

地球規模の海洋プラスチック汚染 における水工学研究

愛媛大学 大学院理工学研究科
生産環境工学専攻 准教授 片岡智哉

講演の流れ

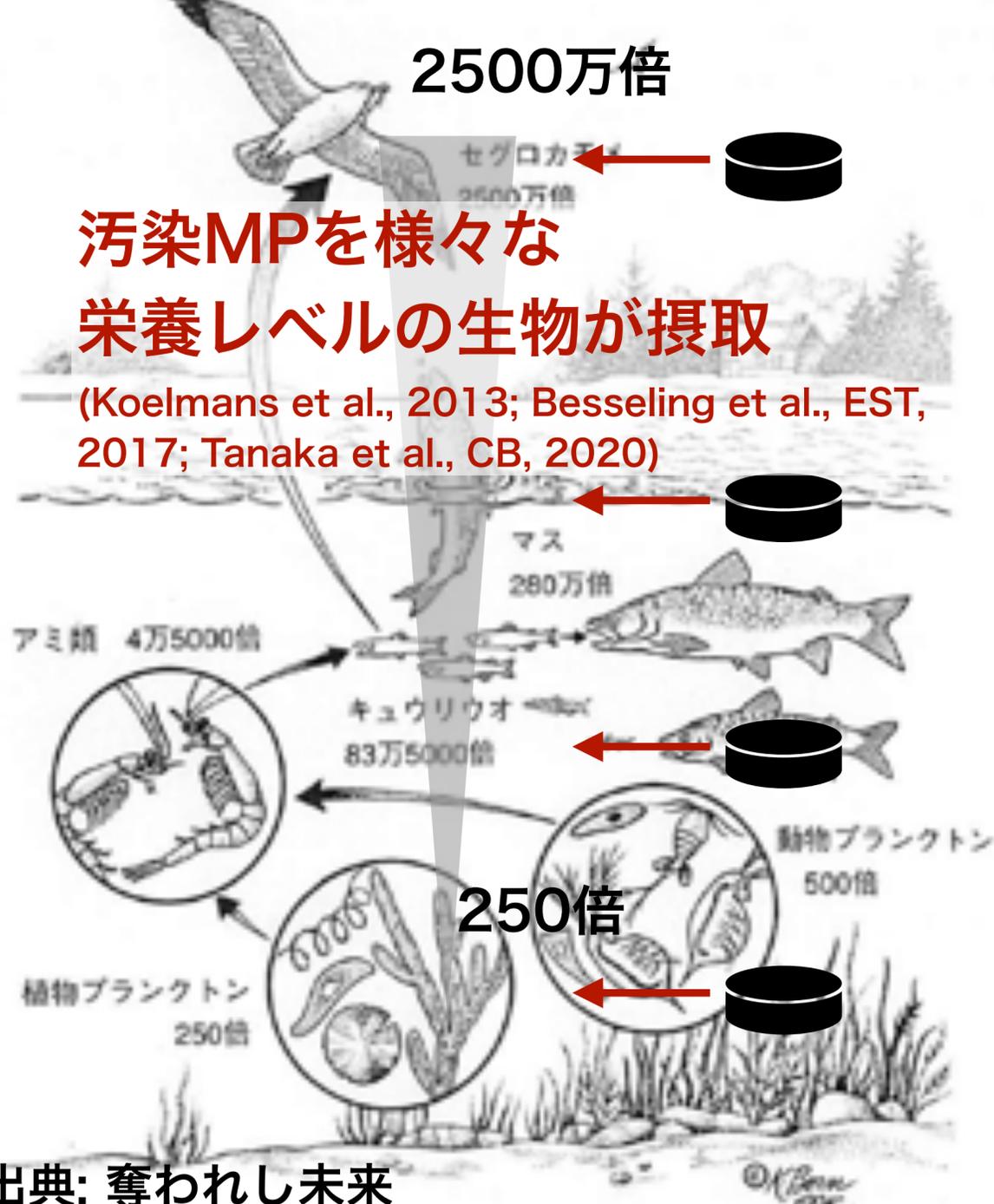
1) 研究年表

2) 地球規模の海洋プラスチック汚染と私の研究

3) 若手研究者へのメッセージ

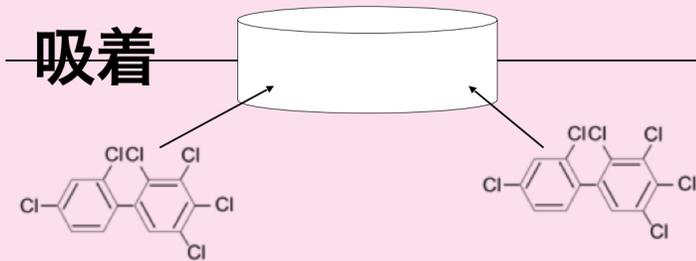
地球規模の海洋プラスチック汚染

オンタリオ湖におけるPCBsの生物濃縮



出典: 奪われし未来

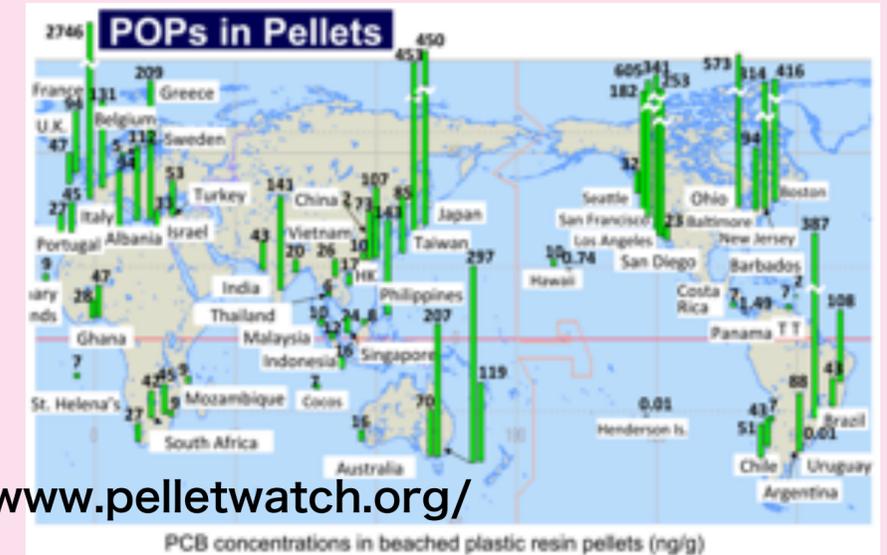
1. 疎水性をもつ有害汚染物質を吸着する



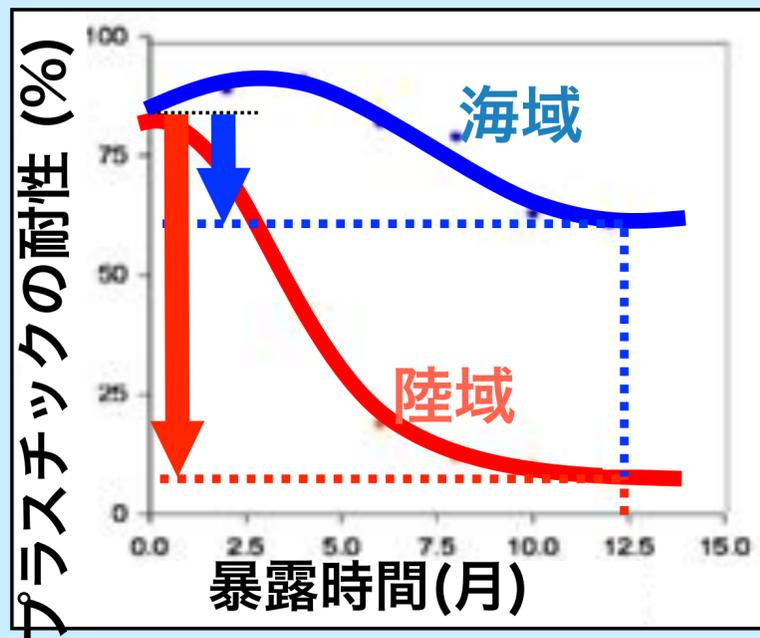
プラスチック中のPCBs濃度は、
周辺海水中の**10万倍～100万倍**

(Mato et al., EST, 2001)

