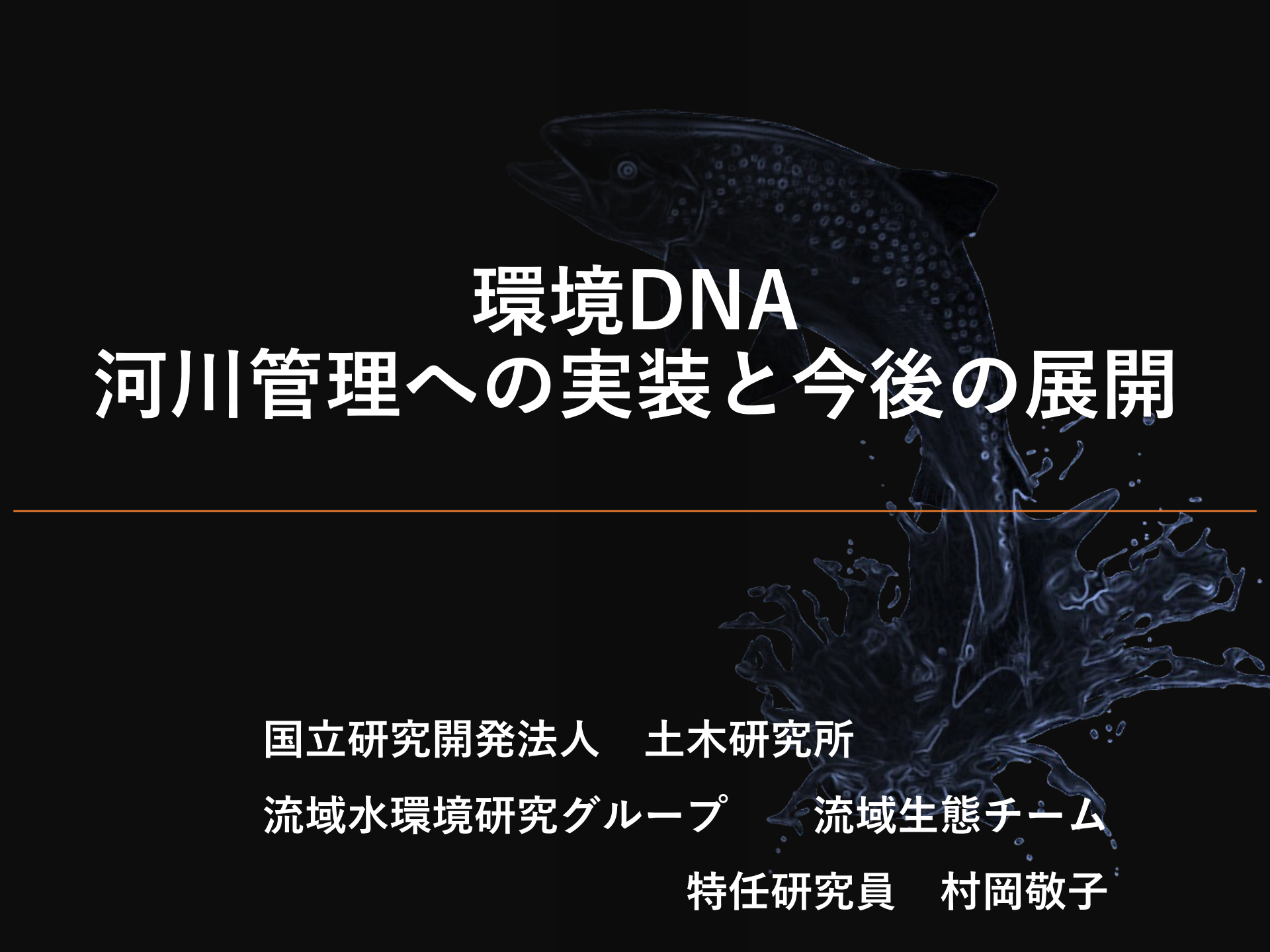




環境DNA 河川管理への実装と今後の展開

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

環境DNA たったバケツ一杯の水から生物情報！

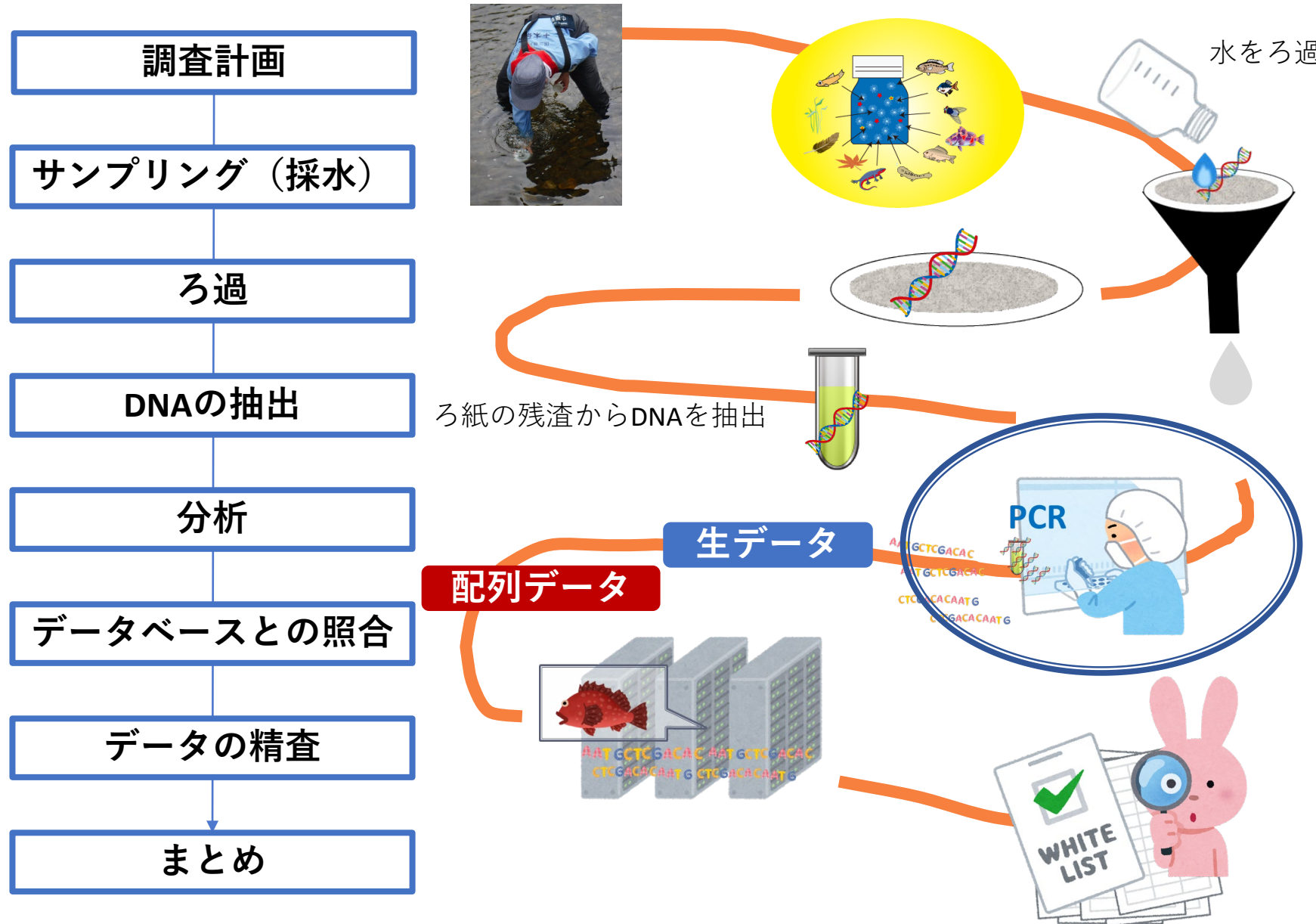


R 8年度 河川水辺の国勢調査 環境DNA調査が始まります

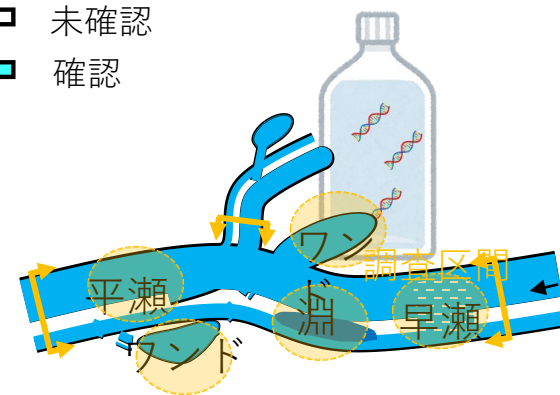
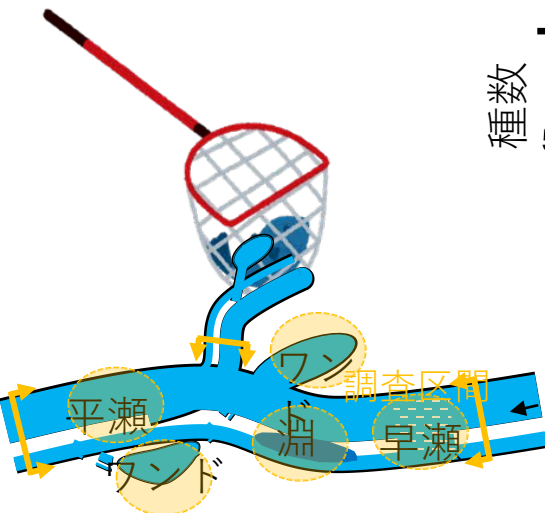
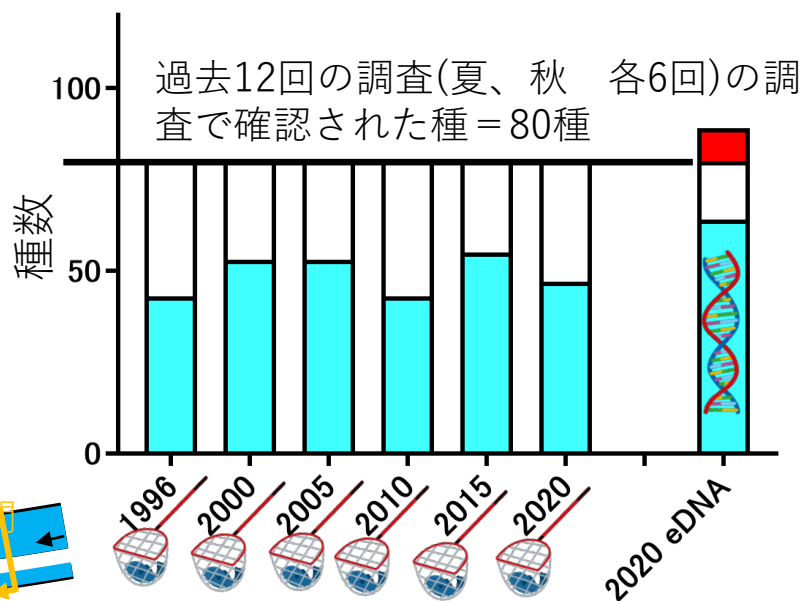


環境DNA たったバケツ一杯の水から生物情報！

3



河川水辺の国勢調査と環境DNA



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。いずれも環境区分ごとに調査を実施

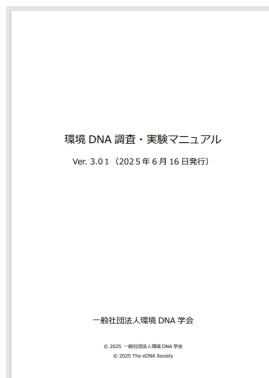
環境DNA調査 水国実装までの流れ

環境DNA学会マニュアル

Ver. 2.2 2020.4

Ver. 3.01 2025.6.16

環境DNA学会HPから入手可能



環境省マニュアル

淡水魚 2020.6

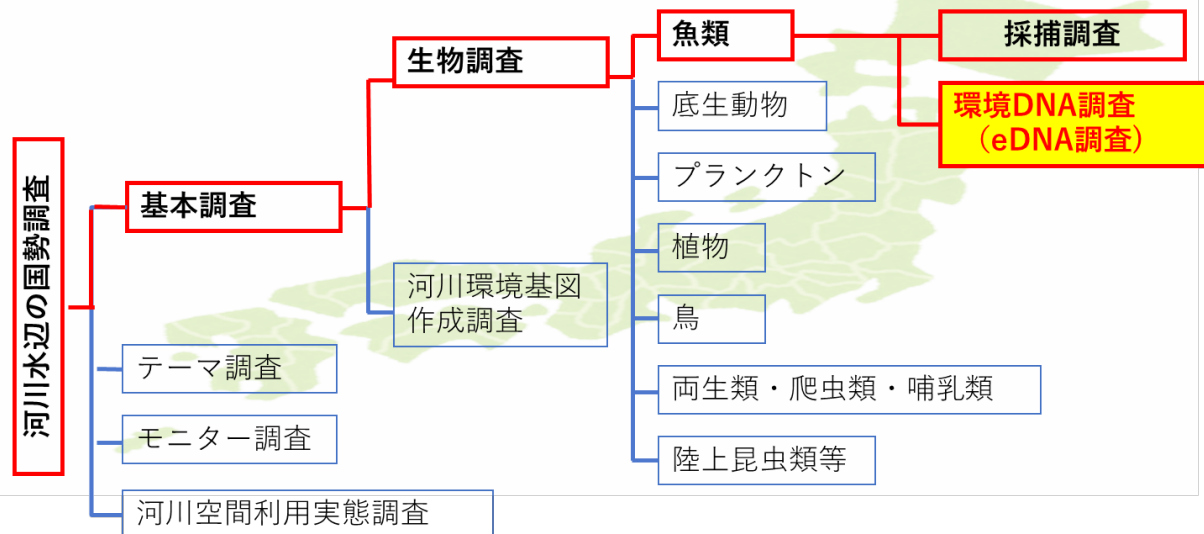
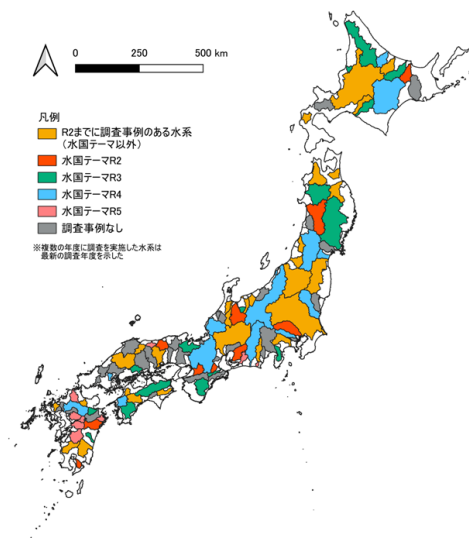
魚類・両生類 2024.5

