

環境DNAによる環境調査の最前線

水環境研究グループ グループ長 松木洋忠

環境DNA

1杯のバケツの水から生物情報！



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が含まれている。組織片からDNAを取り出せば、必要な生物情報を得ることができる。

環境DNAを使った魚類調査の流れ

現地での作業は水をくむだけ！



分析会社の受託価格
3万円/サンプル

河川や湖沼の水 1 ~ 2L

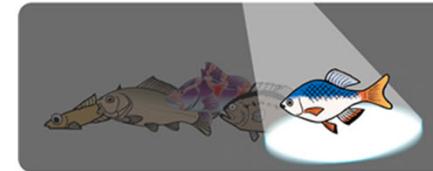
ろ過・DNAの抽出

DNA分析（種網羅解析）

データベースとの照合

DNA分析（種特異解析）

ある種に特化した調査



いる  OR  いない

生物リスト

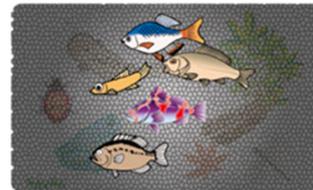
生物の在不在情報

地点 A

- ・コイキング
or ギャラドス
- ・テッポウオ
- ・ドジョッチ
- ・ハギギシリ
- ・ギバニア
- ・シーランス

地点 C

- ・コイキ
or ギ
- ・ドジョ
- ・ハギギ
- ・ママン



地点 A



地点 B



地点 C



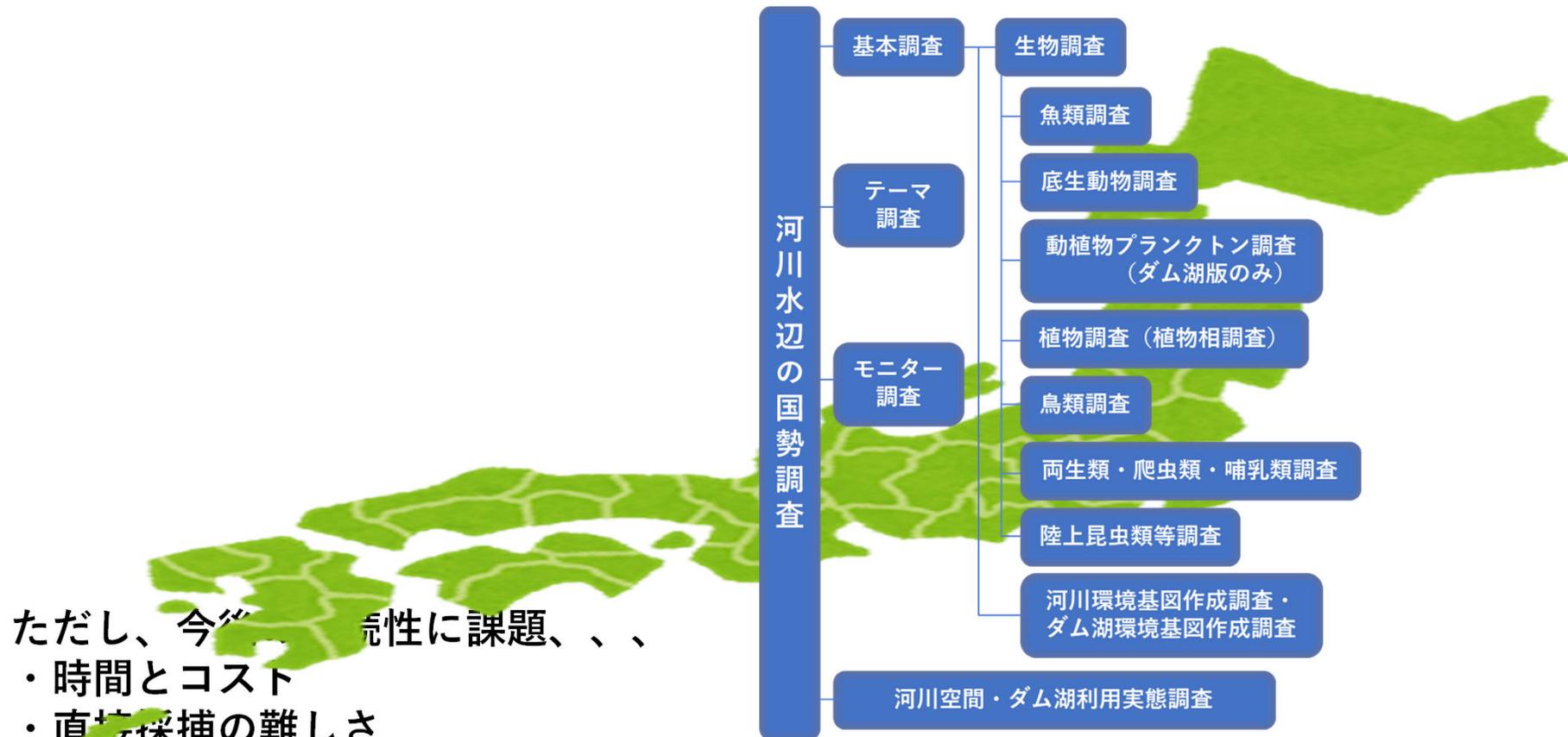
生物相調査

河川水辺の国勢調査

河川水辺の国勢調査（水国）

国土交通省が平成2年から継続実施、日本最大規模の環境調査事業

多自然川づくりを行う際の重要な生物情報



ただし、今後の流域性に課題、、、

- ・時間とコスト
- ・直接採捕の難しさ
- ・専門知識を持った調査技能者の不足
- ・調査密度（地区数）が流域管理の視点では不十分

環境DNAを使って水国調査の課題の解決を図る！

環境DNAは、調査技能者の不足・経済的負担の課題を解決、
さらに面的な生物情報を得る手法として期待大



環境水中のDNA含有物を採取・分析

特に、DNAデータベースの充実している**魚類**では、
高品質な生物情報が得られ、研究事例も多い

水国調査への環境DNA導入に向けた取り組み

2008 水域の環境DNAの始まり 2015 MiFish発表される

平成29年度(2017) 土研 環境DNA実装に向けた研究開始

令和元年度(2019)：水国テーマ調査開始 (パイロット調査)
水国調査への導入に向けた基礎的な確認 (文献調査)

