

東京都環境科学研究所
令和7年度公開研究発表会



環境DNAが切りひらく未来

国立研究開発法人 土木研究所

流域水環境研究グループ 流域生態チーム

特任研究員 村岡敬子



魚道（ぎょどう）



堰

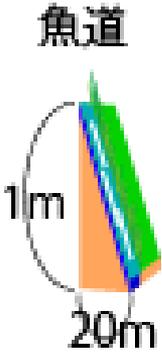
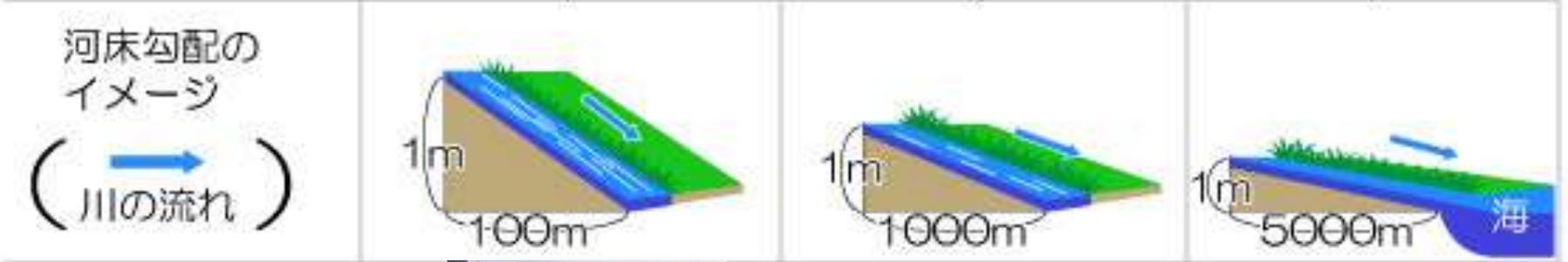
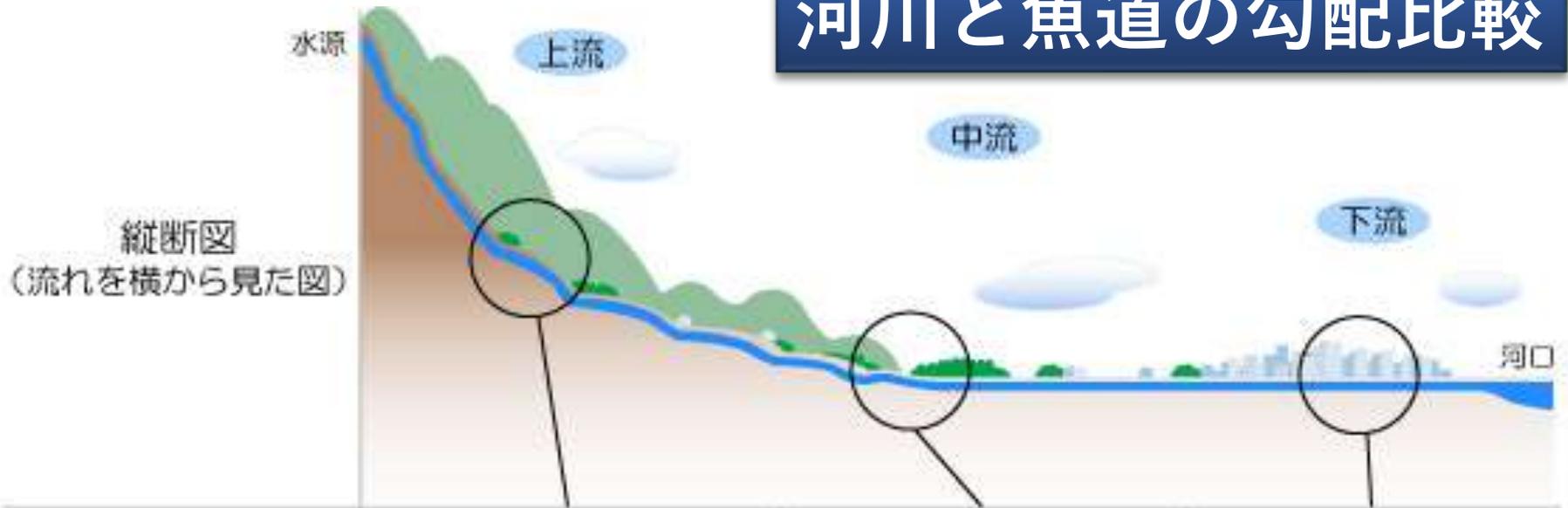
土砂吐き？

呼び水

農業用水路

魚道

河川と魚道の勾配比較



長良川せせらぎ魚道 勾配1/80-1/120

魚道設計対象魚種の大きさ・遊泳形態・成長段階は多様

魚道通過時の魚の大きさ（河口堰の場合）

サケ成魚 B.L.50cm

アユ稚魚 B.L. 5cm

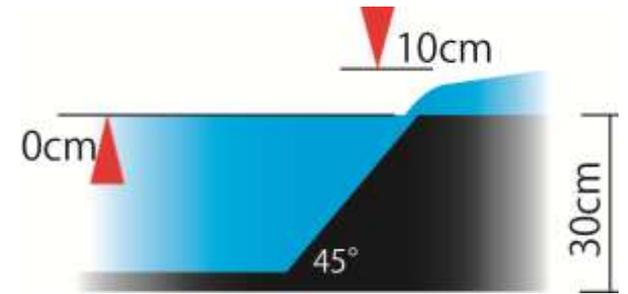


カジカ稚魚 B.L 2cm



遊泳形態の違いが遡上行動に与える影響

10 cmの落差は、
魚の移動の障害となるのか否か？



再生速度1/1



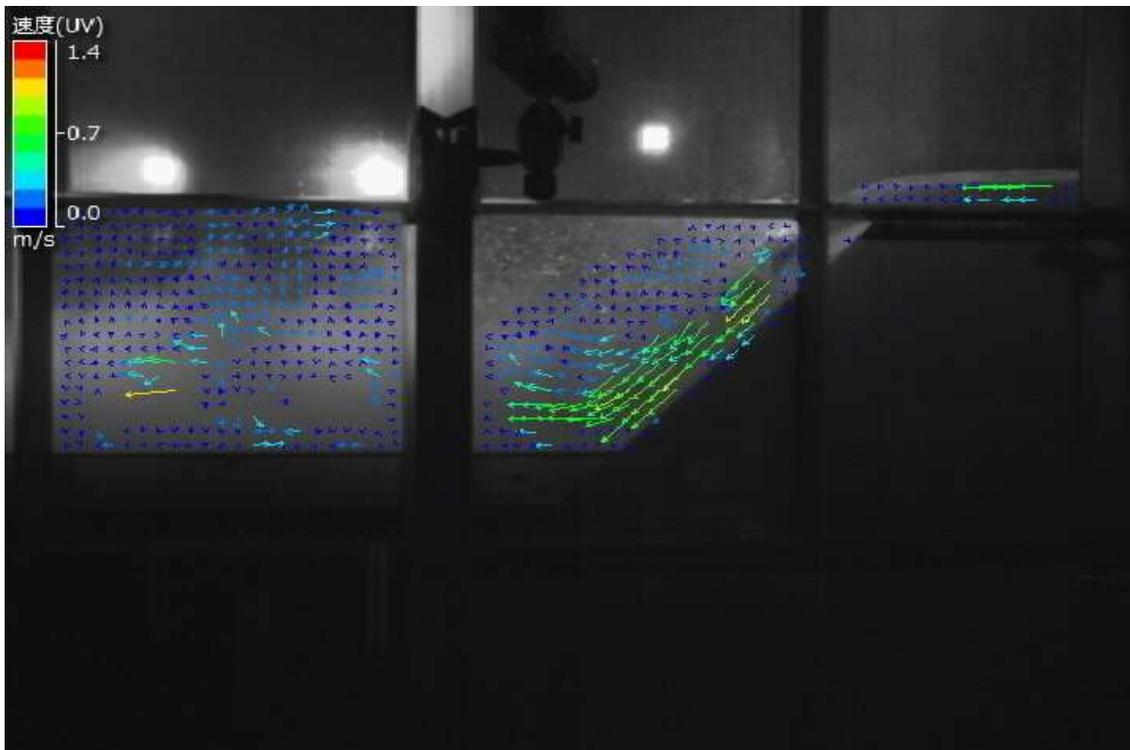
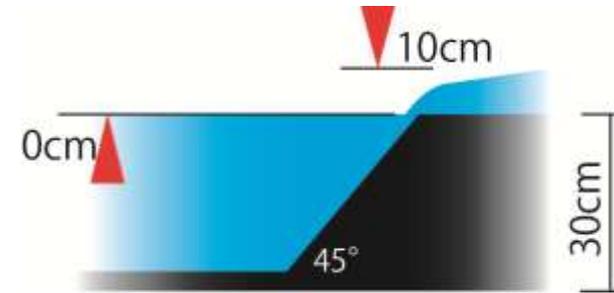
イワナ BL208.3 ± 10.4mm



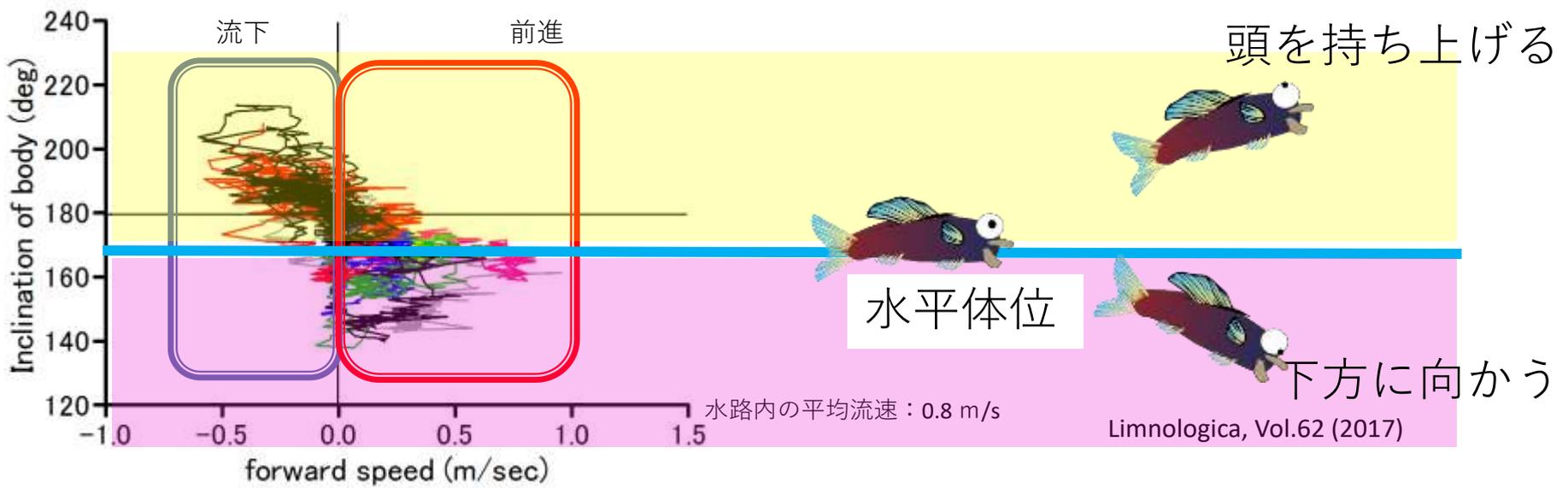
カジカ BL88.5 ± 3.2mm

遊泳形態の違いが遡上行動に与える影響

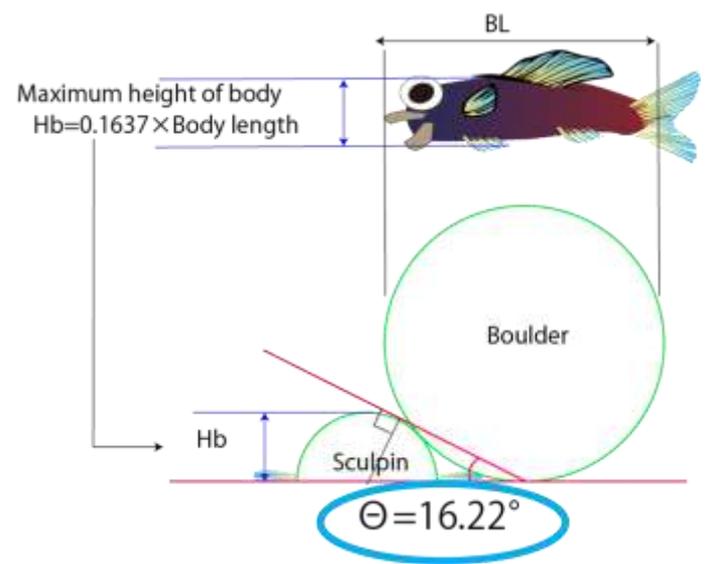
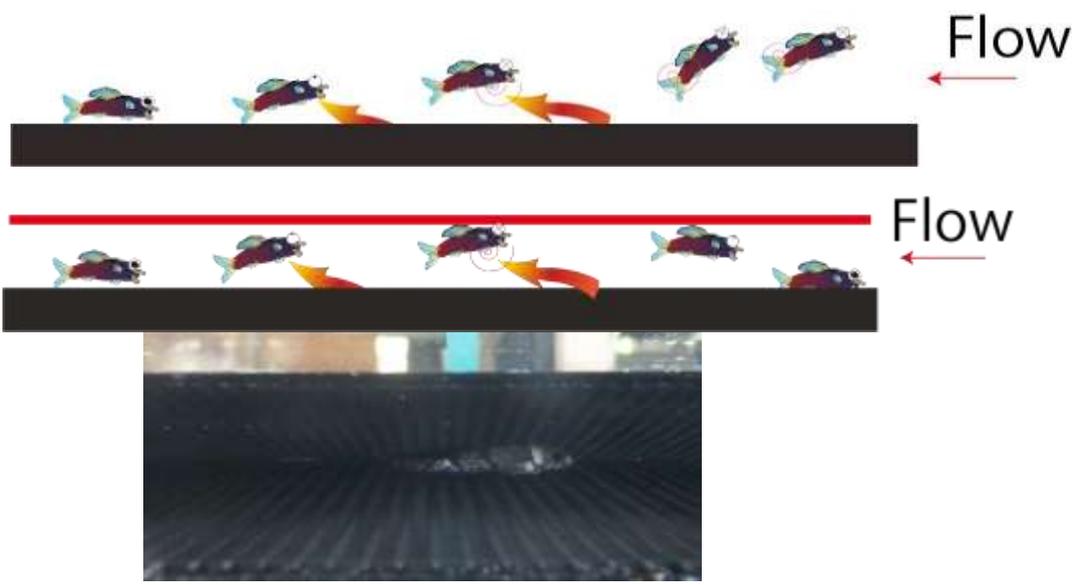
10 cmの落差は、
魚の移動の障害となるのか否か？



遊泳形態の違いが遡上行動に与える影響



1/200 秒間隔で計算した、前進速度と体の傾き



階段式魚道におけるアユの遡上行動

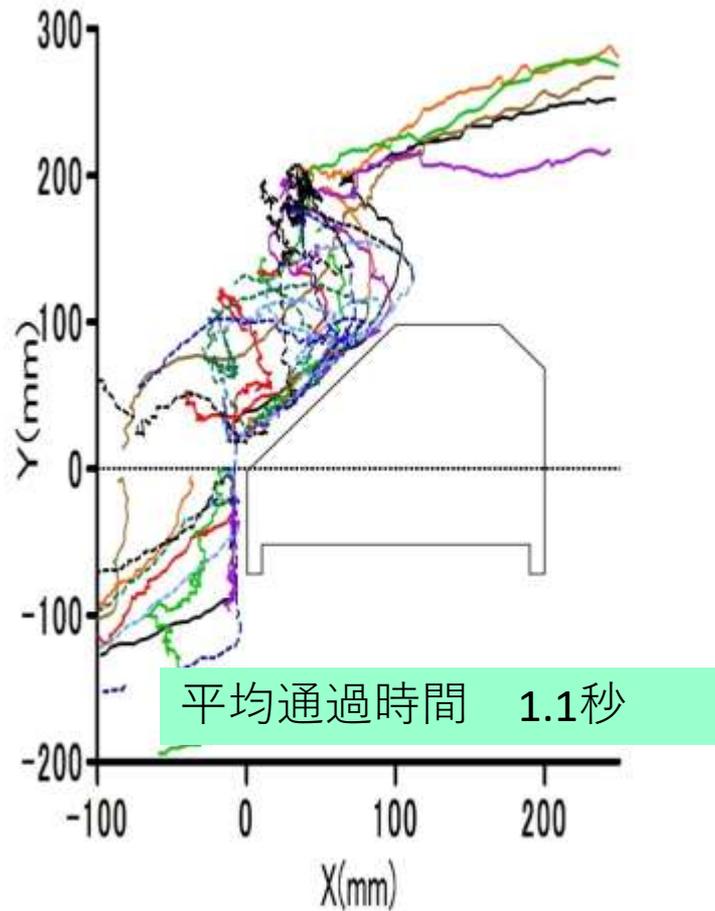
プール水深 80 c m、隔壁間落差15cm、魚道勾配1/15
特殊効果：高速ビデオカメラ映像(250コマ/秒)



