

環境DNAが拓く 新しい環境調査

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！



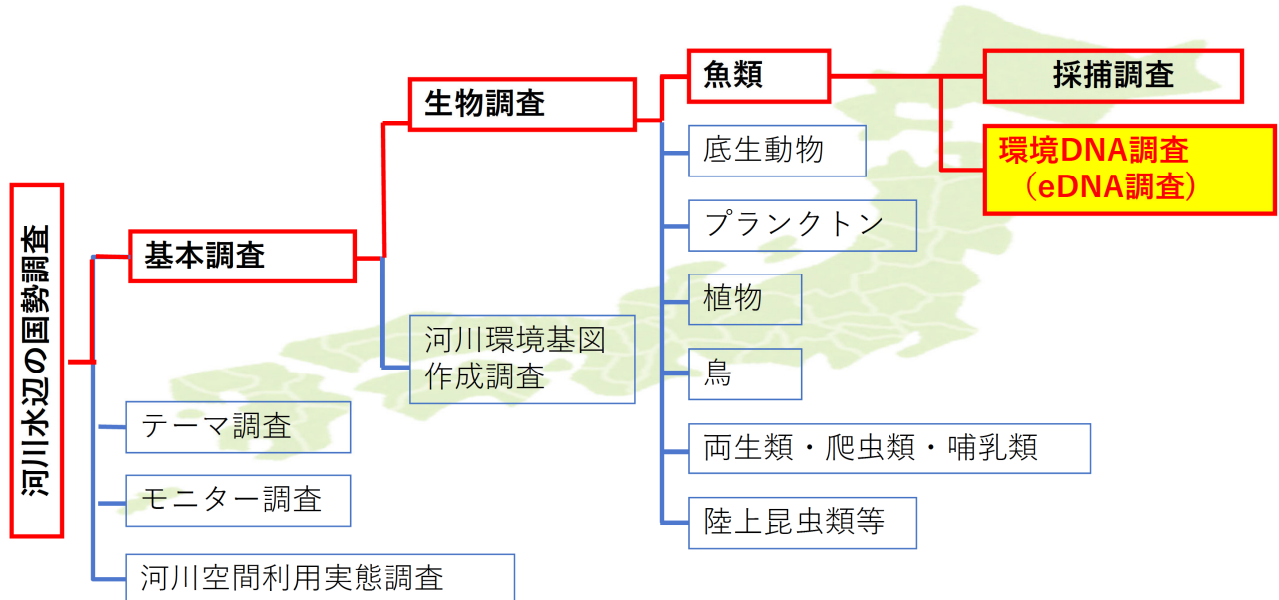
河川や湖沼の水の中には、そこに連続する環境中にいた様々な生物の組織片等が含まれている。この組織片等からDNAを取り出せば、必要な生物情報を得ることができる。

魚類を対象としたMiFishに関する論文は、2015年に公表

河川水辺の国勢調査（国土交通省）

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

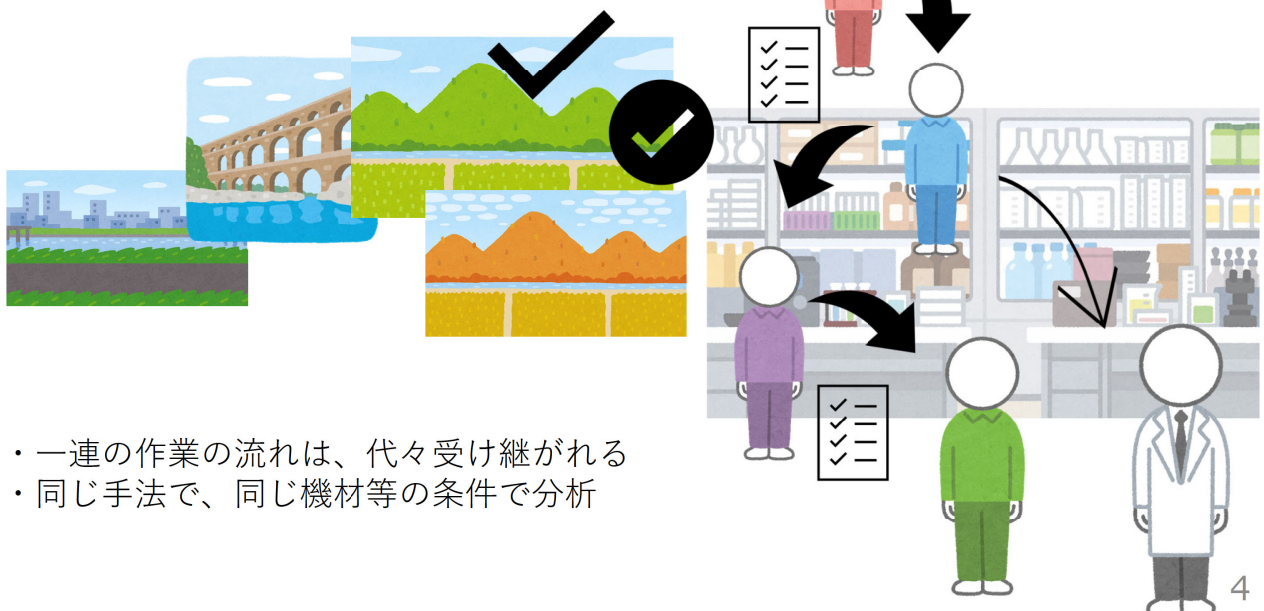
これまで捕獲により生物情報を得てきた魚類調査を対象に、環境DNA調査の導入を検討中



