

令和5年度 海洋プラスチックごみ学術シンポジウム (2024年3月9日)  
セッションB 発生源・流出経路

タイトル：

河川調査方法標準化のためのマイクロプラスチック  
調査時誤差評価および誤差制御に関する研究

講演者：

田中 衛 東京理科大学 創域理工学部 社会基盤工学科

協力者：

二瓶 泰雄 東京理科大学 創域理工学部 社会基盤工学科

片岡 智哉 愛媛大学 大学院理工学研究科 生産環境工学専攻

# 講演者略歴

田中 衛

博士（海洋科学）東京海洋大学

東大AORI→産総研GSJ→理科大  
土木（博士研究員）

河川工学（マイクロプラスチック）、  
海洋観測

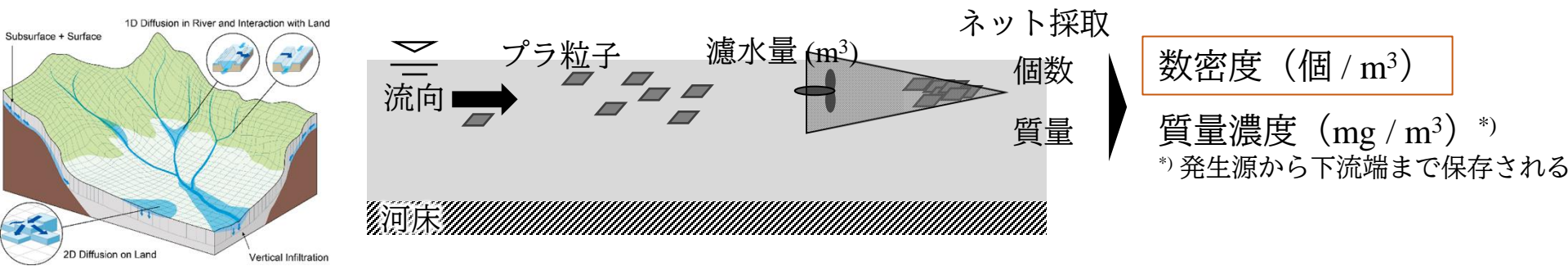


# 流出経路としての河川

- • • 陸から海への効率的な輸送
- • • 堆積と流出を繰り返すプールの機能
- • • 河川にユニークな物理現象が生じさせる複雑な動態

## 河川水中プラ濃度

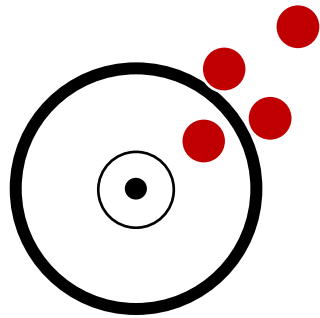
- • • 輸送量評価における基礎的な情報
- • • 測定イメージは下図



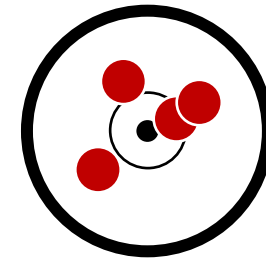
測定方法はすでに確立

(河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン; 環境省)

