

課 題 番 号	1.-(1)	事業実施期間	令和 2 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	北村章博（和歌山県水産試験場）		
分担者	森康雅・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）		

令和 2 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、同河川の調査区間 St.1～18 計 900m において、計 3 回（6 月、8 月、10 月）実施した。2020 年は合計 337 尾（全長 60～605mm、体重 0.4～392.5g）を採捕し、このうち計 242 尾（全長 150mm 以上）にイラストマー蛍光タグ（赤色）および PIT タグを装着して放流した。また、各調査区間の平均採捕数は 18.7 尾であった。採捕個体の全長別採捕数は全長 150～199mm 区分が全体の 27.4%と最も多く、体重別採捕数は体重 0～49g 区分が全体の 82.8%と最も多い割合を占めた。再採捕個体の全長瞬間成長率（全長 SGR%）は-0.01～0.20%の範囲であり、体重瞬間成長率（体重 SGR%）は-0.25%～0.57%の範囲であった。全再採捕個体の平均移動距離は 75.7m であり、全体のうち 62.5%が±50m（+は上流方向、-は下流方向）の範囲内で再採捕された。さらに、同河川の調査区間 900m におけるニホンウナギ（全長 150 mm以上）の生息個体を Jolly-Seber 法（標識再捕法）により推定したところ、2020 年 8 月時点におけるニホンウナギの生息密度は 59.1 尾/100 m²と推定された。クロコの生息調査は、同河川の 4 定点において、毎月 1 回（2020 年 4 月～2021 年 2 月）、クロコの生息状況を調査した。各定点における水温は 8.8～30.3℃、塩分は 0～21.6psu、河川水表層のクロロフィル a 濃度は 0.1～2.9µg/L の範囲で変動した。各定点におけるクロコの生息密度は 0～16.0 尾/m²の範囲で変動し、4～5 月にかけて 14.0～16.0 尾/m²と高い密度を示した。また、5 月と 6 月に採捕したクロコの胃内容物を調査した結果、胃内部にユスリカ幼虫の頭殻が確認され、それらの個体の色素発育段階は VI_{A3}～VI_B（Fukuda et.al 2013）であった。さらに、6 月に採取したニホンウナギの餌生物と考えられるユスリカ幼虫および貧毛類を DNA 解析した結果、ユスリカ幼虫 15 検体および貧毛類 3 検体の計 18 検体のうち、11 検体からユスリカ科 9 種について種名が特定され、残りの 7 検体はそれぞれユスリカ科、ガガンボ科、イトミミズの仲間およびヒメミミズの仲間の不明種であった。さらに、過年度データを再解析した結果、調査区間別の全長 200mm 未満のニホンウナギの採捕数と河川底質の砂礫と礫の合計面積との間に正の相関が認められた。また、調査区間別の全長 200mm 以上のニホンウナギの採捕数と河川底質および側面の石垣の面積との間にも正の相関が認められた。これらの結果から、ニホンウナギの体サイズに適した生息環境があることが示唆され、成長に伴って生息環境が変化していることが考えられた。加えて、シラスウナギの月別採捕数と翌月のクロコの平均生息密度との間に正の相関が認められ、同河川のクロコの現存量はシラスウナギの加入量の影響を反映されていると考えられた。

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、同河川の調査区間 900m において、計 3 回（6 月、9 月、11 月）実施した。2019 年は合計 416 尾（全長 52～591mm、体重 0.11～269.20g）を採捕し、このうち 214 尾（全長 150mm 以上）にイラストマー蛍光タグ（黄色）および PIT タグを装着して放流した。また、採捕個体は、全長 100mm 未満の個体の 45.0%が礫（粒径 17～64mm）で、全長 100～200mm 未満の個体の 41.8%が大礫（粒径 65～256mm）で、全長 200mm 以上の個体は主に石垣で採捕されるなど、全長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、全体のうち 61.2%が放流地点から±50m 以内（+は上流方向、-は下流方向）で再採捕され、そのうち 46.4%は放流起点から±10m 以内で再採捕された。再採捕個体の全長の瞬間成長率（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%を占めていた。同河川の調査区間 900m におけるニホンウナギ（全長 150 mm以上）の生息個体を Jolly-Seber 法により推定したところ、2019 年 9 月時点の推定生息密度は 16.6 尾/100 m²であった。クロコの生息調査は、同河川の 4 定点において、毎月 1 回（2019 年 4 月～2020 年 2 月）、クロコの生息状況を調査した。シラスウナギの来遊量が増加した 2020 年 1 月から翌 2 月にかけて、クロコ生息密度が 0.44 尾/m²から 14.31 尾/m²に増加した。

全期間を通じた課題目標及び計画： ニホンウナギの分布状況や生息環境調査等を通じて河川等におけるニホンウナギの環境収容力の推定手法及び効果的な資源保全策を提示するための技術開発を行う。そこで、本課題では富田川水系高瀬川をモデル河川とし、河川において環境調査を実施するとともに、ニホンウナギの生息密度、成長、移動等について、標識放流等の手法を活用して調査を行うことにより、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。

当該年度計画： 富田川水系高瀬川において、ニホンウナギの生息密度、成長、移動等について調査し、河川環境とニホンウナギの生息状況に係る知見を収集する。

i.生息個体数推定調査

高瀬川におけるニホンウナギの生息密度を推定するとともに、生息場所等の河川環境との関係性を検討した。調査は、同河川の調査区間 900m（50m×18 区間：St.1～18、標識は 10m ごとに設置）（図 1）において、計 3 回（6 月、8 月、10 月）実施し、電気ショッカーを用いて各区間内に生息するニホンウナギを採捕して採捕区間、生息環境、全長、体重、標識の有無等を記録した後にそれぞれの採捕場所へ放流した。また、新たに採捕された個体には、顎下にイラストマー蛍光タグ（赤色）、体側に PIT タグにより標識を施した後にそれぞれの採捕場所へ放流した。なお、標識は PIT タグ装着や作業時のハンドリング等を考慮し、全長 150mm 以上の個体を対象とした。さらに、調査データから再採捕個体の移動距離や Jolly-Seber 法を用いた同河川の調査区間（流程 900m、水面面積 4120.5 m²）におけるニホンウナギの生息密度を推定した。

ii.クロコの生息調査

高瀬川におけるクロコの生態的知見を収集するため、生息密度や河川環境を調査した。同河川の定点 K1, K2, K3, K4 (図 1) において、2020 年 4 月から 2021 年 2 月までの間に毎月 1 回 (2020 年 4 月～2021 年 2 月)、干潮時の河床に方形枠 (1m×1m) を設置し、電気ショッカーを用いて枠内に出現したクロコ (Fukuda et.al 2013 の色素発育段階 VI_B 以下の個体) を採捕して計数した。また、採捕時の河川環境を把握するため、水温および塩分を測定するとともに、河川水サンプルを採水して Chl.a 分析に供した。さらに、5 月および 6 月に採捕したクロコの胃内容物からユスリカ幼虫の頭殻を顕微鏡下で確認した。加えて、6 月に各定点で採取した餌生物 (ユスリカ幼虫・貧毛類) について塩基配列の解析 (今藤ら 2017、浜口ら 2016、Folmer et al. 1994) を行い、解析ソフト MEGA X、国際 DNA データベース、ユスリカ標本 DNA データベースにより同定を試みた。

iii.過年度データの再解析

2020 年度の生息個体数推定調査のデータを再解析し、ニホンウナギの全別採捕数と河川の生息環境との関係性について再検討を行った。また、2015～2020 年度のクロコの生息調査のデータを使用し、シラスウナギの採捕数との関係性について検討を行った。なお、相関分析はスピアマンの順位相関により統計処理を行った。

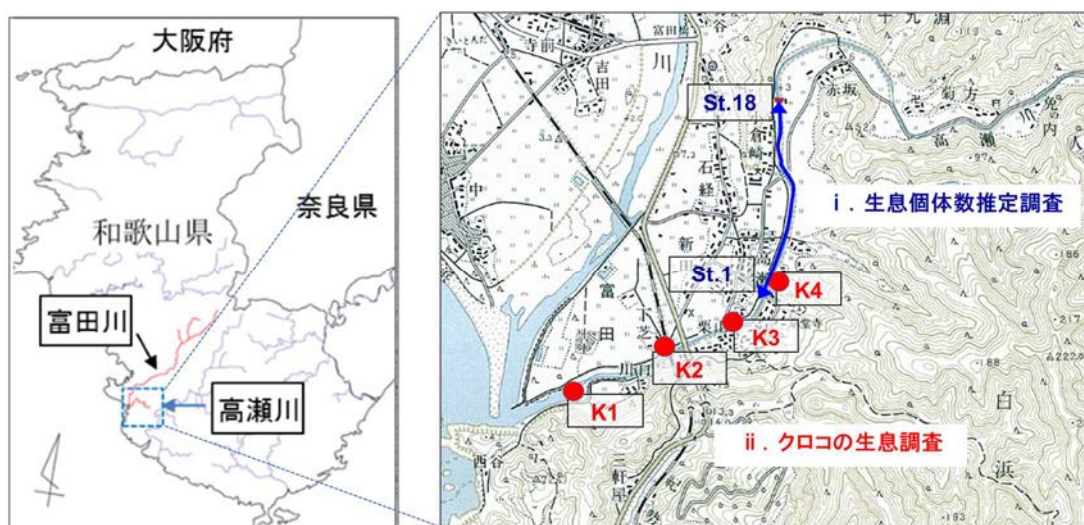


図 1 生息個体数推定調査の調査区間およびクロコの生息調査の調査定点の位置図

(出典 : 国土地理院 地図・空中写真閲覧サービス <http://mapapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>)

結果 :

i.生息個体数推定調査

調査区間 900m において、合計 337 尾 (6 月 : 79 尾、8 月 : 154 尾、10 月 : 104 尾) を採捕した。また、6 月、8 月、10 月のニホンウナギ (全長 150mm 以上) の採捕結果を表 1 に示した。全長 150mm 以上の採捕数は計 242 尾 (6 月 : 64 尾、8 月 : 84 尾、10 月 : 94 尾)、再採捕数は計 76 尾 (6 月 : 26 尾、8 月 : 25 尾、10 月 : 25 尾) で平均再採捕率は 31.4% であった。また、全長 150mm 以上の計 242 尾にイラストマー蛍光タグ (赤色) および PIT タグを装着して採捕した場所へ放流した。

表1 調査区間 900m における 6 月、8 月、10 月の二ホンウナギの採捕結果 (全長 150mm 以上)

調査年度		2020 年度		
調査月		6 月	8 月	10 月
月別	採捕数(尾)	64	84	94
	再採捕数(尾)	26	25	25
	再採捕率(%)	40.6	29.8	26.6
年度計	採捕数(尾)	242		
	再採捕数(尾)	76		
	再採捕率(%)	31.4		

次に、St.1～18 の調査区間ごとの二ホンウナギの採捕数（年合計）を図 2 に示した。調査区間ごとの採捕数の最小値は St.18 で 0 尾、最大値は St.1 で 44 尾であり、調査区間の平均値は 18.7 尾であった。また、調査区間 St.1～18 を下流部（St.1～6）、中流部（St.7～12）、上流部（St.13～18）に分けた時の平均採捕数を比較すると、下流部 32.3 尾、中流部 13.0 尾、上流部 11.0 尾であり、下流部が多い傾向にあった。

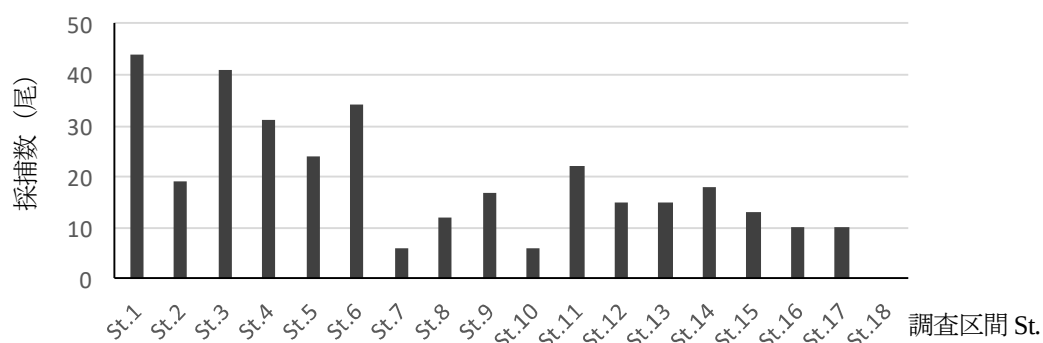


図2 調査区間 St.1～18 における二ホンウナギの年間採捕数（年合計）

続いて、年間採捕個体の全長別採捕数及び体重別採捕数を図 3、図 4 にそれぞれ示した。採捕個体の全長は 150～199mm 区分が全体の 27.4%と最も多く、次いで 100～149mm 区分が全体の 26.8%を占めた。また、全長 150～199mm 区分の個体の体重は 2.5～4.5g の範囲にあり、全長 100～149mm 区分の個体の体重は 1.0～2.7g の範囲であった。採捕個体の体重は 0～49g 区分が全体の 82.8%と最も多い割合を占めた。また、体重 0～49g 区分の個体の全長は 76～350mm の範囲であった。

