

## はじめに

伝習館高校では2014年にIUCNからニホンウナギが絶滅危惧 I B類に指定されたことを機にニホンウナギの保護を目的としたニホンウナギの特別採捕と飼育中の生態実験、および、0.5g以上に育った個体の柳川掘割への標識放流を行っている。21cm以下のニホンウナギの採捕は福岡県内水面漁業調整規則で禁止されているために九州大学農学部の望岡典隆先生に特別採捕を含めて指導していただいた。

## 飼育中の生態実験(落葉使った死亡率減少について)

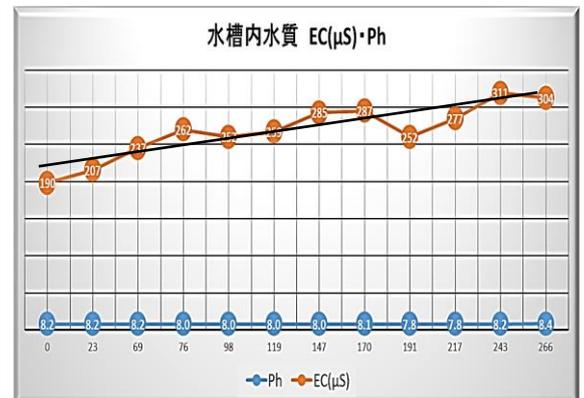
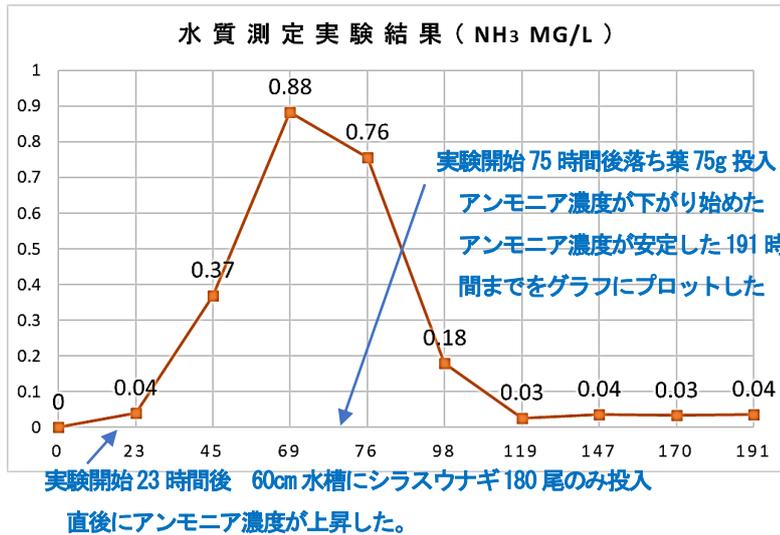
私たちが特別採捕したシラスウナギは、実験室の60cm水槽で水温を25℃程度に保ち冷凍アカムシを与えて飼育した。大切に飼育しているにもかかわらず、3階の実験室で飼育しているために水替えを十分できない事が理由で多くの個体を感染症によって死なせてしまった。その結果、2017年までは死亡率が40%程度であった。ところが、2018年4月に水槽に落葉を入れると死亡率が減少することを発見した(右図)。



2019年には飼育当初から落葉を入れてシラスウナギを飼育した結果、死亡率が0.7%まで下がり、しかも感染症に罹ったウナギ稚魚が1尾もいなかった。2019年はウナギ水槽の水替えを1度も行わないで、蒸発して減った水を補充しただけであった。この落葉の効果がウナギに与えた影響を明らかにするために、AQUALYTIC社製AL800分光光度計による水質分析を行った。