令和2年度(2020)：水国テーマ調査として全国調査開始
調査地点の選定に関する調査検討

令和3年度(2021)：水国テーマ調査継続
R2知見を踏まえた調査地点の選定に関する調査検討
河川形態の違いを踏まえた最適な調査地点の検討
水国データベースの枠組みの検討

令和4年度(2022)：継続検討およびマニュアル骨子作成

令和5年度(2023)：マニュアル(案)作成

令和6年度(2024)～:社会実装期間

合意形成

水国調査への環境DNA調査技術の実装

2018 環境DNA学会発足

(一社)環境DNA学会 調査実験マニュアル発刊

2020 環境省 マニュアル発刊

土木研究所と民間コンサルタントの
共同研究(第I期)

土木研究所と民間コンサルタントとの
共同研究(第II期)準備中

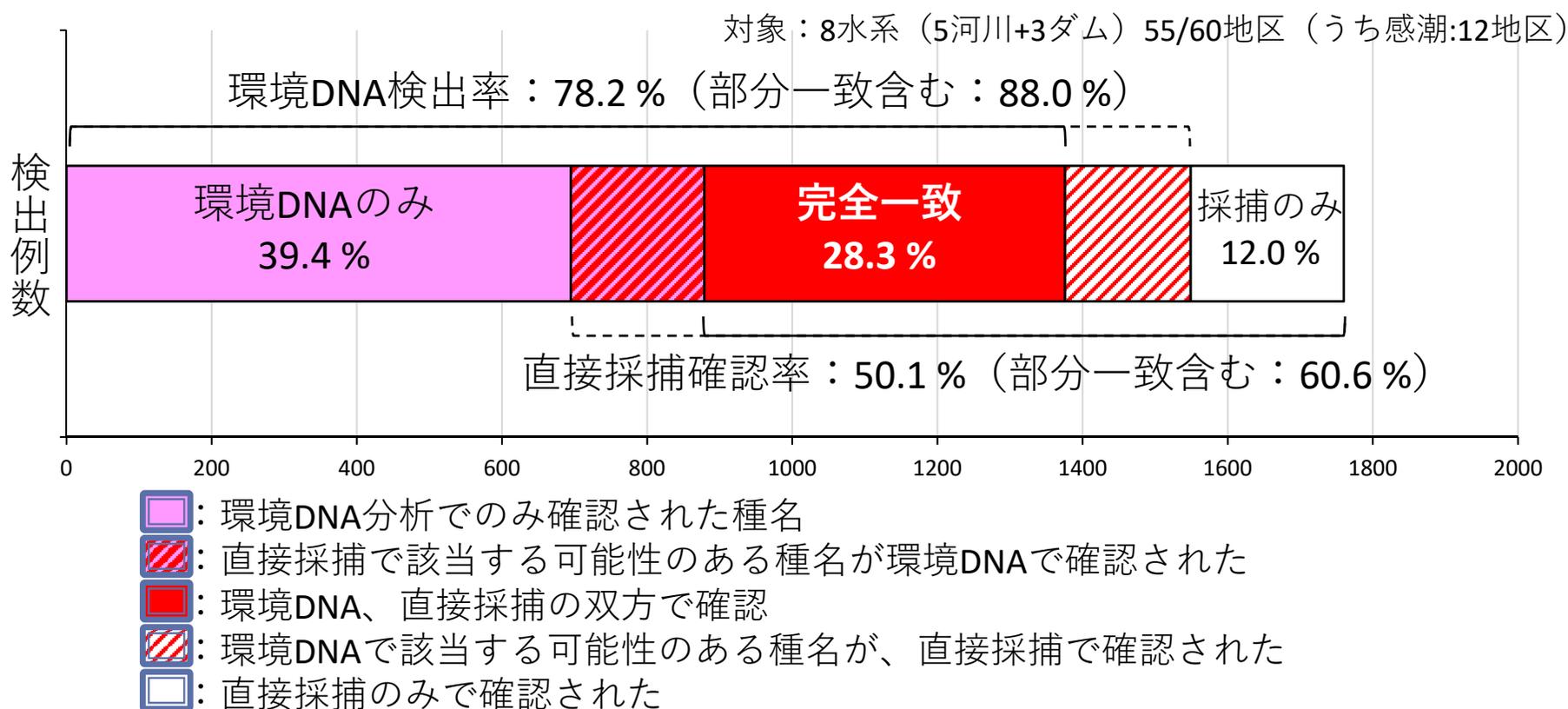
【R3年9月時点】

現在の水国調査と環境DNAを使った調査の比較

「直接採捕により得られた魚類リスト」 vs.

