様式８－１

河川基金助成事業
研究レポート

「ニホンウナギを持続可能な資源にするための研究」

助成番号：2020-5411-006

学校名：岡山理科大学附属高等学校
校　　長：田原　　誠
顧　　問：野田 利之

２０２０年度

1. 研究の目的

ニホンウナギ(*Anguilla japonica*)の稚魚であるシラスウナギの国内採捕量は，統計が始まった1957年と翌58年の207 tをピークに年々減り，2019年には57年のおよそ1/56の3.7 tにまで減少した。2020年は20.4 tだったが，1984年以降は30 tを超えておらず，絶滅の恐れがあると指摘され，環境省レッドリスト2015では，クロマグロ,ラッコ，トキ，ジャイアントパンダと同じ絶滅危惧ⅠB類（Endangered：近い将来，野生での絶滅の危険性が高い種)に区分（IUCNのレッドリストでも同様)されている。① 河川や沿岸等の生育場の環境変化，② 海洋環境の変化，③ 過剰な漁獲　等が減少の原因と考えられている。ニホンウナギは，河川上流域から沿岸部まで幅広い環境に生息しており，生物の多様な生育・生息環境を保全・回復する必要がある[4)]，と考えられているが，生息環境の回復が，資源の減少に追いつけるとは考え難い。ニホンウナギを保全するには，川全体を利用できるようにすることが重要であると考えられているが，2019年度に実験室内の水槽で，人工芝を使った魚道を用いて行った実験から，当歳夏迄の体長10cm以下のクロコの遡上が重要であることが分かった。また，これらの小さなウナギの遡上には魚道が必要不可欠であることも分かった。そこで，実際の川に人工芝を用いた魚道を設置して観察を行い，実際の川でも魚道が必要か検証することを目的とした。

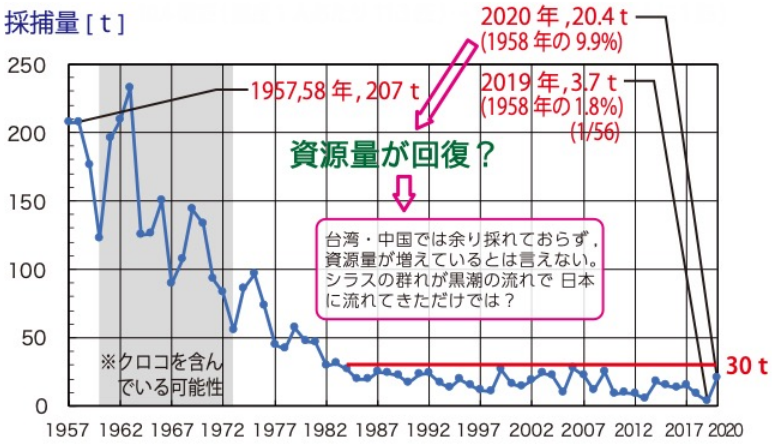

図１ シラスウナギ国内採捕量の推移

（出典：農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」（～2002年），水産庁調べ（池入数量－輸入量）(2003年～））

2. 研究の動機

ニホンウナギは河川上流域から沿岸域までの幅広い環境に生息しており，川全体を利用できることが保全のカギであるが，先行研究から，岡山の三大河川において，横断構造物により天然遡上個体は川に遡上できず沿岸域に留まり，川に放流された個体は降河せず川に留まっていることが確認された。[6)] 旭川水系や利根川水系でウナギを採捕して行った調査から，240 mm以下の個体が遡上するが，水位差が40 cm以上ある河川横断構造物あると遡上できない[3)]と考えられている。

例年夏に行われている「旭川うなぎ探検隊」の調査から，旭川の支流で合わせて35種の魚類・水棲生物の生息を確認しているが，このうち約1/3が回遊種であり，海と川のつながりの重要性を再確認した。

英国環境省がガイドラインを示している，人工芝を用いたウナギ用の魚道が，既に鹿児島県や静岡県等には設置されている。前述の通り実験室内の水槽では，

魚道が必要であると考えられたが，実際の河川での魚道の効果が確認されれば，費用は大きくないことから，岡山県でも設置につながり，資源の回復に寄与できると考えた。魚道の設置は，ウナギ以外の回遊種の保全にもつながることが期待され，ニホンウナギ資源の回復も加速すると考えられる。