出典: <http://www.pelletwatch.org/>

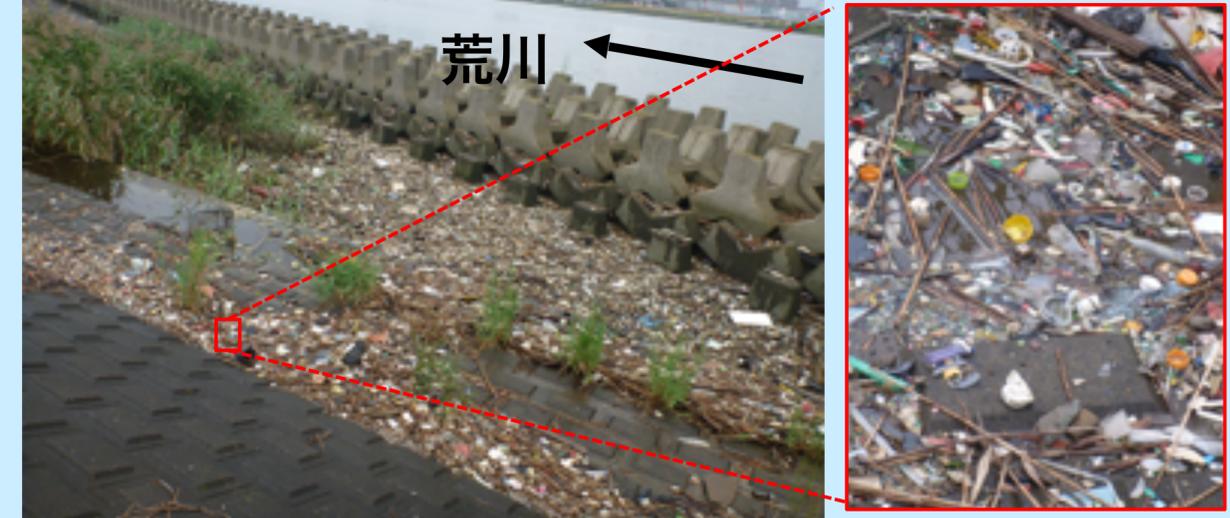


2. 熱・紫外線で劣化が進行し、やがて微細化する



(Andrady, MPB, 2011)

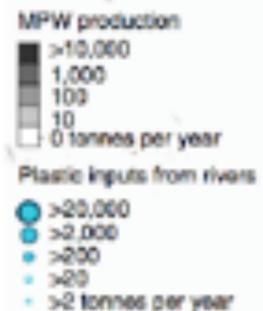
マイクロプラスチック (MP) :
5.0mm以下のプラスチック片



海洋プラスチック汚染は環境ホルモン問題の再来

海洋に流出したプラスチックは世界の海洋へ拡散

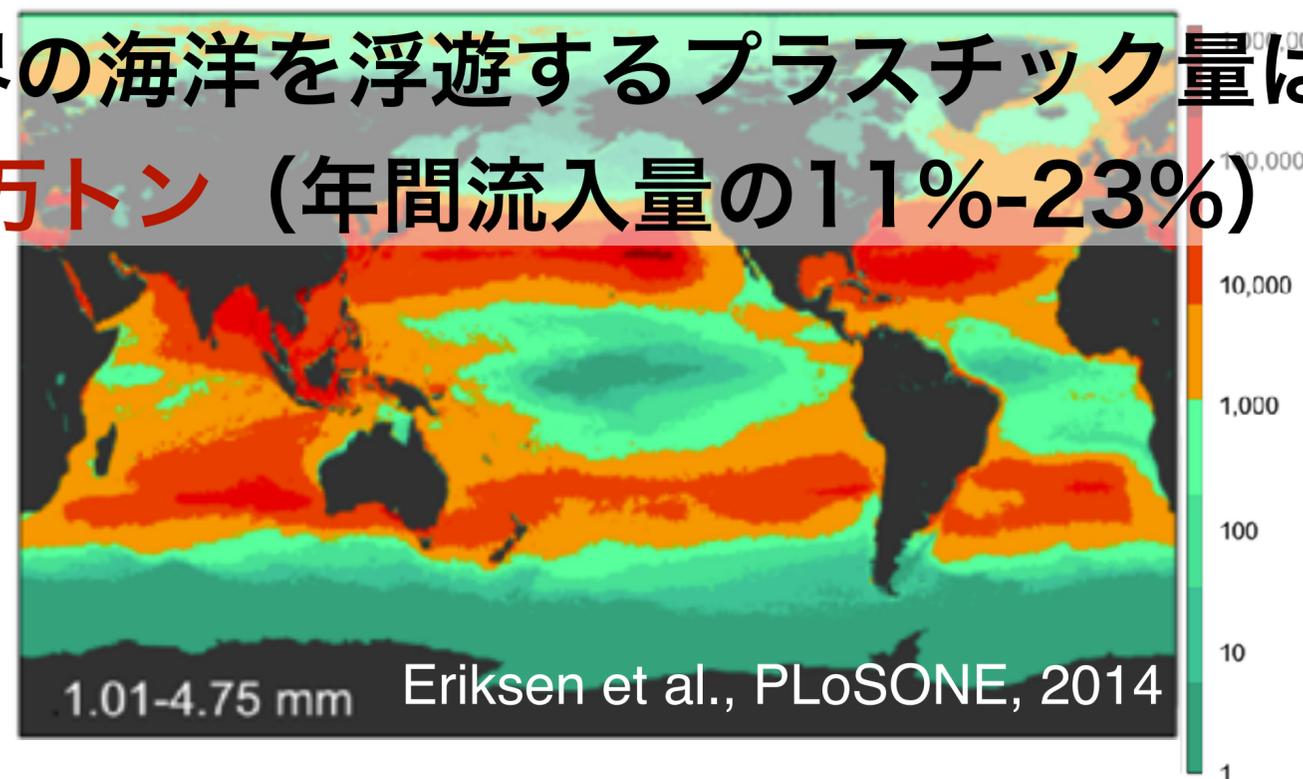
世界の主要河川から年間115-241万トンのプラスチックが海洋に流出



Lebreton et al., Nature Commun. 2017

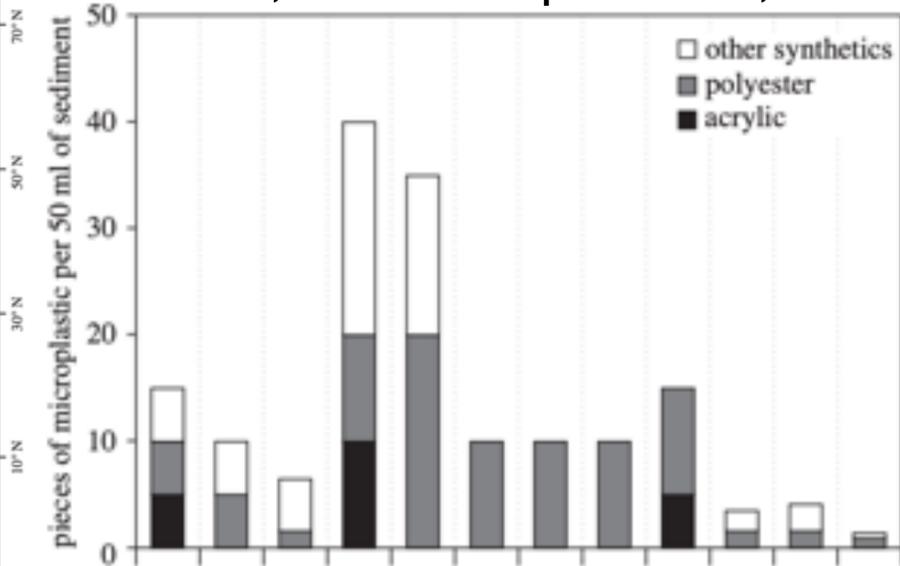
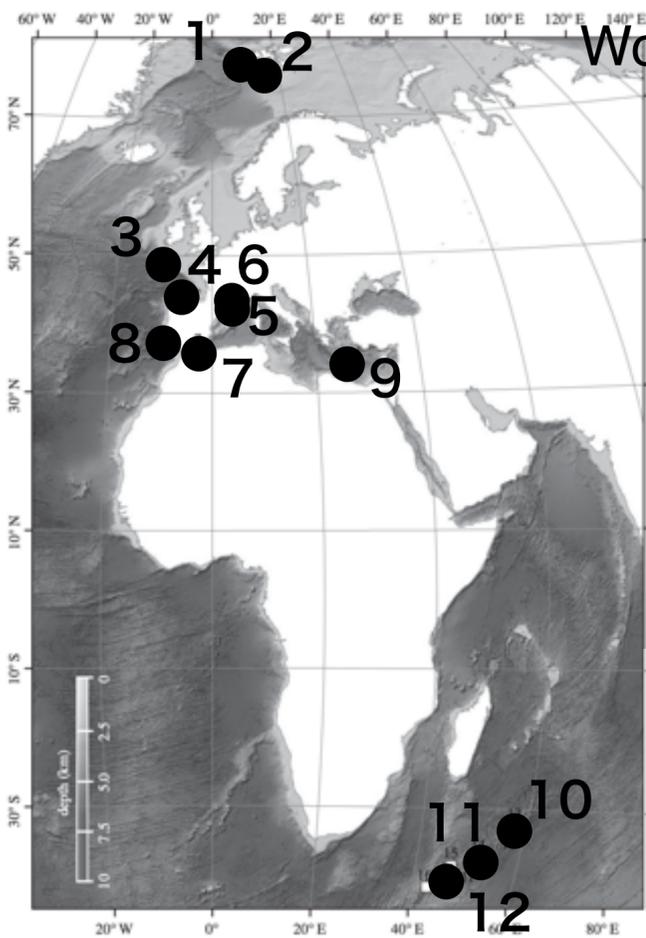
Figure 1 | Mass of river plastic flowing into oceans in tonnes per year. River contributions are derived from individual watershed characteristics such as population density (in inhab km⁻²), mismanaged plastic waste (MPW) production per country (in kg inhab⁻¹ d⁻¹) and monthly averaged runoff (in mm d⁻¹). The model is calibrated against river plastic concentration measurements from Europe, Asia, North and South America.

