す。竹筒調査では下流ほど採捕数が多い傾向がみられたが、石倉調査では上流の方が多く採捕された。これは、河口近くに設置した石倉は砂で埋没する事が多いため、ウナギが利用しにくいためではないかと考えられた。

表2 令和4年度(12月末現在)の採捕尾数

採捕方法	採捕数	養殖	天然	再採捕		再採捕率	養殖率
				再採捕	新規		
竹筒調査	262	13	249	57	192	26.7%	5.0%
石倉調査	56	0	56	25	31	44.6%	0.0%
計	318	13	305	82	223	29.9%	4.1%

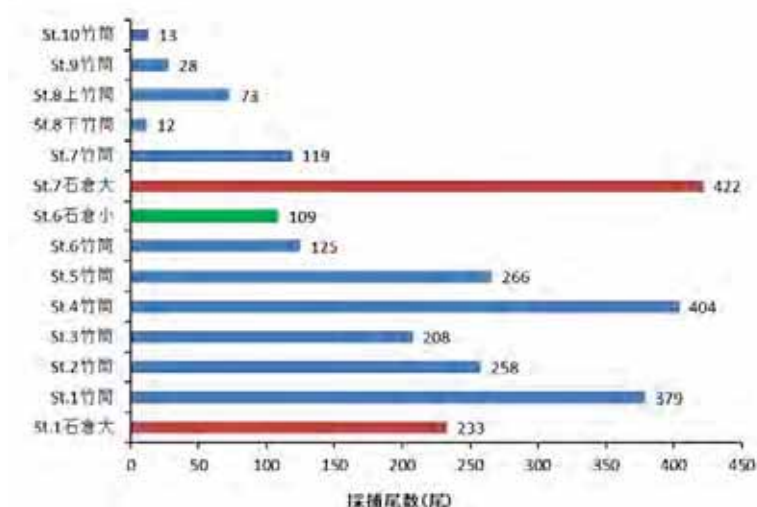


図3 これまでの調査地点別総採捕数 (H26～R4)

2) 再採捕率

令和4年12月末現在の放流尾数、再採捕尾数、再採捕率（各放流尾数における再採捕尾数の割合）、放流手法について養殖ウナギを表3に、天然ウナギを表4に示す。なお、再採捕個体については2回以上再採捕された個体も1尾として計算し、放流直後に滞留した個体の再採捕を除外するため、初回放流から100日以上経過して再採捕されたものを抽出して示した。

養殖ウナギの再採捕率は、St.8で一点放流を行った平成26年度放流群が4.3%、平成27年度放流群が7.2%に対し、10カ所に分散放流した平成28年度放流群が9.1%、平成29年度放流群が5.7%であり、養殖ウナギの一点放流と分散放流の再採捕率に有意差はみられなかった（図4：Steel-Dwass法）。なお、10gサイズで放流した令和2～3年度放流群は再採捕数が少なく、まだ竹筒では漁獲されにくい小サイズであると推察されるため、今後の調査結果を待つて解析する。

天然ウナギの放流年度別の再採捕率は9.3～23.8%、放流後100日以上を抽出した再採捕率は6.5～16.7%で、H27～29年度の再採捕率と50gサイズで放流した養殖ウナギの再採捕率には有意差は無かった（図4）。一方、天然ウナギの年度別再採捕率（放流後100日以内も含む）と養殖ウナギの放流総重量（表5）には負の相関がみられ（図5：スピアマンの順位相関係数 $r_s = -0.811$ 危険率5%）、天然ウナギの再採捕率が低い平成27年度は、養殖ウナギ50gサイズ345尾に加え200gサイズ398尾を放流しているため放流ウナギの総重量が特に多く、養殖ウナギの放流量が多い年は天然ウナギに何らかの影響を与えている可能性が示唆された。

表3 養殖ウナギ50gサイズ以下（令和4年12月末現在）

放流年度	標識放流尾数(尾)	再採捕尾数(尾)	再採捕率(%)	100日以上抽出		放流手法
				再採捕尾数(尾)	再採捕率(%)	
H26	398	35 (0)	8.8	17	4.3	一点(St.8)
H27	345	31 (0)	9.0	25	7.2	
H28	700	92 (0)	13.1	64	9.1	
H29	700	57 (2)	8.1	40	5.7	
H30	—	—	—	—	—	分散(10カ所)
R1	—	—	—	—	—	
R2	750	41 (3)	5.5	6	0.8	
R3	750	3 (3)	0.4	3	0.4	
養殖合計	3,643	259 (8)	7.1	155	4.3	

※()は今年度の採捕尾数

表4 天然ウナギ（令和4年12月末現在）

放流年度	標識放流尾数(尾)	再採捕尾数(尾)	再採捕率(%)	100日以上抽出		放流手法
				再採捕尾数(尾)	再採捕率(%)	
H26	—	—	—	—	—	分散(10カ所)
H27	108	10 (0)	9.3	7	6.5	
H28	187	37 (0)	19.8	27	14.4	
H29	335	55 (0)	16.4	32	9.6	
H30	252	60 (2)	23.8	42	16.7	
R1	207	44 (3)	21.3	29	14.0	
R2	185	34 (8)	18.4	26	14.1	
R3	215	35 (21)	16.3	25	11.6	
天然合計	1,489	275 (34)	18.5	188	12.6	

※()は今年度の採捕尾数

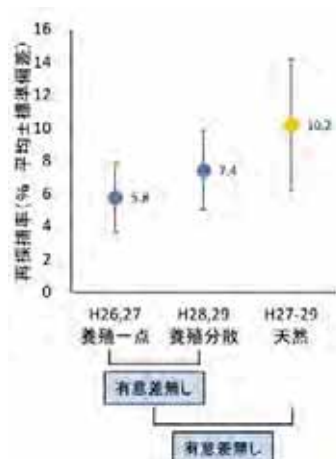


図4 再採捕率の比較

表5 年度別養殖ウナギ放流量

放流年度	養殖放流量(kg)
H27	95.3
H28	35.1
H29	36.6
H30	0.0
R1	0.0
R2	6.4
R3	7.7

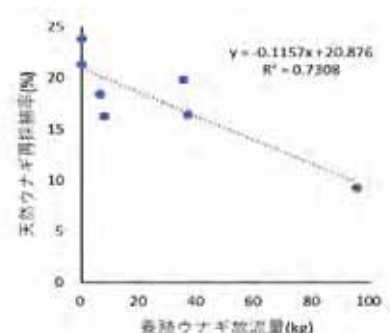


図5 天然ウナギの再採捕率と養殖ウナギ放流量の関係

3) 再採捕時の体重変化

養殖ウナギと天然ウナギの個体別体重変化を放流年度別に示す。

① 平成26年度放流群

平成26年7月にSt.8で一点放流した養殖ウナギ50gサイズ399尾のうち、これまでに35尾が44回再採捕されているが（同個体が複数回再採捕された場合は回数で記載、以下同じ）、今年度新たに再採捕された個体はなかった。平成30年11月（放流後4年4ヶ月）を最後に4年間再採捕がない状況である。

