

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

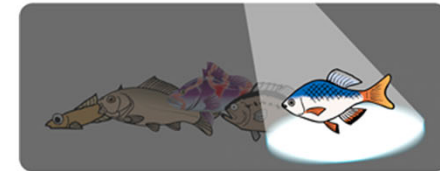
ろ過・DNAの抽出

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



生物相調査

河川水辺の国勢調査

地点 A



地点 B



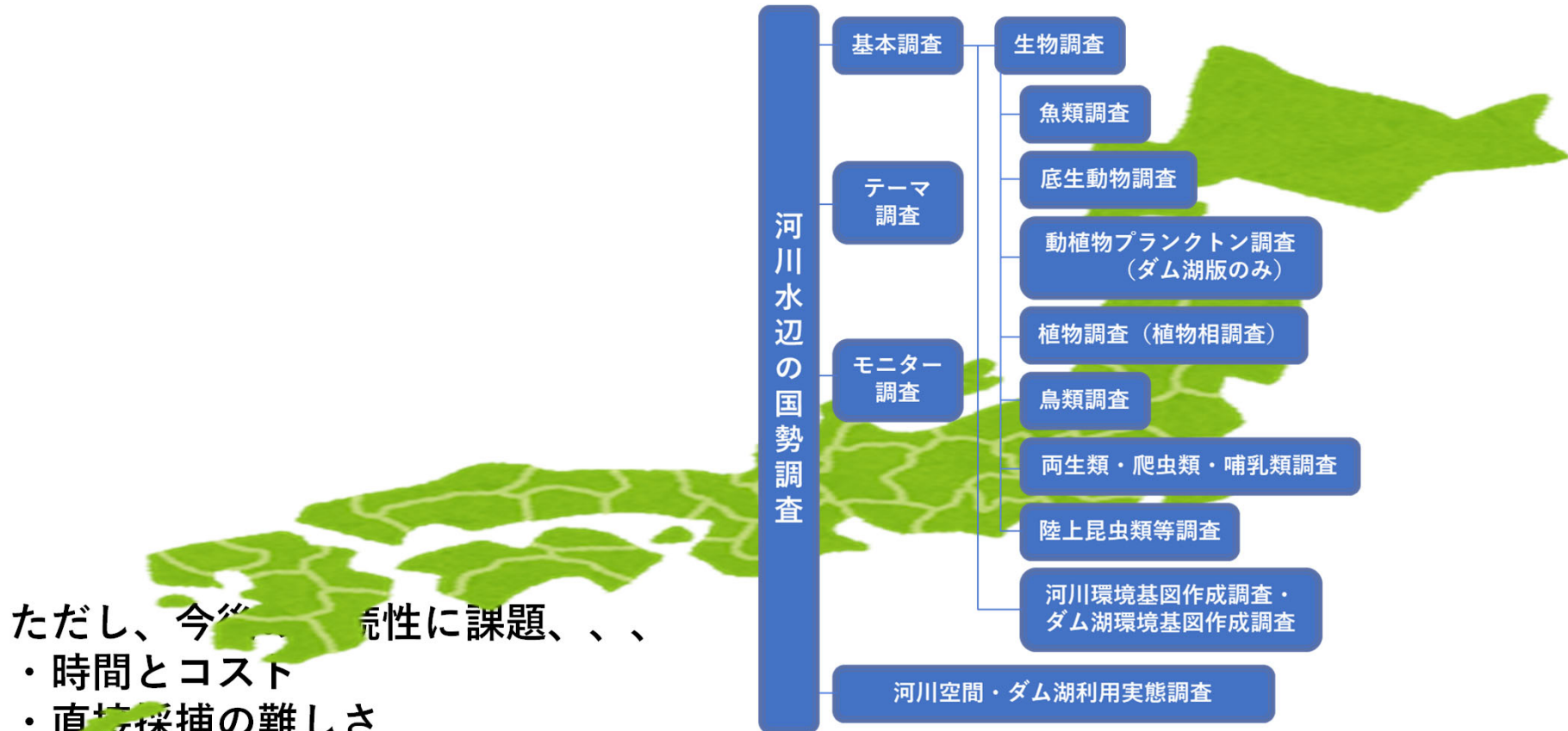
地点 C



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

2018 環境DNA学会発足

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)

(一社)環境DNA学会 調査実験マニュアル発刊

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

2020 環境省 マニュアル発刊

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

土木研究所と民間コンサルタントの
共同研究 (第I期)

