

課 題 番 号	1.-(1)	事業実施期間	平成 31 年度
課 題 名	和歌山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	林寛文（和歌山県水産試験場）		
分担者	岩橋恵洋・小川満也・河合俊輔・中西一・賀集健太（和歌山県水産試験場）、 揖善継・平嶋健太郎・國島 大河（和歌山県立自然博物館）		

平成 31 年度の成果の要約：富田川水系高瀬川において、ニホンウナギの生息個体数推定調査およびクロコの生息調査を行った。生息個体数推定調査は、富田川水系高瀬川の感潮域上縁部の基点から第 1 堰堤までの流程 900m（流域面積 4120.5 m²）で、計 3 回（6 月、9 月、11 月）実施した。電気ショッカーを用いてニホンウナギを採捕し、採捕場所、河床環境、全長、体重、標識等の情報を記録した。2019 年の採捕数は合計 416 尾（全長 52-591mm、体重 0.11-269.2g）、このうち PIT タグ標識が可能である全長 150 mm 以上の個体 225 尾のうち 214 尾に PIT タグを付けて放流した。調査区間別の採捕数は、St. 1～St. 7 の底質が Pebble（17-64mm）又は Cobble（65-256mm）が占める割合が高い区間で全長 200mm 未満の小型個体が多く採捕された。また、採捕場所の底質は、全長 100mm 未満の個体の 45.0%が Pebble（17-64mm）で、全長 100-200mm 未満の個体の 41.8%が Cobble（65-256mm）で、全長 200mm 以上の個体は主に石垣で採捕されるなど、体サイズに応じて生息環境に違いが見られた。再採捕個体の移動距離は、再採捕個体の 61.2%が放流地点から 50m 以内で再採捕され、そのうち 46.4%は放流時と同区間（10m 以内）で再採捕された。また、74.2%が放流地点から 100m 以内で再採捕されたことから、河川生活期における移動は少ないと考えられた。瞬間成長率（SGR）を求めたところ、全長の瞬間成長率は、0-0.99%が全体の 83.9%を占め、体重の瞬間成長率は、0-0.09%、0.10-0.19%がそれぞれ全体の 30.6%であった。また、体サイズ別の全長の瞬間成長率及び体重の瞬間成長率は、体サイズが小さい個体は大きく、体サイズが大きくなるほど小さくなった。生息個体数推定は、PIT タグによる個体識別標識が可能な全長 150 mm 以上の個体を対象とした。Jolly-Seber 法を用いて推定したところ、2019 年 9 月時点での推定生息数は 684 尾、100 m²あたりの推定生息密度は 16.6 尾であった。クロコの生息調査は、河口から感潮域上縁部にかけて 4 ヶ所の定量調査地点で毎月 1 回（2019 年 4 月～2020 年 2 月）、クロコの出現状況や環境条件等を調査した。シラウナギの来遊時期に併せてクロコの出現が見られ、シラスウナギの来遊初期には河口付近で、シラスウナギの来遊が確認できなくなった後は感潮域上縁部で、多くクロコが確認された。シラスウナギの来遊量は、2020 年 1 月が 920 尾、2 月が 986 尾で近年では非常に多かったが、クロコの出現数は、1 月が 0.44 尾/m²、2 月が 14.31 尾/m²であった。このことから、2019-2020 年シーズンのシラスウナギの来遊の盛期は 1 月からで、クロコの河川への加入は 2 月からと考えられた。

過年度までの成果の概要：富田川水系高瀬川の調査区間で、河川の計測及び底質等の河川環境を

記録し詳細な河川環境データを得た。生息個体数推定調査を、計3回（2018年6月、8月、10月）実施し、合計326尾のうち317尾にPITタグを用いて標識放流を行った。Jolly-Seber法を用いて全長120mm以上の生息個体数密度を推定したところ、100㎡あたり10.9尾であった。調査区間の隠れ家面積（土手、草、石垣護岸）は188.35㎡であった。各区間の隠れ家面積の広さと生息密度との間には相関は見られなかった。全長別の生息環境では、大型個体は、土手、草、石垣護岸などを隠れ家として利用し、小型個体は、小石や砂利などの礫底を利用する傾向が見られた。放流後の移動距離は、放流地点から50m以内で全体の71.2%の個体が再採捕された。また、再採捕個体の81%が初回の採捕場所と同じ種類の隠れ家で採捕された。再採捕が確認された個体は60個体であり、再採捕個体の成長は54.4mm/年であった。河口から感潮域上縁部にかけての4地点で、毎月1回、クロコの出現状況や環境条件等を調査した。クロコの平均出現数は0.62尾/㎡であった。シラウウナギの来遊時期に併せてクロコの出現が見られ、シラスウナギの来遊が確認できなくなった後も、感潮域上縁部でクロコが確認された。

全期間を通じた課題目標及び計画：ニホンウナギをはじめとした内水面魚種漁獲量の減少傾向への対策として、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ニホンウナギ等の内水面水産資源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。本課題ではニホンウナギをはじめとする内水面魚種が生息するために必要な環境を、維持・改善するために重要な環境収容力の調査手法について検討する。富田川水系高瀬川において調査を行い、ニホンウナギの生息状況、体サイズ、行動、生息環境等に関するデータを収集・解析する。

当該年度計画：本年度は、ニホンウナギの生息個体数の推定、成長、移動、生息環境等について、標識放流等の手法を活用して採捕調査を行い、河川等の環境とニホンウナギの生息状況に係る知見を収集・分析する。

i. 生息個体数推定調査：富田川水系高瀬川に設定した調査区間において、年3回程度、電気ショッカーを用いて生息個体の採捕調査を行う。採捕個体は、全長、重量を測定した後、個体識別のためPITタグによる標識を行い採捕場所に放流する。標識再捕法により調査区間における生息個体数を推定し、河川環境と生息個体数についてのデータを収集する。

ii. クロコの生息調査

河口域に来遊したシラスウナギがクロコ期を経て黄ウナギ期へと成長していく過程の環境条件と生態を把握するため、河口から感潮域上縁部にかけて設定した4ヶ所の定量調査地点において、クロコの出現状況や環境等を調査する。電気ショッカーを用いて毎月1回、枠取調査によりクロコを採捕し、体長、重量等の測定後に採捕場所に放流を行う。また、水温、塩分等の環境情報を収集する。

結果：調査場所は、2017年、2018年と同様に富田川水系高瀬川の感潮域上縁部に設定した基点か

ら上流にある第1堰堤を終点とした流程900mを50m間隔に分割したSt.1からSt.18までの18区間とした。採捕調査は、2019年6月、9月、11月の計3回実施し、電気ショッカーを用いて調査区間内のニホンウナギを採捕し、採捕場所、河床環境、全長、体重、標識等の情報を記録した。全長150mm以上の未標識個体にはPITタグ（長さ8mm）及びイラストマー蛍光色素による標識（下顎に黄色色素）を行い採捕場所に放流した。2019年の採捕数は合計416尾（全長52-591mm、体重0.11-269.2g）であった（表1）。採捕個体の体長組成は全長200mm未満の個体が68.9%を占め、体重組成は10g以下の個体が72.8%を占めるなど、小型個体の割合が多かった（図1、図2）。

表1 月別、年別採捕数

		2017年			2018年			2019年			合計
調査月		7月	8月	9月	6月	8月	10月	6月	9月	11月	
採捕尾数 (尾)	月別	117	108	118	134	215	76	183	182	51	1,184
	計	343			425			416			

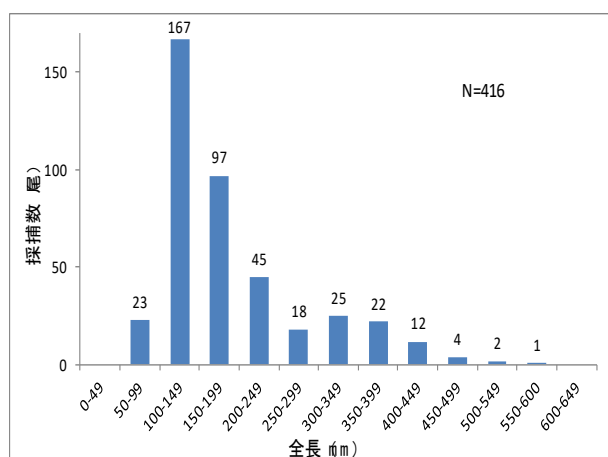


図1-1 採捕個体の体長組成

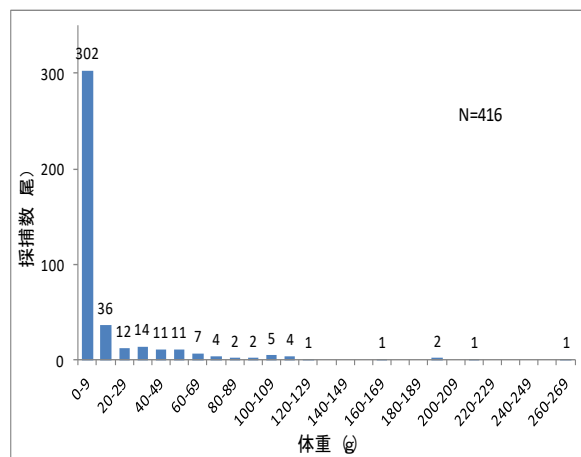


図1-2 採捕個体の体重組成

調査区間別の採捕数を図2に、調査区間別の底質割合を図3に示す。全長200mm未満の小型個体は、下流部のPebble（17-64mm）又はCobble（65-256mm）が占める割合が高い区間（St.1-St.7）で多く採捕された。また、Concreteの占める割合が高い区間（St.10, St.18）では、採捕は少なかった（図2, 図3）。全長別の生息環境では、全長100mm未満の個体の45.0%がPebble（17-64mm）で、全長100-200mm未満の個体の41.8%がCobble（65-256mm）で採捕された。また、全長200mm以上の個体は、主にStone Wall（石垣）で採捕されるなど、全長に応じて採捕場所の生息環境に違いが見られた（図4）。