環境省生物多様性センターHPから入手可能

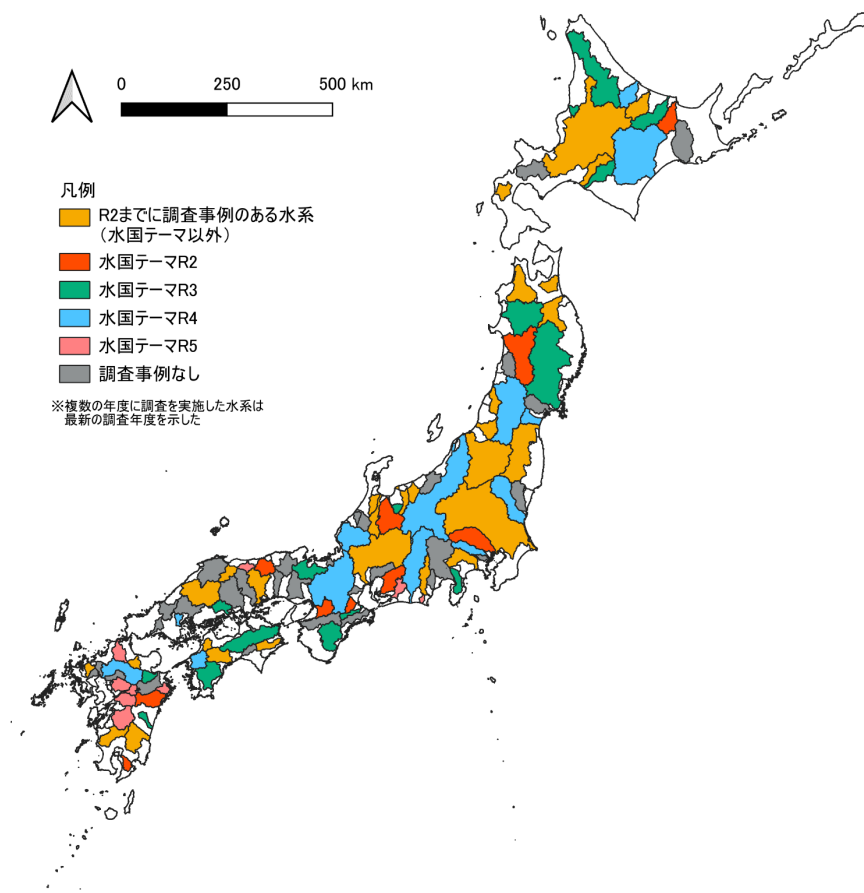


水国調査の目的や実施体制を踏まえた調査方法が必要

地方整備局と連携した水国テーマ調査の実施（R1～5）



水国調査への環境DNA導入に向けた取り組み



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
>> 採水地点標準化案の作成（河川）

令和4年度 採水地点の標準化案 全国試行
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。

環境DNAを活用した 環境情報の高度化に関する共同研究 R4-6

研究項目1 環境DNAの水圏実装に向けた技術体系の構築
研究項目2 環境DNAの活用による環境調査の高度化

国研 土木研究所

流域水環境研究グループ
流域生態チーム

指定機関

国研 海上・港湾・航空技術研究所
港湾空港技術研究所

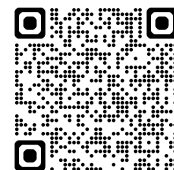
国研 農研機構

民間事業者

いであ株式会社
株式会社ウエスコ
株式会社エコー
応用地質株式会社
株式会社建設環境研究所
株式会社建設技術研究所
日本工営株式会社
大成建設株式会社
パシフィックコンサルタンツ株式会社
公益財団法人リバーフロント研究所
一般社団法人水源地環境センター

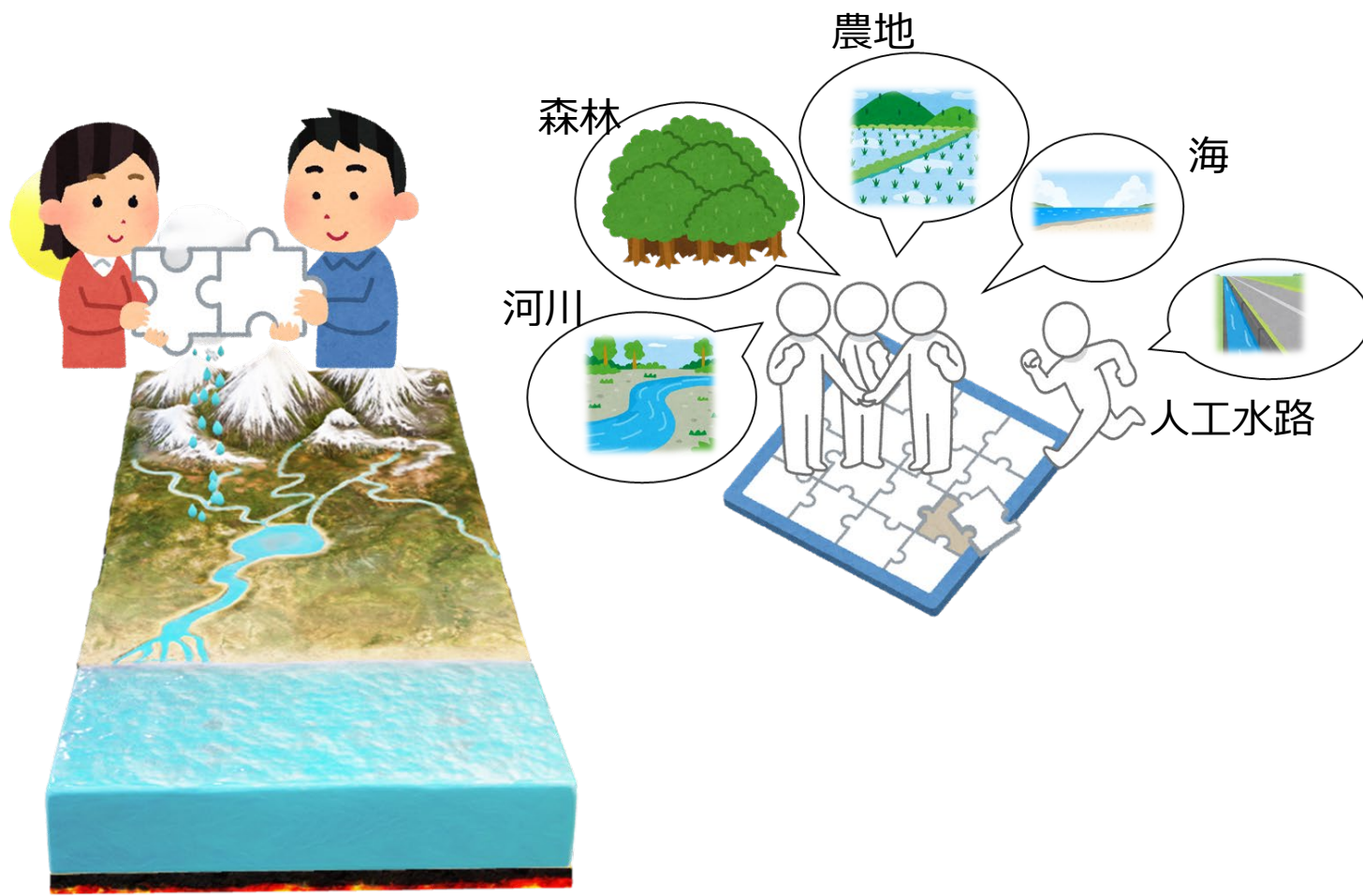
環境DNAを活用した環境情報の高度化に関する共同研究報告書

環境DNAを活用した環境情報の高度化に関する共同研究概要集

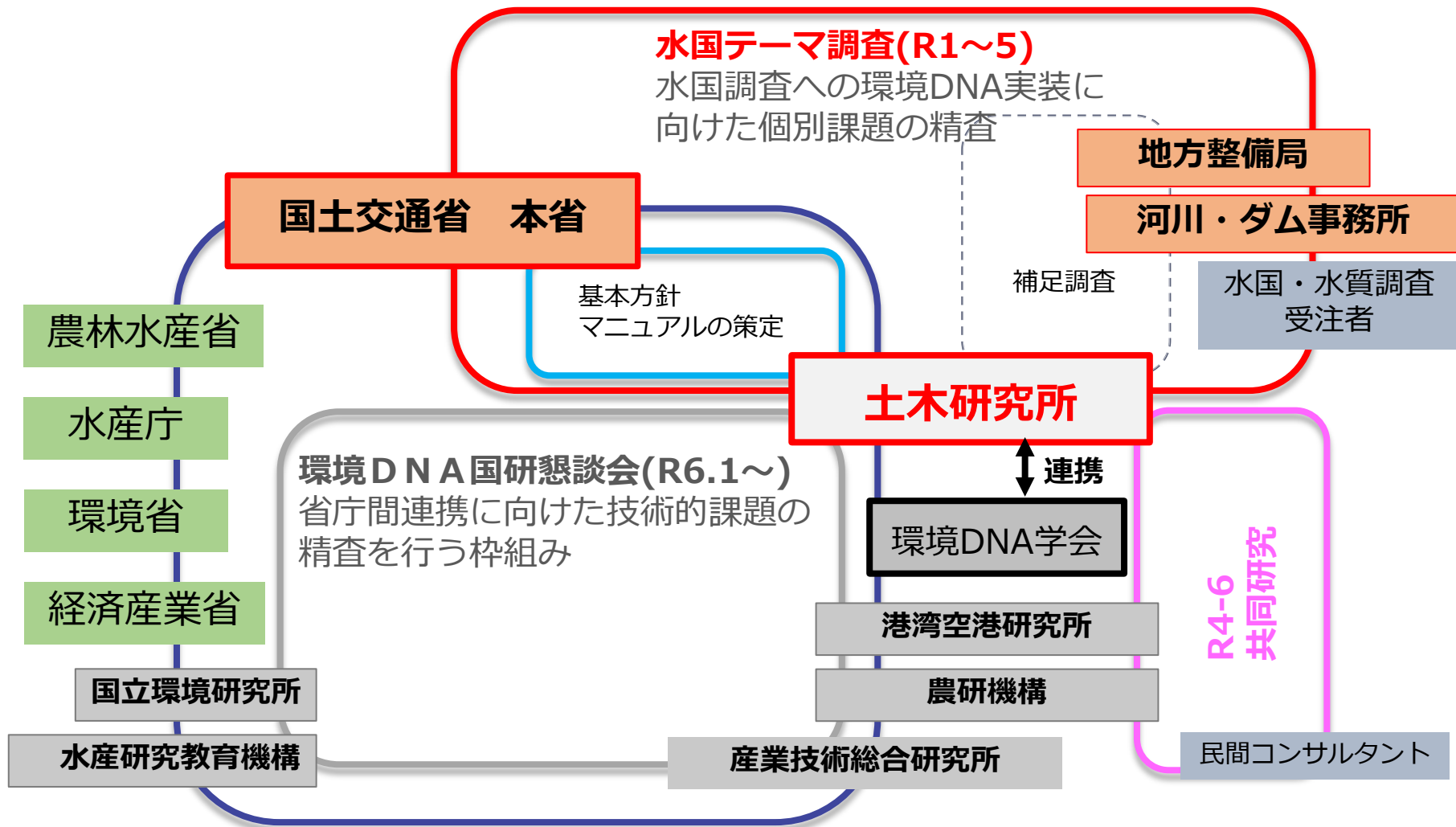


環境DNA生物情報は相互利用や統合が可能

国土交通省のほかにも環境省や農林水産省、研究者や地域住民など、様々な目的で生物調査を実施してきた。しかしながら、これらの調査の間で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標準化することで、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る



様々な機関と連携し、技術の標準化に取り組んでいます

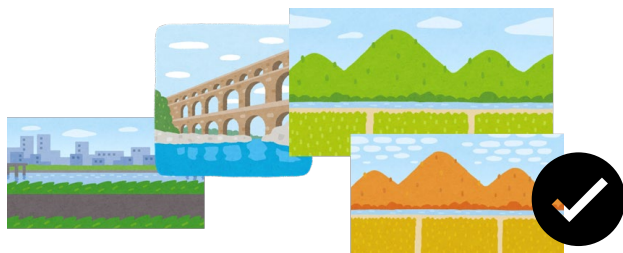


環境DNA関係省庁ラウンドテーブル (R1~)
情報の共有・汎用化に向けた検討を行う枠組み

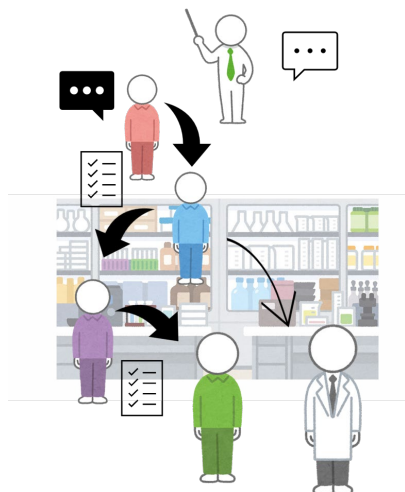
想定される環境DNA調査の実施体制

10

研究目的の環境DNA調査



研究目的に合わせて調査対象を選定
状況に合わせて臨機応変に対応可能

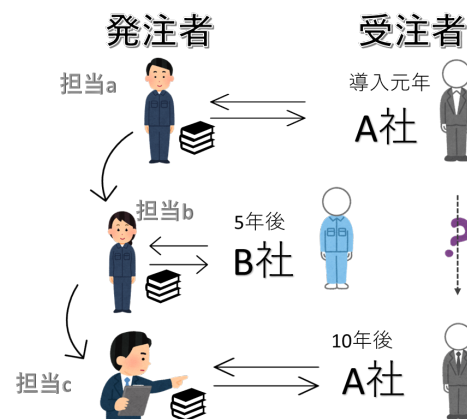


同じ研究者or 研究室で調査方法を
継承しながらデータを積み上げる

水国環境DNA調査



あらかじめ定められた調査対象
区間・季節に実施



受注業者・調査者・分析機材・発注
者側の担当者が調査年ごとに変わる

全国の河川・ダムで、
誰がやっても、比較可能な生物情報を得られる方法が必要

想定される環境DNA調査の実施体制

水国環境DNA調査

約2か月後.....