令和4年度 (2022)：継続検討およびマニュアル骨子作成

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

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

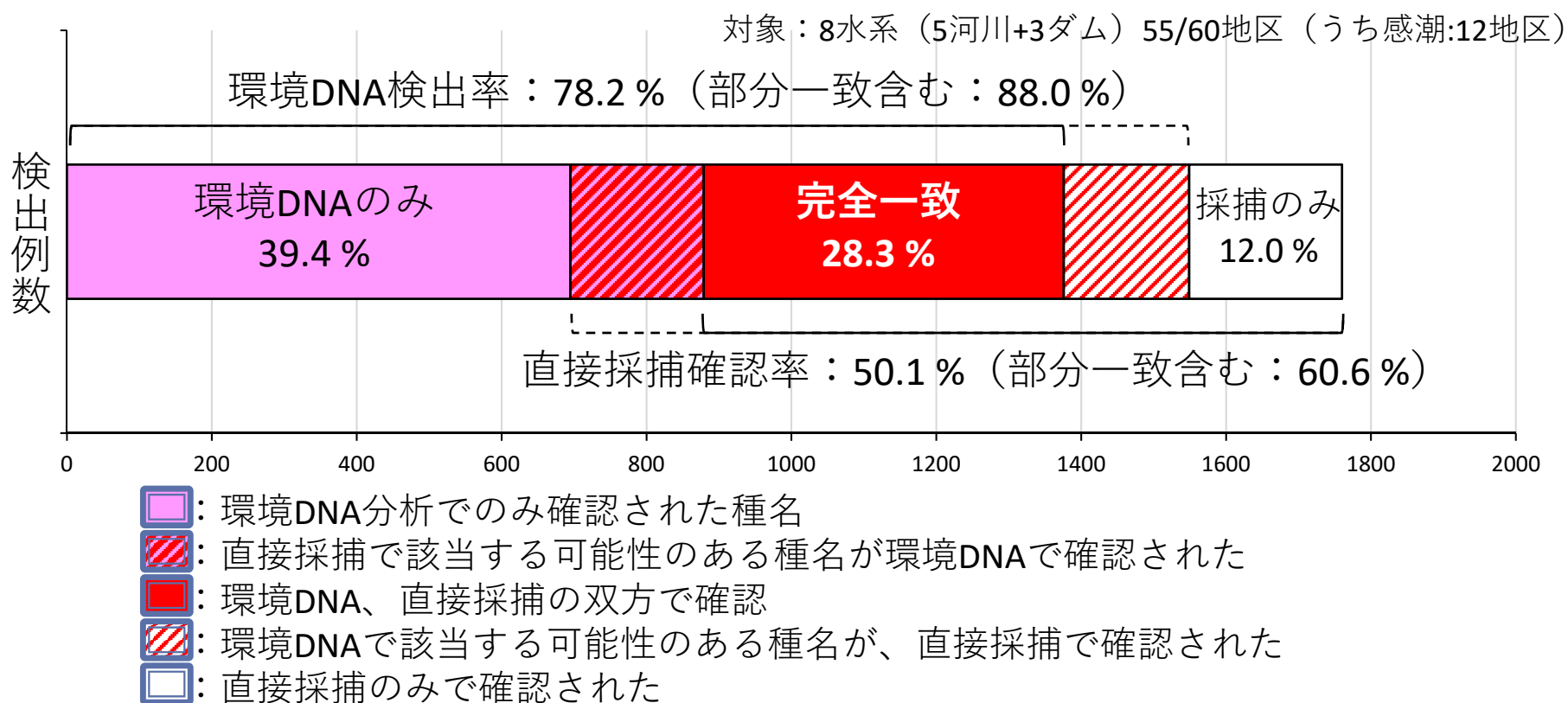
【R3年9月時点】

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】

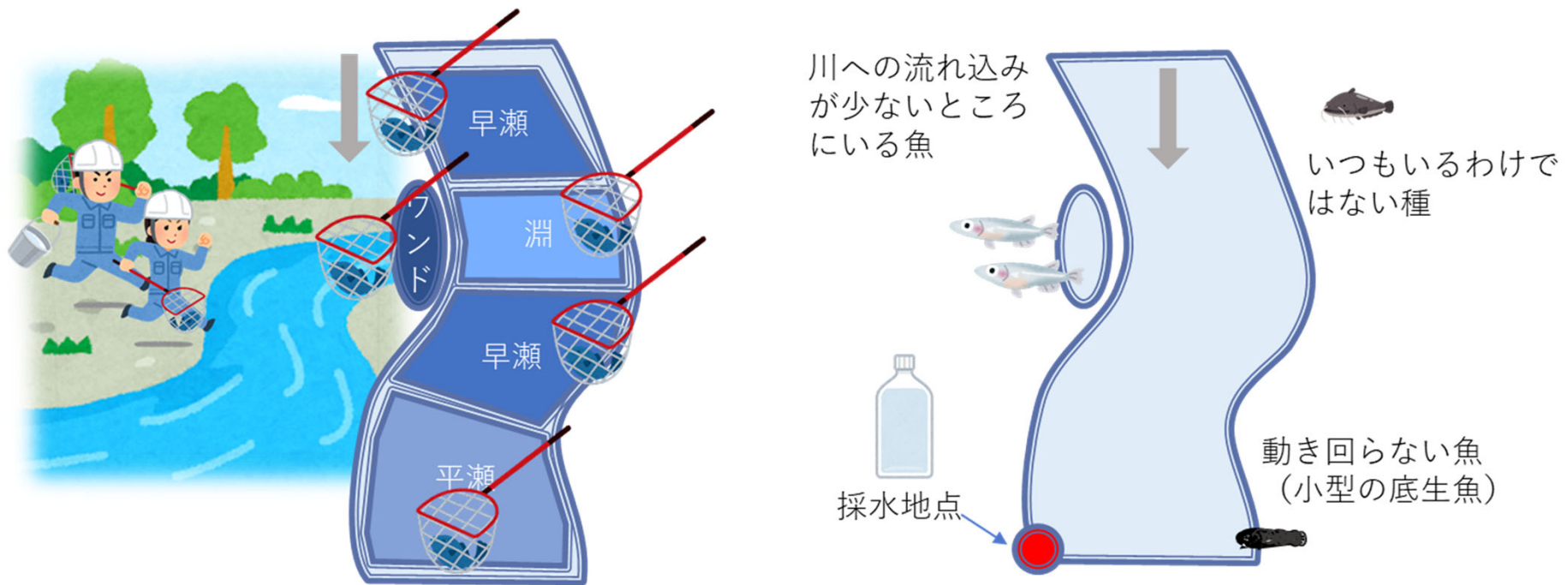