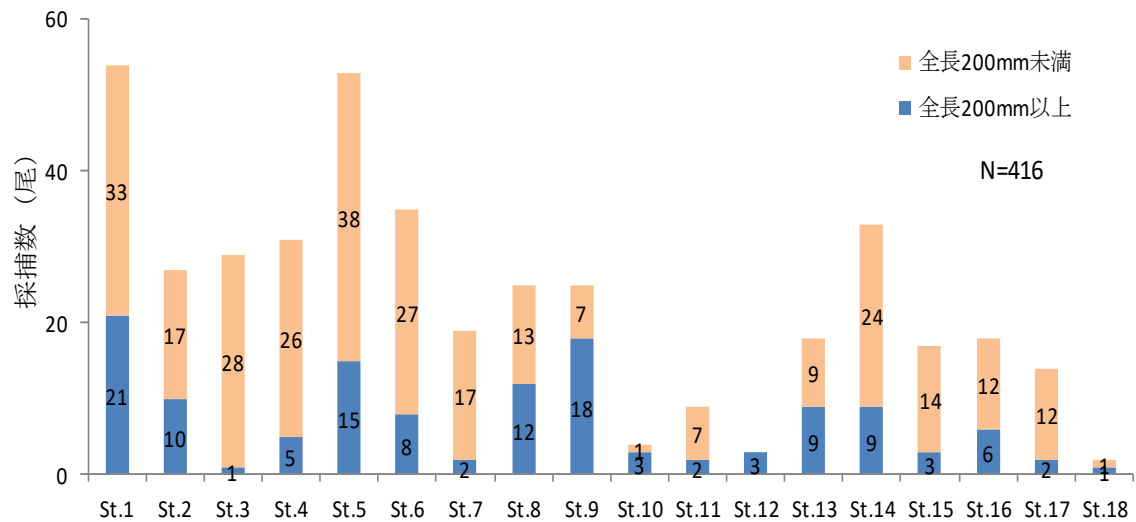


図2 調査区間別の採捕数

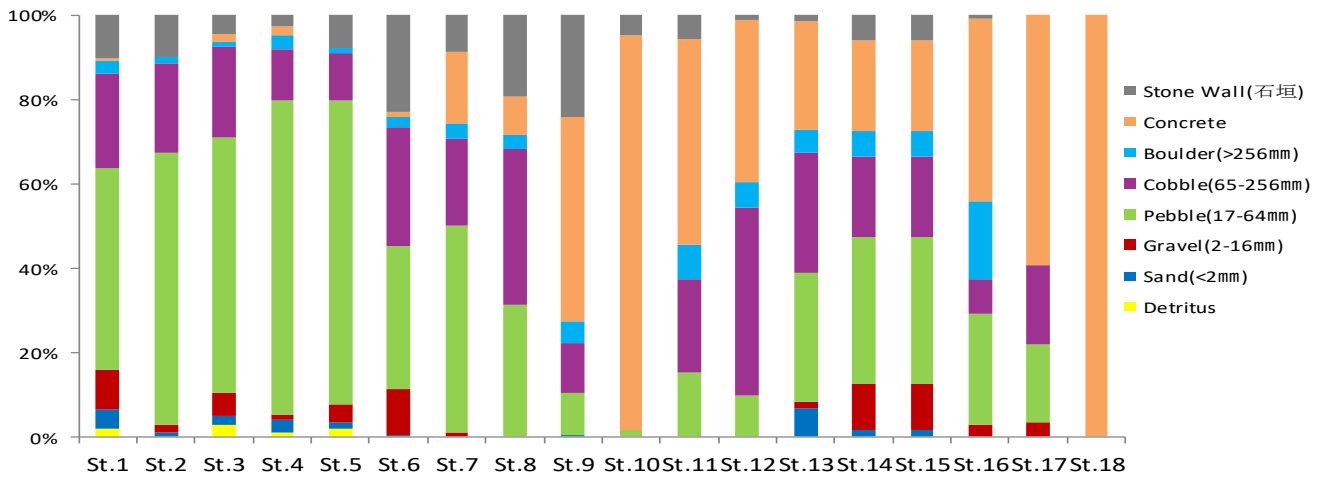


図3 調査区間別の底質割合

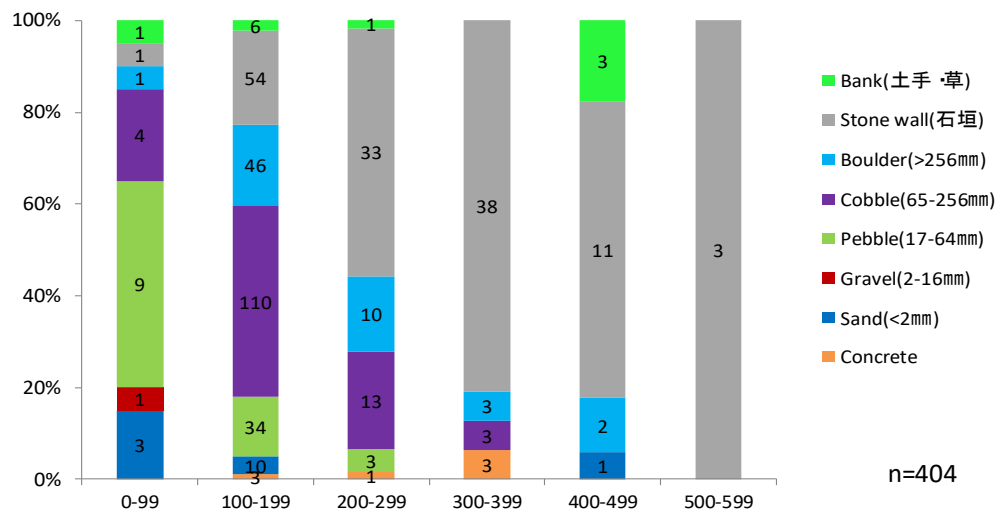


図4 全長別の生息環境割合

再採捕個体の移動距離を図5に示す。個体識別標識による採捕記録から2019年に再採捕された62尾の移動距離を求めたところ、放流地点から±50m以内で38尾(61.2%)が再採捕され、そのうち13尾(46.4%)は±10m以内であった。平均移動距離は68.1mであり、調査区間内での大きな移動は認められなかった(図5)。

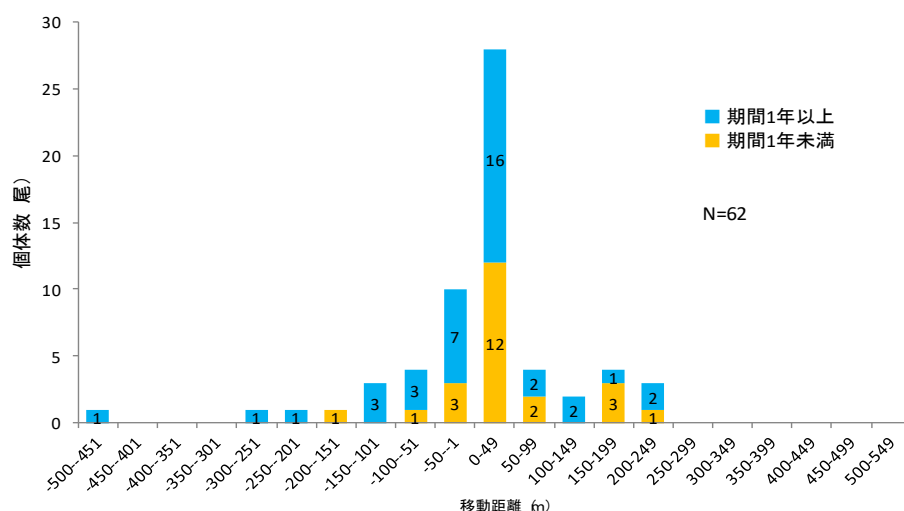


図5 再採捕個体の移動距離

再採捕個体の瞬間成長率(specific growth rate;SGR)を次の式で求めた。全長の瞬間成長率(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。体重の瞬間成長率(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。また、求めた瞬間成長率(SGR)から体サイズ別(150-199mm, 200-299mm, 300-399mm, 400-499mm, 500-599mm)に瞬間成長率(SGR)を算出した。全長の瞬間成長率(SGR)は、0-0.99%が全体の83.9%を占め、体重の瞬間成長率(SGR)は、0-0.09%, 0.10-0.19%がそれぞれ全体の30.6%であった(図6-1, 図6-2)。体サイズ別の全長の瞬間成長率(SGR)および体重の瞬間成長率(SGR)は、体サイズが小さい個体は大きく、体サイズが大きくなるほど小さくなった(図7)。再採捕個体の体長変化を図8に、再採捕個体の体重変化を図9に示す。