- ・ サンプルングから経過までの時間が長くなる
- ・ 分析実施時の細かい調整（トライアンドエラー）が難しい
- ・ 調査季の定められている水国調査では、調査のやり直しは難しい

フィードバックを含むサンプルの取り扱いについて、当日展示会場にてパネル展示と説明を行います

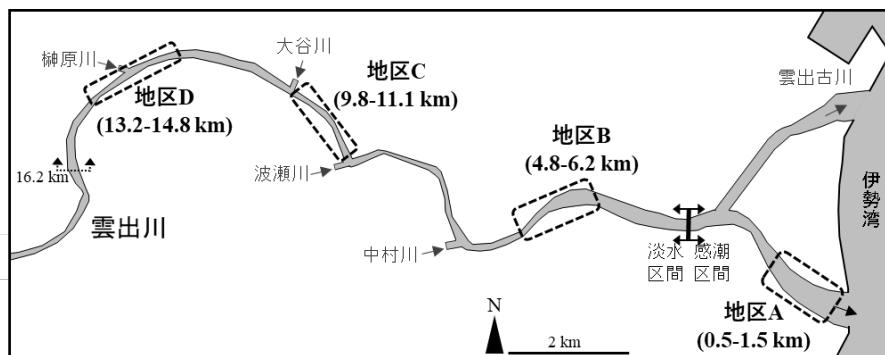
環境DNA たったバケツ一杯の水から生物情報！



バケツの中身が調査結果を決める！

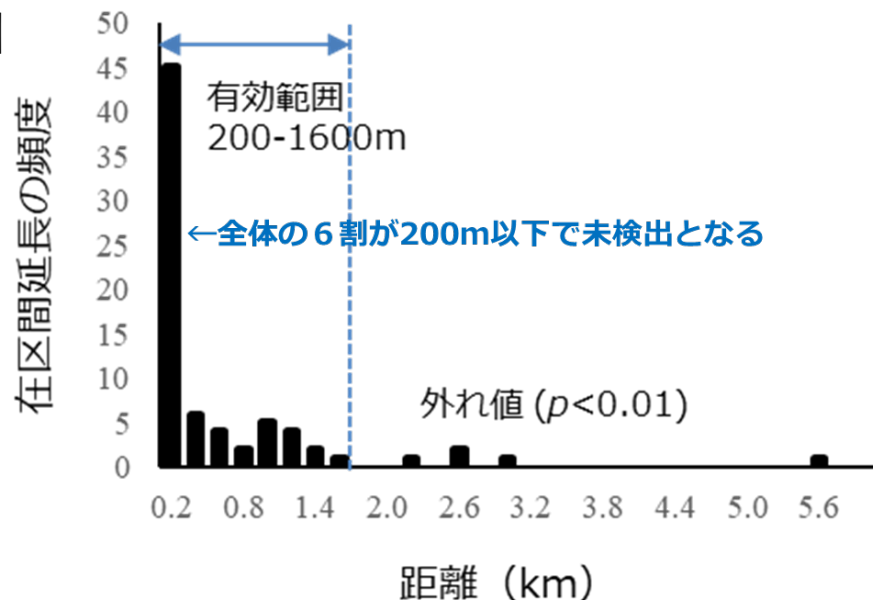
どのくらいの範囲の生物情報を反映する？

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。

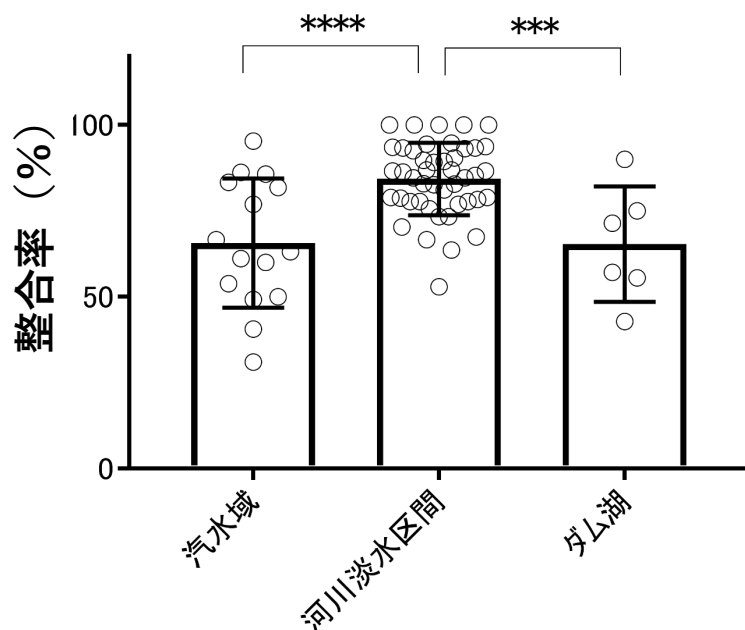
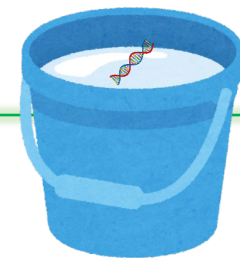


環境DNA含有物質の有効検出範囲

- 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）

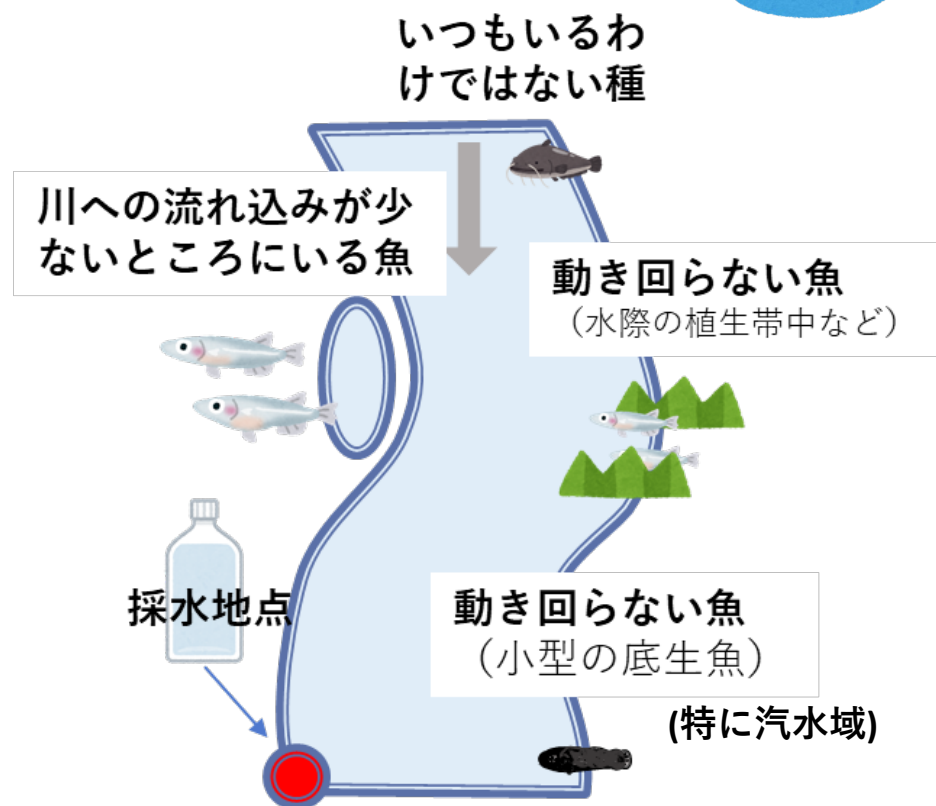
当日会場にて、共同研究者のパシフィックコンサルタンツ(株)担当技術者が、雲出川のデータを使った採水地点の最適化に向けたパネル展示と説明を行います

採水瓶 1 本の水で得られる生物情報



地区の属性と1サンプル当たりの整合率※

整合率：同時期・同地区で実施した水国調査で採捕された魚種を環境DNAで確認できた割合

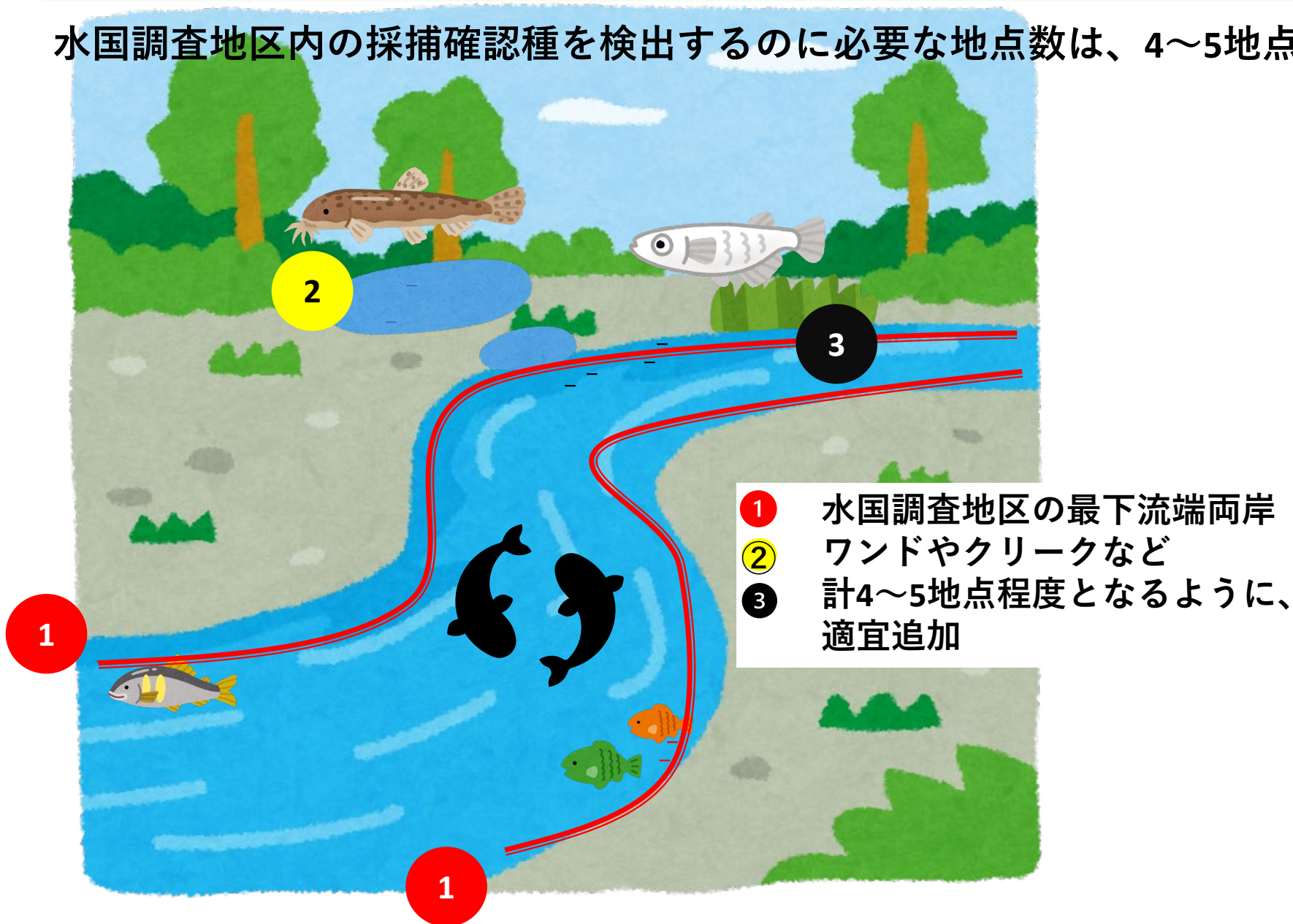


直接採捕で確認され、
環境DNAで検出されない種の特徴

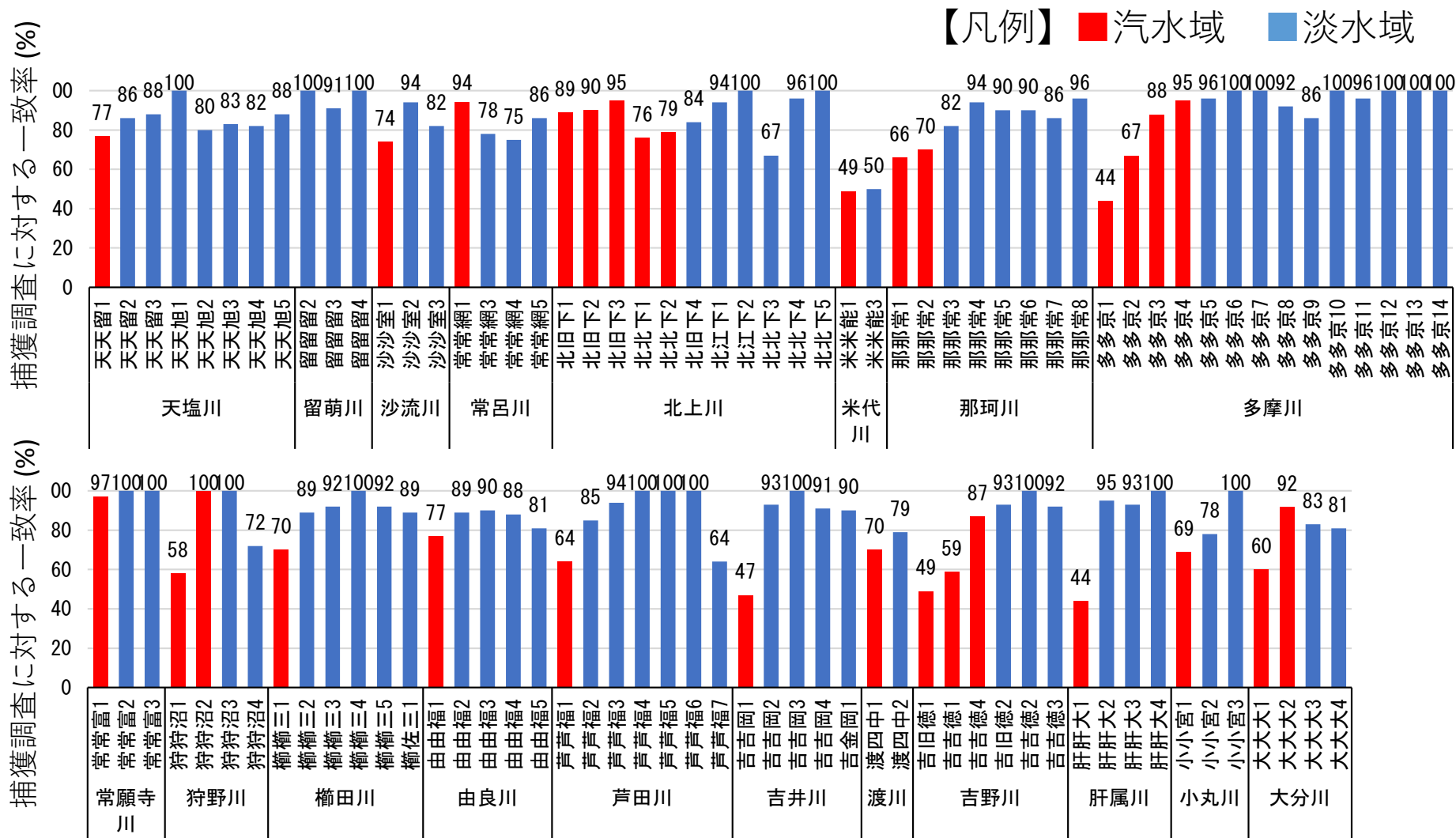
水国調査地区の魚類を捉えるために、1サンプルでは不足！

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



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



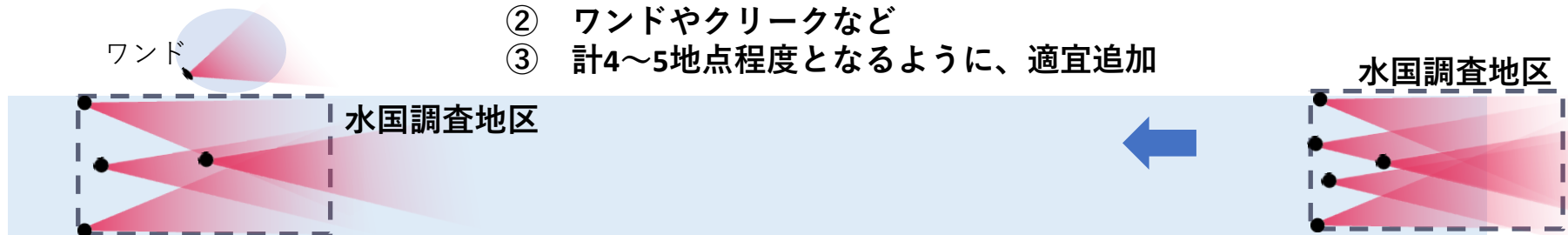
捕獲調査に対する一致率は、

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)