さらに，実験室内の実験から，ニホンウナギの遡上には個体密度も影響していることがわかっており，資源が回復傾向にあるのかを確認する意味も含め，旭川のニホンウナギ資源量調査も引き続き行いたいと考えた。

3. 研究の方法

① 実験１(魚道の効果検証)

旭川潮止堰(クラレ堰)にカメラを設置して動画を撮影し，撮影した動画からニホンウナギの遡上数を数え，魚道の有無と遡上数を比較し，魚道の効果を検証した。ウナギは水中ではなく，水際を遡上するので，水際を撮影した。ニホンウナギは夜行性で，主に夜間に撮影を行う必要があり，夜には赤外線を用いて撮影でき，遠隔で撮影状況が確認できる防犯用のカメラを購入した。電源の供給はポータブル電源２台を用いた。データはSDカードに保存され，撮影後は毎日データのバックアップを行った。人工芝(幅910 mm×長さ12.8 m)を用いた魚道は，コンクリート平板(300 mm×300 mm×60 mm, 12 kg)にコンクリート用アンカーボルトを用いて人工芝を留め，人工芝の上流側の端には重しとしてワイヤーで連結したコンクリート平板を4個程度乗せた。堰の上流の岩の間にロープ留めを打ち込み，耐荷重1.5 tのロープで固定し，万が一の際にも魚道が流されないようにした。

図２　実験場所の旭川潮止堰(クラレ堰) の場所

② 実験２(資源量調査)

旭川潮止堰(クラレ堰)の下流右岸側にウナギ筒を設置し，採捕した個体にPITタグ(ICチップ)を埋設して再放流しJolly-Seber法を用いて資源量を推定する。

3.1. 実験１(魚道の効果検証)

岡山市の中心部を流れる一級河川，旭川水系旭川にある旭川潮止堰（通称クラレ堰）に，動画を撮影できる，防犯用のカメラを設置して動画を撮影し，魚道を設置した場合と設置していない場合のニホンウナギの遡上数を，動画を再生してカウントし，効果を検証した。

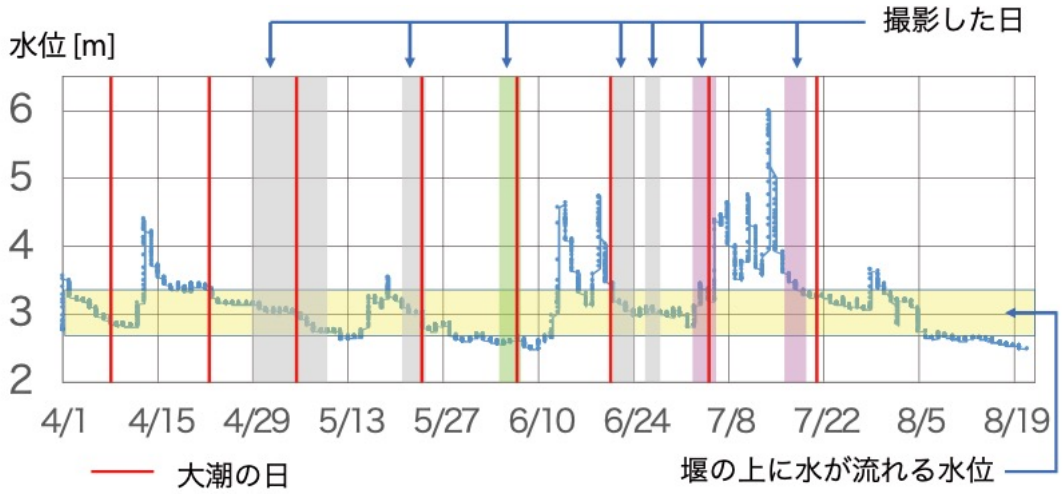

図３ 2020/4/1 以降の三野の水位変化 (国土交通省 水分水質 DB より)

動画の撮影は，2020年4月末から7月末にかけて，夜行性であるニホンウナギが遡上しやすいと考えられる深夜に満潮を迎える大潮の日かその前後にあたる金曜から日曜を中心に，夕方から翌日の明け方まで行った。