「各地区1地点1リットルの水の環境DNA分析結果」



- ・ 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

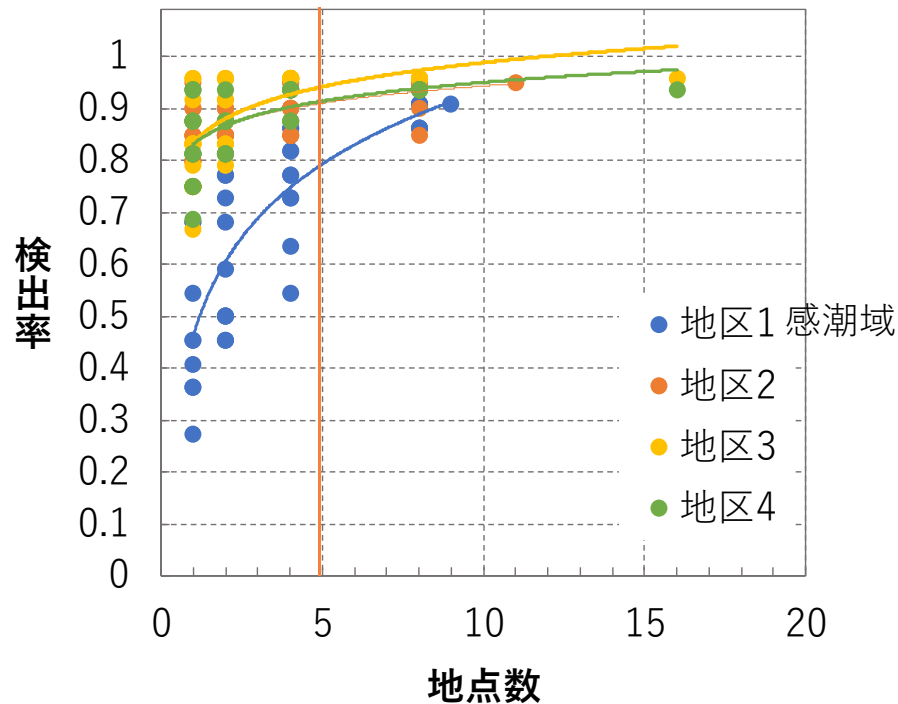
その地区の組織片を効率的に捉えるにはどうする？

効率的な採水地点について

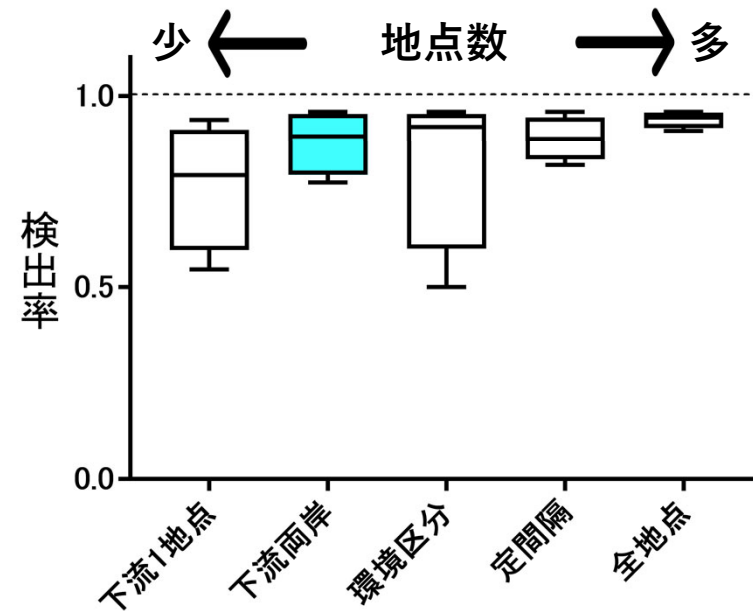
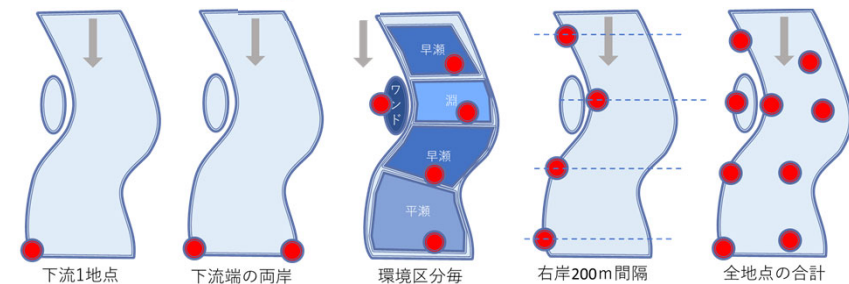
採水地点数が増えれば検出率もあがるが、5地点前後で鈍化(感潮域を除く)