【R2年水国テーマ調査】

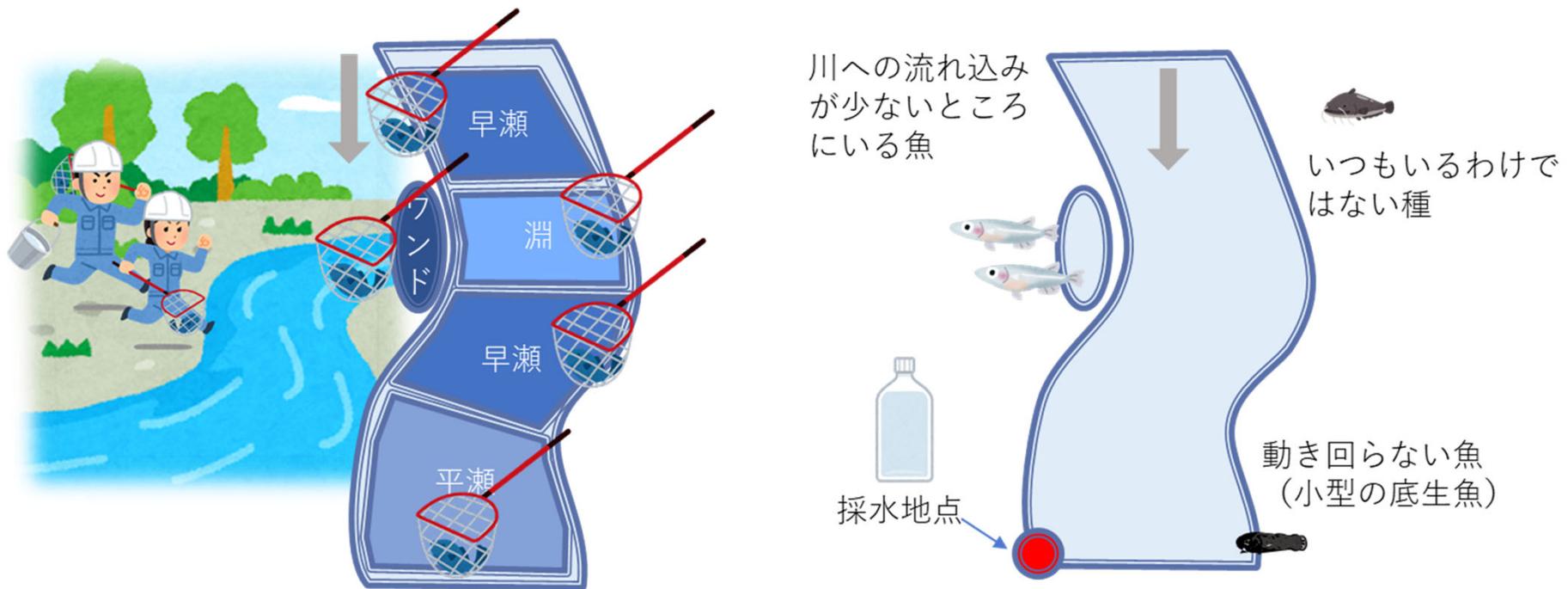
「各地区1地点1リットルの水の環境DNA分析結果」



- ・ 直接採捕で存在が確認できているのに環境DNAでなぜ確認できない？
- ・ 環境DNAでのみ確認できる種が、なぜこんなにいる？

直接採捕で存在が確認できているのに 環境DNAでなぜ確認できない？

直接採捕による調査では、そこにいる魚を確実に捕獲することが鍵
環境DNAによる調査では、そこにいる生物の組織片が水に入っているかが勝負



水国調査における採捕では、調査区間内にある環境区分それぞれで調査実施

調査区間の下流側1地点の採水結果であるため、組織片を捉えられなかった魚がいた

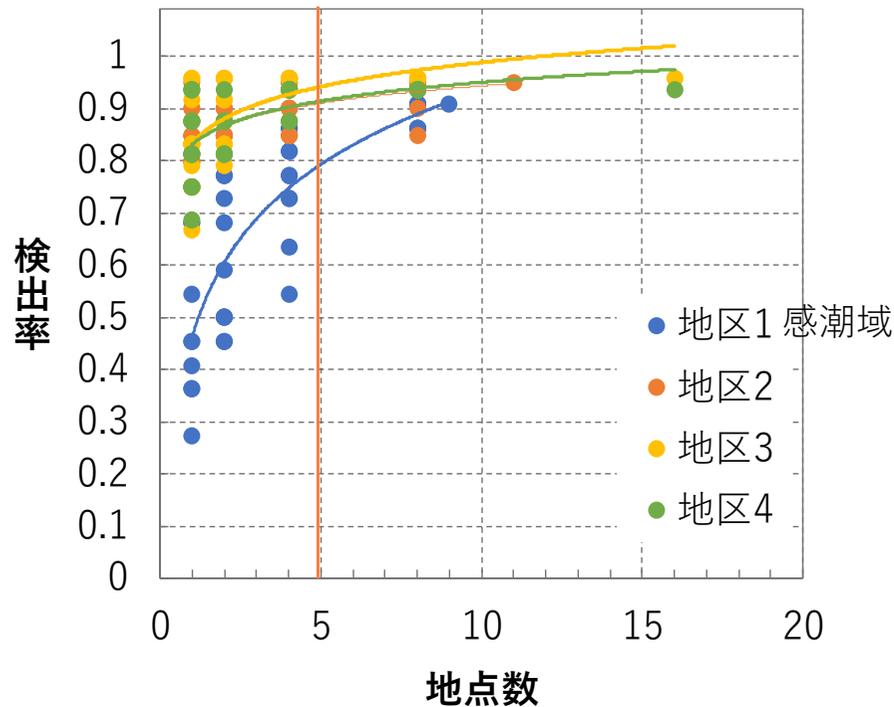
その地区の組織片を効率的に捉えるにはどうする？

効率的な採水地点について

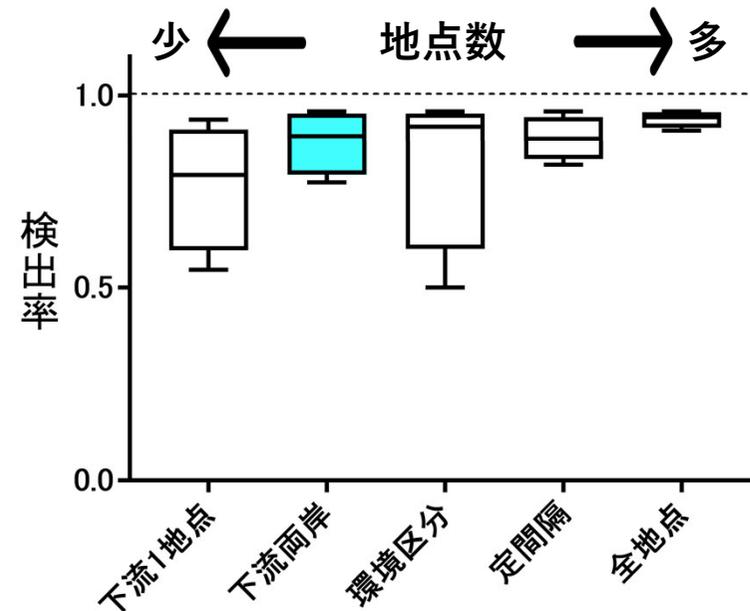