普通に生活していると，ダムの放水量の変化や川の水位の変化について，余り気にすることはなかったが，実際に川で撮影を行うとなると，意外に水位変化が大きく，撮影を行ったクラレ堰の上に水が流れる水位は，280 cmから330 cmと50 cmもの幅があるが，この範囲外の日も多く，撮影に適した日が少ないことに驚いた。堰の土手下の部分から川の中央近くまでの平らな部分は65 mもあるため，水位が1 cm変わると堰の上で水の流れる水際部分が平均で130 cm移動し，91 cmの人工芝の幅を超えて水際が移動することを意味する。このため，人工芝の魚道を用いて撮影を行う際は，水位の変化も予測した上で適切な場所に魚道を設置する必要があり，実験はさらに困難なものとなった。

ゴールデンウィーク中の4月29日から5月8日までは昼夜問わず動画による撮影を行い，昼間は目視による確認も行った。ゴールデンウィーク中は，カメラ，電源装置やコードなどの機材を堰に設置したままで行うため，国土交通省に一時占用許可の申請を行った。一方で，水位変化が大きく，1日に何度も機材や魚

道の移動が必要になった。その他の金曜から日曜については金曜の夜に機材を搬入して設置し，土曜の明け方に全て撤収し，また土曜の夜に機材を搬入して設置し，日曜の朝に全て撤収した。これらの実験を行う時間については，国土交通省に一時使用許可の申請を行った。また，全ての実験は，堰の所有・管理者である(株)クラレ様の許可を頂いて行った。(株)クラレ様は快く許可して下さり，全面的に協力して下さった。この場を借りてお礼申し上げます。撮影したデータはSDカードに保存し，その都度現場でHDD等にバックアップを行った。

実験中は，撮影用のカメラ２台の他に設備の確認用のカメラも１台設置した。また，全てのカメラをモバイルWi-Fiルーターにより接続し，スマホのアプリからカメラの映像がリアルタイムで確認できるようにし，監視を行った。これにより，6月26日のように急な水位上昇によりカメラ等が流失する恐れがあるような際にもいち早く気がつくことができた。また，このような際にもカメラを設置することができたため，貴重なニホンウナギが遡上する様子を動画で捉えることができた。動画撮影時の電源供給については，レジャー用のモバイル電源２台(540 Wh, 700 Wh)を用いて行った。ほぼ2週間連続撮影していたゴールデンウィーク中には電源装置を充電するために休止できないため，ソーラーパネルより充電を行ったり，一方の電源装置から充電を行いながら同時に電源の供給も行った。

図４　実験風景【魚道あり】(2020/5/2)

図５　魚道流失防止用ロープの状況(2020/5/2)

図６　実験風景【魚道あり】(2020/5/7)

図７　実験風景【魚道なし】(2020/6/7)

防犯カメラの電源コードは，散歩や釣りで堰を訪れる人が引っかかって転倒するのを防ぐため，目立つようにコルゲートチューブを通し，夜間にはライトを反射して気づいてもらえるよう，反射剤入りのパラコードをコルゲートチューブに巻き付け，並行してはわせた。

図８　カメラ設置中(2020/6/5)

図９　ウナギ筒の設置(2020/6/5)

3.2. 実験２(資源量調査)

クラレ堰の下流右岸側にウナギ筒を設置し，採捕した個体にPITタグ(ICチップ)を埋設して再放流しJolly-Seber法を用いて資源量を推定した。今年はコロナ禍のため部活動の制限があり，ウナギ筒を設置できたのは２回だけだった。

4.　結果

4.1. 実験１(魚道の効果検証)

岡山市の中心部を流れる一級河川，旭川水系旭川にある旭川潮止堰（通称クラレ堰）の右岸側(右の図4の赤枠部分)に，防犯用のカメラを設置して動画を撮影し，動画からニホンウナギの遡上数をカウントし，魚道の有無による違いを比較して魚道の効果を検証した。カメラの設置場所を次のページの図11に赤または青の線で表した模式図で示した。また，緑の長方形で魚道(人工芝)の設置場所を示した。日付は設置した日付で，緑の枠で囲んだ日は魚道を設置して撮影した日，枠で囲んでいない日は魚道を設置せずに設置した日である。また，図の上方にある紺色の線と数字は，水位により，堰のどこに水際があるかを示した。図12～14のように3匹のニホンウナギが遡上しようとする姿を撮影できた。

図 10 クラレ堰の航空写真 (Google map より) に境界線等を重ねた物 (筆者加筆)