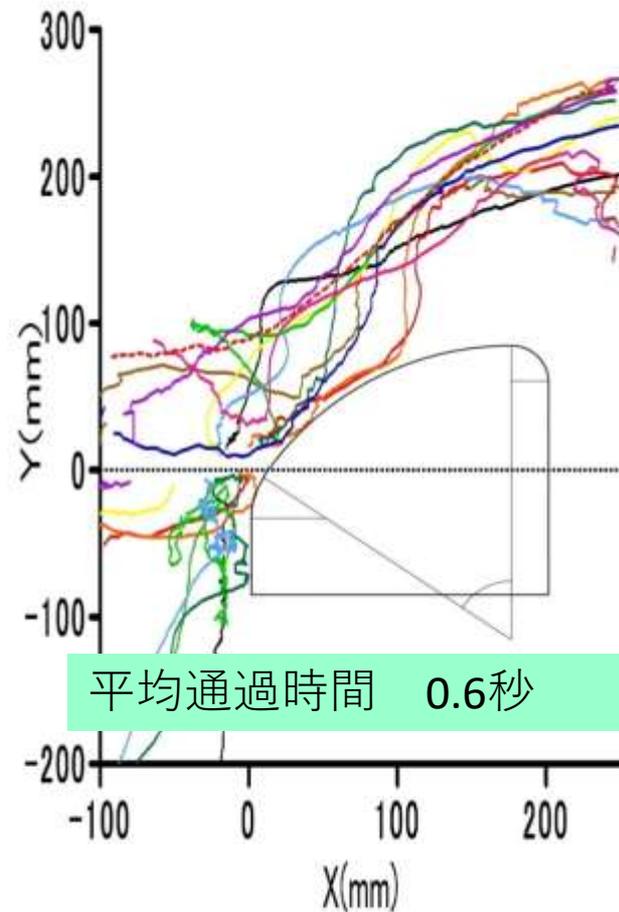
隔壁頂部形状の違いとアユの遡上軌跡

越流水深20cm

切り欠き型



標準越流型



魚の遡上環境をDNAで評価する

対象河川：太田川（広島県）（魚ののぼりやすい川づくり一次指定モデル河川）

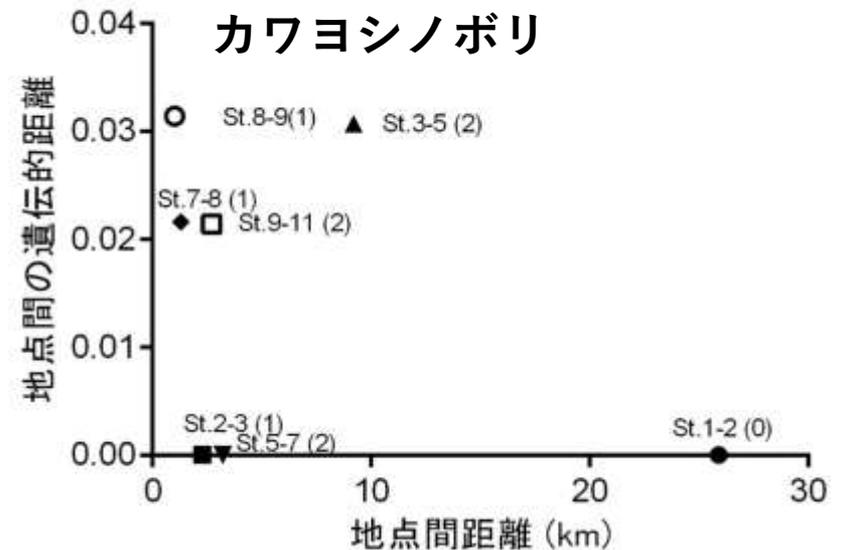
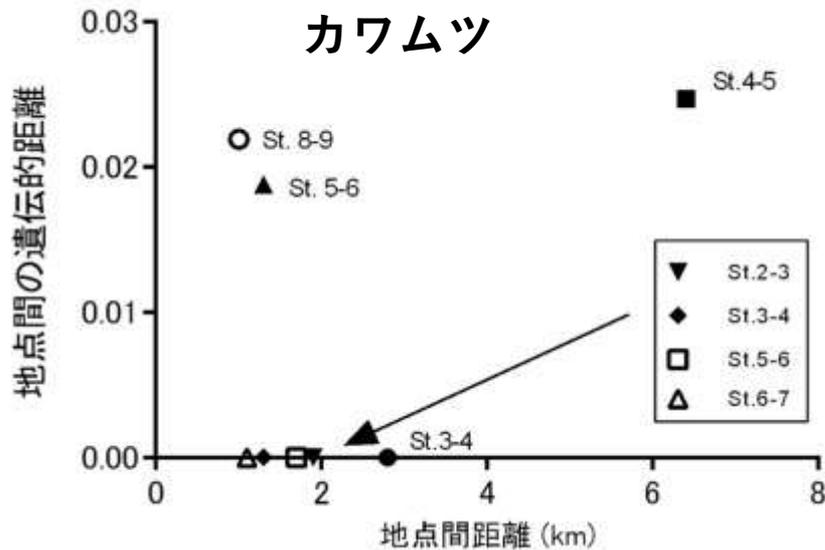
対象魚種：カワムツ（遊泳魚）、カワヨシノボリ（底生魚）

分析方法：AFLP法

St.	河口からの距離(KM)	河川横断施設の諸元		魚道の諸元等		
		設置年	落差(M)	設置年	魚道形式	魚道内の流況
A	11.7				施設無	
B	13.6	1975	≒5	1976	階段式	良好
C	18.0				施設無	
D	11.0				施設無、支川	
E	15.5				施設無、支川	
1	21				施設無	
2	46.9	1925	2.7	1995	デニール・船通し	良好
3	49.2	不明	1.65	1995	アイスハーバー	良好
4	52	不明	0-0.3		魚道無	
5	58.4	1966	2.2	2006	アイスハーバー	通水無
6	59.7	1945	0.45	1995	アイスハーバー	良好
7	61.6	1963	1.5	1993	アイスハーバー	良好
8	62.9	1945	1.4	1994	アイスハーバー	破損・漏水
9	63.9	1945		1998	船通し	設計値だが、流量多?
10	66.6				自然落差の下流	
11					自然落差の上流	
12	57.5	1961 1959 2001	3.9 14.7 156		魚道無、支川	



魚の遡上環境をDNAで評価する



地点間距離と地点間の遺伝的距離

地点	カワムツ			カワヨシノボリ		
	2012	2013	判定	2012	2013	判定
A・B・E・C	✓	✓	良好	-	-	-
1	-	-	-	-	✓	良好
2	-	-	-	-	✓	良好
3	✓	-	良好	●	-	要観察
4	●	-	要観察	▲	●	データ不足
5	●	-	要観察	✓	-	良好
6	✓	-	良好	-	✓	データ不足
7	✓	-	良好	▲	●	要観察
8	●	-	要観察	●	●	要観察
9	✓	-	良好	●	-	要観察
10	✓	-	良好	✓	●	良好
3⇄11	-	●	データ不足	-	●	要観察

凡例: ✓移動可、●課題有、▲やや課題有、-対象外



St.4の堰堤 落差は0-0.3m

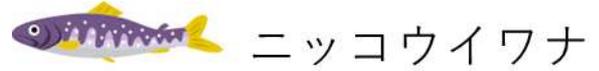
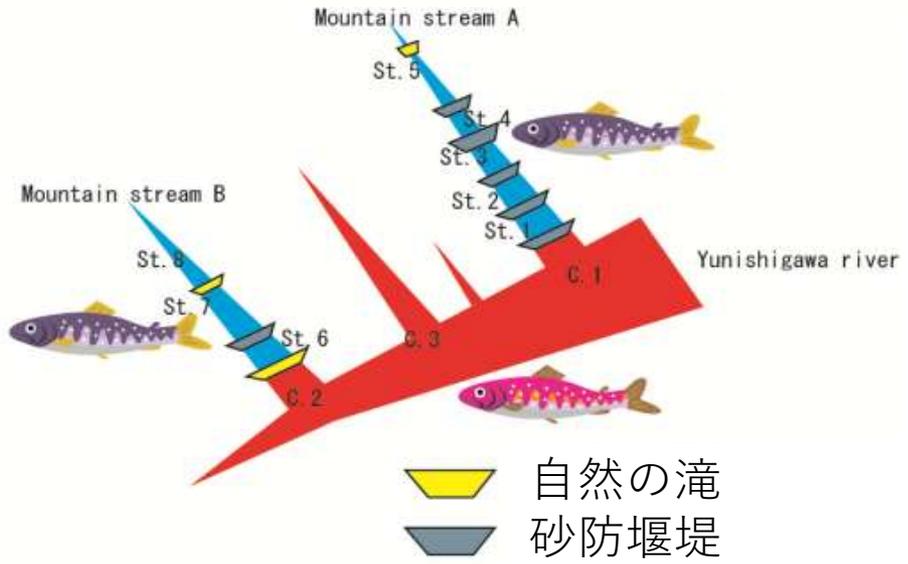
在来魚種の保全範囲をDNAで検討する

湯西川ダム建設とニッコウイワナの保全

Survey Region Summary



多目的ダム
堤高t; 119m
流域面積; 102Km²
流域にニッコウイワナが生息と…

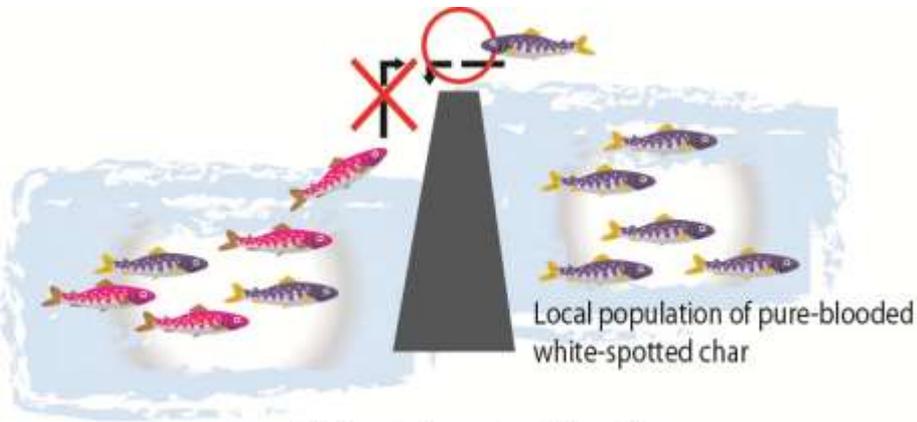
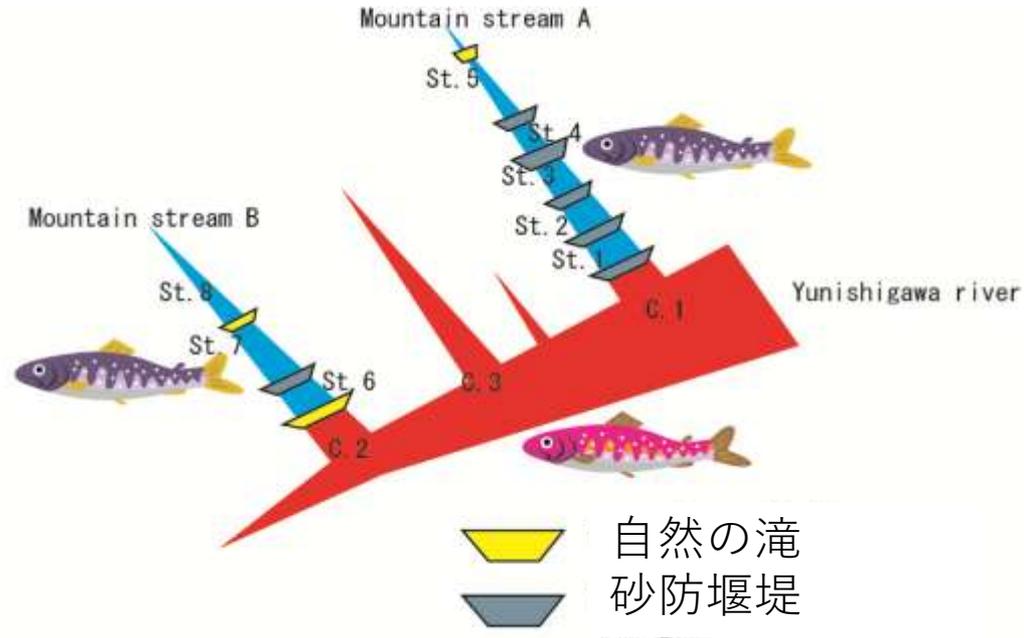
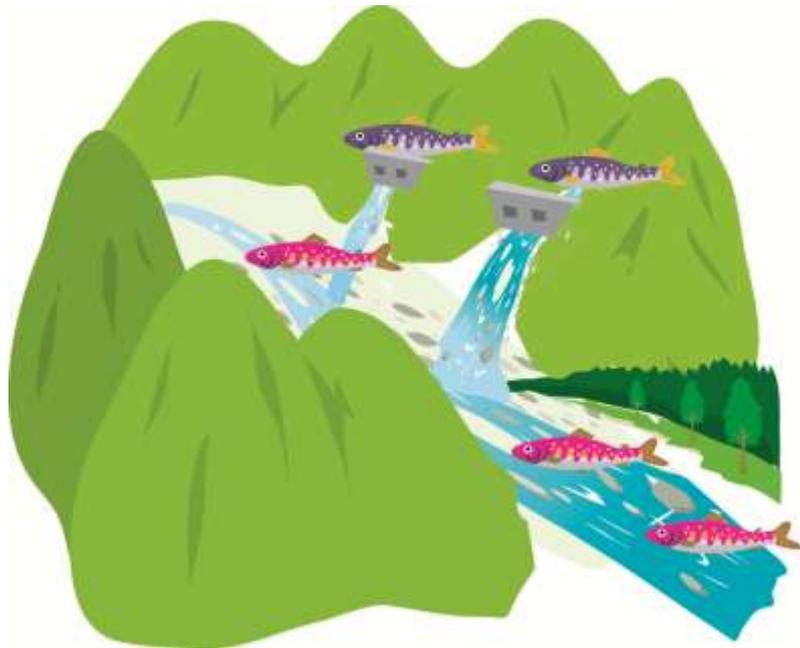