なぜ標準化が必要？

環境DNA 大学等の実施体制

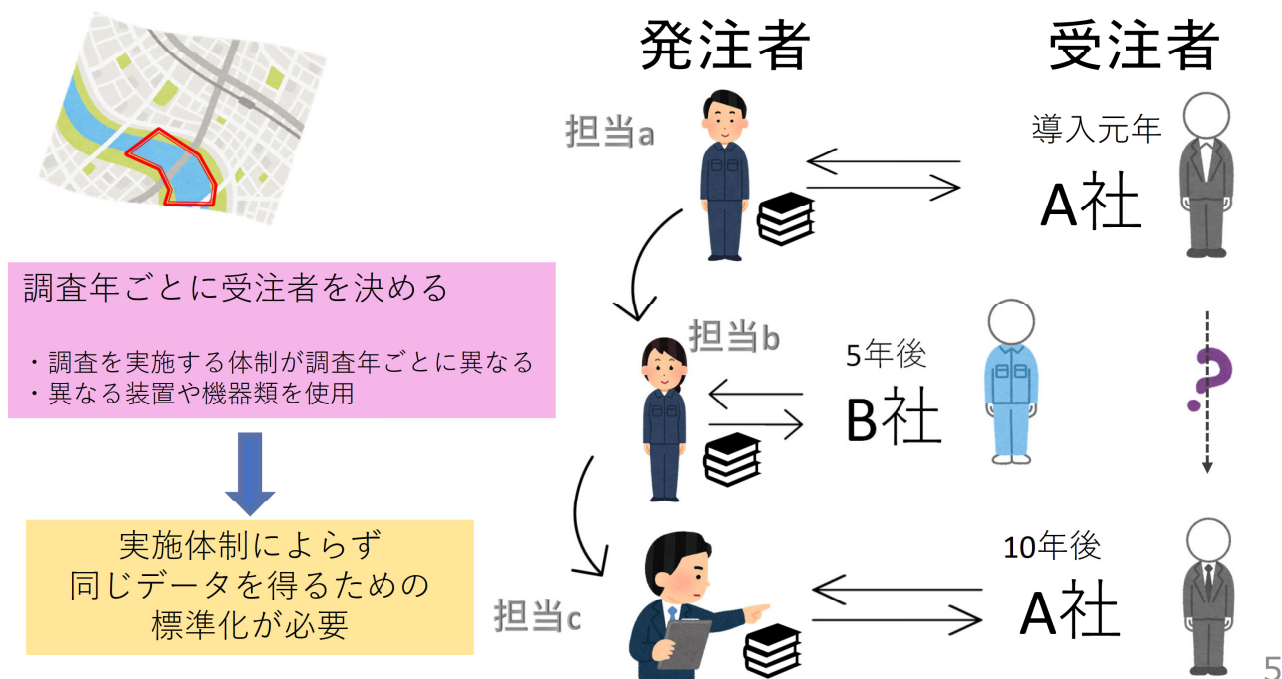
研究課題に適した調査サイト、調査時期、対象生物を選んで、研究計画を立案



なぜ標準化が必要？

河川水辺の国勢調査における実施体制

あらかじめ定められた調査地区や調査対象に応じて調査計画を立案



情報の確かさに向けた標準化

捕獲されているのに、環境DNAで未検出

- 組織片等を捉えることができていなかった
- 検出できる量まで増やせなかった
- 検出されていたが、検出と判断されなかった

- ✓ どのように採水地点を設定すればよいのか
- ✓ サンプルの量・数をとればよいのか
- ✓ 捕獲と環境DNA、それぞれの確認種の特徴の整理
- ✓ 分析データ精査方法の最適化と統一

捕獲されていないが環境DNAで検出

- 捕獲できていなかった（捉えにくい種、個体数が少ない種）
- 捕獲と環境DNA 対象範囲が違う
- コンタミネーション

- ✓ 捕獲と環境DNA、それぞれの確認種の特徴の整理
- ✓ 環境DNAはどのくらいの範囲の生物情報を反映しているのか
- ✓ コンタミネーションを防ぐには？

やってみたけどノーデータ

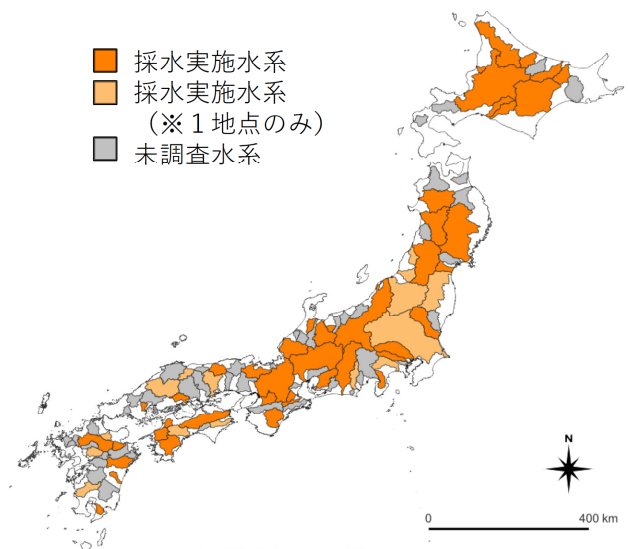
- 分析不調を引き起こす要因があった
- 分析に必要な量の組織片を捉えられなかった
- 分析上のエラー