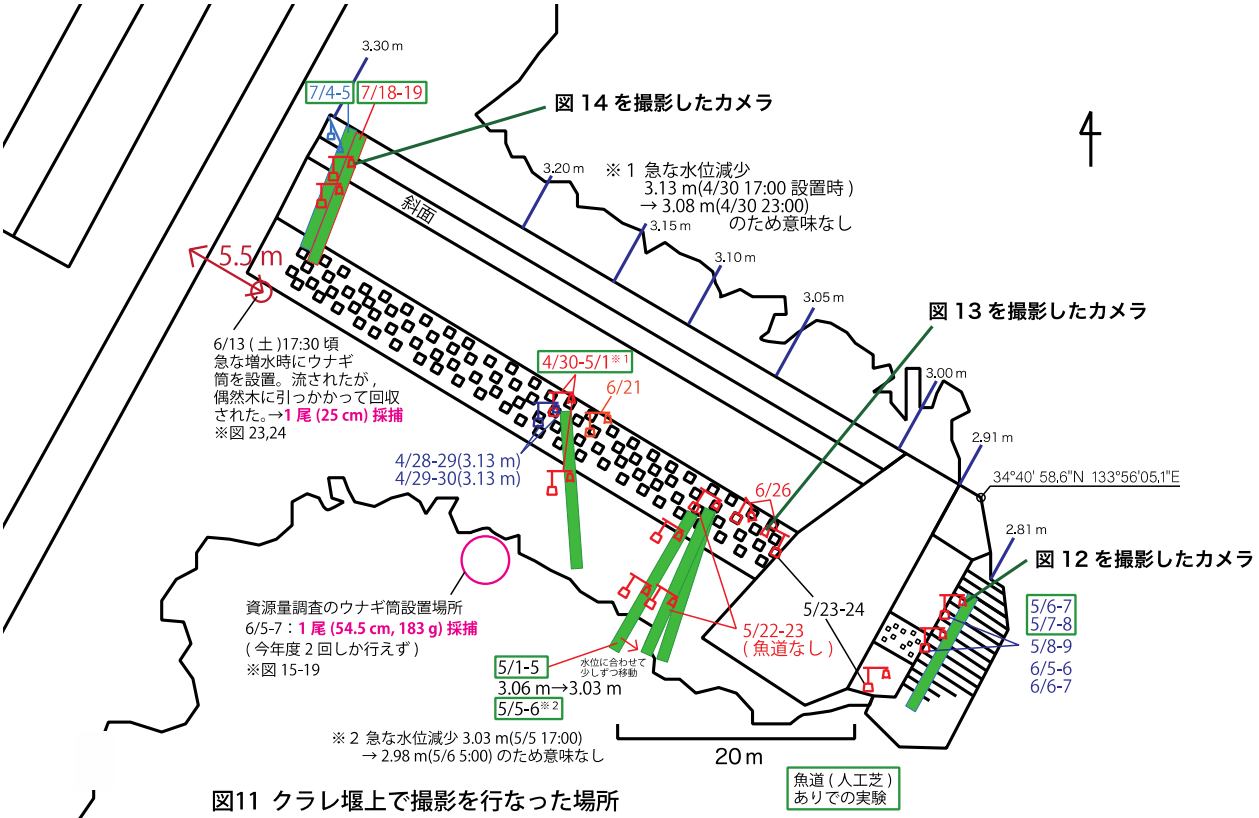

図11 クラレ堰上で撮影を行なった場所

図 12 下流に向けて撮影 (2020/5/8 21:37)
〈満潮は 5/9 0:18, 潮位 251 cm〉
推定 60 cm のウナギがブロックの
隙間から遡上 (赤い矢印)。
※ 画面左端は堰中央部の激流で,
小さなウナギは遡上不可能だと思われる。

図 13 下流に向けて撮影 (2020/6/26 20:51)
〈満潮は 6/27 3:33, 潮位 251 cm〉
20:00 の水位 3.00 m が 24:00 には
3.08 m と水位が急上昇。
推定 26 cm のウナギが遡上 (赤い矢印)。
※ この後，カワアナゴが多数，画面下 (上流)
から流されてくる。このウナギも流されて
おり，遡上に失敗したと思われる。