ニッコウイワナ



交雑種

DNAで在来魚種の保全範囲を検討する



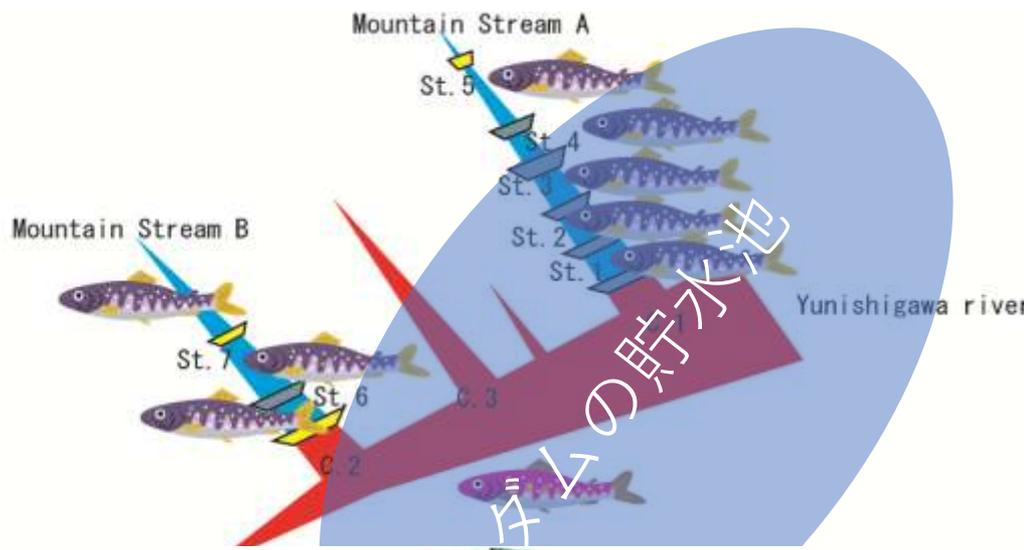
- ニッコウイワナ
- 交雑種

Before dam construction

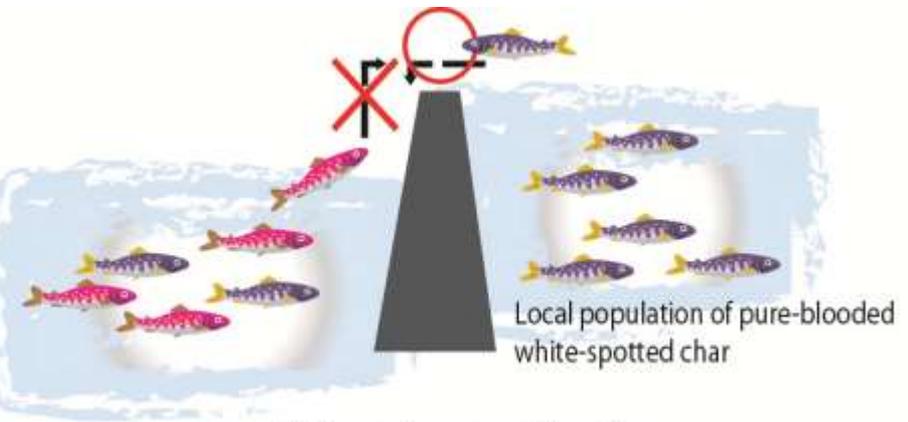
DNAで在来魚種の保全範囲を検討する

 ニッコウイワナ

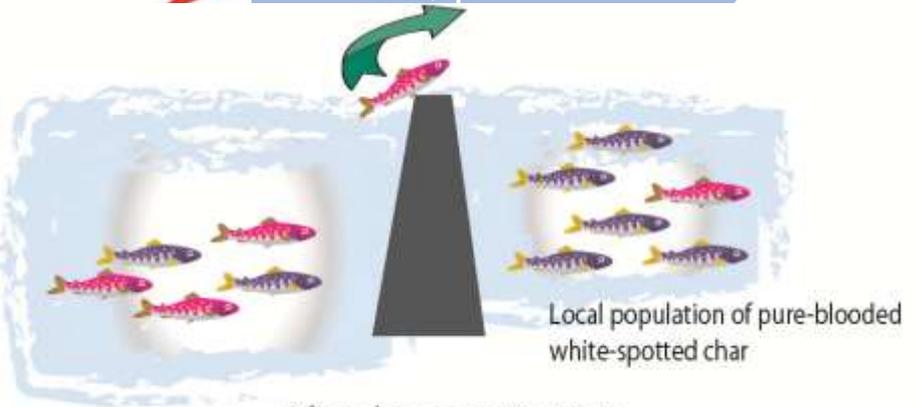
 交雑種



魚の貯水池



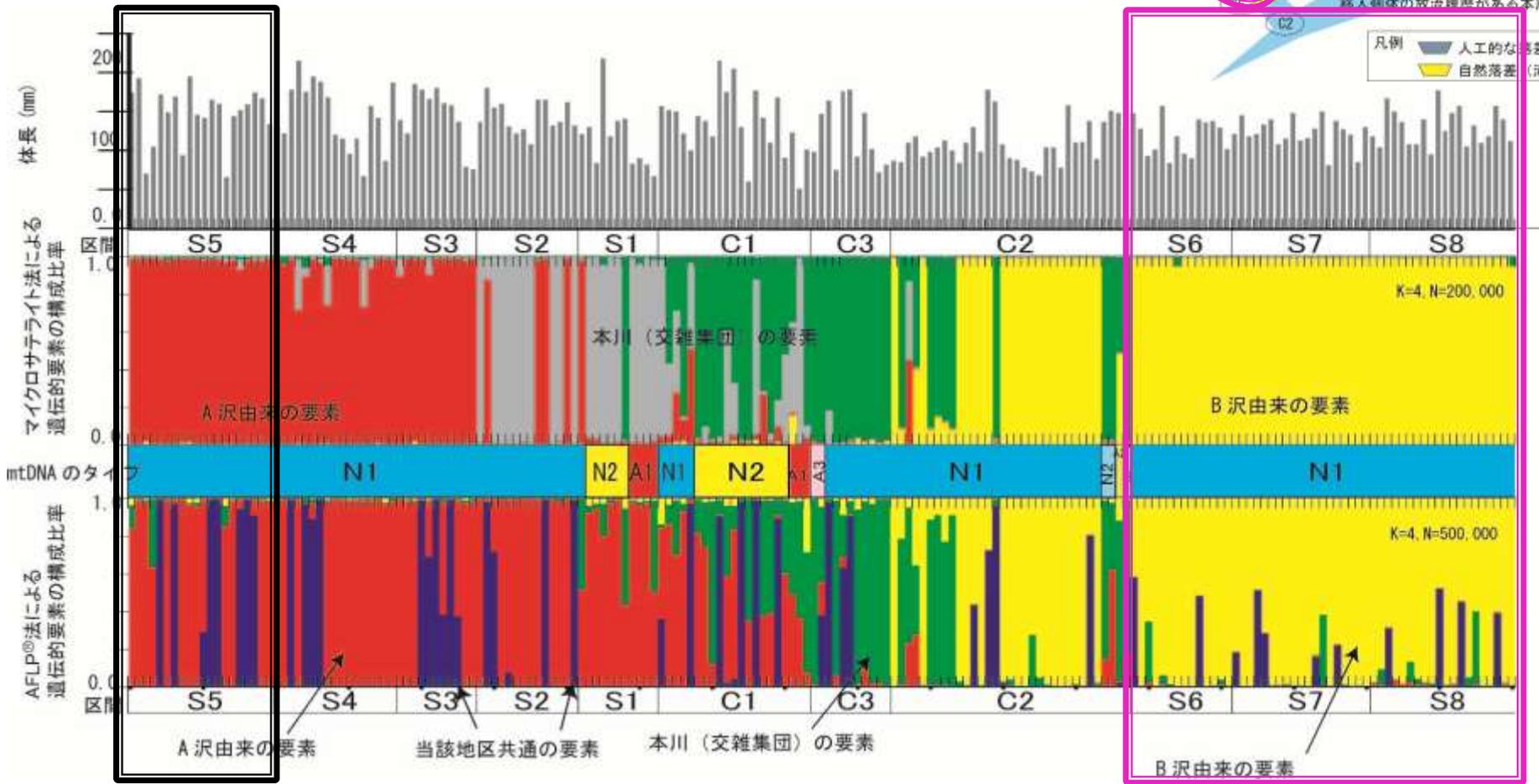
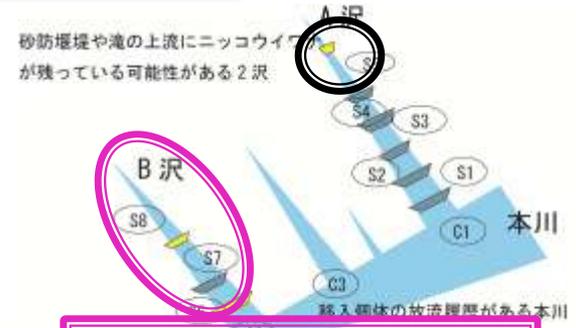
Before dam construction



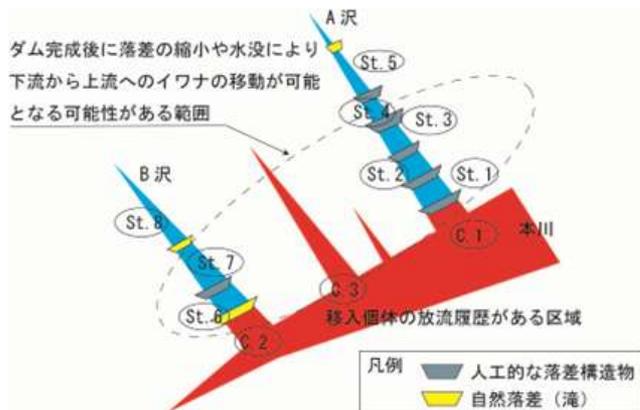
After dam construction

DNAで在来魚種の保全範囲を検討する

mtDNA/マイクロサテライト/AFLPに基づく結果

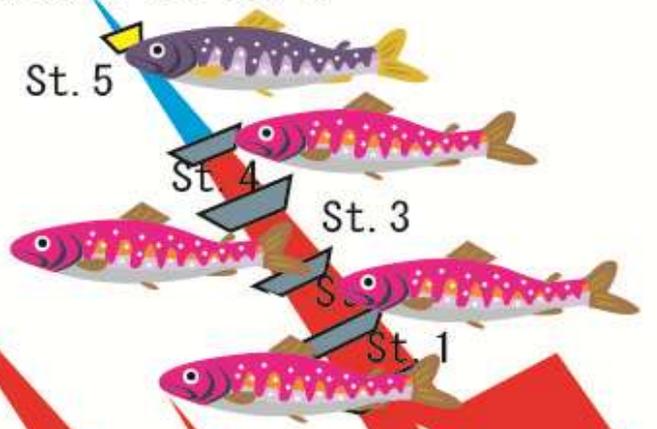


DNAで在来魚種の保全範囲を検討する

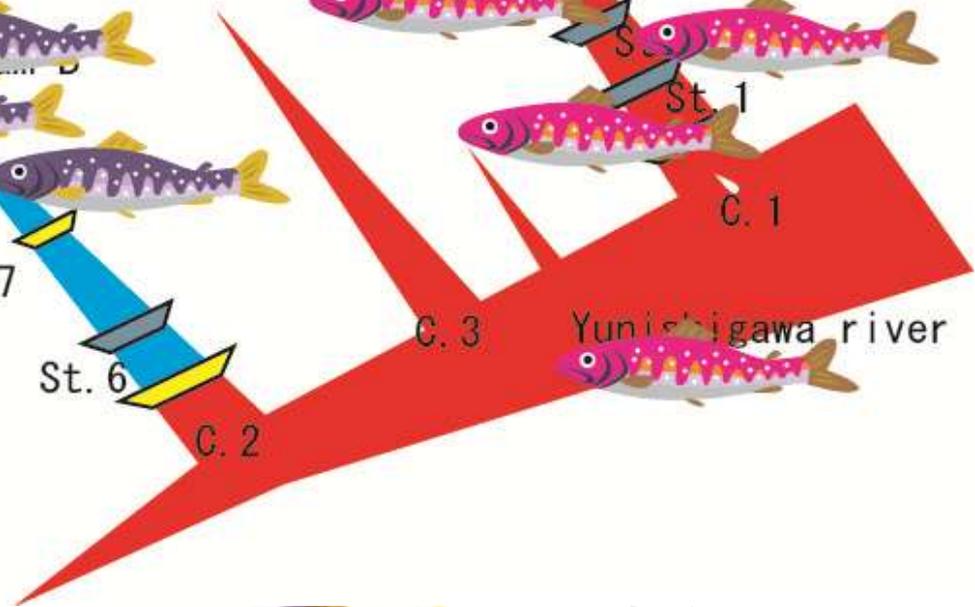
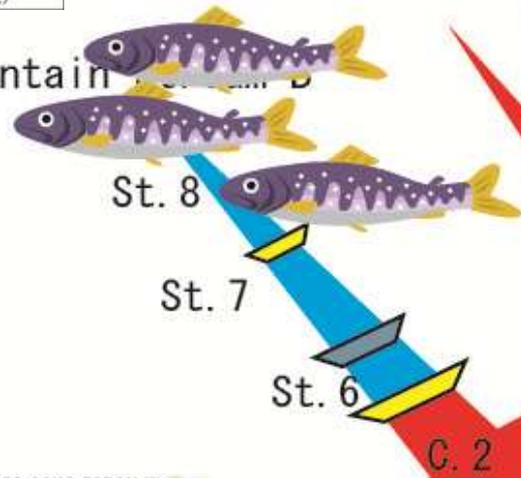


保全集団の特定と保全策

Mountain stream A

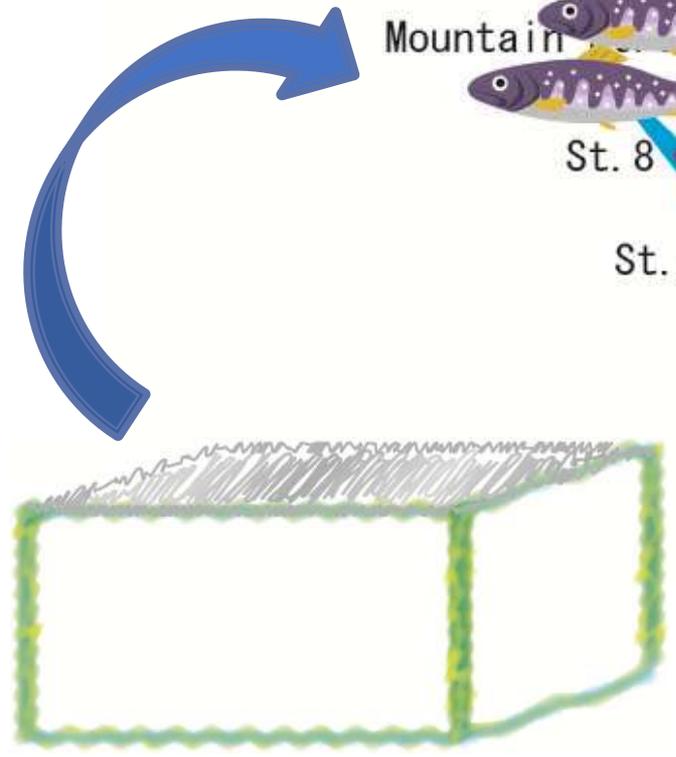


Mountain stream B



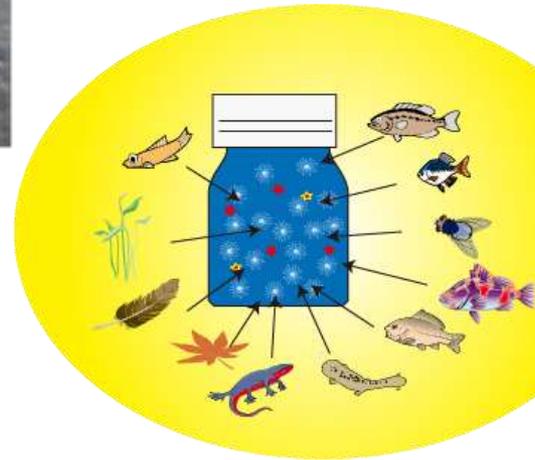
 ニッコウイワナ

 交雑種



DNAを在来魚種の保全策に展開する

相当数の魚を捕獲する必要
現地調査や分析の負担が大きい



環境DNA

現場の作業は水をくむだけ！
様々な生物種を対象にできる！

環境DNA たったバケツ一杯の水から生物情報！



MiFishは、2015年に公表され、世界中で使われている日本発の技術です。

環境DNAで魚類の移動環境を評価する

- 環境DNAは検出感度が高いことから、採捕が困難な回遊性の魚類の分布が確認可能であり、適切な移動環境の評価につながる
- 堰堤の上流と下流で魚類の種構成が異なっていた場合、移動障害が疑われる。追加で種特異的解析によるeDNA濃度を定量し、堰堤下流で高濃度のeDNAが検出された場合には、魚の滞留が推察され、魚道の機能評価が可能

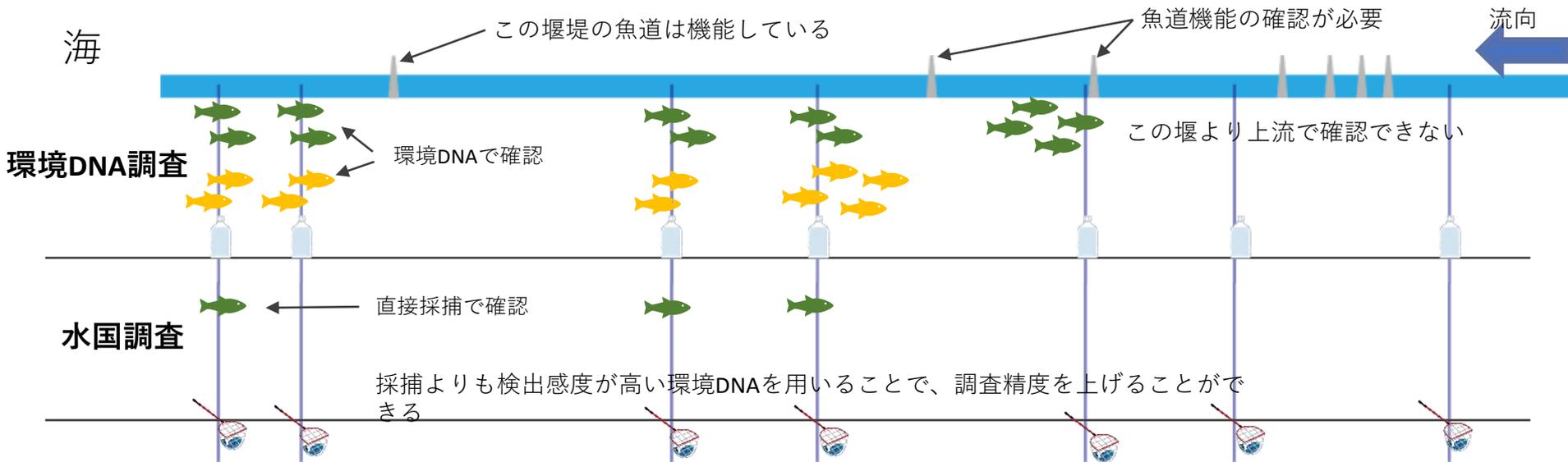
アユカケは、カジカ科の底生魚で、特に九頭竜川ではアラレガコと呼ばれ、地域の食文化と強く結びつき、国指定の天然記念物にも指定され、大切にされている。