世界の海洋を浮遊するプラスチック量は27万トン（年間流入量の11%-23%）



Eriksen et al., PLoSONE, 2014

Woodall et al., R. Soc. Open. Sci., 2014

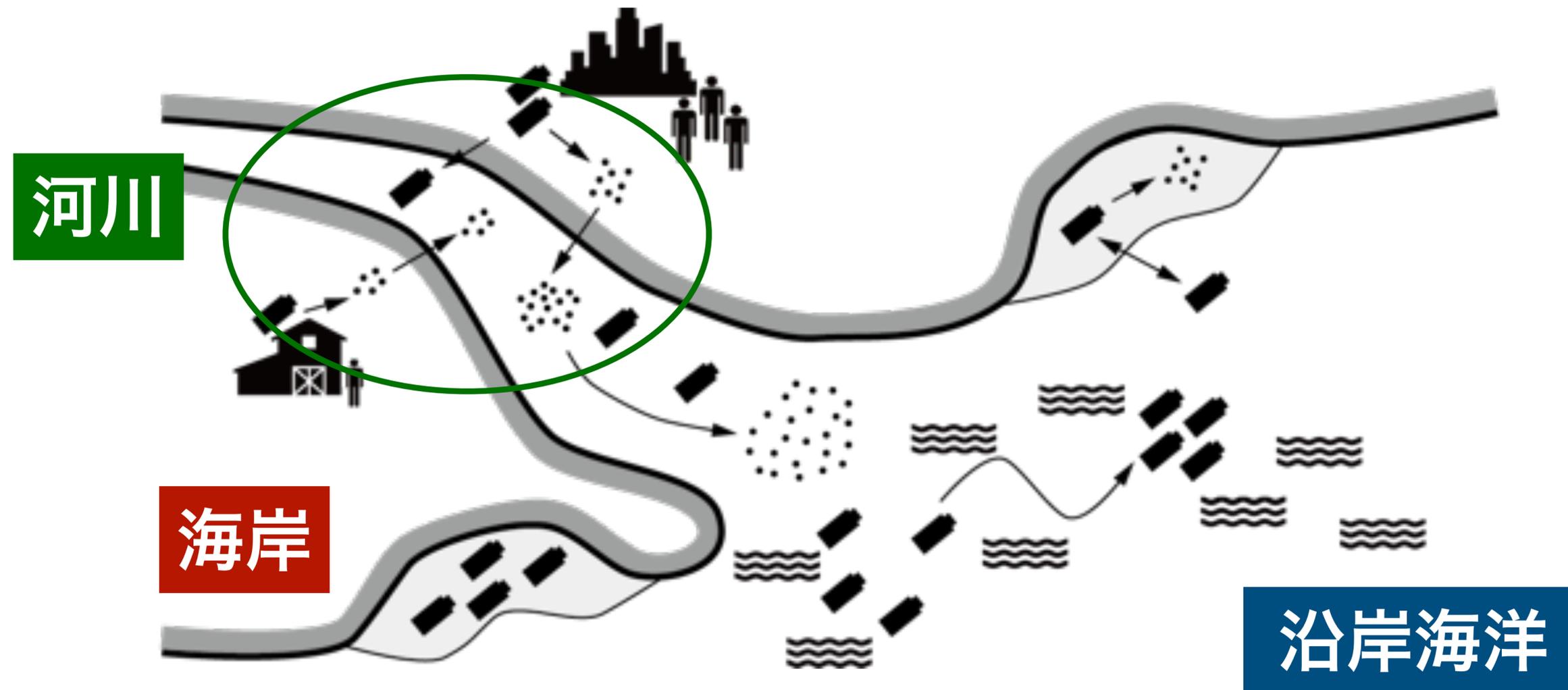


海底堆積物中のマイクロプラスチック量は表層水に比べて4桁大きい
→ 海底がシンク？

河川～海岸～沿岸海洋におけるプラスチック輸送過程に着目

→ 現地観測やセンシング技術を駆使したプラスチック動態解明

陸域-海域におけるプラスチックフロー



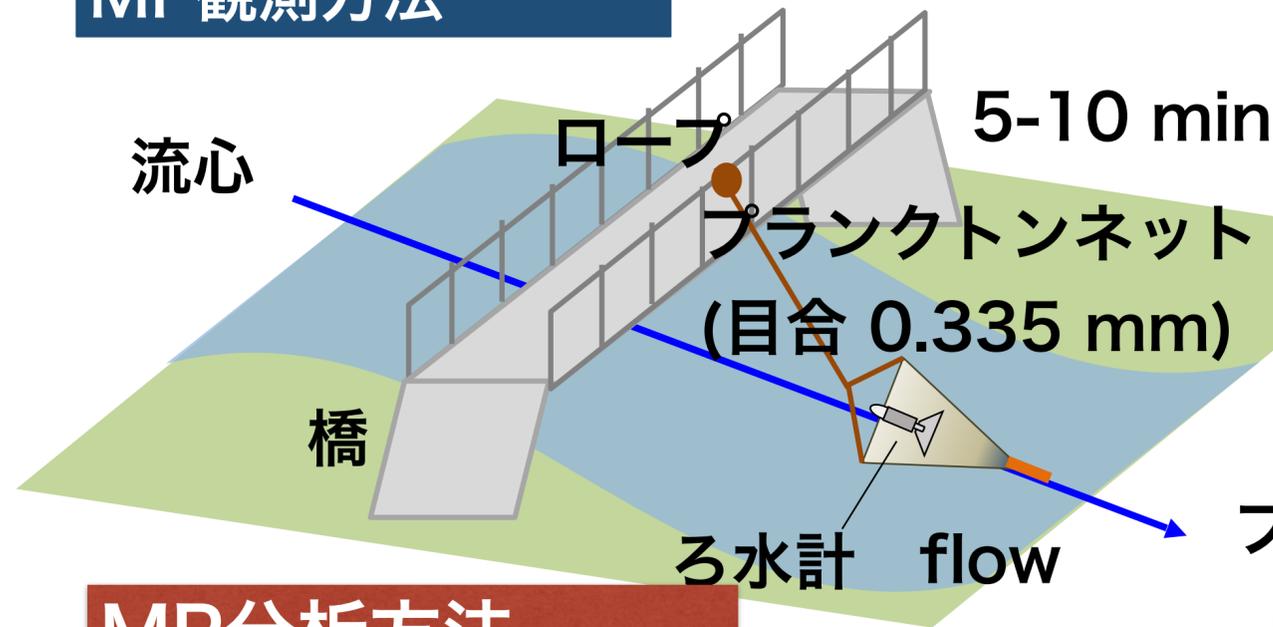
- **陸域-河川におけるプラスチックの動態**