図 14 下流に向けて撮影 (2020/7/19 2:14)
〈満潮は 7/18 22:31, 潮位 253 cm〉
魚道 (人工芝) 設置時は画面右端まで水が流れて
いたが，7/18 19:00 の水位 3.40 m が
7/19 2:00 には 3.32 m と水位の急下降により
撮影時には写真左端にしか水が流れていない。
遡上を試みたウナギ (推定 44 cm) が斜面を登り
きれず , 流されてきたと思われる。人工芝で体勢
を整え , 再度遡上しはじめた (遡上成功と推察)。

4.2. 実験２（資源量調査）

2020年度１回目の採捕は，図11に示したように，6/5(金)の夕方にクラレ堰の右岸側下流にミミズを入れたウナギ筒を６本仕掛け(図９)，6/7(日)の朝に引き上げると図15～19の54.5 cm，183 gのウナギ１匹が採捕できた。このウナギは学校に持ち帰り，FA100で麻酔してPITタグ(ICチップ)を埋設したのち，麻酔成分が排出されるよう水を替えながら飼育し，6/17に同じ場所に放流した。

図15 採捕直後

図16 麻酔して重量測定(183.27 g)

図17 麻酔して体長測定(54.5 cm)

図18 埋設したPITタグ(982126057837664)

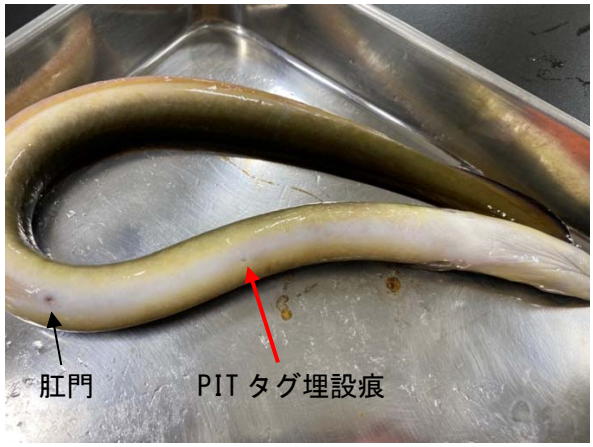

図19 PITタグ埋設後(赤矢印が埋設痕)

２回目の採捕は図11に示したように，6/13(土)の大雨による急な増水時(12:00 3.14 m→17:00 3.30 m→24:00 4.62 m)の17:30頃に，クラレ堰の右岸近くの場所にミミズを入れたウナギ筒を３本仕掛けた。(図20,21)この時は非常に危険なため，生徒は現場には行かせず，教員のみで行った。その後水位が高い状態が続き，土手から堰に下りられず，6/17(水)になって急に水位が下がり，

(6/16 22:00 3.32 m→6/17 0:00 3.28 m→6/17 13:00 3.12 m)ようやくウナギ筒の回収に行けた。

図20 2020/6/13 17:30頃のクラレ堰

図21 ウナギ筒設置状況(既に増水)

図22 筒が掛かっていた木の枝の辺り

図23 採捕できたウナギは干からびていた

図24 採捕できたウナギの全長と同じ長さのひもは25 cm

設置したウナギ筒は流されていたが，図22で生徒が棒で示している辺りの木の枝に掛かっていた。川の水位が高い状態が続いていたが，筒は木の枝に掛かっていたため，早々に水面から出ていたらしく，回収した筒に入っていたウナギは既に干からびていた。(図23)ウナギの全長と同じ長さのひもの長さを測ると25 cmだった。(図24)このウナギを採捕するのに用いたエサはミミズで，１日水中に浸かっていると死んで腐ってしまう。嗅覚の鋭いウナギは，腐ったミミズの匂いに敏感で，筒には入らないと言われていることから，6/13の夜から翌

6/14の朝のうちには筒に入ったのではないかと考える。設置場所は図21のように元は水中ではないことから，急な増水により遡上しようとした個体がウナギ筒のエサに気付き，筒に入ったものと推測できる。つまりこれは，「急な水位の上昇でウナギが遡上する」ということを裏づける結果であると考えられる。

今年度はコロナ禍で，部活動が制限されたことに加え，３年生が主に研究を行なっており，ウナギ筒を設置できたのはこの２回だけで，PITタグのある個体を再採捕できず，資源量の推定には至らなかった。

5. 考察

ウナギ漁師さん等から，ニホンウナギは「6月に多く遡上する」，「大雨の後の水が濁っている時に土手近くを遡上する」等と，『川が増水し，流量が増えた際に岸の近くを多く遡上する』と伺っていた。また，先行研究[3)]によると，河川横断構造物によって遮られた区域では，採捕された240 ㎜以下のウナギの数が違うことから「240 ㎜以下の個体が遡上する」とされている。

