

## 『汽水域における環境 DNA 調査の実用性についての考察

～佐鳴湖を事例として～』

株式会社フジヤマ 都市・地域創造部

芹澤英一郎 上村秀人 山口海夢

### 1. はじめに (概要も含む)

持続可能な循環型社会の構築において、自然共生へのアプローチは不可欠であり、建設コンサルタント業務においても、およそすべての事業で環境関連事項が計画、実施されている。自然共生については生物多様性の観点が必要であり、もっとも基礎的な情報把握として、例えば改変される場所には何がいるのか、といった「生物の確認調査」が行われる。これまで生物の確認調査は分類学、生態学等の研究発展とともに向上してきたが、基本的には熟練した生物調査員による捕獲や目視確認が一般的となっている。この捕獲等による調査のデメリットは、多くの時間と労力、専門的技術が必要なことである。また、確認種の偏りや採集圧(捕獲の影響による個体数減少)も問題となっている。この問題を解決する新しい調査手法のひとつとして環境 DNA による調査が注目されている(図-1)。

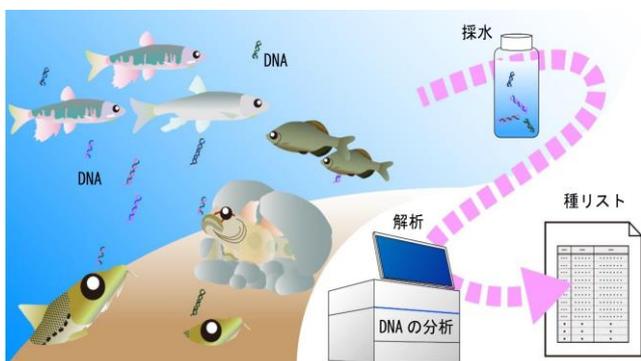


図-1 環境 DNA 調査のイメージ図

出典：環境 DNA 分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 第1版(環境省)

環境 DNA 調査は、水や土の中、空気中に漂う生物の DNA を見つけ、そこにいたと考えられる生物の存在を裏付ける方法である。水域現場での作業は約 1L の水をくむのみで、あとは室内分析が行われる。近年の PCR (酵素を用いた連鎖反応) を用いた増幅や次世代シーケンサー等の目覚ましい分析技術の発展に伴い、実用、応用に向けた環境 DNA の研究は加速度的に増加している。

これらを踏まえ、本稿では、新たな調査手法となりうる環境 DNA 調査を浜松市にある佐鳴湖にて試行し、現時点での有効性や留意点から、汽水域での実用性を考察した。

### 2. 課題の抽出

汽水域は潮汐の影響を受け、さまざまな環境要素に塩分濃度のグラデーションも加わり、多様な魚類が生息している。一方、汽水域における環境 DNA の研究事例は少ない。汽水域において水中に DNA がどのような分布をしていて、それがどのように調査結果として反映されるのかを明らかにするため、「MiFish」(魚類の環境 DNA をメタバーコーディングするためのユニバーサル PCR プライマーセット)を用いた網羅的解析による魚類の生息確認調査を行った。

調査地は佐鳴湖を選定した。佐鳴湖は静岡県浜松市に位置する約 1.2km<sup>2</sup> の湖沼であり、都田川水系の二級河川新川の中流部に位置する。おもな流

入は本川である新川と、段子川、御前谷排水路で、いずれも流入量は少ない。流出は治水対策として整備された新川放水路（新川）と旧新川があり浜名湖に接続する。平均水深は 1.9m、最深でも 2.5m といへん浅い湖である。同じ汽水湖である浜名湖からは比較的距離があるため塩分濃度は低い。また、これら地形的要因により水交換は抑制され、上流河川等から佐鳴湖に流入する淡水の平均滞留時間は 22～26 日と長くなっている。新川放水路が整備されたことにより佐鳴湖の汽水化が進んだとされており、静岡県の研究報告では純淡水魚が大幅に減り、今後、佐鳴湖は汽水魚の生息地として重要な位置付けになるとされている。



図－2 佐鳴湖調査地点位置

### 3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

#### 1) 調査計画

潮汐の影響を受ける佐鳴湖での環境 DNA の状況を把握するため、湖内上流部、中流部、下流部の 3 地点で試料を採水した。また、上げ潮、下げ潮での比較のため、各時間帯でそれぞれサンプリングを行った。採水を行う水深は今後の調査汎用性を考慮し、湖岸からアクセスが可能な水深 1m 帯での表層としたが、2 回目（下げ潮時）では水深

帯の比較のため、表層と中層（水深 50cm）でも試料を採水した。

表－1 調査計画（採水試料一覧）

		地点比較			
		上流地点	中流地点	下流地点	
上げ潮	表層	●	●	●	潮汐比較
	中層	—	—	—	
下げ潮	表層	●	●	●	水深比較
	中層	●	●	●	

