

課題番号	1.-(2)	事業実施期間	令和3年度
課題名	ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析		
主担当者	稲葉 太郎（高知県内水面漁業センター）		
分担者	石川 徹・中城 岳・隅川 和（高知県内水面漁業センター）		

令和3年度の成果の要約：

本年度は、高知県東部の奈半利川において、箱漁法、電撃ショッカー及び石倉漁法で計576個体のニホンウナギ（以下、ウナギ）を採集し、全長と体重の測定、成熟段階の判別、体表粘液からのDNA採取及びイラストマー注入による標識放流を行った。平均全長は44.3cm、平均体重は115.9gであった。成熟段階は、Y1が0個体、Y2が570個体、S1が3個体、S2が2個体、不明が1個体であった。

標識の有無とマイクロサテライトマーカによる個体識別の結果、本年度は576個体のうち延べ72個体が再採捕個体であった。平成25年度から実施している個体識別は、累積個体数が延べ4,109個体となり、再採捕個体は延べ467個体となった（2回目：411個体、3回目：51個体、4回目：5個体）。

平成25年度以降の全再採捕個体の成長についてみると、瞬間成長率（ $SGR = (LN(\text{再採捕時の値}) - LN(\text{放流時の値})) \div \text{再採捕までの日数} \times 100$ ）の全体の平均値は、全長が0.019%、体重が-0.013%であった。放流から再採捕までの期間が150日以下の場合、全長が0.008%、体重が-0.257%で、期間が151日以上の場合と比較していずれも有意に低かった。

平成25年度以降の全再採捕個体の移動についてみると、流域区分ごとに遡上、定位及び降下の傾向が異なり、中流上部で定位する個体が特に少ないことが分かった。

電撃ショッカーを用いた採集を3定点で実施し、ウナギと餌生物（小型魚類や甲殻類）を採捕し、河床の状態との関連性について検討したところ、河床の巨礫（直径256mm以上）の割合とウナギの確認個体数との間に相関があり、巨礫の割合が高いほど確認個体数が増える傾向が認められた。

過年度までの成果の概要：

マイクロサテライトDNA分析において、1回目のマルチプレックスPCRを5ローカスに増やし、また蛍光プライマーの干渉対策を講じることにより、分析効率を高めた。

平成25年度から令和2年度までに実施した個体識別は、累積個体数が延べ3,533個体となり、再採捕個体は延べ395個体となった（2回目：357個体、3回目：36個体、4回目：2個体）。平成25年度以降の全再採捕個体の成長についてみると、瞬間成長率（ $SGR = (LN(\text{再採捕時の値}) - LN(\text{放流時の値})) \div \text{再採捕までの日数} \times 100$ ）の全体の平均値は、全長が0.019%、体重が-0.019%であった。放流から再採捕までの期間が150日以下の場合、全長が0.008%、体重が-0.260%で、期間が151日以上の場合と比較していずれも有意に低かった。

平成25年度から令和2年度までの全再採捕個体の移動についてみると、流域区分ごとに遡上、

定位及び降下の傾向が異なり、下流、中流上部及び上流で定位する個体が少ないことが分かった。

電撃ショッカーを用いた採集を3地点で実施し、ウナギと餌生物（小型魚類や甲殻類）を採捕して、河床評価の結果との関連性について検討したところ、河床の巨礫（直径256mm以上）の割合とウナギの確認個体数との間に相関があり、巨礫の割合が高いほど確認個体数が多くなる傾向が認められた。

全期間を通じた課題目標及び計画：

著しい減少傾向にあるウナギ資源を保全するためには、本種の河川内における生態を明らかにすることが必要である。高知県では、2級河川奈半利川において、5か年（平成25年度～29年度）にわたるウナギの調査を行い、成熟個体の出現状況や、黄ウナギの成長及び移動に関する知見などを得てきたが、河川生態の把握や適切な保全策を講じるためには不十分な点が多い。

そこで本課題では、奈半利川のいくつかの調査点において、様々な漁具（箱、電撃ショッカー、石倉）を用いて採集したウナギにイラストマー標識及びDNA標識を施して放流し、移動、成長、分布密度を把握する。また、餌生物（小型魚類や甲殻類）の直接的な採集によるウナギの餌環境の評価を行い、総合的にウナギの河川生活の実態を把握することにより、ウナギの生息環境を維持・改善するために重要な環境収容力の推定手法について検討する。

当該年度計画：

本年度は、箱漁法（夏季：5月～9月）及び石倉（秋季：10月～12月）によるウナギの採集、測定及び標識放流（イラストマー及びDNA、再放流含む）を実施し、奈半利川におけるウナギの生息状況、移動及び成長に関する情報を収集する。さらに、3つの調査地点で電撃ショッカーを用いたウナギ及び餌生物の採集を実施し、河床評価の結果と比較解析する。

結果：

(1) 標識放流調査

奈半利川でウナギ 576 尾（箱漁法 559 尾、石倉漁法 9 尾、電撃ショッカー 8 尾）を採集し、測定及び標識放流を行った。

全長及び体重の組成を、それぞれ図 1 及び図 2 に示した。全長についてみると、最大 82.5cm、最小 24.1cm、平均 44.3cm、最頻値 40~45cm で、全長 50cm 以下が 78.8% を占めた。体重についてみると、最大 860.4g、最小 15.0g、平均 115.9g、最頻値 50~75g で、体重 150g 以下が 79.9% を占めた。採集方法は箱漁法が主体であり、採集される個体サイズには選択性があった可能性がある（小さいものは脱出でき、大きいものは入りきらない）。

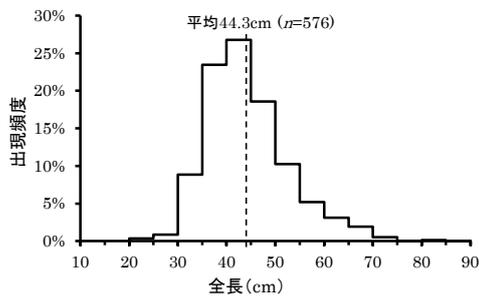


図 1 全長出現頻度

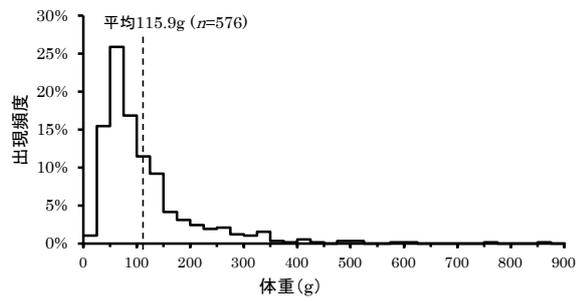


図 2 体重出現頻度

奈半利川で設定した流域区分を図 3 に、流域区分別の採集個体数を表 1 に示した。採集個体数は中流上部で最も多く、次いで支流で多かった。



図 3 設定した流域区分

表 1 流域区分別採集個体数一覧

流域区分	個体数	割合
上流	92	16.0%
中流上部	150	26.0%
中流下部	50	8.7%
下流	122	21.2%
河口	13	2.3%
支流(2河川計)	149	25.9%
合計	576	100.0%

流域区分別の平均肥満度 (CF=体重 ÷ (全長³) × 1,000) を図 4 に示した。流域区分間で有意な差が認められ、下流では河口及び中流下部を除くその他の流域区分より低かった (Tukey の多重比較法)。

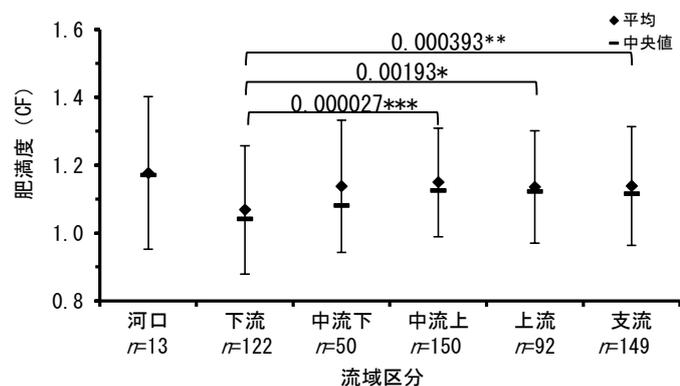


図 4 流域区分別平均肥満度 (上下線は標準偏差)

成熟段階について、採集流域区分別及び採集月別の出現割合を、それぞれ図5及び図6に示した。銀化ウナギ (S1 及び S2) は、河口、中流上部及び支流 (野川川) で確認されたが、その数は少なかった (S1 が 3 尾、S2 が 2 尾)。月別にみると、銀化ウナギは 7 月、11 月及び 12 月に出現した。