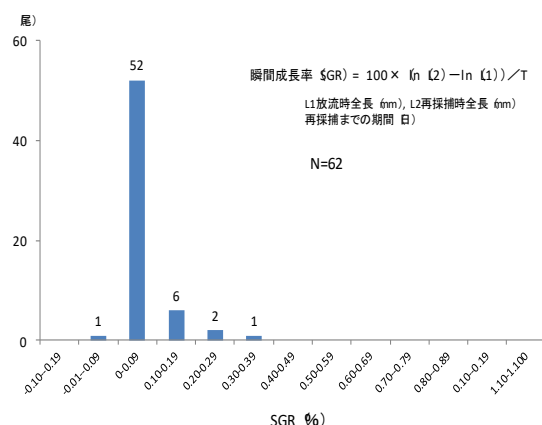


図6-1 再採捕個体の全長の瞬間成長率

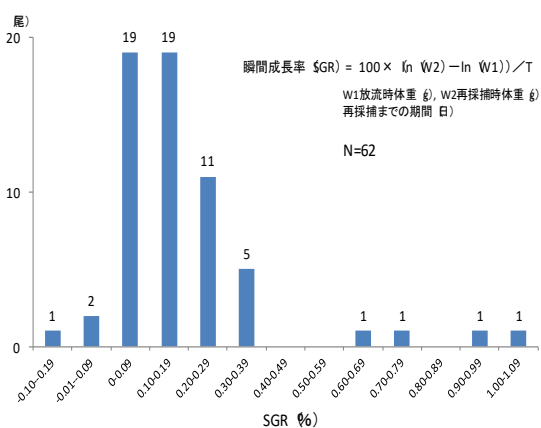


図6-2 再採捕個体の体重の瞬間成長率

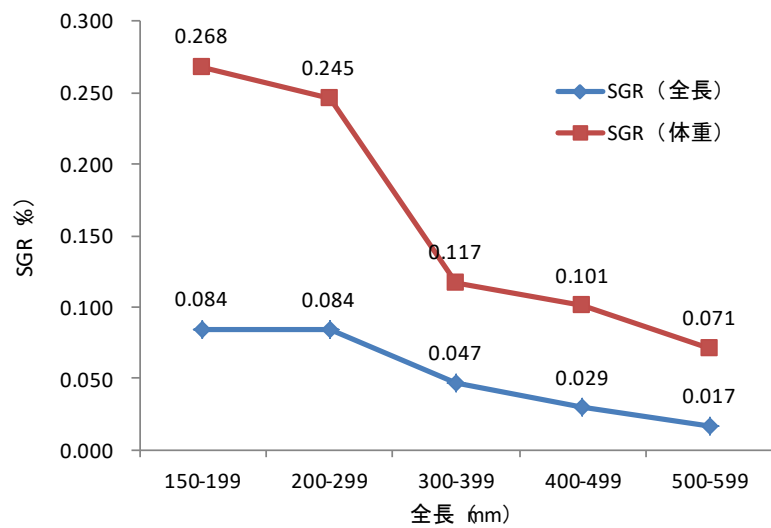


図7 再採捕個体の全長別瞬間成長率（全長・体重）

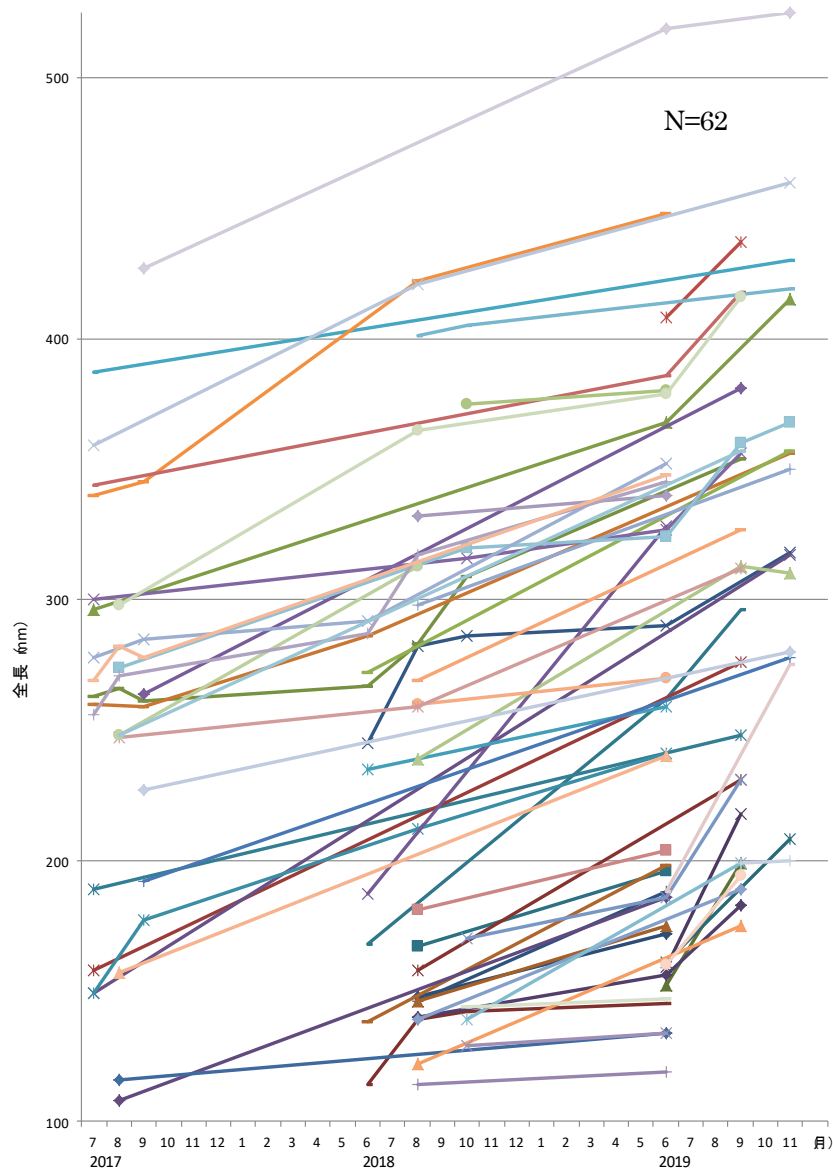


図8 再採捕個体の体長変化

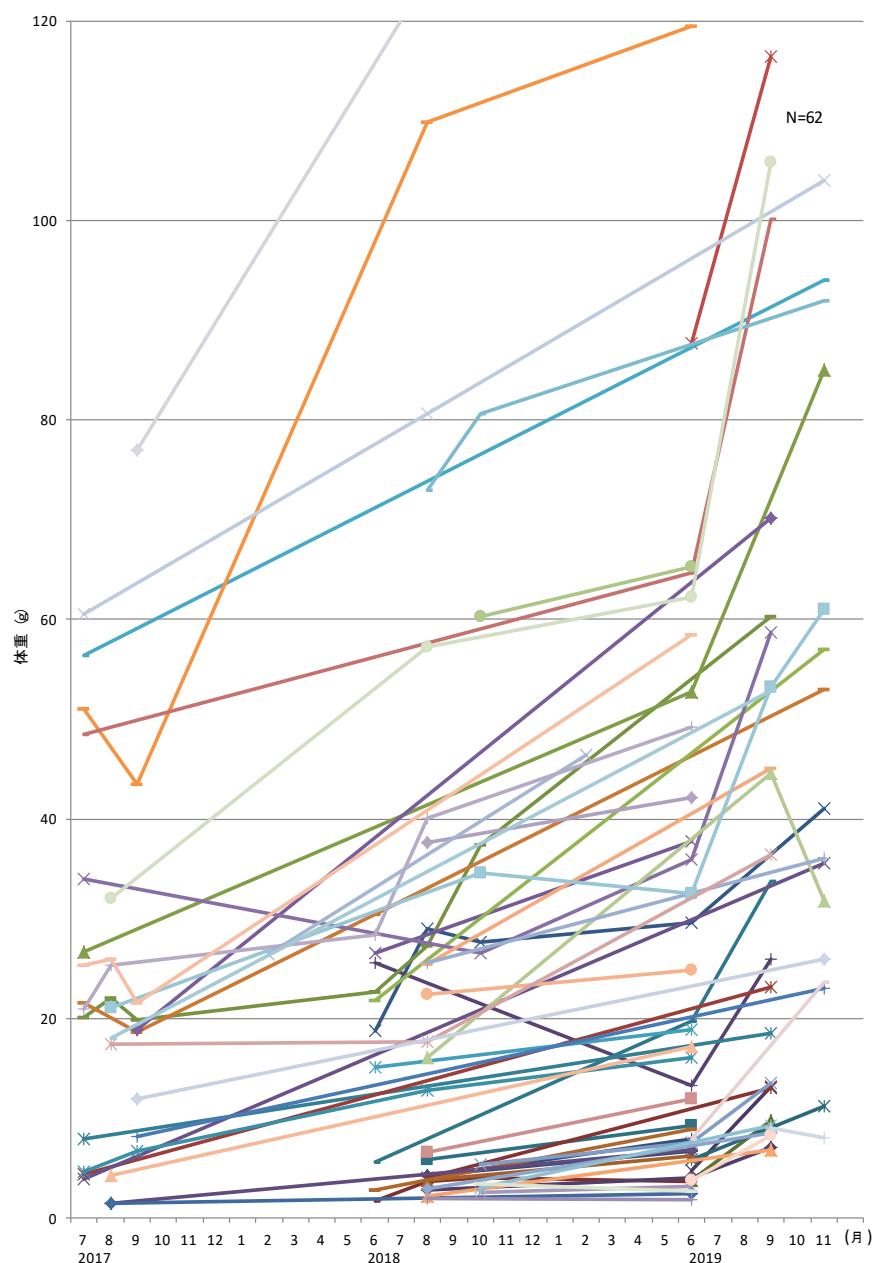


図9 再採捕個体の体重変化

生息個体数推定は、PIT タグによる個体識別標識が可能な全長 150 mm以上の個体を対象とした。全長 150 mm以上の採捕個体計 225 尾のうち 214 尾に PIT タグ及びイラストマー蛍光色素による標識（下顎に黄色色素）を行い採捕場所に放流した。各調査での再採捕個体の割合は 6 月 27.3%、9 月 22.7%、11 月 40.9%であった。標識再捕法（Jolly-Seber 法）を用いて調査区間（流程 900m、流域面積 4120.5 m²）における生息数を推定したところ、2019 年 9 月時点での推定生息数は 684 尾、100 m²あたりの推定生息密度は 16.6 尾であった（表 2）。

表2 標識再捕法（Jolly-Seber 法）による生息数推定

回数	調査年月	総採集個体 ($>150\text{mm}$)	標識放流 個体	2017.7 放流	2017.8 放流	2017.9 放流	2018.6 放流	2018.8 放流	2018.10 放流	2019.6 放流	2019.9 放流	再捕個体 合計
1	2017年 6月	101	101									
2	2017年 8月	93	91	22								22
3	2017年 9月	71	71	10	7							17
4	2018年 6月	96	90	14	4	5						23
5	2018年 8月	127	124	9	6	3	8					26
6	2018年 10月	33	33	5	2	1	1	6				15
7	2019年 6月	84	77	7	3	2	5	4	2			23
8	2019年 9月	97	95	5	4	1	2	3	2	5		22
9	2019年 11月	44	42	4	2	3	3	3	0	2	1	18
推定生息数 尾)				835	486	217	304	462	139	684		166
推定生息密度 尾/100m ²)				20.3	11.8	5.3	7.4	11.2	3.4	16.6		

クロコの生息調査では、河口から感潮域上縁部にかけて4ヶ所の定量調査地点を設定し、毎月1回（2019年4月～2020年2月）、クロコの出現状況や環境条件等を調査した。シラスウナギの来遊時期に併せてクロコの出現が見られ、シラスウナギの来遊初期には河口付近で、シラスウナギの来遊が確認できなくなった後は感潮域上縁部で多くクロコが確認された。シラスウナギの来遊量は、2020年1月が920尾、2月が986尾で近年では非常に多かったが、クロコの出現数は、1月が0.44尾/m²、2月が14.31尾/m²であった。このことから、2019-2020年シーズンのシラスウナギの来遊の盛期は1月からであるが、クロコの河川への加入は2月からと考えられた（表2）。