国内河川におけるプラスチック汚染の実態解明

河川浮遊プラスチックのリモートセンシング技術の開発

河川におけるプラスチック汚染の実態解明

MP観測方法



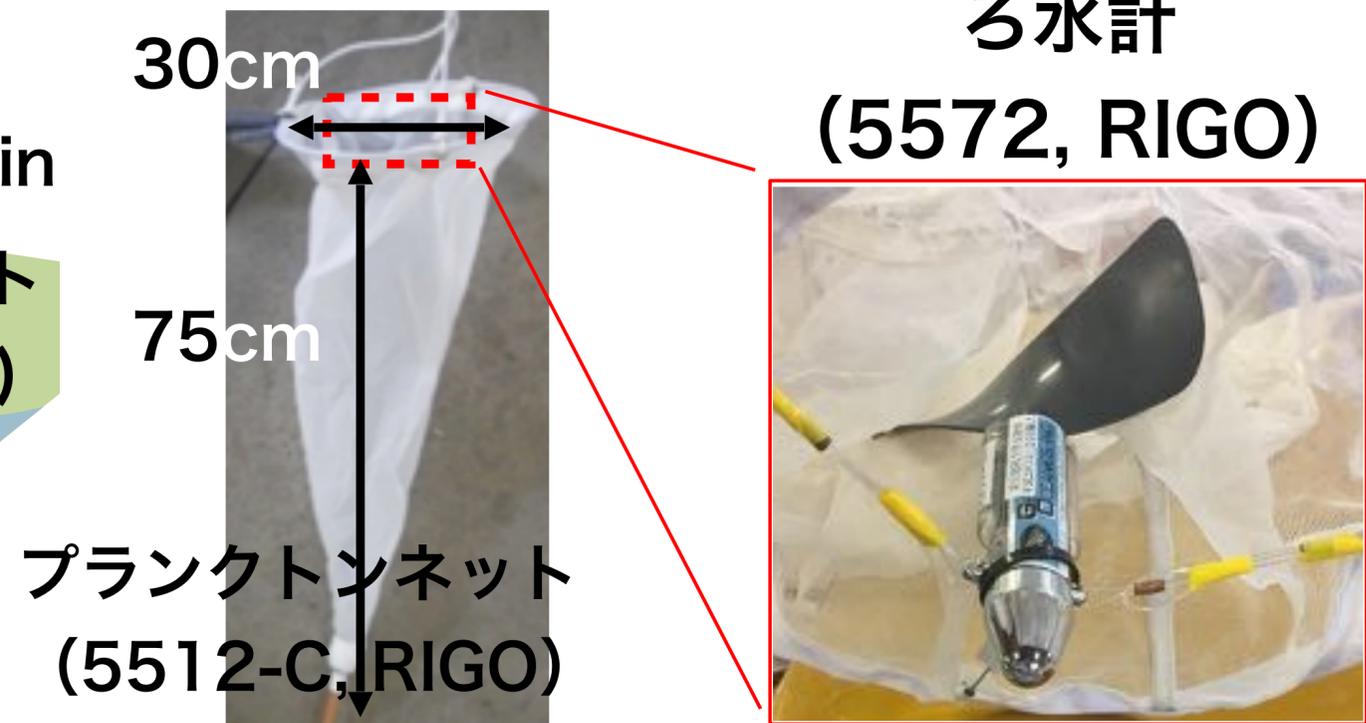
MP分析方法

① MP候補物の抽出
濾過
酸化分解
目視抽出

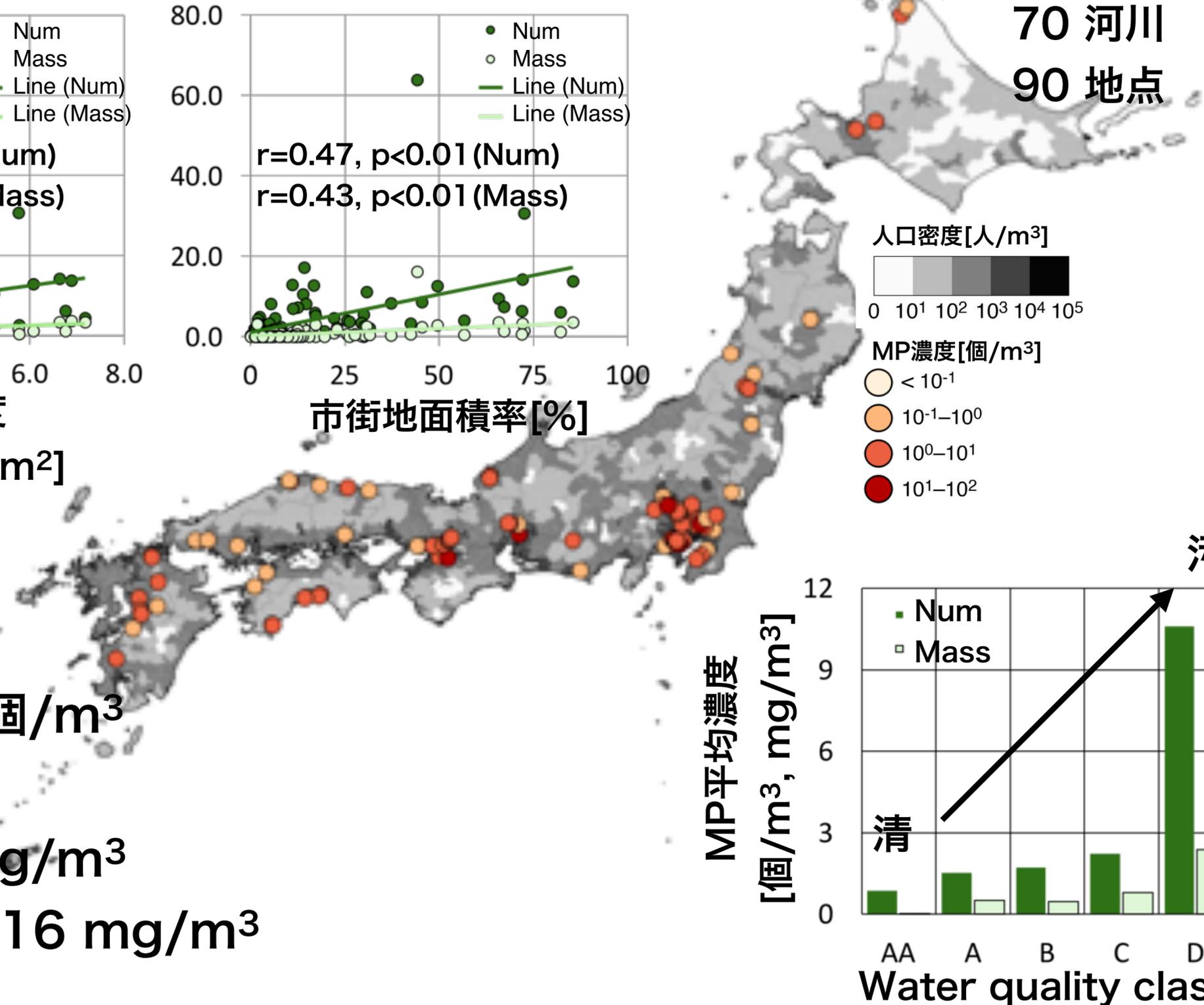
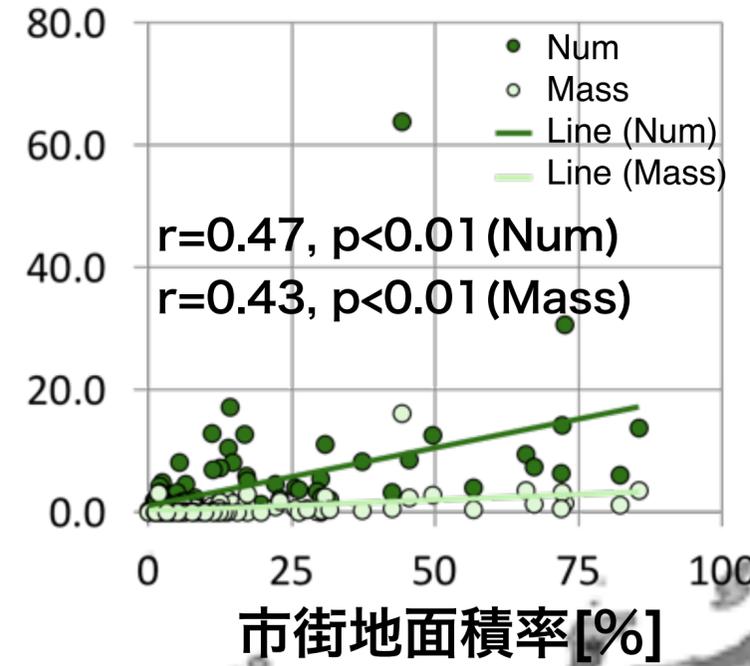
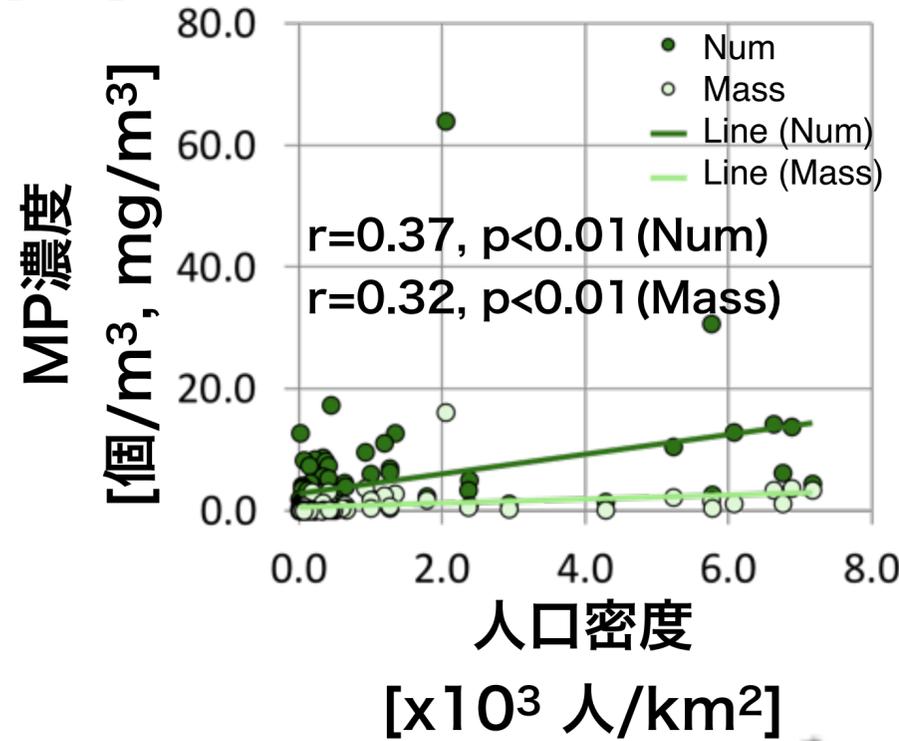
② MPサイズ・質量計測
1. サイズ
Microscope (SZX7, OLYMPUS)
2. 質量
Microbalance (XPR2UJ, METTLER TOLEDO)

