

環境 DNA 技術を用いた魚類モニタリング調査手法の検討

有本圭佑・中山恵利・大平良一

福岡市保健環境研究所環境科学課

Study on Fish Monitoring Investigation Methods using the Environmental DNA Technology

Keisuke ARIMOTO, Eri NAKAYAMA and Ryoichi OHIRA

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

要約

福岡市では、博多湾環境保全計画を推進するための現状把握・施策評価の一環として、能古島及び志賀島のアマモ場において、地引網を用いた捕獲による魚類のモニタリング調査を行っている。今回、捕獲調査と環境 DNA メタバーコーディング法による調査を同時に行い、捕獲調査で確認された魚種と環境 DNA 調査で検出された魚種の比較を行った。

反復採水とブーリング採水による環境 DNA 調査をそれぞれ行い、結果の比較を行ったところ反復採水で検出種数は大幅に増加し、これまで捕獲調査でのみ確認された種が新たに検出されたことから、反復採水による環境 DNA 調査が、能古島及び志賀島のアマモ場を含む周辺海域の魚類相を明らかにするのに有効であると考えられた。

Key Words: 環境 DNA environmental DNA, メタバーコーディング法 metabarcoding method, 魚類モニタリング調査 fish monitoring investigation

1 はじめに

福岡市では、博多湾環境保全計画を推進するための現状把握・施策評価の一環として、能古島及び志賀島のアマモ場において、地引網を用いた捕獲による魚類のモニタリング調査を行っている。

近年、魚類のモニタリング方法として、環境中を漂う細胞片等に由来する「環境 DNA」を用いた調査手法が注目を集めている¹⁾。環境 DNA を用いた調査は、捕獲調査に比べて現地での作業が採水のみと簡便で、多地点や調査が困難な場所での調査を可能とし²⁾、また調査対象となる魚類を捕獲しないため生物や生態系への影響がほとんどないといった特徴がある³⁾。

国内では平成 30 年 4 月に一般社団法人環境 DNA 学会が設立され、環境 DNA 調査・実験マニュアル⁴⁾（以下、「マニュアル」とする。）が公開されている。

環境省でも種の分布情報の取得にあたり絶滅危惧種をはじめとした種の全国的な分布情報の把握や希少種の保全、外来種対策等の生物多様性保全施策への活用、環境アセスメントにおける生物調査の迅速化及び効率化を目的に、調査手法が捕獲等に限られていた淡水魚類や両生

類について、環境 DNA 分析技術の標準化や一般への普及及びデータの効果的・効率的な共有が進められており、令和 6 年 5 月には淡水魚類に加えて両生類も含めた「環境 DNA 分析技術を用いた調査手法の手引き（淡水魚類・両生類）」第 1 版（以下、「手引き」とする。）を公表している。³⁾

本研究では、環境 DNA を用いた調査のうち、魚類の DNA を網羅的に検出するメタバーコーディング法に着目し、本市の魚類モニタリング調査（捕獲調査）と同時に環境 DNA メタバーコーディング法による調査（以下、「環境 DNA 調査」とする。）を行い、両方で確認・検出された魚種の比較をすることにより、環境 DNA 技術を用いた調査手法の検討を行った。

2 方法

2.1 調査地点及び調査時期

博多湾に位置する能古島及び志賀島のアマモ場（図 1）において、魚類の捕獲調査及び環境 DNA 調査を同時に行った。調査は令和 3 年度には 4 回、令和 4 年度及び 5

年度は各3回の頻度で大潮の干潮時に行った。



図1 調査地点

2.2 令和3年度調査

2.2.1 調査日

環境DNA調査は、能古島で令和3年4月28日、7月21日、10月20日及び令和4年1月18日に、志賀島で令和3年4月26日、7月22日、10月21日及び令和4年1月17日に実施した。

捕獲調査は能古島で令和3年4月26日、7月21日、10月19日及び令和4年1月17日に、志賀島で令和3年4月26日、7月22日、10月19日及び令和4年1月17日に実施した。

2.2.2 調査方法

1) 捕獲調査

アマモ場を中心に地引網（長さ10m、高さ1.5m、目合1mm）を用い、約30mの距離を2回引網して魚類を捕獲した。

2) 環境DNA調査

(1) 採水

捕獲調査を行ったアマモ場周辺の5か所にて、表層水及び底層水を1Lずつ採水・混合した後、5か所分を全量混合（以下、「プーリング採水」とする。）しSterivex（孔径0.45μm, Merck）を用いて、1000mLまで現地ですろ過を行った。ろ過後はSterivex内の水分を除去し、RNAlater™ Solution（Thermo Fisher Scientific）を2mL添加したものを試料とした。

(2) 分析

DNA分析は採水した試料を外部検査機関に送付し、メタバーコーディング法による分析を依頼した。

プライマーはマニュアルに記載のプライマーMiFish-E, MiFish-Uの2/種を1:1の比率で混合したものを使用した。

分析結果から得られた魚種のリストのうち塩基配列のリード数が100未満のもの及び塩基配列の一致率が97%以下のものは除外した。種名の精査は過去の捕獲調査及

び文献調査の結果を参考に行った。

なお、本研究で使用した12S rRNA遺伝子領域では種の識別が困難であった分類群については属名又は複合種群とした。

2.3 令和4年度及び令和5年度調査

2.3.1 調査日

令和4年度の環境DNA調査は、能古島で令和4年7月27日、10月12日及び令和5年1月22日に、志賀島で令和4年7月28日、10月11日及び令和5年1月23日に実施した。