# 系統誤差と偶然誤差



原因) 作業手順の誤り (過誤)  
コンタミネーション  
採取時期、地点の任意性

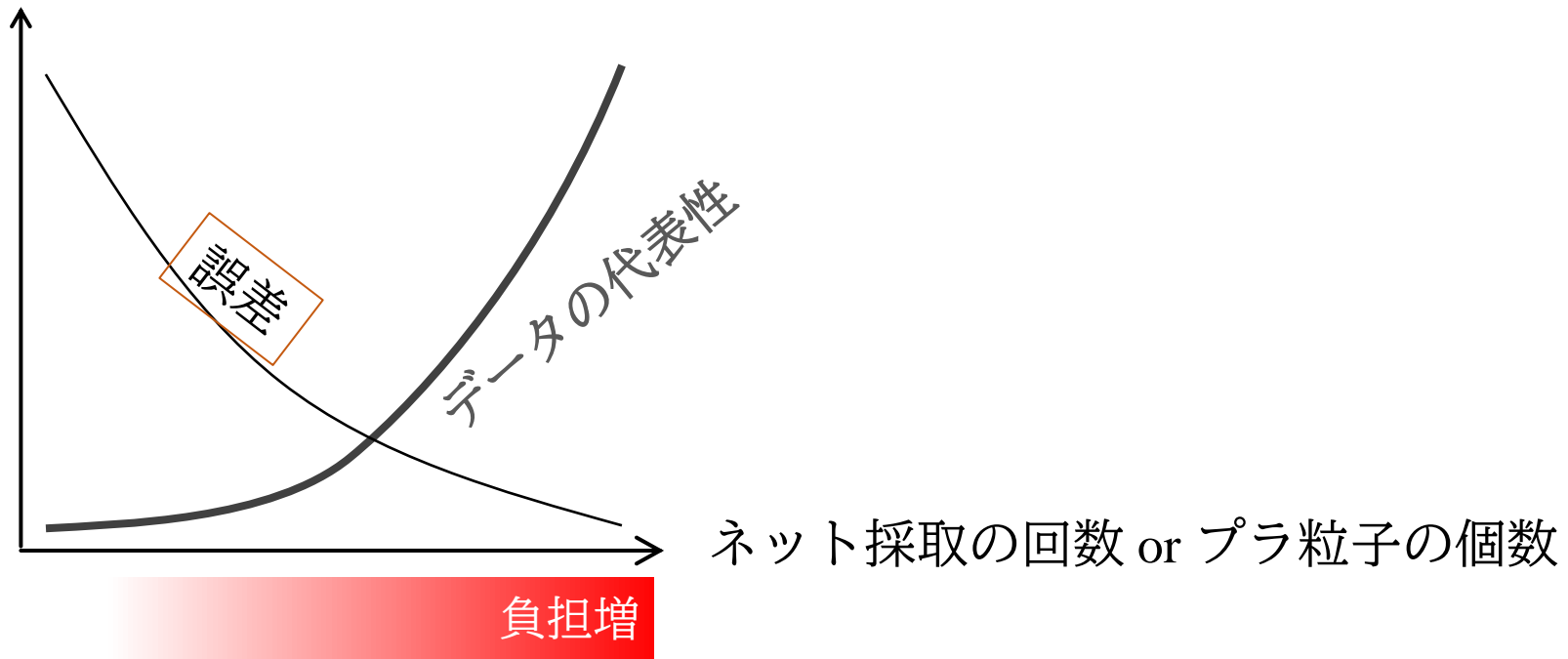


偶然性に依存した過程

偶然誤差は既存のガイドラインではカバーされていない

# 本講演のゴール

※イメージ図



最適な採取回数 or 粒子個数は？

➡ データに基づいて一つの回答を示す

↳ まずは観測によってデータのばらつきを見てみた。

# 短いスパンの十回連続採取



加重平均  $m = \sum_i c_i w_i$

加重分散  $s^2 = \frac{N}{N-1} \sum_i (c_i - m)^2 w_i$

採取回数  $N$

相対的な標準誤差：

$$p = \frac{s}{m \sqrt{N}}$$

大堀川

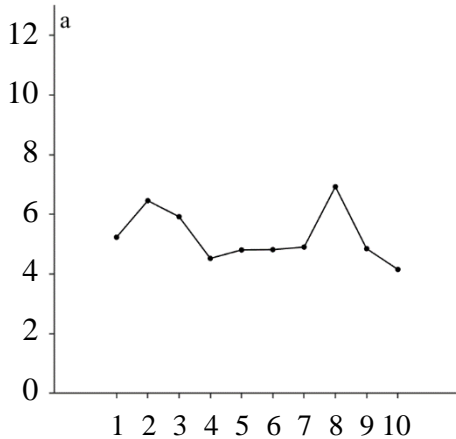
$$p = 0.049$$

利根運河

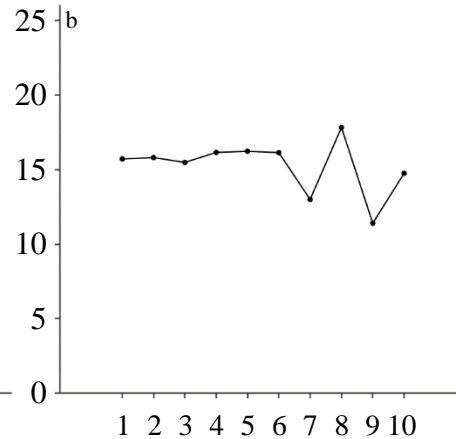
$$p = 0.035$$

母平均から3~5%ほどの逸脱

数密度 (個 / m<sup>3</sup>)