水系を俯瞰する環境DNA調査に向けて

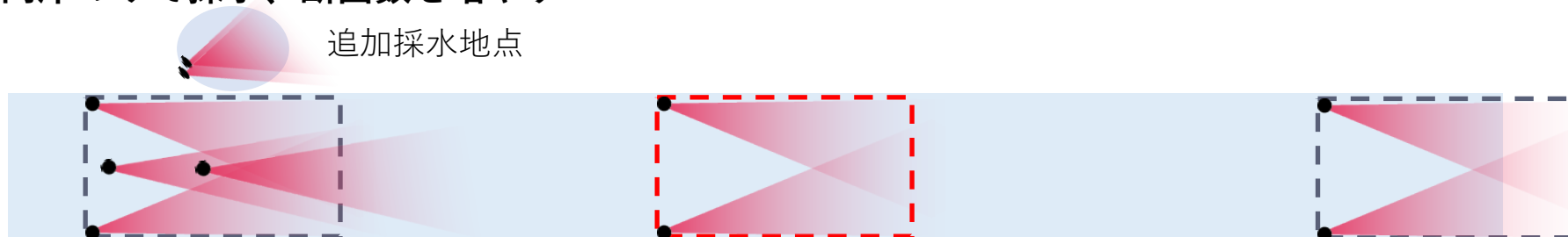
水国 採水地点の標準化案

- 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

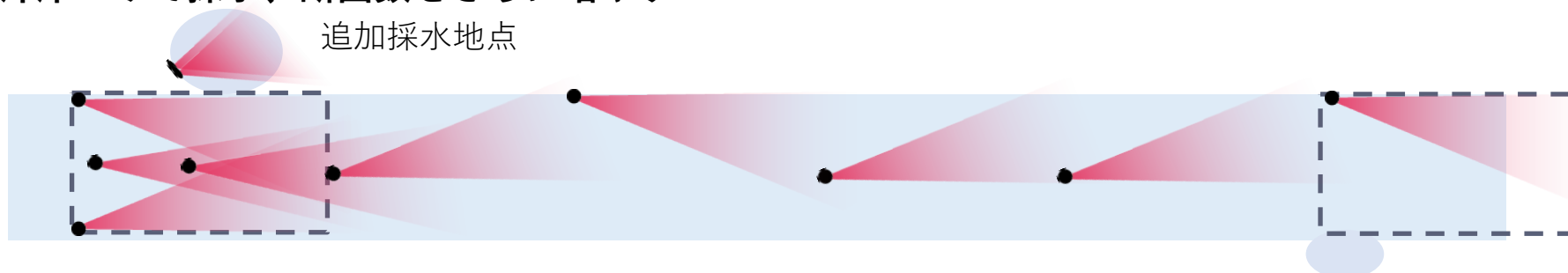


現地調査に要する時間が短い >> 多地点調査
 点ではなく面的な生物情報 >> 流域レベルの生物情報が得られる

両岸のみで採水、断面数を増やす



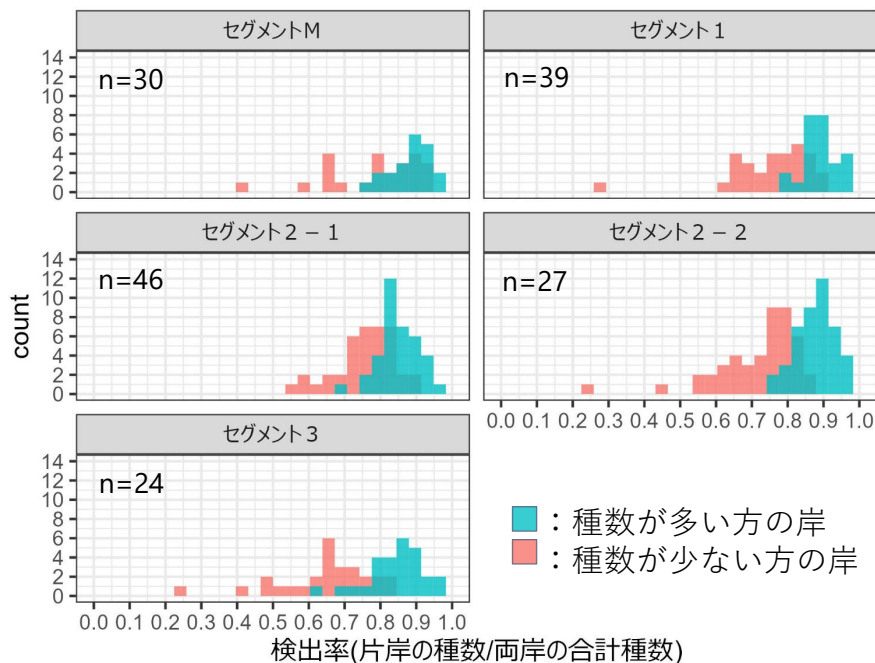
片岸のみで採水、断面数をさらに増やす



両岸採水か、片岸採水で地点間を縮めるか

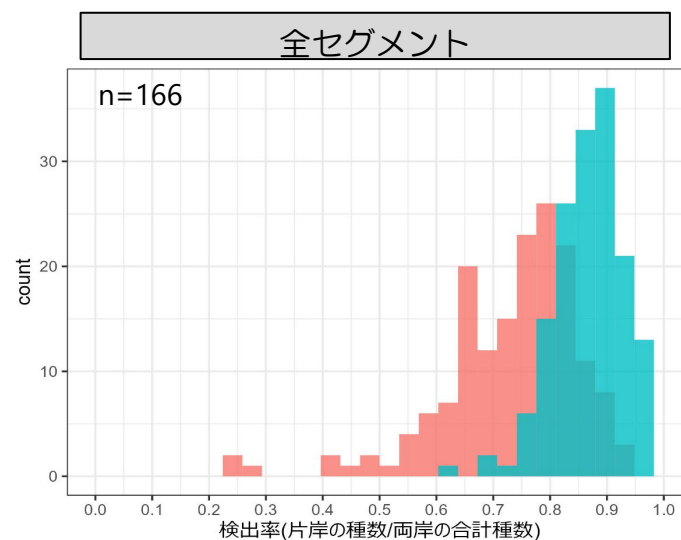
片岸採水では、両岸確認種の7～8割を検出

- 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



両岸採水か、片岸採水か

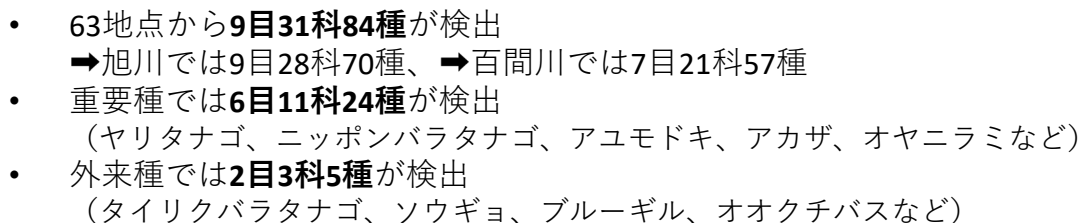
アクセスしやすさや安全性を考えると

両岸の採水が困難な場所がある

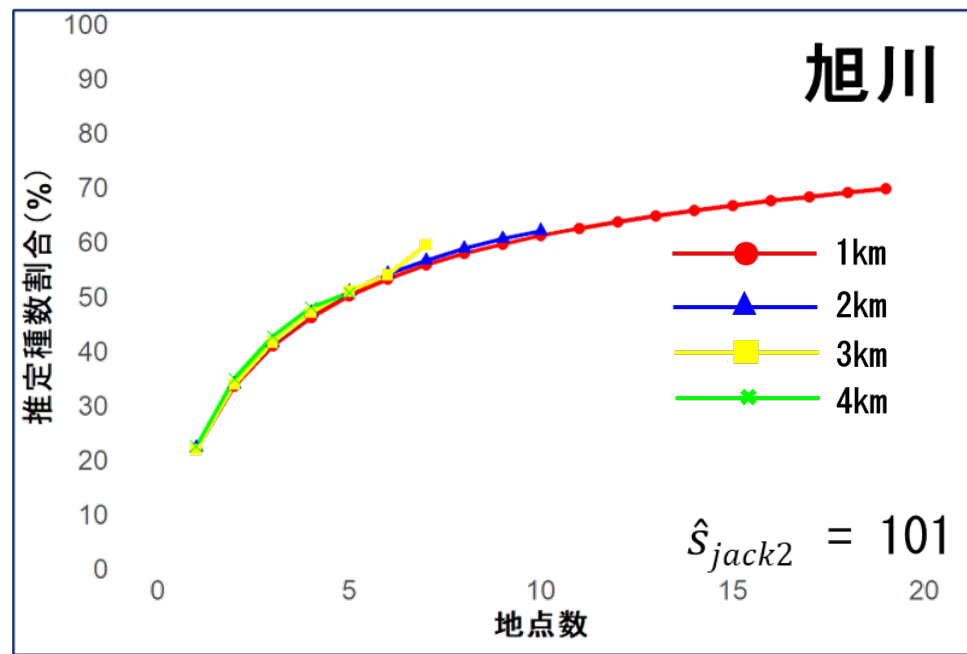
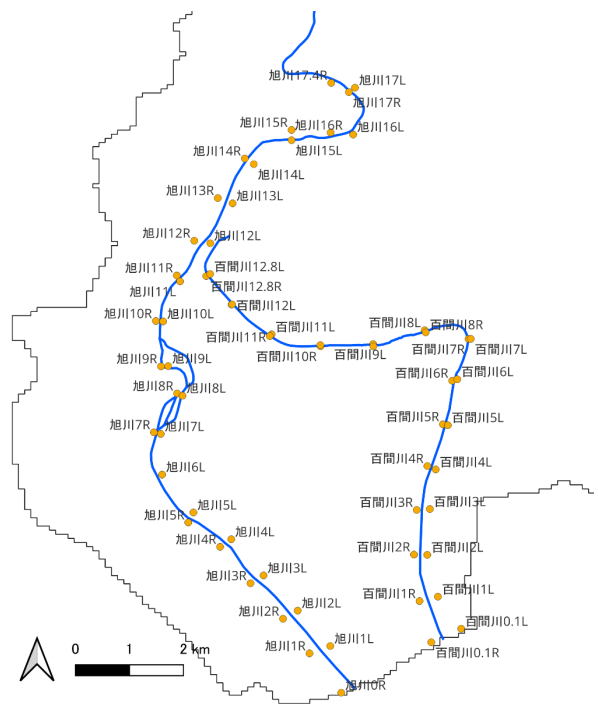
>> 現地調査が簡便という環境DNAの特徴を活かせない



協力：岡山河川国道事務所・(株)復建調査設計



調査地点の間隔について (旭川水系)