- ✓ 実態の把握・（原因の究明）・対応策の検討



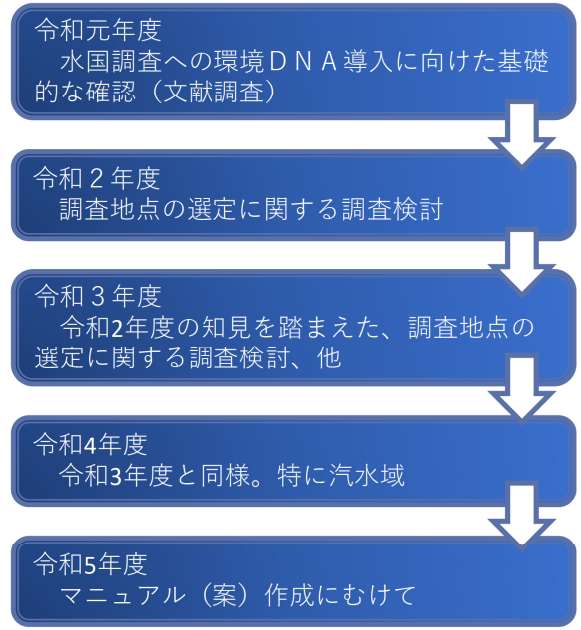
水国調査への環境DNA導入に向けた取り組み

水国テーマ調査：水国調査時に環境DNA調査を実施

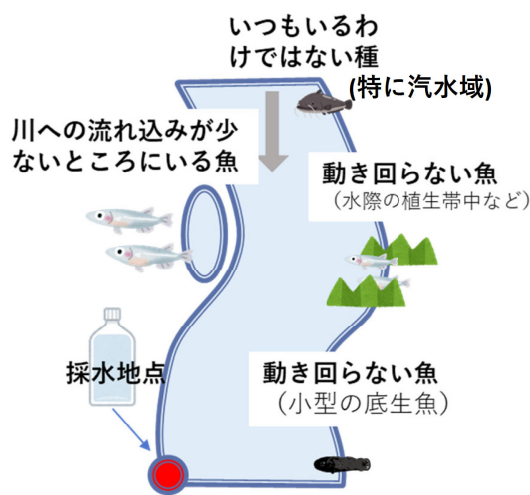


河川水辺の国勢調査への
環境DNA導入に向けた全国調査対象地域 (R4.10現在)

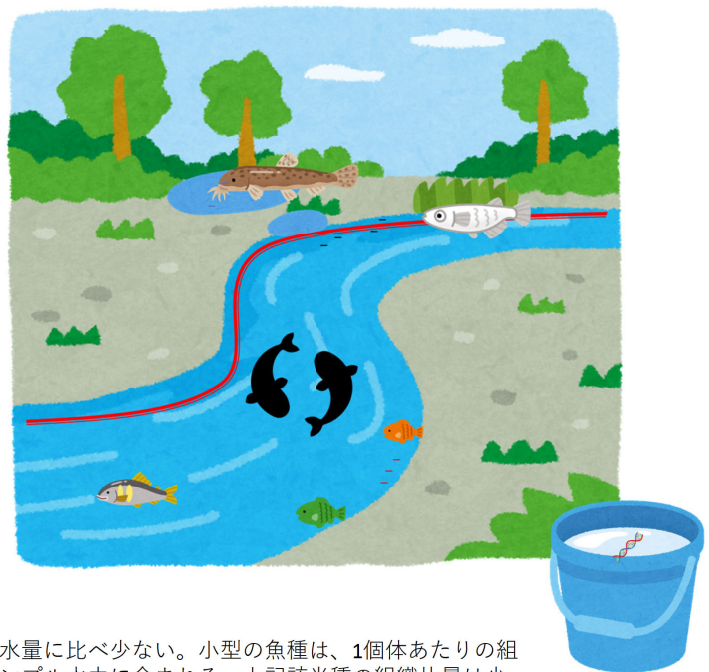
水国魚類調査(魚類)に合わせて 約1,300地点
 底生動物・プランクトン調査：約150地点 (10ダム含む)
 水質調査時に：約600地点・回
 汽水域の干満に合わせて (R4) :約350地点・回... 約2,400種類の環境DNAサンプルを収集・分析中



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



ワンドやクリークから本川に流れ込む水の量は、本川の水量に比べ少ない。小型の魚種は、1個体あたりの組織片等の放出量が小さい。そのため、本川で採水したサンプル水中に含まれる、上記該当種の組織片量は少ないと考えられる。さらに、河岸の環境の多くは左右岸で異なり、水際の植生帯やワンド・クリークが対岸のみにある場合には、片岸1地点の採水地点では調査地区内の生物相を反映することは難しい。