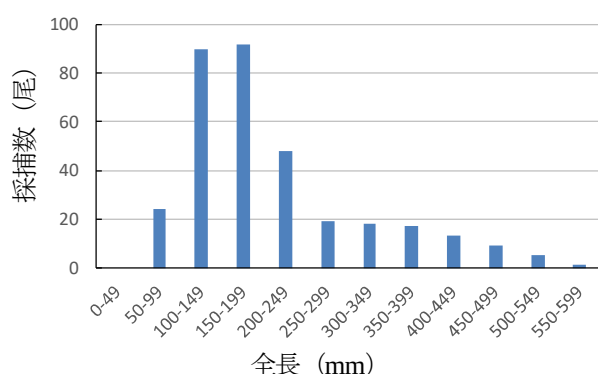


図3 二ホンウナギの全長別採捕数

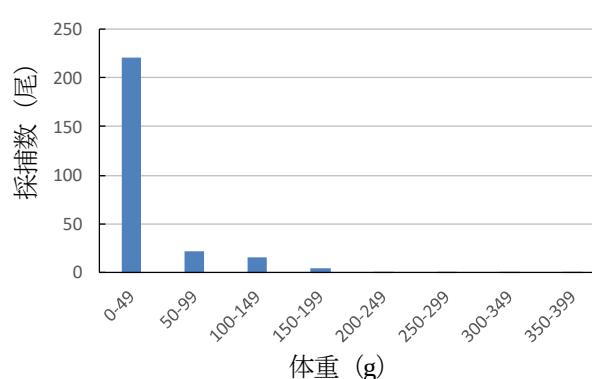


図4 二ホンウナギの体重別採捕数

ここで、再採捕個体の瞬間成長率（specific growth rate;SGR）について、全長瞬間成長率（以下、全長 SGR）および体重瞬間成長率（以下、体重 SGR）を次式により算出し、全長 SGR 別採捕数および体重 SGR 別採捕数をそれぞれ図 5、図 6 に示した。

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

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

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

※ W1：放流時体重（g）、W2：再採捕時体重（g）、t：再採捕までの日数

再採捕個体の全長 SGR は、-0.01～0.20%の範囲で、0～0.04%区分が全体の 44.6%と最も多い割合を占めた。一方、体重 SGR は、-0.25%～0.57%の範囲で、0.10～0.19%が全体の 46.4%と最も多い割合を占めた。また、再採捕個体全体の平均全長 SGR は 0.06%、平均全長 SGR は 0.17%であった。

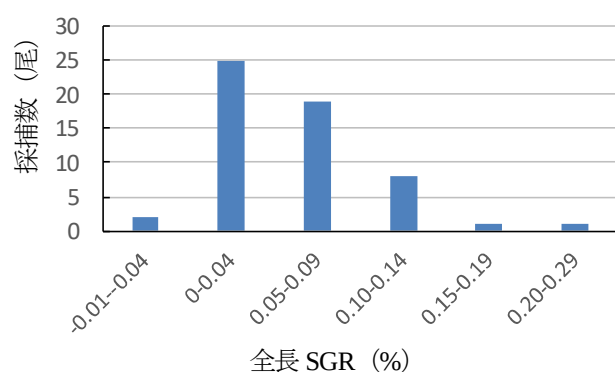


図 5 ニホンウナギの全長 SGR 別採捕数

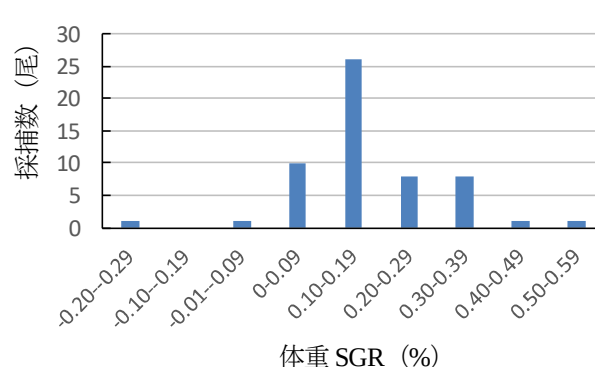


図 6 ニホンウナギの体重 SGR 別採捕数

次に、再採捕個体の移動距離を前回の採捕場所から本年の採捕区場所の差から求め、全長 240mm 未満および全長 240mm 以上の移動距離別採捕数を図 7 に示した。全長 240mm 未満の再採捕個体の平均移動距離は 93.5m、全長 240mm 以上の再採捕個体の平均移動距離は 61.3m であり、全長 240mm 以上の個体に比べて、全長 240mm 未満の個体は移動距離が長い傾向を示した。また、全再採捕個体の平均移動距離は 75.7m であり、全体のうち 62.5%が±50m の範囲内で再採捕された。

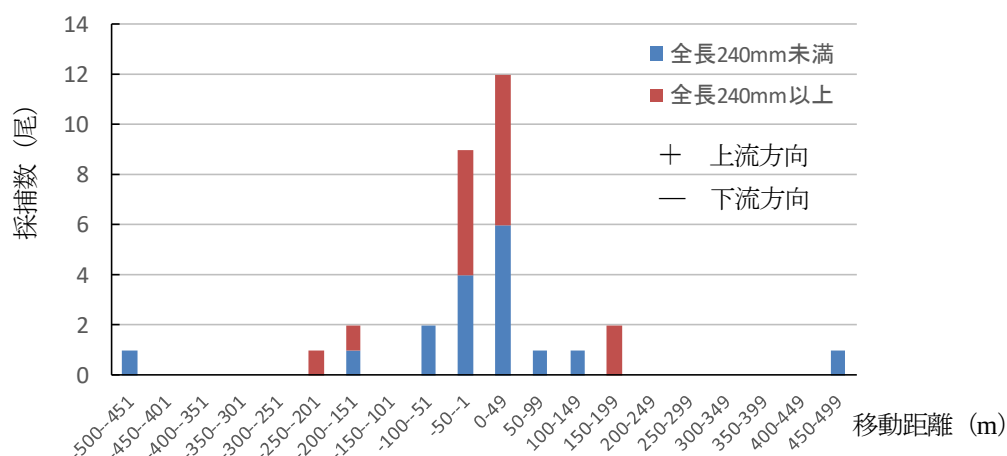


図 7 全長 240mm 未満および全長 240mm 以上のニホンウナギの移動距離別採捕数

続いて、2017～2020 年の全採捕個体および再採捕個体のデータを用いて、Jolly-Seber 法により同河川の調査区間 900m におけるニホンウナギの生息密度（尾/100 m²）を推定した（表 2）。なお、生息密度の推定は、前述のとおり PIT タグ装着が可能である全長 150mm 以上の個体を対象とした。解析の結果から、2020 年 8 月時点におけるニホンウナギの生息密度は 59.1 尾/100 m²と推定された。なお、標識再捕法により算出した総個体数や生息密度などは推定値であることから、今後はシラスウナギの河川への来遊量などのデータと比較しながら解析を進めていく必要があると考えられる。

表 2 Jolly-Seber 法による調査区間 900mにおけるニホンウナギの生息密度の推定

調査回数	調査年月	総採集個体数 (>150mm)	標識放流 個体数	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	2019.10 放流	2020.6 放流	2020.8 放流	再捕個体 合計
1	2017年6月	101	101												0
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
10	2020年6月	64	64	3	2	0	4	6	0	0	8	4			27
11	2020年8月	84	84	5	2	2	0	3	2	0	7	2	2		25
12	2020年10月	94	94	2	5	1	3	4	1	1	5	0	0	3	25
推定生息数（尾）				758	1,455	1,160	1,735	998	2,558	1,326	1,120	3,098	2,436		243
推定生息密度（尾/100m ² ）				18.4	35.3	28.2	42.1	24.2	62.1	32.2	27.2	75.2	59.1		

ii. クロコの生息調査

各定点における水温、塩分および河川水表面層のクロロフィル a 濃度の月別変動について図 8、図 9、図 10 にそれぞれ示した。水温は、各定点とも 8 月に最も高く（25.6～30.3℃）、12 月に最も低い値（8.8～17.7℃）を示した。塩分は、0～12.2psu の範囲で変動した。11 月の定点 K1 は、調査時は潮位が高く定点が海水に没していたため、21.6psu と高い値を示した。河川水表面層のクロロフィル a 濃度は、定点 K2 が 0.4～2.2μg/L、定点 K3 が 0.2～2.4μg/L と似たような値を示し、定点 K4 は 0.3～1.3μg/L は常に低い値で変動した。なお、4 月および 5 月については分析機器の不調により欠測となった。定点潮時（調査時）の海水侵入がない時（10～1 月）は、定点 K1 は周辺施設の温排水の影響を受けるため、他の定点に比べて水温は 19.9～30.3℃と高く、塩分およびクロロフィル a 濃度はそれぞれ 0.2～1.7psu と 0.3～1.2μg/L と低い値を示した。

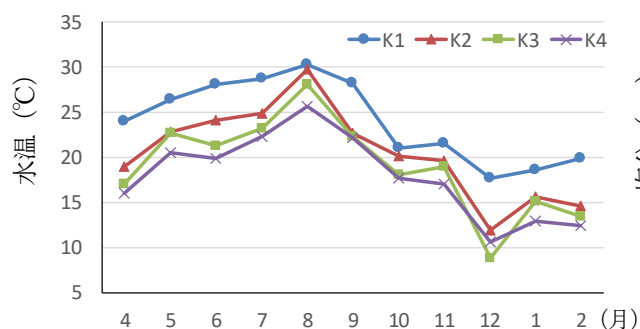


図 8 各定点の水温の月別変動

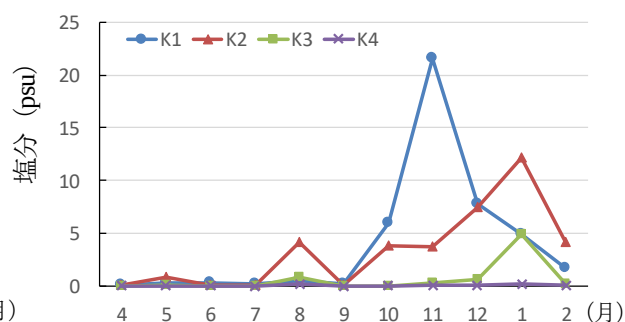


図 9 各定点の塩分の月別変動

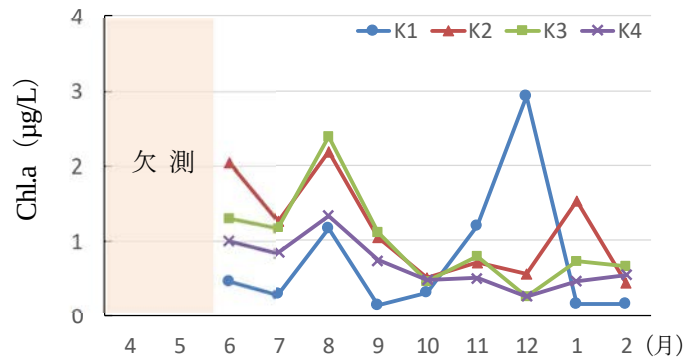


図 10 各定点の河川水 Chl.a 濃度の月別変動

次に、各定点におけるクロコの生息密度の月別変動を図 11 に示した。4 月は最も河口側に位置する定点 K1 でクロコの生息密度が 16.0 尾/m²と特に高かったが、5 月には定点 K1～K3 のクロコの生息密度は 0.3～0.5 尾/m²まで減少し、定点 K4 では 14.0 尾/m²まで増加した。このことから、4～5 月にかけてクロコが河川の定点 K1～K4 間を遡上し、上流へ移動した可能性が考えられた。なお、10 月、11 月の定点 K1 については、悪天候の影響により欠測となった。