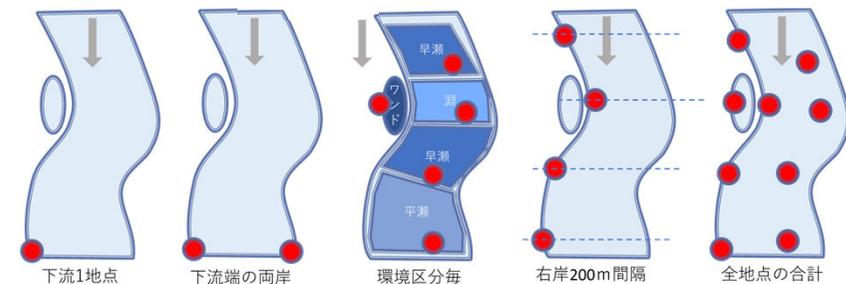
採水地点数が増えれば検出率もあがるが、5地点前後で鈍化(感潮域を除く)

下流2地点の配置が最も効率的 

$$\text{検出率} = \frac{\text{環境DNAと直接採捕の共通確認種数}}{\text{直接採捕で確認された種数}}$$



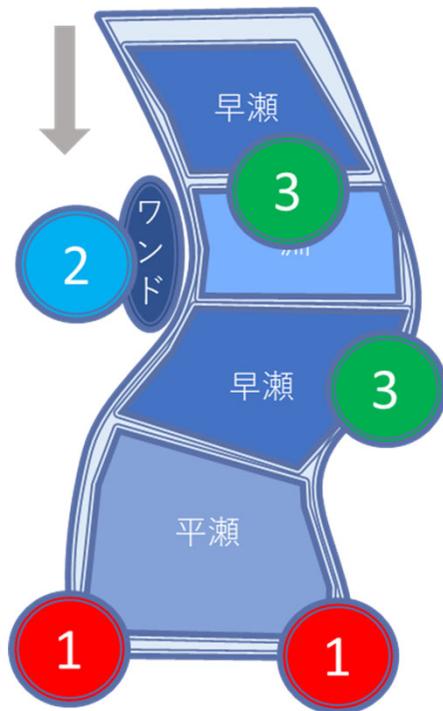
水国地区内の採水地点数と検出率



採水地点の設定と環境DNAによる検出率

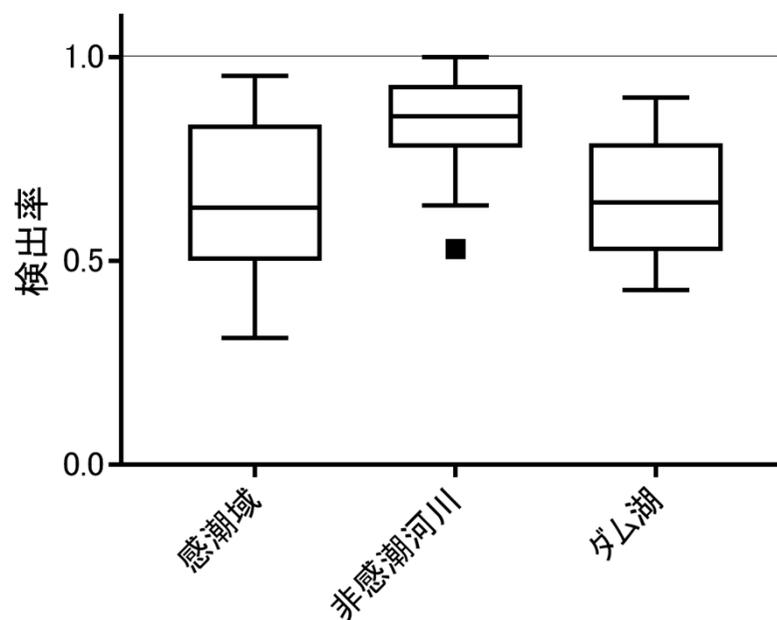
河川水辺の国勢調査 採水地点の設定

採水標準地点案を提案



- ◎ 調査区間の最下流端の左右岸
- ◎ 本川との水のつながりが小さい地点
⇒ワンド・たまり、湧水など
- ◎ 瀬・淵など代表的な地点

検出率の低い
感潮域やダム湖は要継続検討



1サンプルあたりの検出率

採水地点の最適化に向け、全国の水国500地区2400サンプルを解析中
(河川：31水系59河川、ダム：18水系30ダム)