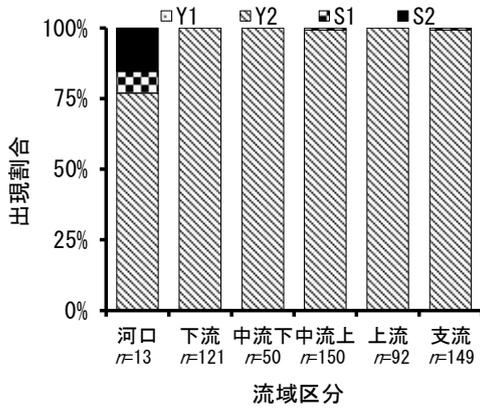


図5 流域区分別成熟段階別割合

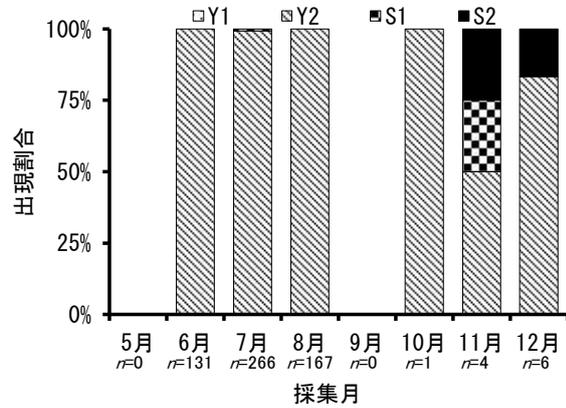


図6 月別成熟段階別割合

採集した全個体について、過去に標識されたイラストマーの有無を確認するとともに、体表粘液から DNA を抽出し、5 ローカスのマイクロサテライト DNA による個体識別を実施した。その結果、本年度に採集した 576 個体のうち、72 個体が再採捕個体であった。再採捕個体の割合は 12.5%、平成 25 年からの累計では 11.4% (467/4, 109) であった。

平成 25 年度以降の標識放流の結果を用い、奈半利川のウナギの 100 m²あたりの個体数密度を年別に推定し、図7に示した。年間採集個体数が平成 26 年から 400 個体以上となり、概ね数値が安定したと考えられる平成 27 年以降についてみると、0.24 個体/100 m² (平成 27 年) から 0.88 個体/100 m² (平成 30 年) の間と推定された。

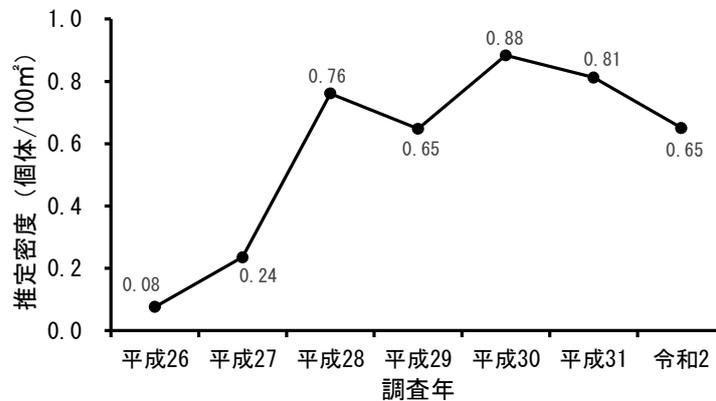


図7 年別推定個体数密度

平成 25 年度以降に採集した延べ 4,109 個体のうち、同一個体であると確認された延べ 467 個体（2 回目：411 個体、3 回目：51 個体、4 回目：5 個体の合計）について、全長と体重の瞬間成長率（ $SGR = (LN(\text{再採捕時の値}) - LN(\text{放流時の値})) \div \text{再採捕までの日数} \times 100$ ）を求め、その頻度をそれぞれ図 8-1 及び 8-2 に示した。

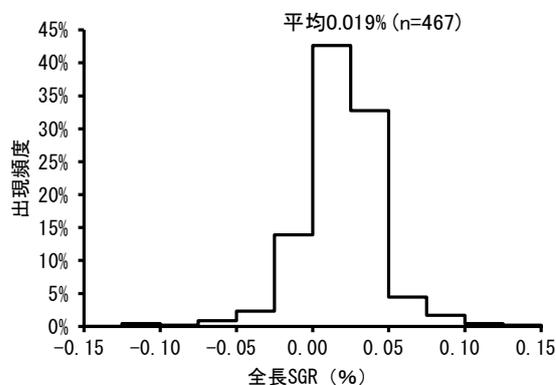


図 8-1 再採捕個体の全長 SGR

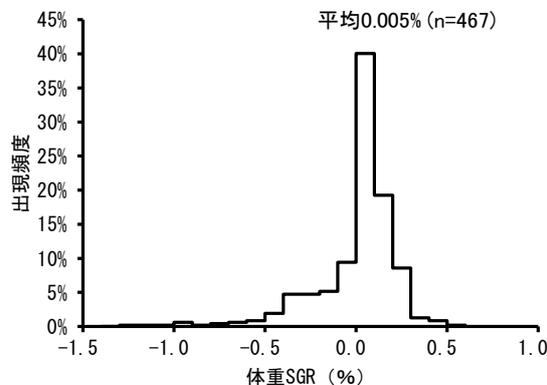


図 8-2 再採捕個体の体重 SGR

全長 SGR の最頻値は 0.00～0.025% で、全個体の平均値は 0.019%、体重 SGR の最頻値は 0.0～0.1% で、全個体の平均値は 0.005% であった。

続いて、SGR と再採捕までの日数を図 9 に示した。

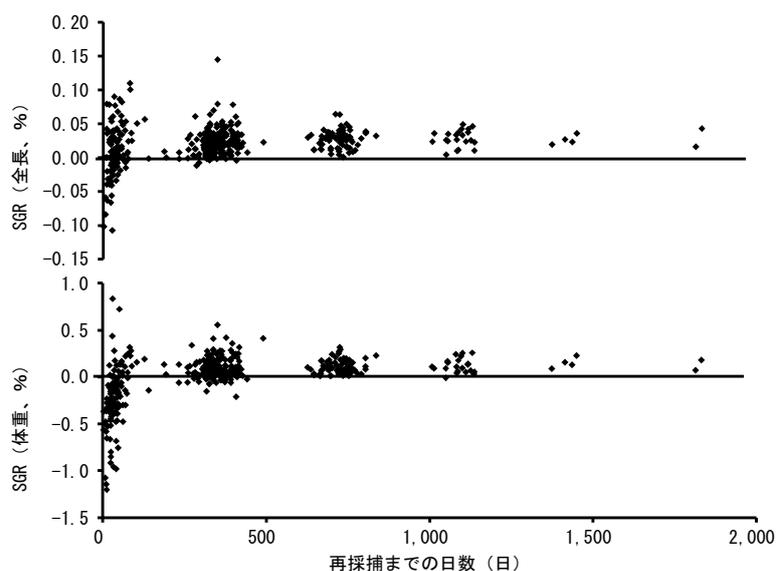


図 9 SGR と再採捕までの日数

再採捕までの日数は、概ね 150 日以下とそれ以降 365 日ごとに集中していたことから、150 日以下、151～515 日、516～880 日及び 881 日以上 の 4 区分にグループ分けし、それぞれの SGR の平均値と標準偏差を図 9 に示した。全体の平均値は、全長が 0.019%、体重が -0.013% であった。全長、体重ともに、SGR はグループ間で有意な差が認められ (Anova, $P < 0.01$)、150 日以下と 151 日以上のグループ間で有意な差が認められた (Tukey, $P < 0.05$)。一方、151 日以上のグループでは、それぞれの間に有意な差は認められなかった ($P > 0.10$)。

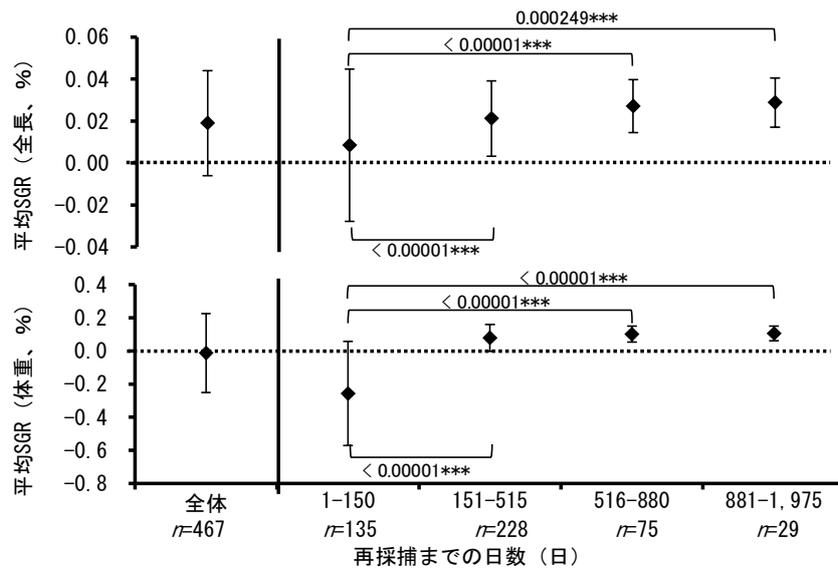


図9 日数別成長率（上下線は標準偏差を示す）

放流位置からの移動距離（放流地点と再採捕地点の距離、定位個体を除く）を図10に示した。移動の範囲は-15.7km（降下）から10.4km（遡上）で、平均は-0.09km（降下）であった。