## AL800 分光光度計を使った水質分析から死亡率激減の要因を推定する

2019年4月から落葉を入れた実験水槽と落葉を入れない実験水槽の水質を比較したが、最も違いが分かりやすいのがアンモニア濃度ということが半明した。魚類の窒素排出物はアンモニアであり、アンモニアは有害であるためにウナギ稚魚の成長と健康に影響を与えていることが考えられる。従って、落葉を入れることでアンモニア濃度が低下するか調査を行った。また、アンモニア濃度以外に導電率(EC)とpHを測定した。



← ↑ 横軸は実験開始からの時間 (h)  
 ← 縦軸はアンモニア濃度 (mg/L)

落葉投入のタイミングは、AL800 分光光度計の試薬の測定範囲が 0.02~1.00mg/L であることで、Overrenge になる直前に落葉を入れた。落葉を入れる前はアンモニア濃度が 0.88mg/L であったが、76 時間後、つまり落葉投入 1 時間後には 0.76mg/L までアンモニア濃度が低下した。その後、2 日後には 0.03 になり、その後 0.03~0.04mg/L で安定した。

実験期間中 pH は弱アルカリ性で安定していた。また、導電率はほぼ一定の割合で上昇していることから、水槽中のイオンの量が緩やかではあるが一定の速度で上昇していることが推測できる。このことから導かれる水槽内の物質の変化は、アンモニアが亜硝酸イオンまたは、硝酸イオンに硝化されていること、または、硝化の過程にあることが予想される。



同様に落葉を入れた水槽と落葉を入れない水槽でアンモニア濃度の違いを測定するために前述の実験と異なる方法で実験水槽を設定した。落葉 75 g とシラスウナギ 50 尾を入れた実験水槽 3 セットとシラスウナギ 50 尾のみを入れた実験水槽 3 セット、落葉 75 g のみを入れた実験水槽 1 セット、合計 7 つの実験水槽を準備した。エサは冷凍アカムシを 3g ずつ与え、水温を 23°C~25°C に設定した。1 週間後にアンモニア濃度を測定した。



実験開始直後の 7 つの実験水槽  
A~C がウナギと落葉を入れた水槽  
落葉を入れた水槽もまだ透明である



実験開始より 7 日経過した実験水槽  
落葉を入れた水槽は茶色く濁っている  
この直後にアンモニア濃度を測定した

水質計測実験 NH <sub>3</sub> の計測結果								
日付	時間	pH						
		ウナギ50尾+落葉75g			ウナギ50尾			落葉75g
		A	B	C	D	E	F	G
2020/3/13	14:00	7.7	7.7	7.8	8.1	8.0	8.2	7.6
		EC [μS]						
		ウナギ50尾+落葉75g			ウナギ50尾			落葉75g
		A	B	C	D	E	F	G
		265	300	353	377	412	478	425
		NH <sub>3</sub> [mg/L]						
		ウナギ50尾+落葉75g			ウナギ50尾			落葉75g
A	B	C	D	E	F	G		
0.03	0.03	0.03	0.77	0.87	0.89	underrenge		

A~Cの落葉を入れた水槽ではアンモニアの検出限界ギリギリの 0.03mg/L で、シラスウナギのみを入れたD~Fの水槽では0verrengeギリギリの 0.77~0.89mg/L であった。落葉のみの水槽では underrenge であった。このことから、落葉を入れるとシラスウナギが排出したアンモニアの濃度が低下することが明らかになった。では、どのようなしくみでアンモニア濃度が下がるのか、最初の実験の導電率からは、窒素を大気中に逃す脱窒は起こっていないものと考えられるため、硝化細菌のはたらきによってアンモニアの硝化が疑われる(落葉を投入する前と後で同じ割合で水中のイオン(導電率)が増加していると考えられるので)が、現時点では確認に至っていない。