下流2地点の配置が最も効率的 

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



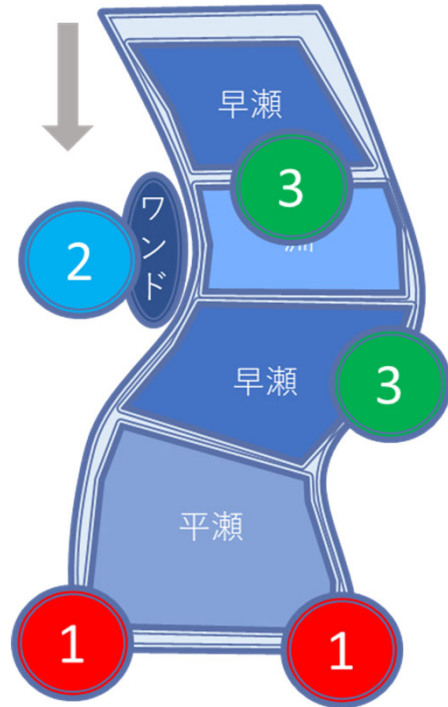
水国地区内の採水地点数と検出率



採水地点の設定と環境DNAによる検出率

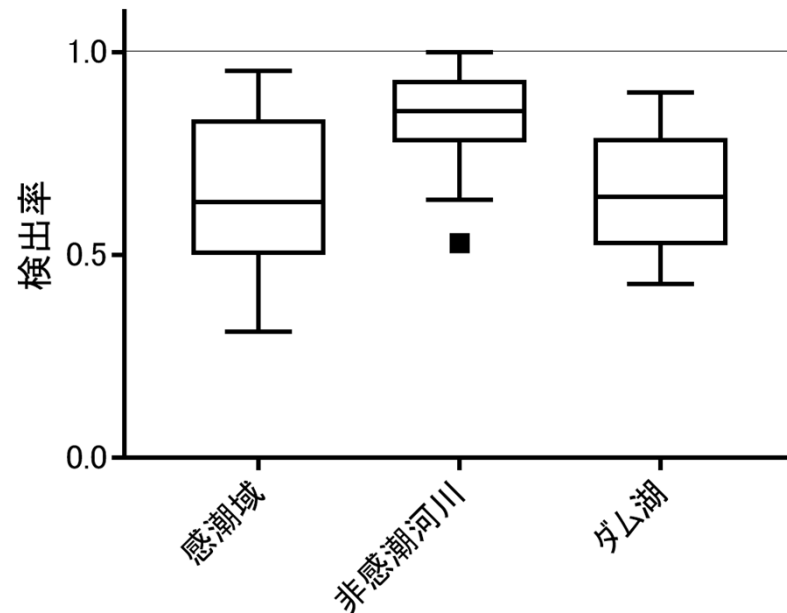
河川水辺の国勢調査 採水地点の設定

採水標準地点案を提案



- ① 調査区間の最下流端の左右岸
- ② 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
- ③ 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)