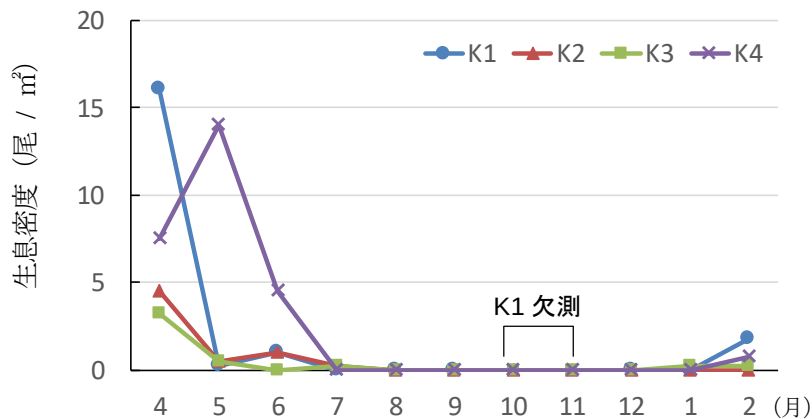


図 11 各定点のクロコの生息密度の月別変動

続いて、5 月に定点 K4、6 月に定点 K1、K2、K4 において採捕されたクロコの胃内容物（ユスリカ幼虫の頭殻数）の検鏡結果を表 3、4 にそれぞれ示した。なお、5 月の定点 K4、6 月の定点 K2、K4 は、底質環境がリター（枯葉などの堆積物）である場所からクロコが採捕された。6 月の定点 K1 は底質環境が礫の場所からクロコが採捕された。通常、クロコ（Fukuda et.al 2013 の色素発育段階 VI_B 以下の個体）の胃内容物において、餌生物は消化が進み確認が困難であるが、水生昆虫の頭殻はキチン質（甲殻類や昆虫類などの外骨格の主成分）であり消化されにくい（児玉ら 2017）ことから、ユスリカ幼虫の頭殻は顕微鏡下で確認が可能であった。クロコの胃内部で確認されたユスリカ幼虫の頭殻は、5 月の定点 K4 では 0～6 個、6 月の定点 K1 では 0～2 個、定点 K2 では 0～1 個、定点 K4 では 0～4 個であった。また、胃内部にユスリカ幼虫の頭殻が確認された個体の色素発育段階はそれぞれ VI_{A3}～VI_B（Fukuda et.al 2013）であった。

表3 クロコ胃内容物の検鏡結果 (5月)

定点	個体No.	全長 (mm)	体重 (g)	発育段階 ステージ	ユスリカ幼虫 頭数(個)
K4	1	59.2	0.16	VIB	0
K4	2	57.0	0.11	VIB	1
K4	3	58.2	0.13	VIA4	0
K4	4	58.6	0.09	VIA4	1
K4	5	55.7	0.09	VIA4	1
K4	6	62.3	0.09	VIB	0
K4	7	56.9	0.10	VIA4	1
K4	8	53.1	0.06	VIB	0
K4	9	55.2	0.09	VIB	2
K4	10	58.3	0.13	VIA4	1
K4	11	53.1	0.10	VIA3	0
K4	12	60.9	0.11	VIA4	0
K4	13	58.8	0.12	VIB	6

表4 クロコ胃内容物の検鏡結果 (6月)

定点	個体No.	全長 (mm)	体重 (g)	発育段階 ステージ	ユスリカ幼虫 頭数(個)
K1	14	60.9	0.12	VIB	0
K1	15	58.7	0.12	VIB	0
K1	15	57.7	0.12	VIA3	0
K1	16	58.0	0.11	VIA3	2
K2	17	56.7	0.10	VIA3	0
K2	18	57.7	0.11	VIB	1
K2	19	57.6	0.12	VIA3	0
K2	20	56.6	0.09	VIA3	1
K4	21	63.9	0.13	VIB	0
K4	22	60.3	0.14	VIB	1
K4	23	55.9	0.09	VIB	1
K4	24	63.1	0.13	VIB	4
K4	25	57.9	0.07	VIA4	2
K4	26	56.7	0.11	VIB	2
K4	27	57.0	0.13	VIB	1
K4	28	58.6	0.09	VIB	0

さらに、6月に定点K1、K2、K4において採取した、餌生物と考えられるユスリカ幼虫および貧毛類のDNA解析結果を表5、MP (Maximum parsimony) 法によるユスリカ幼虫および貧毛類のCOI領域の部分配列の系統樹を図12、図13にそれぞれ示した。ユスリカ幼虫15検体および貧毛類3検体の計18検体のうち、11検体からユスリカ科9種について種名が特定され、残りの7検体はそれぞれユスリカ科、ガガンボ科、イトミミズの仲間およびヒメミミズの仲間の不明種であった(図12,13)。ユスリカ幼虫および貧毛類は、外見による差が殆どないために形態分類による同定は困難であるが、DNA解析の結果からユスリカ幼虫については約7割程度は種名の特定が可能であった。また、高瀬川では、ユスリカ幼虫は特定種が優占するのではなく、多様な種から構成されていることが明らかとなった。一方、貧毛類については、DNAデータ上の登録情報が少ないことから種名の特定には至らなかった。クロコおよびユスリカ幼虫は、しばしば調査時のリター環境において生息密度が高いことがあり、河川の構造として、比較的流れがなく枯葉などが堆積しやすい環境がクロコにとっての隠れ家や餌生物の供給源として重要な役割を果たしている可能性が考えられた。

表5 ユスリカ幼虫および貧毛類のDNA解析結果

検体No.	採取日	定点	採取環境	生物	学名	和名	アクセッション番号	相同性
1	2020.6.24	K1	泥	ユスリカ	<i>Chironomus striatipennis</i>	和名なし	LC495116	99.85
2	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Ainuyusurika tuberculata</i>	和名なし	LC329030	98.78
3	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Ainuyusurika tuberculata</i>	和名なし	LC329030	98.47
4	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Ainuyusurika tuberculata</i>	和名なし	LC329030	98.78
5	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Dicoretendipes inouei</i>	イノウエユスリカ	LC462283	99.69
6	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Polypedilum asoprimum</i>	フタオビハモンユスリカ	LC329178	90.23
7	2020.6.24	K2	リター	ユスリカ	<i>Paratendipes albimanus</i>	シロアシユスリカ	LC329162	99.70
8	2020.6.24	K4	リター	ユスリカ	<i>Procladius choreus</i>	ウスイロカユスリカ	LC494829	98.78
9	2020.6.24	K4	リター	ユスリカ	<i>Paratendipes albimanus</i>	シロアシユスリカ	LC329162	99.70
10	2020.6.24	K4	リター	貧毛類	<i>Fridericia paroniana</i>	ヒメミミズの仲間	MG421432	85.08
11	2020.6.24	K4	リター	貧毛類	<i>Quistadrilus multisetosus</i>	イトミミズの仲間	LR995349	84.62
12	2020.6.24	K4	リター	貧毛類	<i>Quistadrilus multisetosus</i>	イトミミズの仲間	LR995349	83.26
13	2020.6.14	K4	リター	ユスリカ	<i>Chironomidae sp.</i>	ユスリカ科の一種	LC494804	99.39
14	2020.6.14	K4	リター	ユスリカ	<i>Polypedilum cultellatum</i>	ウスイロハモンユスリカ	LC494943	99.85
15	2020.6.14	K4	リター	ユスリカ	<i>Tanytarsus tamaundecimus</i>	和名なし	LC342229	99.46
16	2020.6.14	K4	リター	ガガンボ	<i>Limoniidae sp.</i>	ヒメカガンボ科の一種	KX053819	89.68
17	2020.6.14	K4	リター	ユスリカ	<i>Chironomidae sp.</i>	ユスリカ科の一種	KR636559	88.74
18	2020.6.14	K4	リター	ユスリカ	<i>Chironomidae sp.</i>	ユスリカ科の一種	LC494804	99.85

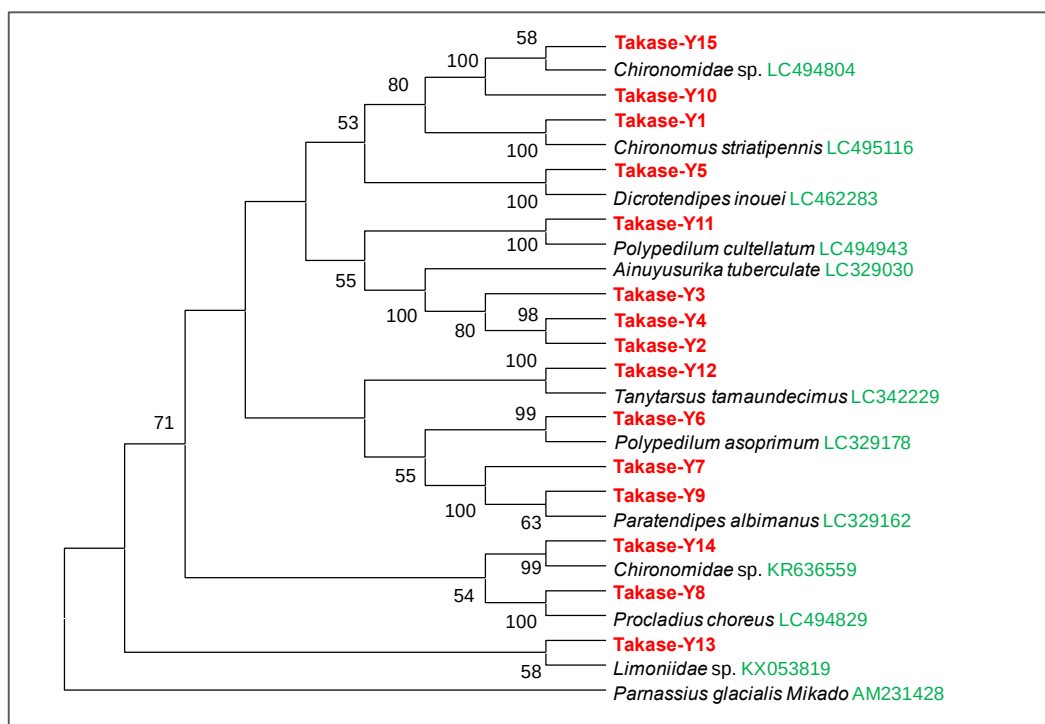


図 12 ユスリカ幼虫の COI 領域の部分配列の系統樹
(緑字はアクセッション番号、赤字は今回決定した配列)

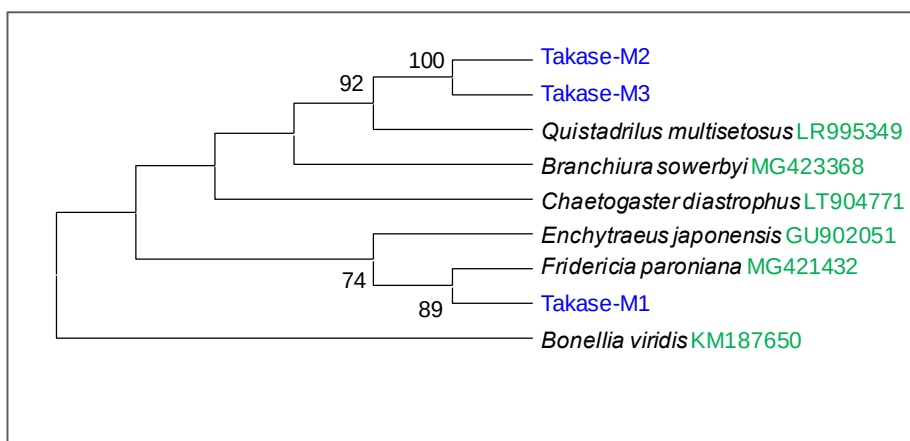


図 13 貧毛類の COI 領域の部分配列の系統樹
(緑字はアクセッション番号、青字は今回決定した配列)

iii.過年度データの再解析

調査区間別の全長別ニホンウナギの採捕数と河川環境の面積の割合を図 14 に示した。なお、解析は全長 200mm 未満（小型）と全長 200mm 以上（大型）に分けて行った。全長 200mm 未満の小型個体は、砂礫（粒径 2～16mm）や礫（粒径 17～64mm）に多く生息している傾向があり、調査区間別のニホンウナギの採捕数と河川底質の砂礫と礫の合計面積との間に正の相関が認められた（図 15、16）。また、全長 200mm 以上の大型個体は、石垣に多く生息している傾向があり、調査区間別のニホンウナギの採捕数と河川底質および側面の石垣の面積との間に正の相関が認められた（図 17、18）。これらのことから、ニホンウナギの体サイズに適した生息環境があることが示唆され、成長