図13と実験２の結果から，「急な増水時には，240 ㎜程度のウナギが遡上しようとする」と言える。しかし，図13の実験時には魚道を設置していなかったため，遡上しようとしていたが，流されて遡上することはできなかった。魚道があれば遡上できていたかも知れず，このとき魚道を設置していなかったことが悔やまれるが，雨による増水が予想されたため，撤収が大変な魚道は設置できなかった。実際，23:00には機材が流失されそうになったため，教員が1人で急いで現場に行き，撤収した。

一方で，図12，14のように比較的大きなウナギについては，240 ㎜程度の比較的小さなウナギとは逆に，水位が短時間に10 ㎝程度下がっている時に遡上した(図12の5/8 9:00 2.82 m→21:00 2.73 m)。また，遡上しないと言われている240 ㎜程度より大きい個体も遡上することがわかった。これらについては，いずれの日にもウナギのエサになりそうなテナガエビやカワアナゴ，魚の稚魚がカメラに映っており，水位の変化だけではなく，エサの存在が影響しているのではないかと考える。

さて，魚道は必要か否かについてであるが，図14では，魚道のない場所を遡上しようと試みたウナギが流されてきて魚道に引っかかり，体勢を立て直して再び遡上を試みており，遡上に成功したものと考えている。図13のこともあり，「魚道の設置は意味がない」とは言えない。間接的にであるとしても，土手近くに設置した魚道は効果があると言っても良いのではないだろうか。

また，図25のように，カメラには多くの生物が映っていた。このうち，ライギョ以外の生物は全て人工芝の魚道を利用していた。短時間だが魚道を利用したカワアナゴとモクズガニの数をカウントすると表１のようになった。これらは回遊種であり，魚道の設置はウナギ以外の回遊種の生息域も広げることができると期待され，生物多様性の保全に寄与できると言えよう。

図 25　カメラに映った生き物たち

表 1　人工芝の魚道を利用したカワアナゴやモクズガニの数

月日	時間	カワアナゴ出現数			モクズガニ
		芝の上	芝の下	芝の外	
7/4	2時間	2	5	9	
7/18-19	7時間	8	2	2	3

これらのことから，魚道はウナギの遡上を阻害するものとは考え難く，土手近くに設置した，人工芝を用いた魚道は，間接的にでもウナギの遡上に効果があると言ってもよいのではないだろうか。

ただし，今回用いた樹脂製の人工芝を用いた魚道ではマイクロプラスチック問題を引き起こすおそれがあり，耐久性や材料に配慮する必要がある。ウナギの遡上のための喫緊の問題として短期間の間，設置するのは良いが，天然素材を用いたものに早々に取り替える必要があると考える。今後は，ヤシガラなどの天然素材を用いた魚道について研究を進めていきたい。

6. まとめ

① 先行研究では「240 ㎜以下の個体が遡上する」とされているが，大きい個体も遡上した。

② ウナギは，「増水し，流量が増加した時に遡上する」と言われるが，増水時には，比較的小さいウナギが遡上しようとし，比較的大きなウナギは，逆に水位が下がっている時に遡上した。

③ 魚道の設置はウナギ以外の回遊種の生息域も広げることができると期待され，生物多様性の保全に寄与できると期待できる。

④ 土手近くに設置した，人工芝を用いた魚道は，間接的にでもウナギの遡上に効果があると言ってもよいのではないか。

⑤ 樹脂製の人工芝を用いた魚道ではマイクロプラスチック問題を引き起こすおそれがあり，天然素材を用いたものに早々に取り替える必要がある。

7. 謝辞

クラレ堰（旭川潮止堰）を利用して実験することに快く許可を下さり，機材運搬のために駐車場所を提供して下さる等，全面的に協力して下さった，株式会社クラレ様，また，実験に際して，何度も打ち合わせして頂いたり，協力して下さった株式会社クラレ総務部長 詫摩五郎さん，動力部動力課副長 陶修嘉さんをはじめ動力課の皆さん，総務部課長代理 荒木俊宏さん，総務部庶務担当課長補佐 相川豪さんに心より感謝申し上げます。