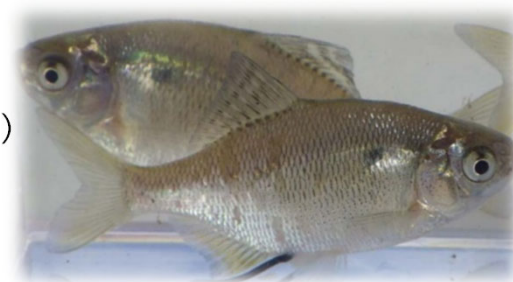
「水国」以外の場面でも

予備調査としての環境DNAの活用

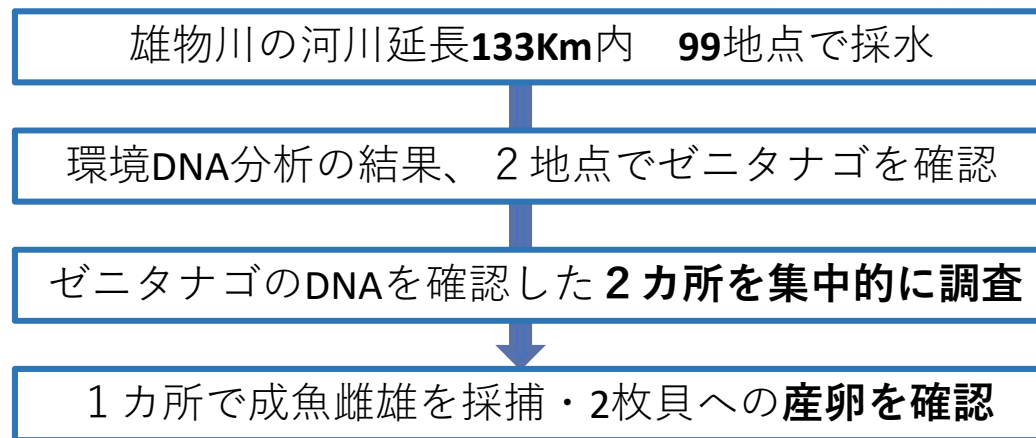
既往の調査手法と組み合わせ、効果的・効率的に希少種の生息を確認

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

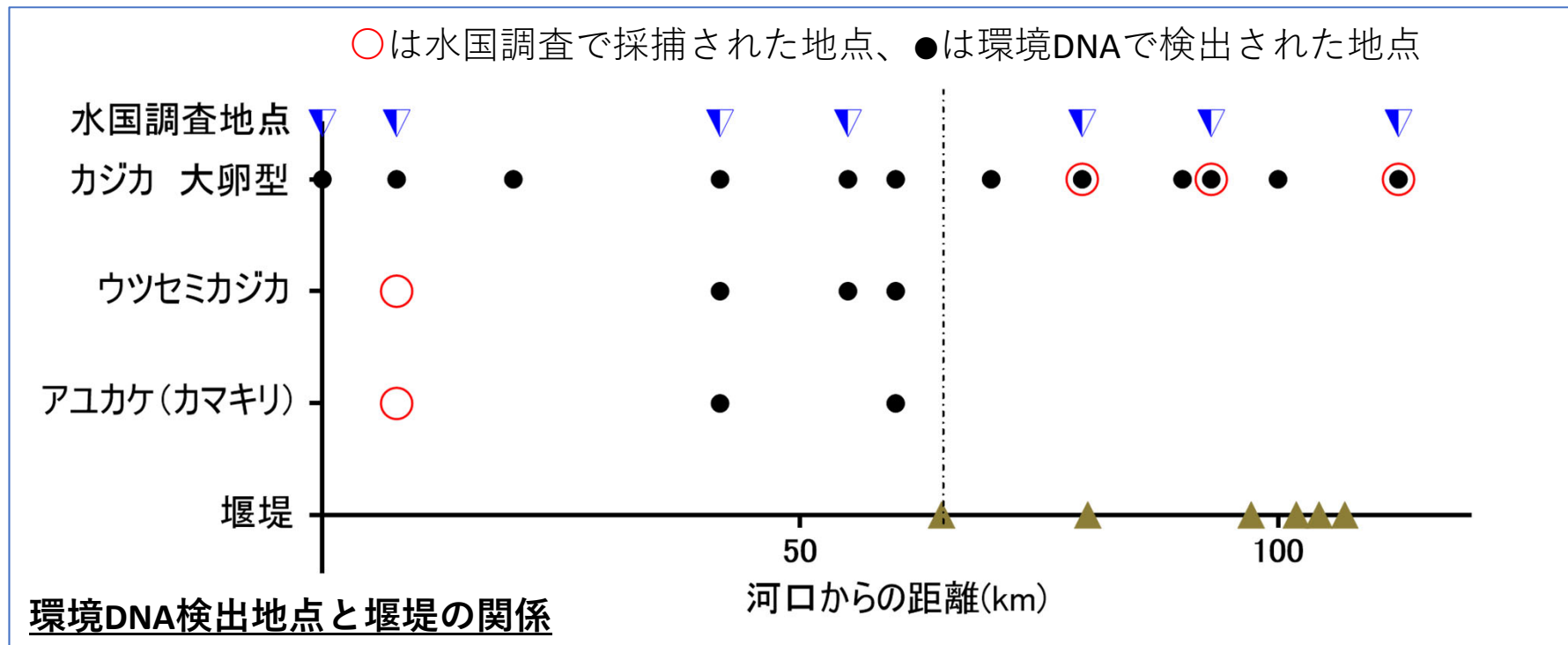
検出感度が高い