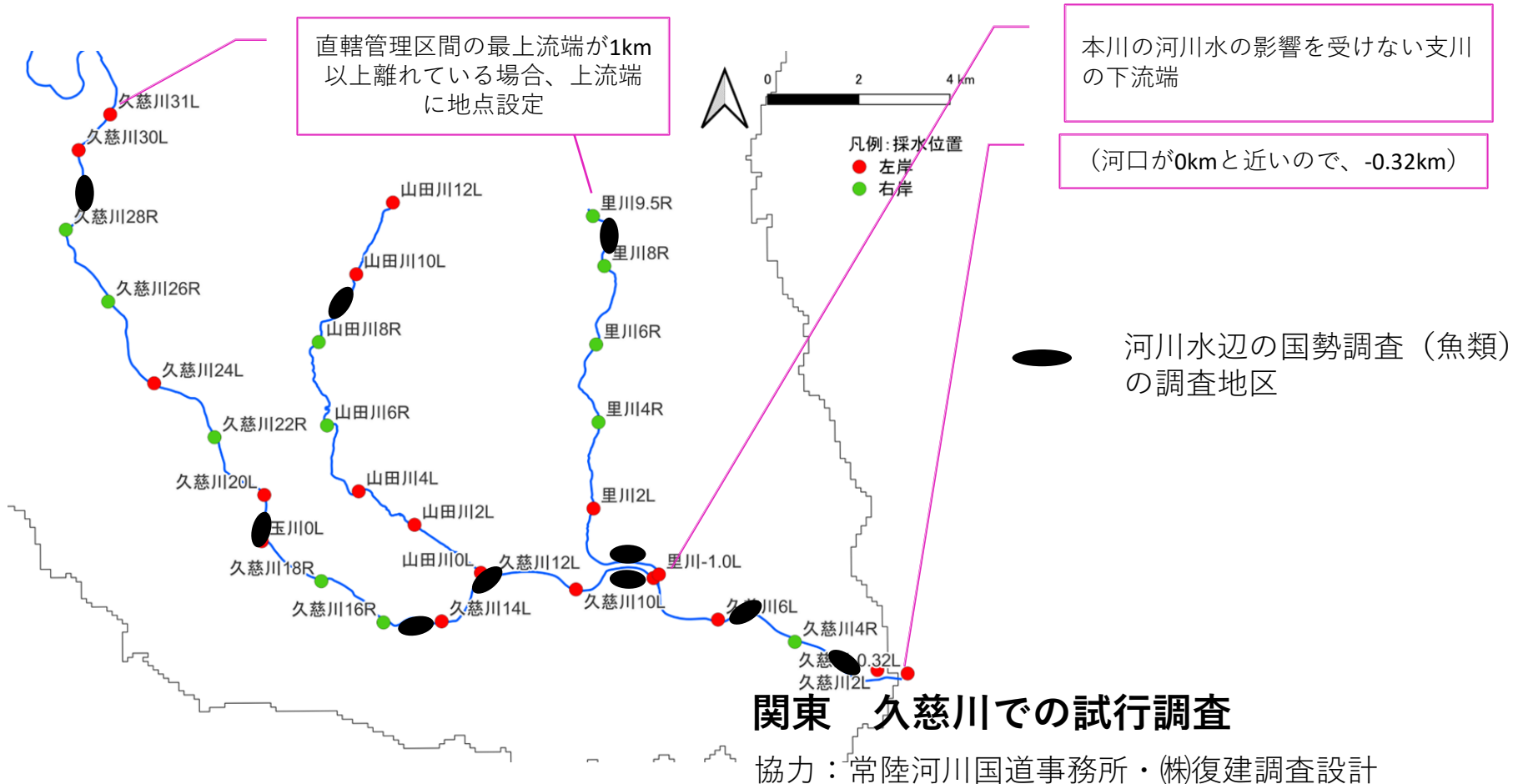


- ・ 調査地点間隔が1km大きくなると、環境DNAによる確認種数は6～8種減少する
- ・ 止水環境を好む種は未確認になりやすい傾向がある。
- ➡ **ワンドやたまり**などでは**追加採水地点の設定が重要**
- ➡ **汽水域（干潟）**の**追加サンプリング**が重要

当日会場にて、本研究成果に関するパネル展示と研究担当者からのパネル展示・説明を行います。

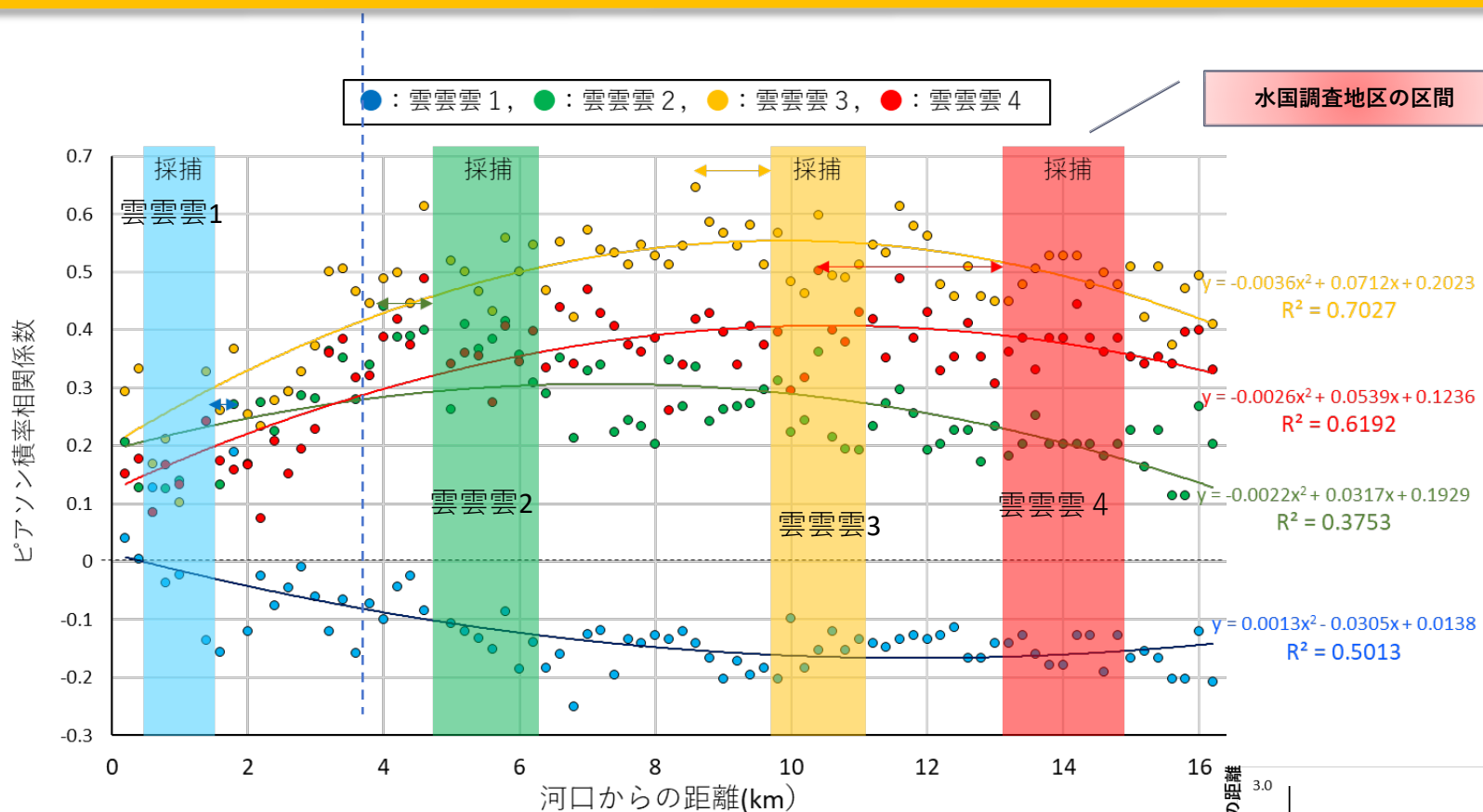
水系を俯瞰する環境DNA調査の試行（久慈川）

河川縦断方向の距離間隔2kmごとに調査地点を1地点設定



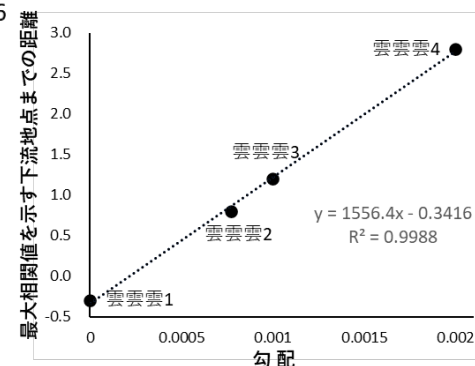
採水地点間隔による種数の変化は河川の特長やワンドなどとの位置関係の影響を受ける

捕獲による魚類相と相関の高い採水地点は調査地区外だった



各調査地区で採捕された魚類相と環境DNA分析結果との相関

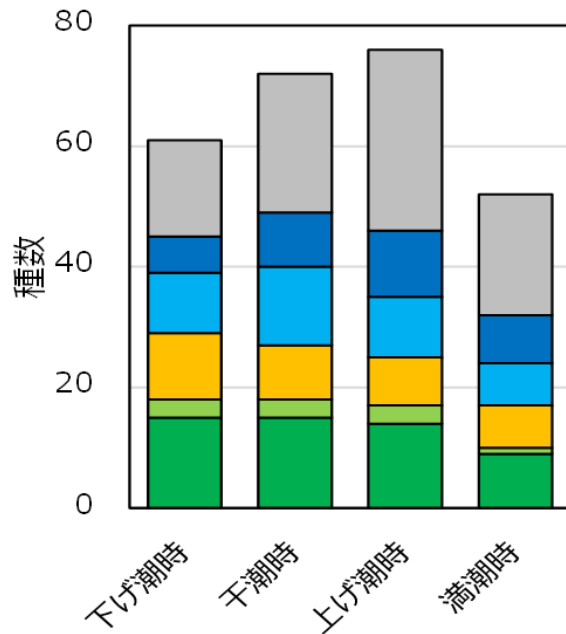
片岸で200m間隔の環境DNA調査により検出された各地点の魚類相と、河川水辺の国勢調査の4調査地区の採捕による魚類相の相関を200mそれぞれプロット。プロットの色は、対比している調査地区を表す。環境DNA調査で採捕調査で得られた魚類リストの相関が高くなる地点は、水国の調査区間外となった。さらに、最も相関が高い地区と調査地区との距離は、勾配と線形相関を示した。環境DNA含有物質の流下速度や混合拡散状況などが関連していると思われる。



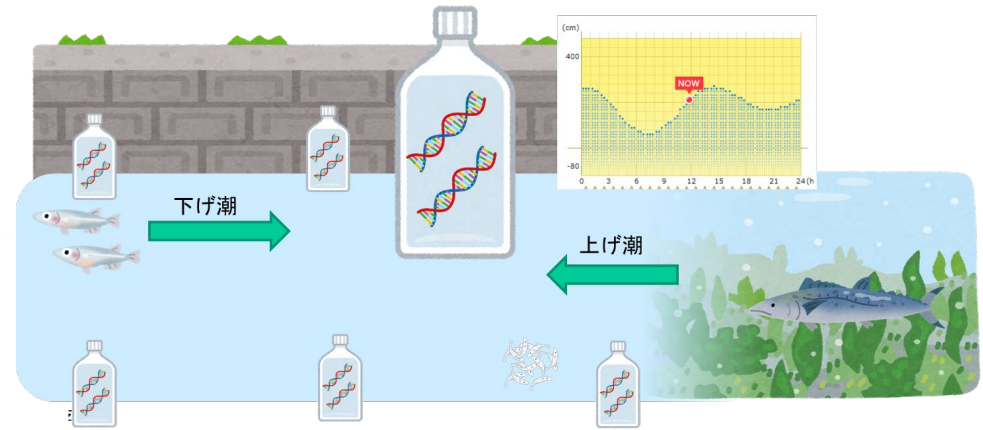
➤ 魚類相とeDNA検出リストの相関係数は**0.8～2.3 km程度下流の地点で最大**

汽水域

- ・ 利用する魚類は潮汐に応じて変化するため捕獲調査に対する整合率が低い
- ・ 広くて、流れが緩やか、流況は時間的に変化する
- ・ ハゼなど局所的な環境を好む魚類のDNAを捕捉しにくい
- ・ 河口が面する海域の影響を受ける



採水時の潮の干満と環境DNA検出魚類の傾向



- 漁港や水族館由来のノイズと考えられる種
ホッケ、ヒラマサ、ニシン、マクロ属など
- 海水魚 アカエイ、マイワシなど
- 周縁性淡水魚 ハゼ、スズキ、ボラなど
- 通し回遊魚 ニホンウナギ、アユ、ウキゴリなど
- 純淡水/通し回遊魚チチブ/ヌマチチブ/ナガノゴリなど
- 純淡水魚 コイ、オイカワ、ドジョウなど

汽水域における環境DNA調査

25

13水系の汽水域において4サンプル / 河川 × 4潮汐タイミングの採水を実施

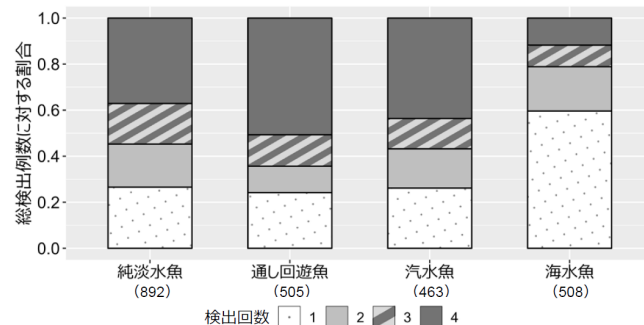
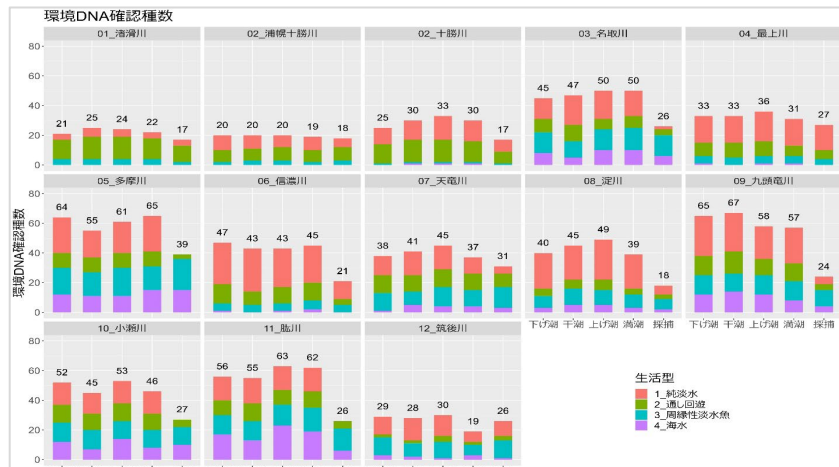