捕獲調査は能古島で令和4年7月18日、10月12日及び令和5年1月23日に、志賀島で令和4年7月17日、10月11日及び令和5年1月22日に実施した。

令和5年度の環境DNA調査は、能古島で令和5年7月4日、10月28日及び令和6年1月25日に、志賀島で令和5年7月3日、10月27日及び令和6年1月27日に実施した。

捕獲調査は能古島で令和5年7月4日、10月26日及び令和6年1月25日に、志賀島で令和5年7月3日、10月27日及び令和6年1月27日に実施した。

2.3.2 調査方法

1) 捕獲調査

2.2.2 1)と同様の方法で行った。

2) 環境DNA調査

(1) 採水

捕獲調査を行ったアマモ場周辺にて、それぞれ5か所から表層水及び底層水を1Lずつ採水し、1か所毎に混合（以下、「反復採水」とする。）しSterivex（孔径0.45μm, Merck）を用いて、現地ですろ過を行った。ろ過後はSterivex内の水分を除去し、RNAlater™ Solution（Thermo Fisher Scientific）を2mL添加したものを試料とした。

また、プーリング採水による試料の作成も併せて行った。

(2) 分析

DNA分析はマニュアルに基づき、メタバーコーディング法により行った。

SterivexからのDNA抽出・精製はマニュアルに従い行った。試料よりDNAを抽出・精製した後、マニュアルに記載のプライマーMiFish-E, MiFish-U, MiFish-U2の3種を1:2:1の比率で混合したものを用いて、1st PCRを実施した。1st PCR産物を精製・濃縮し、2nd PCRに用いた。調整したライブラリーはiSeq100（illumina）を用いて、塩基配列情報を取得した。

取得した塩基配列情報について、PMiFish pipeline v2.4.1を用いた解析を実施し、魚種の判定を行った。得られた魚種のリストのうち塩基配列のリード数が3以下

のもの及び塩基配列の一致率が98.5%未満のものは除外した。種名の精査は過去の捕獲調査，文献調査の結果及び MiFish 法に係る誤同定チェックシート⁵⁾を用いて行った。

なお，本研究で解析の対象としている12S rRNA 遺伝子領域では種の識別が困難であった分類群については属名又は複合種群とした。

3 研究結果及び考察

3.1 令和3年度調査

表1に令和3年度の捕獲調査と環境DNA調査の両調査で確認（検出）された種数を，表2，3に能古島及び志賀島の調査結果を示す。能古島では，捕獲調査で23種，環境DNA調査で36種，志賀島では，捕獲調査で34種，環境DNA調査で34種が確認（検出）された⁶⁾。

能古島では，捕獲調査に比べ環境DNA調査で確認（検出）された種数は同数以上であり，確認（検出）された種の一部は一致した。

志賀島では，10月及び1月は捕獲調査に比べ環境DNA調査で確認（検出）された種数は同数以上であったが，4月及び7月では捕獲調査で確認された種の方が多かった。

能古島及び志賀島ともに捕獲調査と環境DNA調査で確認（検出）される種を比較したところ完全には一致しなかった。

次に，表4に令和3年度7月の捕獲調査で捕獲された魚種の総湿重量と環境DNA調査で検出された魚種の関係を示す。総湿重量が全体の0.1%以上を占める種に着目すると，相対的に総湿重量が多い種は環境DNA調査でも検出される傾向にあり，一方で総湿重量が少なかった種は環境DNA調査では検出されにくい傾向がみられた。

これらのことから，プーリング採水による環境DNA調査では総湿重量が大きな種は検出されるが，総湿重量が小さく，放出されるDNA量が少ない種は検出されにくいことが示唆された。

表1 令和3年度の両調査の確認（検出）種数

調査月	能古島			志賀島		
	捕獲調査	DNA調査		捕獲調査	DNA調査	
		反復	プーリング		反復	プーリング
4月	10	-	10	8	-	6
7月	9	-	19	24	-	18
10月	10	-	24	8	-	22
1月	4	-	6	5	-	5
計 ^{※1}	23	-	36	34	-	34

※1（同一種の重複はカウントしない）

表 2 令和3年度調査結果（能古島）

科	属	種名	R3.4		R3.7		R3.10		R4.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
カレイ科	マガレイ属	マガレイ属		●		●				●		●
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ			○			●			○	●
アイナメ科	アイナメ属	クジメ	○			●					○	●
イソギンボ科	ナベカ属	イダテンギンボ						●				●
		ナベカ				●				●		●
	イソギンボ属	イソギンボ				●						●
ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	アオタナゴ	○								○	
		ウミタナゴ属		●		●		●				●
カジカ科	アナハゼ属	アナハゼ	○								○	
キス科	キス属	シロギス					○	●			○	●
スズキ科	スズキ属	スズキ	○		○			●		●	○	●
		ヒラスズキ		●								●
タイ科	クロダイ属	キチヌ						●				●
		クロダイ				●		●				●
	ヘダイ属	ヘダイ				●		●				●
タウエガジ科	ダイナンギンボ属	ダイナンギンボ						●				●
	タウエガジ属	タウエガジ			○						○	
	ムスジガジ属	ムスジガジ								●		●
ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	ギンボ	○	●							○	●
ネズボ科	ネズボ属	ネズミゴチ/ヌメリゴチ				●		●				●
ハゼ科	ウキゴリ属	ニクハゼ	○		○						○	
	キララハゼ属	スジハゼ				●			○		○	●
		ツマグロスジハゼ					○				○	
		モヨウハゼ/ツマグロスジハゼ						●				●
	シロウオ属	シロウオ					○				○	
	チチブ属	アカオビシマハゼ				●	○	●			○	●
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ	○	●			○	●	○		○	●
ヒイラギ科	ヒイラギ属	ヒイラギ				●	○	●		●	○	●
メジナ科	メジナ属	メジナ			○	●		●			○	●
メバル科	メバル属	タケノコメバル						●				●
		メバル属	○	●							○	●
サヨリ科	サヨリ属	サヨリ		●								●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	トウゴロウイワシ				●		●				●
ヨウジウオ科	オクヨウジ属	オクヨウジ					○				○	
	タツノオトシゴ属	ヒメタツ					○				○	
	ヨウジウオ属	ヨウジウオ	○		○		○		○		○	
アカエイ科	アカエイ属	アカエイ				●		●				●
ツバクロエイ科	ツバクロエイ属	ツバクロエイ				●						●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ				●		●				●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ		●				●				●
ニシン科	サッパ属	サッパ/カタボシイワシ						●				●
カワハギ科	アミメハギ属	アミメハギ			○	●	○	●			○	●
フグ科	トラフグ属	クサフグ	○		○				○	●	○	●
		コモンフグ			○						○	
		トラフグ属		●		●		●				●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●		●		●				●
計			10	10	9	19	10	24	4	6	23	36