#### 2) 調査結果

##### 【確認種】

湖水 1L を 1 試料とした計 9 検体の分析から、全体で魚類 31 種が確認された(表-2)。すべての試料で検出された種はフナ類、ボラ、スズキ、クロダイ、マハゼであった。これらはリード数（読み取った塩基配列の数）も多く、佐鳴湖でもっともよく見られる魚種が適切に検出できているといえる。一方、佐鳴湖で馴染みのあるコイ、ゲンゴロウブナは検出されなかった。これは、両種はともに純淡水魚であり、生息域が流入河川を含めた上流部に限られること、また、比較的大型で釣りの対象でもあり印象に残る種であるが、実際には生息密度が低い可能性も考えられる。

静岡県や環境省のレッドリストに掲載される希少種は「絶滅危惧種」として、一般に開発行為に対する保全配慮の対象となる。特にこれらの生息状況は、土木設計や施工計画を策定する上での重要な基礎情報となる。今回の調査ではニホンウナギ、ドジョウ、ミナミメダカ、コガネチワラスボ、ビリンゴの計 5 種の希少な種が検出された。ニホンウナギやコガネチワラスボは捕獲による確認が難しい種であり、このような捕獲困難種の検出は環境 DNA 調査の利点と考えられる（※佐鳴湖ではニホンウナギは放流されている）。

近年は生物多様性の観点から絶滅危惧種だけではなく外来種の社会的関心も高い。絶滅危惧種と同様、設計・施工計画において、外来種では拡散防止措置や防除対策が検討されることがある。今回の調査ではハクレン、ソウギョ、アカヒレ、フ

表-2 検出された魚類一覧

No.	科名	種名	生態区分	上流地点			中流地点			下流地点			静岡県 レッドリスト カテゴリ	環境省 レッドリスト カテゴリ	外来種	
				下げ潮 表層	上げ潮 表層	上げ潮 中層	下げ潮 表層	上げ潮 表層	上げ潮 中層	下げ潮 表層	上げ潮 表層	上げ潮 中層				
1	ウナギ	ニホンウナギ	その他	●	●	●	●	●				●	●	●		
2	ニシン	サツバ	その他						●							
3		コノシロ	その他			●		●	●		●		●			
4	コイ	フナ類	純淡水魚	●	●	●	●	●	●		●	●	●			
5		ハクレン	純淡水魚					●								○
6		オイカワ	純淡水魚	●	●											○
7		ソウギョ	純淡水魚								●					○
8		ウグイ	その他					●								
9		ニゴイまたはコウライニゴイ	純淡水魚				●	●	●							
10		アカヒレ	純淡水魚		●											○
11	ドジョウ	ドジョウ	純淡水魚		●								情報不足	純絶滅危惧		
12	フクドジョウ	フクドジョウ	純淡水魚		●											○
13	ボラ	ボラ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
14	メダカ	ミナミメダカ	純淡水魚			●							純絶滅危惧	絶滅危惧Ⅱ類		
15	サヨリ	サヨリ	その他								●					
16	コチ	コチ属の一種	その他					●								
17	スズキ	スズキ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
18	タイ	クロダイ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
19		キチヌ	その他			●	●	●	●	●	●	●	●	●		
20	ハゼ	コガネチワラスボ	その他	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	純絶滅危惧ⅠB類	絶滅危惧ⅠB類
21		マハゼ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
22		アシシロハゼ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
23		ボウスハゼ	その他		●											
24		アベハゼ	その他	●			●	●	●							
25		チチブまたはヌマチチブ	その他	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
26		ゴクラクハゼ	その他								●	●	●	●		
27		ウロハゼ	その他				●				●	●	●	●		
28		モヨウハゼまたはツマグロスジハゼ	その他								●	●	●	●		
29		スミウキゴリ	その他					●								
30		ピリンゴ	その他	●							●	●	●	●	分布上注目種	
31	タイワンドジョウ	カムルチー	純淡水魚	●												○
合計種数				13	13	11	11	16	9	14	10	11	5	4	5	
				20			18			17						

クドジョウ、カムルチーの計 5 種の外来種が確認された。アカヒレ、フクドジョウは既存資料にも記録がなく今回初めて確認された種である。リード数は少なく、検出試料も 1 検体のみであることから生息密度は低いと考えられる。このような種が確認できたことも環境 DNA 調査の優れた点といえるが、この結果だけで佐鳴湖での生息が確認されたわけではない。その他の検出要因としては、ペットとして飼育されている水槽からの排水や、死滅個体の遺棄からの影響、さらには分析過程でのコンタミネーションの可能性も精査する必要がある。

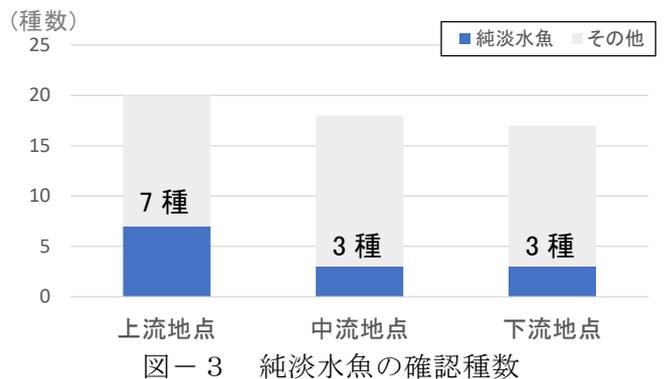


写-1 検出された魚類 (参考生態写真)  
(左: コガネチワラスボ 右: カムルチー)

