

環境DNA調査でみえてきた 都内淡水域における 保護上重要種の生息状況

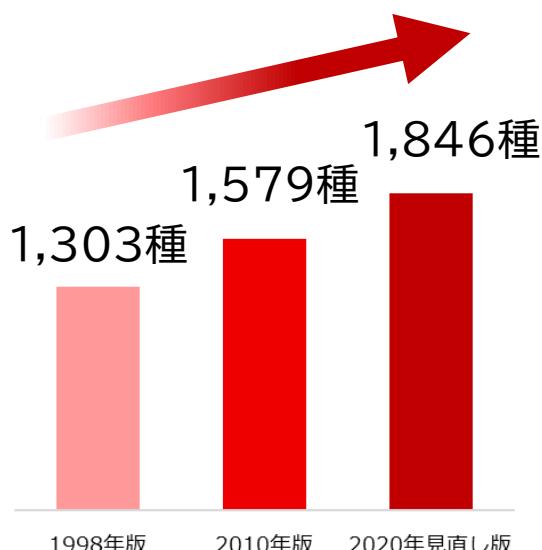
東京都環境科学研究所
環境資源・生物多様性研究科

西田一也

都内の生物多様性

都内の絶滅危惧種は年々増加
→生物多様性は減少

レッドデータブック改定の
たびに絶滅危惧種が増加



東京都における絶滅危惧種の経年変化
出典:東京都レッドデータブック2023

都の絶滅危惧種(本土部)の一例

種類	危惧度
ドジョウ	絶滅危惧 IA類
ヒガシニホンアマガエル	準絶滅
ヒガシニホントカゲ	絶滅危惧 II類

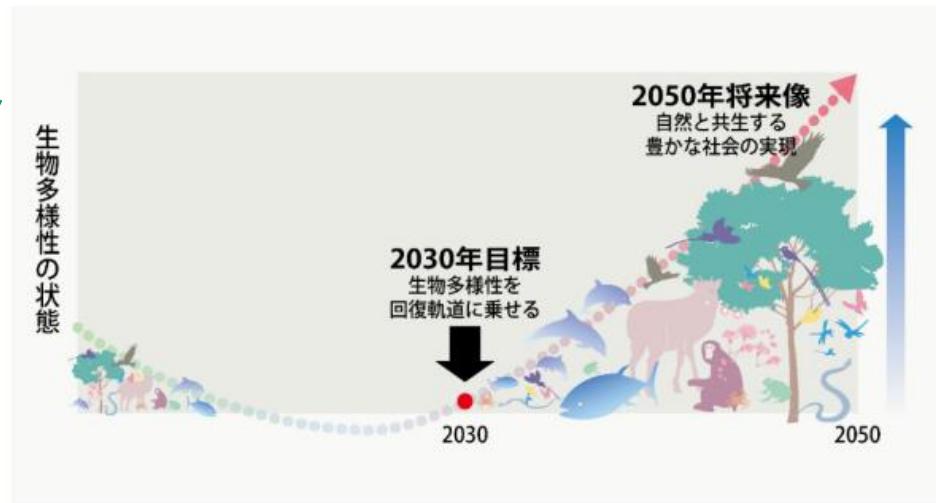


危惧度:IA > IB > II > 準



ネイチャーポジティブ実現への動向

東京都生物多様性地域戦略では2030年目標として「ネイチャーポジティブ」の実現

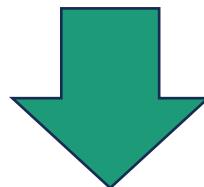
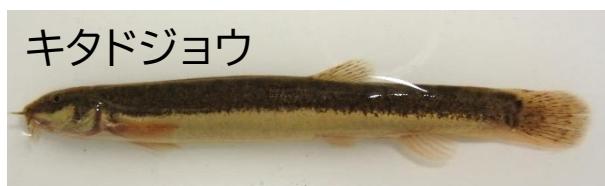


出典: 東京都 生物多様性地域戦略

- ・**基本戦略 I・行動目標②
「新たな野生絶滅ZEROアクション」**
- ・**行動方針2・教育・研究機関の取組
「希少種を含む東京の生きものの生育・生息状況を調査・研究し、専門的な立場から生物多様性保全策を提言」**

調査研究の目的

- ・東京都環境科学研究所では2024年度に**生物多様性研究チーム**を発足
- ・従来の生物・環境調査手法に加えて、**環境DNAを活用**して都内の**絶滅危惧種**の分布や生息・生育状況を把握



東京都レッドリストや条例による**希少野生動物種**・**保護区**等の指定の根拠

これまでの主な対象生物

対象分類群	主要対象種	都レッドデータブック(本土部)
魚類	スナゴカマツカ	絶滅危惧IA類
	ニッコウイワナ	絶滅危惧IA類
	ドジョウ在来系統	絶滅危惧IA類
	キタドジョウ	絶滅危惧IB類
	スナヤツメ類	絶滅危惧IA類
水生植物	沈水, 抽水植物等	複数の絶滅危惧種含む
底生動物	トンボ幼虫等	



これまでの主な対象生物

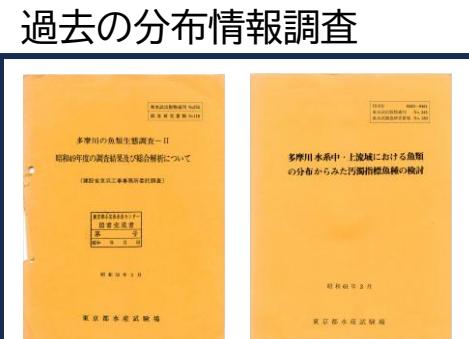
対象分類群	主要対象種	都レッドデータブック(本土部)
魚類	スナゴカマツカ	絶滅危惧IA類
	ニッコウイワナ	絶滅危惧IA類
	ドジョウ在来系統	絶滅危惧IA類
	キタドジョウ	絶滅危惧IB類
	スナヤツメ類	絶滅危惧IA類
水生植物	沈水, 抽水植物等	複数の絶滅危惧種含む
底生動物	トンボ幼虫等	

- 1) 魚類, 水生植物, 底生動物を対象とした
採集と環境DNA調査結果の比較
- 2) 環境DNA調査等による絶滅危惧種
スナゴカマツカの生息状況

調査方法

主に以下の**4項目**について実施

項目	方法
環境DNAのサンプリング・解析	サンプリングを実施、網羅的解析(メタバーコーディング)を実施
生物採集・サンプリング	目視と定性的に採集した生物を記録、標本保存
河川構造物等の調査	魚類等の生息に影響を与える横断構造物等の位置や構造を調査
過去の分布情報調査	文献を収集し、過去の分布情報を整理