河川における採水地点の最適化

水国調査地区の魚種を捉えるための調査
 地区内の採捕確認種を検出するのに必要な地点数

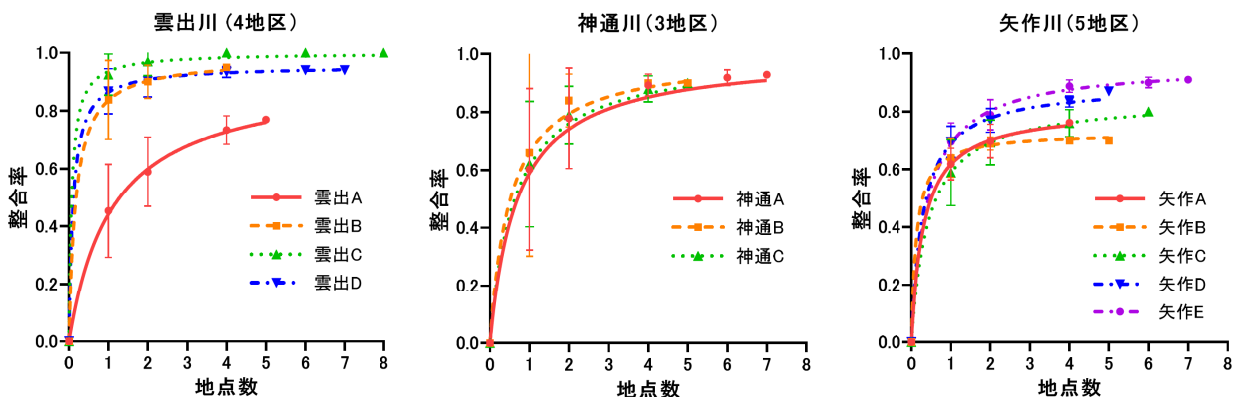


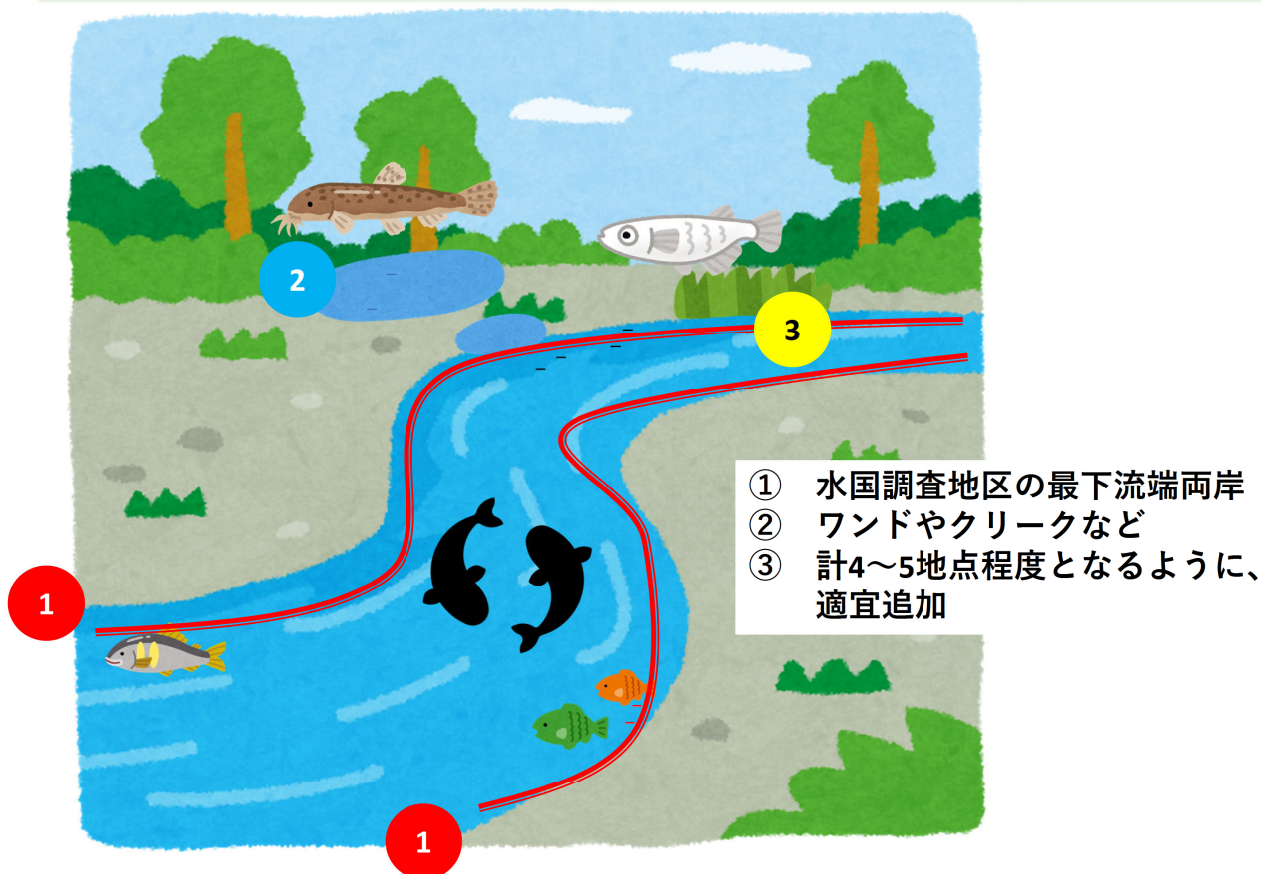
図 地点数と整合率の関係
 (プロットは平均値、エラーバーは範囲)