表2 クロコの出現状況

調査年月		クロコ出現数 尾/m ²)					シラスウナギ 採捕数 尾)
		K 1	K 2	K 3	K 4	平均	
2018	4	1.75	0.25	1.75	2.75	1.63	209
	5	1.75	3.00			1.19	425
	6		1.25		0.75	0.50	3
	7			0.25	0.50	0.19	1
	8						0
	9	0.25				0.06	0
	10	0.50		0.50		0.25	0
	11			0.25	0.25	0.13	0
	12						4
	1	1.25			1.25	0.63	8
	2	3.25		1.00	1.50	1.44	19
	3	2.75	0.75		2.25	1.44	96
2019	4	1.50		1.50	5.50	2.13	55
	5	0.25			0.25	0.13	3
	6		0.25		0.50	0.19	0
	7	※	※	※	※	※	0
	8			0.25		0.06	0
	9						0
	10						0
	11			0.25	0.25	0.13	11
	12				0.25	0.06	56
	1	※	0.50	1.00	0.25	0.44	920
	2	33.00	4.50	7.25	12.50	14.31	986

※：増水などにより調査未実施

課題と対応策：特に問題なく順調に実施された。

課 題 番 号	1.-(2)	事業実施期間	平成 31 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・占部 敦史・隅川 和（高知県内水面漁業センター）		

平成 31 年度の成果の要約：本年度は、箱漁法、電撃ショッカー及び石倉漁法で、計 570 個体のニホンウナギ（以下、ウナギ）を採集し、全長体重測定、成熟段階の判別、DNA 採取及び標識放流を行った。平均全長は 44.5cm、平均体重は 123.7g であった。成熟段階は、Y1 が 4 個体、Y2 が 554 個体、S1 が 8 個体、S2 が 4 個体であった。

標識の有無とマイクロサテライトマーカーによる個体識別の結果、本年度は 570 個体のうち延べ 72 個体が再採捕であった。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 2,956 個体となり、再採捕個体は延べ 307 個体となった（2 回目：284 個体、3 回目：21 個体、4 回目：2 個体）。本年度より、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 ローカスに増やすことにより、分析効率を高めた。

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 0.018%、体重が -0.025% であった。再採捕までの期間が 150 日以下の場合、全長が 0.010%、体重が -0.243% で、期間がそれ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 定点で実施し、ウナギとその他魚介類を採捕し、河床評価の結果との関連性について検討した。河床の巨礫（直径 256mm 以上）の割合とウナギの確認尾数との間に相関が認められ、巨礫の割合が高いほど確認尾数が多くなる傾向が認められた。

過年度までの成果の概要

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 2,386 個体となり、再採捕個体は延べ 236 個体となった（2 回目：217 個体、3 回目：18 個体、4 回目：1 個体）。

平成 25 年度以降の全再採捕個体の成長（体重）についてみると、1 日当たりの瞬間成長率は、全体で -0.029% であった。再採捕までの期間が 1 年以下の場合、SGR は負の値（-0.085%）で、1 年を超えると正の値（0.105%）となったことから、放流後一定期間は成長が停止すると考えられた。

平成 25 年度以降の全再採捕個体の移動についてみると、流域ごとに遡上、定位及び降下の傾向が異なり、特に中流上部と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については、調査地点3定点を選定し、河床評価を実施した。

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の資源保全を行うためには、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か年にわたるウナギの調査を行い、成熟個体の出現、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の知見としては不十分な点が多い。

そこで本課題では、奈半利川における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（底生魚類や甲殻類）の直接的な採集によるウナギの餌環境評価を行い、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、ウナギが生息するために必要な環境を維持・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）によるサンプルの採集、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、当該河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調査地点で電撃ショッカーを用いた採集を実施し、環境評価調査と採集調査の結果を解析する。

結果：

（1） 標識放流調査結果

奈半利川水系で、ウナギ570尾（箱漁法546尾、石倉漁法12尾、電撃ショッカー12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。平均全長は44.5cm、平均体重は123.7gで、全長50cm以下が73.0%、体重150g以下が73.0%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る可能性がある（小さいものは脱出でき、大きいものは入りきらない）。

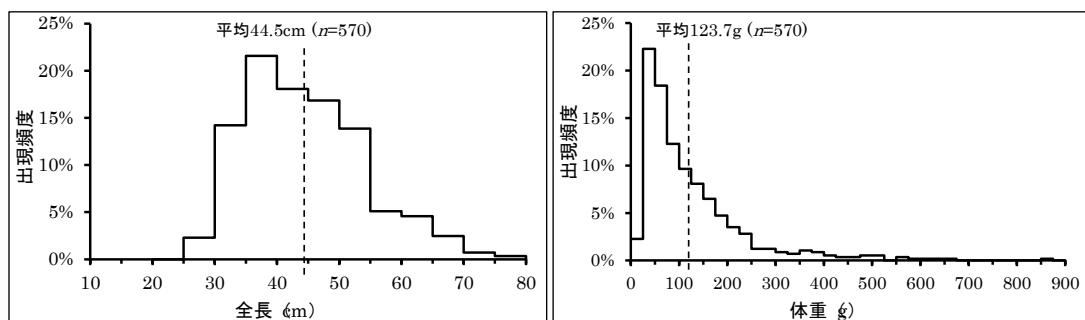


図1 全長出現頻度

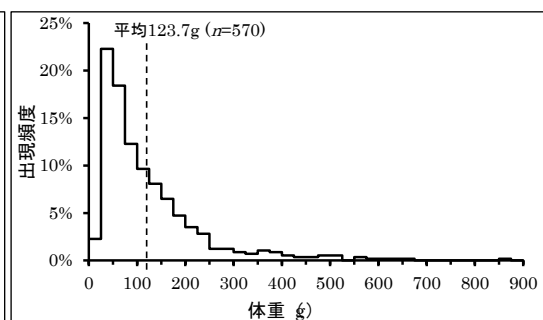


図2 体重出現頻度

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、次いで下流が多かった。

表 1 流域別採集個体数一覧

流域区分	個体数	割合
上流	62	10.9%
中流上部	166	29.1%
中流下部	56	9.8%
下流	119	20.9%
河口	90	15.8%
支流 (2河川計)	77	13.5%
合計	570	100.0%

肥満度 (CF=体重÷(全長³)×1,000) について、流域区分別平均肥満度を図 3 に示した。流域区分別で有意な差は認められなかった (Kruskal-Wallis rank sum test, $P = 0.09$)。

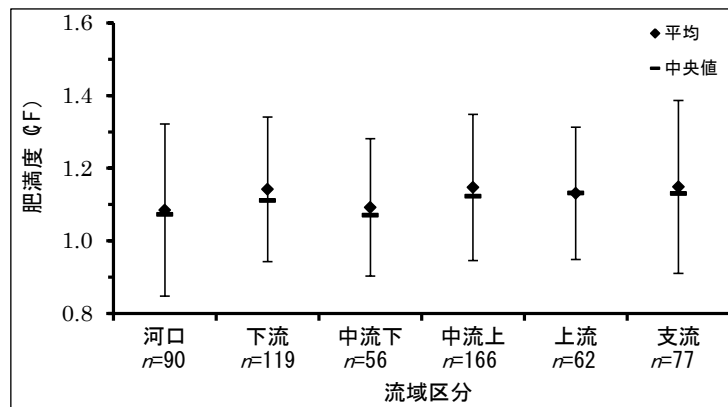


図 3 流域区分別平均肥満度 (上下線は標準偏差)

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 4 及び図 5 に示した。銀化ウナギ (S1 及び S2) は、河口、下流、中流上部及び支流 (西谷川と野川川の計) で確認されたが、その数は少なかった (S1 が 8 尾、S2 が 4 尾)。月別にみると、銀化ウナギは 9 月、11 月及び 12 月に出現した (9 月に 8 尾、11 月に 3 尾及び 12 月に 1 尾)。

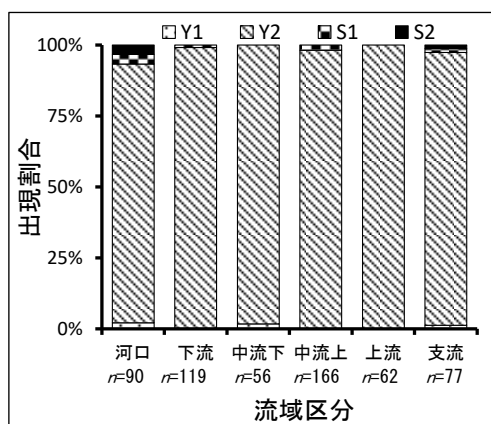


図 4 流域区分別成熟段階別割合

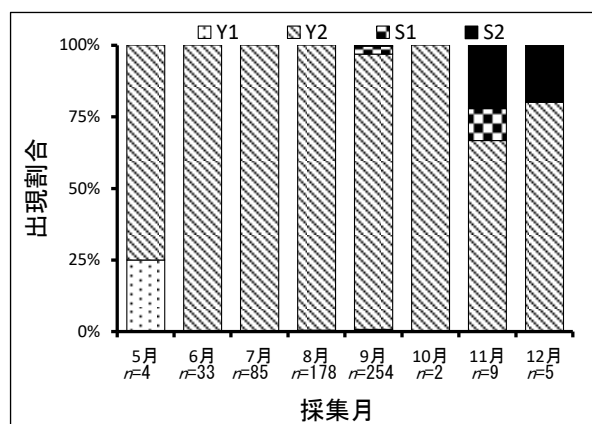


図 5 月別成熟段階別割合

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、マイクロサテライト DNA 5 ローカスによる個体識別 (平成 25 年度から累積して合計 2,956 個体分) を実施した。その結果、本年度に採集した 570 個体のうち、213 個体が過去のジェノタイプと一致した。これらのうち、再採捕魚として矛盾が

ある個体（再採捕時の全長が放流時よりも2cm以上短くなっているもの）及び過去に6ローカスの確認が終了した個体を除き、過去の採捕個体とともに追加分析を実施した。イラストマー標識の確認とDNA分析の結果、延べ72個体が再採捕個体で、うち4個体はイラストマー標識を確認することができなかった。確認できなかった理由は、眼球側方の標識を見落としか、標識そのものが消失したものと考えられた。