なお、平成26年度は天然ウナギのPITタグによる標識放流は行っていない。

② 平成27年度放流群

平成27年7月にSt.8で一点放流した養殖ウナギ50gサイズ345尾のうち、これまでに31尾が47回再採捕されているが、今年度新たに再採捕された個体はなかった。令和元年9月（放流後4年2ヶ月）を最後に3年間再採捕がない状況である。

平成27年度に標識放流した天然ウナギ108尾のうち、これまでに10尾が11回再採捕されているが、今年度新たに再採捕された個体はなかった。養殖ウナギ同様、天然ウナギも令和元年7月を最後に3年間再採捕がない状況である。

③ 平成28年度放流群

平成28年7月に10カ所に分散放流した養殖ウナギ50gサイズ700尾のうち、これまでに92尾が127回再採捕されているが、今年度新たに再採捕された個体はなかった。令和3年4月（放流後4年9ヶ月）を最後に1年間再採捕がない状況である。

平成28年度に標識放流した天然ウナギ187尾のうち、これまでに37尾が86回再採捕されているが、今年度新たに再採捕された個体はなかった。令和2年11月（放流後4年2ヶ月）を最後に2年間再採捕がない状況である。

④ 平成 29 年度放流群

平成 29 年 7 月に 10 カ所に分散放流した養殖ウナギ 50g サイズ 700 尾のうち、これまでに 57 尾が 72 回再採捕され、今年度は 2 尾が 3 回再採捕された（図 6 左）。放流後翌年夏前までの体重は減少傾向であったが、その後に再採捕されたものは増加していた。放流後しばらくは体重が減少する個体が多いことは、過去の傾向と同じであった。なお、これまで放流後 5 年以上経って再採捕された個体はいなかったが、今年度再採捕された 2 尾はいずれも放流後 5 年を超え（5 年 2 ヶ月と 5 年 3 ヶ月）、天然を含め放流後の最長日数を更新した。

平成 29 年度に標識放流した天然ウナギ 335 尾のうち、これまでに 55 尾が 67 回再採捕されているが、今年度新たに再採捕された個体はなかった（図 6 右）。令和 2 年 11 月（放流後 3 年 6 ヶ月）を最後に 2 年間再採捕がない状況である。

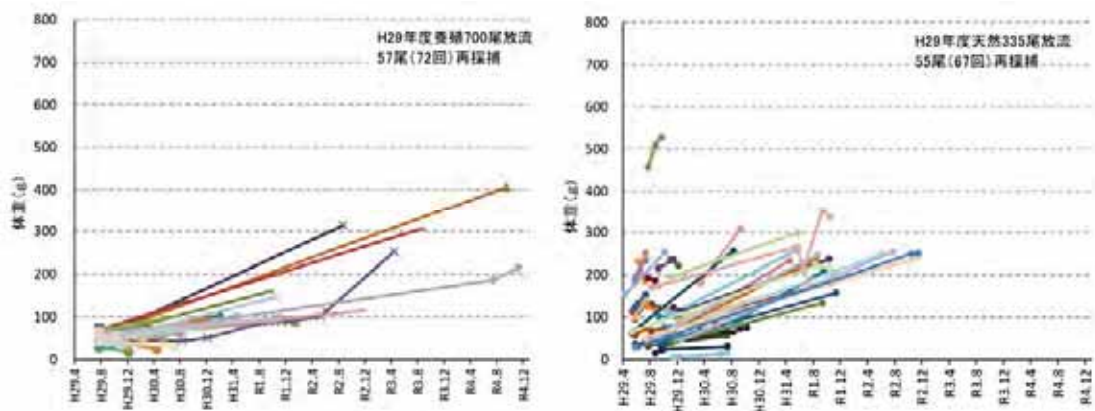


図 6 平成 29 年度放流ウナギの体重変化（左：養殖由来 右：天然由来）

⑤ 平成 30 年度放流群

平成 30 年度は養殖ウナギの標識放流は行わなかった。

平成 30 年度に標識放流した天然ウナギ 252 尾のうち、これまでに 60 尾が 84 回再採捕され、今年度 2 尾が 2 回再採捕された（図 7）。

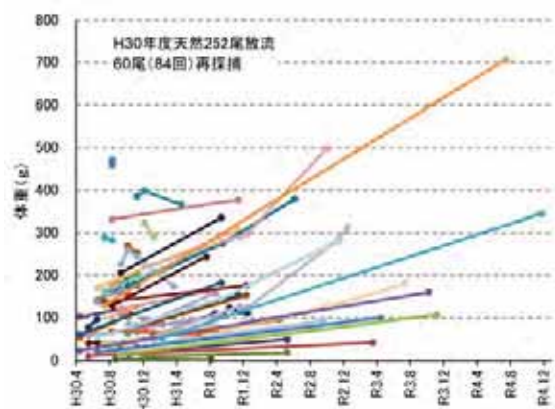


図 7 平成 30 年度放流ウナギの体重変化（天然由来）

⑥ 令和元年度（平成 31 年度）放流群

平成 31 年度は養殖ウナギの標識放流は行わなかった。

平成 31 年度に標識放流した天然ウナギ 207 尾のうち、これまでに 44 尾が 69 回再採捕され、今年度は 3 尾が 3 回再採捕された（図 8）。

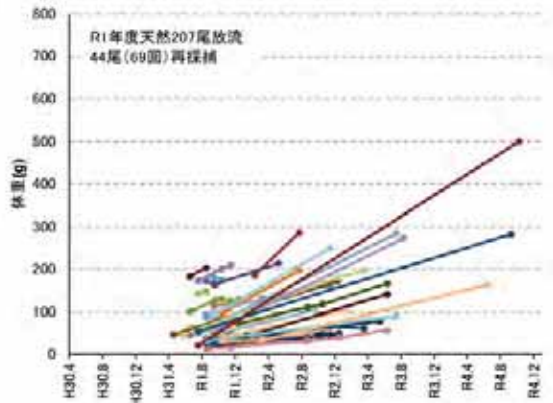


図 8 令和元年度放流ウナギの体重変化（天然由来）

⑦ 令和 2 年度放流群

令和 2 年 10 月に 10 カ所に分散放流した養殖ウナギ 10g サイズ 750 尾のうち、これまでに 41 尾が 54 回再採捕され、今年度は 3 尾が 3 回再採捕された（図 9 左）。再採捕のほとんどは放流直後に滞留していた個体であり、まだ竹筒調査では採捕されにくい小型サイズが多いと考えられる。