に伴って生息環境が変化していることが考えられた。今後は、他の年度のデータを含めて、全長サイズの区切りなどを変えるなどして、さらに詳細に解析する予定である。

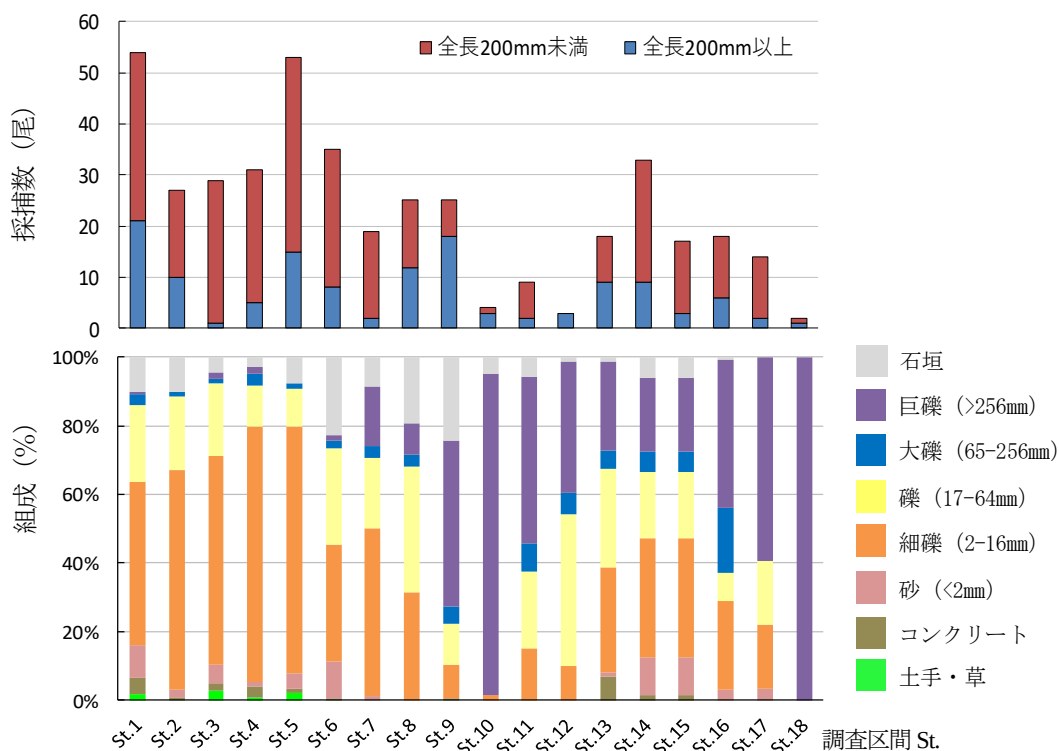


図 14 上段：調査区間別の全長別二ホンウナギの採捕数

下段：調査区間別の河川環境の面積の割合

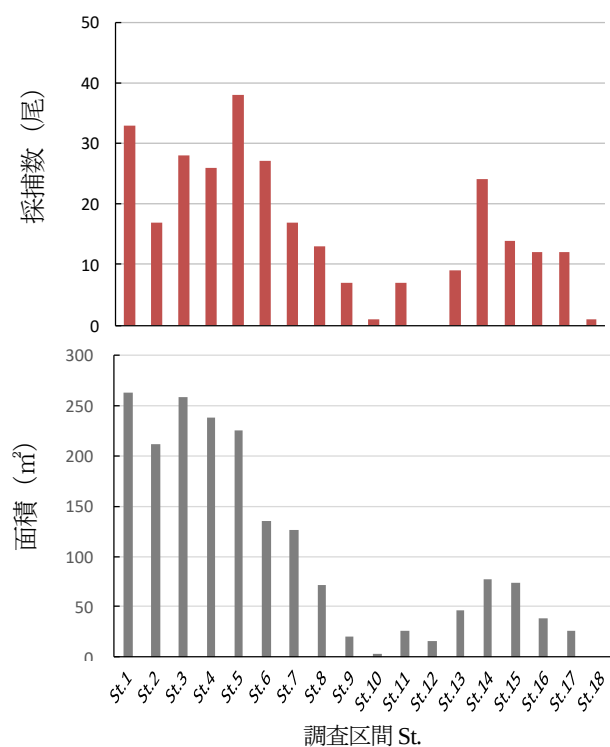


図 15 上段：調査区間別の全長 200mm 未満の二ホンウナギの採捕数

下段：調査区間別の河川底質の砂礫と礫の合計面積

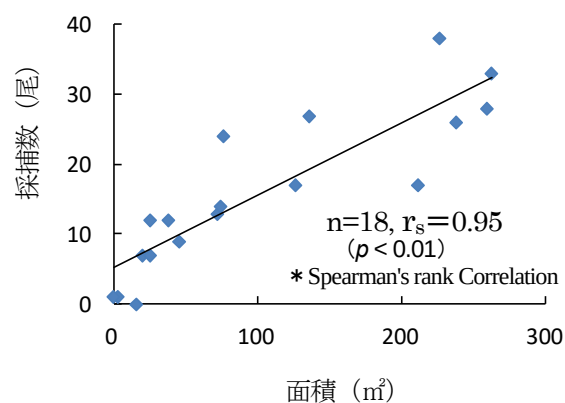


図 16 調査区間別の全長 200mm 未満の二ホンウナギの採捕数と河川底質の砂礫（粒径 2-16mm）と礫（粒径 17-64mm）の合計面積との関係

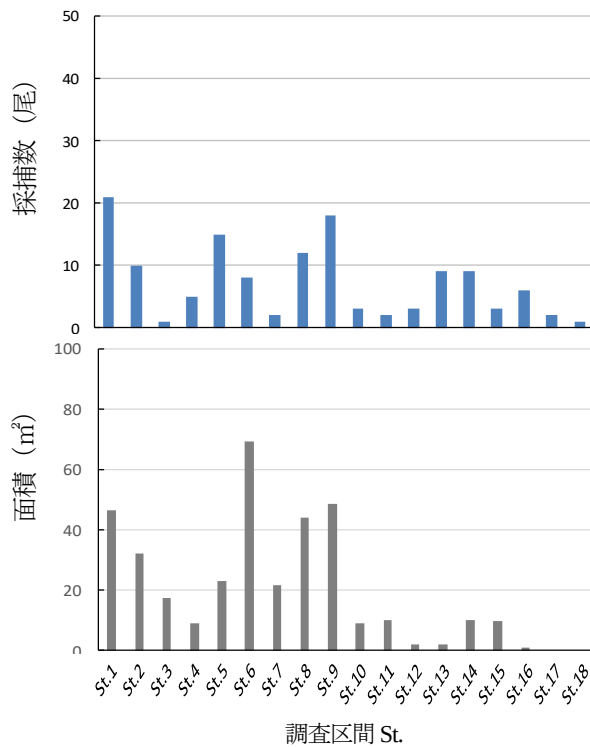


図 17 上段：調査区間別の全長 200mm 以上の二ホンウナギの採捕数

下段：調査区間別の河川底質・側面の石垣の面積

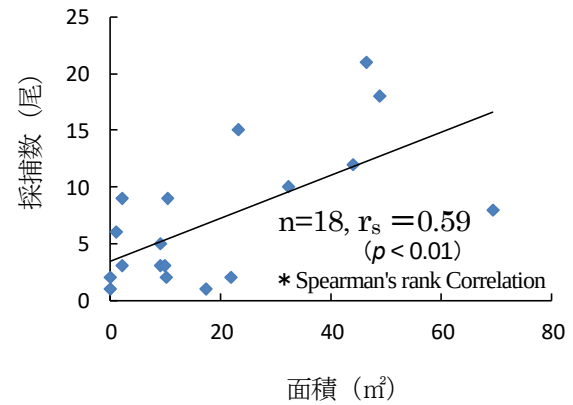


図 18 調査区間別の全長 200mm 以上の二ホンウナギの採捕数と河川底質および側面の石垣の面積との関係

次に、2015～2020 年における高瀬川のシラスウナギの月別採捕数とクロコの月別生息密度（定点 K1～K4 平均）の変動について図 19 に示した。各月のシラスウナギの採捕数は、翌月のクロコの生息密度と似た変動を示し、両者の間に正の相関が認められた（図 20）。このことから、高瀬川のクロコの現存量は、同河川へのシラスウナギの加入量が反映されていると考えられた。

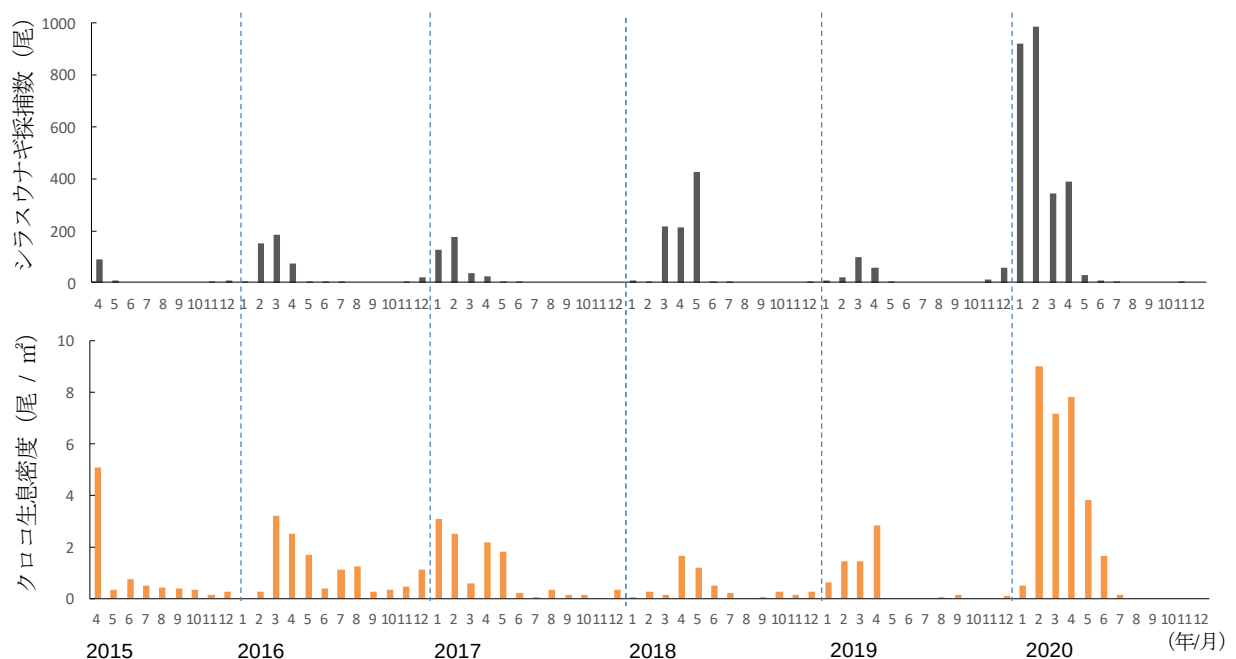


図 19 シラスウナギの月別採捕数とクロコの月別生息密度（定点 K1～K4 平均）の変動

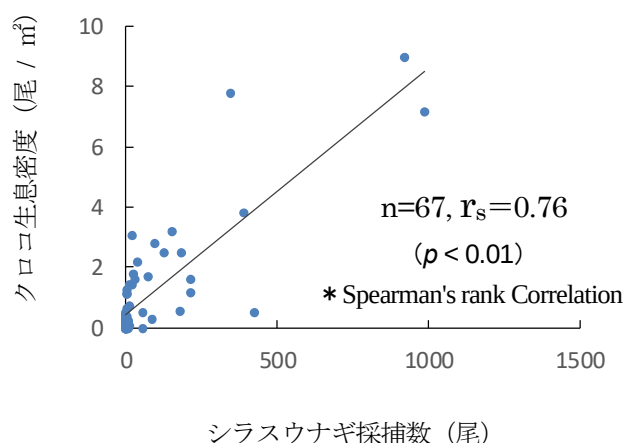


図 20 シラスウナギの月別採捕数と
翌月のクロコの月別平均生息密度との関係

引用文献

Fukuda N et al. (2013) Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in *Anguilla japonica*. Fisheries Science, **79**, 425-438.

今藤夏子・奥田しおり・大林夏湖・上野隆平・高村健二. (2017) DNA バーコーディングを目的としたユスリカ DNA 抽出方法の比較. 陸水学会誌, **78**, 13-26.

浜口昌巳・奥山芳生・山根弘士. (2016) 和歌山県におけるスミゾメガキ *Crassostrea dianbaiensis* の分布. 南紀生物, **58**, 22-25.

FOLMER, O., M. BLACK, W. HOEH, R. LUTZ & R. VRIJENHOEK. (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology, **3**, 294-299.

