

# ニホンウナギをさがせ!

愛知県立時習館高等学校 SSH 生物部

## 要旨

三河湾周辺のニホンウナギ (*Anguilla japonica*) の生息と環境との関連及び隠伏行動について研究した。種特異的環境 DNA 濃度、栄養塩類濃度、底質の酸化還元電位及び底質中の生物相を調査した。環境 DNA は河川と六条潟及び三谷漁港でのみ低濃度で検出された。水質・底質と生存の有無との関連はみられず、隠れ場所となる物理的環境が重要因子と考えられる。塩ビ管や遮光部の長さを変えた自作の筒を用いた実験から、本種は頭部で遮光部を判断し、隠伏行動には体長の約 27%以上の遮光空間が必要だと分かった。

## 1. 研究の背景・目的

私たちは、2011 年度より三河湾 4 定点での水質調査データを蓄積するとともに流入河川の水質調査、干潟の環境調査に取り組み、三河湾とその周辺地域の現状と環境問題の原因を探る研究を行ってきた。2021 年度の環境 DNA 網羅的解析の結果、絶滅危惧種であるニホンウナギが検出されたことから、本種の生息状況や生息適地の条件を知りたいと思い、種特異的環境 DNA 濃度、栄養塩類濃度、底質の酸化還元電位及び底質中の生物相を調べた。その結果、本種の生息には隠れ場所となる物理的環境要因が重要であると考えた。そこで、本種の隠伏行動を調べるため、筒状の装置で遮光部の長さで隠伏行動との関係を調べる実験を行った。これらの調査・実験結果をもとに本種の保全を含めた環境づくりの方策を考え、周辺地域の生態系の保全に役立てたい。

## 2. 方法

### (1) 三河湾周辺地域における環境 DNA 種特異的解析

2022 年 6~7 月に三河湾周辺地域の 10 地点で採水し、三重県環境保全事業団へ分析を依頼した。

### (2) 水質・底質調査

湾内での採水・採泥は、三谷水産高校の愛知丸及び愛知県水産試験場の御指導の下で行った。河川や干潟の水質についてはデジタルパックテストで栄養塩類( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ )濃度を測定し、無機性窒素濃度を算出した。三河湾内の水質についてはCTD (多項目水質計) を用いて水温・塩分濃度・溶存酸素飽和度を測定した。底質調査では、ORP (酸化還元電位) を測定した。また、採泥をふるいにかけて、底泥中の生物相も調べた。さらに採泥を希釈して透視度計で測定した値から浮遊物質量を換算した。

### (3) 飼育水中の環境 DNA 種特異的解析

本校で 3 か月間 (2023 年 5~7 月) 水替えをせずに飼育した本種の大個体 (体長約 500 mm) 飼育水と小個体 (体長約 250 mm) 飼育水をそれぞれ 1000mL 採取し、環境 DNA 濃度を調べた。同時に、近くに設置してあった 3 か月水替えしていない他の淡水魚の飼育水、及び大個体飼育水を採取後 1 か月間密閉して室温で静置した水についても調べた。

### (4) 隠伏行動実験

2023 年 8 月末に三谷水産高校の石倉籠で捕獲された野生の個体 (大個体 (体長 550 mm) 1 匹、小個体 (体長 290 mm) 1 匹) を用いた。

#### 実験① 塩ビ管の太さと隠伏行動の関係を調べる

3 種類の直径の塩ビ管 (太: 53mm, 中: 33mm, 細 13mm) 各 500mm を用意し、図 1 のような装置にウナギ (小個体、胴回り 44mm) を入れ、2 種類の太さのどちらに何秒で入るか観察し記録した。各組合せについて 5 回ずつ連続して実験した。

#### 実験② 遮光部の長さで隠伏行動の関係を調べる

500mL ペットボトル 2 本を加工して連結し全長 300mm とした筒を作成した。水槽に大個体を入れ、その後、筒を入れて隠伏行動を観察した (図 2)。入るまでに要した時間や出入りなどの行動も記録し、遮光部の長さごとに各 3 回実験した。