結果

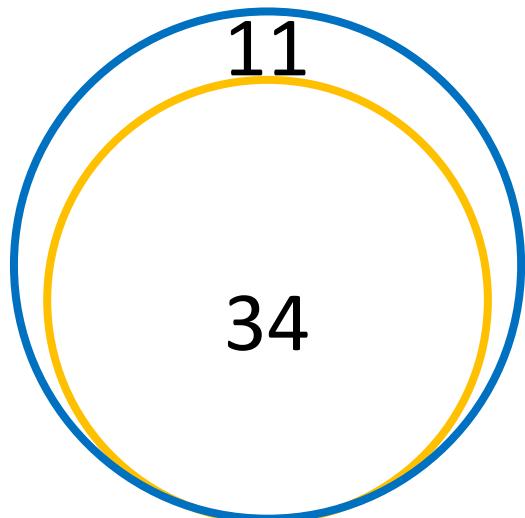
- 1)魚類, 水生植物, 底生動物を対象とした
採集と環境DNA調査結果の比較
- 2)環境DNA調査等による絶滅危惧種
スナゴカマツカの生息状況

採集・環境DNA調査水系・地点数

分類群	水系数	地点数
魚類	4	40
水生植物	2	5
底生動物		

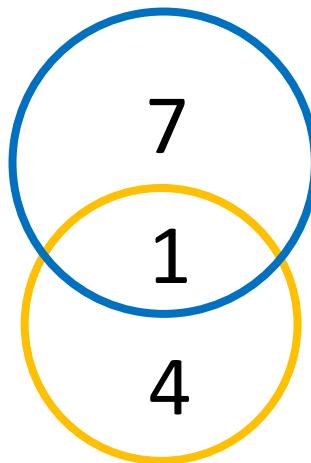
採集と環境DNA調査結果の比較

魚類

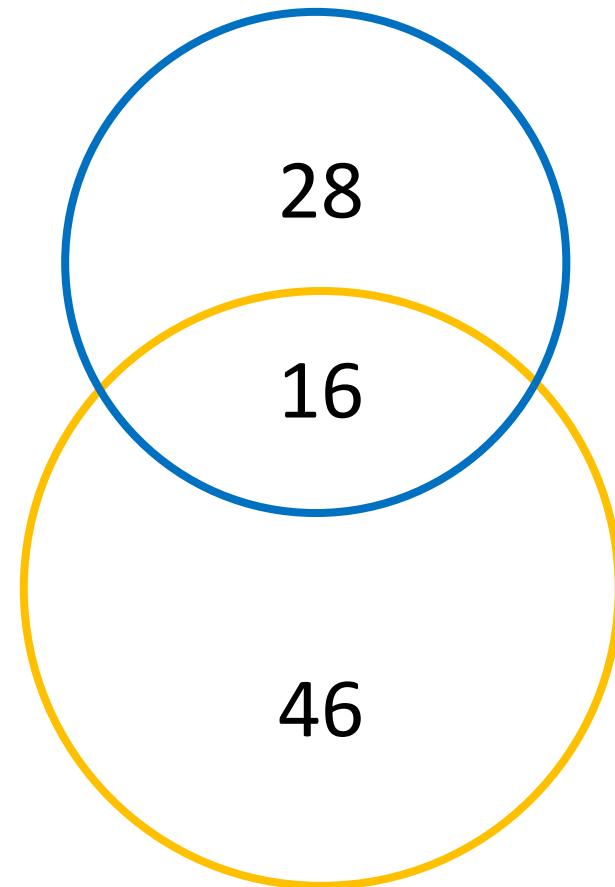


水生植物
(沈水・浮葉・浮遊)

環境DNA
検出種類数

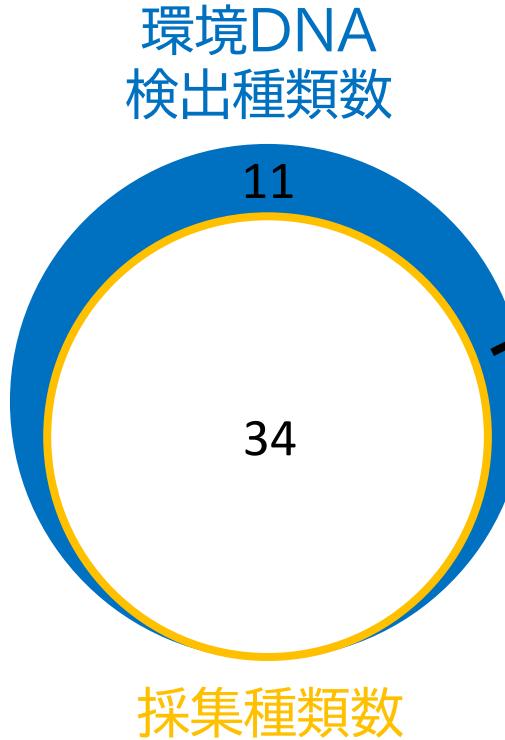


底生動物



魚類では環境DNA検出種類数が採集種類数を包括
→環境DNA調査は生息魚種を把握する場合に有用

環境DNA調査のみで検出された魚類

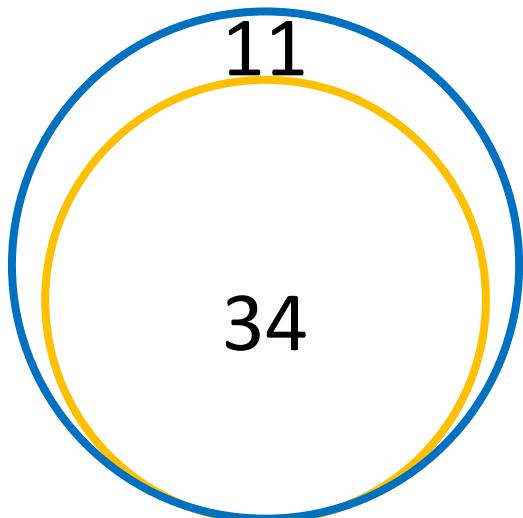


低密度・局所分布	ムギツク, ソウギョ, コクレン, ヌマムツ, カラドジョウ, ナマズ, ボラ(7)
目視では判別困難	ドジョウ類(1) ・採集→「ドジョウ類」と記録 ・環境DNA→「在来系統」と「外来系統」が別々に検出
生活排水由来?	サンマ, キタノホッケ, ナマズ目ヘプタプテルス科魚類(3)