令和 2 年度に標識放流した天然ウナギ 185 尾のうち、これまでに 34 尾が 51 回再採捕され、今年度は 8 尾が 11 回再採捕された（図 9 右）。

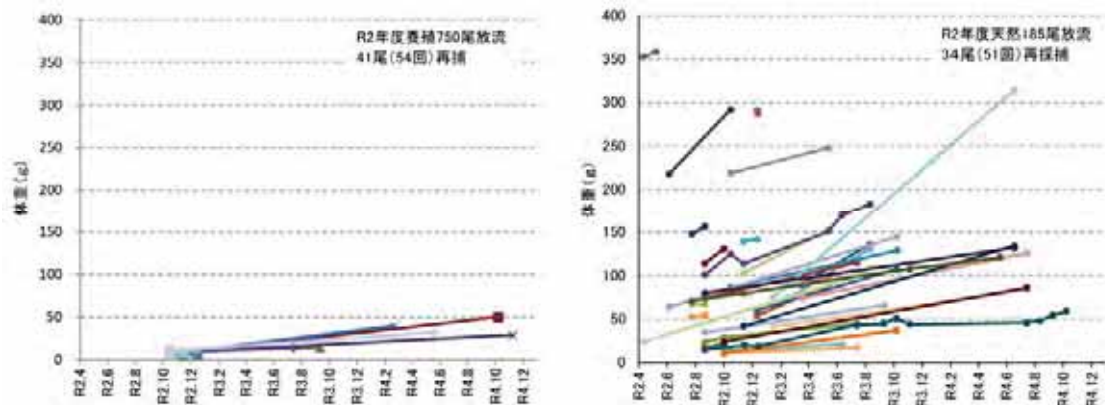


図 9 令和 2 年度放流ウナギの体重変化（左：養殖由来 右：天然由来）

⑧ 令和 3 年度放流群

令和 3 年 7 月に 10 カ所に分散放流した養殖ウナギ 10g サイズ 750 尾のうち、今年度は 3 尾が 4 回再採捕された（図 10 左）。まだ竹筒調査では採捕されにくい小型サイズであると考えられる。

令和 3 年度に標識放流した天然ウナギ 215 尾のうち、これまでに 35 尾が 54 回再採捕され、今年度は 21 尾が 29 回再採捕された（図 10 右）。

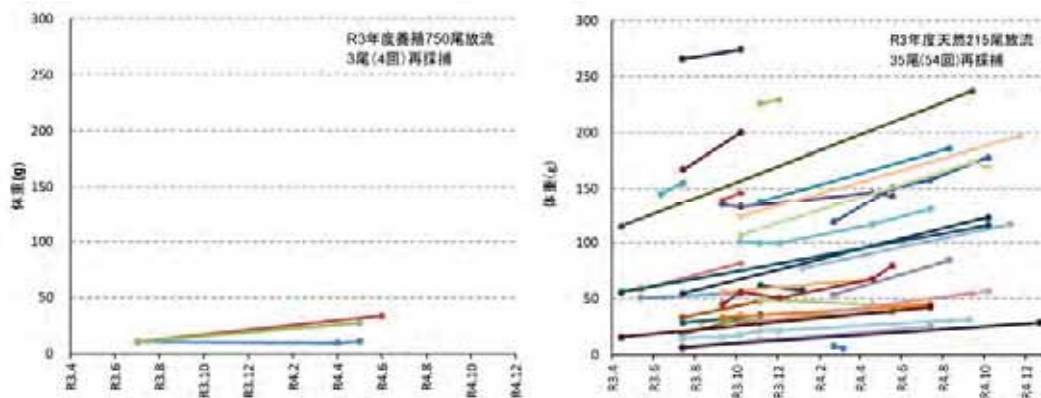


図10 令和3年度放流ウナギの体重変化（左：養殖由来 右：天然由来）

4) 各放流群における瞬間成長率

放流から再採捕までに100日以上経過した個体の体重の瞬間成長率 Specific Growth Rate（体重SGR※）を放流年度別に表6、図11に示す。養殖ウナギは一点放流したH26年度放流群が0.14%、H27年度放流群が0.05%に対し、分散放流したH28年度放流群が0.05%、H29年度放流群が0.00%であり、平成26年度（一点放流）は平成28、29年度（分散放流）と有意差があったものの、平成27年度（一点放流）は平成28、29年度（分散放流）と有意差はなく（Steel-Dwass法）、1）の再採捕率でも有意差がなかったことから、一点放流と分散放流の放流手法としての優劣は判断できなかった。

また、平成26～29年度の養殖ウナギの体重の平均SGRは年を経る毎に低下しており、養殖ウナギの放流を繰り返す事で放流ウナギの成長に影響を及ぼしている可能性が示唆された（図11）。

一方、平成27年度～令和3年度の天然ウナギの体重SGRは0.15～0.19%で、年度間で有意差はなかった。養殖放流ウナギと天然ウナギの体重SGRを比較すると、平成26年度養殖放流群とは有意差がないものの、平成27～29年度養殖放流群とは有意差があり、天然ウナギの方が有意に成長が早かった（Steel-Dwass法）。

なお、採捕数が少ないため参考値であるが、10gサイズで放流した養殖ウナギの令和2～3年度放流群の体重SGRの平均は0.21～0.22%で、過去の50gサイズ放流群や天然ウナギよりも成長が良かった。これは小型サイズほど成長が早いと考えられる。また、天然ウナギは様々なサイズで採捕されるため、10g前後で放流した天然ウナギの体重SGRを抽出すると0.23%となり、養殖ウナギと同程度であった。

※体重SGR（%/day）＝ $100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) / T$

W1：放流時体重（g） W2：再採捕時体重（g） T：再採捕までの期間（日）

表 6 放流年度別の再採捕尾数と体重 SGR

放流年度	養殖				天然	
	再採捕尾数 (尾)	体重SGR (%)	放流サイズ	放流手法	再採捕尾数 (尾)	体重SGR (%)
H26	17	0.14	50g	一点(St.8)	—	—
H27	25	0.05	50g		7	0.17
H28	64	0.05	50g	分散(10カ所)	27	0.16
H29	40	0.00	50g		32	0.19
H30	—	—	—		42	0.15
R1	—	—	—	分散(10カ所)	29	0.18
R2	6	0.21	10g		26	0.19
R3	3	0.22	10g		25	0.16
合計・平均	155	0.05			188	0.17
50gサイズ平均 ※	146	0.05			102	0.17
10gサイズ平均 ※	9	0.22			28	0.23