 魚Aの遡上が確認できる範囲

 魚Bの遡上が確認できる範囲

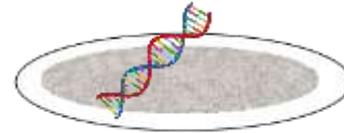
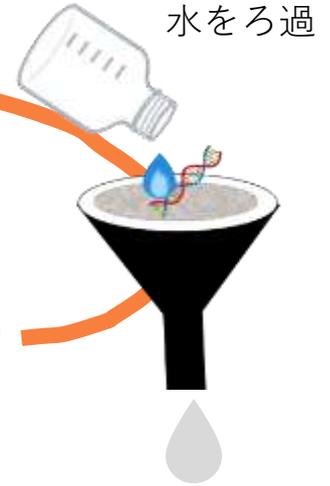
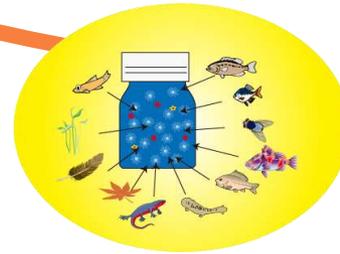
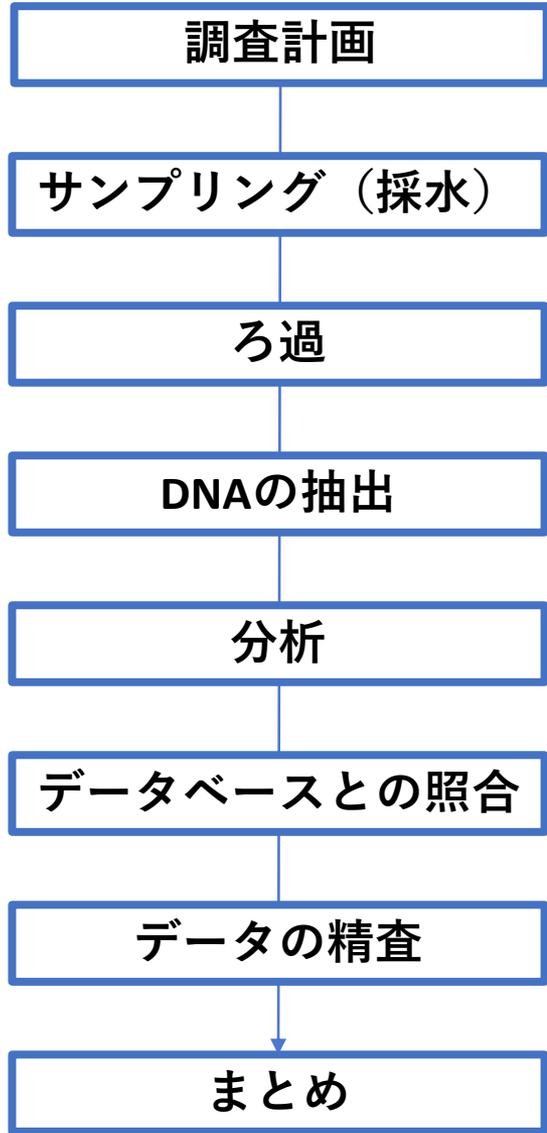
 魚A：遡上能力が高い
 魚B：遡上能力が低い



確認例が少なく分布域が不明瞭

環境DNA検出地点と堰堤の関係

環境DNA たったバケツ一杯の水から生物情報！

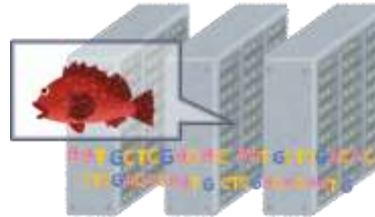


ろ紙の残渣からDNAを抽出



生データ

配列データ



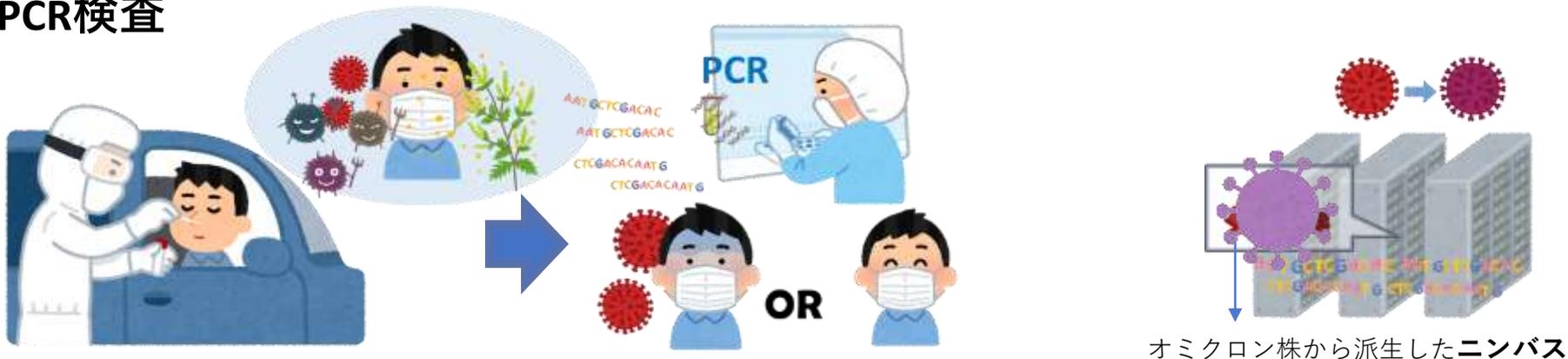
環境DNA あなたのすぐそばに環境DNA!

PCR検査

PCR

配列データ

データベースとの照合



様々なものが混じったサンプルから

目的の遺伝子だけを検出可能なレベルまで増幅して情報を得る

過去に記録された情報と突き合わせて正体を突き止める

環境DNA

水や大気、土壌などの環境中にあるDNA



魚



環境DNAから魚類相を捉えるMiFish法は2015年に公表

水を汲んで送るだけ

約1~2か月後.....

環境DNA調査



水国調査への環境DNA実装

河川水辺の国勢調査（水国調査）

1990年から5～10年間隔で実施される日本で最も大きな環境調査

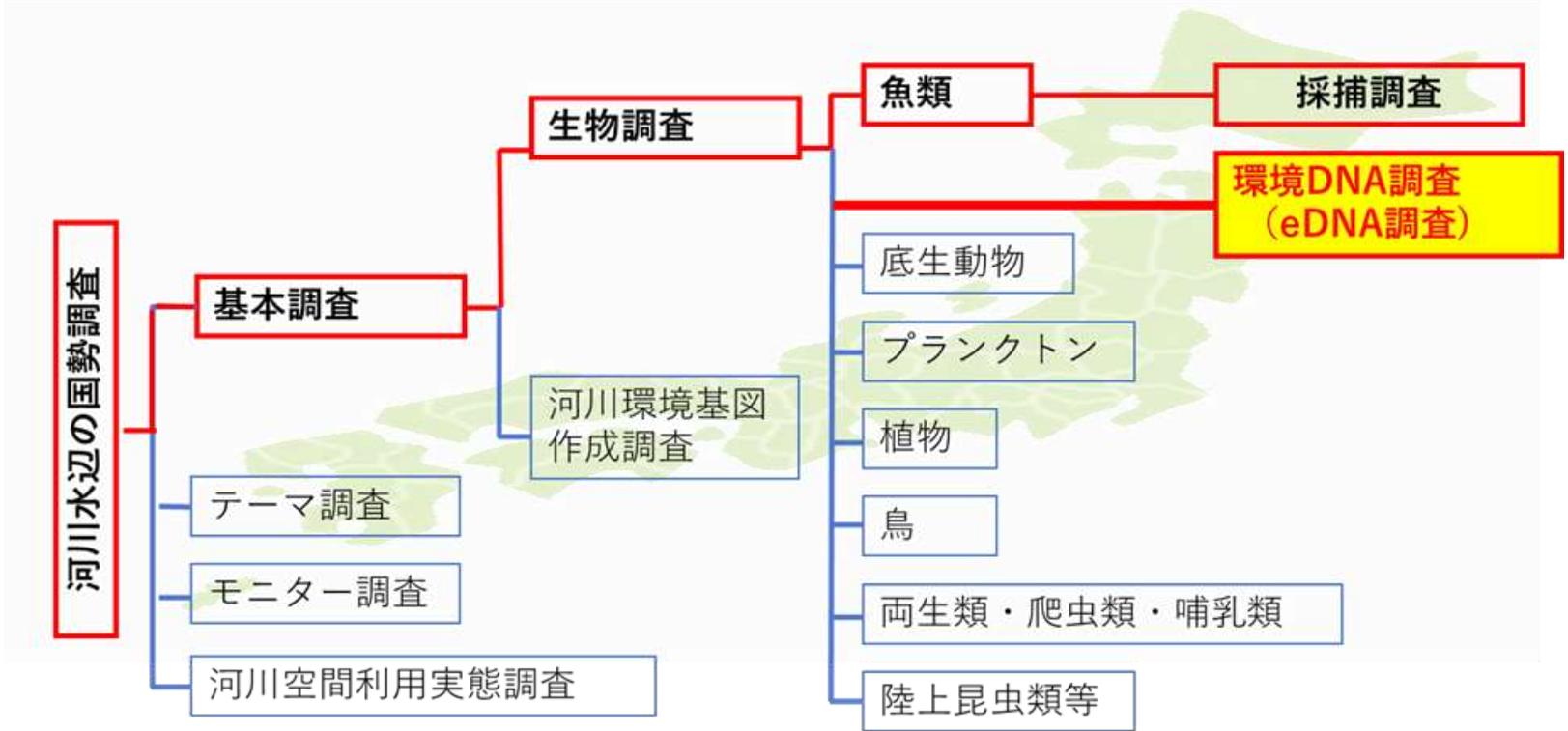
河川総延長：8806.2km

魚類調査 1巡（5カ年）で：

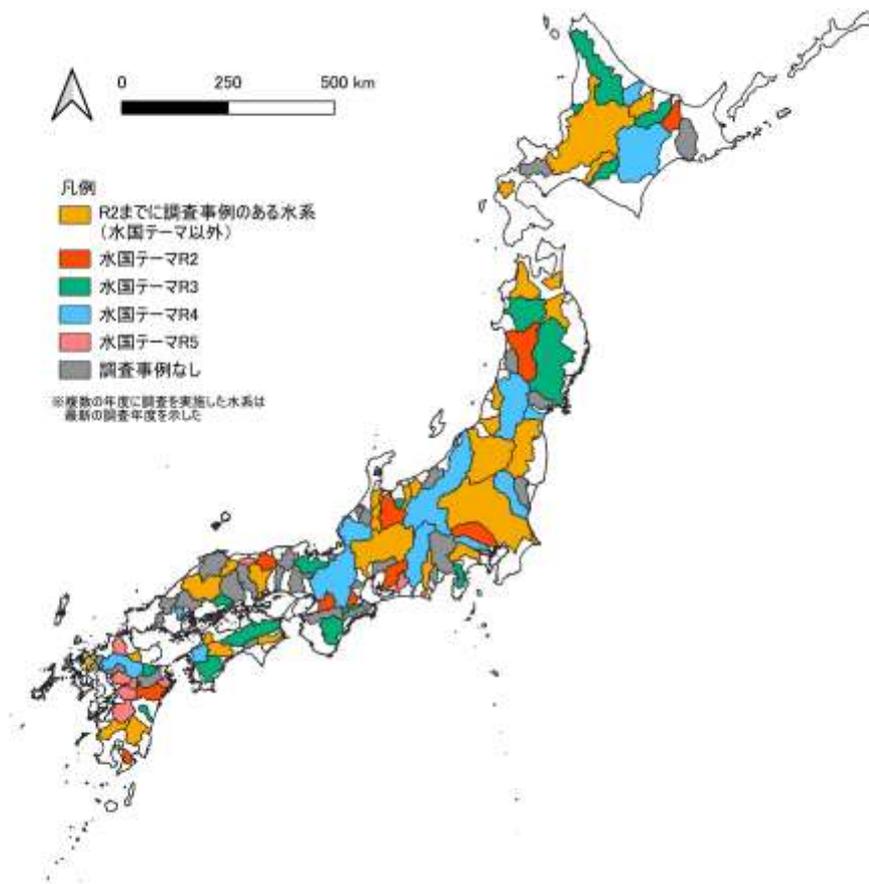
河川 一級河川252事務所、二級河川30事務所 計282事務所

ダム 国219ダム、水機構32ダム 計251ダム

捕獲により生物情報を得てきた魚類を対象に、環境DNA調査の導入の検討を開始（R1）



水国テーマ調査の実施内容等



河川水辺の国勢調査への環境DNA導入に向けた
全国調査対象地域

令和元年度
環境DNAの適用性に関する文献調査

令和2年度 3河川・3ダムで試行調査
水国実施河川で 調査地区下流1地点で採水

令和3年度 水国調査地区内にて多地点採水
水国調査地区 (河川) の魚類相を捉えるための採水地点案作成

令和4年度
汽水域潮汐調査

令和5年度
汽水域の追加調査

令和6年度・7年度
土研と地方整備局連携による課題解決型調査

河川水辺の国勢調査や水質調査、土研独自の調査を通じ、
採水地点や採水時期の異なる5,000種近い水サンプルを収集、分析を行った。

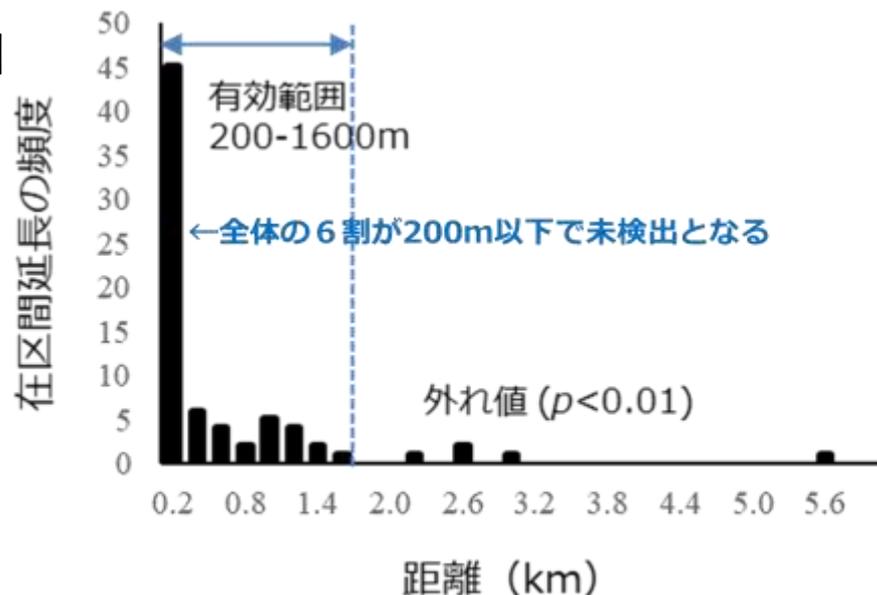
どのくらいの範囲の生物情報を反映する？

推定される環境DNA含有物質の有効検出範囲



雲出川（三重）における水国調査地区

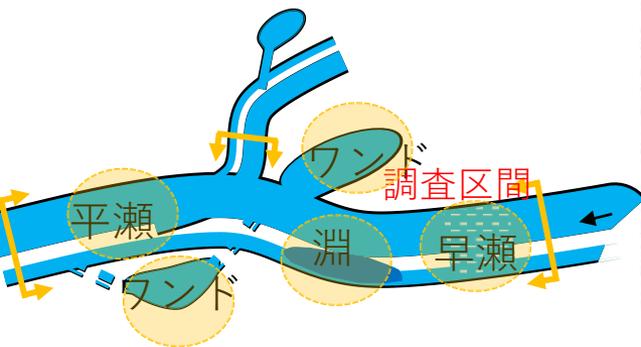
雲出川直轄管理区間内において左岸片岸200m間隔での採水を実施（R 2）。



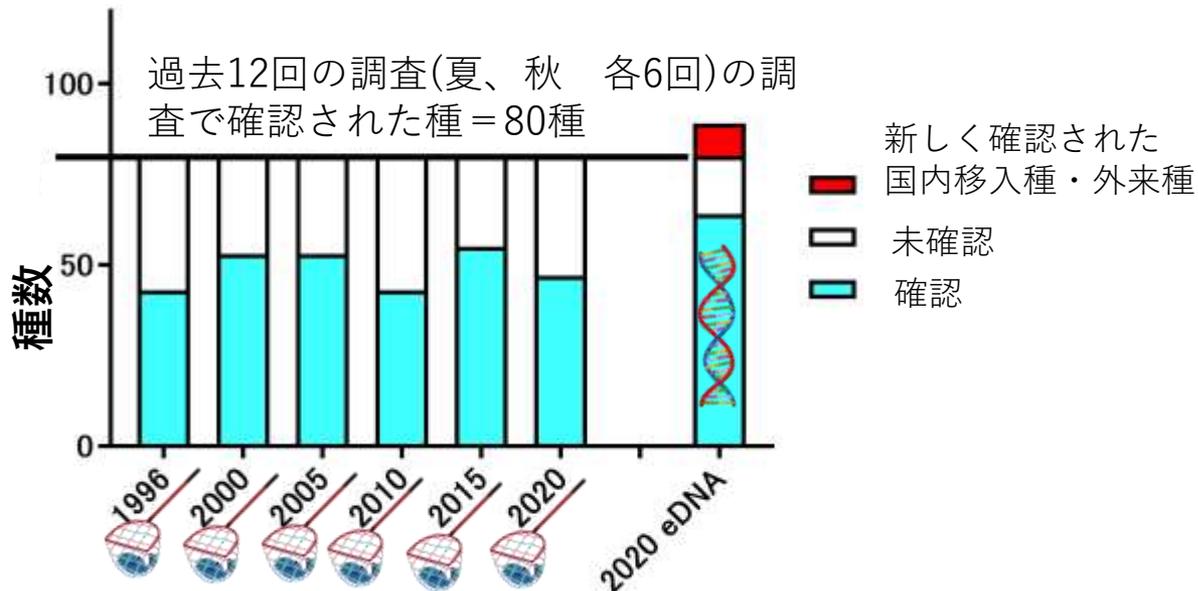
環境DNA含有物質の有効検出範囲

- 本事例で得られた**有効検出範囲は200～1600m**であった。
- 他の研究事例においても、河川における有効検出範囲はおおむね**数百m～2km**とされる
- **有効検出範囲は、発生源におけるDNAの量や支川等の合流による希釈、流速や沈降・分解のしやすさなどの影響を受ける**
- 湖沼では、放出された環境DNAの99%が**数十m以内**に留まる（Toshiaki S. Jo 他2025）
- 湖沼に比べ海域では、環境DNAは10-100倍拡散されやすい