【地点比較】

湖内 3 地点で比較すると、上流地点で 20 種、中流地点で 18 種、下流地点で 17 種であった。全体

で 31 種確認されたうち、純淡水魚は 10 種が確認された。純淡水魚の割合を見ると、上流地点は 35.0% (7 種)、中流地点は 16.7% (3 種)、下流地点は 17.6% (3 種) と特に上流地点で純淡水魚の割合が高かった。流入河川が流れ込む上流部は、淡水または塩分濃度が極めて低い水域であり、中下流部の汽水環境と若干異なる魚類相が形成されていることが示唆された。



【潮汐・水深帯比較】

上げ潮・下げ潮での違い及び水深帯での違いは、明確な傾向は見られなかった。佐鳴湖は汽水湖であるが外海と接しているわけではない。また、水深は浅く、風による攪拌作用も働き塩分躍層は形

成されにくい。試料を採水した場所は湖岸のいわゆる浅場であり、佐鳴湖の水循環を踏まえると、潮汐に伴う環境 DNA の分布変動は小さいのではないかと考えられる。

表－3 各地点の調査時の塩分濃度 (PSU)

		上流地点	中流地点	下流地点
上げ潮	表層	1.45	1.64	1.84
	底層	1.45	1.82	1.84
下げ潮	表層	1.40	1.37	1.79
	底層	1.45	1.38	1.82

※底層は水深 1m、2022 年 7 月 25 日 中潮

なお、表層において、おもにハゼ科魚類やドジョウに代表される「底生魚」が検出されている。一般に魚類の環境 DNA は、体表粘液や排泄物に由来するものが多いと考えられる。そのため、水中での沈降作用が働き湖内下層での DNA 濃度が高くなっていることも推察されたが、調査した浅場であれば水循環もあり、水深による環境 DNA の分布も調査結果に影響するほどの差はないのかもしれない。

湖底付近での採水は、泥の巻き上がりなどにより試料のろ過抽出が困難となるため、佐鳴湖のような水深の浅い水域では表層でのサンプリングで十分有効と考えられる。

### 3) 総括

汽水域は地形的に多様な環境に加えて塩分濃度の変化を伴う複雑な水循環が存在する。佐鳴湖においても、その多様な環境を反映した魚類相が形成されているが、今回の環境 DNA 調査によって計 31 種が確認された。捕獲調査に基づく確認種数は約 50 種という記録があるが、これは定置網、刺網といった大掛かりな漁法で複数年複数回の調査を行っており、その調査規模と比較すれば環境 DNA 調査は捕獲調査以上の成果といえる。また、淡水に近い上流部の特徴が表れた結果も得られており、汽水域においても環境 DNA 調査の実用可能性が高まったものと考えられる。

一方、水中に存在する DNA の数や分布、残存時間等についてはさらなる研究の蓄積が必要である。

例えば、中流地点における上げ潮時での表層 (16 種) と中層 (9 種) では、7 種もの差が生じている。これは生息密度の低い種の検出は、1 検体 (1 回) のみの試料では足りないことを示唆している。ただこれは環境 DNA 調査に限ったことではなく、どんな調査方法であっても、生物相を概ね把握できる最適な調査回数 (検体数) は、種の生態や群集構造を踏まえて (環境 DNA であればその分布等を踏まえて) 調査計画を設定することが求められる。

### 4. おわりに

さまざまな事業の中で実施されている環境調査のなかから、環境 DNA 調査の代替が適していると思われる場を提案する。

表－4 環境 DNA 調査への代替が可能な調査例

- ▶ 道路新設事業における天然記念物や絶滅危惧種など希少種の生息確認
- ▶ 国土交通省や県が実施している河川水辺の国勢調査 (既に魚類調査では捕獲調査と併用)
- ▶ 河川の自然再生事業等における効果検証への活用
- ▶ 大規模面整備等が行われる農業農村整備事業における概略調査 (環境概査)
- ▶ 頭首工や砂防堰堤における設計反映のため、上下流での対象魚種の生息確認
- ▶ 外来種防除のため各自治体管理のため池・水路での一括調査 (工事現場での拡散防止把握も可能)
- ▶ 定期的な水質調査の分析項目に環境 DNA を追加

社会資本整備における自然共生の観点は既に必須となっており、グリーンインフラの概念に基づく取り組みが推進されている。これまでの社会資本整備によって培われてきた技術向上と同様に、環境分野においてもより一層の効率化が必要である。技術者として、事業で直面する状況に応じ、その際の最適解を見据え、技術研鑽に努めたい。

### 参考文献

環境 DNA 分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 第 1 版 (環境省自然環境局生物多様性センター)  
 静岡県戦略課題研究「快適空間『佐鳴湖』の創造」  
 フォローアップ研究 研究報告書 (静岡県産業部)  
 浜松の淡水魚観察図鑑 (浜松水辺を愛する会)