※50gまたは10g前後で放流した個体のデータ

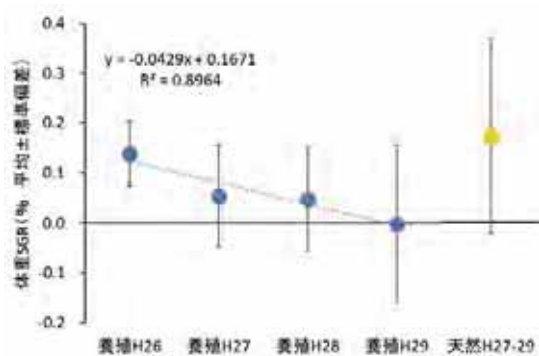


図 11 体重の放流年度別平均 SGR

5) 銀ウナギの測定結果

今年度採捕した銀ウナギの測定結果を表 7 に示す。採捕数は 7 尾で、全て天然ウナギ（新規 3 尾、再採捕 4 尾）であり、養殖由来の放流個体は採捕されなかった。ステージは全て S1 であった。

表 7 銀ウナギ測定結果

採捕日	採捕場所	由来	全長 mm	体重 g	肥満度	胸鰭長 mm	水平眼径 mm	垂直眼径 mm	ステージ	E2 pg/ml	血中ホルモン量		
											T pg/ml	11-KT pg/ml	Cortisol ng/ml
1 R4.10.6	St4	天然	491	178	1.50	6.0	6.60	26.48	S1	2.56	61	471	5.85
2 R4.10.7	St.7石倉(大石)	天然	782	763	1.60	8.3	7.29	43.28	S1	326.55	3,482	1,055	1.93
3 R4.10.7	St.7石倉(大石)	天然	487	176	1.52	6.9	6.22	29.11	S1	147.83	767	581	6.44
4 R4.10.7	St.7石倉(小石)	天然	645	501	1.87	8.2	7.46	38.29	S1	111.32	1024	863.54	1.78
5 R4.11.8	St6	天然	424	117	1.53	6.1	6.01	26.95	S1	6.19	68	614	0.29
6 R4.11.8	St4	天然	475	170	1.59	6.3	6.28	27.89	S1	6.62	59	697	2.41
7 R4.11.21	St3	天然	515	200	1.46	7.4	6.27	28.57	S1	37.53	327	2,448	3.79

6) 小型放流個体の生残試験

供試魚は、令和 3 年 7 月 21 日に花渡川に放流した個体と同じロットを使用し、当センター実験

池の飼育棟内で放流同日の7月21日から飼育を開始し、約1年後の令和4年7月19日に終了した。600LのFRP水槽3基に、標識あり10尾と標識なし10尾の合計20尾/槽ずつ収容し、水温約25℃の地下水掛け流しとし（ポンプ不調により令和3年11月8日以降は水温約30℃地下水に変更）、水深は約16cmとなるよう調整して、週に1～2回配合餌料を与えて飼育した。

飼育結果は表8のとおり、試験終了後の全長、体重については標識の有無で有意差はなく（Student's *t* test）、生残率も標識ありが87%、標識なしが83%で有意差はなかった（ χ^2 独立性の検定）。

令和2年度放流群の試験結果も同様であり（前年度報告済）、これらの結果から、10gサイズの小型ウナギにPITタグ（Biomark社製BI08B）で標識を行っても、成長や生残に影響はないと考えられた。

表8 小型標識ウナギの生残飼育試験

	標識	開始時				終了時				生残率
		尾数	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	平均肥満度	尾数	平均全長 (mm)	平均体重 (g)	平均肥満度	
水槽A	あり	10				10	290.1	40.7	1.07	100%
	なし	10				9	308.0	35.1	1.03	90%
水槽B	あり	10				9	316.4	51.2	1.09	90%
	なし	10				8	291.3	38.0	1.01	80%
水槽C	あり	10				7	287.0	32.0	1.15	70%
	なし	10				8	280.8	39.5	1.08	80%
計	あり	30	225.1	10.9	0.94	26	298.4	42.0	1.10	87%
	なし	30	226.7	10.6	0.89	25	293.9	37.4	1.04	83%

課題と対応策：

今年度は養殖由来の銀ウナギを採捕することはできなかった。養殖ウナギは雄が多く、ニホンウナギの雄は早ければ5歳程度で成熟して川を降るため、50gサイズで放流した養殖ウナギの多くはすでに川を降ってしまった可能性が考えられる。しかし、雌は銀化まで十数年かかる個体もあるため、次年度は更に漁具を追加するなどして養殖由来の銀ウナギの採捕を試みたい。

次年度計画：

花渡川では、銀ウナギが採捕される9～12月に漁具を追加して調査を継続し、最終年度のとりまとめを行う。

令和4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	2	事業実施期間	令和4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	眞鍋美幸・猪狩裕代・中島広樹（鹿児島県水産技術開発センター） 棟方有宗（宮城教育大学） 矢田崇（水産研究・教育機構）		

令和4年度の成果の要約：鹿児島県枕崎市花渡川において、放流サイズ等の条件を変えて養殖ウナギを標識放流し、追跡調査を行った。年度別の養殖ウナギの放流総重量（kg）と天然ウナギの再採捕率には負の相関がみられ、養殖ウナギの放流量が多い年は天然ウナギに何らかの影響を与えている可能性が示唆された。また、平成26～29年度の養殖ウナギの体重の平均瞬間成長率

（SGR）は、年を経る毎に低下しており、養殖ウナギの放流を繰り返す事で放流ウナギの成長に影響を及ぼしている可能性が示唆された。今年度は、これまでの調査で最長期間となる放流から5年以上経過した養殖ウナギが2尾採捕されたものの、養殖由来の銀ウナギは採捕されなかった。

鹿児島県鹿児島市貝底川において、これまでに PIT タグで標識放流した養殖・天然ウナギの移動の様子を2台の PIT タグアンテナと3台の水中カメラでモニターした。個体の出現日数は延べ10日以下となる個体が最も多く、これらの中には短期的にアンテナ間を移動した個体が含まれると考えられた。そこで、これらが最後にアンテナで検出された日と月齢、降水量の関係を調べたところ、9月中旬、10月上旬・中旬、11月下旬、12月下旬にある程度まとまって検出されていた。こうした移動は新月の前後か20mm程度の降雨があった時、あるいはその両方が重なった時とある程度一致していたことから、可能性としてウナギ（銀ウナギ）の移動がこれらの環境要因の単独、あるいは複合的影響によって上記期間に発現する可能性が示された。

また本年度は引き続き新規のラフト型アンテナによる PIT タグ検出試験と、ドローンとスマートフォンによる3次元測量技術開発も継続したので、進展について報告する。

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、産卵回遊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