河川水辺の国勢調査と環境DNA



環境区分のイメージ



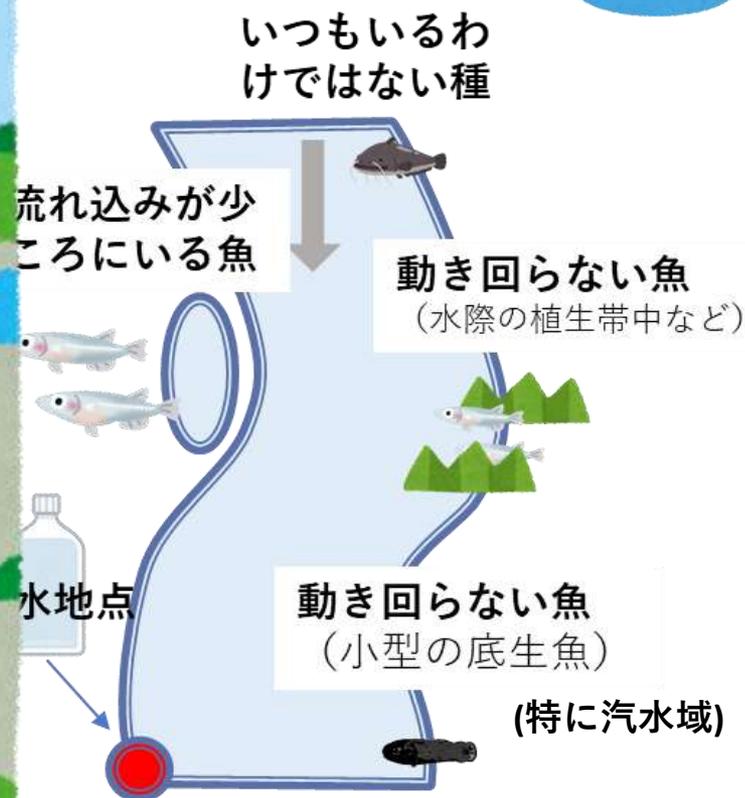
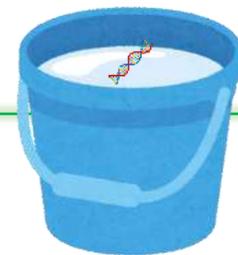
神通川水国調査地区5地区で確認された種数

捕獲調査は夏・秋2回の合算、環境DNAは秋季のみ。

河川水辺の国勢調査（以降水国調査）の経年確認種に対する環境DNAによる検出状況と比較。環境DNA採水地点は水国調査（捕獲）と同じ環境区分。

過去6巡の捕獲調査では、計80種が確認されているが、各年度の捕獲調査（夏・秋2回の合計）による確認種数は50種前後であるのに対し、環境DNAは秋1回の調査にもかかわらず、いずれの捕獲調査よりも多くの種数を検出。さらに、これまで水国調査で確認されていなかった4種の国内移入種・外来種を検出。これは**環境DNAが捕獲しにくい場所にいる種も捉えることや、面的な生物情報を反映し周辺水域由来の種を捉えていること**によると考えられる。

採水瓶 1 本の水で得られる生物情報

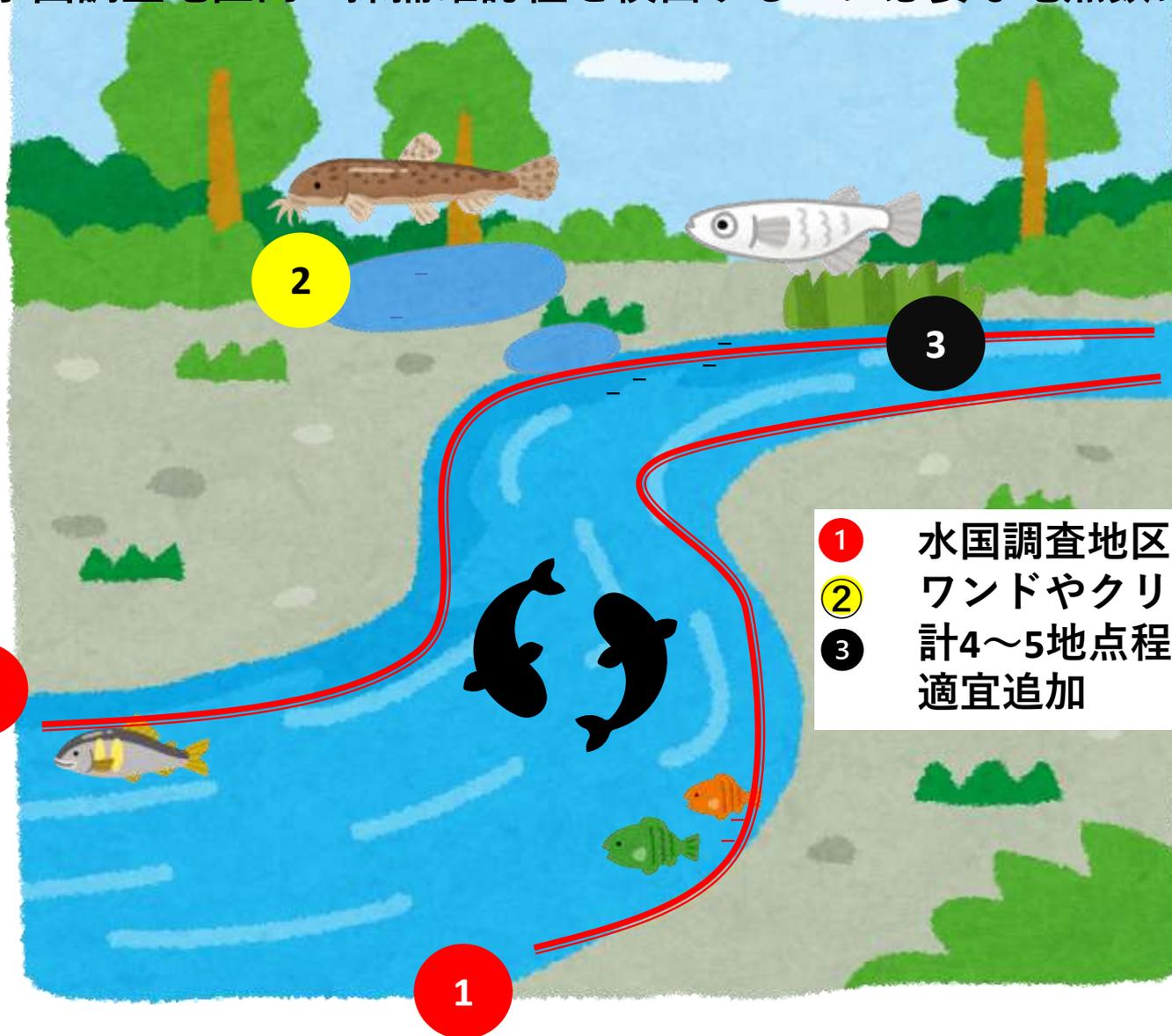


直接採捕で確認され、
環境DNAで検出されない種の特徴

水国調査地区（河川）の魚類を捉えるために、1サンプルでは不足！

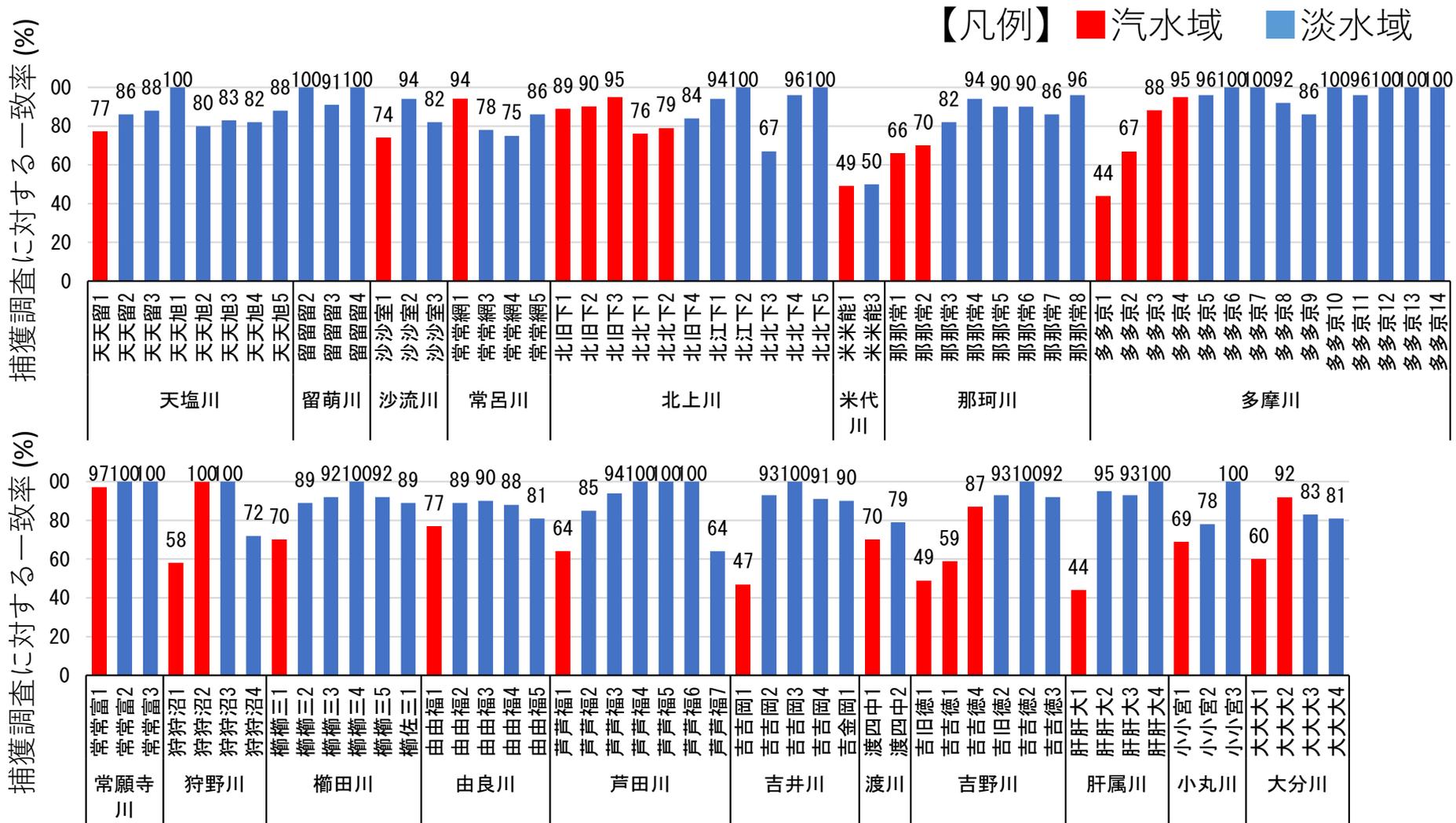
水国調査地区（河川）の魚類相を捉えるための採水地点

水国調査地区内の採捕確認種を検出するのに必要な地点数は、4～5地点



- ① 水国調査地区の最下流端両岸
- ② ワンドやクリークなど
- ③ 計4～5地点程度となるように、適宜追加

水国調査地区（河川）の魚類相を捉えるための採水地点 試行結果²⁹



捕獲調査に対する一致率は、

淡水域で平均92%と高いが、汽水域は平均77%と小さい(P<0.0001)

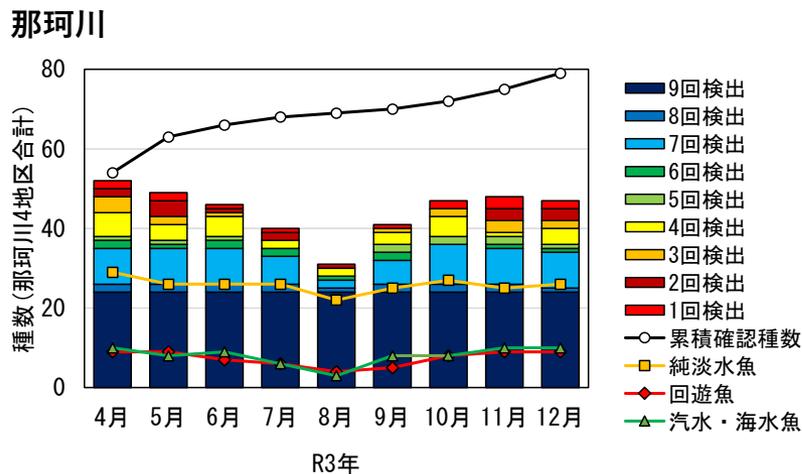
水質調査と環境DNAで回遊魚の動態を捉える

定期水質調査を利用した通年の生物情報

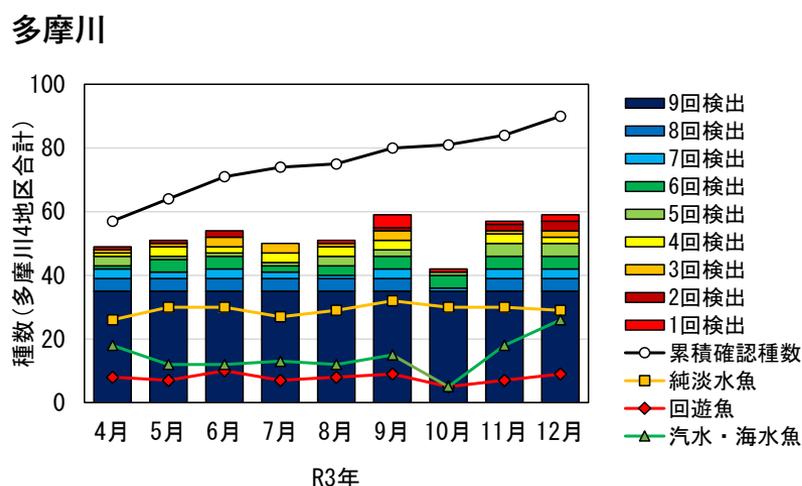
回遊性魚類の月別検出状況（令和3年、那珂川、多摩川）

河川	種名	遊泳型	生活型	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
那珂川 4地区	ニホンウナギ	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	マルタ	遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	アユ	遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	サケ	遊泳	回遊	●						●	●	●
	シラウオ	遊泳	回遊		●							
	ウツセミカジカ（降海回遊型）	底生	回遊	●	●	●	●		●	●	●	●
	カマキリ	底生	回遊			●						●
	オウギハゼ	底生	回遊									●
	ウキゴリ	底生	回遊	●	●	●	●			●	●	●
	スミウキゴリ	底生	回遊	●	●					●		●
	シロウオ	底生	回遊	●	●							
	ボウズハゼ	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ミミズハゼ	底生	回遊									●
	多摩川 4地区	ニホンウナギ	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●
マルタ		遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
アユ		遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
シラウオ		遊泳	回遊					●				
テンジクカワアナゴ		底生	回遊						●			
ウキゴリ		底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
エドハゼ		底生	回遊	●	●	●						●
スミウキゴリ		底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ニクハゼ		底生	回遊			●						●
ビリンゴ		底生	回遊	●	●	●	●	●	●		●	●
ボウズハゼ		底生	回遊			●	●		●			
ゴクラクハゼ		底生	回遊			●		●	●		●	●
イソミミズハゼ		底生	回遊	●								