図-2 環境DNA確認種の生活型別の検出回数。括弧内は全採水箇所における各生活型の総検出例数を示す。

海水魚は検出の偶然性が高く海水魚を網羅的に確認するには多くの努力量が必要であるとえられる

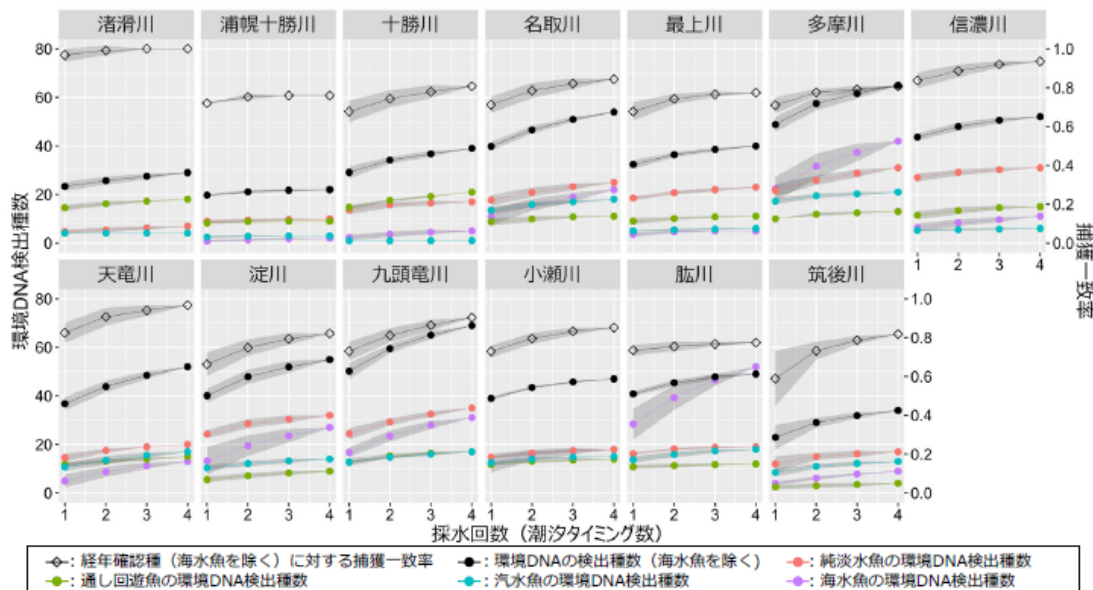
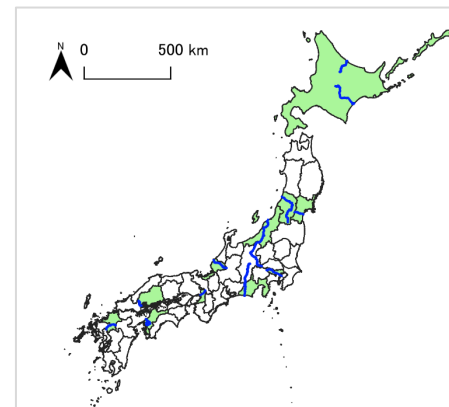


図-3 環境DNA検出種数及び捕獲一致率の累積曲線。値は各河川4採水箇所の合計を示す。灰色は95%信頼区間を示す。

2 潮汐の採水が種数の増加勾配が最も大きく費用対効果が高いと考えられる



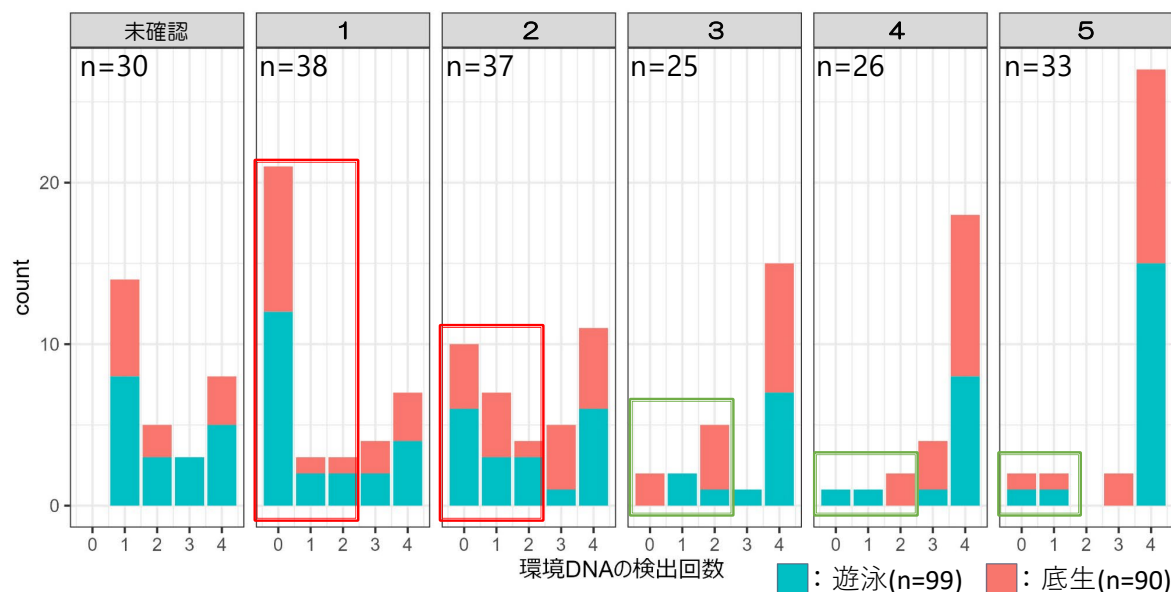
汽水域の採水：汽水魚に着目

- 2 潮汐左右岸+環境区分2箇所の採水で捕獲で確認された汽水魚の平均73%を検出
(左右岸のみだと65%、片岸だと59%)
- 環境DNAで検出頻度が少ない種・非検出の種は、捕獲での確認頻度が少ない傾向

捕獲頻度が低い種は検出頻度低・ばらつきがある

捕獲頻度が高い種は検出頻度高、潮汐に係わらず検出

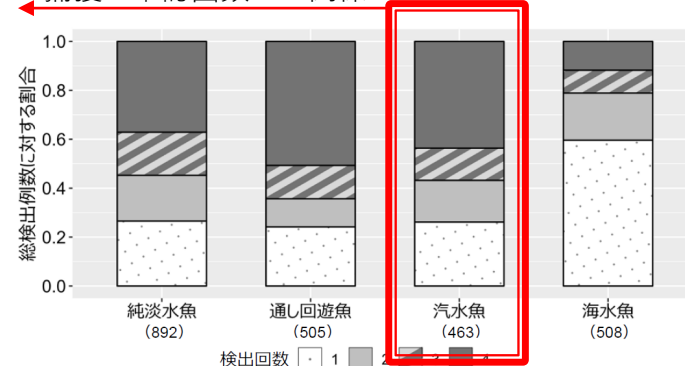
捕獲確認回数（近5年・同時季）



汽水魚(捕獲)に対する平均検出率

採水 潮汐数	左右岸+ 環境区分 2 箇所	左右岸	片岸
1潮汐	0.66	0.59	0.50
2潮汐	0.73	0.66	0.59
3潮汐	0.76	0.69	0.63
4潮汐	0.78	0.71	0.65