実験に際し，降雨による増水等の非常時にクラレ堰から退避する基準の策定時にアドバイスを頂いた旭川ダム総合管理事務所の皆さん，岡山県企業局発電総合管理事務所の皆さんに心より感謝申し上げます。

クラレ堰の一時占用許可の申請にあたり大変お世話になった国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所占用調整課占用調整第一係長 佐々木大さん，一時使用届の届出でお世話になった国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所旭川出張所管理第一係長 谷本美幸さんに心より感謝申し上げます。

ニホンウナギの生態についての研究および資源量調査のために多数の天然ウナギを提供して下さったり，多くの貴重なアドバイスを頂いた富松勇喬さん，シラスウナギやエサを提供して頂いた岡山理科大学工学部 山本俊政准教授に心より感謝申し上げます。

ニホンウナギの特別採捕許可に関してお世話になった岡山県農林水産部水産科漁政班鳥井正也 総括副参事, 青葉潤さん, 水産庁栽培養殖課内水面班ウナギ担当図師さん，旭川南部漁業協同組合長 花岡栄太郎さん心より感謝申し上げます。

旭川ウナギ探検隊の際等にアドバイスを頂いた中央大学法学部 海部健三准教授，中央大学研究開発機 脇谷量子郎構機構助教，ウナギの麻酔について指導して下さった東京農業大学生物産業学部 渡邉研一教授，金沢大学 松原創教授 に心より感謝申し上げます。

8. 引用・参考文献

１）独立行政法人水産総合研究センターウナギ総合プロジェクトチーム
「ニホンウナギの資源状態について」
https://www.fra.affrc.go.jp/unagi/unagi_shigen.pdf

２）環境省（2015）平成26年度ニホンウナギ保全方策検討委託業務報告書. 環境省自然環境局，東京

３）環境省（2016）平成27年度ニホンウナギ保全方策検討委託業務報告書. 環境省自然環境局，東京

４）環境省（2017）ニホンウナギの生息地保全の考え方. 環境省自然環境局, 東京

５）海部健三，水産庁，環境省自然環境局野生生物課，望岡典隆，パルシステム生活協同組合連合会，山岡未季，黒田 啓行,吉田 丈人(2018)
「日本におけるニホンウナギの保全と持続的利用に向けた取り組みの現状と今後の課題」，『日本生態学会誌』 68(1)，43-57
６）Kenzo Kaifu,Kazuki Yokouchi,Tomihiko Higuchi,Hikaru Itakura,Kotaro Shirai(2018) Depletion of naturally recruited wild Japanese eels in Okayama, Japan, revealed by otolith stable isotope ratios and abundance indices(岡山県の天然個体の優占する水域におけるニホンウナギ資源の減少)，Fisheries Science 84(5)，757-763
７）水産庁(2019)「うなぎをめぐる現状と対策」
http://www.jfa.maff.go.jp/j/saibai/attach/pdf/unagi-122.pdf
８）佐伯有常(1958)「循環水槽によるウナギの飼育」,『水産増殖』,6(1),36-42
９）鬼束幸樹,秋山壽一郎,武田知秀,泉孝佑,内間志和,窄友哉(2018)
「ウナギ用魚道内の突起物の直径と単位幅流量がウナギの遡上特性に及ぼす影響」,『水工学論文集』 62(1)；403-408，2018
10）藤井浩，山下浩之，西垣定治郎(1992)「Jolly-Seber法による個体数推定ソフトウェアの開発」,『食品総合研究所研究報告』 56，9-18
11）米田彬史，板倉光，荒井考磨，海部健三，吉永龍起，三宅陽一，白井厚太朗，木村伸吾(2019) 「耳石安定同位体比分析と文献調査に基づく日本におけるニホンウナギの自然分布域」,『日本水産学会誌』 85(2)，150-161
12）曾萬年(1984)「雙溪の河口域における標識シラスウナギの拡散と遡河回遊について」,『水産海洋研究会報』 45，10-20
13）Fukuda N.，Miller M. J.，Aoyama J.，Shinoda A.，and Tukamoto K. (2013) Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in Anguilla japonica. Fish Sci，79，425-438
14）海部健三[著],鷲谷いづみ[コーディネーター](2016) 『ウナギの保全生態学』（共立スマートセレクション8） 共立出版，3-8
15）平成25年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
16）平成26年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
17）平成27年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
18）平成28年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
19）平成29年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書
20）平成30年度 鹿児島県水産技術開発センター事業報告書