③ MP材質特定
ATR-FTIR (IRaffinity-1 S, SHIMADZU)

④ MP濃度計測
MP濃度:
単位水量当たりのMP個数とMP質量
(個/m³, mg/m³)



国内河川マイクロプラスチック濃度マップ



MP数密度

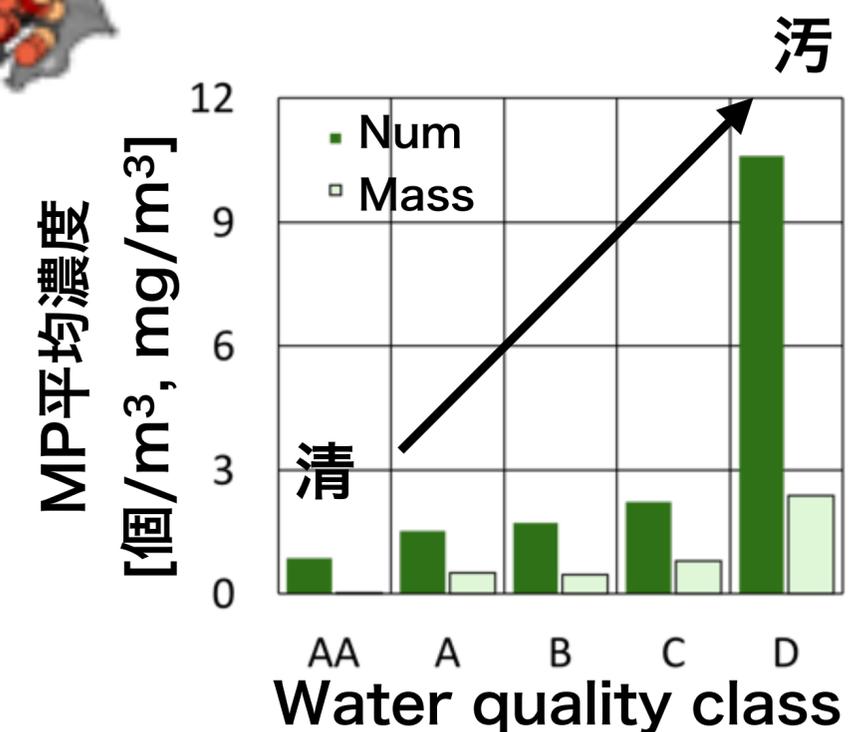
Mean: 4 ± 8 個/ m^3

Range: 0.03-60 個/ m^3

MP質量濃度

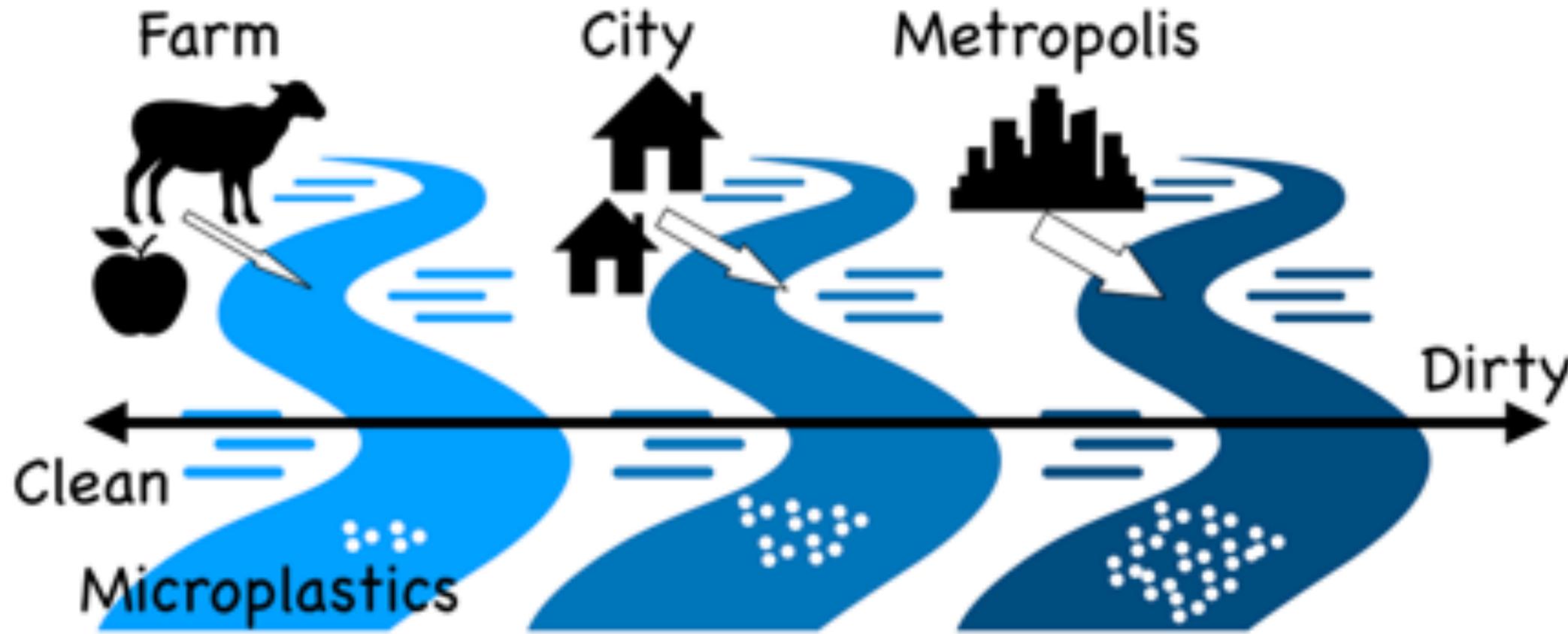
Mean: 0.8 ± 1.9 mg/ m^3

Range: 0.00008-16 mg/ m^3



マイクロプラスチック濃度は汚濁河川で高い

北海道新聞(2018/11/2掲載)



多くのメディアで報道
(新聞:34紙,テレビ:3番組)