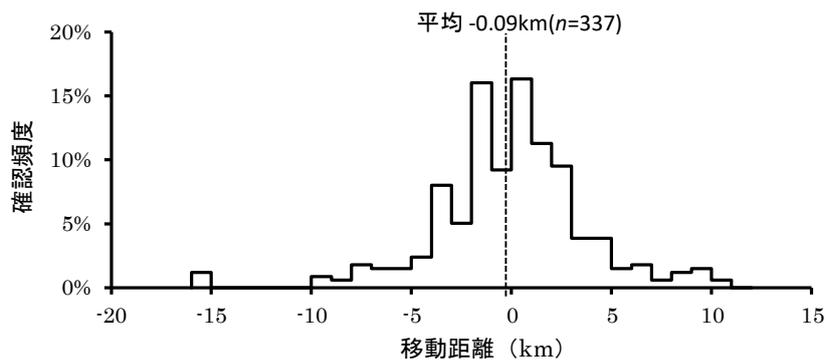


図10 放流位置からの移動距離（定位を除く）

放流位置からの移動の傾向（支流を除く）を図11に示した。全体では放流位置から移動しない定位個体は少なかった（26.7%）が、流域区分別にみると河口で多く（78.1%）、中流上部で特に少なかった（16.6%）。また、遡上した個体は下流で多く、降下した個体は上流にいくほど多くなった（Pearson's Chi-squared test, $P < 0.001$ ）。

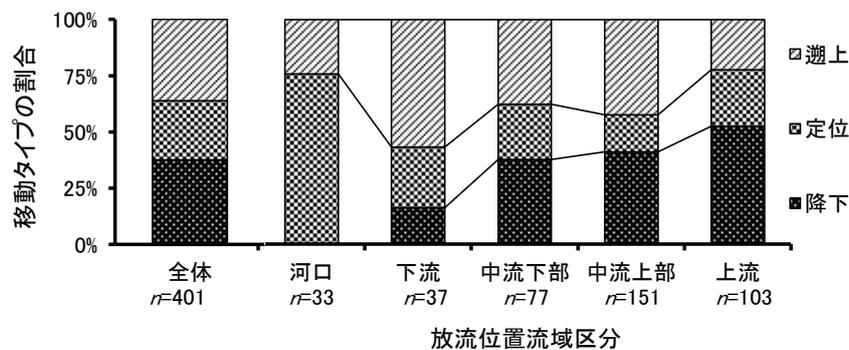


図11 流域区分別移動の傾向（支流を除く）

(2) 定点調査

奈半利川本流の下流（野友）、中流（柏木マキ）及び上流（小島）の3地点に、それぞれ2～3か所の調査箇所を設定し、電撃ショッカーによるウナギ及び餌生物（小型魚類や甲殻類）の採捕調査を実施した（表3）。調査は、夏季（7月）及び秋季（11月）の2回実施したが、このうち夏季の野友（下流）は増水により実施できなかった。底質粗度は、平成30年度に実施した河床評価結果から調査箇所の値を抽出し、平均して求めた。

表3 調査結果一覧

実施月	地点名	河口からの距離	箇所名	巨礫率※	底質粗度※	餌生物			ニホンウナギ			備考
						面積 (㎡)	個体数 (個体/㎡)	重量 (g/㎡)	面積 (㎡)	確認尾数	確認個体数 (個体/㎡)	
7月	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03							未実施 (増水)
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13							
	柏木マキ (中流)	7.6km	右岸早瀬	44.3%	4.26	200	106.0	545.4	200	1	0.0050	
			中央平瀬	52.6%	4.40	130	37.0	213.5	130	1	0.0077	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	180	19.0	155.4	180	2	0.0111	
	小島 (上流)	18.4km	右岸トロ(下)	73.4%	4.63	75	4.0	9.6	75	0	0.0000	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	110	39.0	326.4	110	0	0.0000	
			上流平瀬	71.9%	4.54	180	45.0	217.4	180	2	0.0111	
	11月	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	200	22.0	175.2	200	0	0.0000
右岸平瀬(上)				55.6%	4.13	200	26.0	319.4	200	0	0.0000	
柏木マキ (中流)		7.6km	右岸早瀬	44.3%	4.26	220	145.0	756.8	220	0	0.0000	
			中央平瀬	52.6%	4.40	140	101.0	615.4	140	1	0.0071	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	140	74.0	459.0	140	1	0.0071	
小島 (上流)		18.4km	右岸トロ(下)	73.4%	4.63	85	13.0	81.2	85	0	0.0000	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	96	36.0	166.9	96	1	0.0104	逃避1
			上流平瀬	71.9%	4.54	158	25.0	242.4	158	0	0.0000	

※奈半利川における「岩盤・コンクリート」は、主に河床に埋没したコンクリートブロックであり、巨礫(直径256mm以上)に含めた。

3か年（令和元年～3年）のデータの合計による、調査箇所別の河床における巨礫（直径256mm以上）の割合と、1㎡当たりの餌生物の採捕重量及びウナギ確認個体数との関係を、図12及び図13に示した。

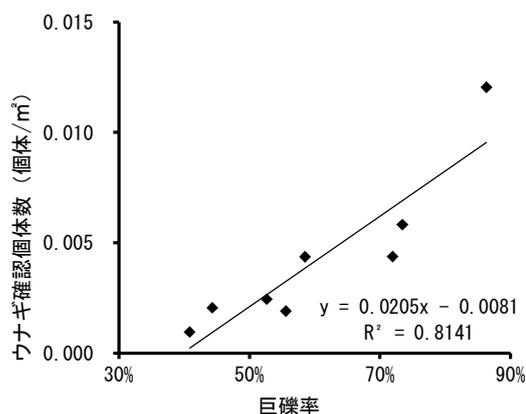


図12 巨礫の割合とウナギ確認個体数

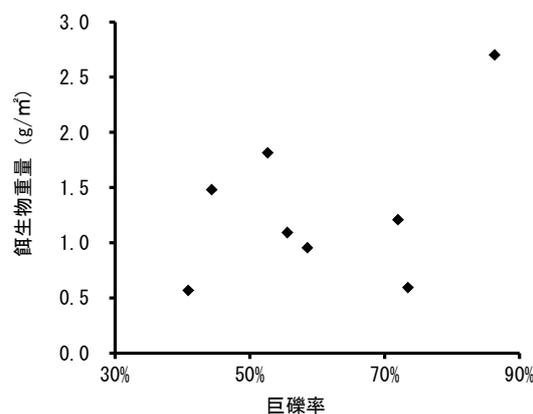


図13 巨礫の割合と餌生物重量

巨礫の割合とウナギの確認個体数（個体/㎡）の間には正の相関が認められ（Spearmanの順位相関係数、 $P = 0.004563$ 、 $r_s = 0.904762$ ）、巨礫の割合が高いほど確認個体数が増える傾向が認められた。一方、巨礫の割合と餌生物の採捕重量（g/㎡）の間には、相関は認められなかった（ $P = 0.5364$ 、 $r_s = 0.26190$ ）。

なお、全ての統計解析には、無料ソフトウェア「R-3.4.0」を使用した。

課題と対応策：

定点調査におけるウナギの採捕数が少ないことから、さらに継続して調査を実施し、生息環境との関連性を明らかにする必要がある。

標識放流調査では、相当な数のデータが蓄積され、ウナギの移動と成長に関しては明らかになりつつある。次年度も等調査を継続するとともに、成熟に関する知見をさらに補強するため、引き続き採集した銀ウナギの一部を精密測定に供し、全長と性比に関するデータを取得する。

参考文献：

- 井上英治（2015）非侵襲的試料を用いた DNA 分析—試料の保存、DNA 抽出、PCR 増幅及び血縁解析の方法について—。霊長類研究, 31, 3-18.
- 高知県内水面漁業センター（2017）追跡調査における DNA 多型解析を用いた個体識別の有効性検証。河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業 平成 29 年度報告書, 132-143.
- Okamura A, Yamada Y, Yokouchi K, Horie N, Mikawa N, Utoh T, Tanaka S, Tsukamoto K (2007) A silvering index for the Japanese eel *Anguilla japonica*. Environ. Biol. Fish., 80, 77-89.