表2 個体識別結果一覧

摘要	個体数	詳細
個体数合計（本年度）	570	箱漁法 546、石倉 12、電撃 12、平成 25 年度以降 計 2, 956
イラストマー標識確認	延べ 68	うち 1 個体は過去 DNA データ無し
マイクロサテライト DNA 6 ローカス一致 (Anja 3, 10, 15, 37, 48, Ajp 33)	延べ 71	過去採集分合わせて 348 個体を追加分析 一致個体のうち 4 個体はイラストマー確認できず 2 回目 67 個体、3 回目 3 個体、4 回目 1 個体
イラストマーあり、過去 DNA 無し	1	桃色（平成 28 年度放流・養殖ウナギ）

本年度の標識再採捕率は 11.8%、平成 25 年度からの累計では 9.6%（284/2956）であった。

平成 25 年度以降の延べ 2, 956 個体のうち、同一個体であると確認された延べ 307 個体（2 回目 284 個体、3 回目 21 個体及び 4 回目 2 個体の合計）について、全長と体重の瞬間成長率（SGR＝（LN（再採捕時の値）－LN（放流時の値））÷再採捕までの日数×100）を求めた。SGR と再採捕までの日数を、図 6 に示した。全体の平均値は、全長が 0.018%、体重が -0.025% であった。

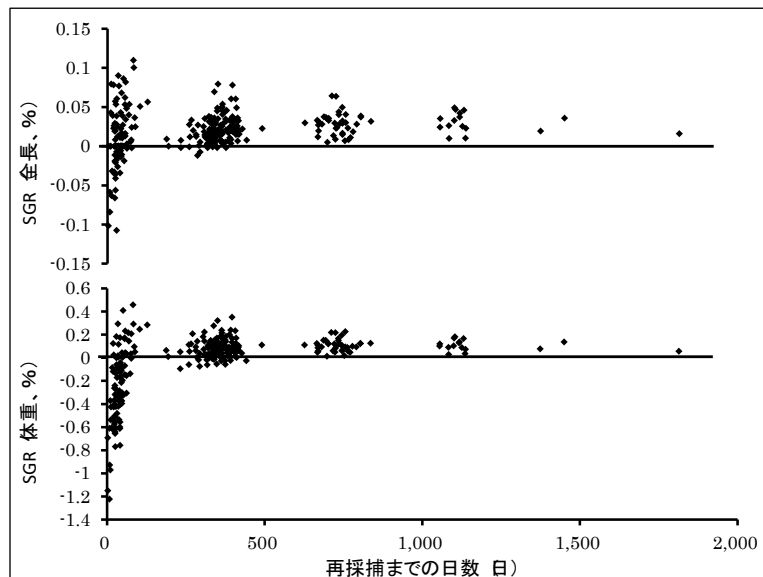


図 6 SGR（日間成長率）

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ることから、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、SGR の平均値と標準偏差を図 7 に示した。全長、体重ともに、SGR は日数区分間で有意な差が認められ（Anova, $P < 0.01$ ）、150 日以下と 151 日以上の間で有意な差が認められた（Tukey, $P < 0.05$ ）。一方、151 日以上ではそれぞれの間に有意な差は認められなかった（ $P > 0.10$ ）。

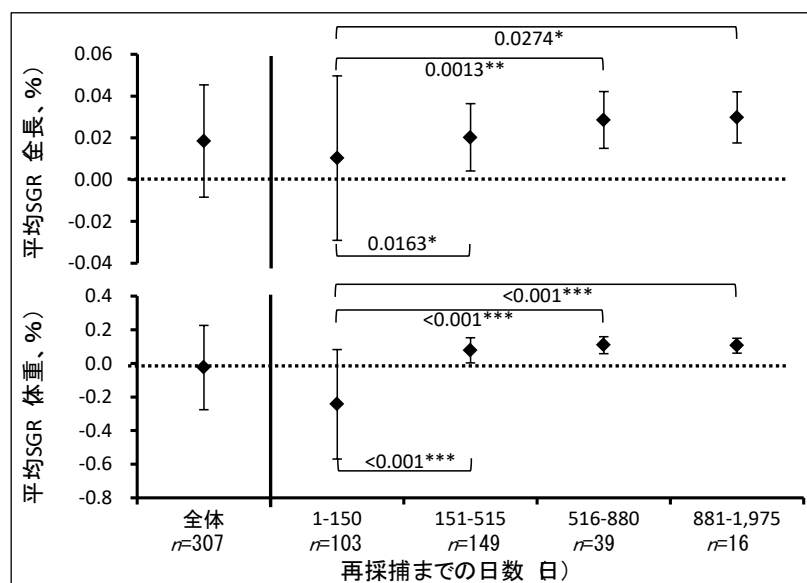


図7 日数別成長率（上下線は標準偏差を示す）

放流位置からの移動距離（放流地点と再採捕地点の距離）を、図8に示した。移動の範囲は-15.7km（降下）から10.4km（遡上）で、平均は-0.15km（降下）であった。

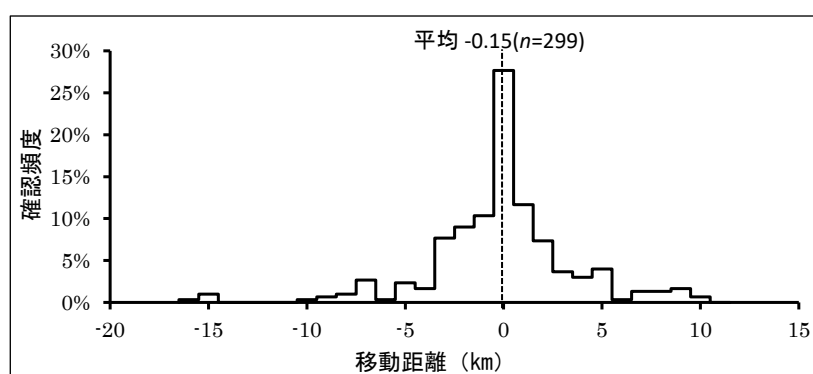


図8 放流位置からの移動距離（遡上・降下が不明瞭な個体を除く）

放流位置からの移動の傾向（支流を除く）を図9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（21.6%）が、流域別にみると、河口及び中流下部で多く（88.9%、28.6%）、下流、中流上部及び上流で少なかった（20.0%、15.9%及び17.1%）。また、遡上した個体は下流で多く、降下した個体は上流ほど多かった（Pearson's Chi-squared test, $P < 0.001$ ）。

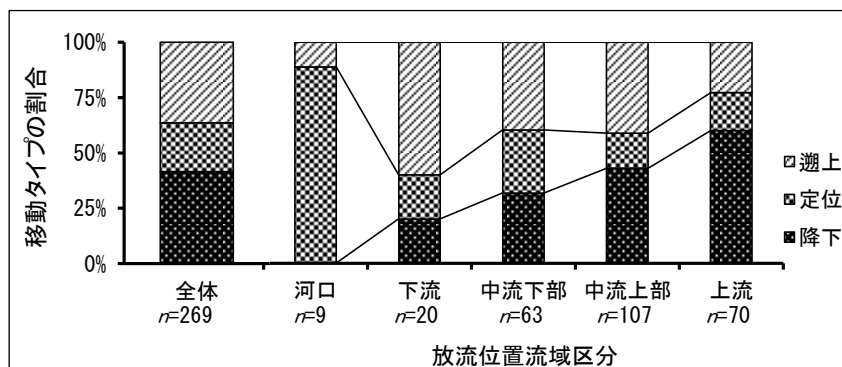


図9 流域区分別移動の傾向（支流を除く）

(2) 定点調査結果

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か所の調査区域を設定し、電撃ショッカーによる採捕調査を実施した（表3）。底質粗度は、昨年度に実施した河床評価結果から、調査実施区域の値を抽出し、平均して求めた。

表3 調査結果一覧（取り消し線の入ったデータは解析から除外）

実施月	地点名	河口からの距離	箇所名	巨礫率※	底質粗度※	その他魚介類			ニホンウナギ			備考
						面積 (㎡)	個体数 (個体/㎡)	重量 (g/㎡)	面積 (㎡)	確認 尾数	確認尾数 (尾/㎡)	
5月	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	235	0.06	0.38	235	0	0.000	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	4	1.25	0.24	190	0	0.000	
	柏木マキ (中流)	7.6km	右岸早瀬	44.3%	4.26	0			290	2	0.007	逃避2尾
			中央平瀬	52.6%	4.40	4	1.50	12.95	300	1	0.003	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	200	0.16	1.58	200	2	0.010	逃避1尾
	小島 (上流)	18.4km	右岸トロ(下)	73.4%	4.63	90	0.20	0.30	90	2	0.022	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	100	0.30	1.04	100	1	0.010	逃避1尾
			上流平瀬	71.9%	4.54	113	0.06	0.32	113	0	0.000	
	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	0			0			未実施 増水)
9月	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	0			0			
			右岸早瀬	44.3%	4.26	220	0.08	0.49	220	0	0.000	
	柏木マキ (中流)	7.6km	中央平瀬	52.6%	4.40	224	0.12	0.41	224	0	0.000	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	400	0.13	1.14	400	3	0.008	
			右岸トロ(下)	73.4%	4.63	75	0.17	0.77	75	0	0.000	
	小島 (上流)	18.4km	右岸早瀬	86.3%	4.80	50	0.54	1.98	50	0	0.000	
			上流平瀬	71.9%	4.54	178	0.08	1.20	178	1	0.006	
			右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	150	0.09	0.46	150	0	0.000	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	210	0.27	1.03	210	2	0.010	
12月	野友 (下流)	4.2km	右岸早瀬	44.3%	4.26	310	0.16	0.78	310	0	0.000	
			中央平瀬	52.6%	4.40	220	0.26	1.68	220	0	0.000	
	柏木マキ (中流)	7.6km	左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	288	0.20	1.35	288	3	0.010	逃避1尾
			右岸トロ(下)	73.4%	4.63	84	0.00	0.00	84	0		
			右岸早瀬	86.3%	4.80	84	0.67	4.60	84	0		増水 濁水
			上流平瀬	71.9%	4.54	180	0.13	0.89	180	0		
	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	150	0.09	0.46	150	0	0.000	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	210	0.27	1.03	210	2	0.010	
			右岸早瀬	44.3%	4.26	310	0.16	0.78	310	0	0.000	