○捕獲調査，●環境DNA調査

表 3 令和 3 年度調査結果（志賀島）

科	属	種名	R3.4		R3.7		R3.10		R4.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
ウシノシタ科	タイワンシタピラメ属	クロウシノシタ	○					●			○	●
カレイ科	マガレイ属	マガレイ属				●						●
ヒラメ科	ヒラメ属	ヒラメ				●						●
キュウリウオ科	アユ属	アユ							○		○	
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ			○			●			○	●
アイナメ科	アイナメ属	クジメ	○		○	●					○	●
イソギンボ科	ハタタテギンボ属	ニジギンボ			○						○	
	ナベカ属	イダテンギンボ				●		●				●
		ナベカ				●		●				●
	イソギンボ属	イソギンボ				●		●	○		○	●
ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	ウミタナゴ			○						○	
		ウミタナゴ属				●						●
カジカ科	アナハゼ属	アナハゼ			○						○	
キス科	キス属	シロギス			○	●	○	●			○	●
サバ科	サワラ属	サワラ						●				●
タイ科	クロダイ属	クロダイ		●		●		●				●
	マダイ属	マダイ			○						○	
タウエガジ科	カズナギ属	カズナギ	○								○	
タカノハダイ科	タカノハダイ属	タカノハダイ	○								○	
ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	ギンボ	○								○	
ネズッポ科	ネズッポ属	ハナビスメリ								●		●
		セトヌメリ/トビスメリ								●		●
		ネズミゴチ/ヌメリゴチ		●	○		○		○		○	●
ハゼ科	キララハゼ属	スジハゼ			○		○				○	●
	クツワハゼ属	クツワハゼ						●				●
	シロウオ属	シロウオ							○		○	
	セジロハゼ属	セジロハゼ				●						●
	チチブ属	アカオビシマハゼ						●				●
		シモフリシマハゼ	○								○	
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ					○		○		○	
ヒイラギ科	ヒイラギ属	ヒイラギ			○	●					○	●
ヒメジ科	ヒメジ属	ヨメヒメジ			○						○	
フエフキダイ科	フエフキダイ属	イトフエフキ					○	●			○	●
ベラ科	キュウセン属	キュウセン	○		○		○	●			○	●
	ホンベラ属	ホンベラ			○	●					○	●
メジナ科	メジナ属	メジナ				●		●		●		●
メバル科	メバル属	カサゴ			○						○	
		メバル属			○						○	
ダツ科	ダツ属	ダツ				●						●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	トウゴロウイワシ				●		●				●
ヨウジウオ科	タツノオトシゴ属	タツノオトシゴ属			○						○	
	ヨウジウオ属	ヨウジウオ			○						○	
アカエイ科	アカエイ属	アカエイ				●						●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ			○	●		●			○	●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ		●				●				●
ニシン科	コノシロ属	コノシロ		●				●				●
	サッパ属	サッパ/カタボシイワシ						●				●
カワハギ科	アミメハギ属	アミメハギ			○		○				○	
	カワハギ属	カワハギ			○						○	
フグ科	トラフグ属	クサフグ	○		○		○			●	○	●
		コモnfグ			○						○	
		トラフグ属		●	○	●		●			○	●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●				●		●		●
ドチザメ科	ドチザメ属	ドチザメ			○						○	
計			8	6	24	18	8	21	5	5	34	34

○捕獲調査，●環境DNA調査

表 4 捕獲魚種の総湿重量と環境 DNA 調査結果（令和 3 年 7 月）

能古島				志賀島			
種名	総湿重量(g)	割合※1	DNA検出	種名	総湿重量(g)	割合※1	DNA検出
メジナ	85	23%	○	トラフグ属	2034	41%	○
スジハゼ	82	23%	○	アイゴ	1975	40%	○
クジメ	71	19%	○	ウミタナゴ属	341	7%	○
ヒメハゼ	27	7%	○	クジメ	201	4%	○
ウミタナゴ属	24	6%	○	アナハゼ※2	161	3%	
アミメハギ	22	6%	○	キュウセン	62	1%	
トラフグ属	19	5%	○	ゴンズイ	46	0.9%	
ヒメジ	14	4%		ヒイラギ	30	0.6%	
ヨウジウオ	11	3%		カワハギ	30	0.6%	
カワハギ	5.5	2%		ヨウジウオ	12	0.2%	
タツノオトシゴ属	2.5	1%		スズキ	8.9	0.2%	
ゴンズイ	1.0	0.3%	○	スジハゼ	3.1	0.1%	
ニクハゼ	0.2	0.1%		計	4904	100%	
計	364	100%					