課題番号	1.-(3)	事業実施期間	令和3年度
課題名	宮崎県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握		
主担当者	兒玉龍介（宮崎県水産試験場内水面支場）		
分担者	中武邦博、平山仁斗、松井翔		

令和3年度の成果の要約：

河川内におけるウナギの移動、生息数の把握のため、一ツ瀬川水系日置川において1,140mの調査区間を設定し、令和3年7月14日～15日、9月21日～22日、11月24日～25日にニホンウナギの採捕調査を行った。その結果、ニホンウナギ133尾を採捕し、これらのうち115尾はPITタグ及びイラストマー蛍光色素、又はヒレDNA採取による標識放流を行った。採捕されたニホンウナギ133尾のうち25個体は平成29年11月1日以降に標識放流された再採捕個体であり、最大で下流へ605m（経過日数378日）の移動を確認できたが、全体の48.0%は放流地点から上下50m以内で採捕されている。再採捕魚の成長は、全長の平均瞬間成長率が0.086%、体重の平均瞬間成長率が0.288%となり、調査区間の資源量は1,250尾、生息密度は100㎡あたり17.5尾と推定された。環境調査で得られた底質及び隠れ家の被覆度等について、50m調査区間ごとに生息密度との相関を調べた結果、全長200mm未満の生息密度は、9月には水深との間に負の相関が認められ、11月には草の被覆度と正の相関が認められた。全長200mm以上の生息密度は、草の被覆度と正の相関が認められ、断面積（水面幅×水深）と負の相関が認められた。採捕個体ごとの環境調査（流速、隠れ家等）の結果、全長200mm未満では9月から11月の間に、流れの緩い砂泥底の淵に生息場所を移動している可能性が示唆された。7月14日及び15日に採捕されたニホンウナギの胃内容を調査した結果、11分類群459個体34.84gの底生動物が採取され、優占種は、個体数でカゲロウ目幼虫（65.1%）、ミズアブ科幼虫（25.9%）、ユスリカ科幼虫（5.4%）、重量でミズアブ科幼虫（54.4%）、テナガエビ（31.5%）、不明魚類（8.5%）であった。3定点で餌料生物の季節変動を調査した結果、調査区間の単位あたり餌料生物重量及び甲殻類重量とウナギ生息密度の間に相関は認められなかった。

過年度までの成果の概要：

平成30年7月13日～令和2年11月11日までに、一ツ瀬川水系日置川においてニホンウナギの採捕調査を延べ9回行い、ニホンウナギ459尾を採捕し、これらのうち425尾はPITタグ及びイラストマー蛍光色素、又はヒレDNA採取による標識放流を行った。採捕された459尾のうち82個体は平成28年1月26日以降に標識放流された再採捕個体であり、平均移動距離は95.4mで、全体の58.5%は放流地点の上下50m以内で採捕され、1個体（Y1～S2）は775日の間に計4回採捕され、累積で1,580m下流へ移動していることが明らかになった。また、再採捕魚の成長は、全長の平均瞬間成長率が0.065%、体重の平均瞬間成長率が0.205%となり、令和2年9月時点での調査区間の資源量は595尾、生息密度は100㎡あたり9.1尾と推定された。河川内のウナギの生息

環境を把握するため、50m 区間毎に平均水深、平均水面幅、底質及び隠れ家の被覆度を調査し、採捕調査日毎に体サイズ別に生息密度との相関を調べた結果、全長 200mm 未満では、7 月に生息密度と Gravel（小礫）の割合で正の相関が認められ、11 月に生息密度と Sand（砂）の割合で正の相関が認められたが、全長 200mm 以上では生息密度と底質、隠れ家の間に相関はなかった。餌料生物の季節変動を調査した結果、令和 2 年度の調査において、単位あたり甲殻類重量とウナギ採捕重量に正の相関が確認された。

全期間を通じた課題目標及び計画：

ニホンウナギは、稚魚の採捕量が近年低水準で推移し、資源の減少が危惧されており、対策として河川への石倉の設置等の環境改善の取組等が実施されているが、河川等の環境においてどの程度のウナギが生息可能かを示す指標が存在しないことから、必ずしも最適な資源増殖等の手法が採用されていない可能性がある。そこで、本課題では、宮崎県一ツ瀬川水系日置川において、ニホンウナギの採捕調査を行い、移動、成長、生息数を把握するとともに、環境調査により生息環境と生息尾数の関係を明らかにし、併せて餌料生物の季節変動を把握することで、環境収容力推定に必要な基礎的知見を収集する。

当該年度計画：

(1) 河川内におけるウナギの移動、生息数の把握

日置川において年 3 回、電気ショッカーを用いて採捕調査を行い、生息数を把握し、採捕個体は標識放流を行い、河川内での移動・成長及び資源量の推定を行う。

(2) 河川内の生息環境の把握

調査区間の全区間（1,140m）で環境調査（水面幅、水深、底質、隠れ家）を実施し、環境データの更新を行う。また、採捕調査時に採捕個体ごとに生息環境（瀬・淵の区分）、川岸からの距離、隠れ家、さらに流速を測定する。

(3) 餌料生物の季節変動の把握

採捕調査河川において、ウナギ採捕尾数が多い生息環境の一例である、「①流れの速い瀬、②20～30 cm の大礫～巨礫が占有、③草に覆われている」の 3 条件を満たす調査区間（20m）を 3 区間設定し、3 回/年調査を実施する。

結果：

(1) 河川内におけるウナギの移動、生息数の把握

日置川の河口から上流に約 600m 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、令和 3 年 7 月 14 日～15 日、9 月 21 日～22 日、11 月 24 日～25 日の計 3 回、電気ショッカーにより採捕調査を行った。調査の結果、ニホンウナギ 133 尾を採捕し、これらのうち 115 尾は PIT タグ及びイラストマー蛍光色素、

又はヒレ組織採取によるDNA標識を施し標識放流を行った。なお、採捕されたニホンウナギ133尾のうち25個体は平成29年11月1日以降に標識放流された再採捕個体であり、PITタグにより個体識別が可能であった。

表1 ニホンウナギの年度別採捕状況

調査年		2018			2019			2020			2021		
調査月		7月	9月	11月	7月	9月	11月	7月	9月	11月	7月	9月	11月
採捕尾数 (尾)	月別	41	29	33	86	96	38	46	39	51	57	50	26
	合計	103			220			136			133		
再採捕数 (尾)	月別	11	4	7	14	20	8	9	2	7	9	10	6
	合計	22			42			18			25		
標識率	月別	26.8%	13.8%	21.2%	16.3%	20.8%	21.1%	19.6%	5.1%	13.7%	15.8%	20.0%	23.1%
	合計	21.4%			19.1%			13.2%			18.8%		

採捕されたニホンウナギの平均全長は268mm（前年231mm）、平均体重は47.8g（前年42.5g）となり、前年度に比べ平均全長及び平均体重が大きくなっているが、これは前年度に採捕の主体となった150mm未満の年級群が継続して150mm以上で採捕された一方で、今年度の150mm未満の年級群の加入が前年を下回ったためと推察される（図1、図2）。