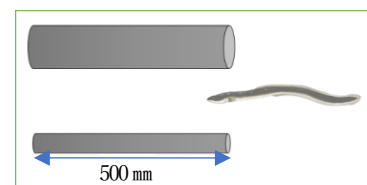


図1 太さの異なる塩ビ管を用いたウナギの隠伏実験装置 (平面図)

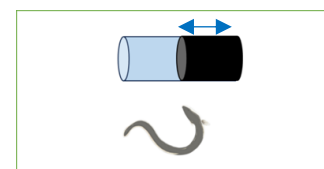


図2 遮光部の長さを変えた筒とウナギを入れた装置 (平面図) 遮光部が0, 50, 100, 150, 200, 250, 300mm

## 3. 結果および考察

### (1) 環境 DNA 種特異的解析の結果、汐川下流・河口、梅田川河口、豊川下流、六条潟、三谷漁港にて本

種が検出された。いずれも 30Copies/20mL 以下の低濃度で、差は見られなかった。汐川干潟内部、三河湾湾央の表層・底層からは検出されなかった。

- (2) 夏の三河湾内の表層は水温が高すぎ底層は酸素が少なすぎるため本種の生息には適さない。
- (3) 本種の飼育水中の環境 DNA 種特異的解析の結果、大個体飼育水は 260 Copies /20mL、小個体飼育水は 150 Copies /20mL であり、大個体は小個体の約 1.7 倍の濃度であった。従って、環境 DNA 濃度の測定値からは個体の大きさや個体数は判断できない。また、採水後 1 か月の置き水は陰性であったことから、陰性の地点での 1 か月以前の生息は判断できない。
- (4) 調査地点の栄養塩類濃度や塩分濃度と本種の有無との関連は見いだせなかった。
- (5) 汐川干潟、三河湾奥・湾央の底泥では酸化還元電位が低く、硫化物の堆積により還元状態が深刻なため本種は生息できず、河口域では泥の中以外の場所に生息していると考えられる。
- (6) 調査地点の底泥中の生物相と本種の有無との因果関係は不明である。
- (7) 本種の生息には、河川では水際のアシなどの抽水植物、海では岸壁などの人工構造物等、隠れ場所となる物理的環境が特に重要な因子である。

(8) 隠伏行動実験について

実験①の結果を表 1 に示す。まず、太&中で初期位置が中管近くの場合に 4/5 の割合で中管を選んだ。中&細でも、初期位置が中管近くの場合、同様に 4/5 の割合で中管を選んだので、ウナギは初期位置に近い管を選びやすいと

表 1 実験① 管の太さと隠伏行動

| 塩ビ管の組合せ | 初期位置<br>(頭部に近い管) | 入った塩ビ管のサイズと入るまでに要した時間 |      |      |       |      |      |
|---------|------------------|-----------------------|------|------|-------|------|------|
|         |                  | 太                     |      | 中    |       | 細    |      |
|         |                  | 入った数                  | 平均秒数 | 入った数 | 平均秒数  | 入った数 | 平均秒数 |
| 太&中     | 太                | 2回                    | 6秒   | 3回   | 8秒    |      |      |
|         | 中                | 1回                    | 13秒  | 4回   | 7秒    |      |      |
| 太&細     | 太                | 1回                    | 13秒  |      |       | 4回   | 8秒   |
|         | 細                | 4回                    | 4秒   |      |       | 1回   | 10秒  |
| 中&細     | 中                |                       |      | 4回   | 8.75秒 | 1回   | 14秒  |
|         | 細                |                       |      | 3回   | 7.43秒 | 2回   | 5.5秒 |