Kataoka et al., Environ. Pollut., 2019

人口が集中する市街地を流域にもつ汚濁河川でMP汚染が進行

➡ 沿岸部だけでなく、**内陸部を含めたMP発生抑制対策**が必要

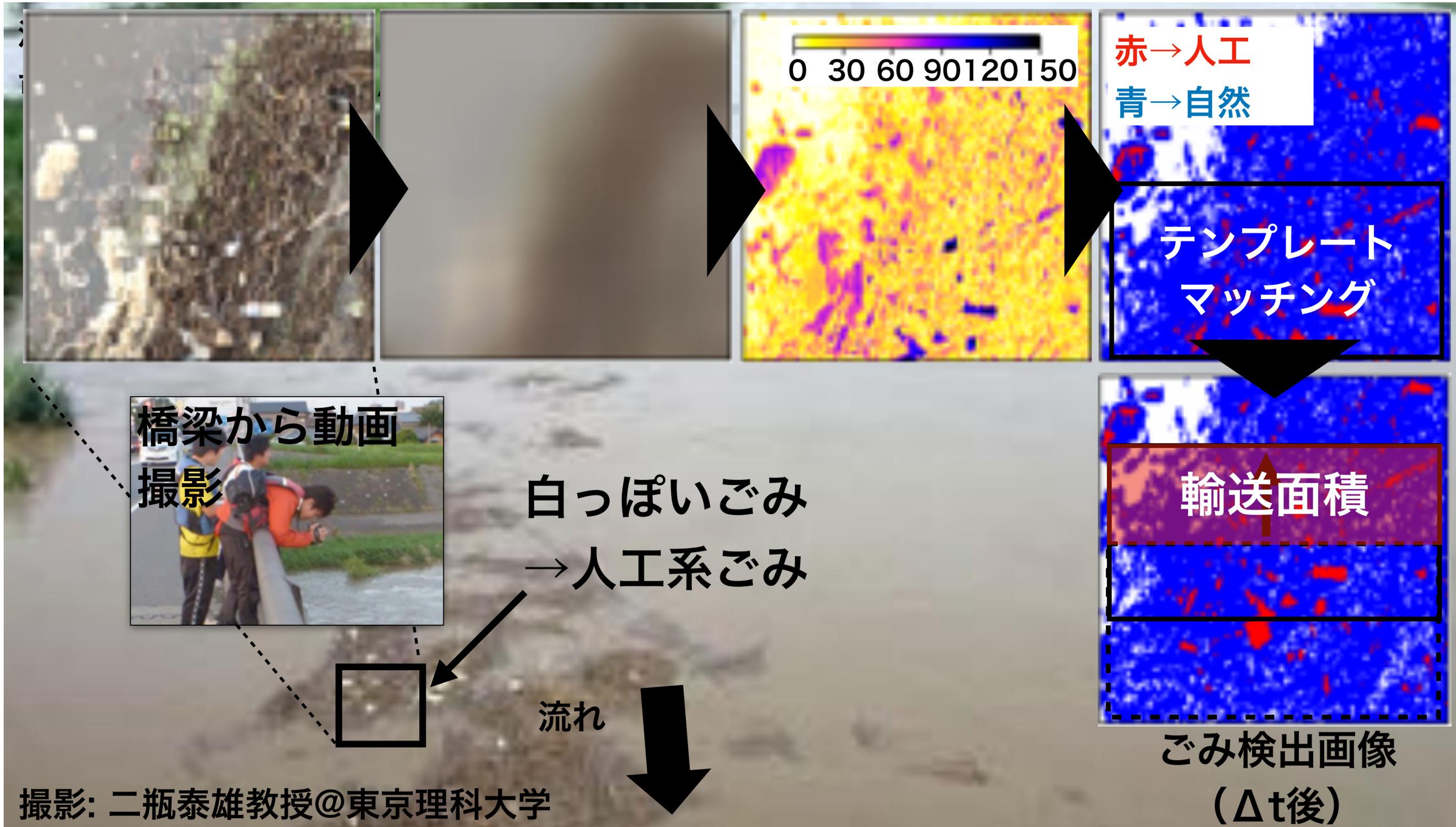
河川浮遊ごみのリモートセンシング技術の開発

オリジナル画像

平滑化画像

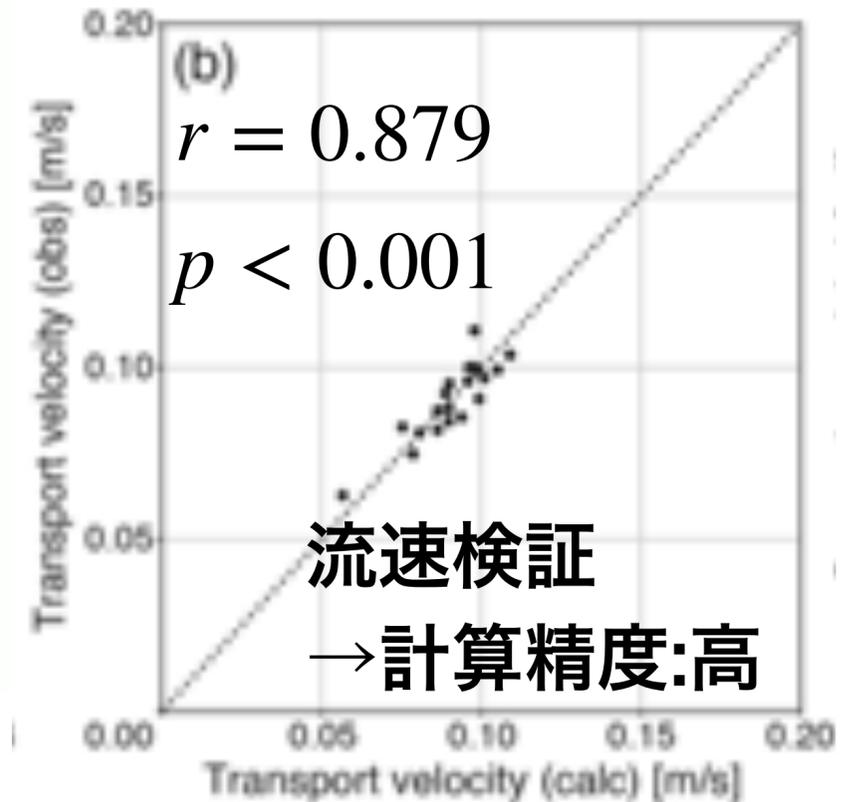
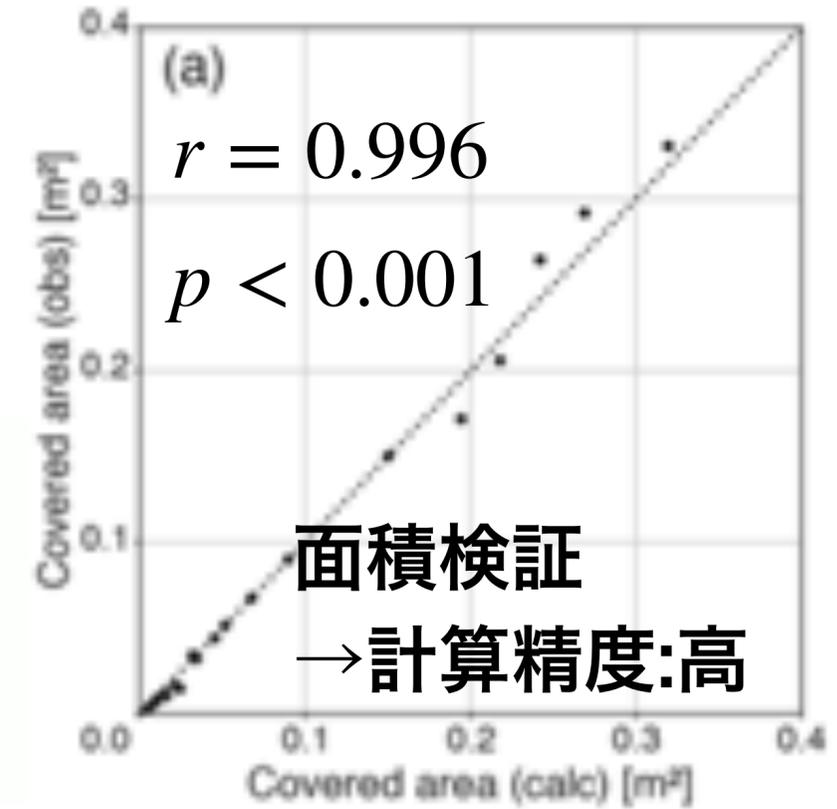
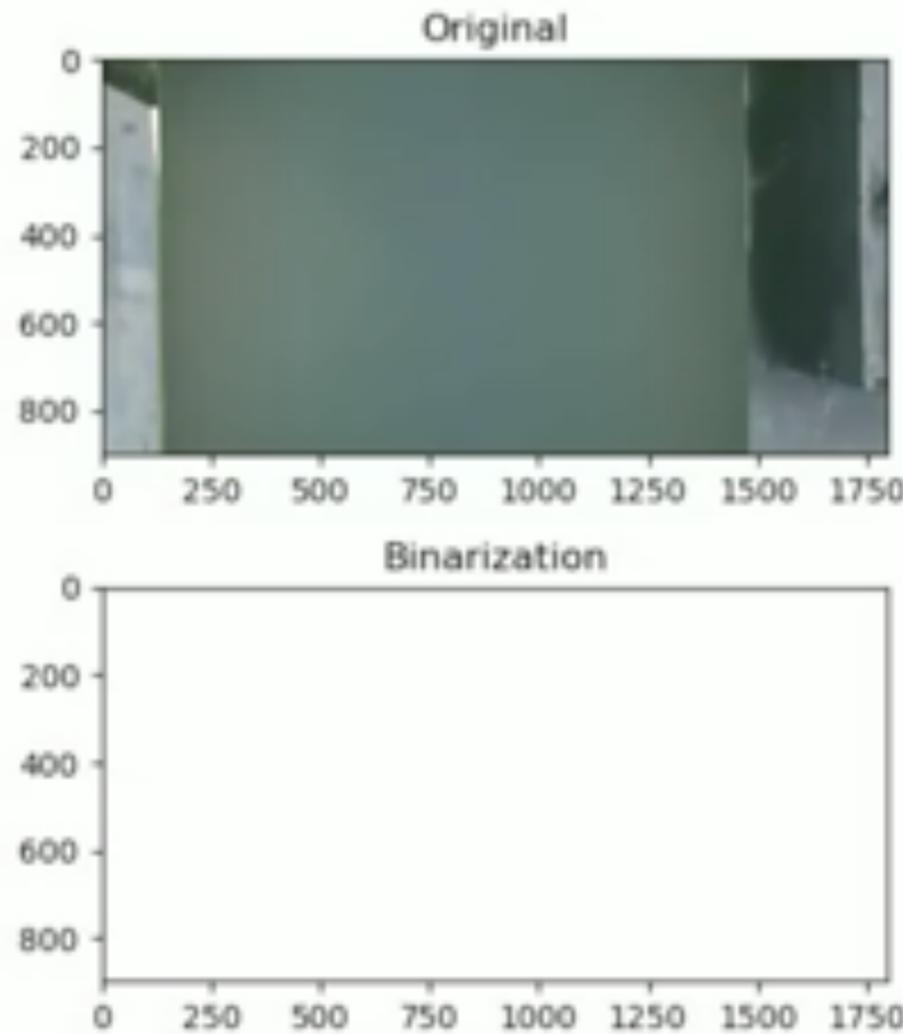
色差画像