月別の魚類相の変化（R3：那珂川4地区、多摩川4地区）



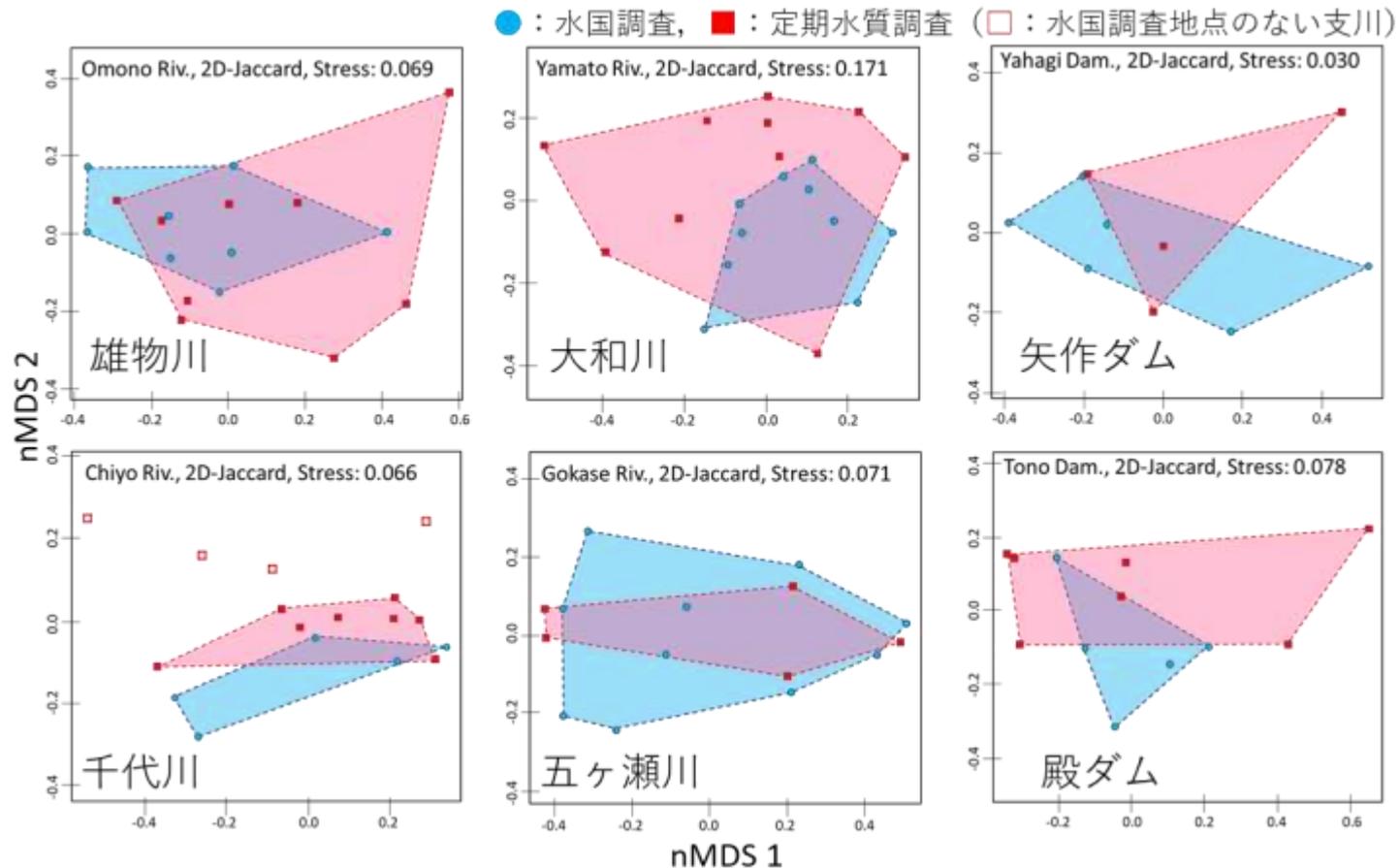
那珂川水質4地区合計



多摩川水質4地区合計

- 毎月出現する種が、那珂川で25種、多摩川で35種存在し（主に淡水性魚類）、環境DNAの結果に一定の再現性が確認された
- 那珂川のシロウオ、多摩川のボウズハゼなど、回遊生態と一致した検出状況がみられ、環境DNAでも回遊性魚類の生態がある程度評価可能であると考えられた

水質調査地点・水国調査地点で検出された魚類相の傾向



➤ 定期水質調査地点の検出魚類は水国調査地点とは異なる傾向

➡ 検出魚類数そのものが少ない

➡ 水質地点と水国地点との設定思想の違いから相関性が低い可能性

環境DNAの特徴を生かした導入方法の検討

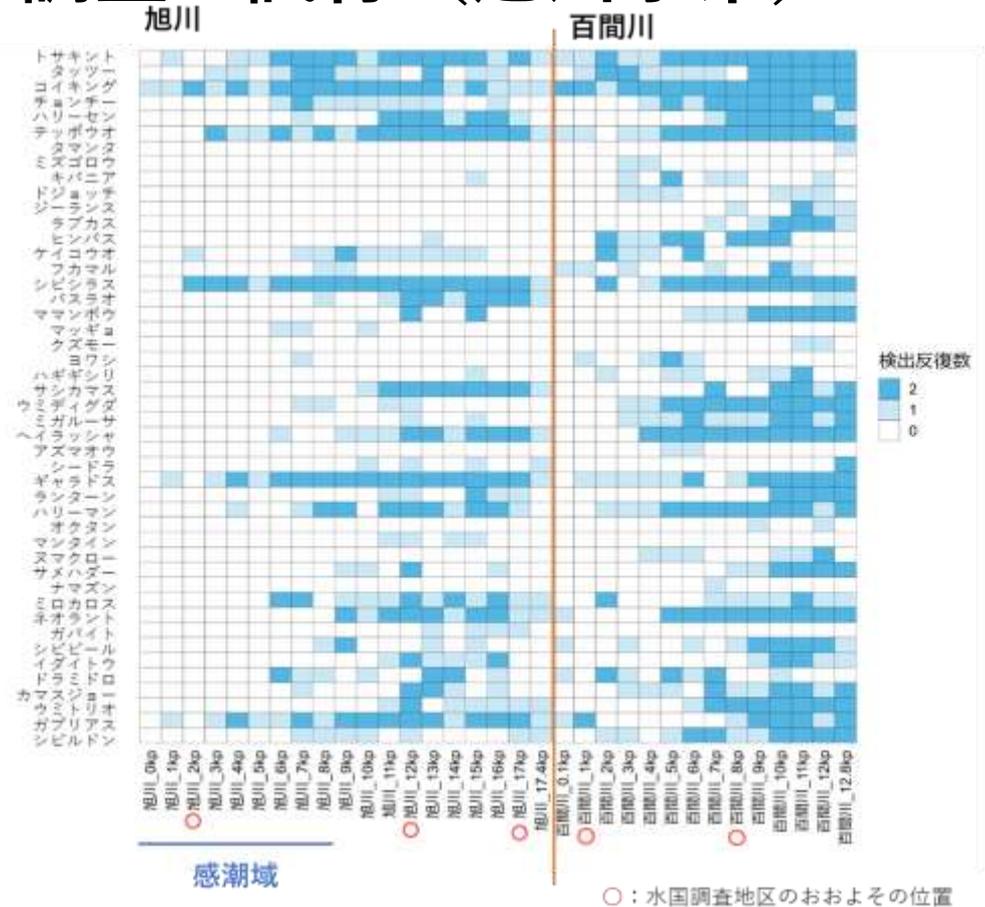
水系を俯瞰する環境DNA調査の試行（旭川水系）

◎ 旭川と百間川の直轄区間を
1km間隔で両岸採水（2024.9）



旭川水系 調査地点位置図

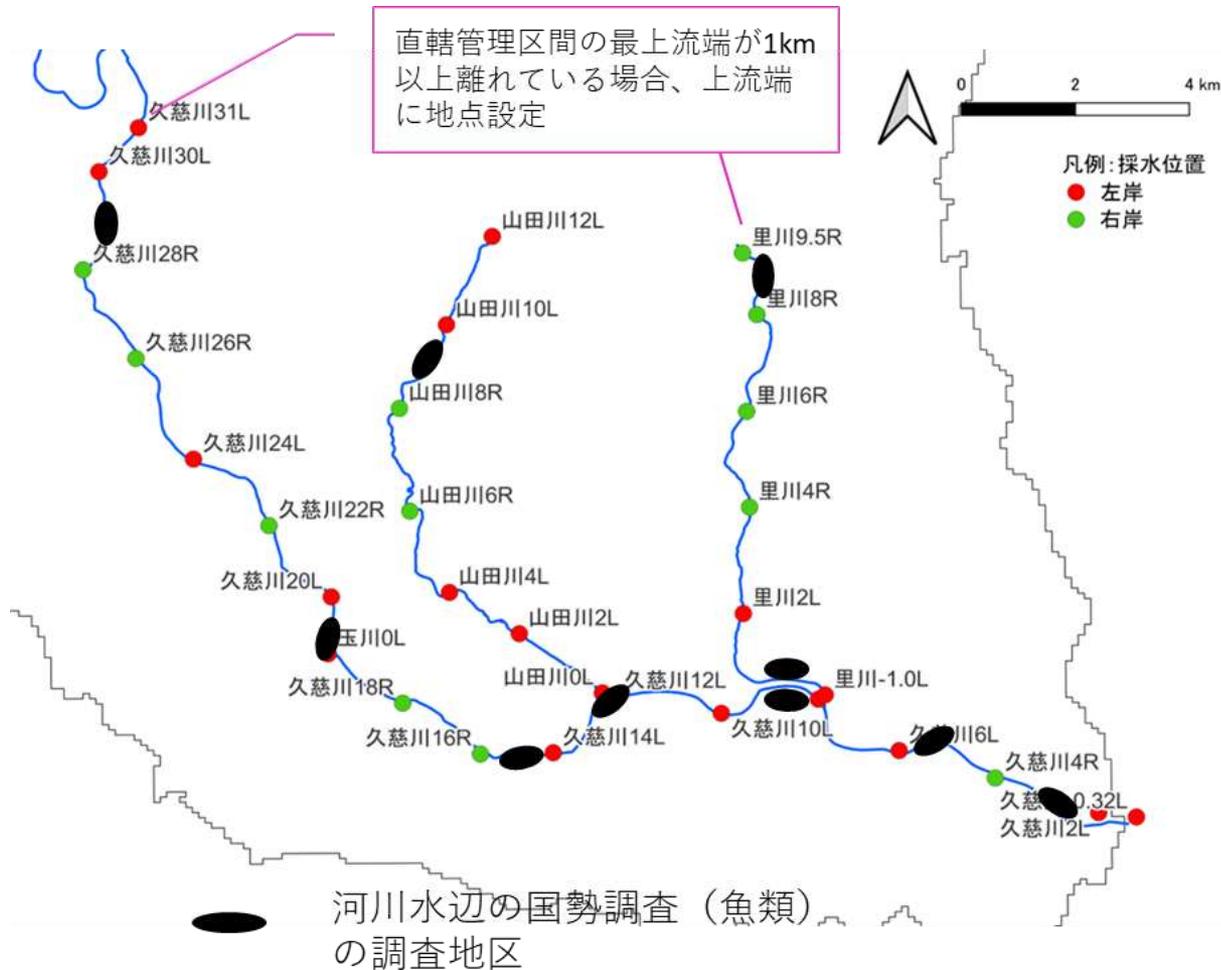
種名（仮名表記）



- 63地点から**9目31科84種**が検出
→旭川では9目28科70種、→百間川では7目21科57種
- 重要種では**6目11科24種**が検出
（ヤリタナゴ、ニッポンバラタナゴ、アユモドキ、アカザ、オヤニラミなど）
- 外来種では**2目3科5種**が検出
（タイリクバラタナゴ、ソウギョ、ブルーギル、オオクチバスなど）

環境DNAの特徴を生かした導入方法の検討

河川における水国環境DNA調査（2km間隔片岸）



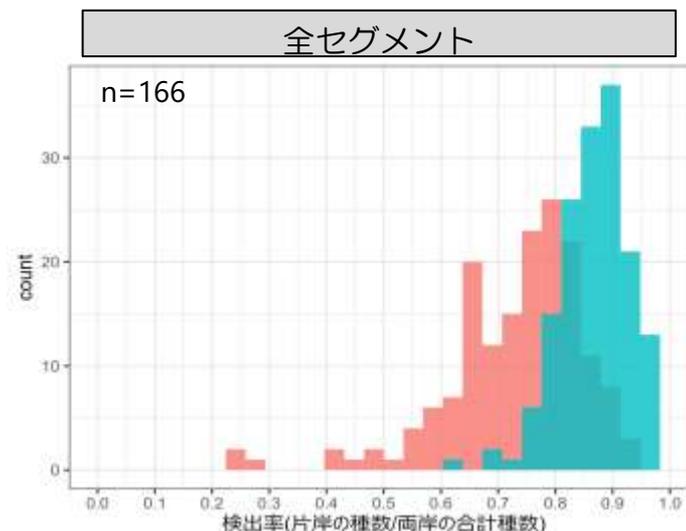
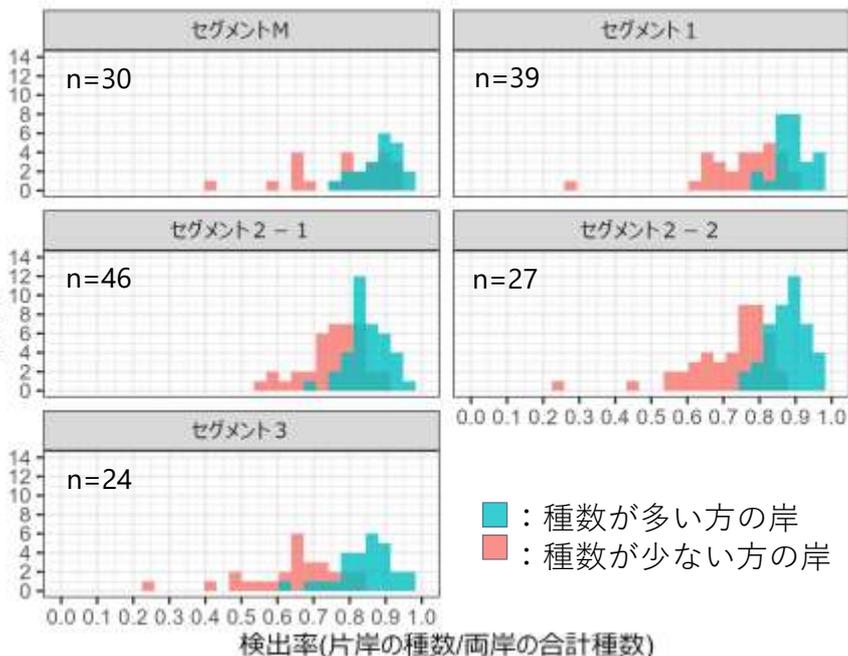
環境DNAの特徴を生かした導入方法の検討

採水する岸の選定が重要

- 両岸確認種の7~8割を片岸で検出
- セグメント3では左右岸の検出種に差がある例が多く、共通種の割合も低い
- 片岸のみ検出種は**周辺水路・ワンドに生息するような種や、数が少ない希少種**など