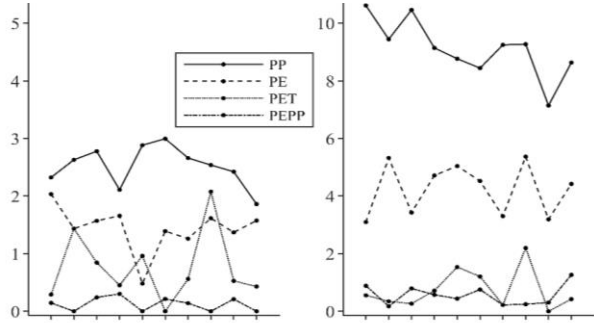
回目



回目

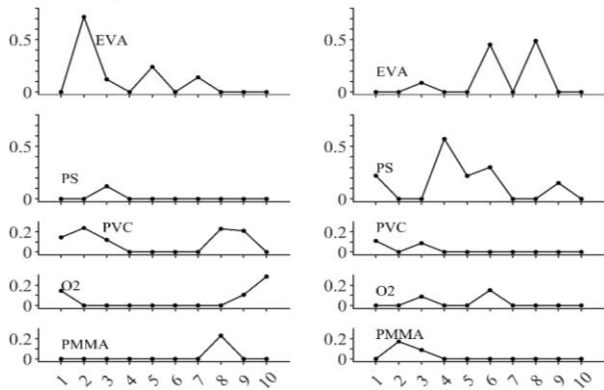
↳ これはケーススタディ。より一般化したい。

# ばらつき的一般化



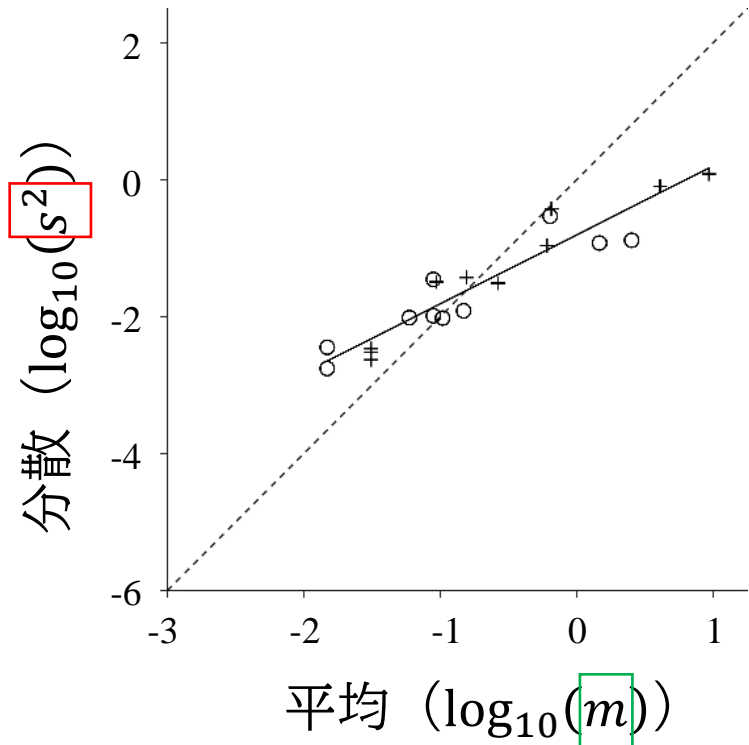
## 材質別のグラフ

数密度 / m³



回目

回目



経験式：

$$\log_{10}(s^2) = -0.80 + 1.01 \log_{10}(m)$$

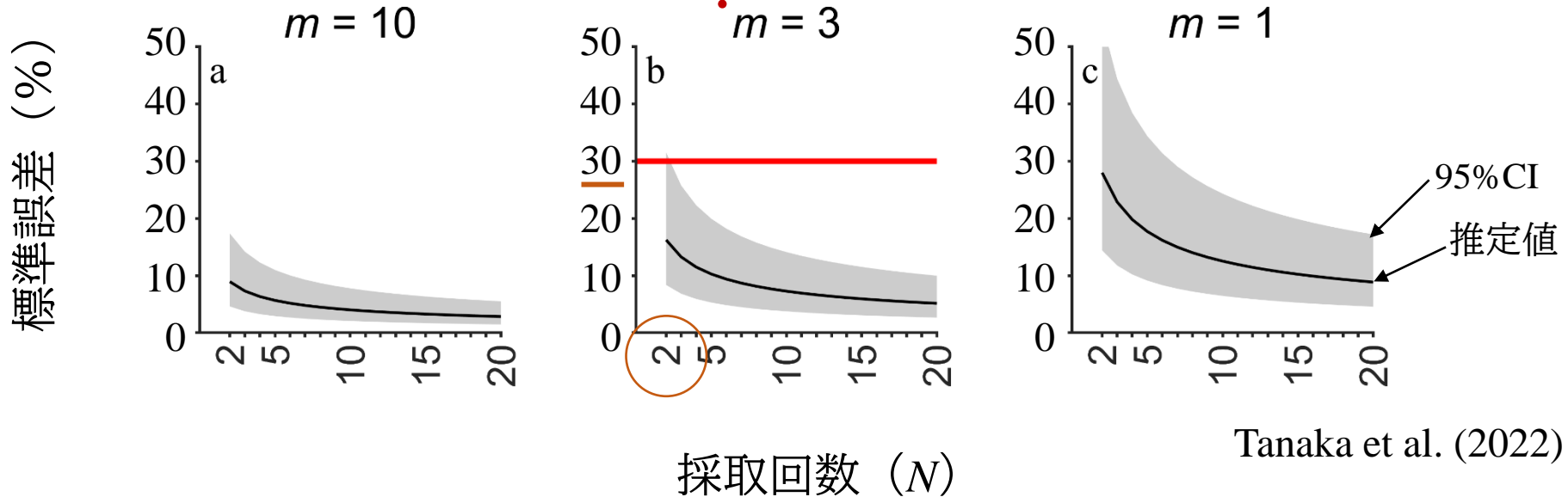
分散 (s²) を平均 (m) から推測可

# 誤差予測と最適な採取回数

相対的な標準誤差：

$$p = \frac{s}{m \sqrt{N}}$$

(※ 平均濃度  $m$  を仮定)



Tanaka et al. (2022)

採取回数 (N)



- $N = 2$  回のときに誤差30%未満が期待される
- 濃度が低いとき ( $m \ll 3$  個/ $m^3$ ) は作業負担を鑑み  $N = 3 \sim 5$  回

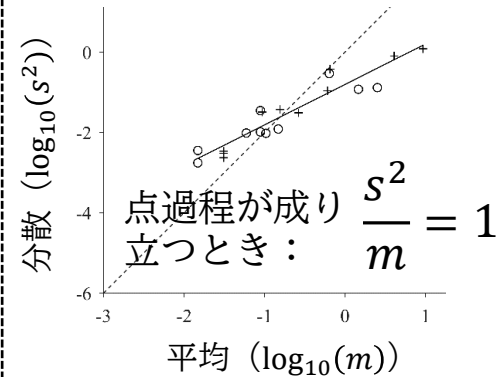


# 一回しか採取できないとき

仮定に基づく信頼区間の計算手法を考案

→ 粒子が完全にランダムな分布を示す  
(ポアソン点過程)