太: 直径53mm 中: 直径33mm 細: 直径13mm

考えた。しかし、太&細では初期位置が太管でも 4/5 の割合で細管を選び、初期位置が細管でも太管を選んだ。なぜ初期位置から遠い管を選ぶことがあるのかは分からない。ウナギは一瞬、塩ビ管の口を覗いてから隠伏行動をとることから、まず目で管の口を認識した後で、鼻先の接触によって管の広さを確認しているようにも見える。実験②では、前述の装置を用いて隠伏行動を調べた(表 2)。体長約 550 mm の個体では遮光部 50 mm 以上で隠伏行動がみられるが、5 分以上の継続的な隠伏行動は、遮光部 150 mm 以上で見られた。本種は透明な筒には入らず、継続的な隠伏行動を起こすには、奥行き 150 mm 以上 (体長の約 27%) の遮光空間が必要であると考えられる。また、筒に入る前に遮光部と透明部の境界線のあたりを突く行動が見られた。透明部を視覚では認識できないが、鼻先の感覚によって入り口を判断できるため、透明部から入ることもあったのではないかと。透明部から入った時でも頭部は遮光域にあり、尾部は透明域に出ていた。

表 2 実験②遮光部の長さとの隠伏行動

| 遮光部の長さ<br>割合 (mm) | 回 | 隠伏行動 | 時間<br>(秒) | ※B:黒, C:透明 |  | 行動               |
|-------------------|---|------|-----------|------------|--|------------------|
|                   |   |      |           | 入る方向       |  |                  |
| 0                 | ① | -    |           |            |  | 無関心              |
|                   | ② | -    |           |            |  | 無関心              |
|                   | ③ | -    |           |            |  | 無関心              |
| 1/6               | ① | +-   | 1"        | B          |  | 頭だけ入れるがすぐ出る      |
|                   | ② | +-   | 48"       | C          |  | 頭だけ入れるがすぐ出る      |
|                   | ③ | +-   | 58"       | B          |  | 頭だけ入れるがすぐ出る      |
| 2/6               | ① | +++  | 0         | B          |  | 2秒後に出る。出入りを繰り返す。 |
|                   | ② | +++  | 1'54"     | C          |  | 出入りを繰り返す。        |
|                   | ③ | +++  | 1"        | B          |  | 出入りを繰り返す。        |
| 3/6               | ① | +++  | 5"        | B          |  | 17秒で出て、再び入る。     |
|                   | ② | +++  | 5"        | B          |  | 2秒で出て、再び入る。      |
|                   | ③ | +    | 1'03"     | C          |  | 入ったまま出ない。        |
| 4/6               | ① | +    | 4"        | B          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ② | +    | 3'51"     | C          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ③ | +    | 3"        | B          |  | 入ったまま出ない。        |
| 5/6               | ① | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ② | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ③ | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |
| 6/6               | ① | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ② | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |
|                   | ③ | +    | 0         | B          |  | 入ったまま出ない。        |

#### 4. 結論・まとめ

継続的な隠伏行動を起こすには、体長約 550 mm の個体では奥行き 150 mm 以上 (体長の約 27%) の遮光空間が必要である。また、ウナギは頭部 (目) で遮光域を認識し、鼻先の皮膚感覚で筒の入り口を認識して入り、隠伏行動を起こすことが示唆された。ニホンウナギの保全のためには、隠れ場所として有効な水際の植生の保全が重要であり、人工的に隠れ場所となる構造物を設置することも有効であると考えられる。

#### 5. 参考文献

- ・「ウナギの科学」 塚本勝巳 編著 朝倉書店
- ・Distribution of Japanese Eel *Anguilla japonica* Revealed by Environmental DNA (Akihide Kasai et. al 2021)
- ・「三河湾周辺におけるニホンウナギの生息と環境調査」時習館高校 SSH 生物部 第 21 回 AIT サイエンス大賞研究発表論文集 2022
- ・[https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kasen/suishitsu/pdf/s04.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/suishitsu/pdf/s04.pdf) 国土交通省
- ・JSEC2023 第 21 回高校生・高専生科学技術チャレンジ入選論文 時習館高校 SSH 生物部