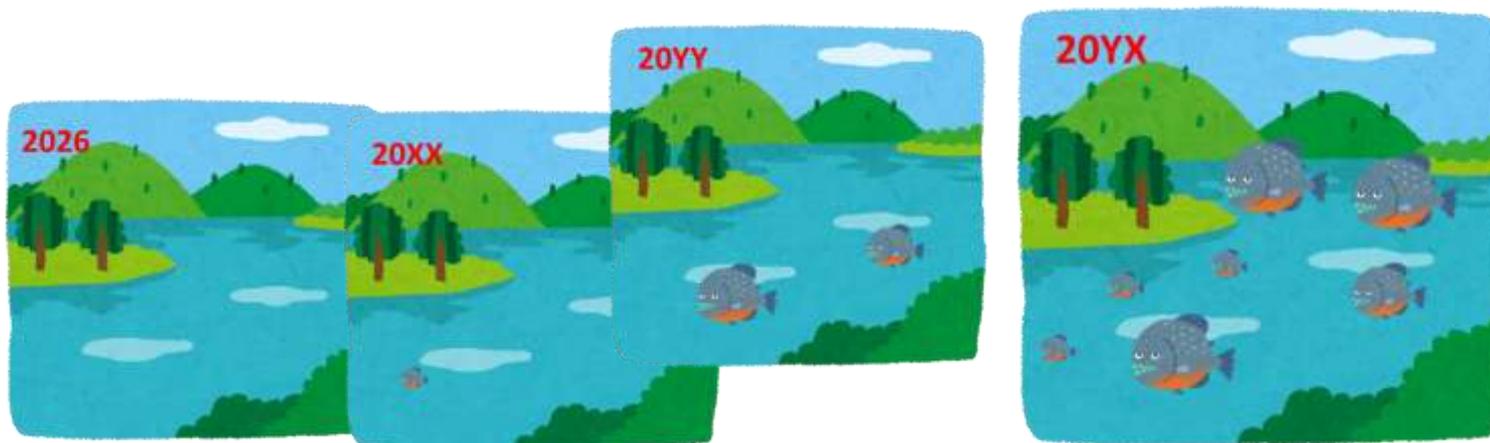
★検出率 = 片岸の検出種数 / 両岸の合計種数

セグメント	平均検出率 ・多い方の岸	平均検出率 ・少ない方の岸	左右岸で共通 した種の割合
全セグメント	0.88	0.73	0.61
セグメントM	0.90	0.79	0.68
セグメント1	0.91	0.75	0.66
セグメント2-1	0.86	0.76	0.62
セグメント2-2	0.88	0.72	0.60
セグメント3	0.84	0.64	0.48



ダムにおける水国環境DNA調査

高頻度の調査により生物相の変化を早期に捉える
外来種の早期発見と駆除



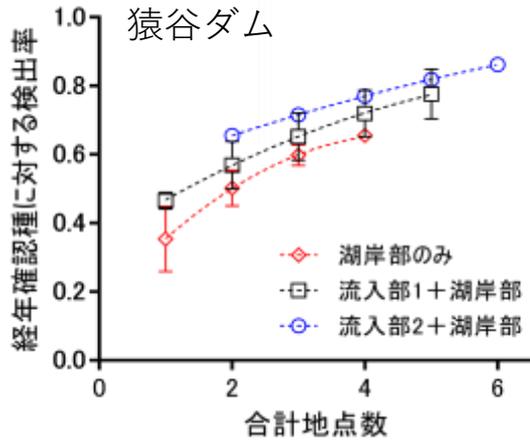
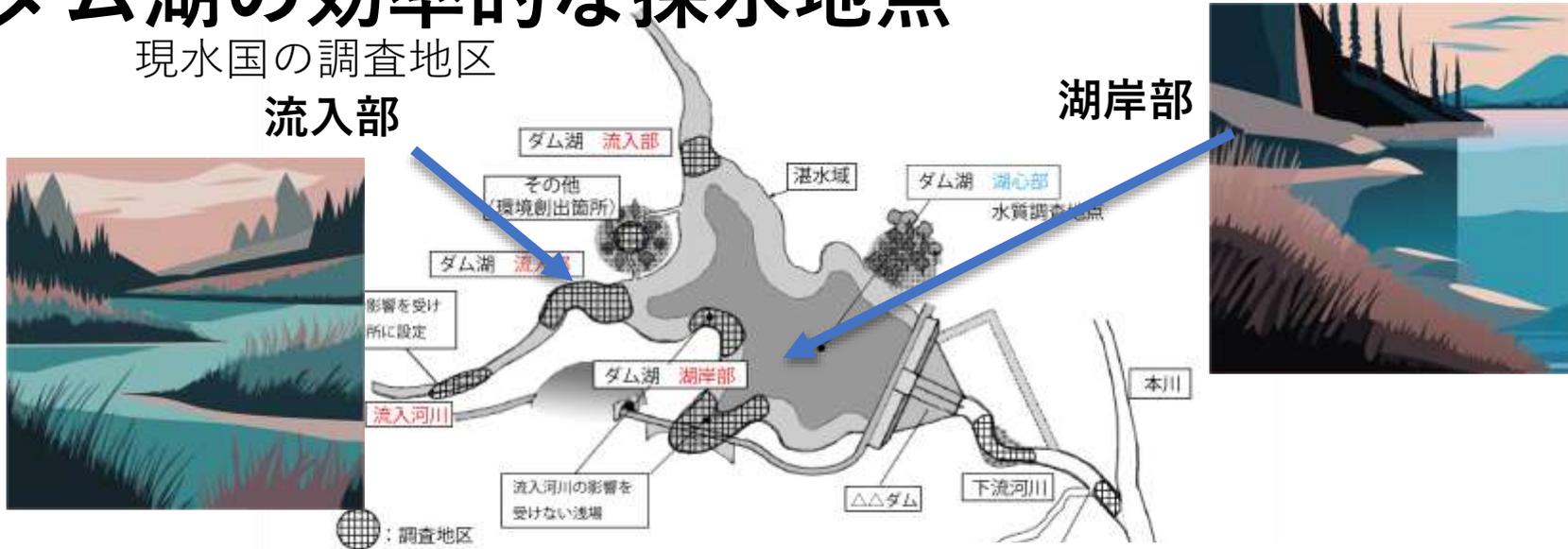
ダムでは

- ・流れが緩やかなため、環境DNAの**拡散範囲が限定的**
- ・湖沼に比べて生物が利用しやすい**湖岸環境が局所的**に分布
- ・水温が**水深方向**に変化 >> 生物の分布に影響？
- ・**分析阻害物質**の影響が長期化する傾向

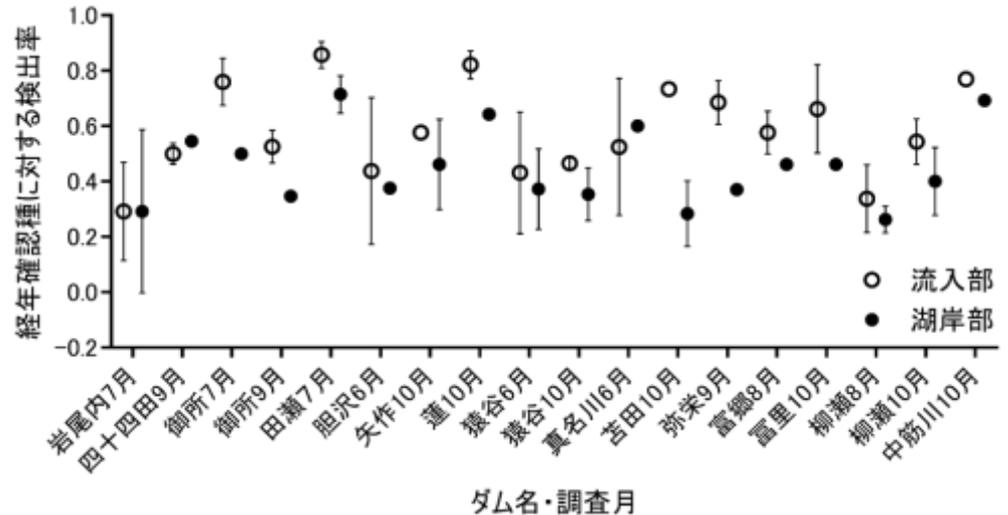
河川水辺の国勢調査と環境DNA

ダム湖の効率的な採水地点

現水国の調査地区



採水地点数と検出率の変化



流入部と湖岸部における環境DNAによる経年捕獲確認種検出率

環境DNA 良好な結果を得るために

分析不調と水質

MiFish分析を行ったサンプル※の8%が分析不調だった。

※主として水国調査地点で採水したサンプル。簡易なPCR阻害物質除去処理のみ実施。

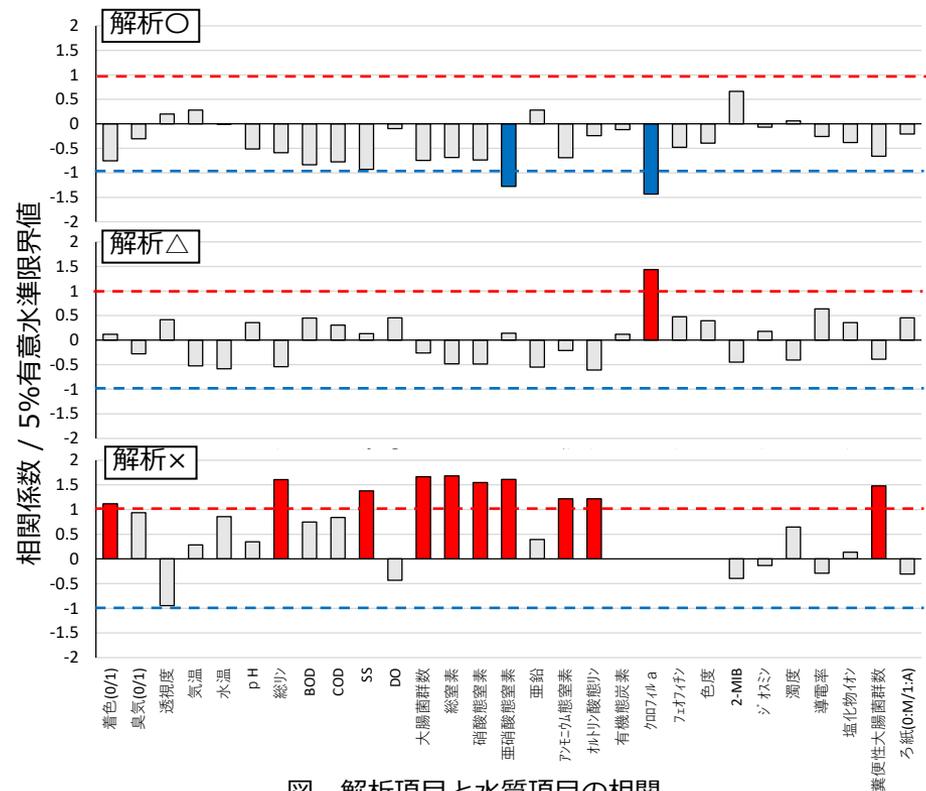
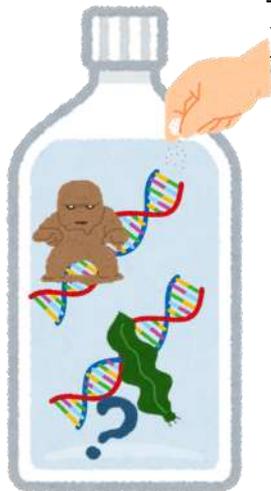
分析不調と関係があった水質項目

【色・濁り】着色, **SS**

【植物プランクトン】クロロフィルa

【大腸菌類】大腸菌群数, 糞便性大腸菌群数

【窒素・リン】**総リン数**, **総窒素**,
硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素,
アンモニウム態窒素,
オルトリン酸態リン
などなど