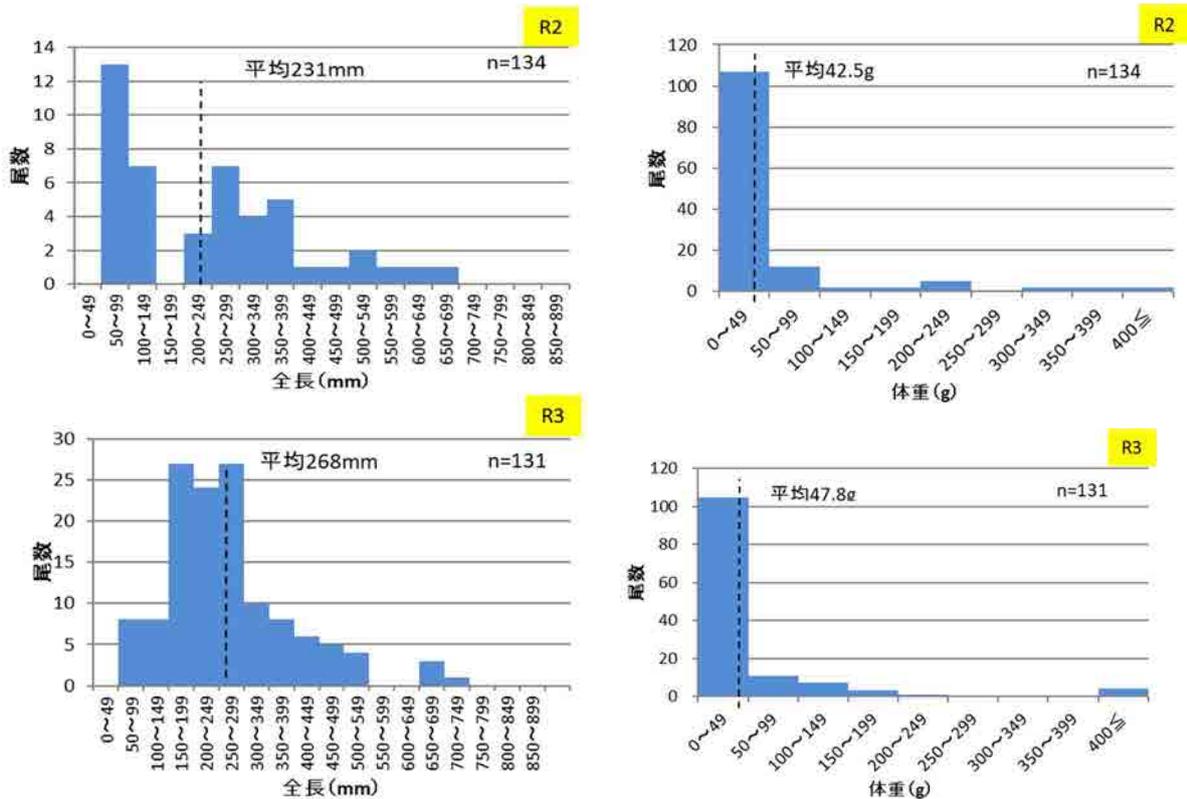


図1 採捕個体の全長組成（上段 R2/下段 R3）

図2 採捕個体の体重組成（上段 R2/下段 R3）

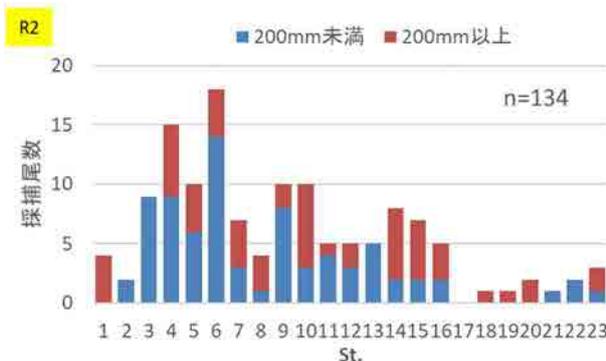


図3 調査区間別採捕尾数 (R2 年度)

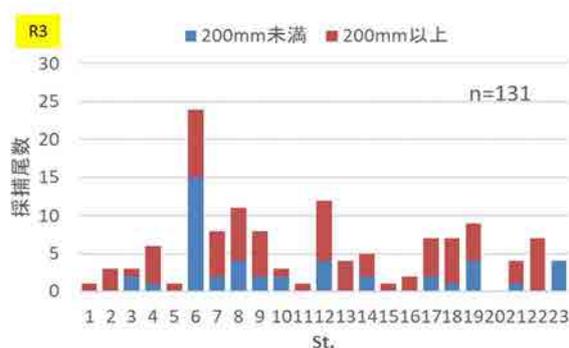


図4 調査区間別採捕尾数 (R3 年度)

調査区間を 50m ごとに St. 1 から St. 23 までの 23 区間に区分し、調査区間ごとの採捕尾数を図 3、4 に示した。前年度同様に下流域の St. 6 で採捕尾数が最も多いが、前年度に工事（堆積土砂の撤去）の影響で採捕尾数が減少した St. 17～19 については、土砂の撤去後に瀬が形成され、川岸の植生も回復したことにより、一定量の採捕が確認された。

再採捕個体 25 尾の移動状況を見ると、最大で下流へ 605m（経過日数 378 日）の移動を確認できたが、全体の 48.0%は放流地点から上下 50m 以内で採捕され、H30 年度調査から継続して放流個体の定住性を確認している（図 5、6）。

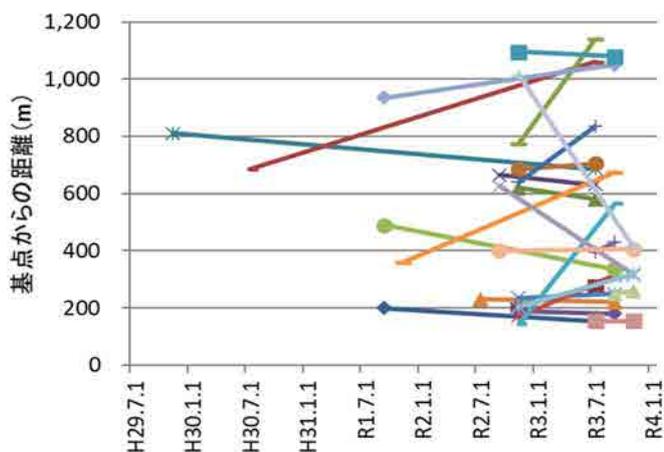


図5 再採捕個体の移動状況

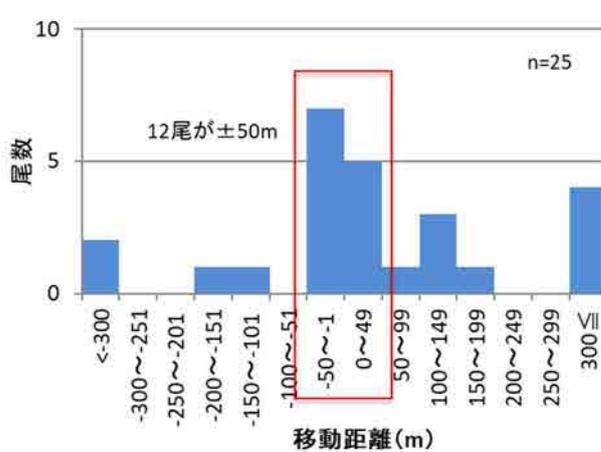


図6 再採捕個体の移動距離の頻度分布

次に、全長の瞬間成長率 (Specific Growth Rate : 以下「全長 SGR」) および体重の瞬間成長率 (以下「体重 SGR」) を以下の式で算出し、全長 SGR と体重 SGR の頻度分布をそれぞれ図 7、図 8 に示した。

$$\text{全長 SGR (\%)} = 100 \times (\ln(L2) - \ln(L1)) / t$$

※ L1 : 放流時全長 (mm)、L2 : 再採捕時全長 (mm)、t : 再採捕までの日数

$$\text{体重 SGR (\%)} = 100 \times (\ln(W2) - \ln(W1)) / t$$

※ W1：放流時体重（g）、W2：再採捕時体重（g）、t：再採捕までの日数

全長 SGR の頻度分布は 0.05～0.09% にモードがあり、平均で 0.086%（前年 0.075%）となった。一方、体重 SGR の頻度分布は 0.20～0.29% にモードがあり、平均で 0.288%（前年 0.206%）となった。いずれも前年の平均値を上回る成長が見られたが、これは再採捕個体の平均全長が前年の 382mm から 335mm へ小型化していることから、成長とともに瞬間成長率が低下するウナギの特性に起因すると思われる。

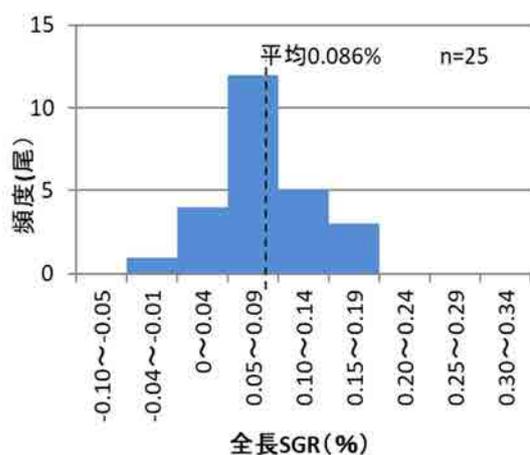


図7 全長 SGR の頻度分布

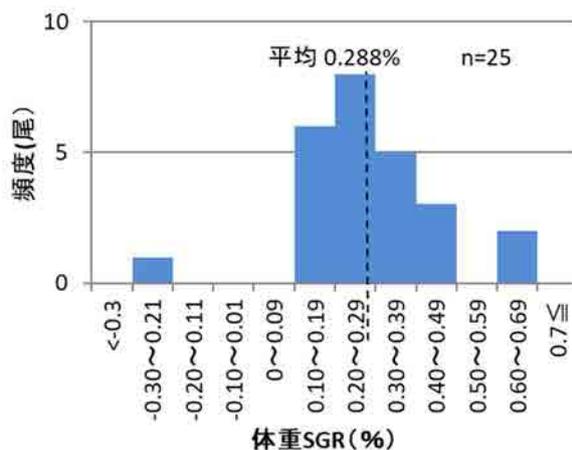


図8 体重 SGR の頻度分布

また、全長の日間成長量（Growth Rate：以下「全長 GR」）と体重の日間成長量（以下「体重 GR」）を以下の式で算出し、全長 GR と体重 GR の頻度分布を図9、図10 に示した。

$$\text{全長 GR (mm/日)} = (L2 - L1) / t$$

※ L1：放流時全長（mm）、L2：再採捕時全長（mm）、t：再採捕までの日数

$$\text{体重 GR (g/日)} = (W2 - W1) / t$$

※ W1：放流時体重（g）、W2：再採捕時体重（g）、t：再採捕までの日数

全長 GR は 0.10～0.19mm/日にモードがあり、平均で 0.208mm/日となり、体重 GR は 0.10～0.19g/日にモードがあり、平均で 0.099g/日となった。