「水国」以外の場面でも

予備調査としての環境DNAの活用

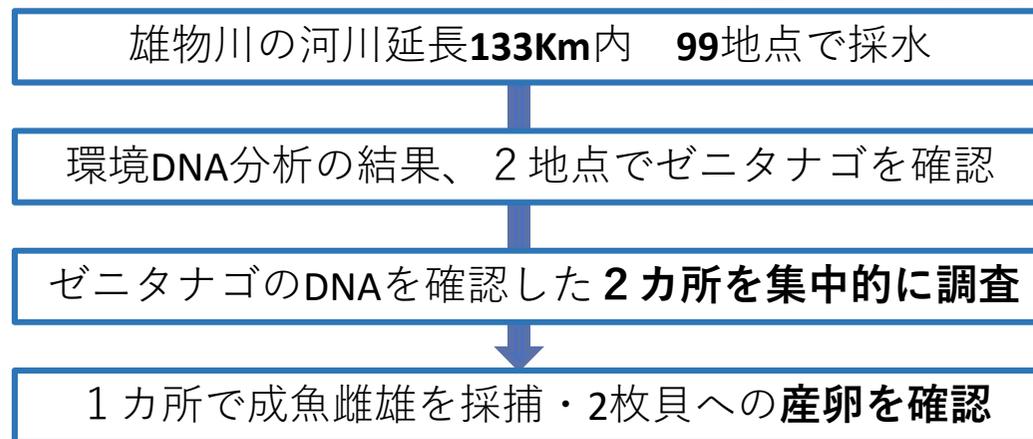
既往の調査手法と組み合わせ、効果的・効率的に希少種の生息を確認

雄物川におけるゼニタナゴ生息地の探索

ゼニタナゴ(*Acheilognathus typus*(Bleeker,1863))環境省, 秋田県:絶滅危惧IA類)



採水の状況



直接魚を捕まえない

魚を傷つけない・生息地をかく乱しない

現地作業は採水だけ

多地点調査が可能

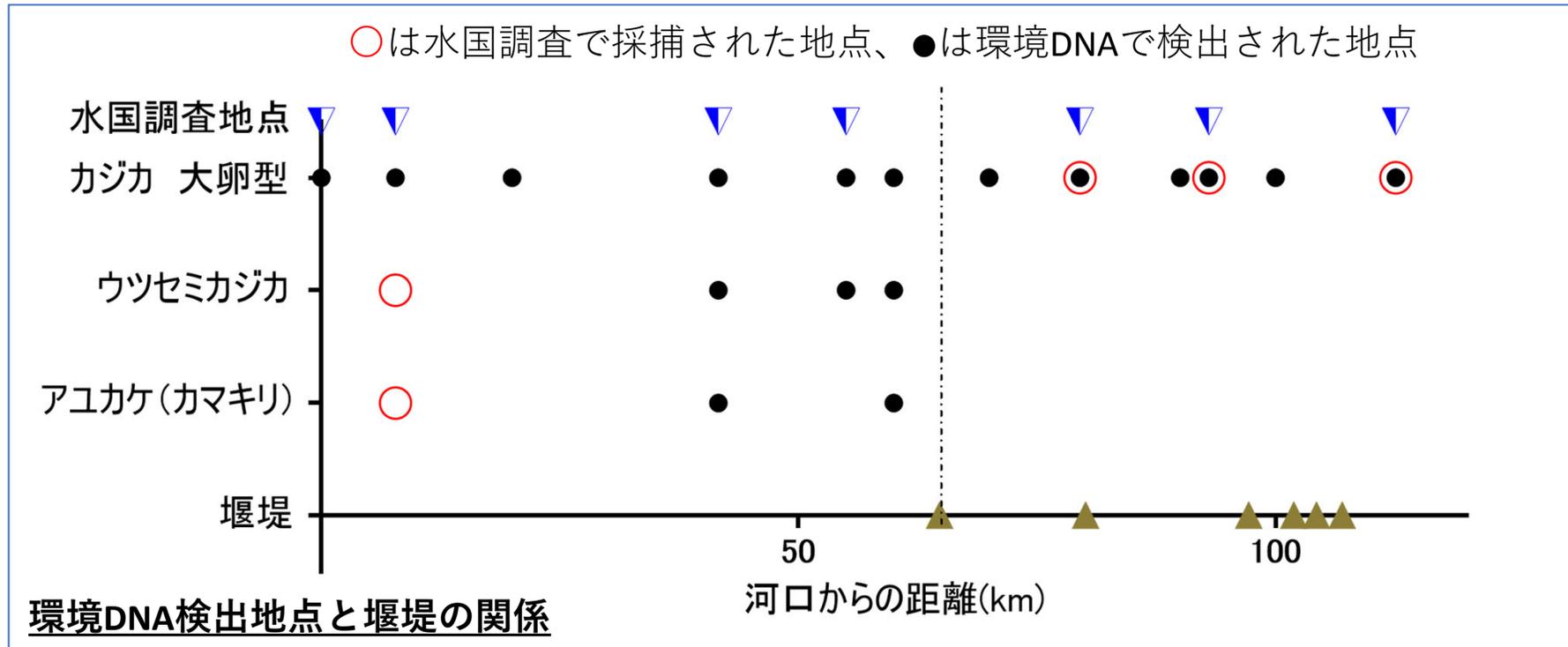
検出感度が高い

個体数が少なくても検出可能

参考資料：土木学会第72回年次学術講演会（平成29年9月）希少生物調査における環境DNA手法の有効性の再確認
-環境DNAを用いたゼニタナゴ新規繁殖地の発見- パシフィックコンサルタンツ(株)・神戸大学