- 各河川のいずれの地区においても、採水地点数が増加するにしたがって整合率が上昇
- 各河川4地点程度で近似曲線の傾きが横ばいに

地区内の採水地点は4~5地点とするのが効率的

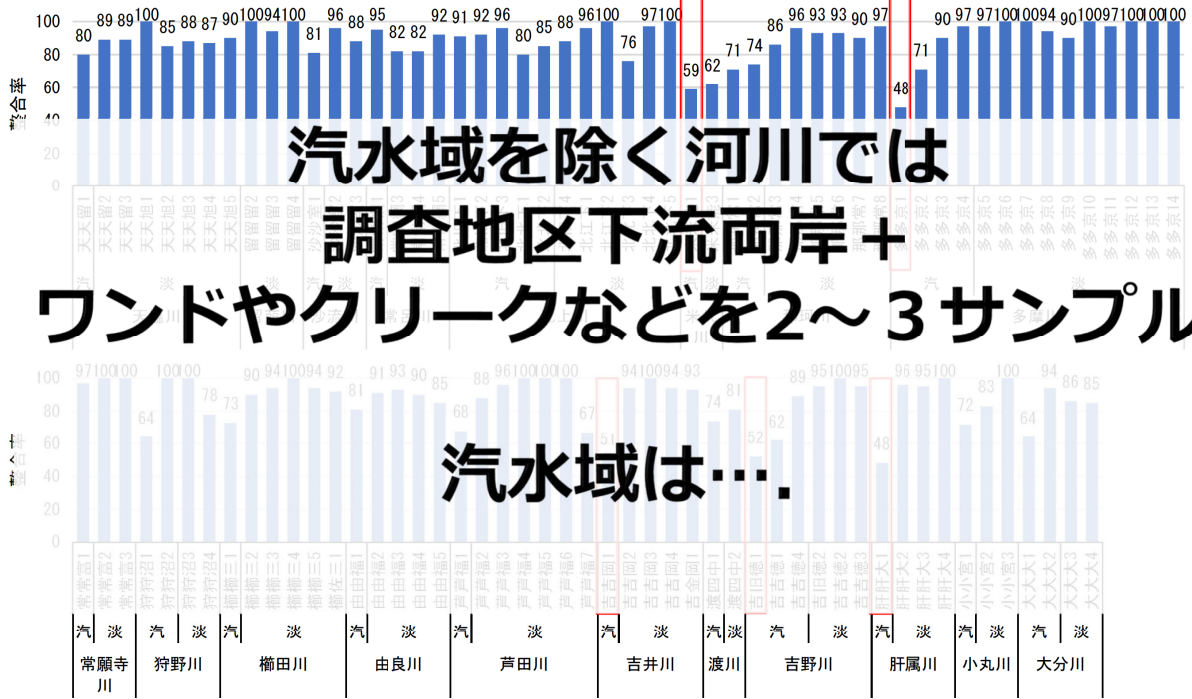
環境DNA分析の河川の魚類調査への適用に向けた最適な採水地点の検討、篠原隆佑、菅野一輝、村岡敬子、天羽浄、中村圭吾、2022年度河川技術に関するシンポジウムおよび「河川技術論文集 第28巻」

河川における採水地点の最適化



標準化した採水地点で採水した結果

整合率は、淡水域で平均約92%、汽水域で平均約77%



汽水域を除く河川では

調査地区下流両岸 +
ワンドやクリークなどを2~3サンプル

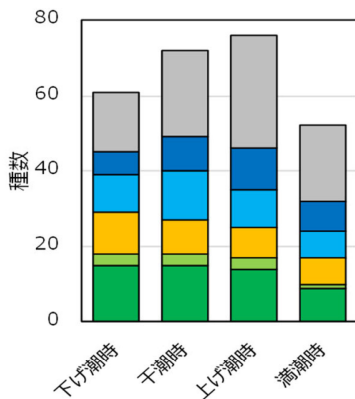
汽水域は…

標準化地点で採水した河川・地区別整合率*

*捕獲で確認された種に対するeDNAで確認された種の割合

汽水域における採水の標準化

那珂川（茨城県）の調査結果の例

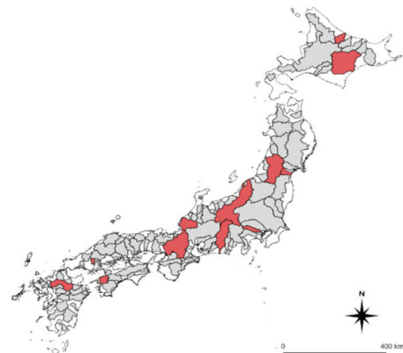


- 漁港や水族館由来のノイズと考えられる種
ホッケ、ヒラマサ、ニシン、マグロ属など
- 海水魚 アカエイ、マイワシなど
- 周縁性淡水魚 ハゼ、スズキ、ボラなど
- 通し回遊魚 ニホンウナギ、アユ、ウキゴリなど
- 純淡水/通し回遊魚チチブ/ヌマチブ/ナガノゴリなど
- 純淡水魚 コイ、イイカフ、ドジョウなど