児玉敦也・中村虎之介・神林千晶・清水則雄. (2017) 糞分析を用いたオオサンショウウオ幼生の食性に関する研究. 広島大学総合博物館研究報告, **9**, 23-32.

課 題 番 号	1.-(2)	事業実施期間	令和2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2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577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、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45.6cm、平均体重は135.5gであった。成熟段階は、Y1が1個体、Y2が552個体、S1が10個体、S2が14個体であった。

マイクロサテライトDNA分析において、蛍光色により干渉（D3およびD4）があったため、本年度から特定のプライマーを2色混合して使用することにより判別を可能にし、分析効率を高めた。

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577個体のうち延べ87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。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、ウナギと餌生物（小型魚類や甲殻類）を採捕し、河床評価の結果との関連性について検討した結果、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

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。

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、令和元年度に採集した570個体のうち、延べ72個体が再採捕であった。平成25年度から令和元年度までに実施した個体識別は、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）。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日以下の場合は、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。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。

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（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、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（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、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ウナギ及び餌生物の採集を実施し、環境評価調査と採集調査の結果を比較解析する。

結果：

(1) 標識放流調査結果

奈半利川水系で、ウナギ 577 尾（箱漁法 541 尾、石倉漁法 25 尾、電撃ショッカー 11 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 86.6cm、最小 20.8cm、平均 45.6cm、最頻値 40～45cm で、全長 50cm 以下が 71.4% を占めた。体重についてみると、最大 1,216.1g、最小 8.5g、平均 135.5g、最頻値 50～75g で、体重 150g 以下が 71.2% 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）。

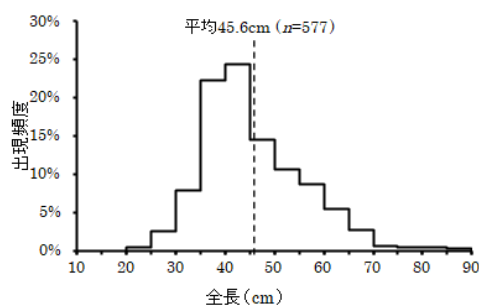


図 1 全長出現頻度

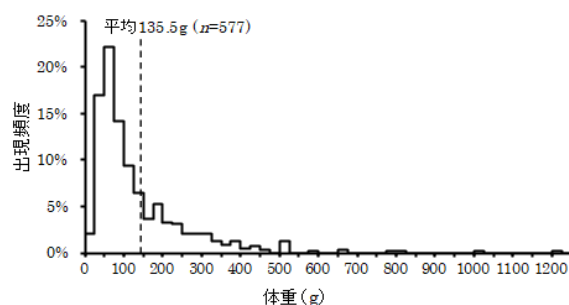


図 2 体重出現頻度

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、次いで河口で多かった。

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	108	18.7%
中流上部	96	16.6%
中流下部	90	15.6%
下流	157	27.2%
河口	90	15.6%
支流(2河川計)	36	6.2%
合計	577	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が認められ、河口は上流を除くその他地点より高く、上流は下流と中流下部より高かった (Tukey の多重比較法)。

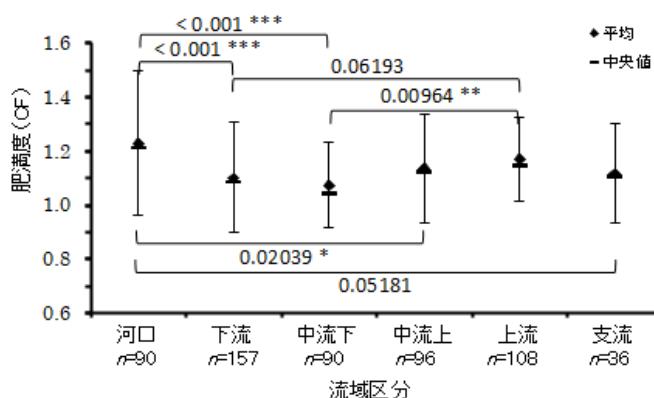


図 3 流域区分別平均肥満度（上下線は標準偏差）

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、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10尾、S2が14尾）。月別にみると、銀化ウナギは6月及び8月以降に出現した。

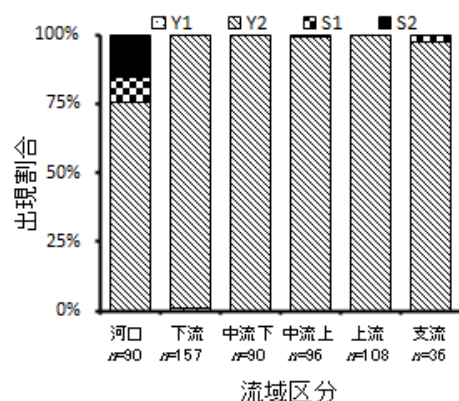


図4 流域区分別成熟段階別割合

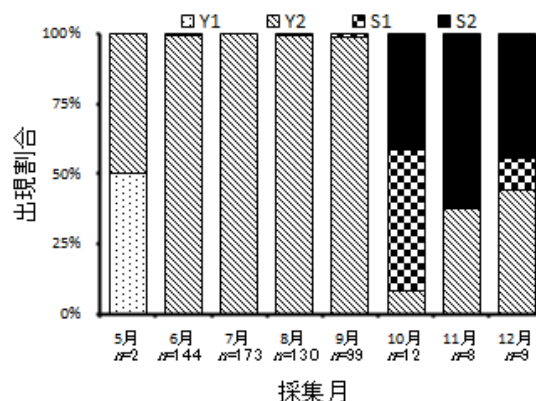


図5 月別成熟段階別割合

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3,526個体分）を実施した。その結果、本年度に採集した577個体のうち、189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87個体が再採捕個体で、うち7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たか、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）	577	箱漁法 541、石倉 25、電撃 11、平成25年度以降 計3,526
イラストマー標識確認	延べ80	
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87	過去採集分合わせて159個体を追加分析 一致個体のうち7個体はイラストマー確認できず 2回目72個体、3回目15個体

本年度の標識再採捕率は15.1% (87/577)、平成25年からの累計では11.2% (395/3533)であった。

平成25年度以降に標識放流の結果を用い、奈半利川のウナギの生息個体数を年別に推定した。Jolly-Seber法及びPetersen法により推定された個体数を、図6に示した。年間採集個体数は、平成26年から400個体以上となったことから、概ね数値が安定していると考えられる平成27年以降についてみると、Jolly-Seber法では3,591尾（平成28年）から5,107尾（平成27年）の間で、Petersen法では7,184尾（平成31年）から14,060尾（平成30年）の間で推移した。

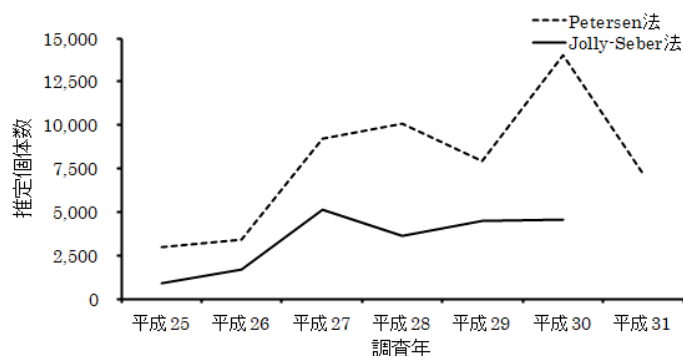


図6 年別推定生息個体数

平成25年度以降に採集した延べ3,533個体のうち、同一個体であると確認された延べ395個体（2回目357個体、3回目36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（ $SGR = (LN(\text{再採捕時の値}) - LN(\text{放流時の値})) \div \text{再採捕までの日数} \times 100$ ）を求め、SGRと再採捕までの日数を、図7に示した。

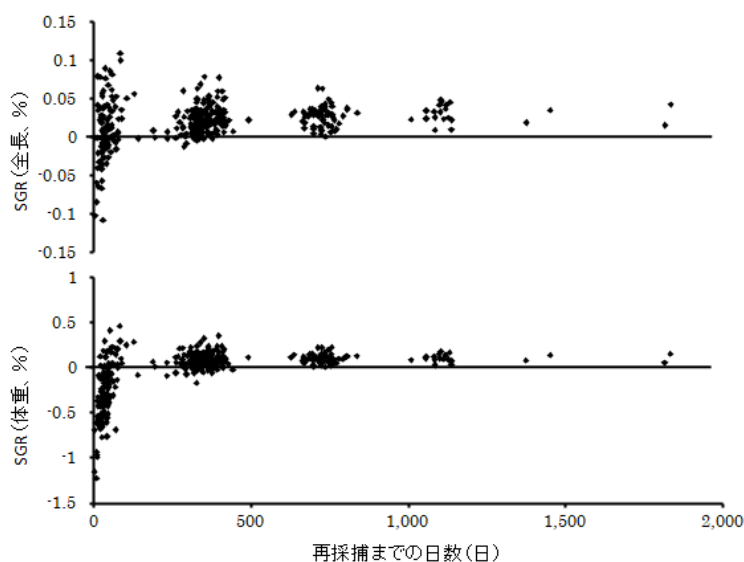


図7 SGR（日間成長率）

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、SGRの平均値と標準偏差を図8に示した。全体の平均値は、全長が0.019%、体重が-0.019%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（ $P > 0.10$ ）。

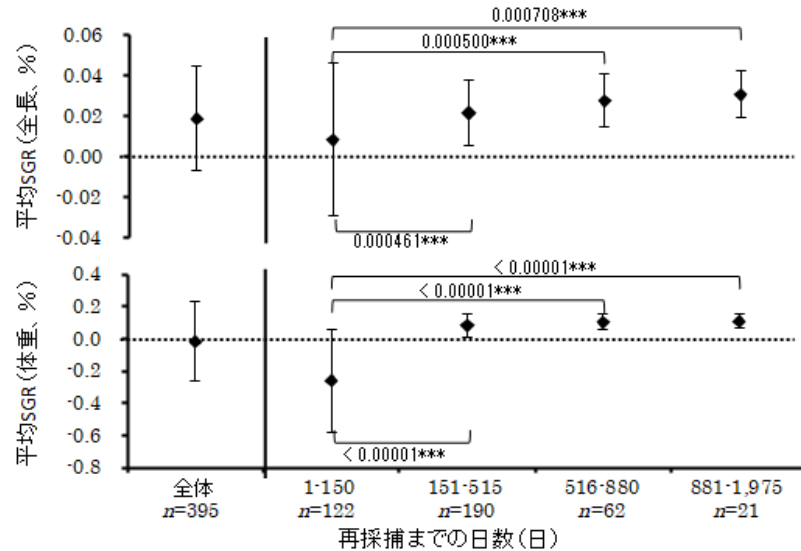


図8 日数別成長率（上下線は標準偏差を示す）

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9に示した。移動の範囲は-15.7km（降下）から10.4km（遡上）で、平均は-0.13km（降下）であった。

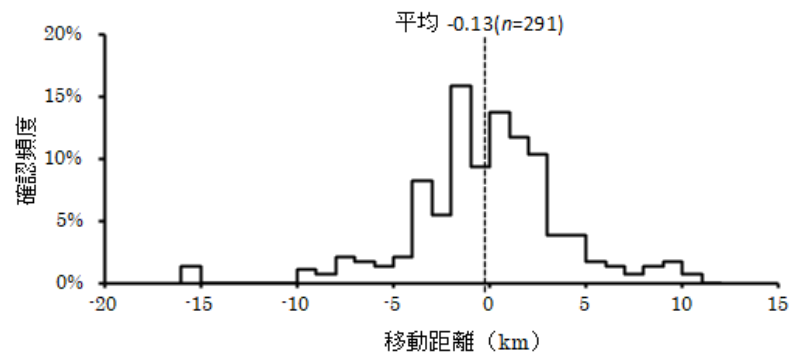


図9 放流位置からの移動距離（定位を除く）

放流位置からの移動の傾向（支流を除く）を図10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（25.5%）が、流域区別にみると、河口で多く（92.6%）、中流下部は全体の平均と同程度（26.0%）、下流、中流上部及び上流で少なかった（20.0%、15.7%及び21.3%）。また、遡上した個体は下流で多く、降下した個体はより上流の流域ほど多かった（Pearson's Chi-squared test, $P < 0.001$ ）。