「水国」以外の場面でも 魚類移動環境の評価

海と河川を行き来する回遊性魚類に着目し、魚類の移動環境を評価
堰堤（魚道あり）が、移動の障壁となっていることを客観的に示す



採水地点：某直轄河川における河川水辺の国勢調査調査地区 1サンプル

定期水質調査の調査地点（抜粋地点） 各1サンプル

比較対象としたカジカ：ウツセミカジカ（回遊性）、アユカケ（回遊性）、カジカ大卵型（純淡水）

定期水質調査などを活用し調査地点や時期を増やすことで、確度の高い情報に

魚ののぼりやすい川づくりのモニタリングが可能

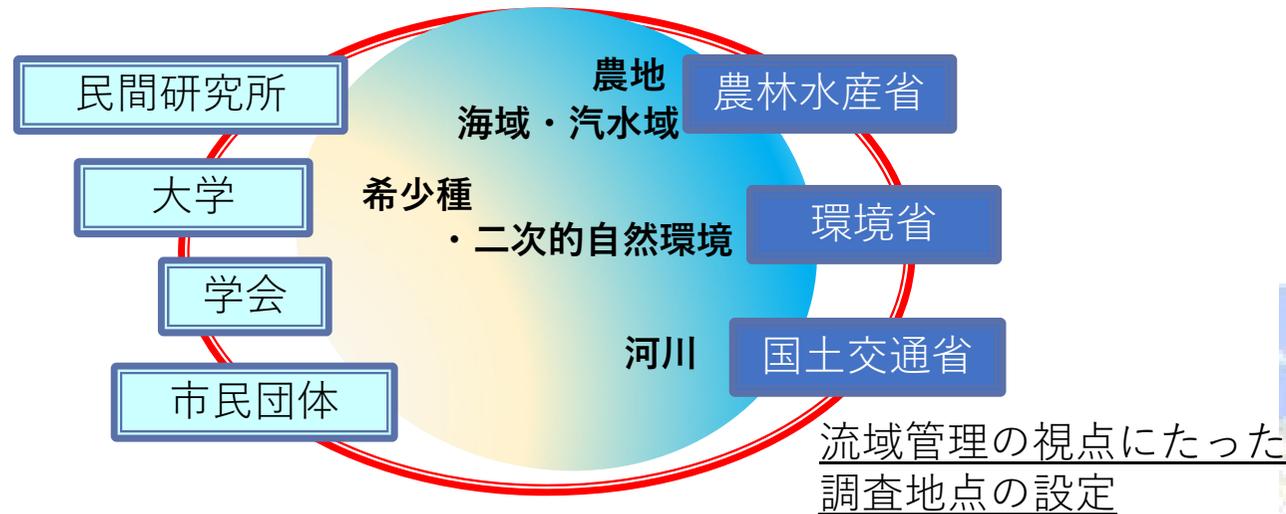
もっと使える環境DNA



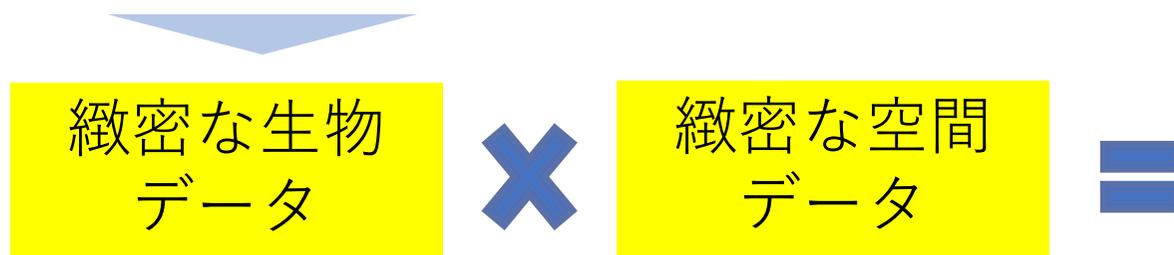
地点数を増やし、より精緻な生物情報へ

環境DNAによる生物情報は、「ある地点の水に含まれていた生物情報」

このシンプルさゆえ、**情報の共有・統合が可能**

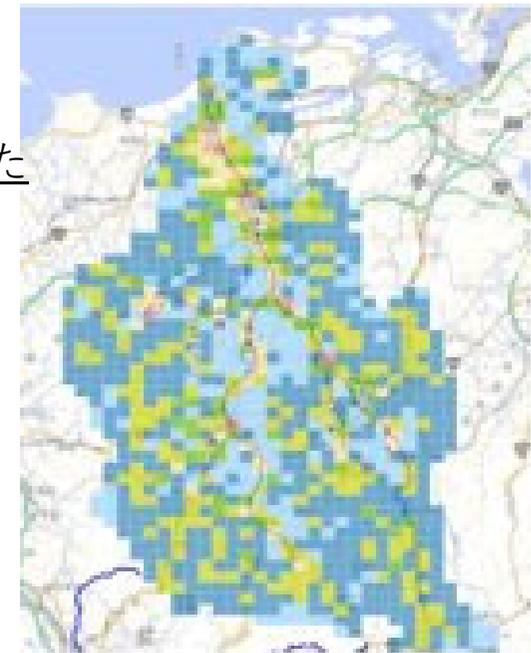


データの相互利用の枠組み



- 国土数値情報
- 衛星画像
- ALB測量 等