採水時の潮の干満と環境DNA検出魚類の傾向

那珂川の場合（仮説ですが）
満潮時（検出される魚種が少ない）
→流れが穏やかで、組織片が拡散せず沈降

下げ潮～干潮時（海水魚・汽水魚を検出）
→沈降した組織片が水位低下時に流出



10水系を対象に
潮汐環境の違いも踏まえながら継続検討中

ダム湖における採水の標準化

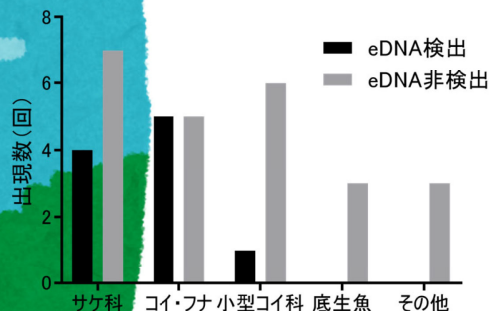
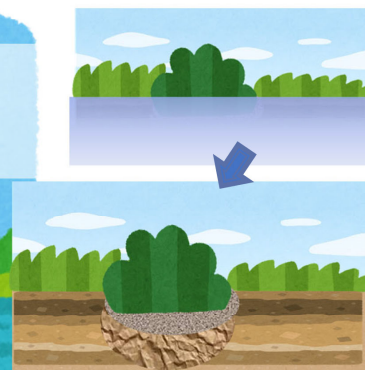
ダム湖の状況

- ・流れが緩やかであるため、組織片が拡散しにくい
- ・湖岸のハビタットは局所的

水際帯を利用する小型の魚類に由来する組織片等の濃度・拡散範囲が小さい

ダム湖では、捕獲・環境DNA共に流入部で多くの魚種を確認できる

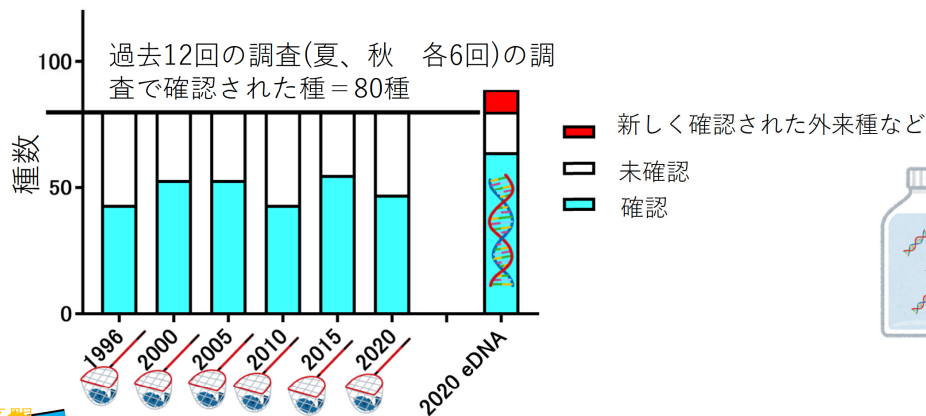
ダム湖に適したサンプリング方法もふくめ、採水地点を検討中



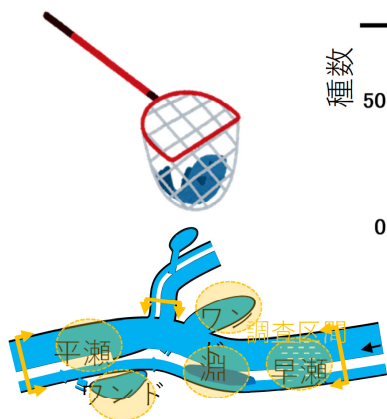
湖岸部で捕獲された種の湖岸部eDNA検出結果

ダム湖内魚類相を効率的に捉えるための環境DNA調査方法に関する検討、村岡敬子、天羽淳、菅野一輝、篠原隆佑、中村圭吾、書籍名：2022年度河川技術に関するシンポジウムおよび「河川技術論文集 第28巻」

水国調査と環境DNA 検出される種



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

導入の仕方によって、環境情報も変化する

5年後 → 5年後 → 5年後 →

導入の仕方	7巡目	8巡目	9巡目	10巡目	
A 導入無					
B テーマ設定導入			● 課題解決のための導入		
C 調査地区の部分置換		例) 重点調査地区は捕獲調査			
D 調査手法の部分置換		例) たも網、サデ網調査のみ実施			
E 季節の部分置換		春	秋	春	秋
F 隔巡置換					
G 完全置換					

現在の水国捕獲調査	規模を縮小した捕獲調査	環境DNA調査
-----------	-------------	---------

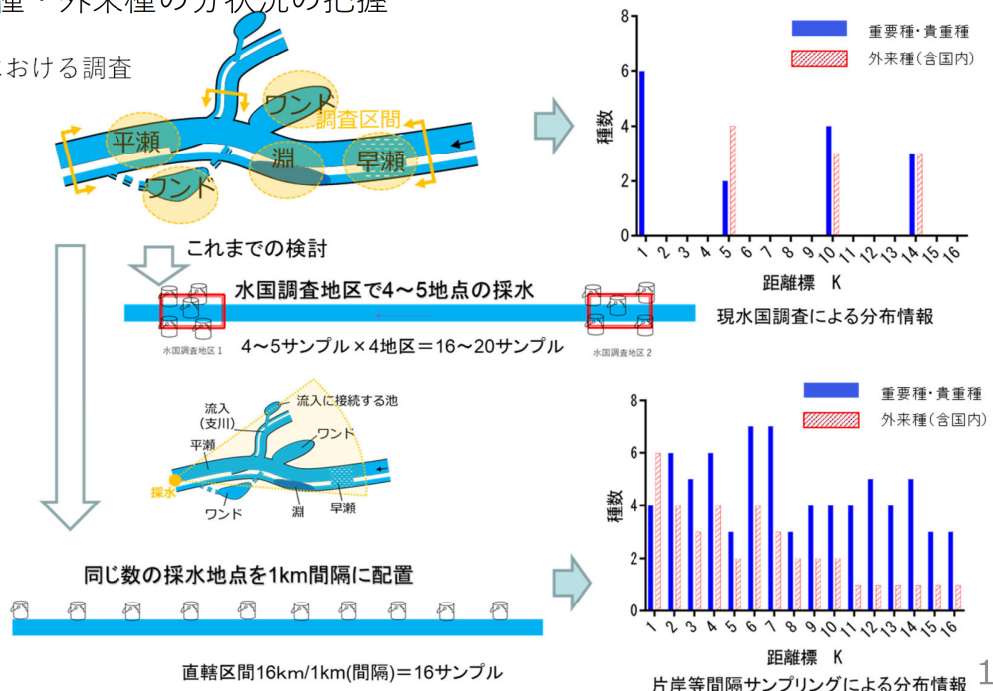
「環境DNA導入後の生物情報」、「作業負担（経費）」等を踏まえ、総合的に判断する必要がある