て得られた知見を順次取り入れ、ウナギの好適な資源管理を推進していく必要がある。

課題実施計画

(1) 4カ年の全体計画

目的：鹿児島県内河川において、産卵親魚候補である銀ウナギ（下りウナギ）に含まれる養殖由来個体とその特性を把握するとともに、産卵に寄与するニホンウナギの放流手法開発を行う。

方法：放流ウナギの追跡調査を行うとともに、産卵場に向かうニホンウナギの由来判別（天然／放流）と生物特性の調査・分析を行う。

期待される成果：翌年の産卵親魚候補である銀ウナギのうち、養殖由来個体の割合が分かる。

また、天然由来および養殖由来の銀ウナギに関する生物学的特性（性・形態・生態・生理状態等）の違いの有無について明らかとなる。併せて産卵に寄与するニホンウナギの放流技術の向上が図られる。

(2) 令和4年度の計画

目的：鹿児島県内河川において、産卵親魚候補である銀ウナギ（下りウナギ）に含まれる養殖由来個体とその特性を把握するとともに、産卵に寄与するニホンウナギの放流手法開発を行う。

方法：

- i. 枕崎市花渡川において、10g サイズでPIT タグ（Biomark 社製 BI08B）による標識放流を行う。
河口から上流までの 3.5 km の感潮域に設定した St. 1～St. 10 の 10 定点（図 1）で竹筒（周年）、石倉（7～12 月）によりニホンウナギ（天然・養殖）の採集を月 1～2 回行い、全長、体重、標識の有無を記録し、無標識の天然ウナギには新たに PIT タグ（Biomark 社製 BI08B 又は BI012B）で標識を行い、採捕場所に再放流する。秋季（9～12 月）に得られた銀ウナギは、全長、体重に加え胸鰭長、眼径（水平、垂直）、体色による銀化ステージを記録し、血液採取後、天然個体は再放流し、養殖個体は持ち帰り解剖する。
- ii. 貝底川河口（図 1）の 3 定点で竹筒（周年）によりニホンウナギ（天然・養殖）の採集を月 1 回行い、全長、体重、標識の有無を記録し、無標識の天然ウナギには新たに PIT タグ（Biomark 社製 BI08B 又は BI012B）で標識を行い、採捕場所に再放流する。秋季（9～12 月）に得られた銀ウナギは、全長、体重に加え胸鰭長、眼径（水平、垂直）、体色による銀化ステージを記録し、血液採取後、天然個体は再放流し、養殖個体は持ち帰り解剖する。
- iii. 貝底川河口で PIT タグアンテナ 2 台、水中カメラ 3 台、およびハンディ PIT タグリーダーを用いて、これまでに標識放流した養殖・天然ウナギと、追加放流したツインタグ（2 重標識）ウナギの河口域での動向を調査する。
- iv. 貝底川河口等においてドローン・スマートフォンによる 3 次元測量・マップ作製技術開発を

行う。また、新規のラフト型PITタグリーダーのPITタグ検出試験を実施する。



図1 調査地点



図2 調査地点（滋賀県淀川水系琵琶湖、愛知川、澁川）

2. 貝底川における養殖・天然ウナギの PIT タグによる行動特性把握

2. 1. ドローンによるウナギ PIT タグ調査河川の 3 次元測量・マップ作製

2021 年度、滋賀県淀川水系（琵琶湖流入河川）をモデル河川としてドローンによる 3 次元測量技術開発を行った。2022 年度は本技術を養殖・天然ウナギのモデル調査河川である貝底川に適用し、PIT タグ等の調査情報を記載可能な 3 次元測量・マップ作製技術の開発を行った。

2022 年 10 月 25 日、貝底川の調査区間内に GPS データで補正した簡易水準点 1 点を設置後、ドローン（Phantom 4 pro、DJI 社）を一定ピッチで 2～3 往復飛行させることで静止画像を連続撮影し、データを Metashape software（Agisoft 社）で合成して 3 次元マップを作製した（図 1～3）。



図1 鹿児島県貝底川の調査区間で作成した 3 次元マップ（オルソ画像）。

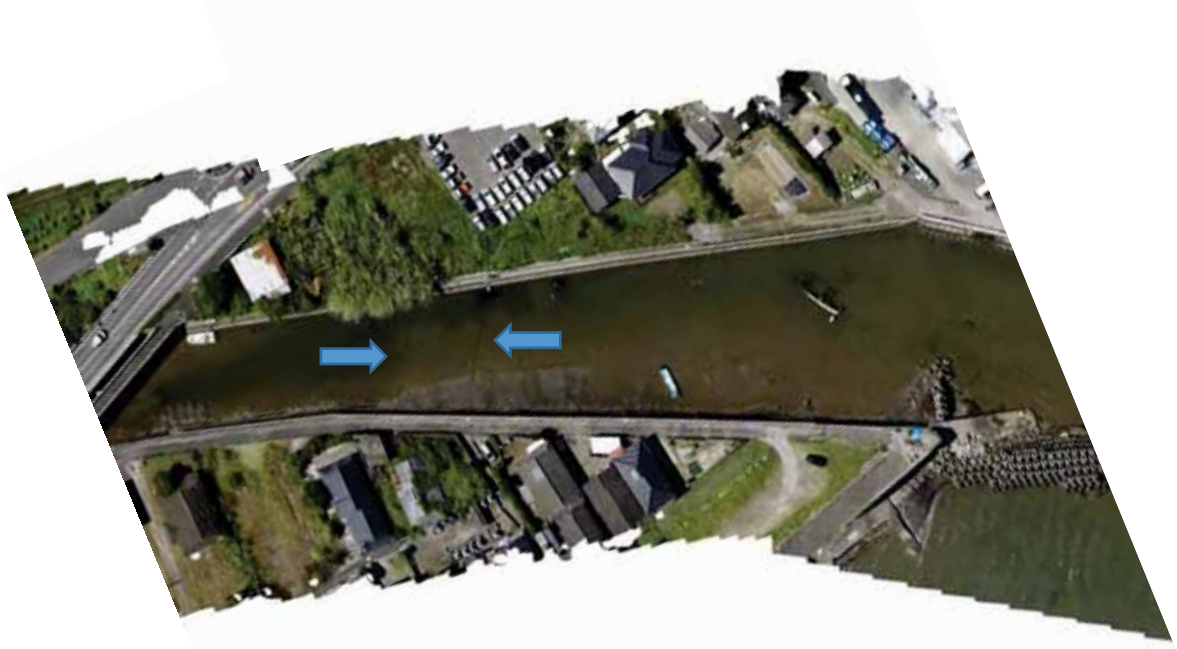


図2 3次元マップの拡大図。2か所に設置した PIT タグアンテナ（矢印）が確認できる

次年度以降は本3次元マップをプラットフォームとしてウナギの生息分布状況や各種河川環境要因（標高、植生等）と移動との関係性を高精度で表示・解析することが可能と考えられる。