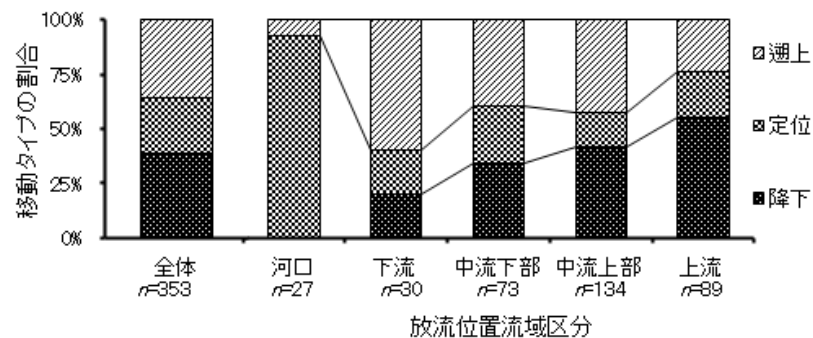


図10 流域区分別移動の傾向（支流を除く）

(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か所の調査箇所を設定し、電撃ショッカーによる採捕調査を実施した（表3）。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

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	確認尾数 (尾/㎡)	
5月	野友 (下流)	4.2km	右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	250	0.13	0.96	250	1	0.0040	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	235	0.09	0.75	235	0	0.0000	
	柏木マキ (中流)	7.6km	右岸早瀬	44.3%	4.26	225	0.22	0.84	225	0	0.0000	
			中央平瀬	52.6%	4.40	260	0.17	1.16	260	1	0.0038	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	250	0.26	1.47	250	0	0.0000	
	小島 (上流)	18.4km	右岸トロ(下)	73.4%	4.63	50	0.36	0.76	50	0	0.0000	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	75	0.57	3.22	75	0	0.0000	
			上流平瀬	71.9%	4.54	175	0.09	0.66	175	0	0.0000	
			右岸平瀬(下)	40.8%	4.03							未実施 (増水)
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13							
9月	野友 (下流)	4.2km	右岸早瀬	44.3%	4.26	300	0.20	1.09	300	1	0.0033	
			中央平瀬	52.6%	4.40	230	0.25	1.48	230	0	0.0000	
	柏木マキ (中流)	7.6km	左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	560	0.10	0.72	560	0	0.0000	
			右岸トロ(下)	73.4%	4.63	65	0.48	0.85	65	1	0.0154	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	75	1.12	6.28	75	3	0.0400	
	小島 (上流)	18.4km	上流平瀬	71.9%	4.54	160	0.04	0.15	160	0	0.0000	
			右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	205	0.04	0.09	205	0	0.0000	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	215	0.18	0.82	215	0	0.0000	
			右岸早瀬	44.3%	4.26	180	0.27	1.58	180	0	0.0000	
			中央平瀬	52.6%	4.40	130	0.77	3.82	130	0	0.0000	
12月	柏木マキ (中流)	7.6km	左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	500	0.02	0.18	500	1	0.0020	
			右岸トロ(下)	73.4%	4.63	75	0.08	0.50	75	0	0.0000	
			右岸早瀬	86.3%	4.80	75	0.31	2.14	75	2	0.0267	
	小島 (上流)	18.4km	上流平瀬	71.9%	4.54	180	0.31	3.34	180	2	0.0111	逃避1
			右岸平瀬(下)	40.8%	4.03	205	0.04	0.09	205	0	0.0000	
			右岸平瀬(上)	55.6%	4.13	215	0.18	0.82	215	0	0.0000	
			右岸早瀬	44.3%	4.26	180	0.27	1.58	180	0	0.0000	
	野友 (下流)	4.2km	中央平瀬	52.6%	4.40	130	0.77	3.82	130	0	0.0000	
			左岸トロ+ヨシ	58.5%	4.54	500	0.02	0.18	500	1	0.0020	
			右岸トロ(下)	73.4%	4.63	75	0.08	0.50	75	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。

2年分のデータの合計を用い、調査箇所別の河床の巨礫の割合と1㎡当たりの餌生物採捕重量及びウナギ確認個体数との関係を、図11及び図12に示した。

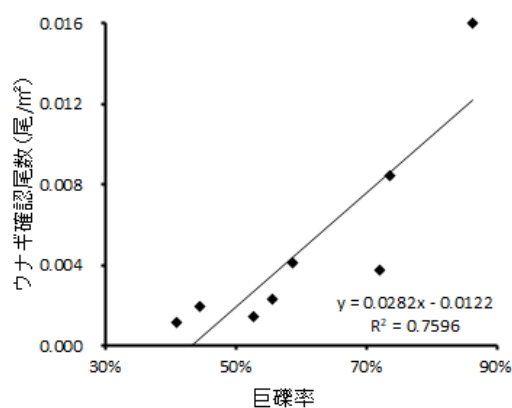


図11 巨礫の割合とウナギ確認尾数

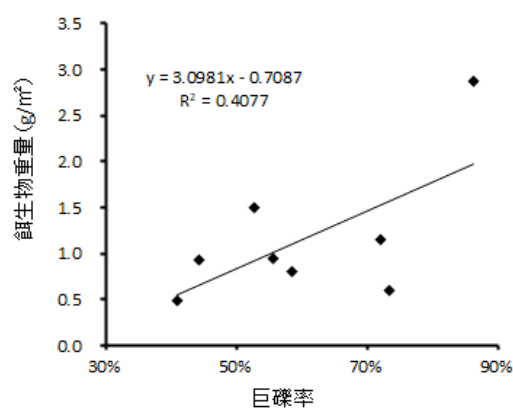


図12 巨礫の割合と餌生物重量

巨礫の割合と確認尾数(尾/㎡)の間には正の相関が認められ(Spearmanの順位相関係数、 $P = 0.00114$ 、 $r_s = 0.952$)、巨礫の割合が高いほど確認尾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($P = 0.3268$ 、 $r_s = 0.4048$)。

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、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。

移動と成長に関しては、相当な数のデータが蓄積されつつあるが、成熟と雌雄の比について新たな知見を収集するため、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2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（宮崎県水産試験場内水面支場）		

令和2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2年7月20日、9月28日、11月11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136尾、オオウナギ9尾の計145尾を採捕し、これらのニホンウナギのうち131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136尾のうち18個体は平成30年7月13日以降に標識放流された再採捕個体であり、銀化個体1尾で下流へ560m（経過日数412日）の移動を確認できたが、全体の55.6%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0.206%となり、調査区間の資源量は595尾、生息密度は100 m²あたり9.1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、採捕調査日ごと、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未満では、7月に生息密度とGravel（小礫）の割合の間に正の相関が認められ、11月に生息密度とSand（砂）の割合に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。

2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甲殻類重量とウナギ採捕重量の間に正の相関が見られた。

過年度までの成果の概要：

平成30年7月13日～令和元年11月13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6回行い、ニホンウナギ323尾を採捕し、これらのうち300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323尾のうち63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103.5mで、全体の57.1%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0.220%となり、令和元年9月時点での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。

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、採捕調査日毎に生息密度との相関を調べた結果、草の被覆度と生息密度で正

の相関（H30 年 9 月、R1 年 7 月、11 月）が見られ、一方、Sand（砂）と生息密度の間にも正の相関（H30 年 7 月）が見られており、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、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。

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

自然災害、工事等により河川環境に大幅な変化があった場合は、適宜、環境調査（水面幅、水深、底質、隠れ家）を調査し環境データの補正を行う。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～巨石が占有、③草に覆われている」の 3 条件を満たす調査区間（20m）を複数区間設定し、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 2 年 7 月 20 日、9 月 28 日、11 月 11 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 136 尾、オオウナギ 9 尾の計 145 尾を採捕し、これらのニホンウナギのうち 131 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 136 尾

のうち18個体は平成30年7月13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。

表1 ニホンウナギの年度別採捕状況

調査年		2018			2019			2020		
調査月		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
	合計	103			220			136		
再採捕数 (尾)	月別	11	4	7	14	20	8	9	2	7
	合計	22			42			18		
標識率	月別	26.8%	13.8%	21.2%	16.3%	20.8%	21.1%	19.6%	5.1%	13.7%
	合計	21.4%			19.1%			13.2%		

採捕されたニホンウナギの平均全長は231mm、平均体重は42.5gとなり、全長200mm以下が全体の57.5%を占め、体重50g以下が79.9%を占めた(図1、図2)。前年度に比べ採捕個体の小型化が見られたことから、採捕月ごとに平均全長を前年度と比較すると、9月及び11月で有意に平均全長が小さいことが明らかになった(Mann-Whitney U検定、 $p<0.001$, $p<0.0001$)。これは、令和2年7月採捕調査と9月採捕調査間に調査区間の一部で河川工事が行われたことも、その一因と推察される。また、採捕個体の小型化に伴い、9月以降に標識率(再採捕尾数/採捕尾数)が低下する傾向がみられた。

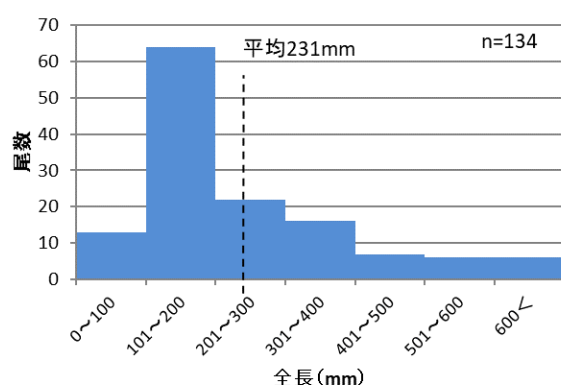


図1 採捕個体の全長組成

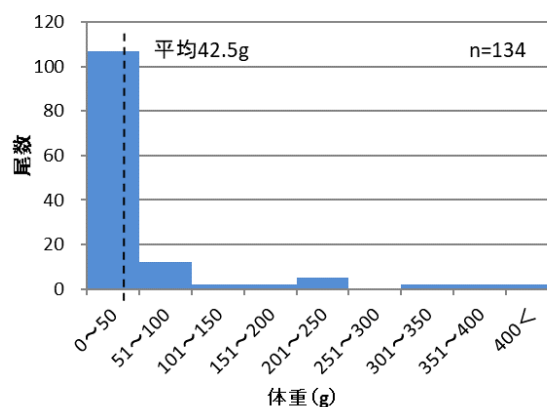


図2 採捕個体の体重組成

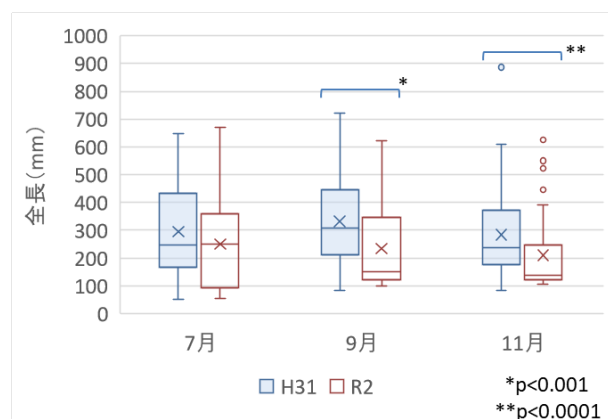


図3 採捕月ごとの全長比較 (H31～R2)

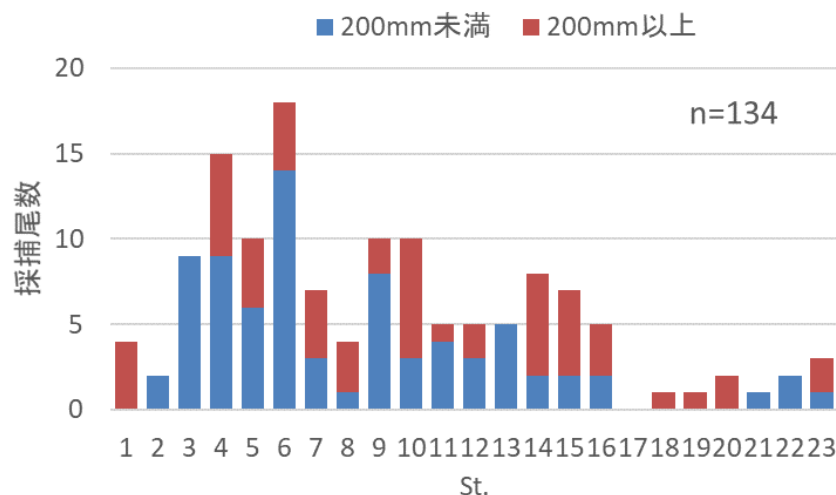


図4 調査区間別採捕尾数

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 4 に示した。St. 16 から下流の区間で採捕尾数が多く、St. 17 から上流の区間で採捕尾数が少ない傾向が見られ、サイズ別の内訳をみると下流域で 200mm 未満の小型個体の割合が高く、上流域で 200mm 以上の大型個体の割合が高い傾向がみられた。