※1 各調査月の総湿重量の合計に占める各魚種の総湿重量の割合（0.1%未満の魚種は未記載）

※2 アナハゼはプライマーに不適合のため未検出

3.2 令和 4 年度及び令和 5 年度調査

表 5，6 に令和 4 年，5 年度の捕獲調査と環境 DNA 調査の両調査で確認（検出）された種数を示す。環境 DNA 調査では捕獲調査よりも多くの種を確認（検出）することができた。また，反復採水はプーリング採水による環境 DNA 調査よりも多くの種を確認（検出）することができた。

次に，表 7～10 に令和 4 年，5 年度の能古島及び志賀島の調査結果を示す。令和 4 年度の能古島では，捕獲調査で 28 種，環境 DNA 調査で 65 種，志賀島では，捕獲調査で 23 種，環境 DNA 調査で 84 種が確認（検出）された。また，令和 5 年度の能古島では，捕獲調査で 18 種，環境 DNA 調査で 56 種，志賀島では，捕獲調査で 20 種，環境 DNA 調査で 87 種が確認（検出）された。

令和 4 年度以降は反復採水による環境 DNA 調査を実施したことで，プーリング採水を行っていた令和 3 年度に比べて多くの種を検出でき，これまで捕獲調査でのみ検出された種も新たに検出することができた。

手引きによると，プーリング採水による環境 DNA 調査では，調査地点の全域に広く生息する主要な種は検出できるが，生息密度が低く，環境 DNA の存在量が少ないと考えられる種は，プーリング採水による環境 DNA

調査では検出できず，生息しているのに検出できない「偽陰性」が生じやすく，十分な注意が必要であると言われている。これは，令和 3 年度の捕獲調査で捕獲された種の総湿重量と環境 DNA 調査で検出された種の関係からもプーリング採水では総湿重量の割合が低い種の検出率が低く，能古島よりも志賀島のほうが生息しているが検出されなかった種の割合が多かったものと考えられる。

一方で手引きでは偽陰性に対する対応策として反復採水による環境 DNA 調査が挙げられており，生息密度が低いと考えられる種の検出を試みる際，採水時に種の DNA がサンプルに入る確率が低くなるため，採水反復数を 2 回以上に増やすことが推奨されている。令和 4 年度以降の反復採水による環境 DNA 調査の結果では，令和 3 年度の環境 DNA 調査と比べて多くの種を検出しており，生息密度の低い種を多くとらえることができるようになったと考えられる。

表 11 に令和 5 年 7 月の志賀島で実施した反復採水とプーリング採水の結果の比較を示す。反復採水で検出した種を得られたリード数が多い順に並べると，プーリング採水ではリード数が多い上位 22 種のうち 21 種を検出しており，一方でリード数が少ない下位 21 種のうち 4 種しか検出できていなかった。よって，反復採水とプーリン

グ採水を比較すると，プーリング採水では反復採水で検出される種のうち，生息密度の低い種を見逃している可能性が考えられた。

各採水方法の結果から，プーリング採水による環境 DNA 調査は，アマモ場の採水地点周辺の生息密度の高い種を主に検出でき，調査地点の主な生息種を把握するのには有効であるが，生息密度の低い種の偽陰性が起きる

ため，魚類相の検出としては不十分であると考えられた。一方で，反復採水による環境 DNA 調査は，アマモ場の採水地点周辺の種を網羅的に検出でき，生息密度の低い種を検出する確率が高いと考えられたが，開放的な水域のため移流してきた低濃度の DNA を検出してしまう可能性も考えられた。

表 5 令和 4 年度の両調査の確認（検出）種数

種（属）数						
調査月	能古島			志賀島		
	捕獲調査	DNA調査		捕獲調査	DNA調査	
		反復	プーリング		反復	プーリング
7月	20	36	18	19	51	28
10月	15	46	32	7	53	29
1月	3	35	13	3	40	15
計※1	28	65		23	84	

※1（同一種の重複はカウントしない）

表 6 令和 5 年度の両調査の確認（検出）種数

種（属）数						
調査月	能古島			志賀島		
	捕獲調査	DNA調査		捕獲調査	DNA調査	
		反復	プーリング		反復	プーリング
7月	13	39	22	14	64	38
10月	5	36	15	7	58	24
1月	3	32	12	6	37	15
計※1	18	56		20	87	