粗くても水系全体を俯瞰する生物情報

これまで、水国調査データの連続性に注目し、水国調査地区の魚類相を捉えるための検討を行ってきた。「1調査地区4~5地点採水」をベースに、同じ採水地点数を水系内に等間隔で配置することにより、より面的な生物情報を得ることができる。

貴重種・重要種・外来種の分状況の把握

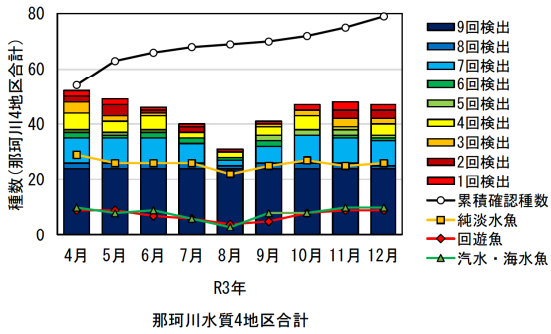
「水国調査地区」における調査



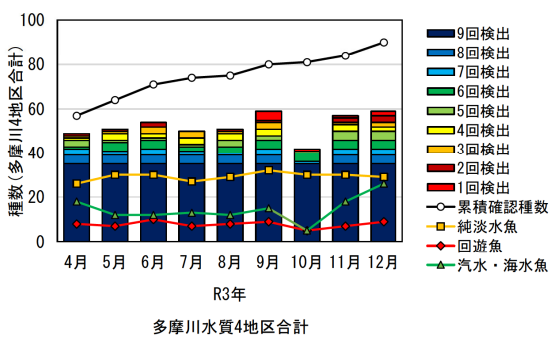
定期水質調査を利用した通年の生物情報

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)

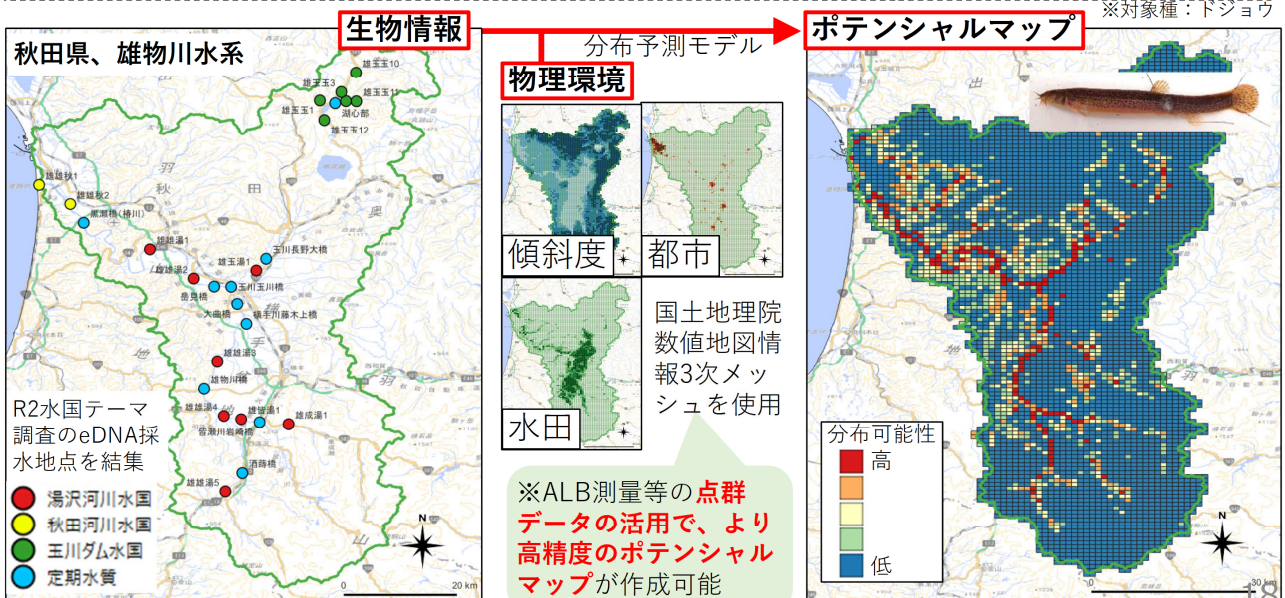
河川	種名	遊泳型	生活型	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
那珂川4地区	ニホンウナギ	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	マルタ	遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	アユ	遊泳	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	サケ	遊泳	回遊	●						●	●	●
	シラウオ	遊泳	回遊		●							
	ウツセミカジカ(降海回遊型)	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	カマキリ	底生	回遊			●						●
	オウギハゼ	底生	回遊									●
	ウキゴリ	底生	回遊	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	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			●						●
	ピリンゴ	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