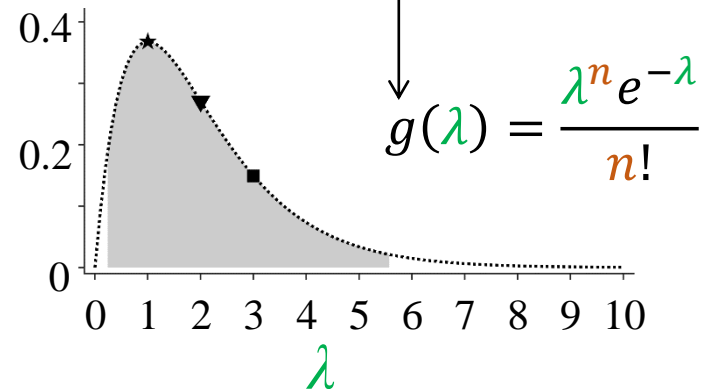
仮定の妥当性



1 m<sup>3</sup> あたりの粒子数 (河川の真値)  $\lambda$  個はガンマ分布に従う  
採取された粒子数を  $n$  個とおくと、...

$\lambda$  が含まれる範囲を確率で  
示せる (= 信頼区間)

確率密度



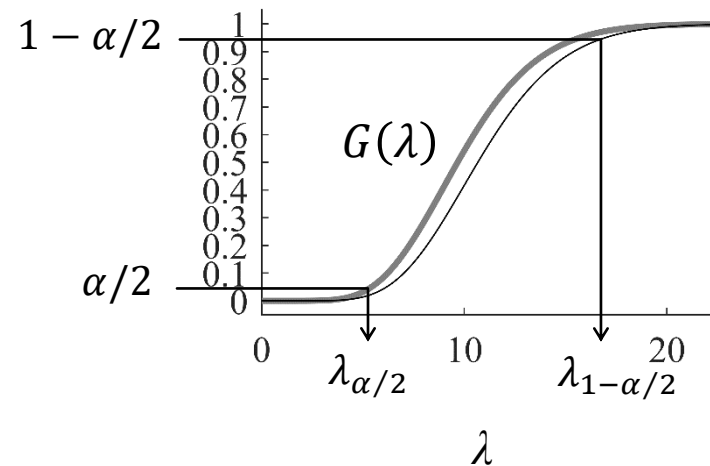
# 信頼区間の計算手順

1. 信頼水準  $\alpha$  を決める (信頼水準90%のとき  $\alpha = 0.10$ )

2. 採取個数の信頼区間を求める

ガンマ分布 ( $g$ ) の累積確率  $G(\lambda) = \int_0^\lambda g(x)dx$  の逆関数 ( $G^{-1}$ ) から求める。

• 区間  $[\lambda_{\alpha/2}, \lambda_{1-\alpha/2}]$



3. 濾水量 ( $V \text{ m}^3$ ) で除す

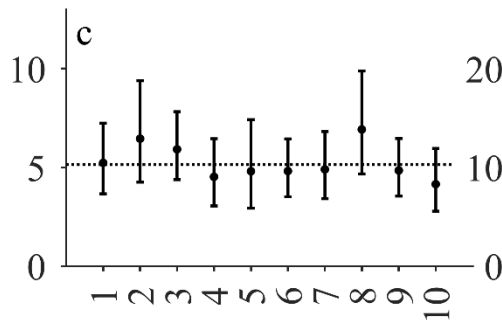
• 個数の信頼区間:  $I_n = [\lambda_{\alpha/2}, \lambda_{1-\alpha/2}]$

• 数密度の信頼区間:  $I_c = \left[ \frac{\lambda_{\alpha/2}}{V}, \frac{\lambda_{1-\alpha/2}}{V} \right]$