※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。

調査は、春季（5月）、夏季（9月）及び冬季（12月）の3回実施したが、このうち夏季は野友（下流）が増水により実施できず、冬季は小島（上流）が増水と濁りで岸際の浅瀬しか実施できなかったことから、解析のデータから除いた。また、ウナギ以外の魚介類の採捕については、当初4m四方の区画で実施したが、データのばらつきが大きかったことから、以降はウナギ採捕と同時に行うこととし、4m四方の区画の結果は解析のデータから除いた。それぞれの調査箇所について、河床の巨礫の割合と1㎡当たりのその他魚介類採捕重量及びウナギ確認個体数との関係を、図10及び図11に示した。

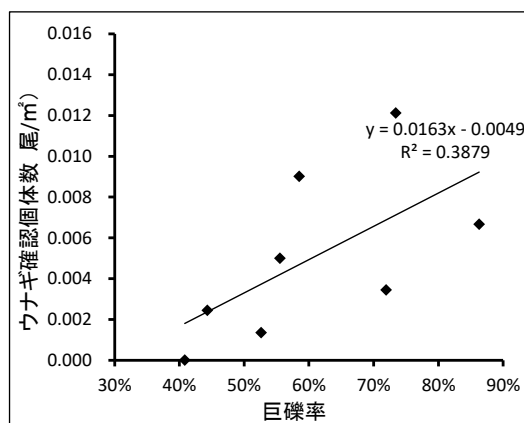


図10 巨礫の割合とウナギ確認個体数

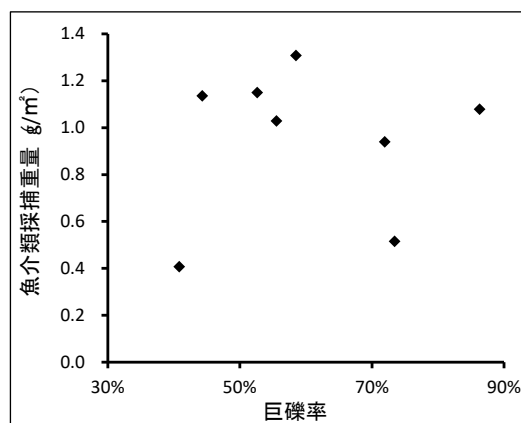


図11 巨礫の割合とその他魚介類重量

巨礫の割合と確認個体数（個体/m²）の間には正の相関が認められ（Spearman の順位相関係数、 $P = 0.022$ 、 $r_s = 0.810$ ）、巨礫の割合が高いほど確認尾数が多くなる傾向が認められた。一方、巨礫の割合とその他魚介類の採捕重量の間には、相関は認められなかった（ $P = 1.000$ 、 $r_s = 0.000$ ）。

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：

電撃ショッカー採捕の結果が少ないことから、継続して調査を実施し、生息環境との関連性を分析する必要がある。そのうえで、その他魚介類について、甲殻類、ハゼ類といった特徴的な分類群について分析することにより、河床環境との関連性について検討する。

今年度は、箱漁法で採捕したニホンウナギの一部が、蓄養施設の不具合で死亡したため、耳石と生殖腺の採取を行った。これらの資料について分析を実施することにより、奈半利川における年齢と成長の関係や、雌雄の比について新たな知見を収集する。

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	平成 31 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、上林大介、岡崎敬		

平成 31 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、令和元年 7 月 12 日、9 月 26 日、11 月 13 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 220 尾、オオウナギ 5 尾の計 225 尾を採捕し、これらのニホンウナギのうち 203 尾は PIT タグ及びイラストマー蛍光色素、又は DNA による標識放流を行った。採捕されたニホンウナギ 220 尾のうち 42 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、最大で下流へ 595m（経過日数 228 日）の移動を確認できたが、全体の 57.2%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 0.075%、体重の平均瞬間成長率が 0.258%となり、調査区間の資源量は 257 尾、生息密度は 100 m²あたり 4.3 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、採捕調査日毎に生息密度との相関を調べた結果、草の被覆度と生息密度は 7 月及び 11 月に正の相関が認められ、Sand（砂）の割合と生息密度は 11 月に負の相関が、水面幅と生息密度は 7 月及び 9 月に負の相関が認められた。

餌料生物の季節変動を調査した結果、調査区間に関わらず 11 月には単位あたり餌料生物量が減少することを確認したが、単位あたり餌料生物量とウナギ生息密度に相関はなかった。

過年度までの成果の概要：

平成 30 年 7 月 13 日、9 月 26 日、11 月 26 日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行い、ニホンウナギ 103 尾を採捕し、これらのうち 97 尾は PIT タグ及びイラストマー蛍光色素、又は DNA による標識放流を行った。採捕された 103 尾のうち 22 個体は平成 28 年 10 月 11 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 66.6m で、全体の 54.5%は放流地点の上下 25m 以内で採捕され、1 個体は 2 年 1 ヶ月の間に 4 回採捕され、累積で 1,560m 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 45.1mm/年であり、調査区間の資源量は 482 尾、生息密度は 100 m²あたり 7.8 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 区間毎の環境調査を行った結果、調査区間の平均水深は 18.1cm（13.1～27.1）、平均水面幅は 536cm（332～834）であった。底質及び隠れ家の被覆度について、採捕調査日毎に生息密度との相関を調べた結果、7 月には Sand（砂）で最も強い相関が見られ、9 月には「草」で、11 月には Gravel（小礫）で最も強い相関が見られ、ニホンウナギ

は季節に応じて、最適な隠れ家を選択している可能性が示唆された。

餌料生物の季節変動を調査した結果、7月では餌料生物の種類数と単位あたりの重量が、ウナギの生息密度の多寡に影響を与えている可能性が示唆された。

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

日置川において年1回、水面幅、水深、底質、隠れ家を調査し、生息環境を把握し、環境データと採捕尾数の関係を解析する。また、採捕調査時に、採捕個体別に生息環境（瀬・淵の区分）、川岸からの距離、隠れ家を調査する。

(3) 餌料生物の季節変動の把握

日置川に2定点を設定し、年3回電気ショッカーを用いて、底生魚類及び十脚甲殻類を採捕し、餌料生物の季節変動を把握する。

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700m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、令和元年7月12日、9月26日、11月13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220尾、オオウナギ5尾の計225尾を採捕し、これらのニホンウナギのうち203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220尾のうち42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、PITタグ又はDNA解析により個体識別が可能であった。

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1

に示した。調査区間の中央付近にあたる St. 13 から下流の区間で採捕尾数が多く、上流の区間で採捕尾数が少ない傾向が見られた。同様に調査区間ごとの全長組成を見ると、下流では小型個体から大型個体まで幅広く採捕される傾向にあるが、上流では下流と比較し大型にやや偏る傾向がみられる（図 2）。

再採捕個体 42 尾の移動状況を見ると、最大で下流へ 595m（経過日数 228 日）の移動を確認できたが、全体の 57.2% は放流地点から上下 50m 以内で採捕されている（図 3）。また成長は、全長の平均瞬間成長率が 0.075%、平均日間成長量が 0.210mm/日となり、体重の平均瞬間成長率が 0.258%、平均日間成長量が 0.179g/日となった（図 4, 5）。

さらに、平成 29 年 6 月以降の延べ 9 回の採捕調査及び標識放流から、Jolly-Seber 法により令和元年 9 月時点での調査区間（1,140m : 6,020 m²）の資源量は 257 尾と推定され、推定生息密度は 100 m²あたり 4.3 尾となった。

（2）河川内の生息環境の把握

前年度の環境調査で得られた St. 1 から St. 23 の 50m 区間ごとの水面幅（5m 間隔）、水深、底質（20cm 間隔）、隠れ家被覆度について、昨年度の最終の採捕調査後に一部の区間で橋脚の補強工事により流路に変更が生じたことから、変更区間の再測定を行い、表 1 のとおりデータを補正した。

得ら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）の関係について検証し、相関が認められた草の被覆度と生息密度の相関図、底質のうち Sand（砂）の割合と生息密度の相関図、水面幅と生息密度の相関図を図 6 に示した。採捕調査日毎に各環境パラメータと生息密度の相関を確認すると、草の被覆度と生息密度は 11 月に正の相関が認められ、Sand（砂）の割合と生息密度は 11 月に負の相関が、水面幅と生息密度は 7 月及び 9 月に負の相関が認められた。草の被覆度と Sand（砂）の割合、水面幅の相互関係は明らかではないが、本河川では隠れ家として草が最も利用されており、さらに、11 月には Sand（砂）が堆積する流れが緩やかな区間で生息密度が低く、7 月～9 月には水面幅が狭く比較的流れの早い区間で生息密度が高くなることが示唆された。

次に、採捕調査における採捕個体別の生息環境（瀬・淵の区分）は、図 7 のとおり、前年度と同様に 9 月には流れの速い瀬に生息している個体が 6 割となり、調査区間ごとの環境データと生息密度の関係に一致する。また、採捕個体の 91% が川岸からの 1m 以内で採捕され、利用している隠れ家は、7 月～9 月には「草」が 5～6 割を占め利用頻度が最も高かったが、11 月には巨礫が 4 割を超え、最も利用されている。なお、前年度 11 月に利用頻度が高かった Sand（砂）はほとんど利用されず、このことも調査区間ごとの環境データと生息密度の関係に一致する。（図 8）。

（3）餌料生物の季節変動の把握

前年度の採捕調査において、採捕尾数の多かった調査区間のうち、隠れ家の被覆度の高い St. 4 及び被覆度の低い St. 23 を調査地点に選定し、7 月 12 日、9 月 26 日、11 月 13 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 2）。St. 4 では単位あたりの餌料生物量が 9 月に最大となり、11 月には減少している。一方、St. 23 では単位あたりの餌料生物量が 7 月に最大となり、その後は減少傾向を示した。St. 2 及び St. 19 で餌料生物調査