河川水辺の国勢調査への環境DNA導入に向けた取り組み村岡敬子・菅野一輝・篠原隆佑・天羽淳・中村吾吾、土木技術資料 64-5、(2022)

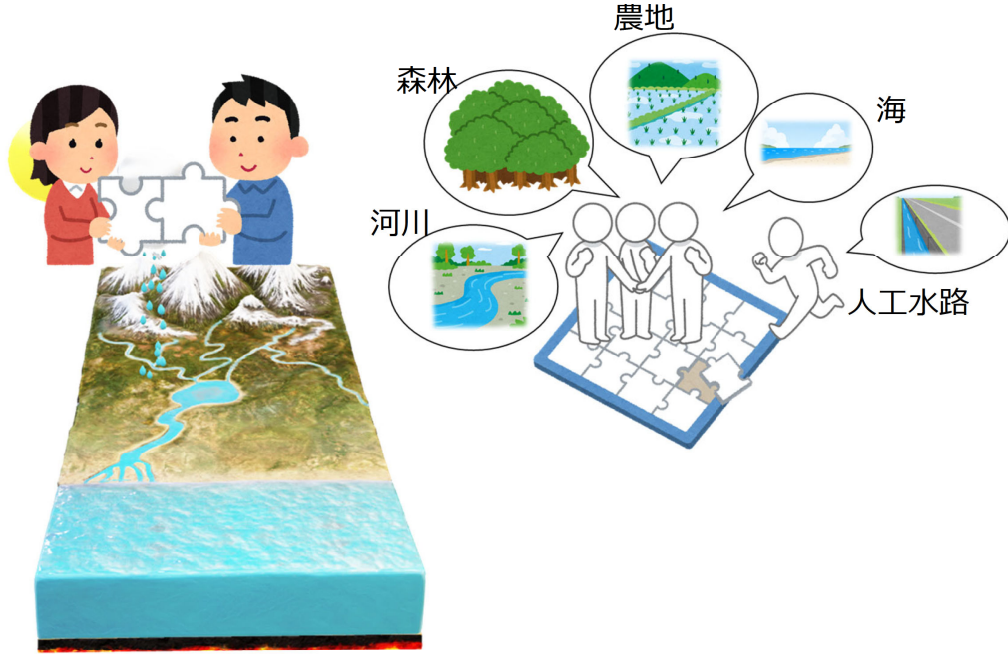
地点数を増やして、面的な生物情報

- 生物情報と物理環境の関係を分布予測モデルにより解析することで、**点的な生物情報を面的に拡張したポテンシャルマップ**を作成可能(※相当数の在・不在情報がそれぞれ必要←捕獲調査では負担大)
- 流域内で俯瞰できる生物情報として、保全対象種の設定、エコネットの基礎資料、災害復旧時の事前生物情報など、**計画・検討時に効果を発揮**
- 環境DNAの導入により、**作成に必要な地点数が確保しやすくなる**
- 環境DNA調査では、**同じサンプルで複数の種の生物情報を得ることができる**



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



魚だけじゃない、環境DNA

他の生物への展開、大気環境DNA、堆積物を使った過去環境の調査など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！

生物調査だけではもったいない、環境DNA

環境DNAの特徴

水から生物情報

大気からも、土からも

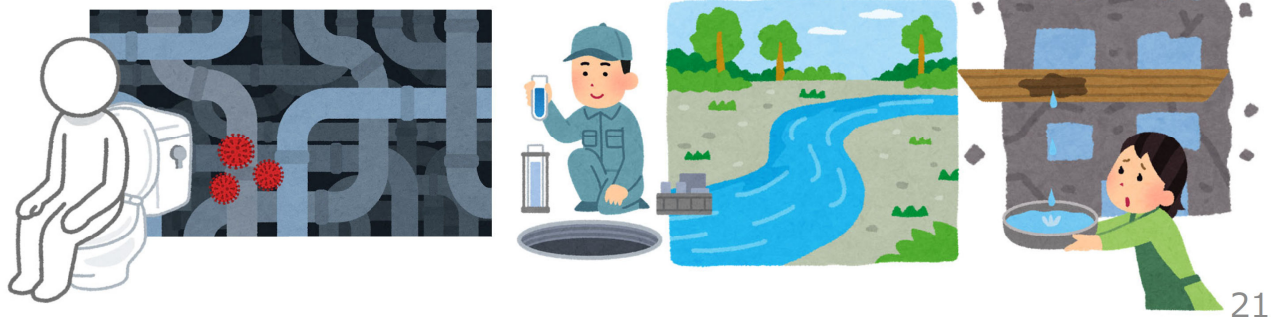
生物組織片由来のDNA

組み合わせは無限大

検出感度が高い

自然素材・自然分解

分解時間も幅広く選択可



21

環境DNAが拓く新しい環境調査

まとめ

調査技術としては開発途上の環境DNAですが

**調査手法の得手不得手を理解し、
効果的な使い方を考えていきませんか！**

土木研究所 流域水環境研究グループ 流域生態チーム
のHPにも、適宜情報を掲載しています

22