低密度・局所分布の魚種, 目視では判別困難なドジョウ類2系統, 生活排水由来と考えられる魚種が検出

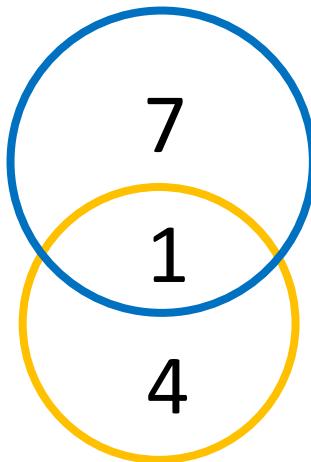
採集と環境DNA調査結果の比較

魚類



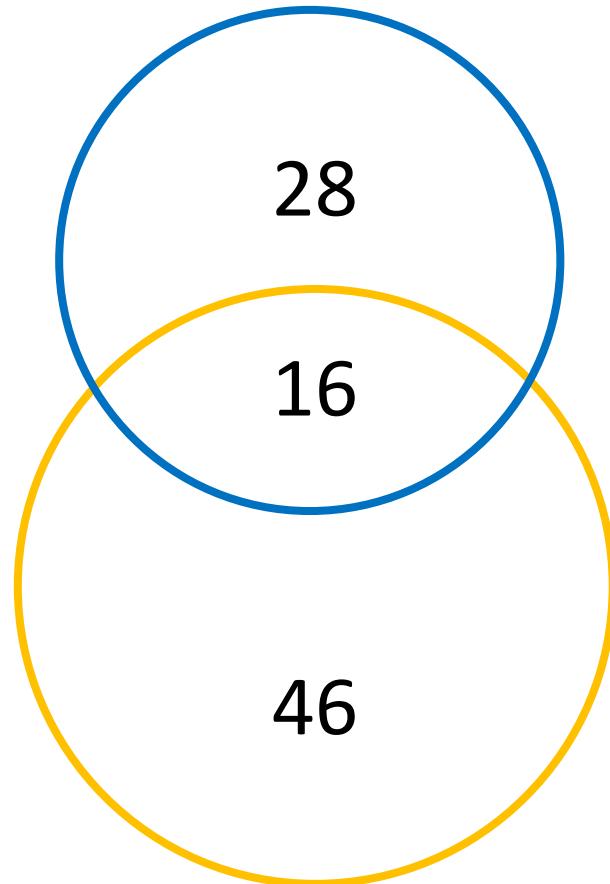
水生植物
(沈水・浮葉・浮遊)

環境DNA
検出種類数



採集種類数

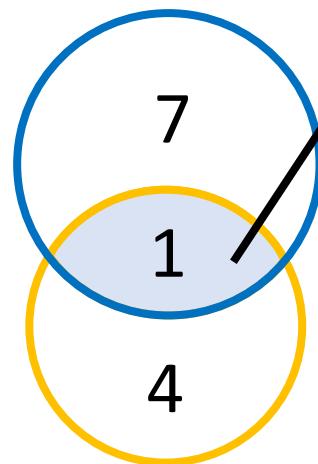
底生動物



水生植物と底生動物は各方法で別々の種類が多く確認
→多系統を含むため、環境DNA調査での網羅的な検出は
現状では難しく、環境DNA技術の改善が課題

採集・環境DNA調査で確認された水生植物

環境DNA
検出種類数



採集種類数

オオカナダモ

異常繁茂, 優占しやすい外来水草
(角野, 2014). 生物量が多い

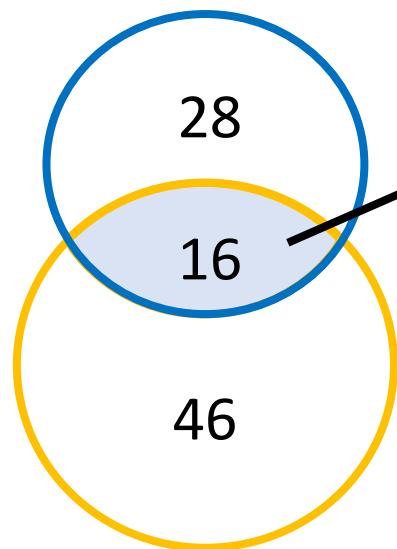


調査地点におけるオオカナダモ

他種に比べて生物量が多く, 確認が容易で
環境DNA量も多かった?

採集・環境DNA調査で確認された底生動物

環境DNA
検出種類数



環境DNA 検出種類数	28	・アメリカザリガニ ・カワリヌマエビ属エビ類	大型または個体数が多く、 生物量が多い外来生物
採集種類数	46	・カゲロウ類複数種 ・トビケラ類複数種 ・オオシオカラトンボ ・オナガサナエ ・コオニヤンマ ・シオカラトンボ ・ヒラタドロムシ	偶発的？