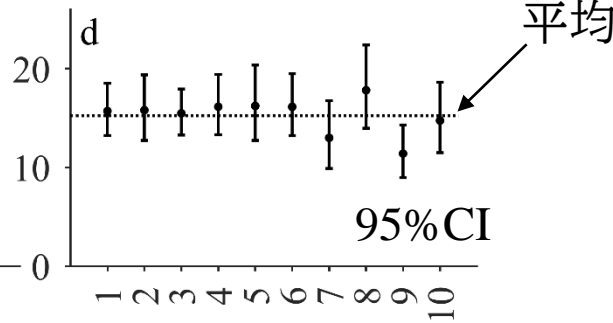
# 信頼区間と最適な粒子数



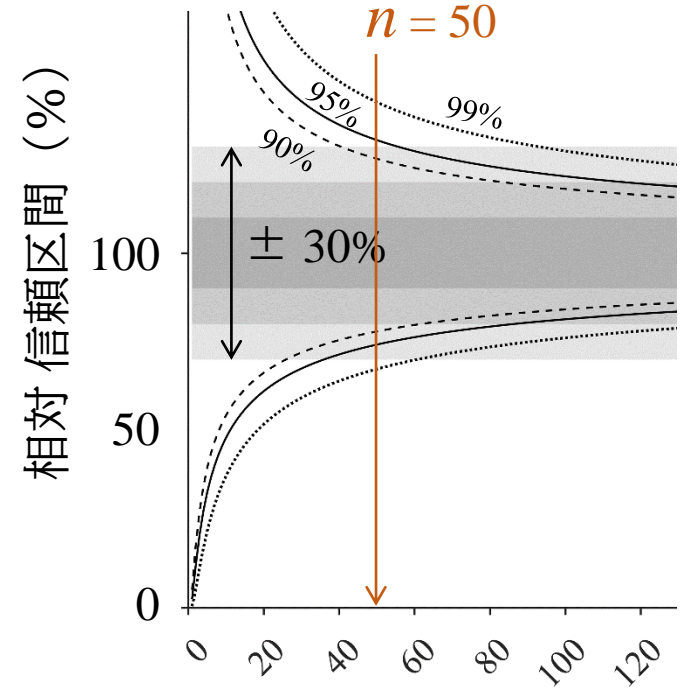
数密度 (個 / m<sup>3</sup>)