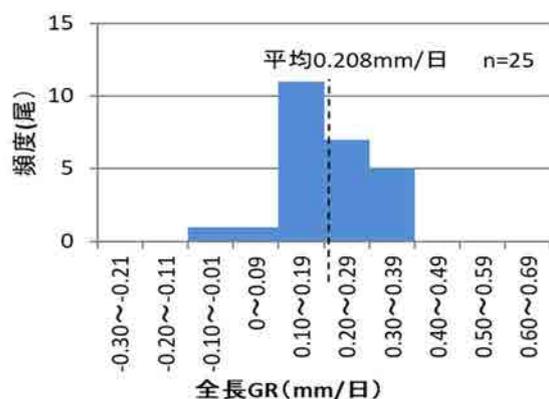


図9 全長 GR の頻度分布

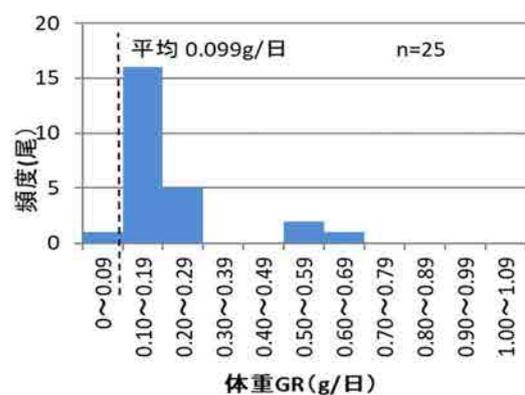


図10 体重 GR の頻度分布

平成 29 年 6 月以降の延べ 15 回の採捕調査及び標識放流で得られた結果から、Jolly-Seber

法により調査区間（1, 140m : 7, 141 m²）の資源尾数を推定すると 263～1, 840 尾、平均 872 尾となり、100 m²あたりの生息密度は、4. 3～27. 0 尾/100 m²、平均で 13. 5 尾/100 m²と推定された。また、直近の令和 3 年 9 月時点の推定資源尾数は 1, 250 尾、生息密度は 100 m²あたり 17. 5 尾となった（表 2）。

表 2 調査区間 1, 140m の推定資源尾数及び生息密度

調査年	2017	2018				2019				2020			2021		平均
調査月	11月	7月	9月	11月	7月	9月	11月	7月	9月	11月	7月	9月			
資源尾数	1,668	472	790	263	659	383	684	837	1,109	506	1,840	1,250	872		
生息密度(尾/100m ²)	27.0	7.6	12.8	4.3	11.0	6.4	11.4	13.9	17.0	7.7	25.8	17.5	13.5		

(2) 河川内の生息環境の把握

調査区間における環境調査は、平成 30 年度に全調査区間を対象に実施した後に、令和元年度に橋脚の補強工事に伴い一部で再調査を行い、令和 2 年度にも河川工事に伴い一部区間で再調査を行いデータの補正を行ってきた。今年度も引き続き土砂の撤去が行われたことから、全調査区間において、5m 間隔で水面幅、水深、底質、さらに区間内の隠れ家の被覆度について再調査を行い、環境データを更新した。

平成 30 年度及び令和 3 年度の調査で得られた底質組成を図 11 に示した。平成 30 年度と比べ令和 3 年度では、Detritus（泥）と Sand（砂）の割合が減少し、Pebble（中礫:17～64mm）と Cobble（大礫:65～256mm）が増加し、底質の大きさを表す底質粗度は全区間で 3. 56 ±1. 48（平均値±標準偏差）となり、平成 30 年度の 2. 48±1. 78（同）から大型化している（図 11）。

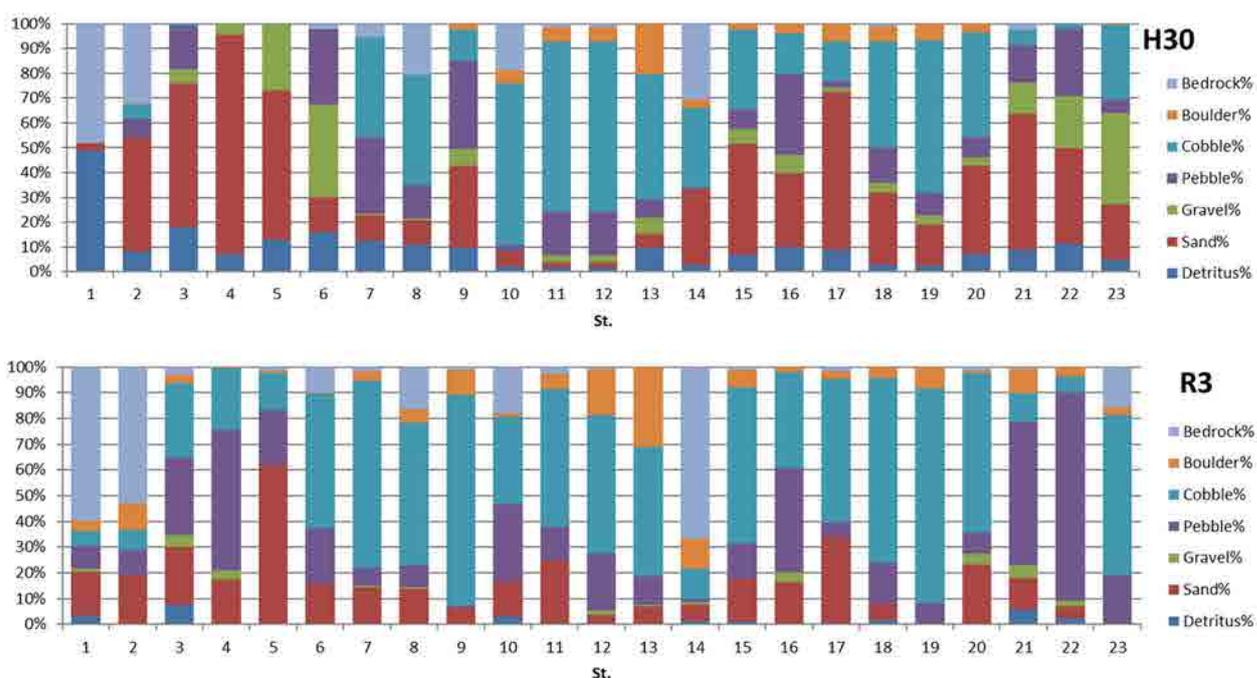


図 11 調査区間の底質組成（上段 H30 年度/下段 R3 年度）

更新された調査区間ごとの環境データと生息密度（採捕尾数/区間水表面積）の関係について全長 200mm 未満と 200mm 以上に分けて検証した。

全長 200mm 未満の生息密度は、9 月には水深との間に負の相関が認められ（Spearman 順位相関係数、 $P=0.003485$ 、 $r_s=-0.5832707$ 、図 12）、11 月には草の被覆度と正の相関が認められた（ $P=0.0125$ 、 $r_s=0.5120088$ 、図 13）が、年間を通して共通の環境因子との間に相関を確認することはできなかった。したがって、ニホンウナギは 200mm 未満の小型サイズでは、季節に応じて生息場所を移動している可能性がある。

一方で全長 200mm 以上の生息密度は、草の被覆度と正の相関が認められ（ $P=0.0236$ 、 $r_s=0.4700939$ 、図 14）、断面積（水面幅×水深）と負の相関が認められた（ $P=0.02381$ 、 $r_s=-0.4694836$ 、図 15）。このことから 200mm 以上のニホンウナギは、周年草を隠れ家として利用し、断面積の小さい水域に多く分布する可能性がある。