大型または、個体数が多いため、採集されやすく、
環境DNA量も多かった？

結果

- 1)魚類, 水生植物, 底生動物を対象とした採集と環境DNA調査結果の比較
- 2)環境DNA調査等による絶滅危惧種スナゴカマツカの生息状況

スナゴカマツカと近縁2種

“スナゴ”カマツカ

Pseudogobio Polysticta

→東京の在来種



カマツカ

P. esocinus

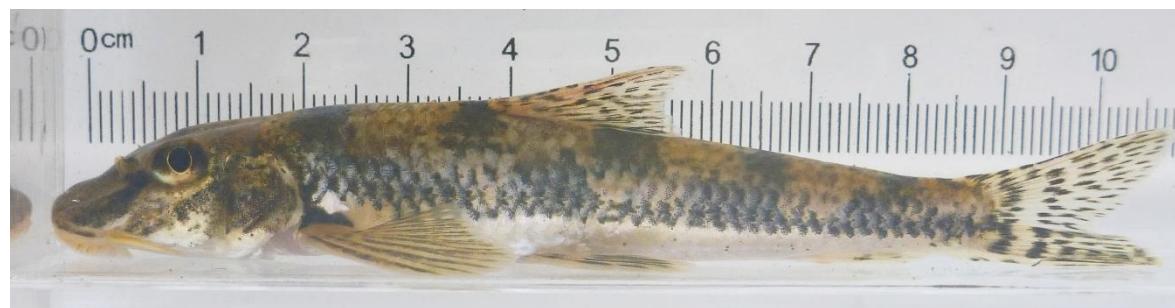
→都内では国内外来種



“ナガレ”カマツカ

P. Agathonectris

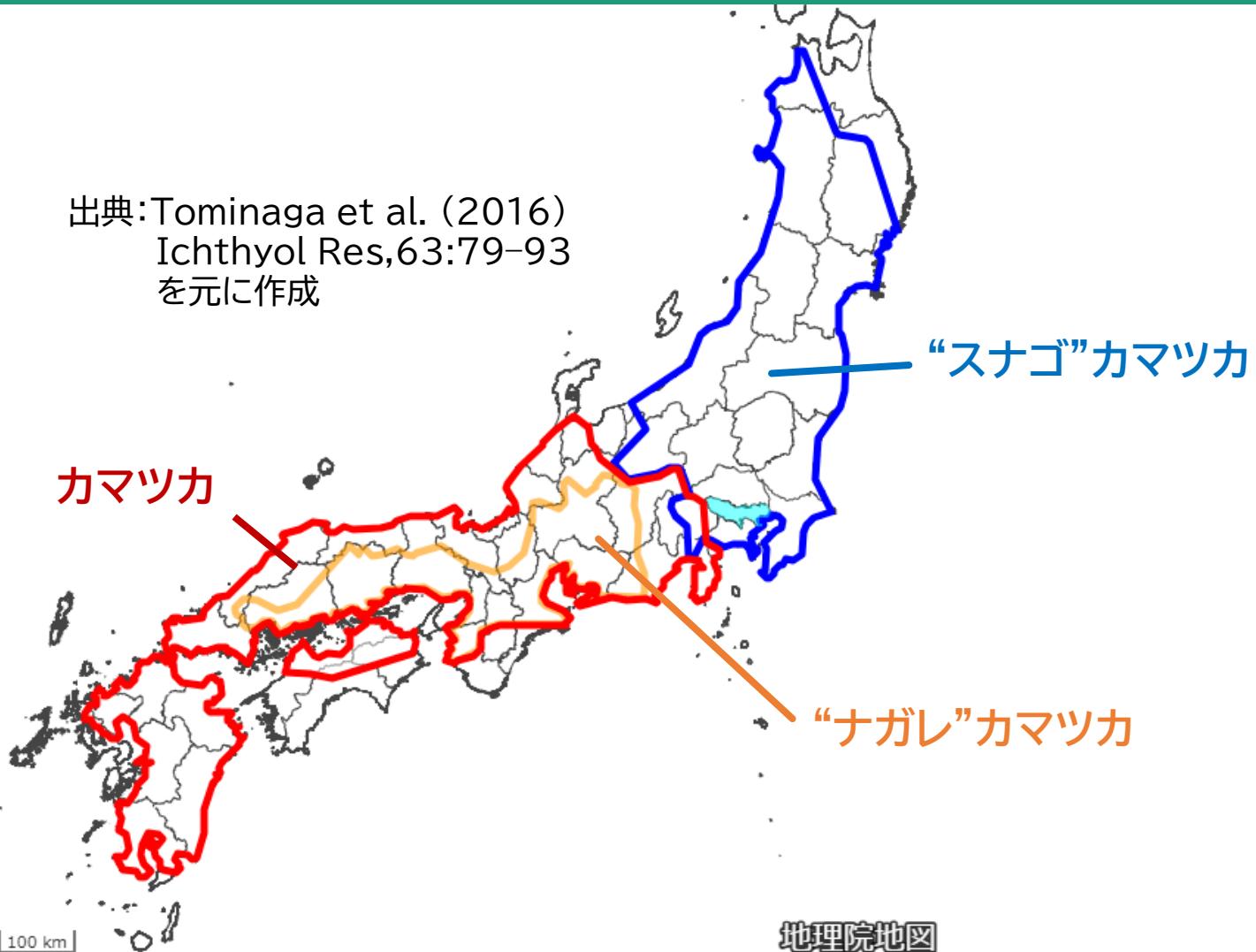
→都内には分布しない



これらはよく似ているが別種(Tominaga & Kawase, 2019)

カマツカ属3種の自然分布域

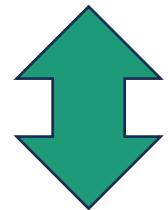
出典:Tominaga et al. (2016)
Ichthyol Res,63:79–93
を元に作成



- ・都内はスナゴカマツカのみ自然分布
- ・琵琶湖産アユ種苗放流に混じってカマツカが移入

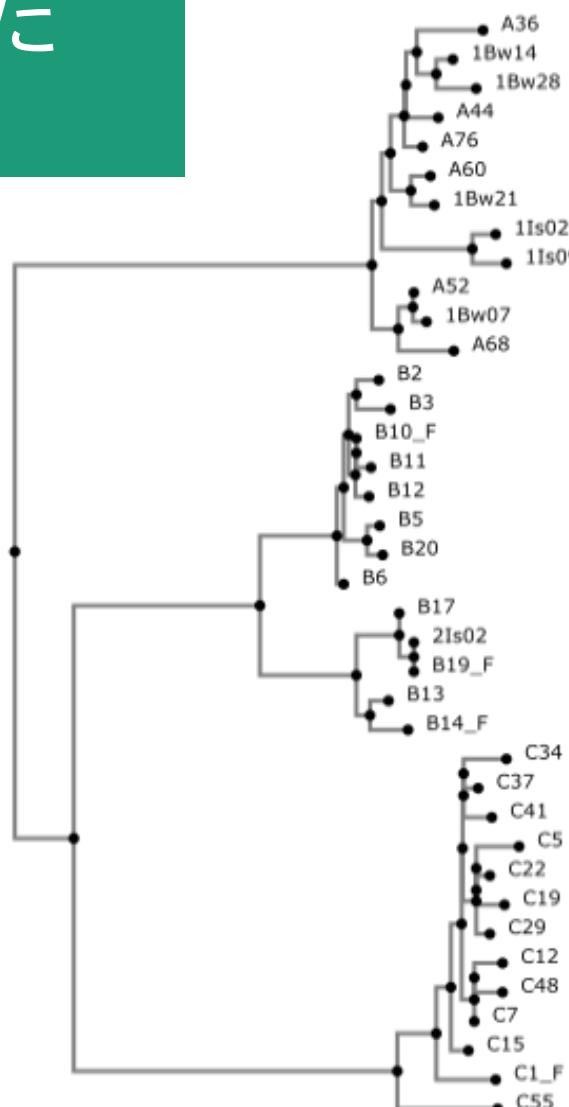
カマツカ類3種の ミトコンドリアDNA部分 配列をもとに構築した 分子系統樹

見た目の違いは
わずかでも



DNA分析では
明確に異なる
ことが分かる

出典:Tominaga et al. (2016) Ichthyol Res
63:79-93によりDNAデータベースに登録
された配列を元に作成



カマツカ



ナガレ
カマツカ



スナゴ
カマツカ



スナゴカマツカに関する東京都レッドデータブックの記述

スナゴカマツカ

Pseudogobio polystictus

コイ目
コイ科

種の特性と生息状況：標準体長15cm程度。体はやや細長く銀白色で、細かい黒点模様を備える。口ひげは長く、吻はやや短い。胸鰓の外縁は丸みがある。静岡県・新潟県以東の本州に分布。河川上流から下流に広くみられ、流れのある砂底に生息する。2020-2021年の調査では1か所において、形態的・遺伝的に本種と同定される個体群が確認されたが、同河川の下流域にはすでに国内外来種カマツカが定着しており、きわめて危機的な状況である。多摩川水系や都内の荒川水系では、カマツカとの交雑によりすでに絶滅したか、もしくは遺伝的かく乱が深刻な状況にあると思われる。