※1（同一種の重複はカウントしない）

表 7 令和 4 年度調査結果（能古島）

科	属	種名	R4.7		R4.10		R5.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
ウミヘビ科	ウミヘビ属	ホタテウミヘビ		●						●
ウシノシタ科	タイワンシタピラメ属	クロウシノシタ		●						●
カレイ科	イシガレイ科	イシガレイ		●		●		●		●
	マガレイ属	マガレイ属		●						●
ササウシノシタ科	ササウシノシタ属	ササウシノシタ			○	●		●	○	●
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ	○	●	○	●			○	●
アイナメ科	アイナメ属	クジメ	○	●				●	○	●
アジ科	ブリ属	ヒラマサ				●				●
		ブリ					●			●
イソギンボ科	ハタタテギンボ属	ニジギンボ			○	●			○	●
	ナベカ属	イダテンギンボ		●		●		●		●
		ナベカ		●		●		●		●
	イソギンボ属	イソギンボ				●		●		●
ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	アオタナゴ	○						○	
		ウミタナゴ属		●		●		●		●
オニオコゼ科	オニオコゼ属	オニオコゼ			○	●			○	●
キス科	キス属	シロギス	○	●	○	●			○	●
クロサギ科	クロサギ属	クロサギ				●				●
クロユリハゼ科	サツキハゼ属	サツキハゼ属	○						○	
コチ科	コチ属	マゴチ	○		○	●			○	●
サバ科	サバ属	ゴマサバ/マサバ						●		●
	サワラ属	サワラ				●				●
シマイサキ科	シマイサキ属	シマイサキ	○	●		●			○	●
スズキ科	スズキ属	スズキ		●		●		●		●
		ヒラスズキ		●		●		●		●
タイ科	クロダイ属	キチヌ				●				●
		クロダイ		●		●		●		●
	ヘダイ属	ヘダイ				●				●
	マダイ属	マダイ						●		●
タウエガジ科	ダイナンギンボ属	ダイナンギンボ		●		●		●		●
	ムスジガジ属	ムスジガジ				●				●
ニシギンボ科	ニシギンボ属	ギンボ						●		●
ニベ科	シログチ属	シログチ				●		●		●
ネズッポ科	ネズッポ属	ハタタテヌメリ	○			●			○	●
		ネズミゴチ/ヌメリゴチ		●		●		●		●
ハオコゼ科	ハオコゼ属	ハオコゼ		●	○	●				●
ハゼ科	アカハゼ属	アカハゼ						●		●
	アゴハゼ属	ドロメ				●		●		●
	ウキゴリ属	ニクハゼ	○						○	
	キララハゼ属	ツマグロスジハゼ			○				○	
		モヨウハゼ/ツマグロスジハゼ		●		●				●
		スジハゼ		●	○	●		●	○	●
	クツワハゼ属	クツワハゼ			○				○	
	チチブ属	アカオビシマハゼ		●		●		●		
		チチブ属	○						○	●
	ヒナハゼ属	ヒナハゼ						●		●
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ	○	●	○	●	○	●	○	●
	マハゼ属	マハゼ		●		●				●
		ハゼ科 sp.	○						○	
ヒイラギ科	ヒイラギ属	ヒイラギ		●		●		●		●
フエフキダイ科	フエフキダイ属	フエフキダイ		●						●
メジナ科	メジナ属	メジナ		●		●		●		●
メバル科	メバル属	タケノコメバル		●						●
		メバル属		●		●		●		●
サヨリ科	サヨリ属	サヨリ				●				●
ダツ科	ダツ属	ダツ				●				●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	トウゴロウイワシ		●		●				●
ヨウジウオ科	カワヨウジ属	ガンテンイシヨウジ	○						○	
	タツノオトシゴ属	サンゴタツ				●				●
		タツノオトシゴ属		●	○			●	○	●
	ヨウジウオ属	ヨウジウオ	○	●	○	●	○	●	○	●
アカエイ科	アカエイ属	アカエイ		●		●				●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ	○	●		●			○	●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ				●		●		●
ニシン科	キビナゴ属	キビナゴ	○						○	
	コノシロ属	コノシロ				●		●		●
	サッパ属	サッパ/カタボシイワシ				●		●		●
	マイワシ属	マイワシ						●		●
カワハギ科	アミメハギ属	アミメハギ	○	●	○	●		●	○	●
	カワハギ属	カワハギ	○	●		●			○	●
フグ科	トラフグ属	クサフグ		●	○	●	○	●	○	●
		コモンフグ	○						○	
		トラフグ属	○			●			○	●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●		●		●		●
ドチザメ科	ドチザメ属	ドチザメ		●						●
計			20	37	15	50	3	35	28	65