2. 2. 養殖・天然ウナギの行動頻度・範囲

貝底川では2021年度までに合計1505尾のPITタグ装着ウナギ（養殖魚1315尾、天然魚175尾）が放流されている。2022年度は、12月末までに合計82尾のPITタグ装着ウナギ（養殖魚24尾、天然魚58尾）が放流されている。これらのうち、2020年度に検出されたのは養殖魚が36尾、天然魚が1尾であり、2021年度に検出されたのは養殖魚が49尾、天然魚が31尾であった（昨年度の報告数に報告期間外の検出魚を追加し、修正した値）。また2022年度は養殖魚が34尾、天然魚が54尾検出され、2020・2021年度と異なり養殖魚と天然魚の検出尾数が逆転した。また、個体ごとの出現頻度（検出日数）は2020・2021年度と同様、1～10日となる個体が最も多かったが、中には100日以上にわたって出現した個体も少数ながら見られた（図4）。これらのうち、後者はPITタグアンテナ付近に定住している可能性が、また前者はアンテナからやや離れたエリアに定住しているか、アンテナ上を短期間の間に通過した移動（降海）魚の可能性が高いと考えられた。すなわち、本研究で注目する銀ウナギの降海魚は検出日数が少ない前者のグループに含まれる可能性が高いと考えられた。

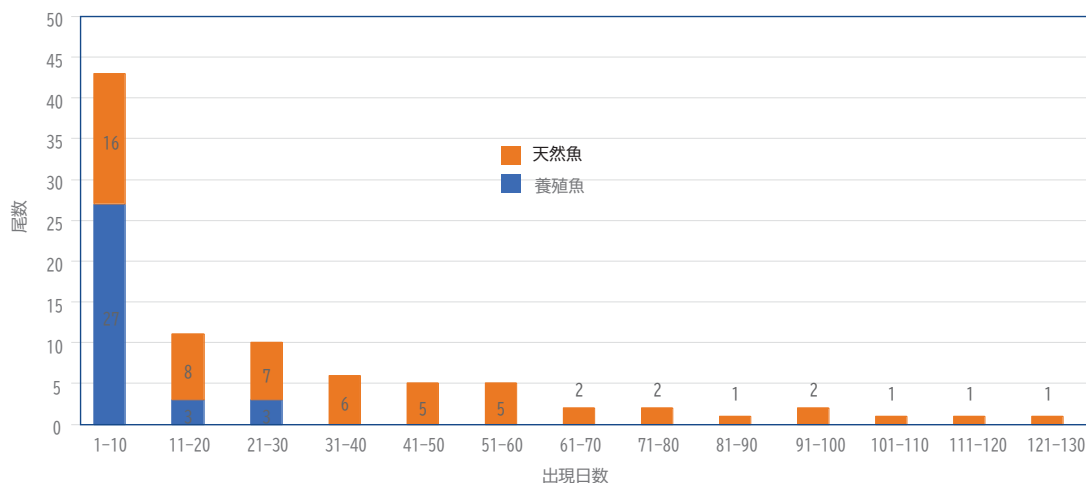


図4 養殖・天然ウナギの検出日数と個体数の関係。グラフ上の数字は尾数を表す。

次に、養殖・天然魚を合わせた、上・下流アンテナごと、個体ごとの延べ検出日数を示した(図5)。2021年度と同様、上・下流アンテナにおける検出日数は必ずしも一致しなかったことから、検出魚の中には上・下流アンテナ付近に局在して定住している個体や、上・下流アンテナを包含するエリアで定住する個体、またはアンテナ上を短期間で通過(移動)する個体が混在している可能性が示された。なお、2022年度は上・下流アンテナのどちらかが機械的不調で検出不能となる期間があったことから、こうした偏りにはPIT タグアンテナの機械的トラブルも影響している可能性が考えられ、今後の安定検出に向けた改善が必要と考えられた。

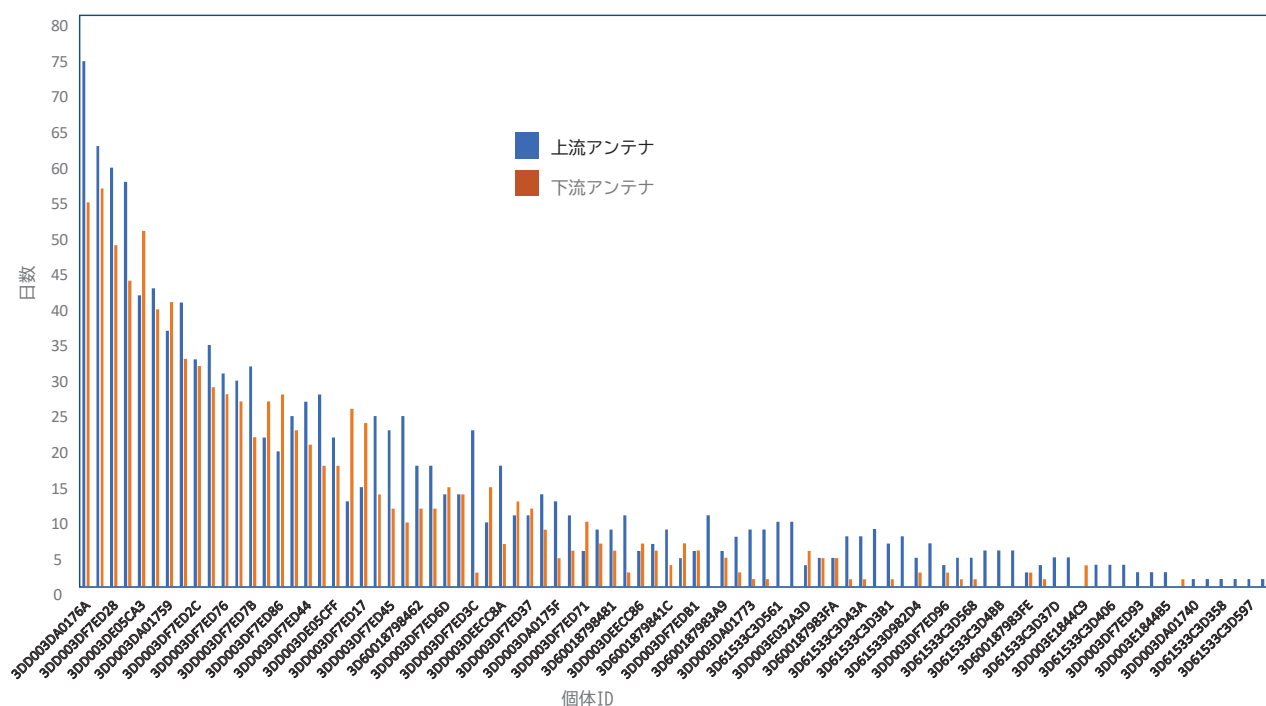


図5 上・下流アンテナの個体ごとの検出日数。

次に、養殖・天然魚の上・下流アンテナを合わせた時の延べ検出日数と、放流時全長の相関を示した（図6）。なお、養殖・天然魚の放流は2017年から始まっているが、今回検出された個体は2020年以降に標識・放流されたものが9割以上と多かったことから、この間（約2年間）の成長は考慮（補正）せずに放流時全長のみを判断材料として用いた。