再採捕個体 18 尾の移動状況を見ると、最大で上流へ 660m (経過日数 298 日) の移動を確認できたが、全体の 55.6% 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)。また成長は、全長の平均瞬間成長率 (SGR) が 0.075%、平均日間成長量が 0.221mm/日となり、体重の平均瞬間成長率 (SGR) が 0.206%、平均日間成長量が 0.073g/日となった (図 7, 8)。また、平成 30 年以降に再採捕された 76 尾 (重複なし) の全長別の瞬間成長率を見ると、全長 SGR、体重 SGR とともにピークは 201~300mm 階級にあり、全長が大きくなると瞬間成長率は低下する傾向がみられた (図 9)。

さらに、平成 29 年 6 月以降の延べ 12 回の採捕調査及び標識放流から、Jolly-Seber 法により令和 2 年 9 月時点での調査区間 (1, 140m : 6, 542 m²) の資源量は 595 尾と推定され、推定生息密度は 100 m²あたり 9.1 尾となった。

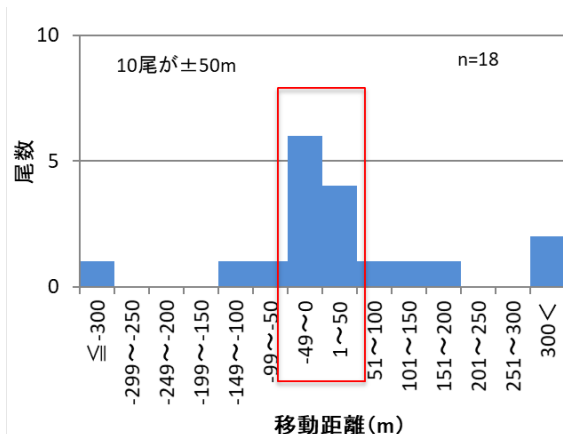


図5 再採捕個体の移動距離の頻度分布

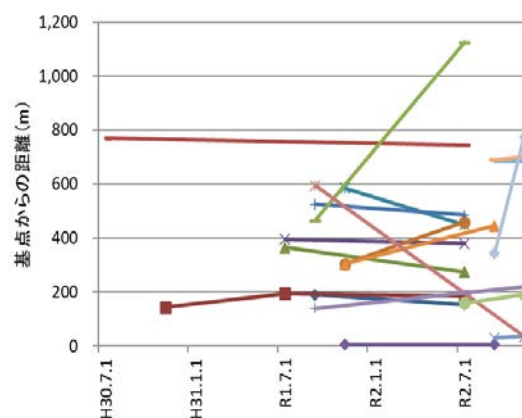


図6 再採捕個体の移動状況

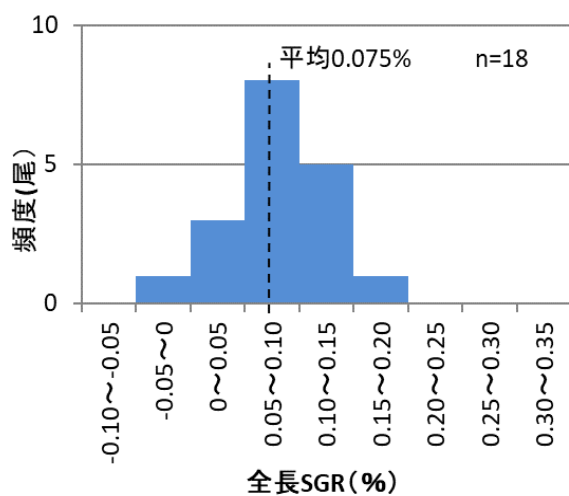


図 7-1 全長の瞬間成長率の頻度分布

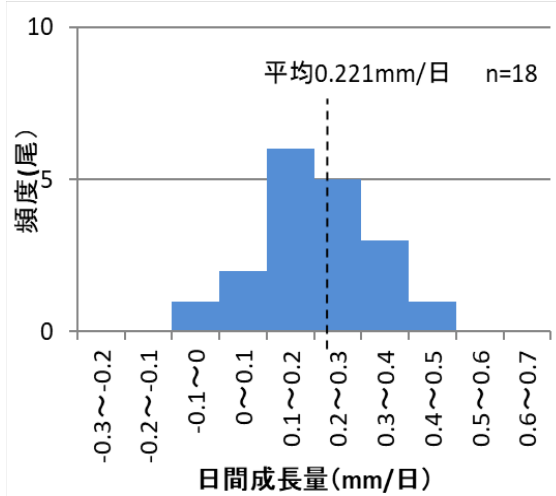


図 7-2 全長の日間成長量の頻度分布

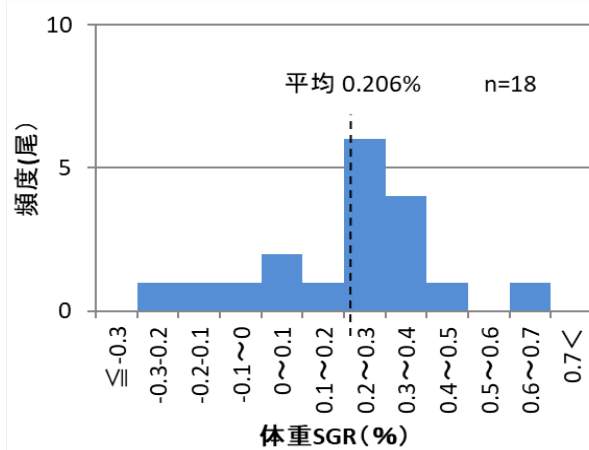


図 8-1 体重の瞬間成長率の頻度分布

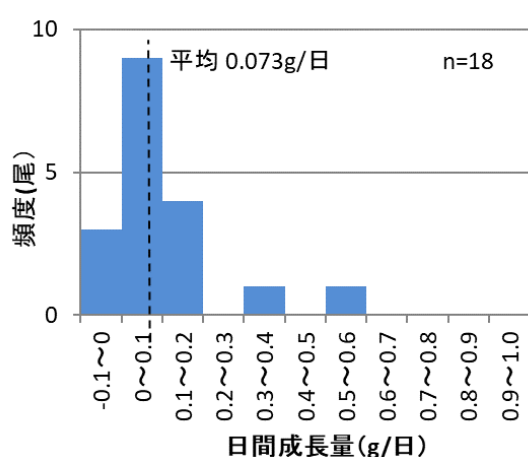


図 8-2 体重の日間成長量の頻度分布

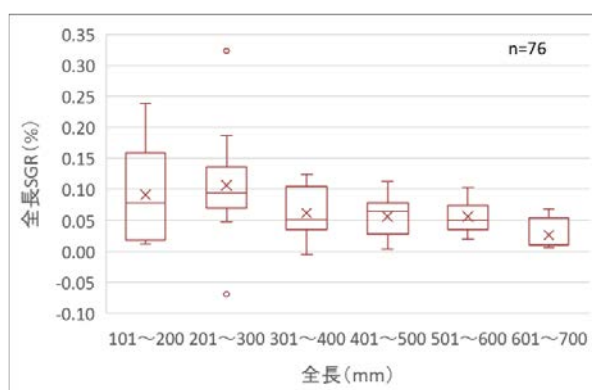


図 9-1 再採捕個体の全長別瞬間成長率(全長)

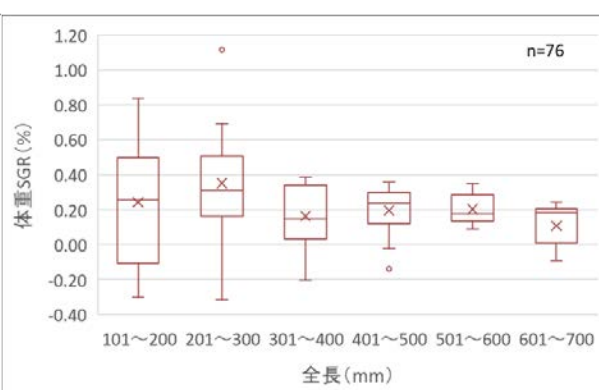


図 9-2 再採捕個体の全長別瞬間成長率(体重)

(2) 河川内の生息環境の把握

前年度橋脚の補強工事により、一部の区間で再測定を行った環境調査について、本年度も令和2年8月に、St. 15-8~St. 20-6の区間で河川工事による大規模な堆積土砂の撤去が行われたことから、

工事区間において 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データの補正を行った。工事前後の 50m 区間ごとの底質組成を比較すると、St. 17～St. 20 では土砂の撤去により Sand（砂）の割合が減少し、下流の St. 16 では上流からの土砂の流入により Sand の割合が増加している（図 9）。また、工事区間における隠れ家の被覆度は 5.90～13.3%であったのに対して、工事後は 0.41～5.13%に減少し、土砂とともにウナギの隠れ家となる植物が消失したことを確認した（図 10）。さらに、工事区間内（St. 15-8～St. 20-6）のウナギ採捕尾数を見ると、工事直前の 7 月には 6 尾の採捕が確認されたが、工事後は 9 月に 0 尾、11 月に下流域の砂泥で 3 尾が採捕されたのみとなり、河川工事の影響が懸念される。

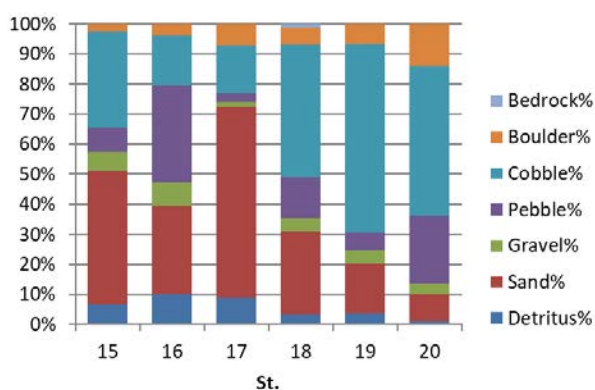


図 9-1 工事前の底質組成 (St. 15～20)

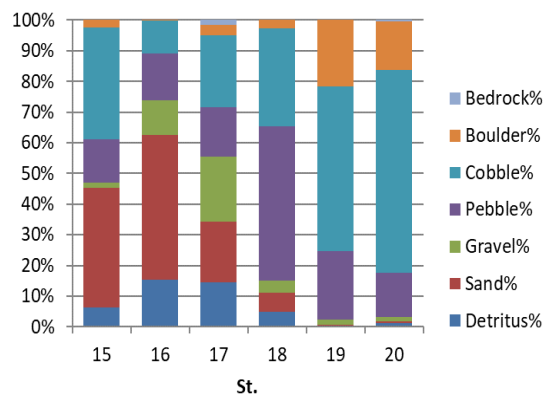


図 9-2 工事後の底質組成 (St. 15～20)

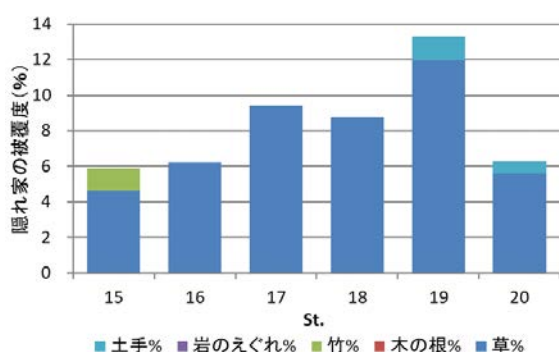


図 10-1 工事前の隠れ家被覆度 (St. 15～20)

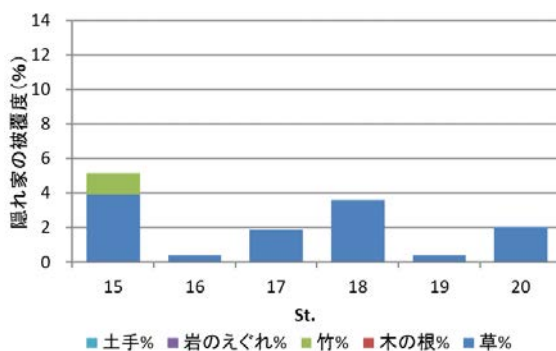


図 10-2 工事後の隠れ家被覆度 (St. 15～20)

補正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、7 月には Gravel（小礫）との間に正の相関が認められ、9 月には水面幅と負の相関が認められ、さらに 11 月に Sand（砂）と正の相関がみられた（Pearson の積率相関係数、 $p < 0.03$ 、図 11）。一方で全長 200mm 以上の生息密度は、底質、隠れ家との相関はなく、9 月に水面幅と負の相関が認められた（Pearson の積率相関係数、 $p < 0.03$ 、図 12）。したがって、ニホンウナギは 200mm 未満の小型サイズでは、季節に応じて最適な生息場所（底質）を選択している可能性がある。