○捕獲調査，●環境DNA調査

表 8 令和4年度調査結果（志賀島）

科	属	種名	R4.7		R4.10		R5.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
アナゴ科	クロアナゴ属	マアナゴ		●		●				●
ウミヘビ科	ウミヘビ属	ホタテウミヘビ				●				●
	ニンギョウアナゴ属	セレベスヒレアナゴ					●			●
ウシノシタ科	イヌノシタ属	ダシコ				●				●
	タイワンシタビラメ属	クロウシノシタ		●		●				●
カレイ科	イシガレイ科	イシガレイ		●			●			●
	マガレイ属	マガレイ属		●						●
ササウシノシタ科	ササウシノシタ属	ササウシノシタ	○	●		●	●		○	●
	シマウシノシタ属	シマウシノシタ				●				●
ヒラメ科	ヒラメ属	ヒラメ		●		●				●
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ	○	●	○	●			○	●
アイナメ科	アイナメ属	クジメ		●	○	●		●	○	●
アジ科	ブリ属	ヒラマサ					●			●
		ブリ					●			●
	マアジ属	マアジ				●	●			●
イサキ科	コショウダイ属	コショウダイ	○	●					○	●
	ヒゲダイ属	ヒゲダイ					●			●
イシダイ科		イシガキダイ		●						●
	イシダイ属	イシダイ		●		●				●
イソギンボ科	ハタタテギンボ属	ニシギンボ	○		○	●			○	●
	ナベカ属	イダテンギンボ		●		●	●			●
		ナベカ		●		●	●			●
	イソギンボ属	イソギンボ	○	●	○	●	●		○	●
	スジギンボ属	ホシギンボ				●	●			●
ウミタナゴ科		アオタナゴ	○						○	
	ウミタナゴ属	ウミタナゴ	○						○	●
		ウミタナゴ属		●		●	●			
オニオコゼ科	オニオコゼ属	オニオコゼ				●				●
カジカ科	アナハゼ属	アナハゼ	○	●					○	●
キス科	キス属	シロギス	○	●	○	●	●		○	●
クサウオ科	クサウオ属	クサウオ					●			●
クロサギ科	クロサギ属	クロサギ		●		●				●
		ダイミョウサギ				●				●
コチ科	コチ属	マゴチ		●		●				●
サバ科	サバ属	ゴマサバ/マサバ					●			●
	サワラ属	サワラ					●			●
シマイサキ科	シマイサキ属	シマイサキ	○	●		●			○	●
スズキ科	スズキ属	スズキ		●		●	●			●
		ヒラスズキ				●	●			●
タイ科	クロダイ属	クロダイ		●		●	●			●
	ヘダイ属	ヘダイ		●		●				●
	マダイ属	マダイ		●			●			●
タウエガジ科	カズナギ属	カズナギ/オオカズナギ					●			●
	ダイナンギンボ属	ダイナンギンボ		●		●	●			●
		ベニツケギンボ		●			●			●
	ムスジガジ属	ムスジガジ		●		●	●			●
テンジクダイ科	ツマグロイシモチ属	テンジクダイ		●						●
ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	ギンボ					●			●
		ニシキギンボ属					○		○	●
ネズツボ科	ネズツボ属	ネズミゴチ/ヌメリゴチ		●		●	●			●
ハオコゼ科	ハオコゼ属	ハオコゼ			○				○	
ハゼ科	キララハゼ属	スジハゼ		●			●			●
	クツワハゼ属	クツワハゼ		●						●
	シロウオ属	シロウオ				●	●			●
	チチブ属	アカオビシマハゼ		●		●	●			●
		チチブ属	○				○		○	●
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ	○	●			●		○	●
	マハゼ属	マハゼ	○	●					○	●
ハタ科	アカハタ属	キジハタ				●				●
ヒイラギ科	ヒイラギ属	ヒイラギ		●		●	●			●
ベラ科	ササノハベラ属	ホシササノハベラ				●				●
	ホンベラ属	ホンベラ		●						●
メジナ科	メジナ属	クロメジナ		●						●
		メジナ		●		●	●			●
メバル科		カサゴ				●				●
	メバル属	タケノコメバル					●			●
		メバル属	○	●		●	●		○	●
ワニギス科	ワニギス属	ワニギス					●			●
サヨリ科	サヨリ属	サヨリ					●			●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	ギンイソイワシ		●		●				●
		トウゴロウイワシ				●				●
ヨウジウオ科	ヨウジウオ属	ヨウジウオ		●			○		○	●
アカエイ科	アカエイ属	アカエイ				●				●
ツバクロエイ科	ツバクロエイ属	ツバクロエイ		●						●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ		●		●				●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ					●			●
ニシン科	キビナゴ属	キビナゴ	○			●			○	●
	コノシロ属	コノシロ		●		●	●			●
	サツバ属	サツバ/カタボシイワシ				●				●
		カタボシイワシ				●				●
エソ科	マエソ属	トカゲエソ								●
		マエソ				●				●
カワハギ科	アミメハギ属	アミメハギ	○	●	○	●			○	●
	カワハギ属	カワハギ	○	●		●			○	●
	ヨソギ属	ヨソギ		●		●				●
フグ科		クサフグ	○	●		●	●		○	●
	トラフグ属	コモンフグ	○						○	●
		トラフグ属		●		●				●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●		●	●			●
ドチザメ科	ドチザメ属	ドチザメ		●						●
計			19	52	7	55	3	41	23	84

○捕獲調査、●環境DNA調査

表 9 令和 5 年度調査結果（能古島）

科	属	種名	R5.7		R5.10		R6.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
アナゴ科	ギンアナゴ属	ギンアナゴ属				●				●
ウナギ科	ウナギ属	ニホンウナギ		●						●
ウシノシタ科	タイワンシタピラメ属	クロウシノシタ		●			○		○	●
カレイ科	イシガレイ科	イシガレイ		●		●		●		●
	マガレイ属	マガレイ属		●						●
ササウシノシタ科	ササウシノシタ属	ササウシノシタ		●						●
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ		●		●				●
アイナメ科	アイナメ属	クジメ	○	●		●		●	○	●
イソギンボ科	マアジ属	マアジ				●				●
		イダテンギンボ		●		●		●		●
	ナベカ属	ナベカ		●		●		●		●
		イソギンボ属		●		●		●		●
	スジギンボ属	ホシギンボ						●		●
ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	アオタナゴ	○						○	
		ウミタナゴ属		●		●		●		●
オニオコゼ科	オニオコゼ属	オニオコゼ		●						●
カジカ科	アナハゼ属	アサヒアナハゼ	○						○	
		アナハゼ	○						○	
キス科	キス属	シロギス		●	○	●		●	○	●
コチ科	コチ属	マゴチ		●		●				●
シマイサキ科	シマイサキ属	シマイサキ		●		●				●
スズキ科	スズキ属	スズキ		●		●		●		●
タイ科	クロダイ属	キチヌ		●		●				●
		クロダイ		●		●		●		●
	マダイ属	マダイ		●		●		●		●
タウエガジ科	ダイナンギンボ属	ダイナンギンボ		●		●		●		●
ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	ギンボ		●				●		●
ネズッポ科	ネズッポ属	ハタタテスメリ				●				●
		ネズミゴチ/ヌメリゴチ			○	●		●	○	●
ハゼ科	アカハゼ属	アカハゼ				●				●
	アゴハゼ属	アゴハゼ		●				●		●
		ドロメ		●		●		●		●
	ウキゴリ属	ニクハゼ	○						○	
	キララハゼ属	スジハゼ	○	●				●	○	●
	チチブ属	アカオビシマハゼ		●		●		●		●
		チチブ属	○						○	
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ		●	○	●	○	●	○	●
		ヒメハゼ属			○			●	○	●
	ヒモハゼ属	ヒモハゼ						●		●
	マハゼ属	マハゼ		●		●		●		●
	ミミズハゼ属	ミミズハゼ						●		●
ヒイラギ科	ヒイラギ属	ヒイラギ	○	●		●		●	○	●
ベラ科	キュウセン属	キュウセン		●						●
メジナ科	メジナ属	メジナ		●		●		●		●
メバル科	メバル属	カサゴ						●		●
		タケノコメバル	○						○	
		メバル属		●						●
サヨリ科	サヨリ属	サヨリ		●		●				●
ダツ科	ダツ属	ダツ		●						●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	トウゴロウイワシ		●						●
ヨウジウオ科	タツノオトシゴ属	サンゴタツ				●				●
	ヨウジウオ属	ヨウジウオ	○						○	
アカエイ科	アカエイ属	アカエイ				●				●
トビエイ科	マダラトビエイ属	ナルトビエイ				●				●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ		●		●				●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ				●		●		●
ニシン科	キビナゴ属	キビナゴ				●		●		●
	コノシロ属	コノシロ		●		●		●		●
	サッパ属	サッパ/カタボシイワシ		●		●		●		●
	マイワシ属	マイワシ		●						●
カワハギ科	アミメハギ属	アミメハギ	○	●	○	●			○	●
	カワハギ属	カワハギ	○						○	
フグ科	トラフグ属	クサフグ	○	●		●	○	●	○	●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●		●		●		●
計			13	41	5	38	3	32	18	56