生存を脅かす要因：河川開発による生息環境の悪化、国内外来種カマツカとの競合、交雑。

特記事項：従来カマツカと同種とされてきたが、遺伝的・形態的に顕著な違いがあることから、2019年に新種として記載された。今回確認された個体群については、早急な域内・域外保全の進展が求められる。

執筆者 中島淳

協力者 富永浩史

文献一覧 108, 109



EX:絶滅

CR:絶滅危惧IA類
最もランクが高!

危惧度:IA>IB>II>準

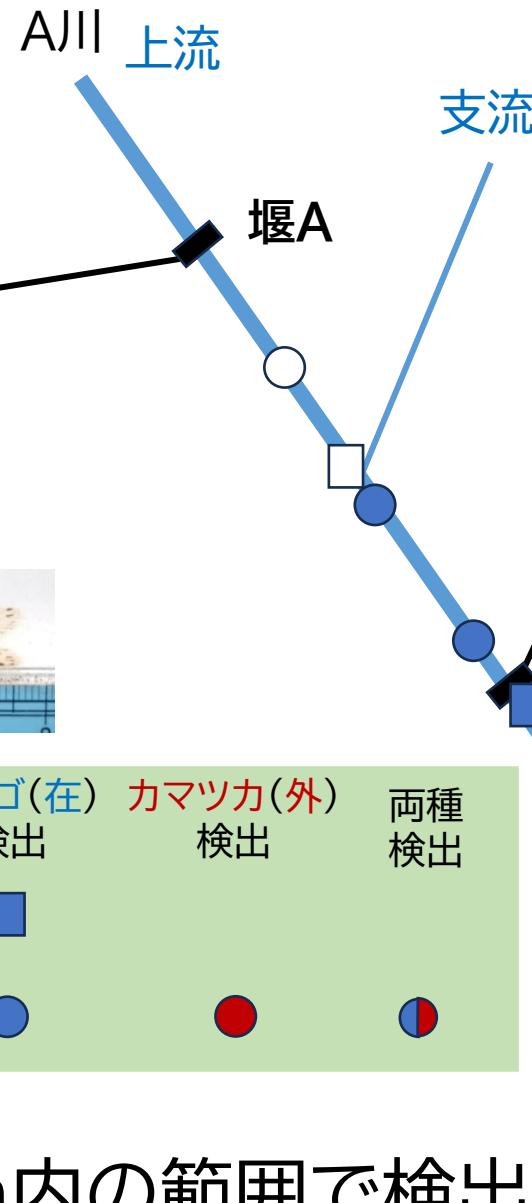
出典:東京都レッドデータブック(本土部)2023

スナゴカマツ力を対象とした環境DNA調査



落差高の大きい堰A(計1.9m)

在来種スナゴカマツカ



落差高の大きい堰E(1.5m)

国内外来種カマツカ

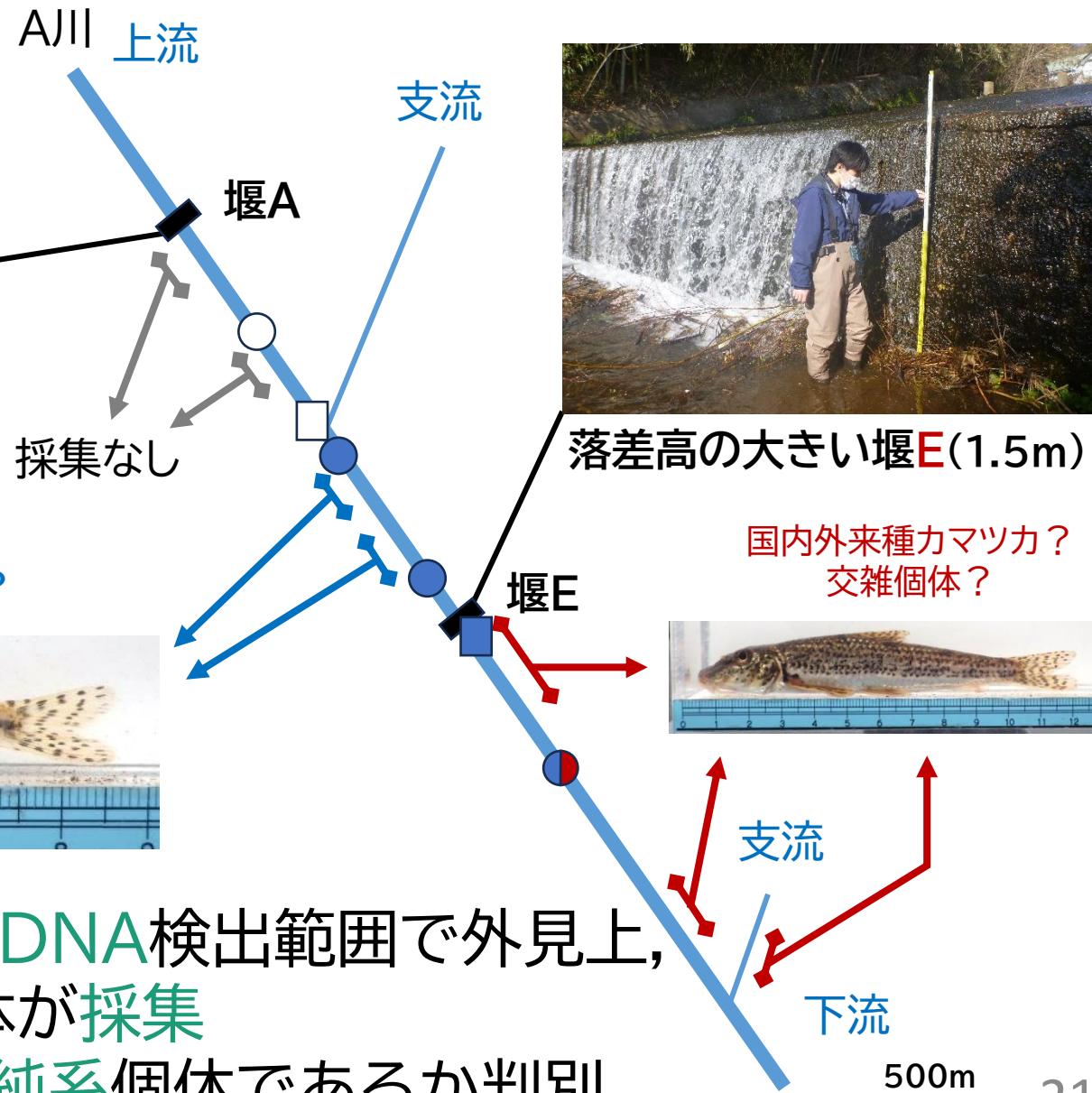


堰Eから上流1km内の範囲で検出

スナゴカマツカを対象とした採集調査



落差高の大きい堰A(計1.9m)