回目



回目

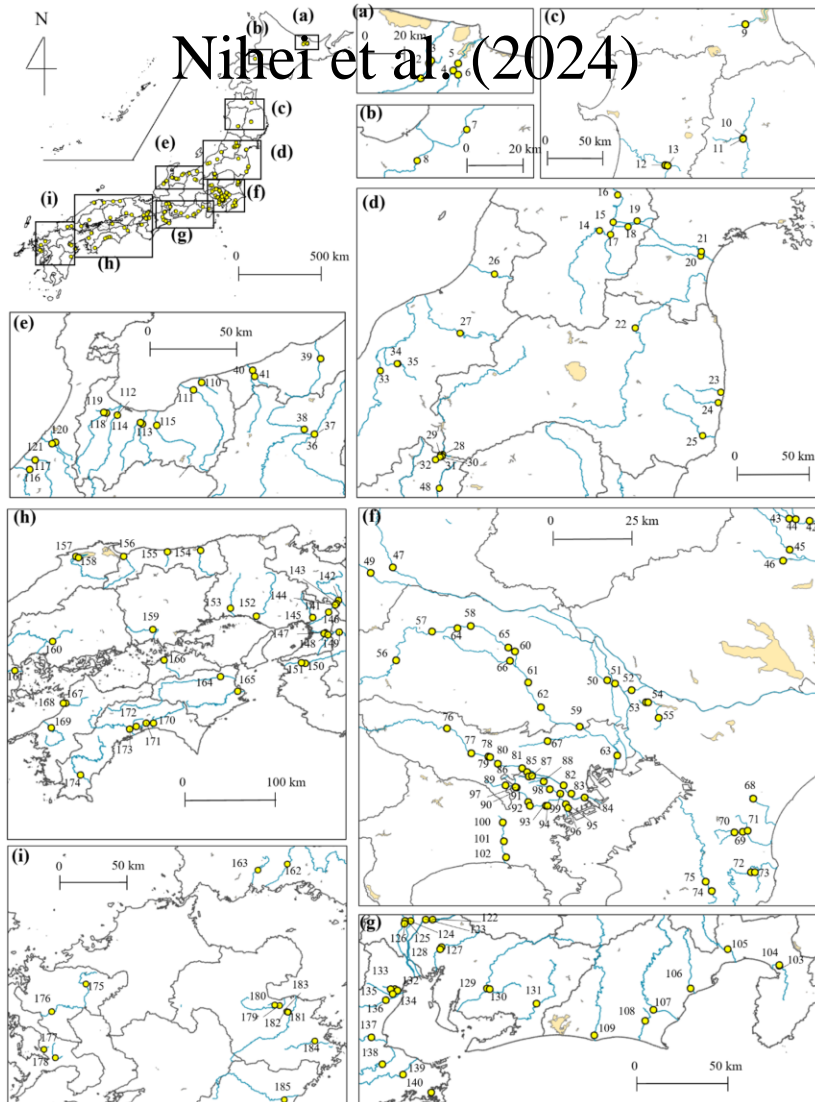


サンプル中の粒子数 ( $n$ )

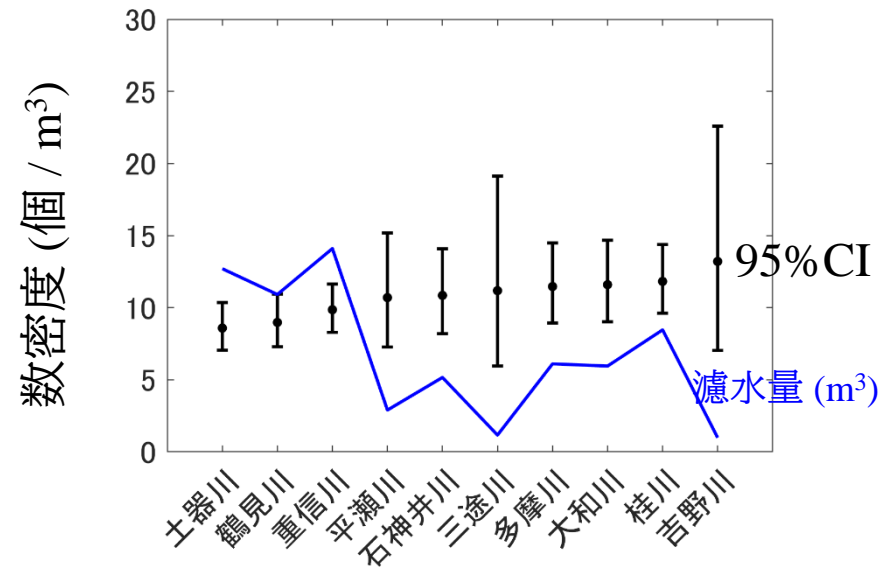
Tanaka et al. (2023)

- ・ 考案した信頼区間の機能性を確認
- ・ 採取されたプラ粒子が  $n > 50$  個程度で信頼区間が  $\pm 30\%$  以内
  - ↳ 過去に遡って、既所持のデータにも適用可能





本発表の手法を適用した。↓



↓ 計算手順をエクセルファイルにて公開

## 複数回採取のとき

$N = 2$  回 (高濃度河川)

$N = 3 \sim 5$  回 (低濃度河川)

## 一回採取のとき

$n = 50$  個前後

参考文献：

Tanaka et al. (2022) Variance and precision of microplastic sampling in urban rivers. *Environ. Pollut.* 310, 119811.

Tanaka et al. (2023) An analytical approach to confidence interval estimation of river microplastic sampling. *Environ. Pollut.* 335, 122310.