○捕獲調査，●環境DNA調査

表 10 令和 5 年度調査結果（志賀島）

科	属	種名	R5.7		R5.10		R6.1		種数	
			捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA	捕獲	DNA
アナゴ科	ギンアナゴ属	ギンアナゴ属				●				●
	クロアナゴ属	マアナゴ		●						●
ウミヘビ科	ウミヘビ属	ホタテウミヘビ		●						●
	ウシノシタ科	ミナミアカシタビラメ						●		●
カレイ科	タイワンシタビラメ属	クロウシノシタ						●		●
	イシガレイ科	イシガレイ				●		●		●
	マガレイ属	マガレイ属		●						●
ササウシノシタ科	ササウシノシタ属	ササウシノシタ		●		●	○	●	○	●
	シマウシノシタ属	シマウシノシタ		●						●
キュウリウオ科	アユ属	アユ					○		○	
アイゴ科	アイゴ属	アイゴ		●		●				●
アイナメ科	アイナメ属	アイナメ						●		●
		クジメ	○	●		●		●	○	●
アジ科	ブリ属	ブリ		●				●		●
	マアジ属	マアジ		●		●				●
	ムロアジ属	マルアジ				●				●
イソギンボ科	ハタタテギンボ属	ニジギンボ			○				○	
	ナベカ属	イダテンギンボ		●				●		●
		ナベカ		●		●		●		●
	イソギンボ属	イソギンボ		●		●		●		●
	スジギンボ属	ホシギンボ		●		●		●		●
ウミタナゴ科	ウミタナゴ属	ウミタナゴ	○						○	
		ウミタナゴ属		●		●				●
オニオコゼ科	オニオコゼ属	オニオコゼ	○	●		●			○	●
カジカ科	アナハゼ属	アサヒアナハゼ		●						●
		アナハゼ		●						●
	サラサカジカ属	キスカジカ		●						●
カマス科	カマス属	アカカマス				●				●
		ヤマトカマス	○						○	
キス科	キス属	シロギス	○	●	○	●		●	○	●
クロサギ科	クロサギ属	クロサギ				●				●
コチ科	イネゴチ属	イネゴチ				●				●
	コチ属	マゴチ		●		●		●		●
サバ科	サバ属	ゴマサバ/マサバ		●						●
	サワラ属	サワラ				●				●
シマイサギ科	シマイサギ属	シマイサギ		●						●
スズキ科	スズキ属	スズキ	○	●		●	○	●	○	●
		ヒラスズキ				●		●		●
タイ科	クロダイ属	キチヌ			○				○	
		クロダイ		●		●				●
	ヘダイ属	ヘダイ		●		●				●
	マダイ属	マダイ				●		●		●
タウエガジ科	カズナギ属	カズナギ/オオカズナギ		●						●
	ダイナンギンボ属	ダイナンギンボ		●		●		●		●
		ベニツケギンボ		●		●		●		●
	ムスジガジ属	ムスジガジ		●		●		●		●
チョウチョウウオ科	ハタタテダイ属	ムレハタタテダイ	○						○	
ニシキギンボ科	ニシキギンボ属	ギンボ				●				●
ニベ科	シログチ属	シログチ		●		●		●		●
	ネズッポ属	ハタタテヌメリ		●						●
ハゼ科	ネズッポ属	ネズミゴチ/ヌメリゴチ		●		●		●		●
	イトヒキハゼ属	イトヒキハゼ		●						●
	キラハゼ属	スジハゼ	○	●		●			○	●
	シロウオ属	シロウオ			○				○	
	チチブ属	アカオビシマハゼ		●		●		●		●
		チチブ属	○						○	
	ヒメハゼ属	ヒメハゼ	○	●		●	○	●	○	●
	マハゼ属	マハゼ		●						●
ハタ科	アカハタ属	キジハタ				●		●		●
		クエ				●				●
ヒイラギ科	イトヒキヒイラギ属	オキヒイラギ								●
	ヒイラギ属	ヒイラギ		●				●		●
フエフキダイ科	フエフキダイ属	ハマフエフキ				●				●
ヘビギンボ科	ヘビギンボ属	ヘビギンボ		●		●				●
ベラ科	イトベラ属	イトベラ		●						●
	キュウセン属	キュウセン		●		●				●
	ホンベラ属	ホンベラ		●		●				●
メジナ科	メジナ属	クロメジナ		●				●		●
		メジナ		●		●		●		●
メバル科		カサゴ		●		●		●		●
	メバル属	タケノコメバル		●				●		●
		メバル属		●		●		●		●
サヨリ科	サヨリ属	サヨリ		●				●		●
ダツ科	ダツ属	ダツ		●						●
トウゴロウイワシ科	ギンイソイワシ属	トウゴロウイワシ		●						●
ヨウジウオ科	オタヨウジ属	オタヨウジ		●						●
		タツノオトシゴ属		●						●
	ヨウジウオ属	ヨウジウオ	○	●	○	●			○	●
	アカエイ科	アカエイ				●				●
ゴンズイ科	ゴンズイ属	ゴンズイ		●		●				●
カタクチイワシ科	カタクチイワシ属	カタクチイワシ		●						●
ニシン科	キビナゴ属	キビナゴ				●				●
	コノシロ属	コノシロ		●		●		●		●
	サッパ属	サッパ/カタボシイワシ		●		●		●		●
	マイワシ属	マイワシ		●						●
エソ科	マエツ属	トカゲエソ				●				●
	アミメハギ属	アミメハギ	○	●	○	●	○	●	○	●
	ウスハギ属	ソウハギ/ウスハギ						●		●
	ウマヅラハギ属	ウマヅラハギ		●						●
	カワハギ属	カワハギ	○	●	○	●			○	●
	ヨソギ属	ヨソギ				●				●
ハコフグ科	コンゴウフグ属	コンゴウフグ	○						○	
フグ科	サバフグ属	シロサバフグ				●				●
	トラフグ属	クサフグ		●		●	○	●	○	●
		トラフグ属		●		●				●
ボラ科	ボラ属	ボラ		●				●		●
	計		14	65	7	60	6	37	20	87