を行った前年度の調査結果も含め、単位あたり餌料生物量とウナギの生息密度の相関図を図9に示したが、相関は見られなかった。

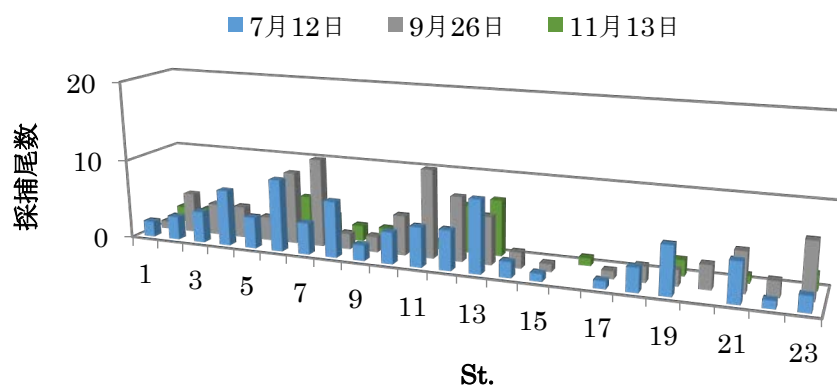


図1 調査区間別採捕尾数

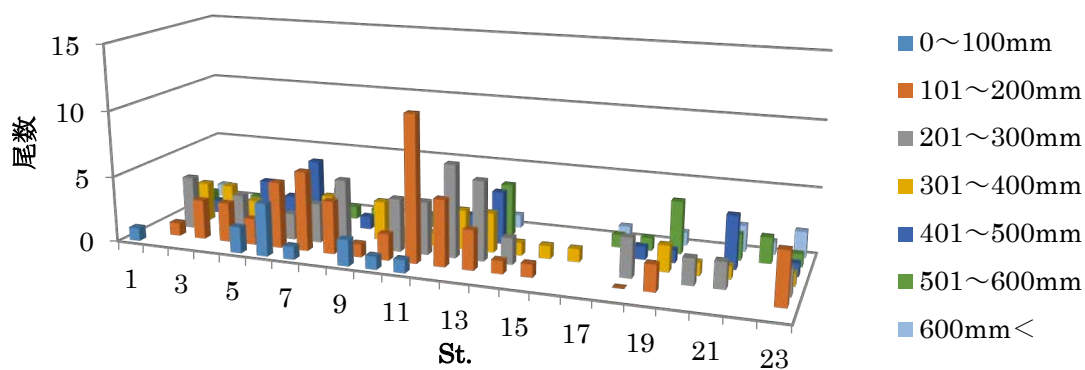


図2 調査区間別全長組成

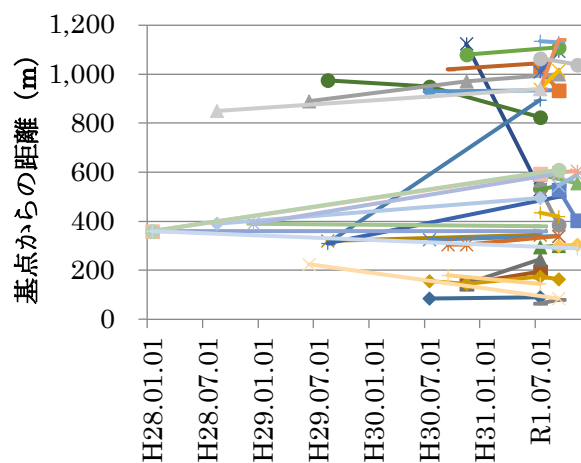


図3-1. 再採捕個体の移動状況

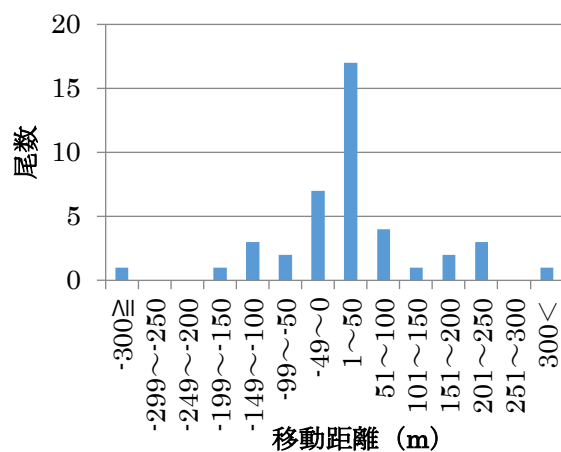


図3-2. 再採捕個体の移動距離

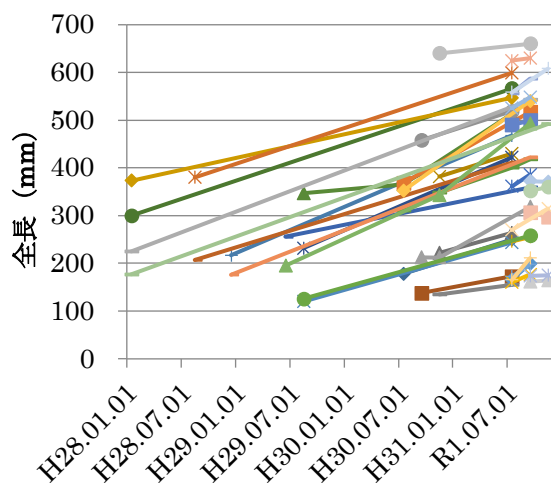


図 4-1. 再採捕個体の全長推移

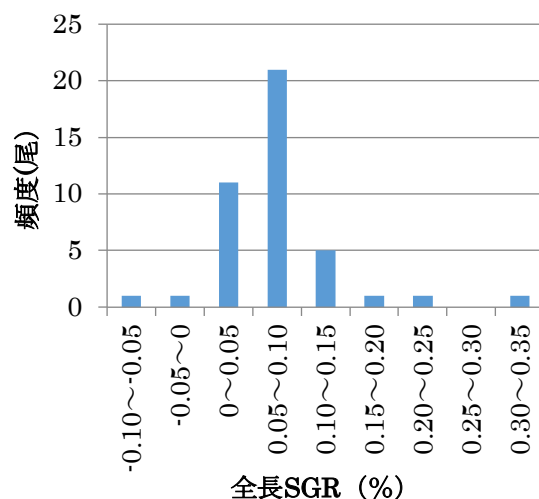


図 4-2. 瞬間成長率（全長）の頻度分布

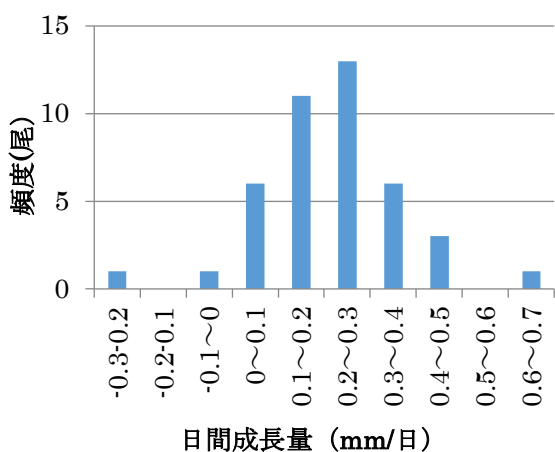


図 4-3. 日間成長量（全長）の頻度分布

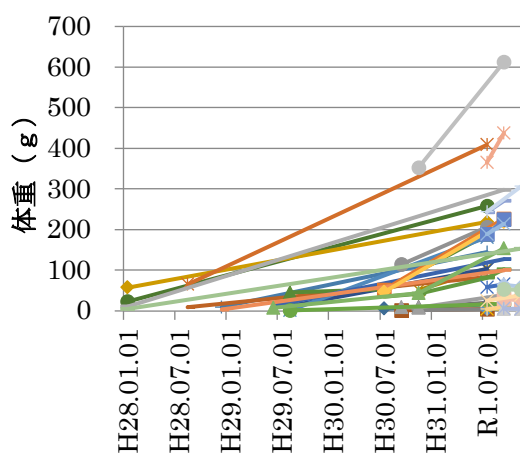


図 5-1. 再採捕個体の体重推移

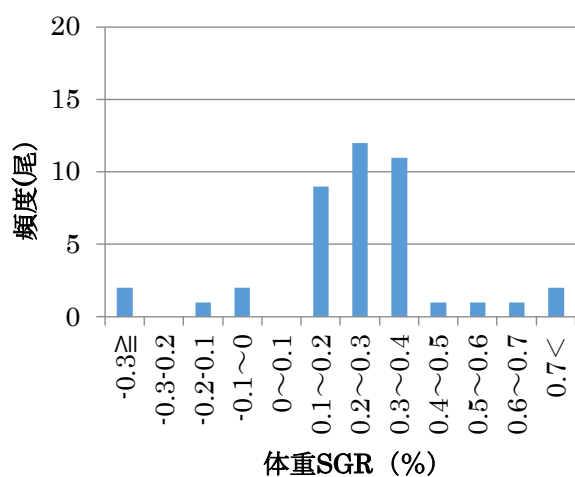


図 5-2. 瞬間成長率（体重）の頻度分布

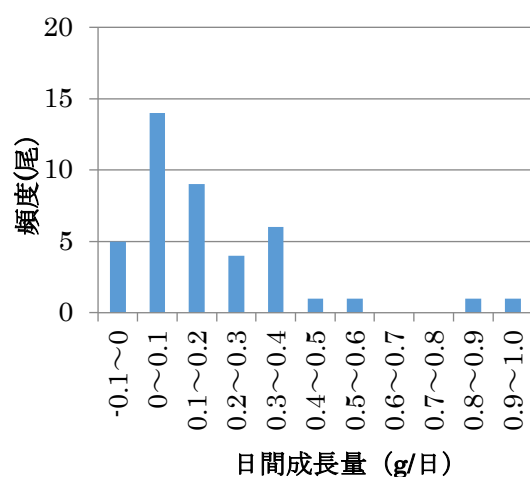


図 5-3. 日間成長量（体重）の頻度分布

表1 調査区間の環境評価

区間	水面幅 (cm)		水深 (cm)		底質クラス		隠れ家被覆度 (%)
St1	834 ±	262	20.2 ±	11.2	2.92 ±	2.97	2.46
St2	464 ±	113	21.5 ±	7.6	2.87 ±	2.36	9.10
St3	632 ±	128	13.4 ±	8.9	1.25 ±	0.98	7.03
St4	536 ±	70	15.9 ±	4.0	0.97 ±	0.34	14.78
St5	492 ±	30	16.8 ±	5.2	1.18 ±	0.88	6.06
St6	442 ±	92	17.7 ±	9.3	1.94 ±	1.20	9.86
St7	332 ±	114	24.8 ±	12.7	2.98 ±	1.56	16.51
St8	366 ±	127	27.1 ±	13.9	3.54 ±	1.85	10.49
St9	422 ±	138	26.5 ±	37.9	2.16 ±	1.33	3.60
St10	364 ±	139	19.7 ±	9.4	4.13 ±	1.31	2.86
St11	438 ±	158	16.6 ±	6.7	3.73 ±	0.89	5.84
St12	608 ±	132	18.2 ±	9.6	2.69 ±	1.38	14.64
St13	586 ±	92	17.7 ±	7.8	3.45 ±	1.51	9.59
St14	660 ±	94	21.8 ±	9.1	3.61 ±	2.07	5.55
St15	658 ±	63	19.7 ±	6.4	2.22 ±	1.50	5.90
St16	724 ±	85	15.8 ±	5.9	2.28 ±	1.40	6.22
St17	478 ±	53	23.0 ±	6.2	1.75 ±	1.49	9.41
St18	434 ±	89	19.2 ±	9.2	2.90 ±	1.49	8.76
St19	398 ±	62	21.4 ±	16.8	3.28 ±	1.36	13.32
St20	440 ±	221	19.6 ±	10.0	3.53 ±	1.12	6.27
St21	684 ±	105	14.2 ±	8.5	1.73 ±	1.21	9.53