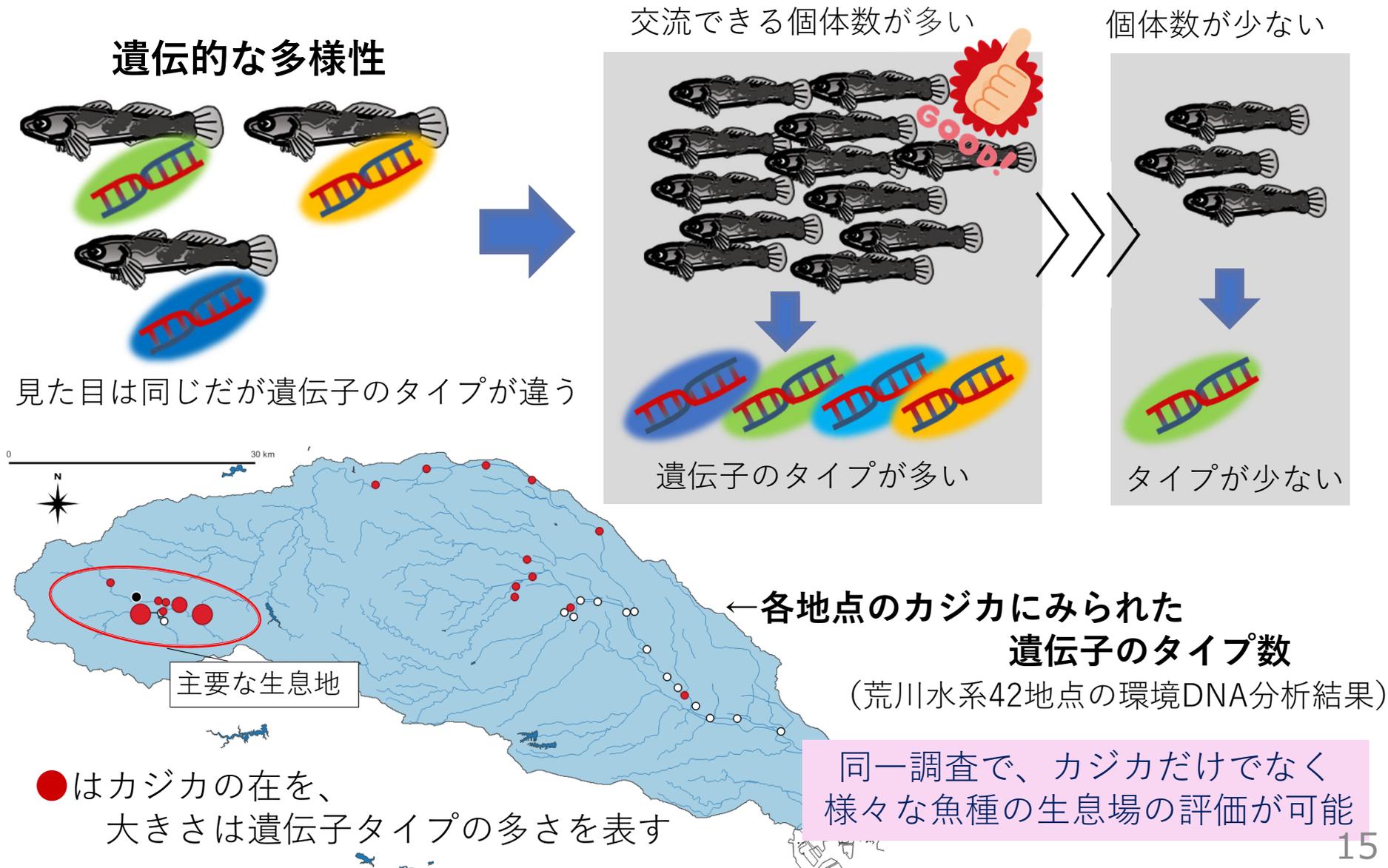
流域環境管理基図



流域の生物多様性
ポテンシャルマップ

遺伝的な豊かさから生息環境を評価

遺伝的な豊かさは、個体数や生息場の評価指標のひとつ

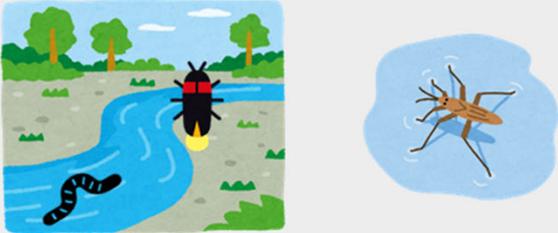


底生動物の環境DNAから環境評価

現在

底生動物は環境・水質を反映した分布を示す

水質 (水温・塩分・汚濁)
環境 (河床材料・瀬淵・流速)



課題

形態分類が困難



近い将来

環境DNA確認種リストから環境を評価

		地点A	地点B
	A種 (きれいな水)	○	
	B種 (汚い水)		○
	C種 (泥を好む種)		○
	D種 (砂を好む種)	○	
	E種 (礫を好む種)	○	
評価	水質	きれいな水	汚い水
	河床材料	砂や礫	泥



採水して得た生息種情報から
水質・環境が評価



効率的な河川管理へ

同じDNAを使って魚の調査も可能

大気中の環境DNA

陸域に暮らす生物の環境DNA調査



その流域にいながらも、水域を主たる生息場としていない陸域の生物は、
河川や湖沼の水からは検出されにくい

(水中に組織片が混ざる機会が少ないため)