○捕獲調査、●環境DNA調査

表 11 反復採水とプーリング採水の環境 DNA 調査結果（令和 5 年 7 月）

志賀島

種名	リード数	プーリング	種名	リード数	プーリング	種名	リード数	プーリング
クサフグ	65,598	○	キュウセン	3,236	○	ヘビギンボ	346	○
メジナ	61,655	○	ベニツケギンボ	2,776	○	マアジ	309	
ボラ	43,947	○	カサゴ	2,006	○	ネズミゴチ/ヌメリゴチ	289	○
ウミタナゴ属	35,441	○	ホンベラ	1,920	○	コノシロ	280	
ヒイラギ	31,172	○	タツノオトシゴ属	1,903		ヒメハゼ	274	○
スズキ	27,350	○	アイゴ	1,701	○	アナハゼ	263	
スジハゼ	23,615	○	シマウシノシタ	1,500	○	ゴンズイ	213	○
クジメ	18,707	○	サツバ/カタボシイワシ	1,491	○	イトヒキハゼ	211	
マガレイ属	15,109	○	アカオビシマハゼ	1,412		ウマツラハギ	193	
クロダイ	11,294	○	アサヒアナハゼ	1,368		ハタタテヌメリ	192	
シロギス	10,318	○	ヘダイ	1,090		ササウシノシタ	178	
アミメハギ	8,154	○	オニオコゼ	1,061	○	ホシギンボ	161	
トウゴロウイワシ	7,844	○	マゴチ	925		マダイ	154	
ダツ	7,418	○	シログチ	614		カズナギ/オオカズナギ	101	
ダイナンギンボ	7,371	○	タケノコメバル	608		カタクチイワシ	82	
トラフグ属	6,992	○	シマイサキ	570		ブリ	81	
マイワシ	6,072	○	マコガレイ	518		イトベラ	80	
サヨリ	5,410	○	クロメジナ	492	○	ゴマサバ/マサバ	74	
ナベカ	5,068	○	カワハギ	464	○	オクヨウジ	31	
イソギンボ	4,814		ムスジガジ	437		マアナゴ	6	
イダテンギンボ	3,436	○	マハゼ	403	○	キヌカジカ	4	
ヨウジウオ	3,237	○	メバル属	397				

4 まとめ

捕獲調査と環境 DNA 調査を同時に行い，捕獲調査で確認された種と環境 DNA 調査で検出された種の比較を行った．令和 3 年度結果からプーリング採水による環境 DNA 調査では主要な種は検出されるが，総湿重量が小さく DNA 量も少ないと考えられる種は検出されにくいことが示唆された．

さらに，令和 4 年度以降は反復採水とプーリング採水による環境 DNA 調査をそれぞれ行い，結果を比較したところ反復採水で検出種数は大幅に増加し，これまで捕獲調査でのみ確認された種が新たに検出されたことから，反復採水による環境 DNA 調査は，能古島及び志賀島のアマモ場を含む周辺海域の魚類相を明らかにするのに有効であると考えられた．

文献

1)宮正樹：環境 DNA メタバーコーディングー魚類群集研究の革新的手法バケツ一杯の水で棲んでいる魚がわかる技術，化学と生物，Vol.57，No.4，242～250，2019

2)今藤夏子，他：霞ヶ浦における定置網と環境 DNA を用いた魚類調査と種多様性の比較，水環境学会誌，Vol.41（A），137～139，2018

3)環境省自然環境局生物多様性センター：環境 DNA 分析技術を用いた調査手法の手引き（淡水魚類・両生類）第 1 版，1～5，2024 年 5 月

4)一般社団法人環境 DNA 学会：環境 DNA 調査・実験マニュアル Ver.2.2，34～76，2020 年 4 月 3 日発行

5)環境省自然環境局生物多様性センター：MiFish に係る誤同定チェックシート ver.1.2（https://www.biodic.go.jp/edna/reports/mifish_checksheets_ver1.2.xlsx）

6)環境科学課 生物担当：環境 DNA 技術を用いた魚類モニタリング調査手法の検討，福岡市保健環境研究所報，47，142～147，2022