養殖魚は総じて検出日数が少なかったため、延べ検出日数と放流時全長との間に相関は見られなかった。一方、天然魚では有意差は見られなかったものの、検出日数と放流時全長が負の相関を示す傾向が見られた。検出日数が20日以下の天然魚には放流時全長が400 mmを超える大型個体が複数尾含まれたことも判明した。これらの結果から、検出日数の少ない天然魚の中には銀ウナギ化して降海行動を発現した個体が含まれていた可能性も考えられた。

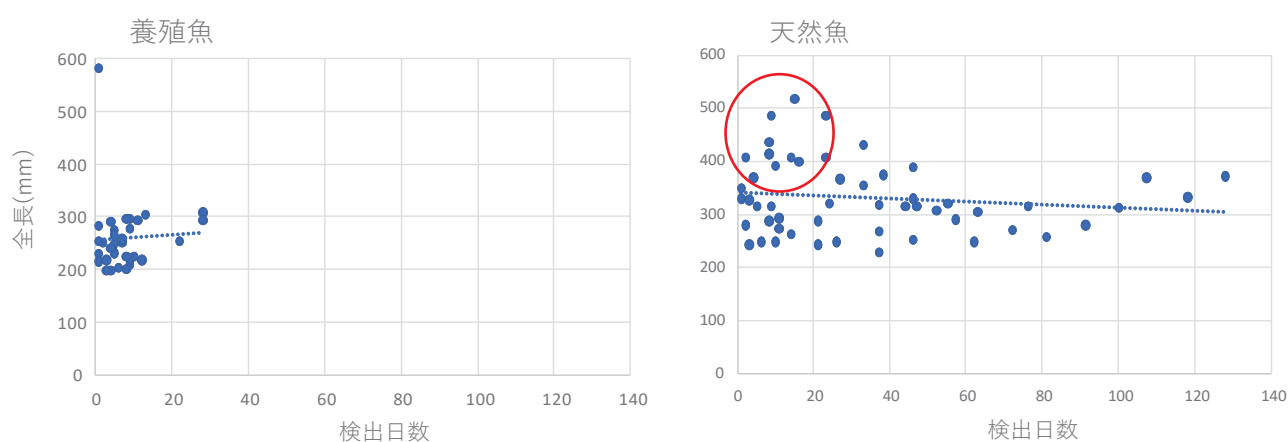


図6 養殖・天然魚の延べ検出日数と放流時全長の関係。検出日数が少ない天然魚には大型魚が複数尾含まれていることが判った。

そこで次に、延べ検出日数が少ない個体の中には短期的に川から海への降海行動を行った個体が含まれていた、との仮説に基づき、延べ検出日数が20日以下の養殖魚（28尾）・天然魚（18尾）、計46尾が最後に上流、または下流アンテナで検出された日と、月齢、降水量等の環境要因との関係を図示した（図7）。

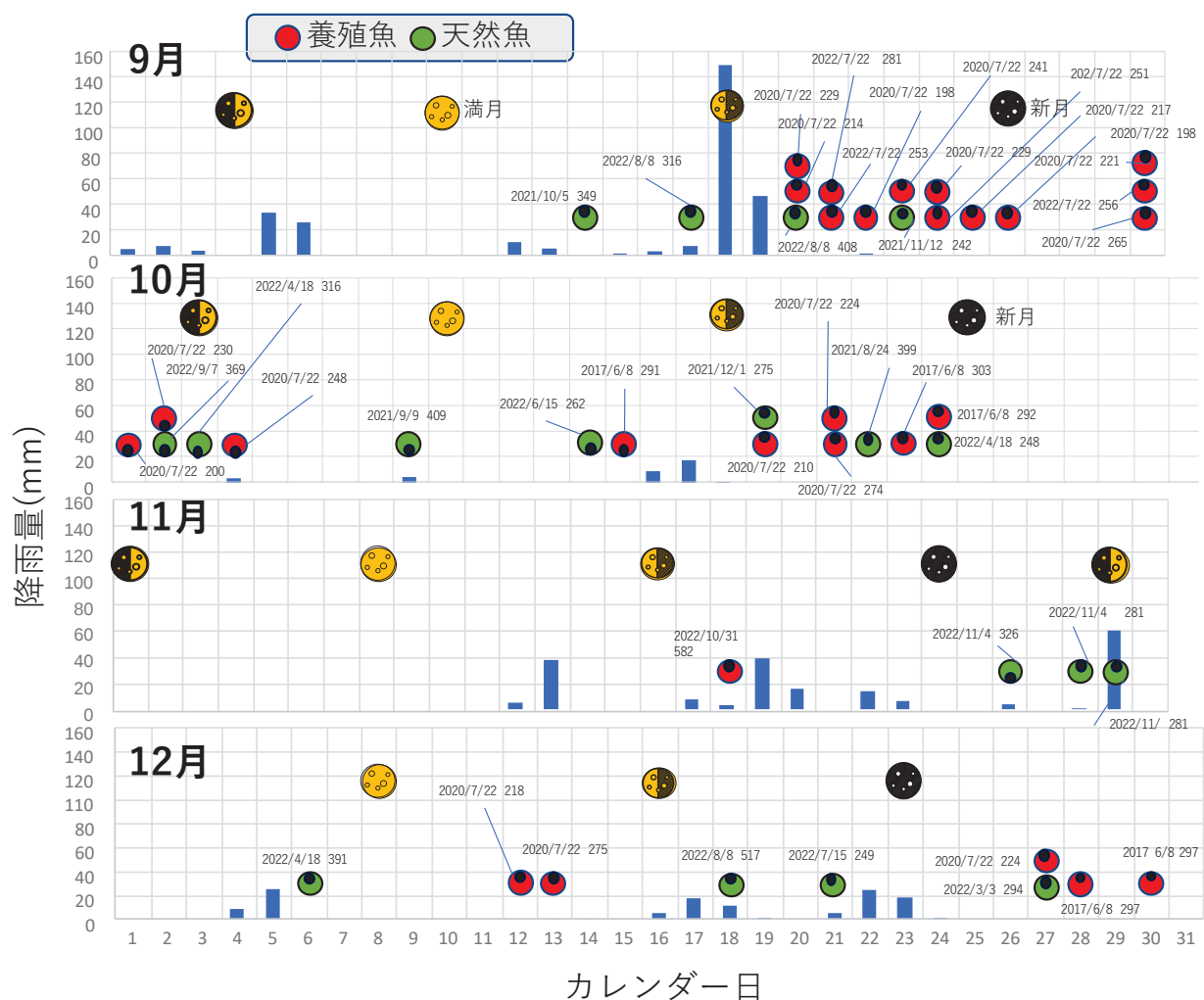


図7 延べ検出日数20日以下の養殖・天然魚の最終検出日と月齢、降水量との関係。黄丸は満月、黒丸は新月を表す。赤・緑丸の上の数字は標識放流日と放流時全長(mm)を示す。また、赤・緑丸内の黒丸の位置(上・下)は、最後に検出されたアンテナ(上または下)を示す。