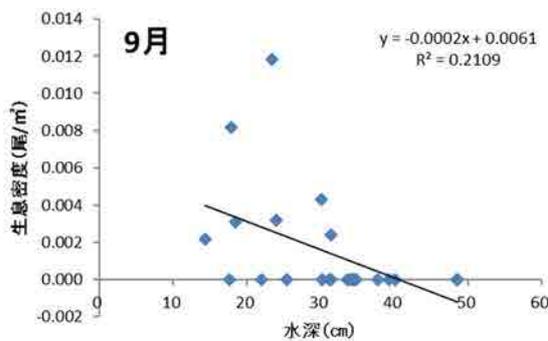


図 12 生息密度（200mm 未満）と水深

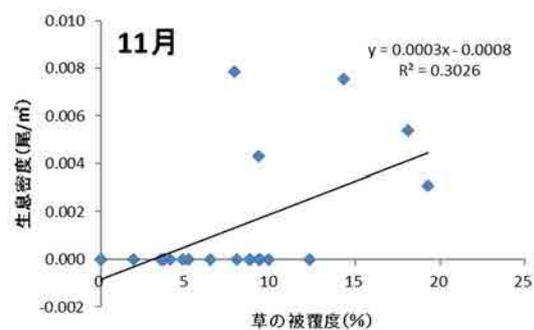


図 13 生息密度（200mm 未満）と草の被覆度

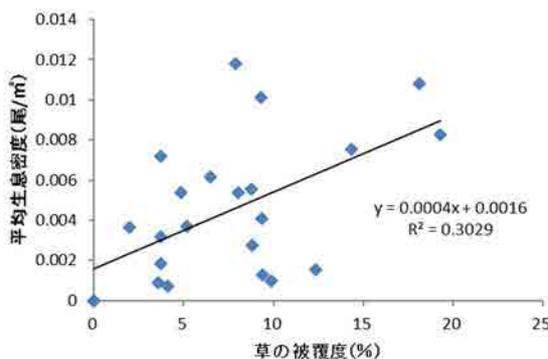


図 14 生息密度（200mm 以上）と草の被覆度

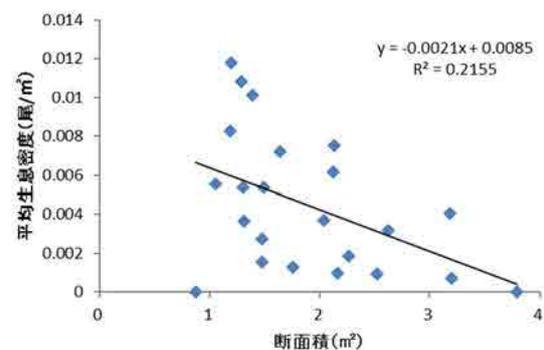


図 15 生息密度（200mm 以上）と断面積

次に、採捕調査における採捕個体ごとの生息環境を、全長 200mm 未満と 200mm 以上に分けて検証した。

令和 2 年 7 月～3 年 11 月に採捕された全長 200mm 未満の 120 個体について、採捕場所の平均流速を調査月ごとに比較すると、7 月及び 9 月に比べ 11 月で有意に遅かった（Steel-Dwass 多重検定、 $P<0.001$ 、図 16）。また、採捕個体の生息環境（瀬又は淵）の割合について調査月ごとに比較すると、7 月及び 9 月に比べ、11 月では有意に淵を利用する割合が増加し

ている (Fisher's exact test、 $P < 0.001$ 、図 17)。さらに、採捕個体の隠れ家は、11月に Detritus (泥) 及び Sand (砂) の割合が急増していることから、全長 200mm 未満では、9月から 11月の間に、流れの緩い砂泥底の淵に生息場所を移動している可能性がある (図 18)。

同様に令和 2 年 7 月～3 年 11 月に採捕された全長 200mm 以上の 147 個体について、採捕場所の平均流速を調査月ごとに比較すると、9月に比べ 11月で有意に遅かった (Steel-Dwass 多重検定、 $P < 0.001$ 、図 19)。また、採捕個体の生息環境 (瀬又は淵) の割合については、継続して淵の利用が 5 割を超え、調査月間に有意差は認められなかった (Fisher's exact test、 $P > 0.05$ 、図 20)。さらに、採捕個体の隠れ家は、周年 4 割以上の個体は草を利用しているが、11月には Cobble (大礫)、Sand (砂) と Detritus (泥) の割合が増加している (図 21)。

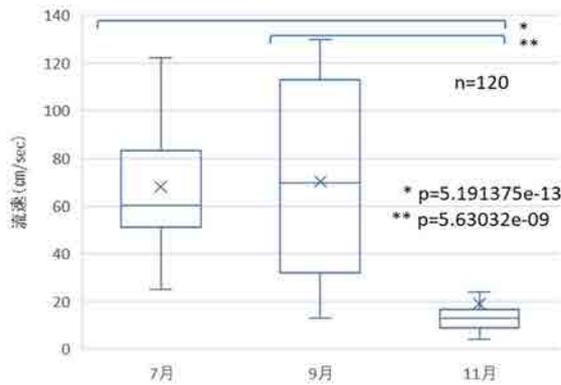


図 16 採捕場所の月別平均流速 (200mm 未満)

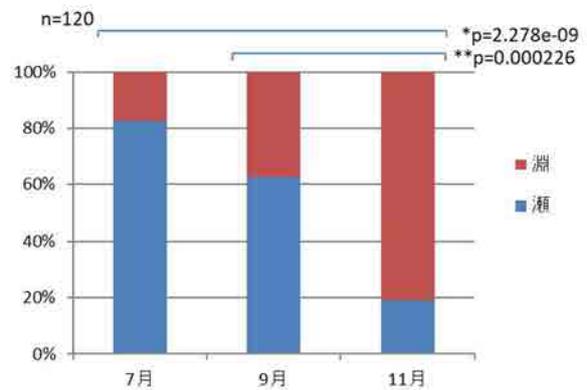


図 17 月別の生息環境 (200mm 未満)

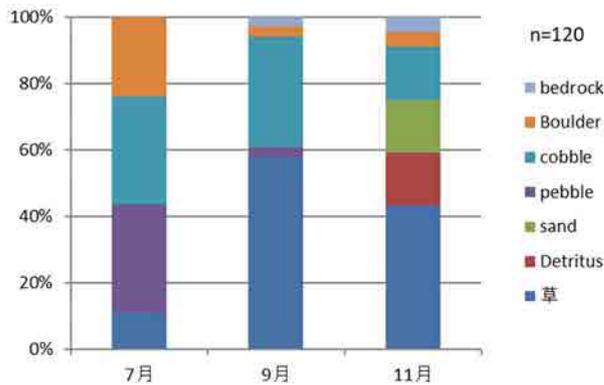


図 18 採捕個体の隠れ家 (200mm 未満)

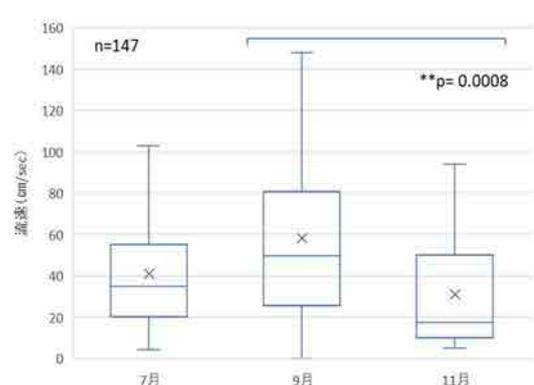


図 19 採捕場所の平均流速 (200mm 以上)

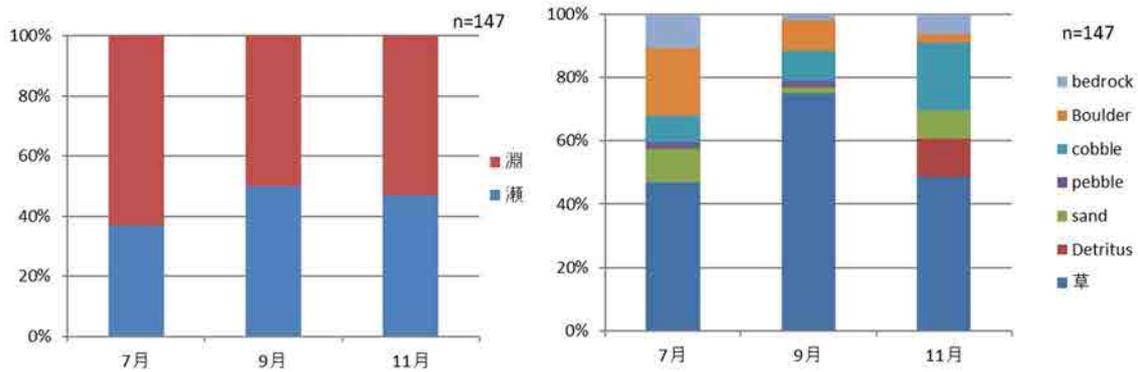


図 20 採捕個体別の生息環境 (200mm 以上) 図 21 採捕個体の隠れ家 (200mm 以上)

(3) 餌料生物の季節変動の把握

ニホンウナギの食性を明らかにするため、7月14日及び15日に日置川で採捕されたニホンウナギのうち、全長200mm以上の38個体について、スタックポンプを用いて胃内容を調査した。39個体中9尾(23%)は空胃個体であり、残りの30尾(77%)について、実態顕微鏡を用いて採取した胃内容物の分類を行った。調査の結果合計で11分類群459個体、総重量34.84gの底生動物が確認された。優占種は、個体数ではカゲロウ目幼虫(65.1%)、ミズアブ科幼虫(25.9%)、ユスリカ科幼虫(5.4%)であり、重量ではミズアブ科幼虫(54.5%)、テナガエビ(31.5%)、不明魚類(8.5%)であった(図22、23)。

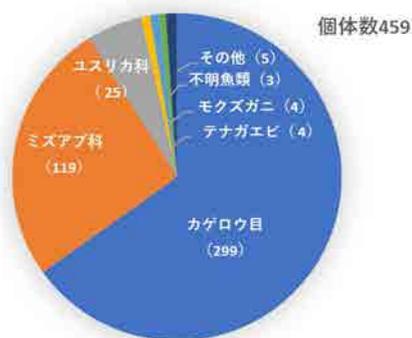


図 22 胃内容物調査結果 (確認個体数)