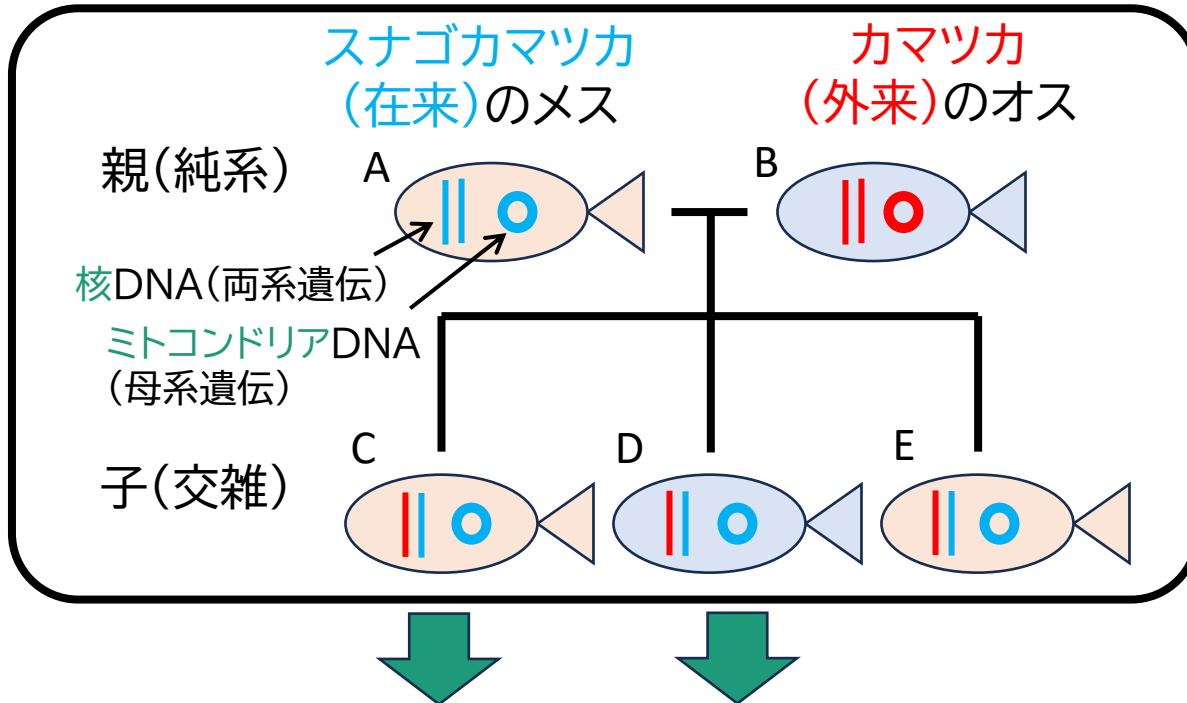


500m

21

ゲノム縮約分析による純系判別のイメージ

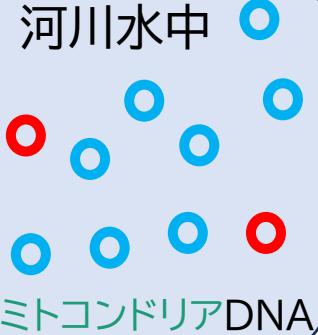
仮想分析
個体群



環境DNAメタバーコーディング

各種の在・不在

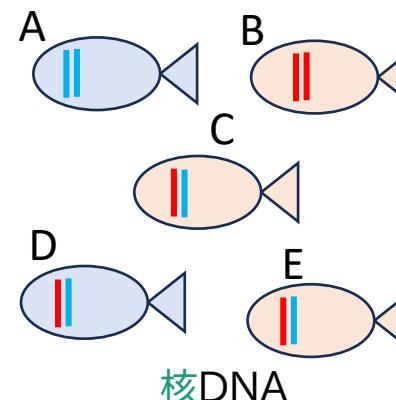
種名＼地点	地点A
スナゴ カマツカ	○
カマツカ	○



まとめて
分析

ゲノム縮約分析

遺伝的組成



A B C D E

純系や交雑は検出不可能

純系(A, B)や交雑(C-E)を検出可能 22

ゲノム縮約分析によるスナゴカマツカの純系判別



スナゴカマツカ 自然分布域で収集した27個体 カマツカ 自然分布域で収集した20個体

検証個体

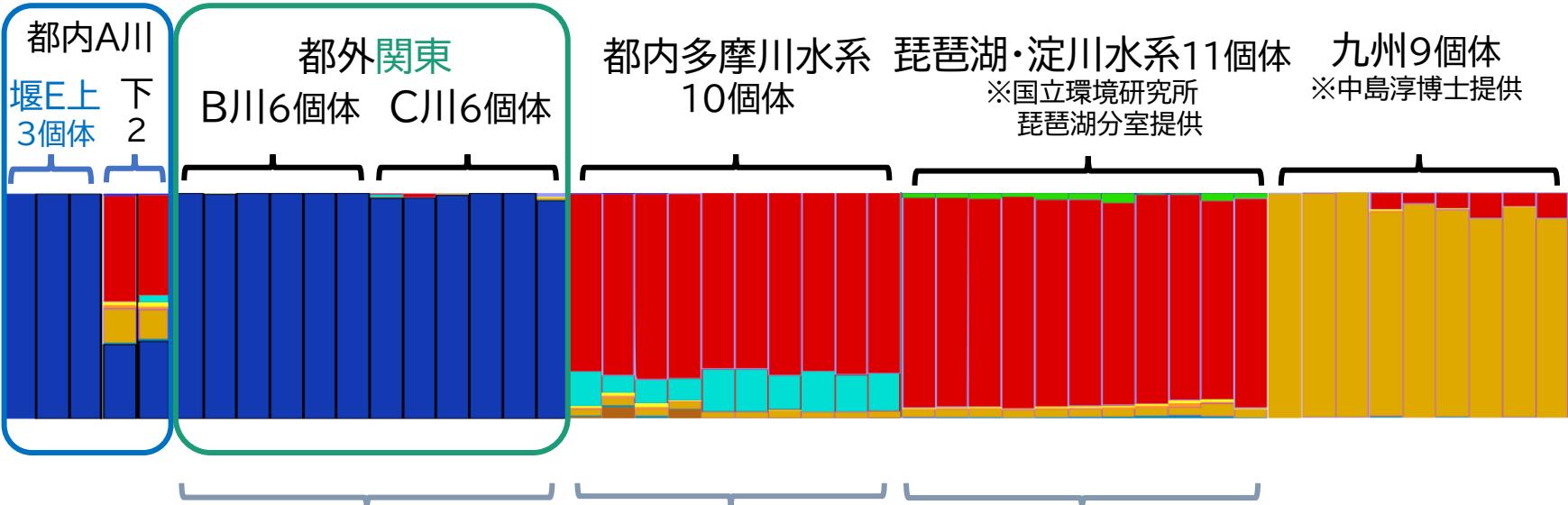
都内A川
堰E上 3個体
堰E下 2個体

純系個体

都外 関東
B川6個体 C川6個体

都内多摩川水系 琵琶湖・淀川水系 11個体
10個体
※国立環境研究所
琵琶湖分室提供

九州9個体
※中島淳博士提供



既往の知見から
純系個体が生息

都レッドデータブック
にカマツカとの交雑
ありと解説

カマツカの
移入起源？

ゲノム縮約分析によるスナゴカマツカの純系判別



スナゴカマツカ 自然分布域で収集した27個体 カマツカ 自然分布域で収集した20個体