ごみ検出画像



マクロごみの輸送面積の検証

20種類の自然系・人工系ごみを用いた検証実験



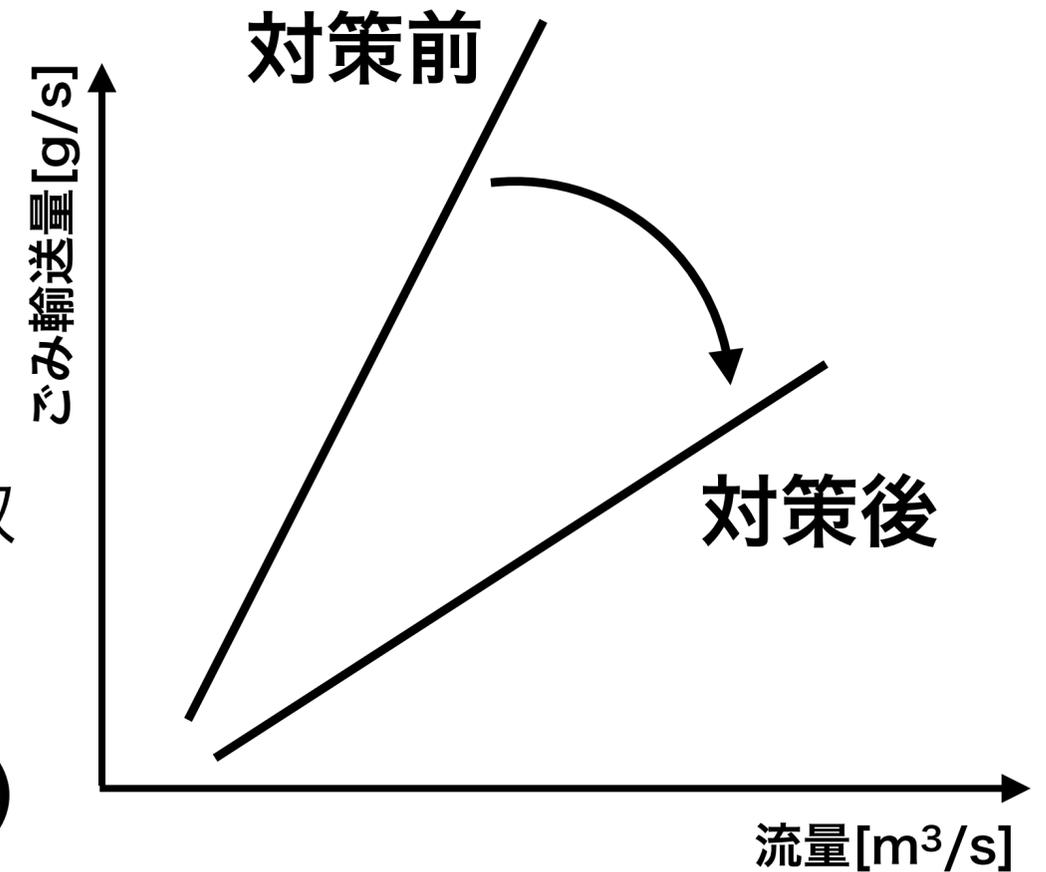
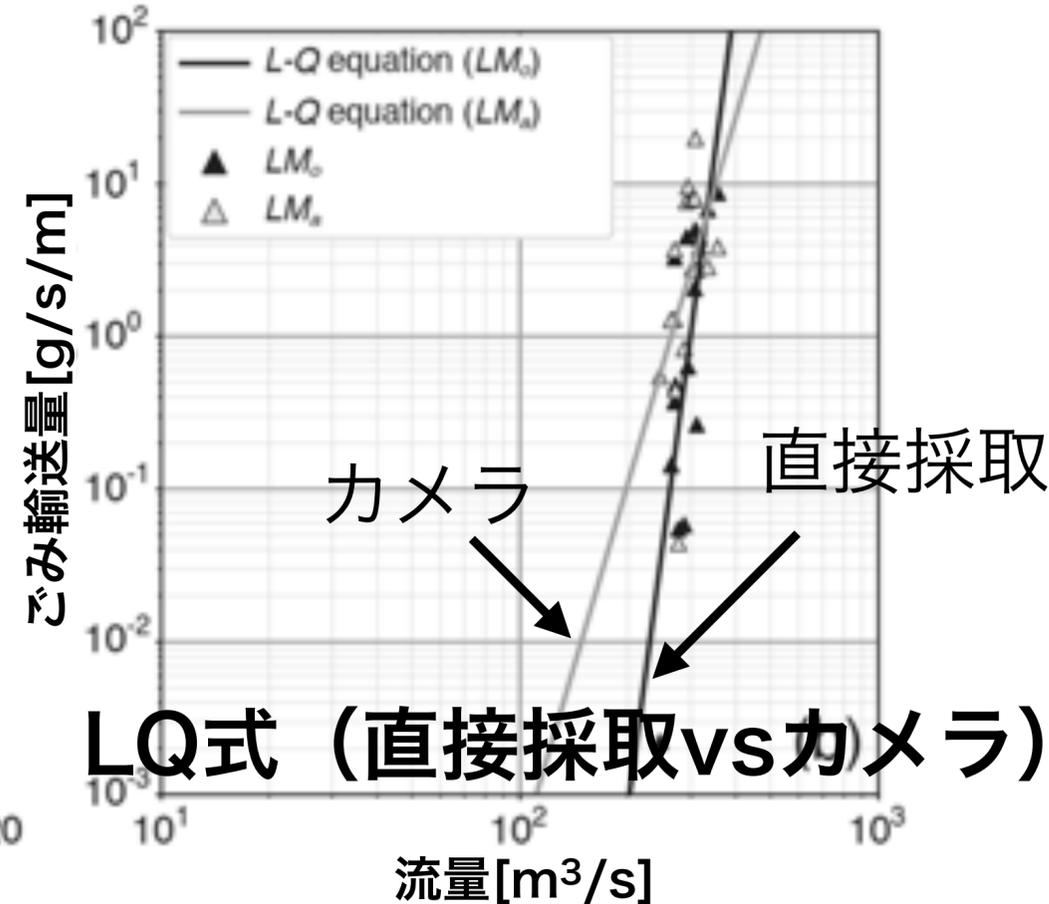
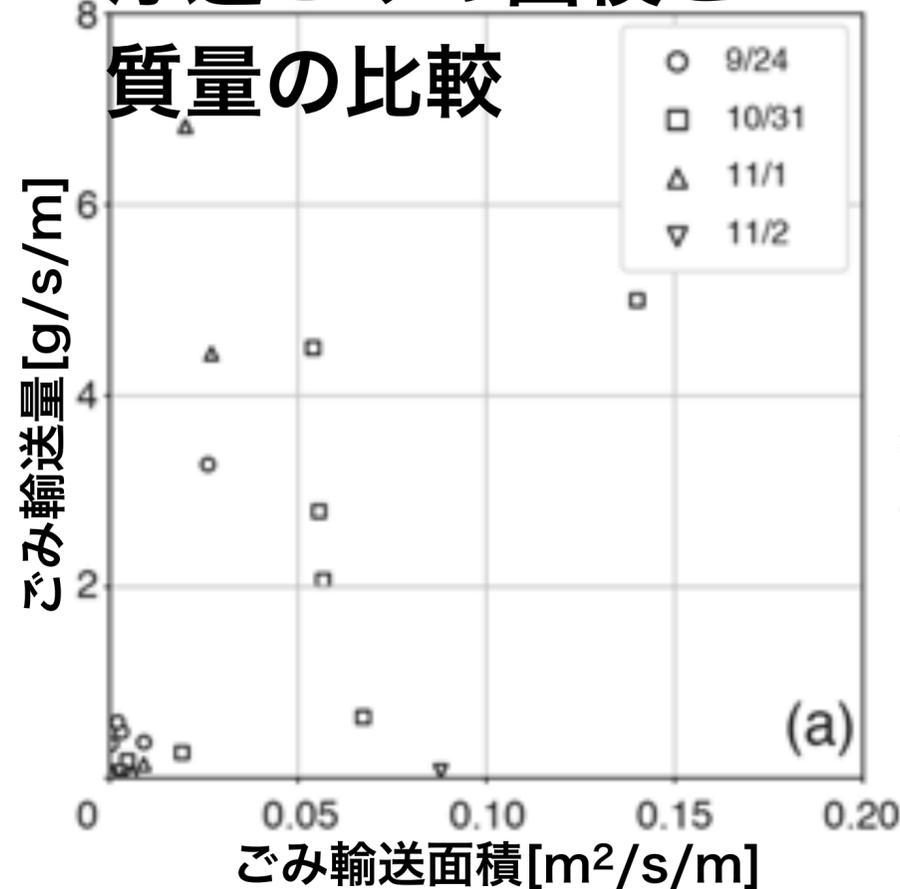
カメラを用いた河川浮遊ごみ監視システムの開発