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

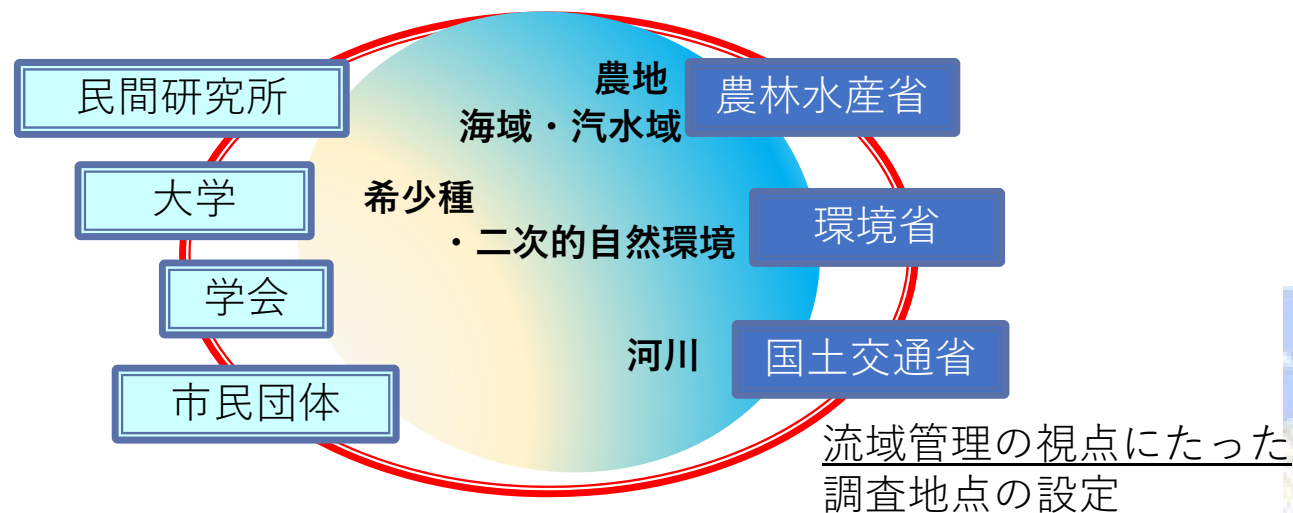
もっと使える環境DNA



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

緻密な生物
データ

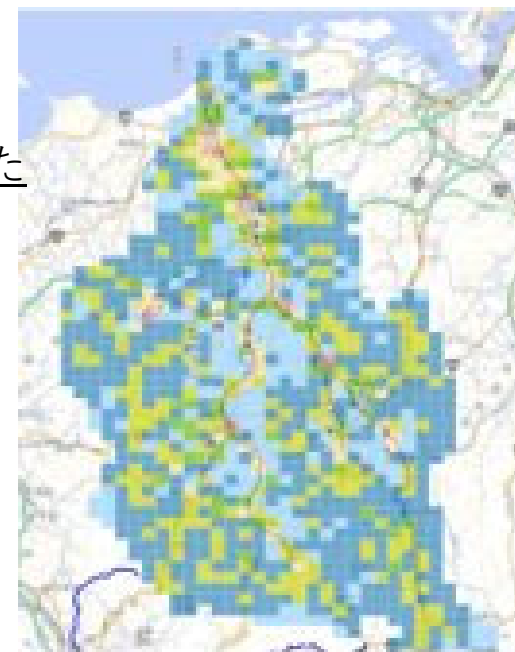


緻密な空間
データ



- 国土数値情報
- 衛星画像
- ALB測量 等

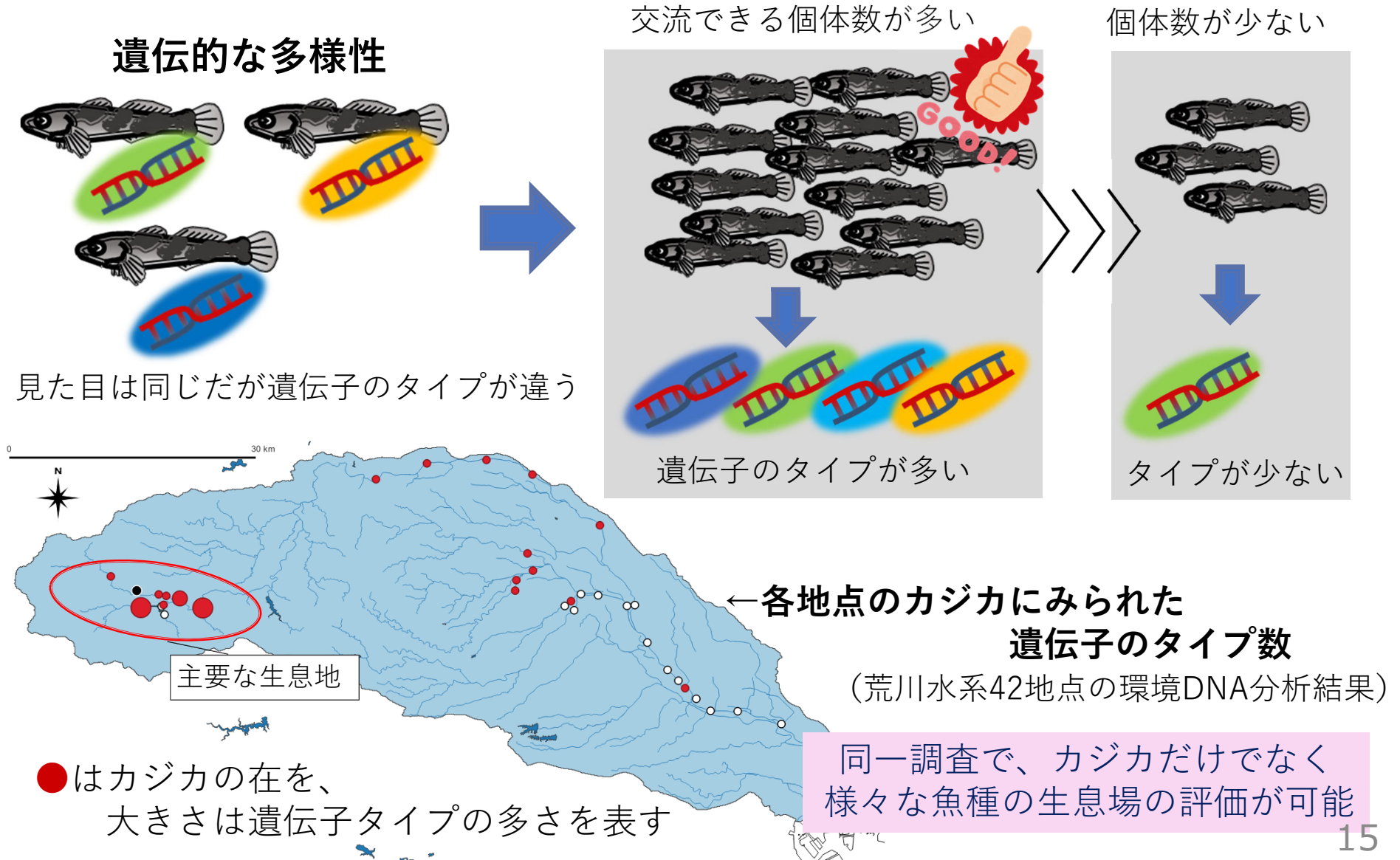