検証個体

都内A川

堰E上
3個体

堰下
2個体

純系個体

都外 関東

B川6個体 C川6個体

都内 多摩川水系

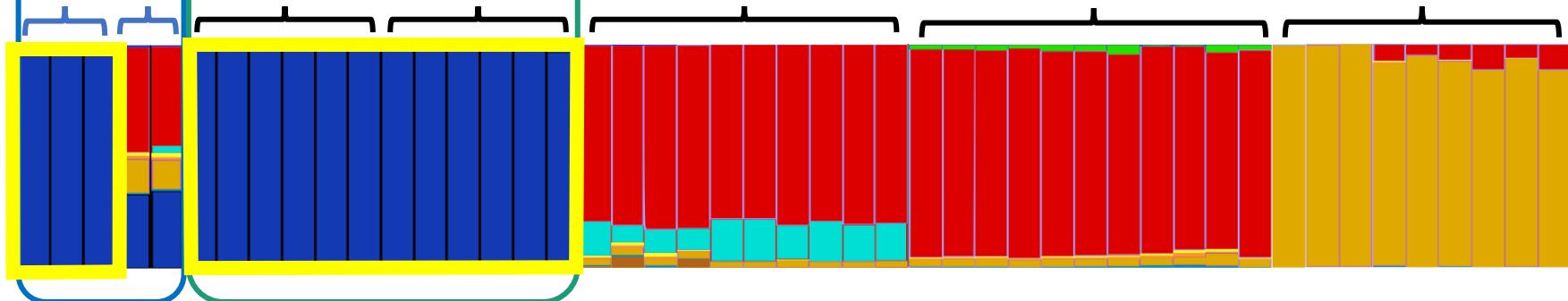
琵琶湖・淀川水系11個体
10個体

琵琶湖・淀川水系11個体

※国立環境研究所
琵琶湖分室提供

九州9個体

※中島淳博士提供



- ・ A川堰E上3個体の遺伝的組成 ■ は関東の純系個体と同じ
→スナゴカマツカの純系であると判断される
- ・ 堤下や多摩川水系の個体の遺伝的組成 ■ ■ は5~8割が
琵琶湖・淀川水系、九州のカマツカと同じ→交雑あり

ゲノム縮約分析によるスナゴカマツカの純系判別



スナゴカマツカ 自然分布域で収集した27個体 カマツカ 自然分布域で収集した20個体

検証個体

都内A川

堰E上
3個体

堰下
2

純系個体

都外関東

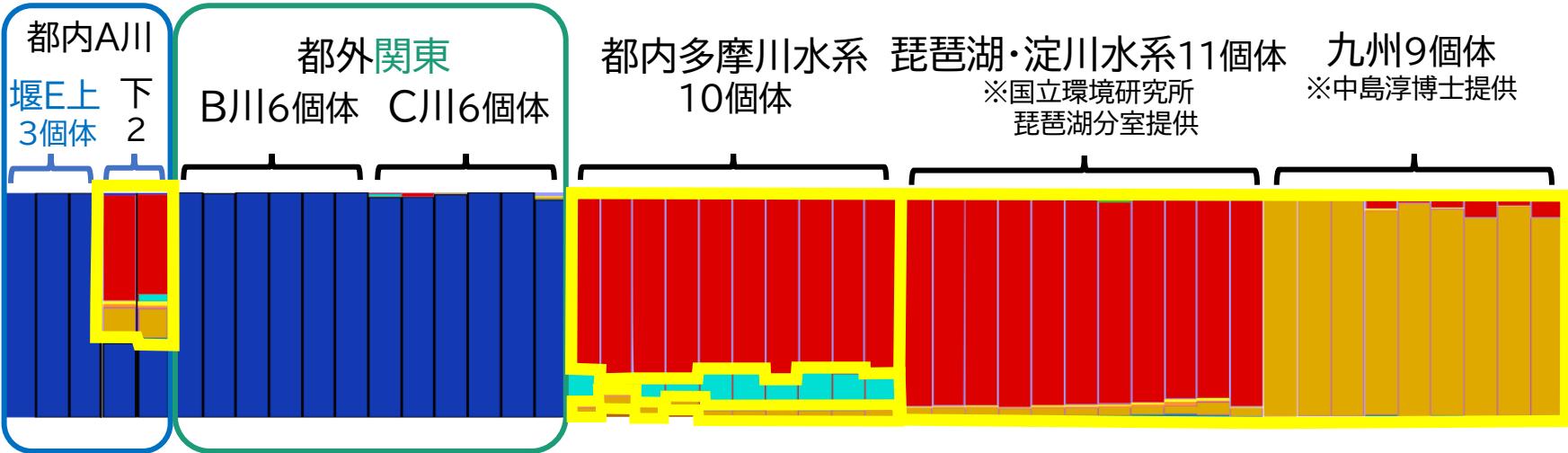
B川6個体 C川6個体

都内多摩川水系

琵琶湖・淀川水系11個体
10個体

※国立環境研究所
琵琶湖分室提供

九州9個体
※中島淳博士提供



- A川堰E上3個体の遺伝的組成 ■ は関東の純系個体と同じ
→スナゴカマツカの純系であると判断される
- 堤下や多摩川水系の個体の遺伝的組成 ■ ■ は5~8割が
琵琶湖・淀川水系、九州のカマツカと同じ→交雑あり