解析の結果、上記した個体の最終検出日は、主に9月中旬、10月上旬、10月中旬、11月下旬、および12月下旬にある程度まとまっていた(図7)。

こうした移動は、いずれも新月の前後か20 mm前後の降雨があった時、あるいはその両方が重なった時とある程度一致していたことから、可能性としてウナギ(銀ウナギ)の移動がこれらの環境要因(新月、降水)の単独、あるいは複合的影響によって発現する可能性が考えられた。

2. 3. ツインタグ実験

2021年に引き続き、2022年度も主にウナギの遊泳層(遊泳水深)を明らかにする目的でツインタグ養殖ウナギ放流実験を行った。本実験では、養殖ウナギの腹腔内の前方(頭部側)に受信範囲が広い23 mm PIT タグを、後方(尾部側)に受信範囲が狭い8 mm PIT タグを一つずつ挿入して

いる。放流後、これらのウナギがアンテナ上を通過した際にタグが両方検出されれば底層、受信範囲が広い23 mm タグのみが検出されれば中層を泳いでいると判断できるというものである。

タグ挿入手術は、2022 年 10 月 26 日に鹿児島県水産技術センターで飼育した 24 尾（全長 52–77 cm）の養殖魚に対して実施し、10 月 31 日に上流アンテナの上流域に放流した。

モニターの結果、2022 年度は PIT タグアンテナが機械的に不調となった期間があったことが影響し、アンテナで検出された放流魚は 1 尾（11 月 18 日、上流アンテナで検出）のみとなった。参考までにその一尾では 2021 年度と同様、受信範囲が広い 23 mm タグしか検出されておらず、ウナギが PIT タグアンテナのやや上方を通過（遊泳）していた可能性が考えられた。

2. 4. 水中カメラによるウナギ撮影の試み

上記のツインタグ実験と同様、ウナギの河川内での遊泳層が底層であるか否かを映像で確認する目的で、2022 年度は 2 種類 3 台の水中カメラによる撮影試験を実施した。

一つ目は、2021 年度と同様、水中動画カメラ（CSSTC ver. 3.01、ハードディスク容量 2 TB）による連続動画撮影を試みた。特に、2021 年度は光量不足で暗期の撮影ができなかったことを踏まえて、本年度は新たにカメラの脇に 24 時間連続点灯式の水中ライトを 2 台（LED ライト①白色光（DC30 v、出力 50 W）、LED ライト②青色光（AC100V、出力 35W）併設した（図 8）。

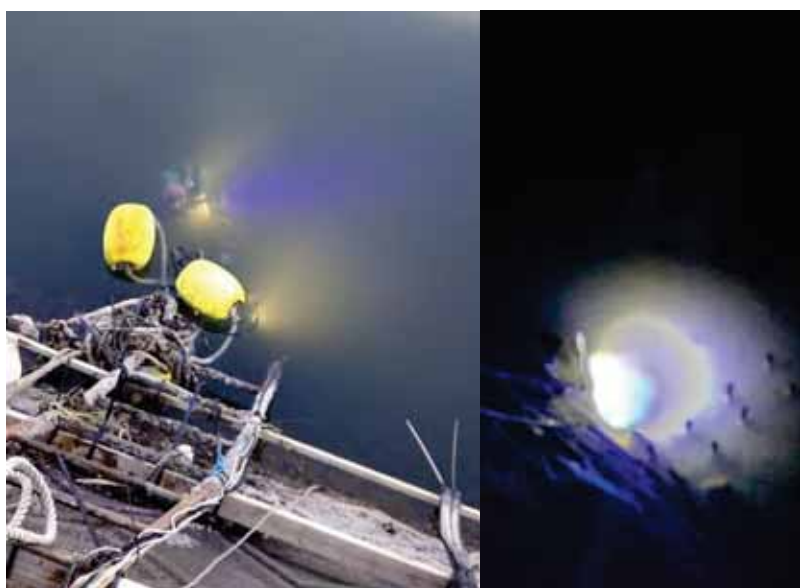


図 8 水中カメラと水中 LED ライトの明期（左）と暗期（右）の設置状況。

撮影は、10 月 30 日から 12 月 2 日までの間、カメラのハウジング浸水による一時的な中断期間を除いて連続的に実施した。その結果、明期のみならず、暗期にも魚類の映像を取得することが可能となったが（図 9）、本年度もウナギの生体の撮影には成功しなかった。ただし、2022 年度は 11 月 11 日の朝に、ウナギの死魚を一尾、撮影することができた（その様子はタイムラプスカメラで撮影した図 10 参照）。

なお、2 台の LED ライトのうち、交流電源を用いた LED ライト②は PIT タグアンテナの受信を電氣的に抑制（攪乱）する可能性が高いと考えられたため、今後、交流電源機器は PIT タグアンテナの近傍に設置すべきではないことが示された。



図9 水中動画カメラの撮影結果。明期（左）に加え暗期（右）にも撮影が可能となった。

二つ目は、新たにタイムラプスカメラ（TLC200pro、Brinnno 社）2 台を用いた撮影を試みた。このカメラは上記の動画カメラと同所的に設置しており。前記した LED ライト①と②の光源を兼用した。

撮影は、10 月 25～11 月 5 日までと 11 月 6～17 日までの間、撮影間隔 5 秒で連続的に実施した。結果、本カメラでも明期に加えて暗期の撮影が可能となった（図 10）。ウナギの生体は撮影することはできなかったが、11 月 11 日朝にウナギの死魚が撮影できた。今後は、タイミング次第では生魚の撮影も可能と考えられるので、さらに検証を進めたい。

明期の撮影結果



暗期の撮影結果



図 10 タイムラプスカメラの撮影結果。明期（上段）と暗期（下段）の撮影が可能となった。明期にはウナギの死魚が水鳥に捕食される様子が撮影された（動画カメラでも撮影された）。暗期の撮影能は、タイムラプスが動画カメラよりも優れると考えられた。