捕獲の確認回数との関係



- 遊泳・底生に係わらず確認頻度が少ない種が検出されにくい傾向
- 確認頻度が高いが非検出・低頻度の種には干潟を利用するハゼ類が含まれる

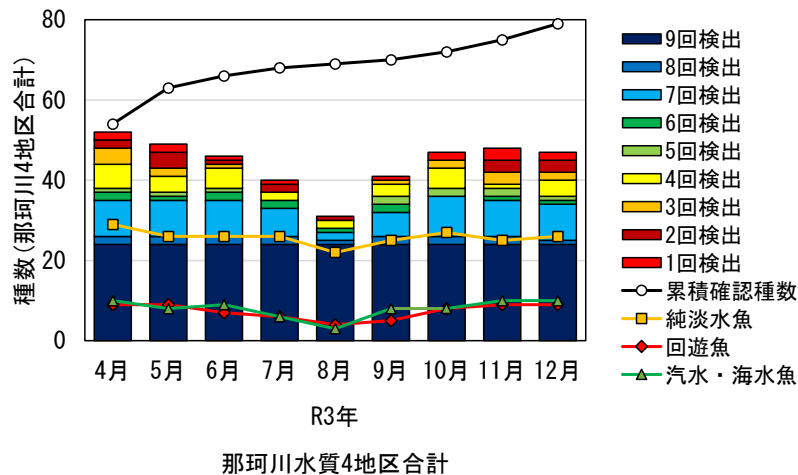
ハゼ類の調査には干潮時のスポット調査が有効との研究もある

図-2 環境DNA確認種の生活型別の検出回数。括弧内は全採水箇所における各生活型の総検出例数を示す。

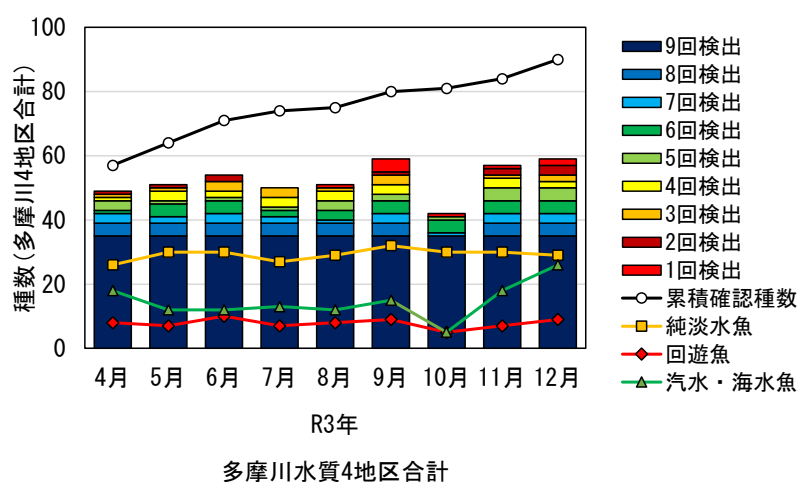
定期水質調査を利用した通年の生物情報の取得

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



多摩川



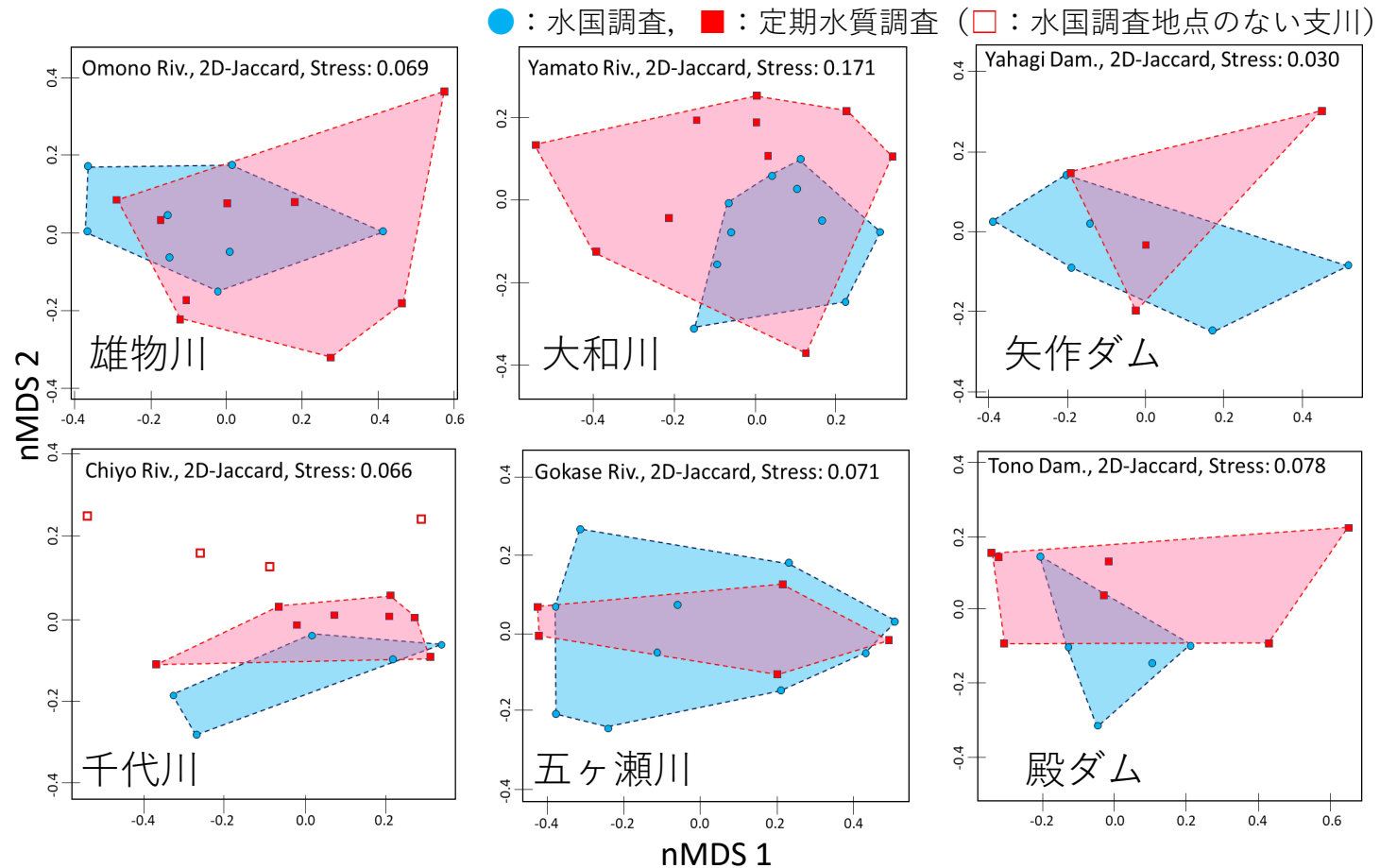
回遊性魚類の月別検出状況（令和3年、那珂川、多摩川）

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	●								

- 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

定期水質調査を利用したサンプリングの可能性

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

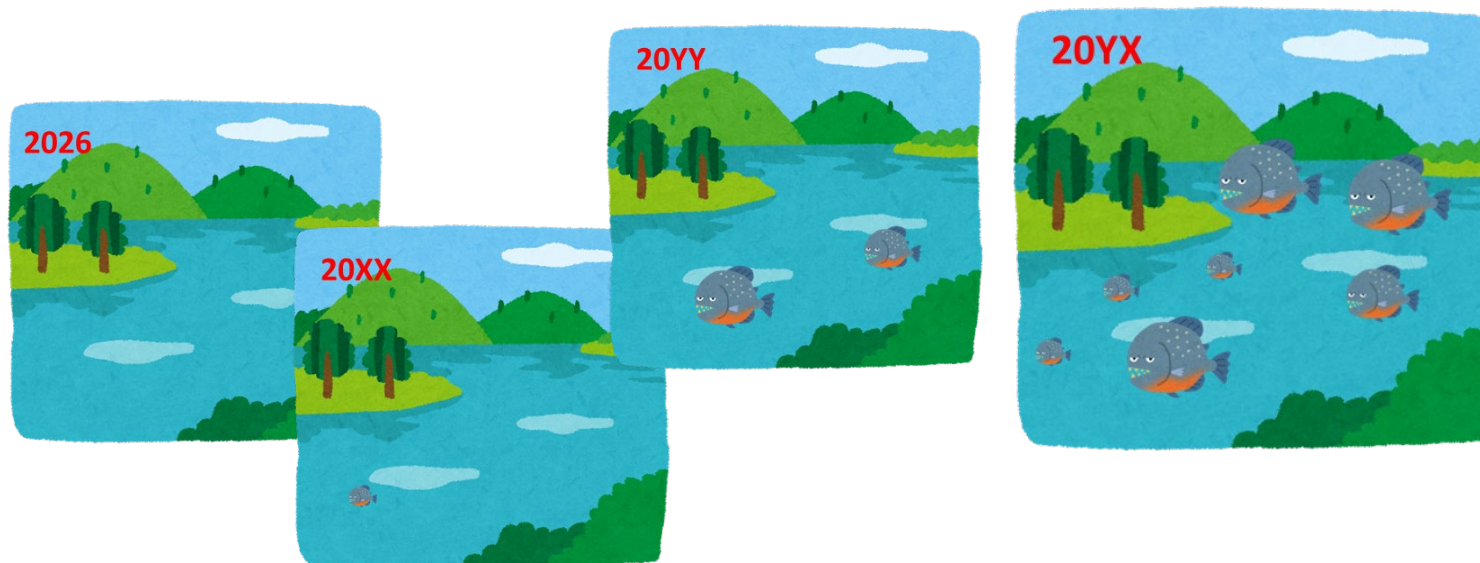
➡ 検出魚類数そのものが少ない

➡ 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の特徴を活かした導入 ダムでは

高頻度な生物調査の可能性

高頻度の調査により生物相の変化を早期に発見、外来種の早期駆除



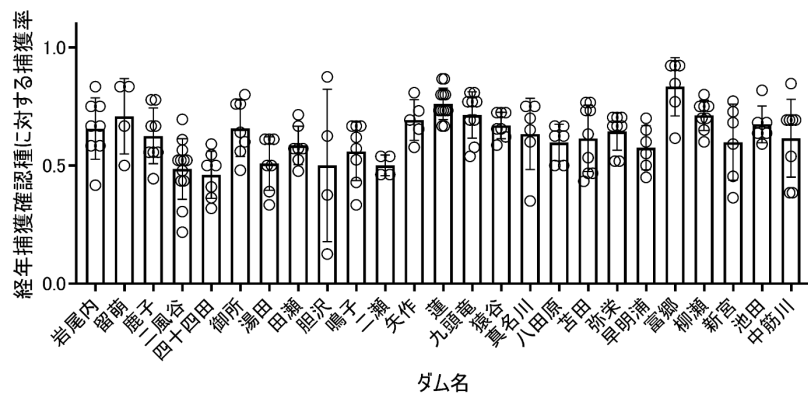
ダムでは

- ・ 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

当日会場にて共同研究者の日本工営(株)担当技術者によるパッシブサンプリング法に関するパネル展示と説明を行います

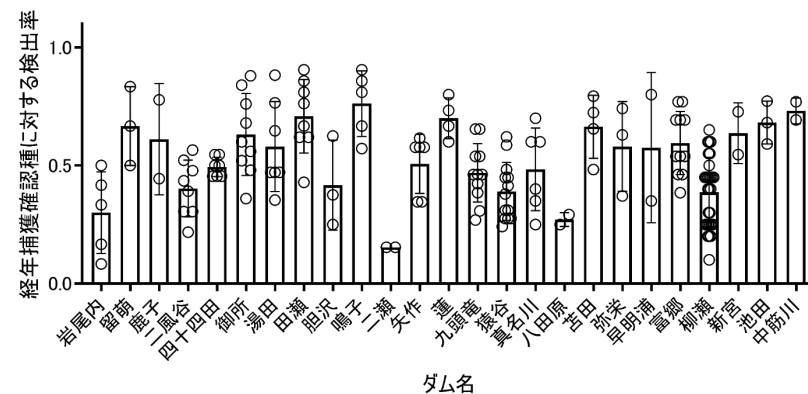
これまでの水国調査と環境DNA 検出率

経年採捕確認種に対する捕獲率と環境DNAによる検出率



1季あたりの捕獲率（湖内全地区の計）

$$0.62 \pm 0.142 (n=177)$$



環境DNA 1サンプルあたりの検出率

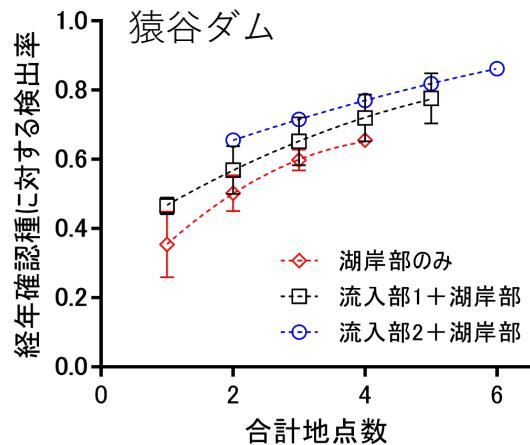
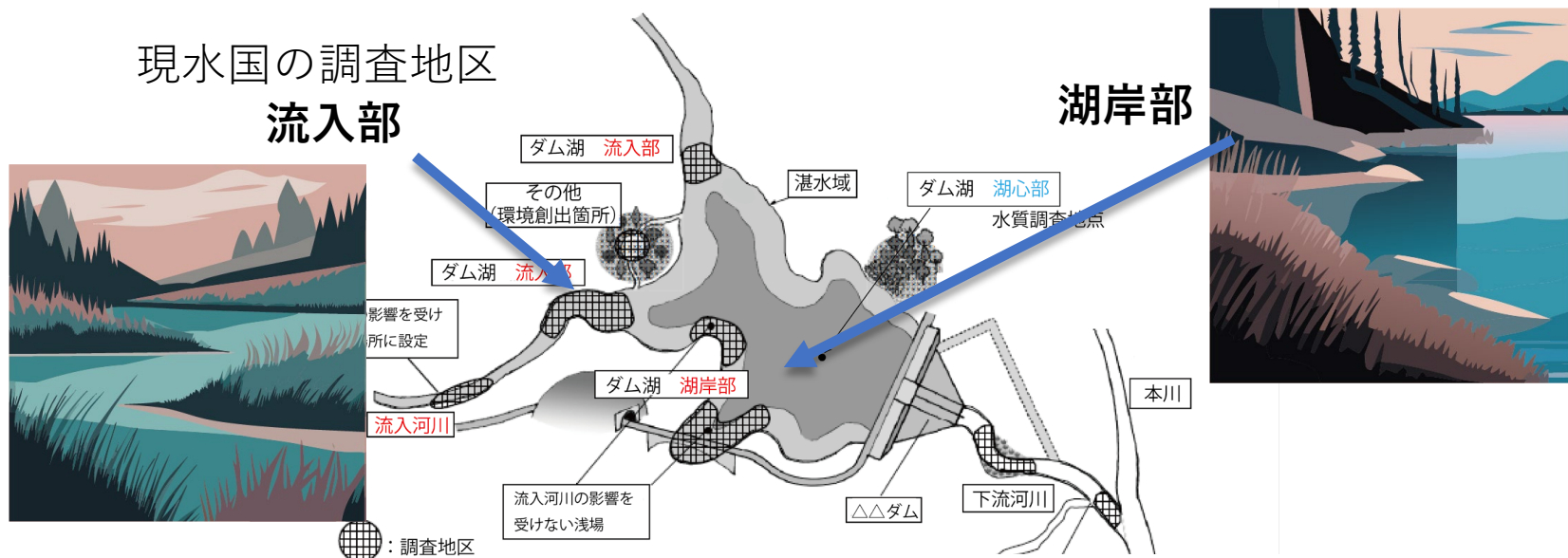
$$0.51 \pm 0.188 (n=157)$$