推定されたスナゴカマツカの生息状況

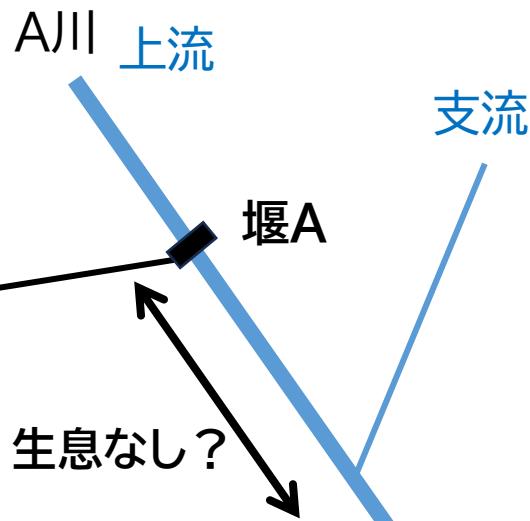


落差高の大きい堰A(計1.9m)

在来種スナゴカマツカ



堰E上流のごく限られた1km以内の範囲にスナゴカマツカ純系が単独で生息
→危機的状況
→堰Eによる交雑個体の侵入防止が極めて重要



落差高の大きい堰E(1.5m)

交雑個体



カマツカ
侵入範囲

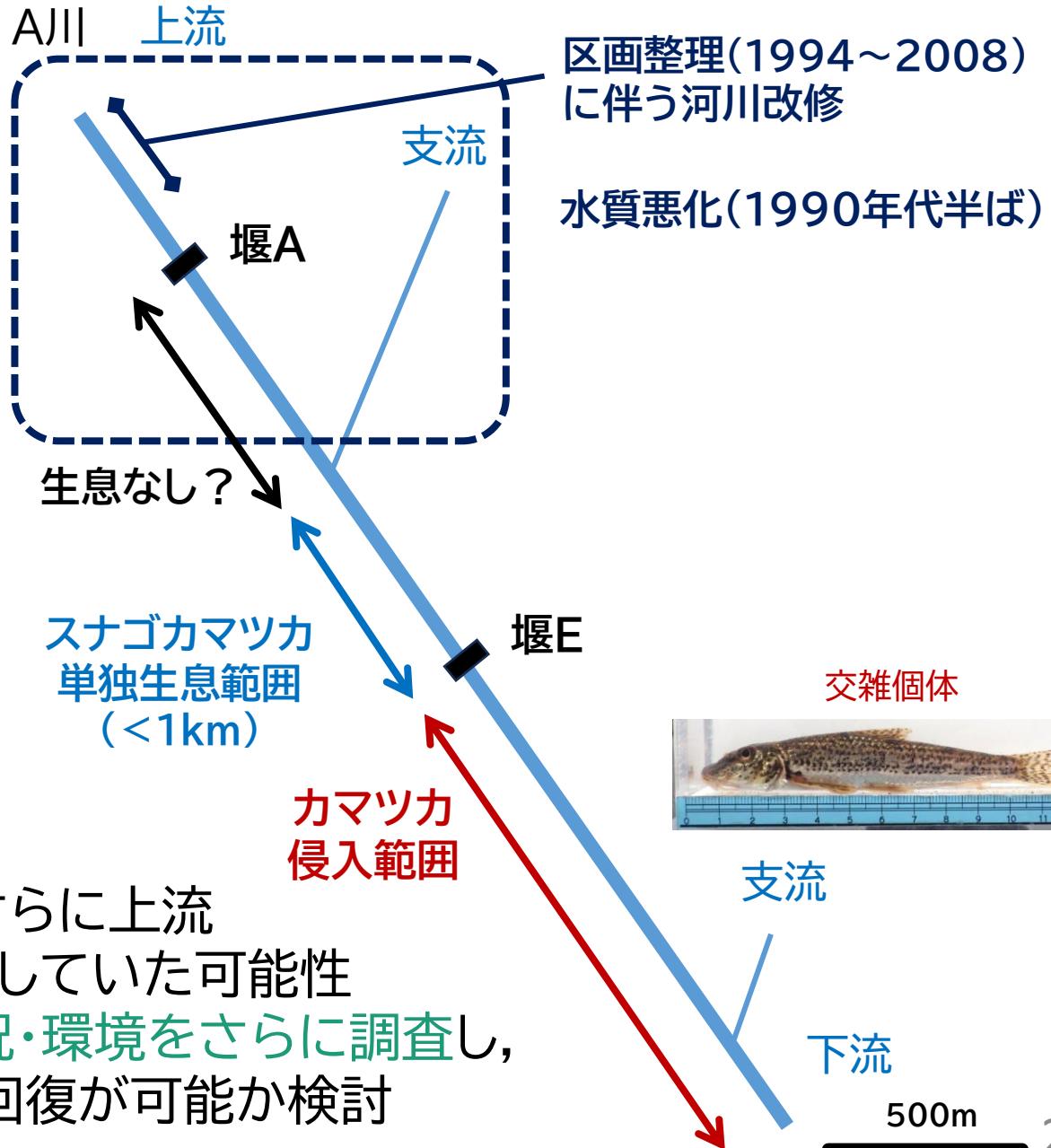
支流

下流

500m

スナゴカマツカの生息状況・環境の変化

1989-1994年の魚類調査でカマツカ類が確認
→おそらくスナゴカマツカ



1990年代前半まではさらに上流にスナゴカマツカが生息していた可能性
→上流も含めた生息状況・環境をさらに調査し、
生息場としての機能回復が可能か検討

まとめと課題

- ・魚類、水生植物、底生動物を対象に環境DNA調査を実施

成果：都内の魚類相を把握するために有効

課題：水生植物や底生動物では環境DNA技術の改善が必要

- ・環境DNA調査によりスナゴカマツカ等の保護上重要種の生息状況を調査

成果：都内広域や既存生息地における分布把握に効果を発揮

課題：将来に向けたモニタリング手法を確立

- ・擬陽性の可能性や生物試料のDNA分析でしか分からないこともあるため、採集等の従来的な調査分析と併用することが望ましい

課題：今後、経験を重ねてより適切な活用方法を追求していく