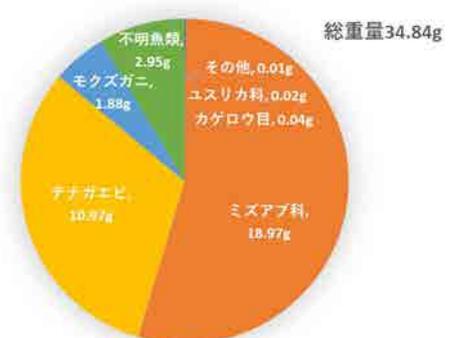


図 23 胃内容物調査結果 (重量)

直近年の採捕調査結果から、ウナギ採捕尾数が多い St. 6、St. 10、St. 12 において、20m の調査区間を3定点設定し、7月14日、9月22日、11月24日の延べ3回、電機ショッカーにより底生魚類及び十脚甲殻類を採捕し、尾数及び重量を調査した(表3)。いずれの定点も単位あたり餌料生物量は7月に最大値を示した。令和2年7月～令和3年11月までの計6回の調査結果から、餌料生物量とウナギ生息密度の関係 (Spearman の順位相関係数、 $P=0.210054$ 、 $r_s=0.343471$ 、図24)、甲殻類の重量とウナギ生息密度の関係 ($P=0.2001$ 、 $r_s=$

0. 3506267、図 25) について検証を行ったが、相関は認められなかった。以上から、餌料生物及び甲殻類とウナギ生息密度の関係については、さらにデータを蓄積する必要がある。

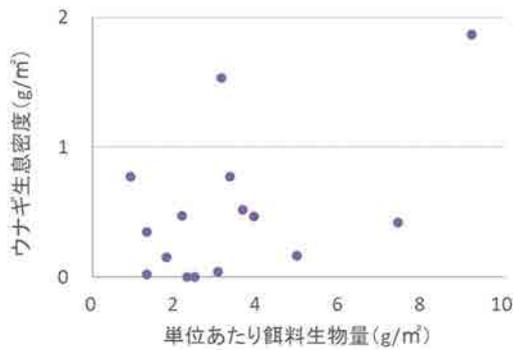


図 24 餌料生物量とウナギ生息密度

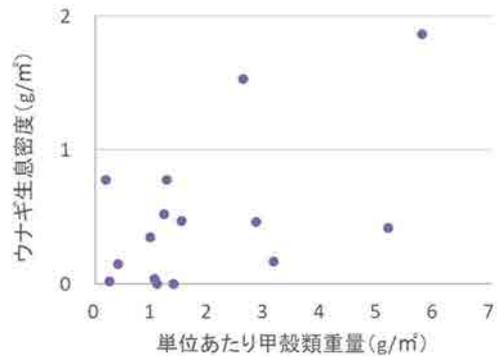


図 25 甲殻類重量とウナギ生息密度

表 3 餌料生物調査結果

調査地点	調査日 標準和名	7月14日			9月22日			11月24日		
		尾数	重量(g)	g/m ²	尾数	重量(g)	g/m ²	尾数	重量(g)	g/m ²
St.6	オイカワ	3	25.2		72	63.9		20	53.96	
	タカハヤ							1	3.4	
	ウグイ	1	5.1							
	ボラ	1	3.4							
	ゴクラクハゼ	11	11.9		13	11.0		1	0.49	
	シマヨシノボリ	4	5.8					2	1.97	
	ヌマチチブ	35	165.8		50	110.3		7	7.94	
	ボウズハゼ	1	3		3	18.1				
	ミズハゼ	2	1.1		2	1.5		1	1.57	
	アユカケ	3	20.4							
	スミウキゴリ				1	7.5				
	モツゴ				2	2.3				
	モクズガニ	25	114.6		14	59.7		11	65.54	
	ミナミテナガエビ	78	326.8		39	49.0		50	89.44	
	ヒラテテナガエビ	10	92.2							
	スジエビ							5	4.94	
ミゾレヌマエビ	34	16		6	2.0		6	1.1		
ミナミヌマエビ							13	1.71		
トゲナシヌマエビ	11	4.7								
小計		219	796	7.43	202	325.39	3.04	117	232.06	2.16
St.10	オイカワ	6	55.4		13	29.2		28	38.65	
	ウグイ	1	6.6							
	ボラ	1	7.9							
	シマヨシノボリ				4	5.0		2	2.68	
	オオヨシノボリ									
	ヌマチチブ	13	53.2		31	49.7		8	51.13	
	ボウズハゼ	1	1.2							
	ミズハゼ	1	0.8							
	アユカケ	4	29.1		1	17.9				
	モクズガニ	10	45.4		4	39.5		8	81.35	
	ミナミテナガエビ	43	169.2		9	25.6		20	30	
	ヒラテテナガエビ	9	40.1		4	24.6		1	0.41	
	スジエビ	9	3.6					4	3.35	
	ミゾレヌマエビ	8	4.2		7	1.9		6	1.49	
	ミナミヌマエビ							1	0.15	
	トゲナシヌマエビ	8	4		1	0.6				
小計		114	420.7	4.96	74	193.87	2.29	78	209.21	2.47
St.12	アユ	1	67.5							
	オイカワ	10	99.2		32	65.01		2	2.21	
	カワムツ	2	33.5							
	タカハヤ	4	4.4					5	19.31	
	ゴクラクハゼ	1	2		3	0.77				
	トウヨシノボリ	1	1.6							
	シマヨシノボリ		0		2	3.74		3	6.63	
	ヌマチチブ	354	116		54	110.62		18	60.63	
	ボウズハゼ	3	12.5		3	29.67		1	18.23	
	モツゴ				6	13.44				
	ミズハゼ							1	1.51	
	アユカケ	1	8.8		1	22.51				
	モクズガニ	23	128		10	57.6		20	171.33	
	ミナミテナガエビ	66	321		23	46.27		34	65.97	
	ヒラテテナガエビ	16	132.5		3	13.63		4	23.16	
	スジエビ							19	23.76	
ミゾレヌマエビ	2	0.9		9	2.53		5	1.6		
トゲナシヌマエビ	1	0.4		2	1.23					
小計		485	928.3	9.21	148	367.02	3.64	112	394.34	3.91

課題と対応策：

本調査により一ツ瀬川水系日置川におけるニホンウナギの移動、成長、資源量、生息環境と生息密度の関係の一部が明らかになった。今後も調査を継続し、更にデータを蓄積することで、より精度の高い成果が得られることが期待できる。

課題番号	1.-(4)	事業実施期間	令和3年度
課題名	鹿児島県内河川におけるニホンウナギの移動状況等の把握		
主担当者	眞鍋美幸（鹿児島県水産技術開発センター）		
分担者	吉満 敏・猪狩忠光・中島広樹（鹿児島県水産技術開発センター）		

令和3年度の成果の要約：

春、夏、秋、冬の年4回、鹿児島市八幡川において、電気ショッカーによりニホンウナギを採捕・標識放流する。令和3年度は秋調査までに延べ146尾採捕し、再採捕の割合は19.3%～53.6%であった。

Jolly-Seber 法による調査区間の推定生息数は、令和3年8月時点で234尾（2.8尾/100 m²）と推定された。

再採捕された160尾の、初回放流日から最終採捕日の平均瞬間成長率（SGR（%/day））は全長が0.035%、体重0.113%であった。

河川環境と採捕尾数の関係について解析したところ、河床に巨礫がある調査区では巨礫面積と採捕数に正の相関がみられ、川床に巨礫のない調査区では、岸のカバー（植生、石垣等）割合と採捕数に正の相関がみられた。

夏季調査と秋季調査で、食性調査を行ったところ、空胃率は夏季が53.5%、秋が76.3%で秋が高かった。大型ウナギ（≥40cm）は魚類や大型甲殻類（エビ、カニ類）を利用し、特に夏季に大型甲殻類を多く利用していた。中型ウナギ（<40cm）は、夏季は魚類や大型甲殻類を利用し、秋季は陸生昆虫の幼虫やミミズを利用していた。

過年度までの成果の概要：

鹿児島市八幡川において、電気ショッカーによりニホンウナギを採捕・標識放流し、平成27年度からの合計で延べ725尾を採捕した（複数回採捕した個体は複数回で集計）。うち再採捕された140尾の、初回放流日から最終採捕日の平均瞬間成長率（SGR（%/day））は全長が0.036%、体重0.104%であった。

Jolly-Seber 法による調査区間の推定生息数は、令和2年11月時点で313尾（4.4尾/100 m²）と推定された。

全流程を5m毎に川幅、水深、優占底質、カバー等を調べる環境調査を行い、底質等の環境要因と採捕尾数を解析したが相関はみられなかった。

調査区別の環境収容力を検討するため、成長と密度の関係を解析したところ、St.6やSt.16等では他の調査区より成長が良く環境収容力に余裕がある可能性が示唆された。一方St.4、St.5は密度が高く成長が悪いので環境収容力に余裕が少ないと推定された。