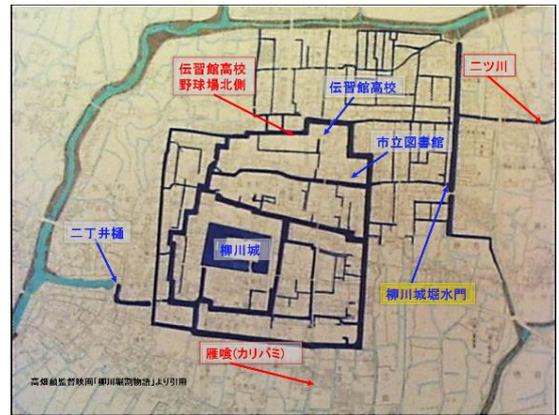


左から順にA~G水槽  
のアンモニアを試薬と反  
応させた  
緑色になるほどアンモ  
ニア濃度が高くなる

### 柳川掘割の環境についての考察(水の流れと酸素を使った有機物の分解)

私たちは、ウナギの水槽だけの水質を測定しているのではない。柳川掘割をニホンウナギのサンクチュアリ(保護区)にするために、柳川掘割の水質もチェックしている。AL800 分光光度計を用いた水質分析は7月から行った。

それは、装置本体の到着まで約2ヶ月。試薬の到着までに2ヶ月を要したことで分析を開始する時間が遅くなったからだ。CODの検出は、右図赤で示した**ニツ川**(柳川掘割に水を引き込む唯一の導水路で、水の流れがあり、水の匂いもしない。EC:110~180 $\mu$ S)、**伝習館高校野球場北側**(掘割の主要水路で、流れはほとんど無く、夏はやや腐敗臭のような匂いがするときもある。EC:170~210 $\mu$ S)、**雁喰**(掘割を緩やかに流れた水が集まり南部の水田地帯に供給されるため流れがあり、水が透きとおっている。匂いは全くない。EC:130~150 $\mu$ S)の3ヶ所で定点調査を行った。ちなみに、水道水のECは150~200 $\mu$ Sである。



↑ 雁喰での水質検査の様子(2020年2月22日、掘干し時)



↑ AL800 分光光度計を用いた COD 測定の様子(雁喰: 26.9mg/L)

定点のCOD値は全ての箇所ですべてUnderrenge(私たちが購入した試薬では5~150mg/Lの範囲で測定できるので、5mg/L未満)であった。ところが、2020年2月22日堀の水を落とし堀の底を日光に当て、空気にさらす掘干しの時に、**ニツ川**で6.3mg/L、**野球場北**で12.1mg/L、**雁喰**で26.9mg/Lであった。このことは堀の流れが全くなくなると有機物を分解者が酸素を用いて分解することができなくなるためにCOD値が高くなったのではと考えている。つまり、酸素を供給するための流れがあると掘割の環境を清浄に維持するほど分解者が酸素を使って有機物を分解してくれることが考えられる。以上の水質分析の結果、現在でも水の流れによって現在でも柳川掘割は江戸時代と同じように多くの生き物が生息できる事も含めてニホンウナギのサンクチュアリの条件を満たしていることが分かる。



柳川堀割は、ニホンウナギのサンクチュアリの条件を満たしている

## まとめと謝辞

この一連の研究によって、落葉と酸素が水環境にとって重要な役割を担っていることが示唆される。今後もこの研究を続けて私たち地球の生き物にとって重要な水の環境を清浄に保つために役に立つことができると考えている。そして、対処療法的な環境改善ではなく森里海の連環がこれからの人類や地球の生き物にとって必要なことを発信していきたいと考えている。

分光光度計 AL800 購入は、公益財団法人藤原ナチュラルヒストリー振興財団の助成金を使わせていただいた。AL800 用試薬は(一社)北部九州河川利用協会の「令和元年度河川利用推進事業」の助成金を使わせていただいた。導電率計は、京都大学フィールド科学教育センターからいただいた。また、九州大学の望岡典隆先生、京都大学の山下洋先生、また、京都大学の徳地直子先生からは研究を進めるに当たり、多くのご指導をいただいた。多くの方に私たちの研究は支えられていることを実感した。私たちの研究にご支援をいただいた皆様に感謝している。