St22	628 ±	49	13.1 ±	4.2	1.71 ±	1.05	4.65
St23	420 ±	102	14.2 ±	7.4	2.35 ±	1.26	1.43
全体	524 ±	178	19.1 ±	12.3	2.51 ±	1.78	7.76
最大	834		27.1		4.13		16.51
最小	332		13.1		0.97		1.43

底質クラス :0=Detritus, 1=sand (<2mm), 2=gravel (2-16mm), 3=pebble (17-64mm),
4=cobble (65-256mm),5=Boulder (>256mm), 6=bedrock or concrete

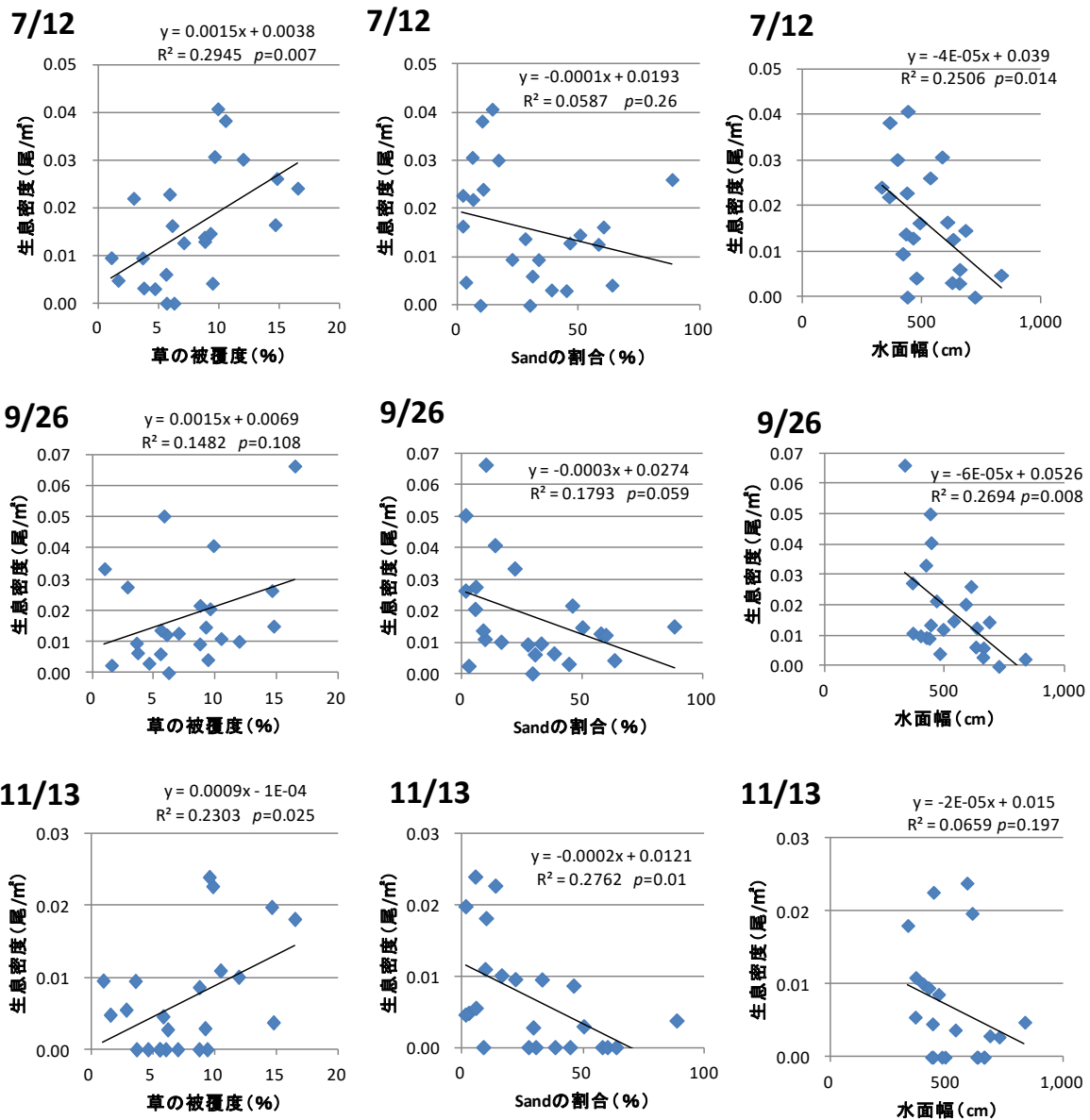


図6. 草の被覆度、Sandの割合、水面幅と生息密度の関係

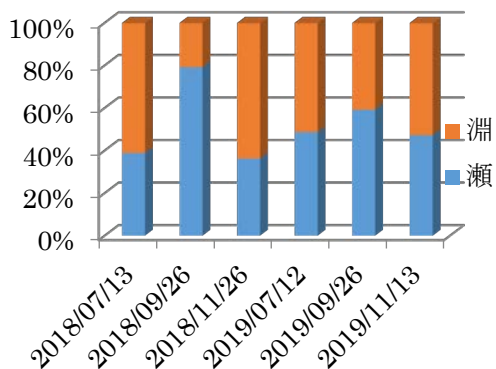


図7. 採捕個体の生息環境

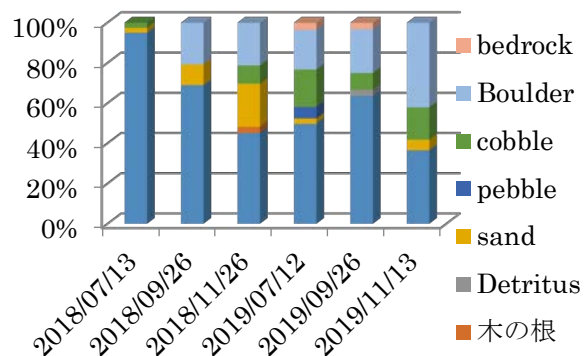


図8. 採捕個体の隠れ家

表 2. 餌料生物調査における採捕結果

調査地点	調査日	7月12日			9月26日			11月13日		
	標準和名	尾数	重量 (g)	g/m ²	尾数	重量 (g)	g/m ²	尾数	重量 (g)	g/m ²
St4	カワムツ				40	71.1				
	オイカワ							4	14.69	
	オイカワ属魚類	12	1.07					16	2.32	
	ウグイ				1	20.0				
	カワアナゴ	1	35.12							
	ゴクラクハゼ	11	14.44		32	54.3		13	2.98	
	オオヨシノボリ	2	1.78							
	ヌマチチブ	1	5.75		24	25.5		5	0.73	
	モクズガニ				1	17.6				
	ミナミテナガエビ	1	0.81		4	7.3				
	ヒラテナガエビ	2	18.89							
	スジエビ							1	0.37	
	ミゾレヌマエビ				9	2.4				
	トゲシマヌマエビ				6	1.9				
小計		30	77.86	0.71	111	198.2	1.80	39	21.09	0.19
St23	カワムツ	12	180.37		12	11.58				
	オイカワ	13	133.2		16	61.73		32	76.37	
	オイカワ属魚類				106	71.39				
	ウグイ							4	55.34	
	タカハヤ				2	1.54				
	ゴクラクハゼ	7	14.86		4	3.21		2	1.72	
	シマヨシノボリ	2	2.17					4	7.02	
	オオヨシノボリ				6	3.7				
	ボウズハゼ	26	8.35							
	ヌマチチブ							1	2.08	
	メダカ				1	0.35		4	1.2	
	モクズガニ	4	30.37		2	7.84				
	ミナミテナガエビ	6	30.76		6	22.2				
	ヤマトヌマエビ	1	0.65							
	トゲシマヌマエビ				4	1.82				
小計		71	400.73	1.91	159	185.36	0.88	47	143.73	0.68

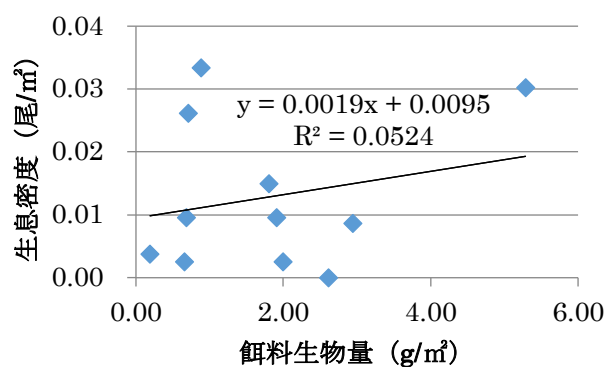


図 9. 単位あたり餌料生物量とウナギ生息密度の関係

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、餌料生物の季節変動と生息尾数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。