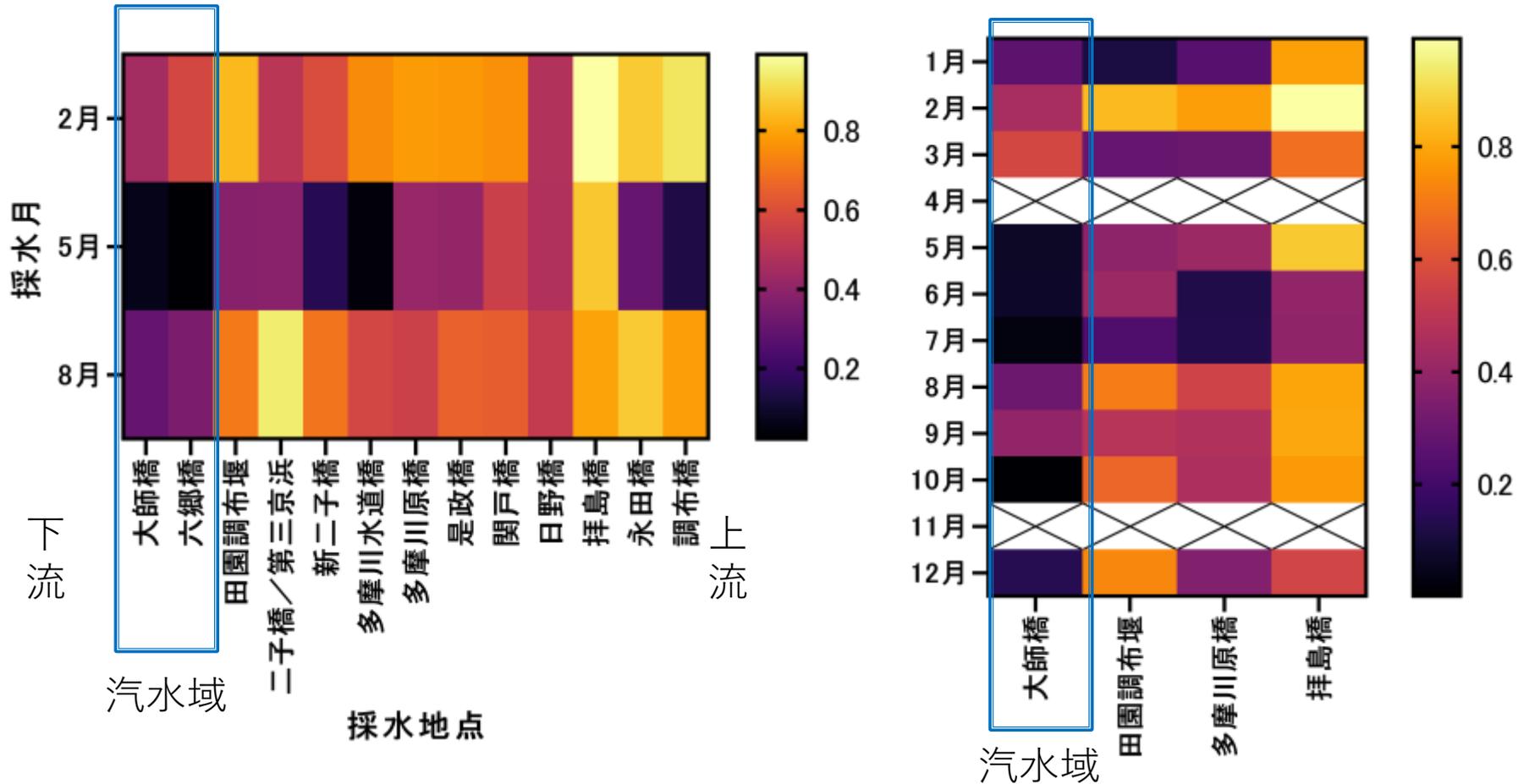


分析不調の原因は様々だが、**発生しやすい採水地点の条件、効果的な前処理方法**の提案で対応可能と考えられる

図 解析項目と水質項目の相関

環境DNA 良好な結果を得るために

多摩川におけるPCR効率の採水時期・流程による変化

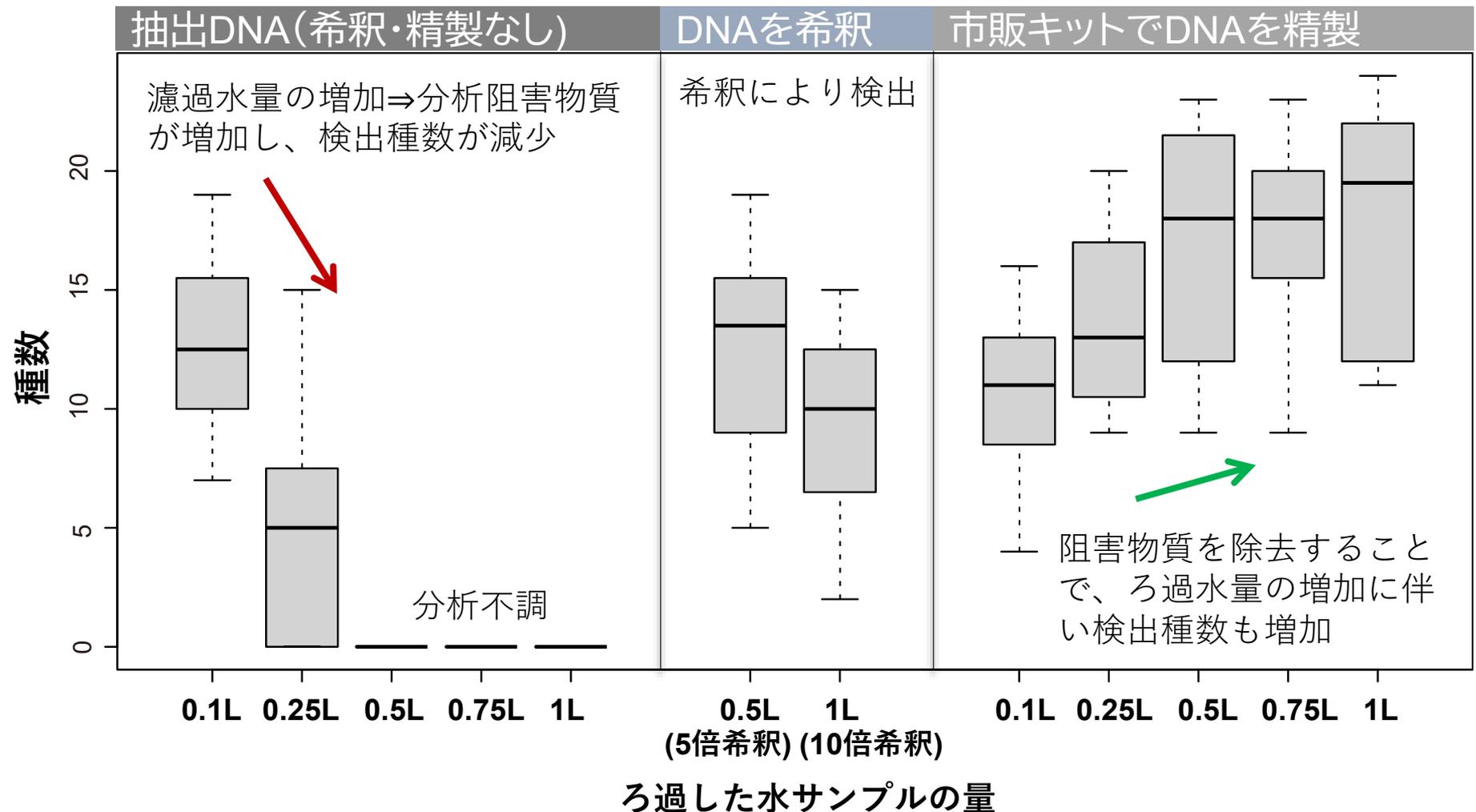


- ・汽水域は、河川よりも分析阻害物質が多いという通説を反映した結果
- ・5～7月は、全体的にPCR効率が低い傾向（灌漑の影響？）

環境DNA 良好な結果を得るために

分析阻害物質：いるのにいない偽陰性（在を不検出）

ろ過水量およびDNAの処理による、検出種数の変化（宍道湖 n=60）



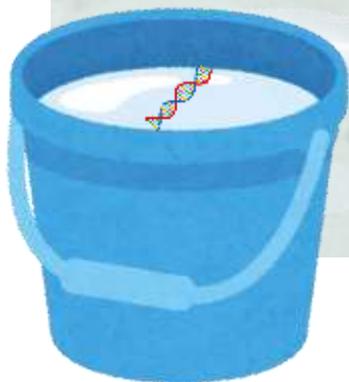
環境DNA 良好な結果を得るために

よくあるご質問

・分析結果に、カタクチイワシやマグロがリストアップされていきました。

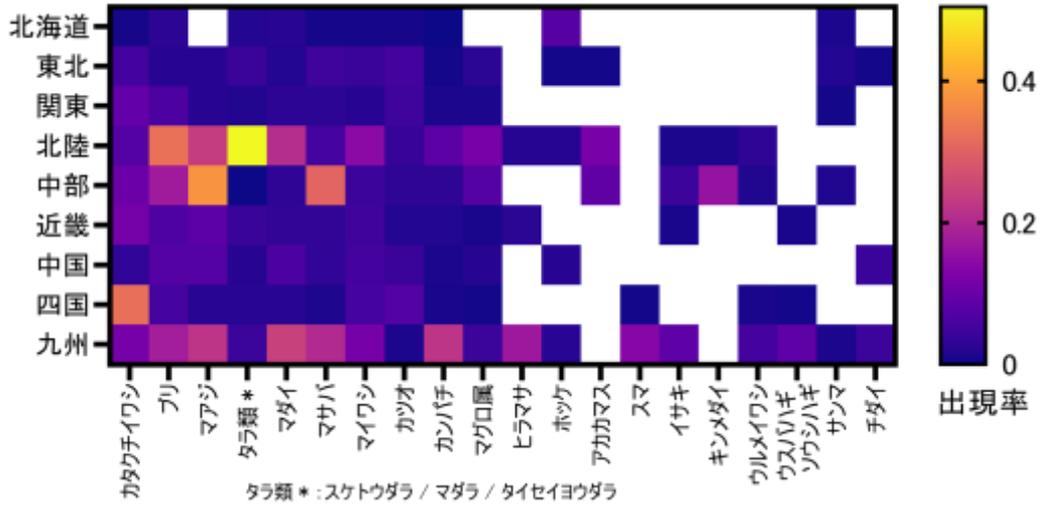
調査体制に不備があったのでしょうか？

信頼できるデータなのでしょうか？



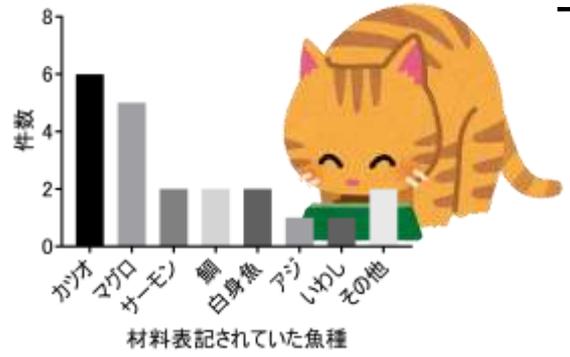
環境DNA 良好な結果を得るために

何故河川でマグロ・ぶり？ ー食品由来？



地方整備局別ノイズ種出現率

R3に水国調査地区淡水域で検出された海産魚を抽出



下水処理場以外にも、河川周辺にはノイズの発生源が...



キャットフード10種の材料
中の出現回数

環境DNAが繋ぎ、切りひらく未来

分析残サンプルを使った外来種分布域の探索

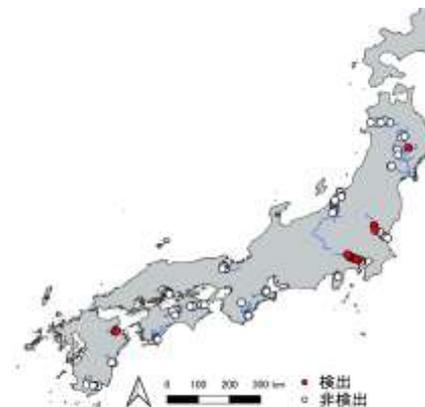
ミズワタクチビルケイソウ



水系に侵入後、短期間で繁茂。アユの餌等と置き換わる。繁茂により景観が悪化。



多摩川における *C. janischii* の環境DNA検出結果。



**R2-4水国テーマ調査時の環境DNAサンプルから、ミズワタクチビルケイソウの分布を確認
外来生物の侵入時期や範囲を、過去に遡り確認！**

環境DNAが繋ぎ、切りひらく未来

環境DNAは生物情報のタイムカプセルだ！

DNAには、そこにつながる環境にいた**様々な生物のDNA**が含まれている
新しい分析技術を使った新たなデータの取得も可能



環境DNAアーカイブ化に向けて

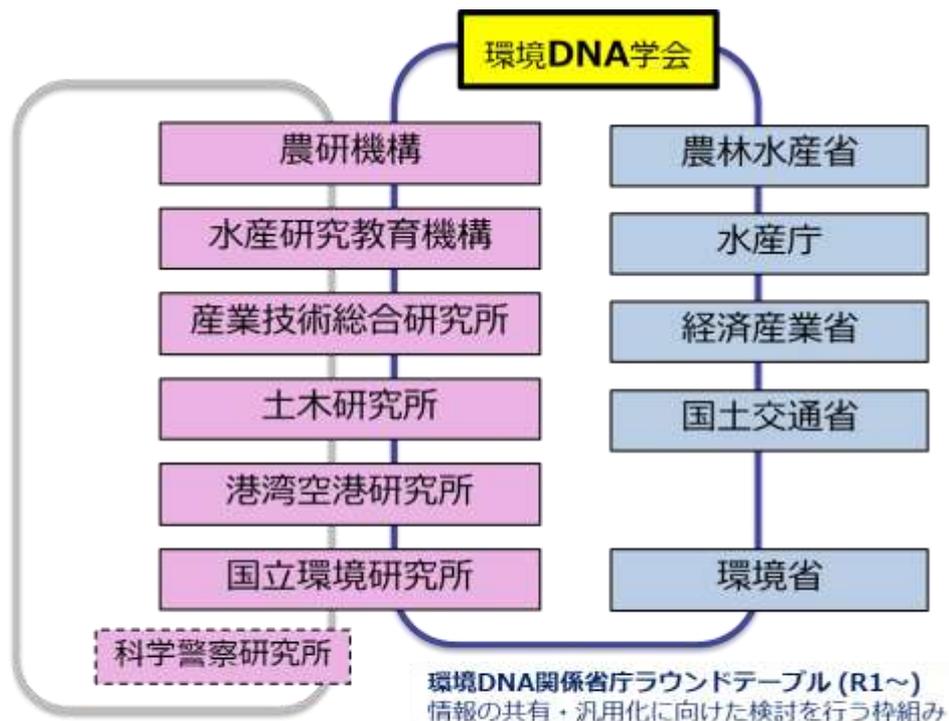
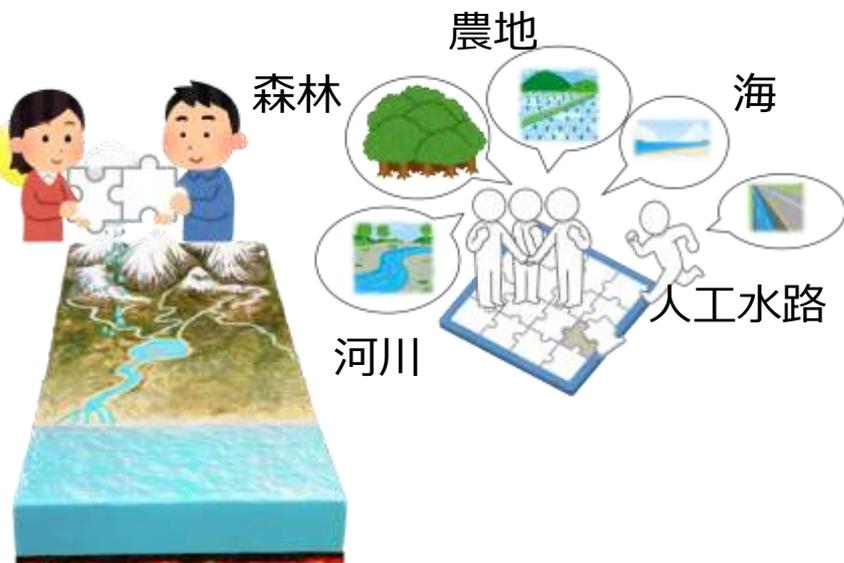
河川水辺の国勢調査 分析終了後の試料の取り扱い

試料は業務の完了時に河川管理に資する環境DNA分析技術の調査・研究への活用を目的に土木研究所へ譲渡することを基本とする。「河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル (魚類環境DNA調査編) (案) 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課 令和7年9月」より

環境DNAが繋ぎ、切りひらく未来

環境DNA生物情報は相互利用や統合が可能

これまで様々な組織が各々で生物調査を実施してきたが調査方法や調査範囲などが異なるため、データの統合は困難であった。水から生物情報を得る環境DNA調査では、採水から分析、解析に至る一連の流れを統一することで、調査実施体制によらず同列のデータとして取り扱うことができ、これにより流域レベルの生物情報が構築可能となる



環境DNA国研懇談会(R6.1~)

省庁間連携に向けた技術的課題の精査を行う枠組み

環境DNAに関わる国の機関の連携体制

環境DNAがつなぎ、切りひらく未来

日本発 つながる環境DNA

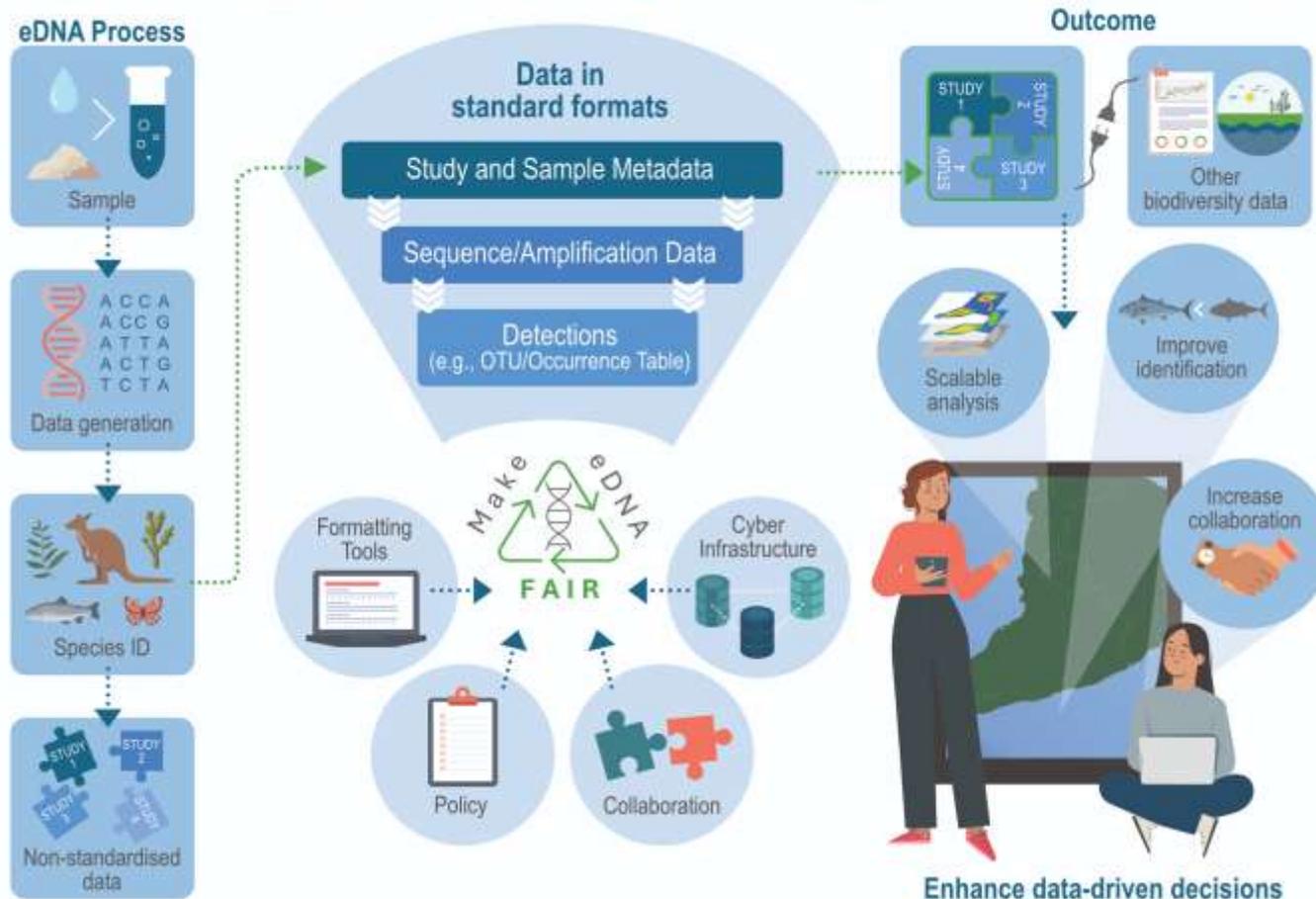


<https://obon-ocean.org/project/anemone-global-advancing-edna-based-biodiversity-monitoring/>

環境DNAがつなぎ、切りひらく未来

世界共通のデータベース化に向けた動き Fair eDNA

Findable, Accessible, Interoperable & Reusable eDNA data



もっと使える環境DNA！ 今土研では

- ① DNA含有物質は、流れの影響を受けながら拡散する

>> 流動を反映する

- ② 検出感度が高い

- ③ あらゆる生物が分析の対象となりえる

魚類だけでなく、両生類や哺乳類、植物やプランクトンなど、DNAを有する生物が分析の対象となりえる（データベースへの登録状況がネックとなる）

>> 種類・組み合わせは無限大

- ④ 生物由来 >> 様々な場所で活用可能

環境DNA分析技術を活用した、
土木屋による土木屋のための新しい現場の調査技術！

環境DNAトレーサー！

ダム湖や汽水域における流動調査、災害現場での湧水調査...

環境DNAトレーサーのイメージ



クマゼミ



10分→

ツクツク
ボウシ



10分→

ニイニイゼミ



10分→

アブラゼミ



10分→

ヒグラシ



流向



流速



拡散



トレーサーは、全国調査における出現頻度を鑑みながら選定。

矢作ダムではトビウオ（あごだし）・宗田ガツオの出汁で試行済
有明海の調査ではモウカサメ、コマイを準備中

ま と め

環境DNAは、まだ歴史の浅い技術で、新しい知見の積み重ねと反省を繰り返しながら発展してきた技術です。

新しい技術も、次々と開発されています

環境DNAはポテンシャルの高い調査技術です！

環境DNAのつながり、使い方の工夫がその課題を解決するかもしれません！

環境DNAが切りひらく未来へ