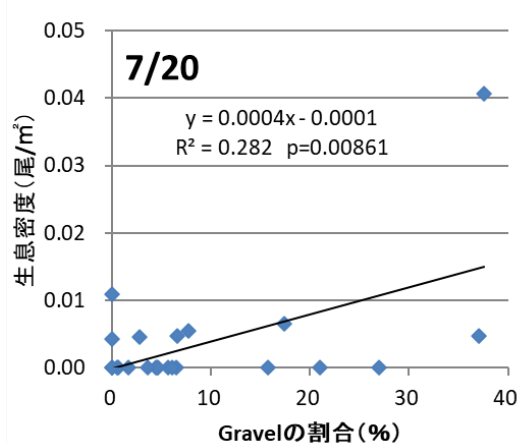


図 11-1 生息密度 (200mm 未満) と Gravel

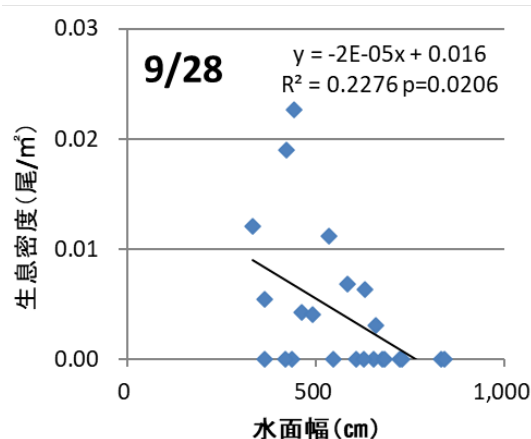


図 11-2 生息密度 (200mm 未満) と水面幅

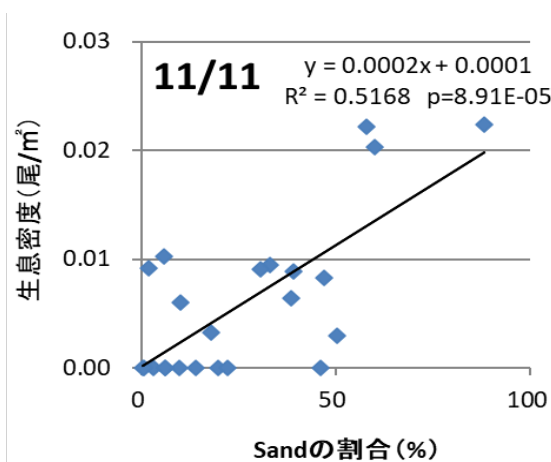


図 11-3 生息密度 (200mm 未満) と Sand

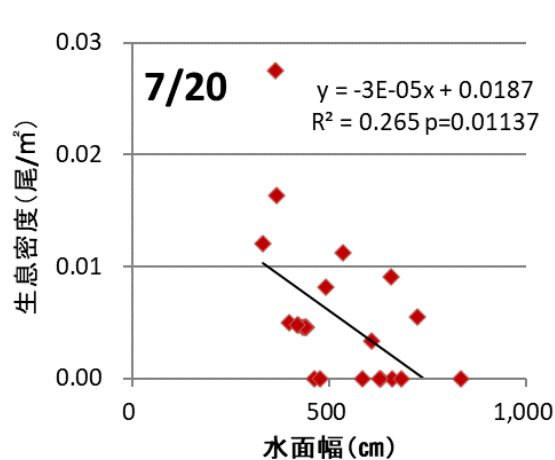


図 12 生息密度 (200mm 以上) と水面幅

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。全長 200 未満の個体について、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 13)。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、 $p < 0.01$ 、図 14)。さらに、採捕個体の隠れ家は、7 月には Pebble (中礫) ~ Cobble (大礫) 主体、9 月には草主体であったが、11 月に Detritus (泥) 及び Sand の割合が急増している (図 15)。

同様に全長 200mm 以上の採捕場所の平均流速を調査月ごとに比較すると、7 月に比べ 11 月で有意に遅かった (Steel-Dwass 多重検定、 $p < 0.03$ 、図 16)。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高く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 17)。さらに、採捕個体の隠れ家をみると、季節に関係なく 5 割以上の個体は草を利用しており、9 月、11 月と Boulder (巨礫) の割合が減少し、代わって Sand と Detritus の割合が増加している (図 18)。

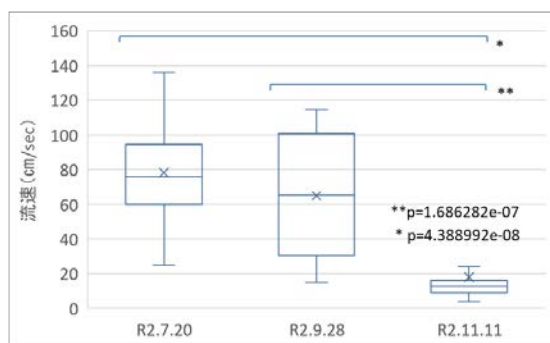


図 13 採捕場所の平均流速 (200mm 未満)

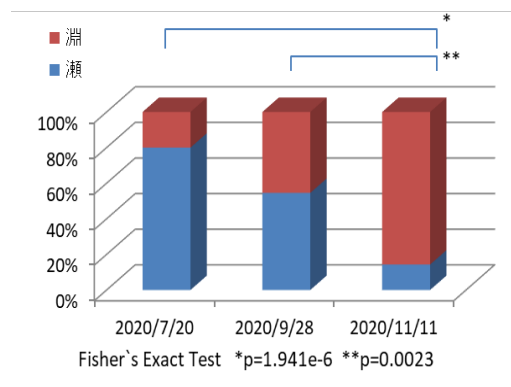


図 14 採捕個体別の生息環境 (200mm 未満)

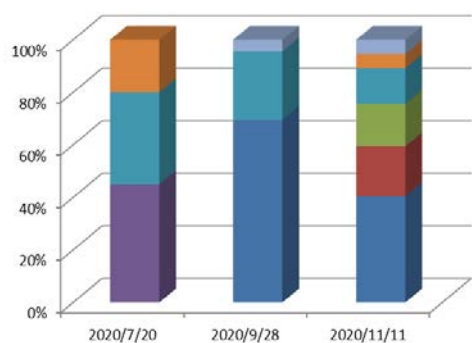


図 15 採捕個体の隠れ家 (200mm 未満)

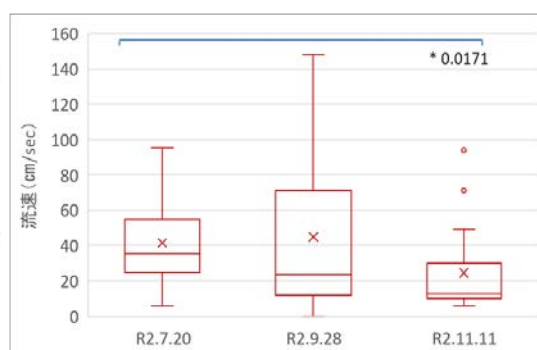


図 16 採捕場所の平均流速 (200mm 以上)

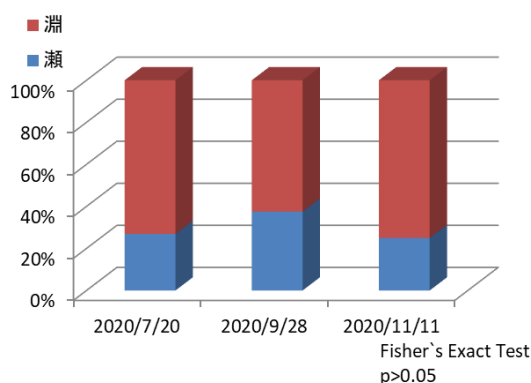


図 17 採捕個体別の生息環境 (200mm 以上)

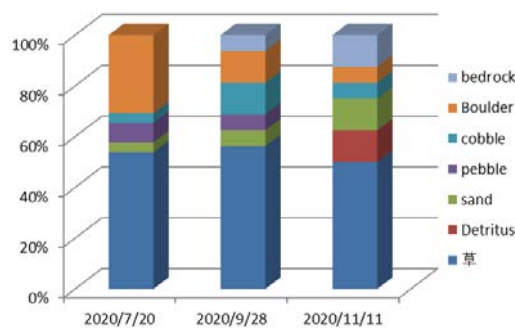


図 18 採捕個体の隠れ家 (200mm 以上)

(3) 餌料生物の季節変動の把握

これまでの採捕調査結果から、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～巨石が占有、③草に覆われている」の3条件を満たす調査区間 (20m) として、「St. 6-8～7-2」、「St. 12-6～13-0」の2定点を調査区間に選定し、7月20日、9月28日、11月11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. 6-8～7-2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. 12-6～13-0では7月に最大となり、その後は減少傾向を示した。また、単位あたり餌料生物量と調査区間内のウナギ採捕重量の間には、正の相関が見られ、さらに餌料生物のうち甲殻類

の重量とウナギ採捕重量の間に強い相関が認められた (Pearson の積率相関係数、 $p < 0.01$ 、図 19、20)。以上から、本河川において、上記①～③の条件を満たす場所では、甲殻類の多寡がウナギ生息密度に影響を与える可能性がある。

表 2 餌料生物調査結果

調査地点	調査日 標準和名	7月20日			9月28日			11月11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.6.8 ～St.7.2	オイカワ				44	78.7		20	15.76	
	ウグイ	2	29.03							
	ゴクラクハゼ							3	6.01	
	シマヨシノボリ				5	5.8		16	11.2	
	オオヨシノボリ	1	0.3		13	7.7				
	ヌマチチブ				41	54.6		33	28.9	
	ボウズハゼ				3	29.8				
	モクズガニ	2	14.36		9	48.5		3	4.15	
	ミナミテナガエビ	6	33.29		9	4.0		4	10.38	
	ヒラテテナガエビ	5	33.06		7	47.2				
	ミゾレヌマエビ				28	6.3		5	0.87	
	トゲシマヌマエビ	1	0.66		2	1.2				
小計		17	110.7	1.30	161	283.69	3.34	84	77.27	0.91
St.12.6 ～St.13.0	オイカワ				20	88.21		19	64.05	
	ウグイ	3	10.8		2	27.4				
	ゴクラクハゼ				1	1.28		1	0.69	
	シマヨシノボリ							5	2.28	
	オオヨシノボリ	5	1.46							
	ヌマチチブ				21	36.14		38	59.37	
	ボラ	32	49.7		1	10.25				
	モツゴ				1	1.46				
	モクズガニ	2	23.7					4	27.73	
	アカテガニ	1	8.75							
	ミナミテナガエビ	39	183.7		7	16.42		4	0.58	
	ヒラテテナガエビ	12	70.05		6	30.62				
	ミゾレヌマエビ				1	0.05				
	トゲシマヌマエビ	45	23.5		1	0.21				
小計		139	371.66	3.12	61	212.04	1.78	71	154.7	1.30

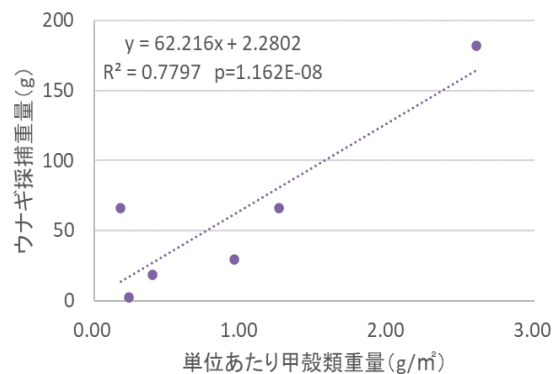
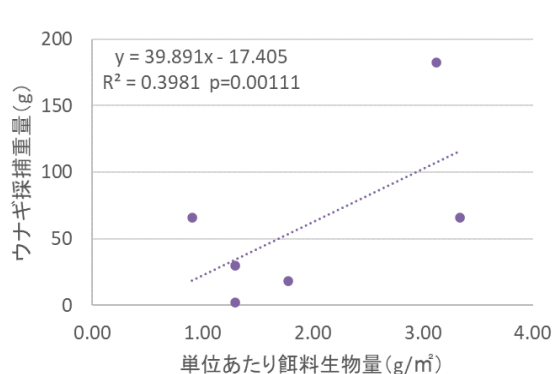


図 19 単位あたり餌料生物量とウナギ採捕重量 図 20 単位あたり甲殻類重量とウナギ採捕重量

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。