空気中には、これら生物の皮脂などが存在

これを効率的に補足できれば、空気から生物情報を得ることも可能！



大気中の環境DNA

陸上生物の組織片を効率的に捉えるために

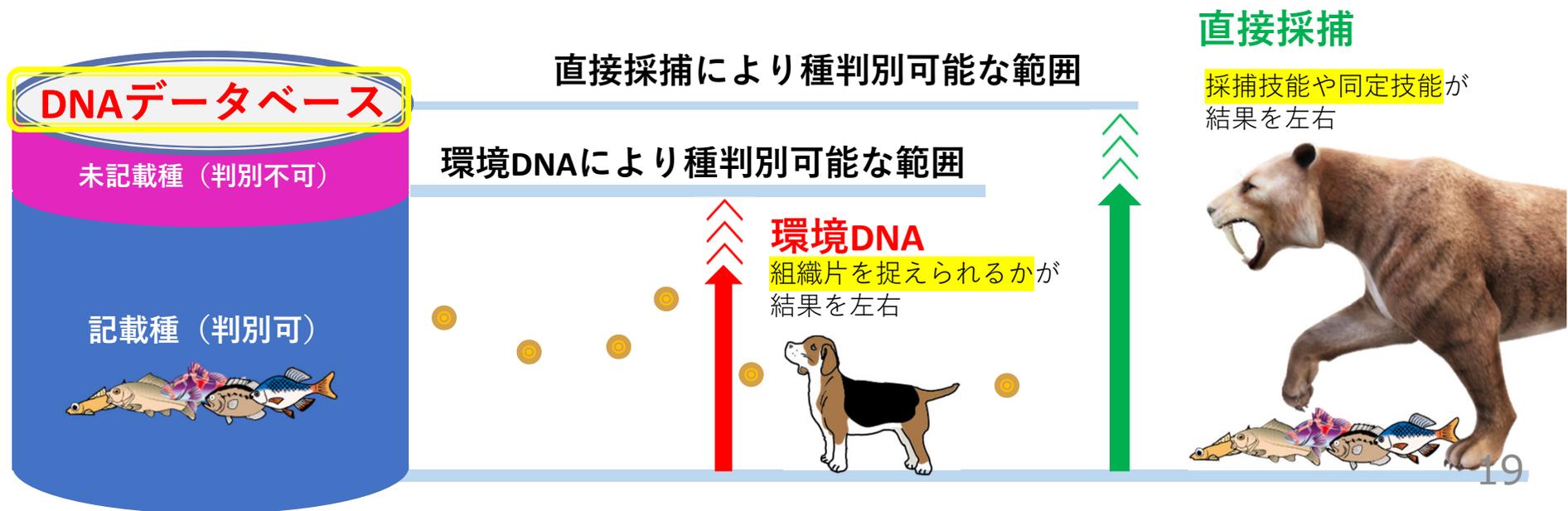
【大気eDNA】測定事例 応用地質(株)・アマノ(株) 共同研究成果



- **動物園**で大気中のDNAをサンプリングし、飼育種のDNAを検出：ラマ、ホンシュウジカ、クモザル、フサオマキザル、ポリビアリスザル、ホンドタヌキ
- 昆虫類やクモ類のDNAも検出
- 生態分野での実装を目指して、現在、採取装置の改良とDNA採取の検証を繰り返しています。

情報提供：応用地質(株)

環境DNAの未来のためには、データベースの充実が要



環境DNAの土台は、正確な生物のDNAデータベース

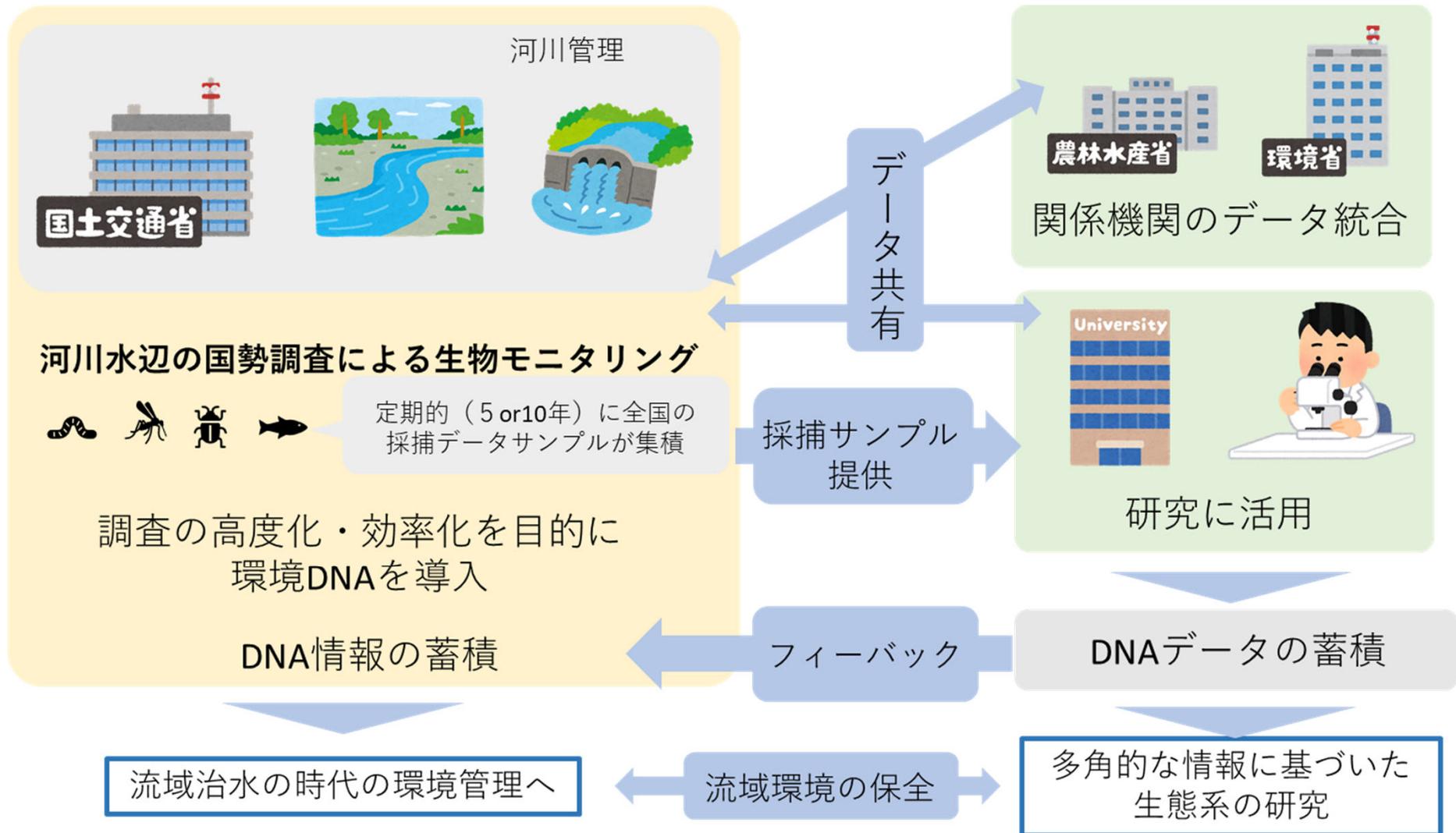
国土交通省には、これまでの水国で水系別に多くの生物サンプル

活用しない手はない

河川管理のためだけでなく、日本の財産としてもっと活用を

環境DNA技術の発達でもたらされる、新しい環境調査

関係機関との連携による環境DNA調査精度向上



まとめ

- 河川水辺の国勢調査への環境DNAの実装は間近
- 環境DNAの利用で、様々な環境調査の効率化と高度化の両立が可能
- 流域管理の観点からも、面的な生物情報を得られる環境DNAは有効なツール
- 環境DNA技術の構築のために、関係機関と連携した、新しい枠組みが必要