流域環境管理基図



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

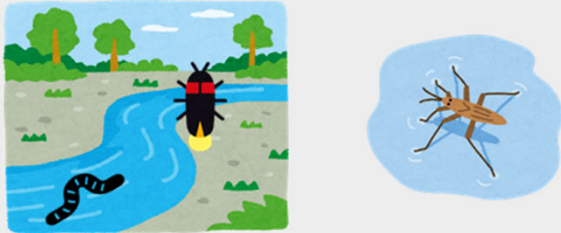


底生動物の環境DNAから環境評価

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

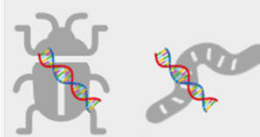
形態分類が困難



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

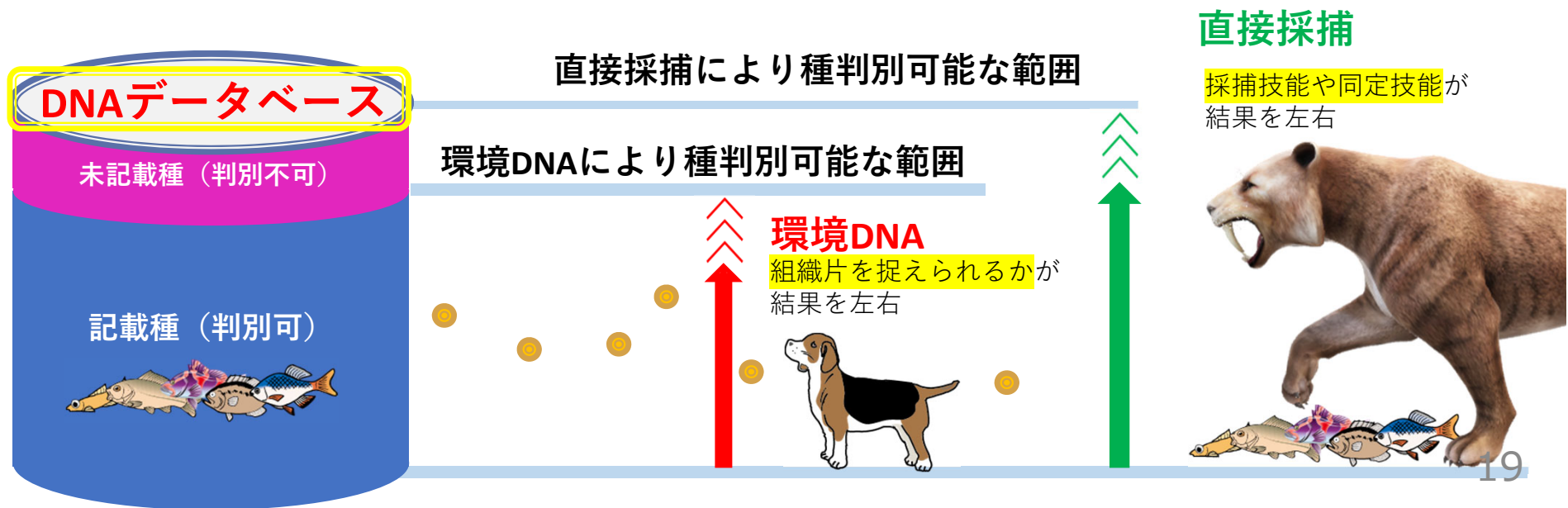
【大気eDNA】測定事例 応用地質(株)・アマノ(株) 共同研究成果



- **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

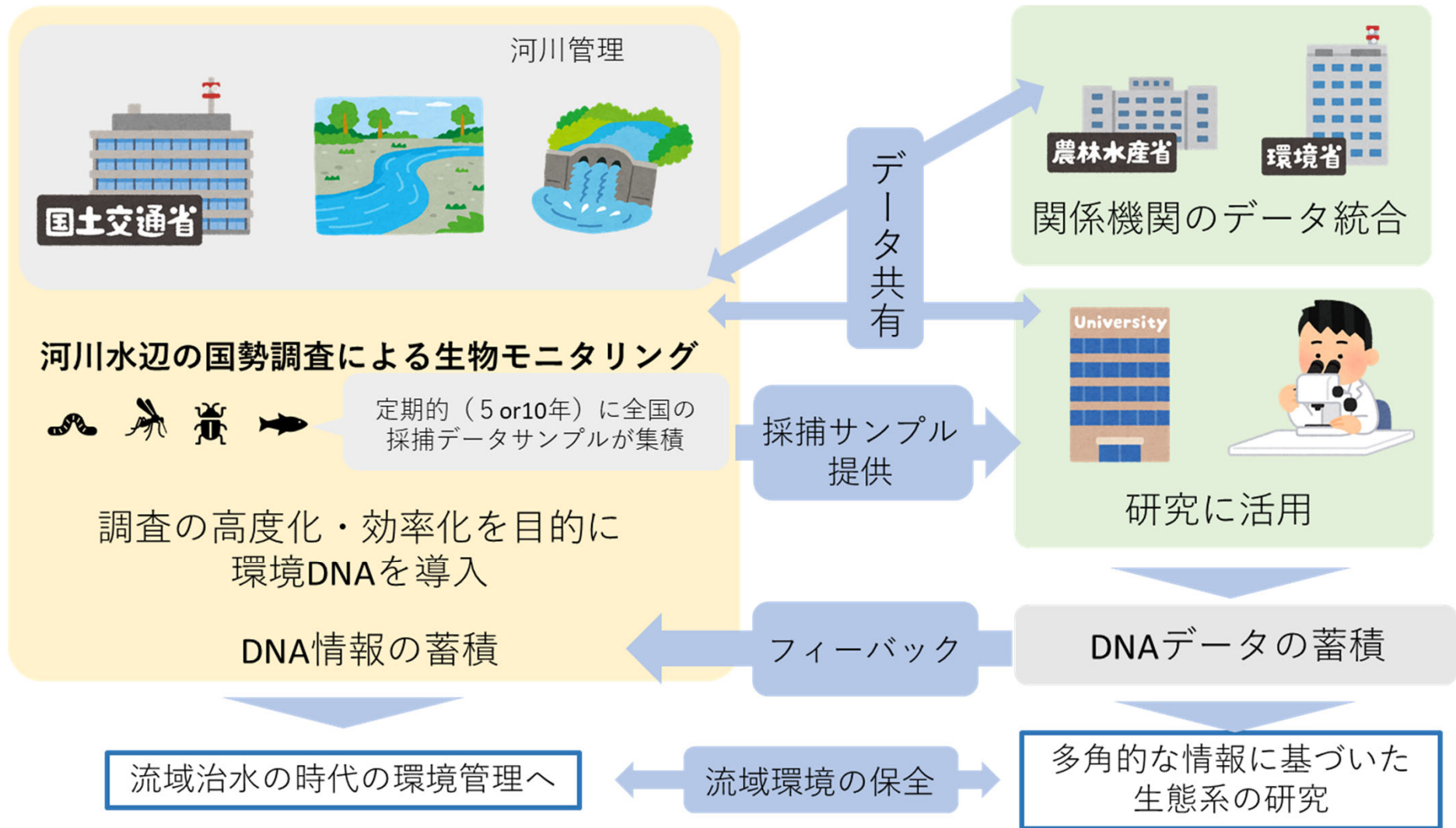
国土交通省には、これまでの水国で水系別に多くの生物サンプル

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