- ・ 環境DNAでダム湖の生物相を得るためには、1サンプルでは不足

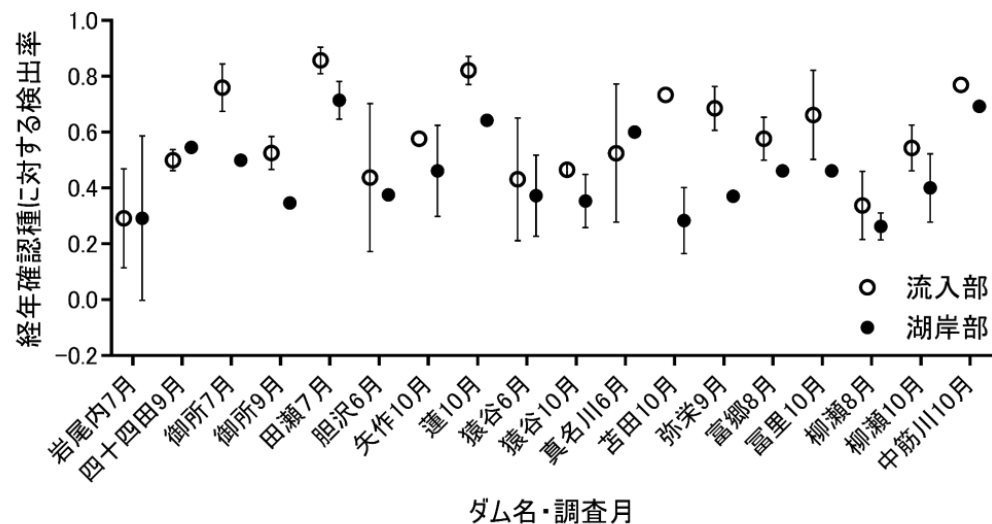
環境DNAの検出率は、サンプル間のばらつきが大きい

>> 効率的な採水地点を選定する必要がある。

ダム湖の効率的な採水地点

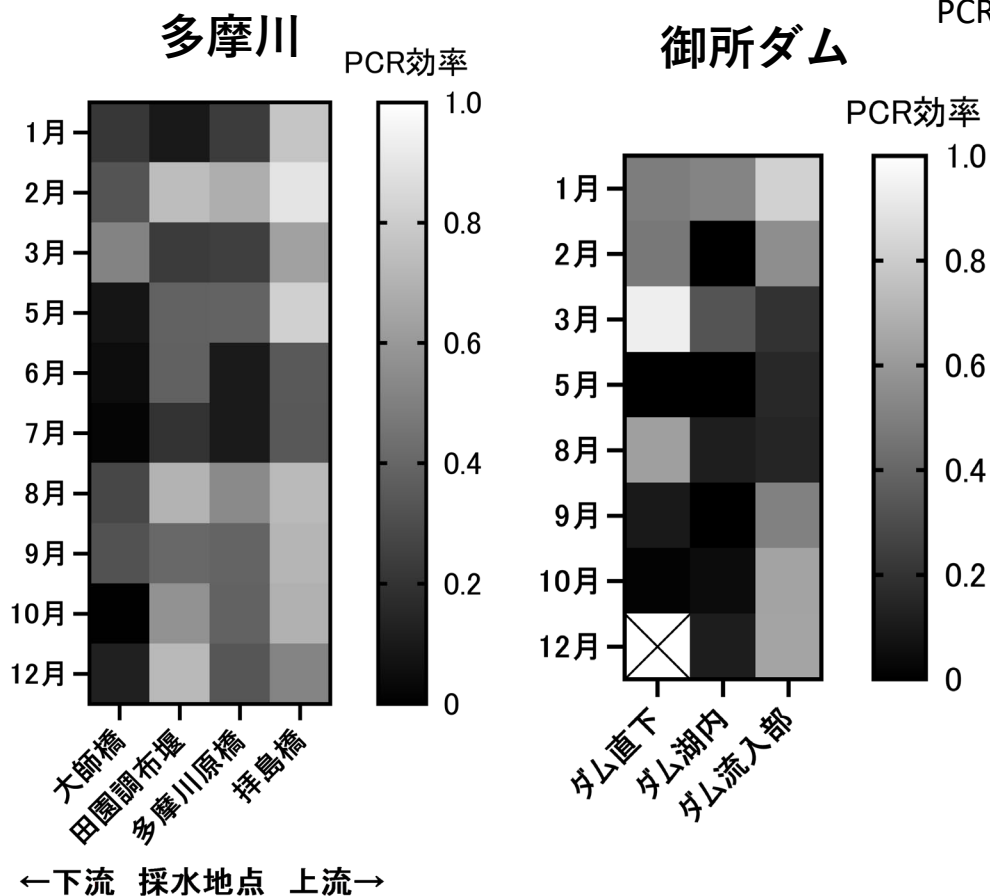


採水地点数と検出率の変化

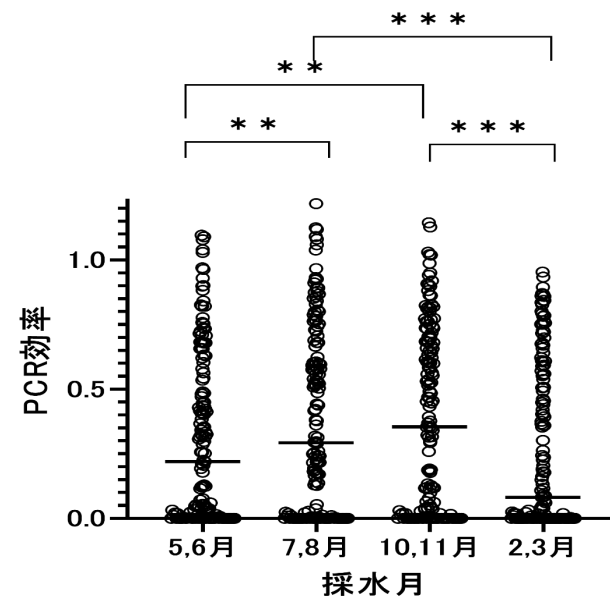


流入部と湖岸部における環境DNAによる経年捕獲確認種検出率

分析阻害物質の影響



PCR効率：0.2を下回ると分析不調を引き起こす可能性



九頭竜川水系におけるPCR効率の季節変化

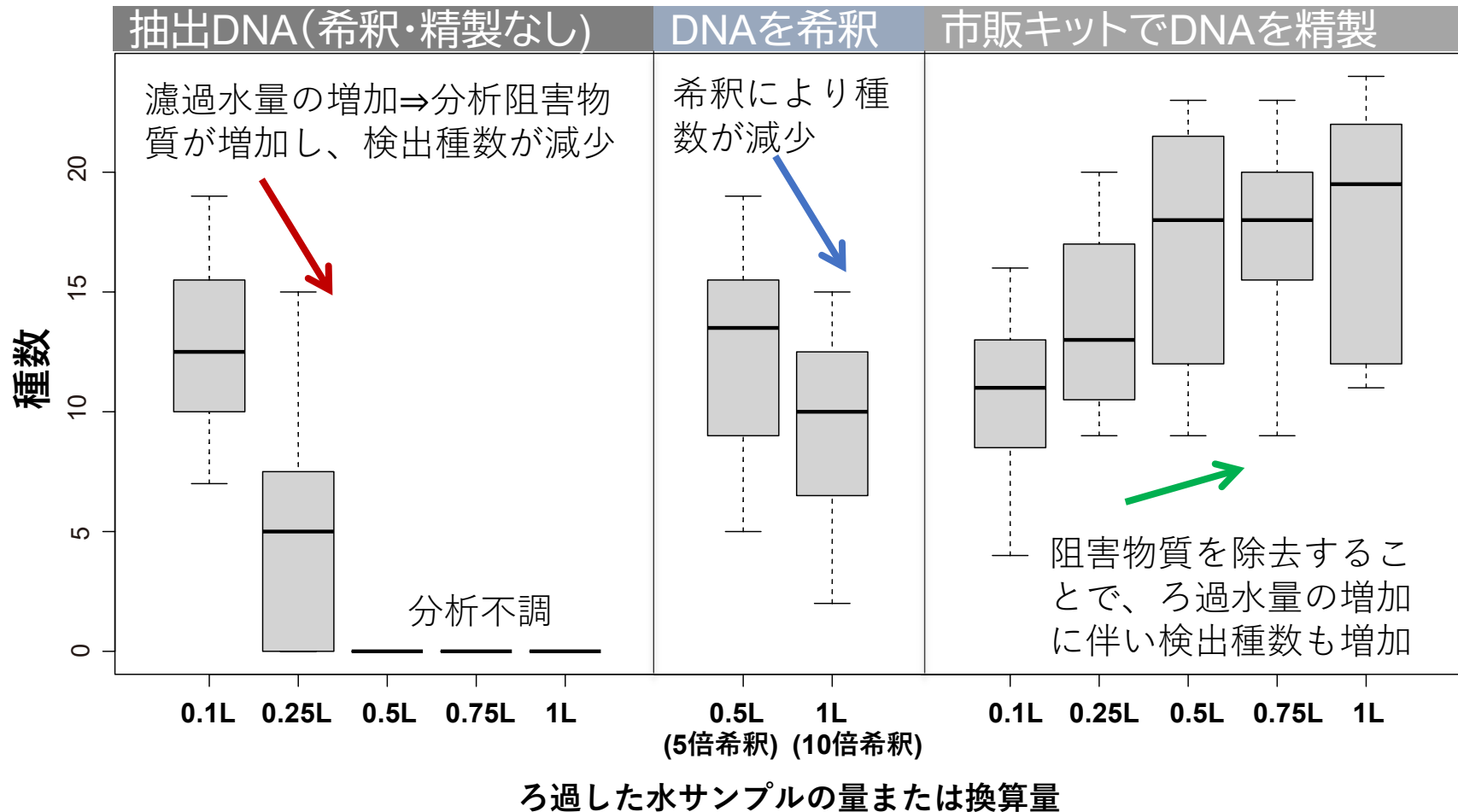
支川合流部の147地点で採水

分析阻害の影響は、**ダム湖**や**ワンド・たまり**で大きく、出水による濁りの影響もいわれていたが

- ・ 出水のほか、**農地における水利用**や**雪解け水**の影響を受ける可能性
- ・ 上記の影響が**ダム湖**では**長期化**する傾向

分析阻害物質除去キットの効果

- ・ 阻害対策としてはDNAの希釈、DNAの精製が挙げられる
- ・ DNAの希釈は分析のTry & Errorが発生しコストが高くなる（受注者負担）
- ・ DNAの精製はコストは微増するが、希釈より不確実性が低い



ろ過水量を確保し、DNAの精製によりPCR阻害を回避し多くの種を検出可能に

リファレンスデータの充実に向けた取り組み

お雑煮にも 魚のDNA配列にも 地域差があります

牡蠣・しょうゆ・ゆず

鶏もも肉・しいたけ・小松菜・人参・しょうゆ

くるみ・高野豆腐・鶏肉・ごぼう・いくら

白味噌・里芋・金時人参・大根

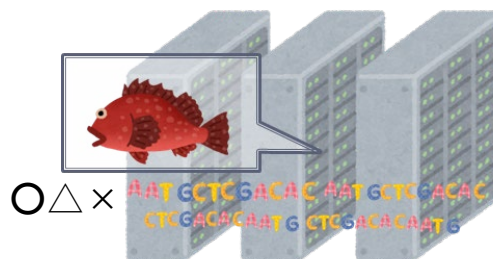
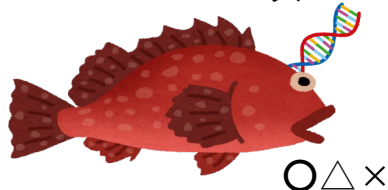
鰹節・餅菜・しょうゆ

ぶり・焼き豆腐・かつお菜・干しいたけ・あごだし

小豆

テキストデータと実物を結び付ける情報が必要

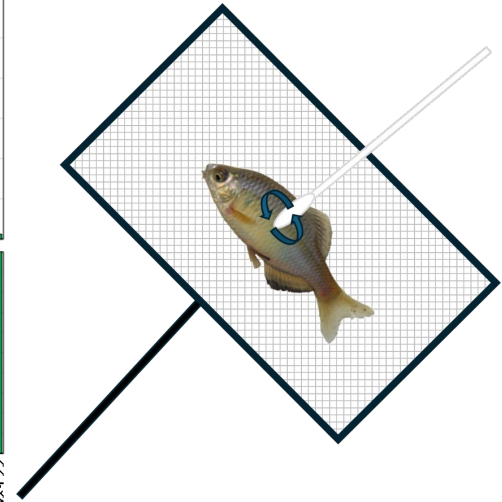
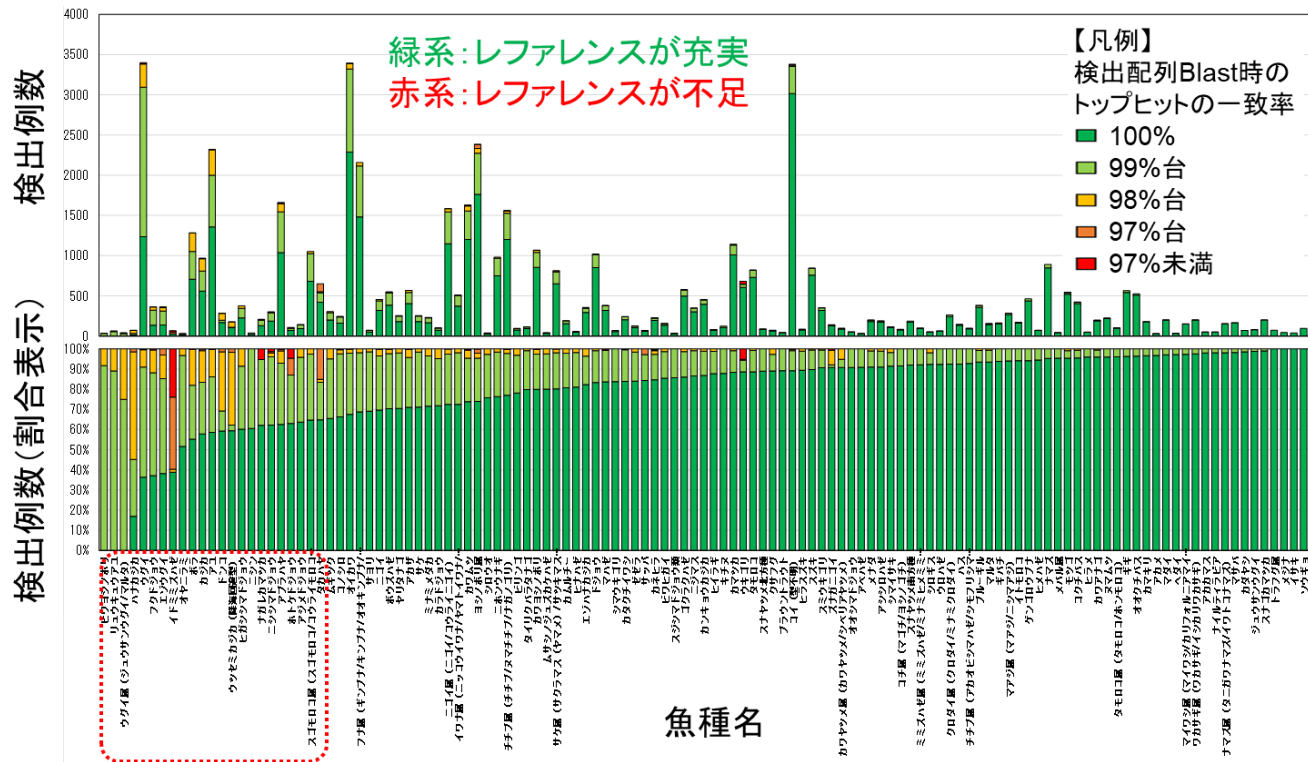
100%一致！



97%しか一致しない



リファレンスデータの充実に向けた取り組み



➤ R2,R3テーマ調査等で取得した1,514検体のうち、検出例が30以上ある魚種を集計

➡ 基本的に一致率が高い種が多いが、**イドミミズハゼ、ホトケドジョウ、タカハヤ**等、トップヒットの一致率が低い種が一部にみられる

リファレンスデータの充実に向け、
捕獲調査のサンプルを利用した組織片の採取の試行調査を実施中

魚だけじゃない、環境DNA

他の生物への展開や、大気環境DNAの研究も進んでいます



川辺で目視確認された鳥の90%を、
河川水の環境DNAで検出！

当日会場にて共同研究者の大成建設担当技術者より両生類の環境DNA調査に向けた取り組みに関するパネル展示と説明を行います

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



土木研究所では、環境DNAの分析残サンプルのアーカイブ化を図り、
河川環境に資する研究に供するための準備を進めています

分析残サンプルを使った外来種分布域の探索³⁸

ミズワタクチビルケイソウ

新着 社会 政治 経済 スポーツ 国際 地域 科学・IT エンタメ・文化

ホーム > ニュース > 科学・IT

多摩川に外来種の藻類が繁茂、一度侵入したら根絶は困難...アユ生育にも悪影響

2022/06/30 19:10

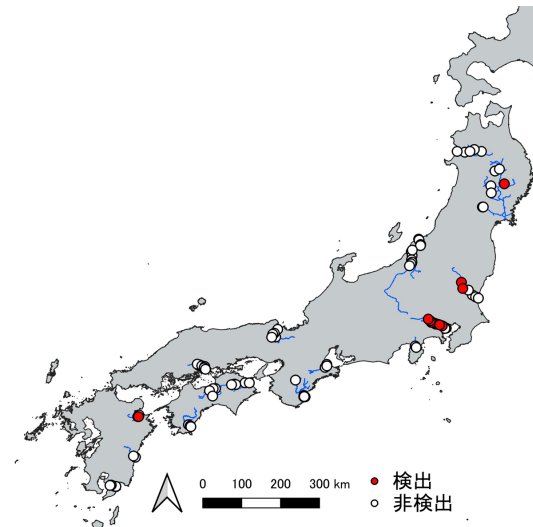
この記事をストックする



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！

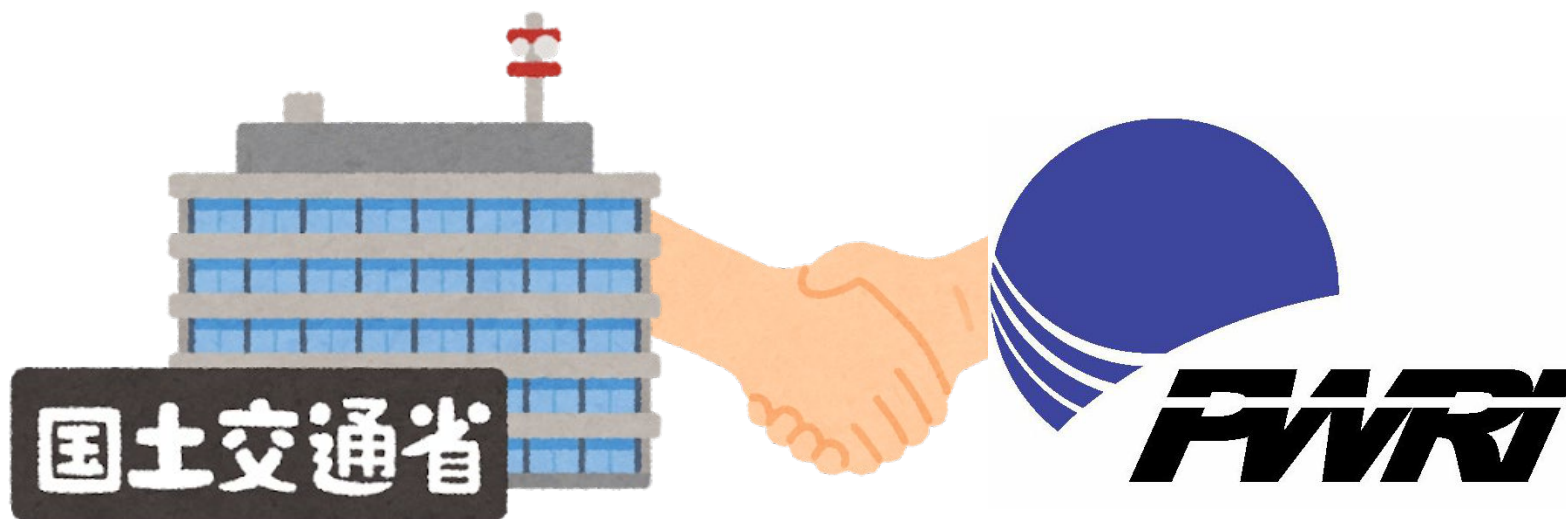
ま と め

環境DNA調査では、目的とする生物の組織片をとらえ、適切な方法で分析を行うことが大切です。

- 調査目的に応じたサンプリング地点の設定、地点数、採水量の設定
- 汚染を防止し、また減耗を低減させるサンプルの取り扱い
- 得られた分析結果の客観的な精査
- 上記を可能とするための知見の積み重ねと反映

この技術の汎用化と高度化に向けて
引き続きご協力のほど、よろしくお願いいたします。

これからも、
国土交通省と連携し、
ネイチャーポジティブの実現に向けた
研究を進めてまいります



参考

環境DNA学会マニュアル

<https://ednasociety.org/manual/>

これから環境DNAを使う方に

環境DNAの入門書 令和8年3月頃出版予定

環境DNAの最新情報を知りたい方に

環境DNA学会 山口大会（12/11,12）

<https://pub.conf.it.atlas.jp/ja/event/edna8/content/outline>

※実装セッションとして、コンサルタントの方たちが主体となるセッションを毎年企画提案