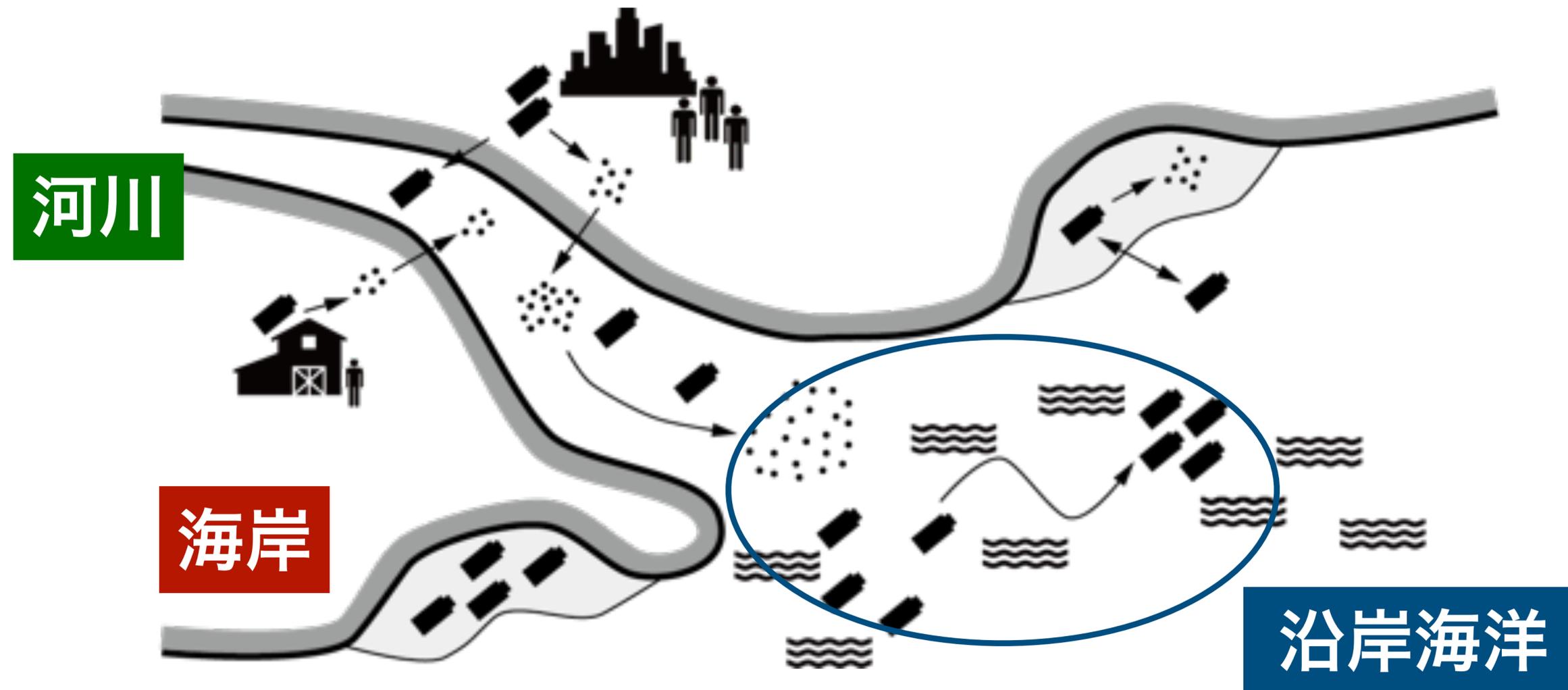
今後の課題と展望

- ・ 河川におけるマクロプラスチック量の連続計測
- ・ 流域におけるプラスチック管理ツールとしての活用

浮遊ごみの面積と質量の比較



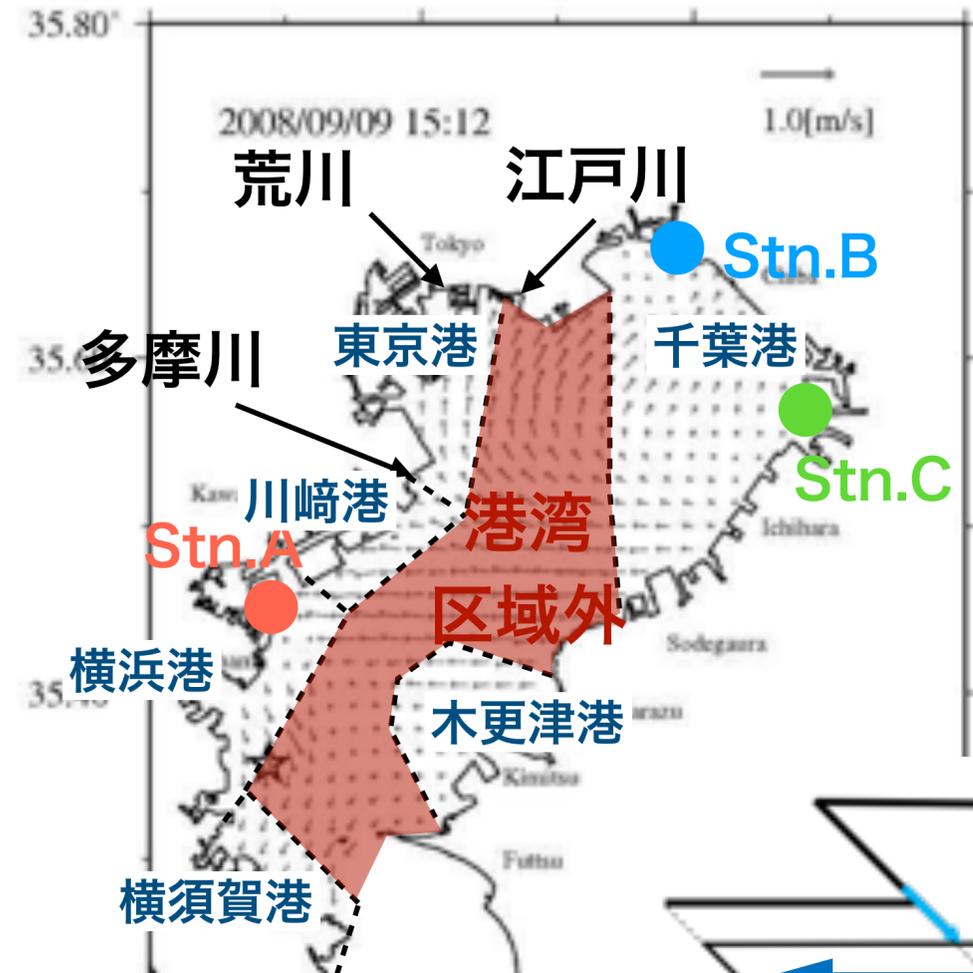
陸域-海域におけるプラスチックフロー



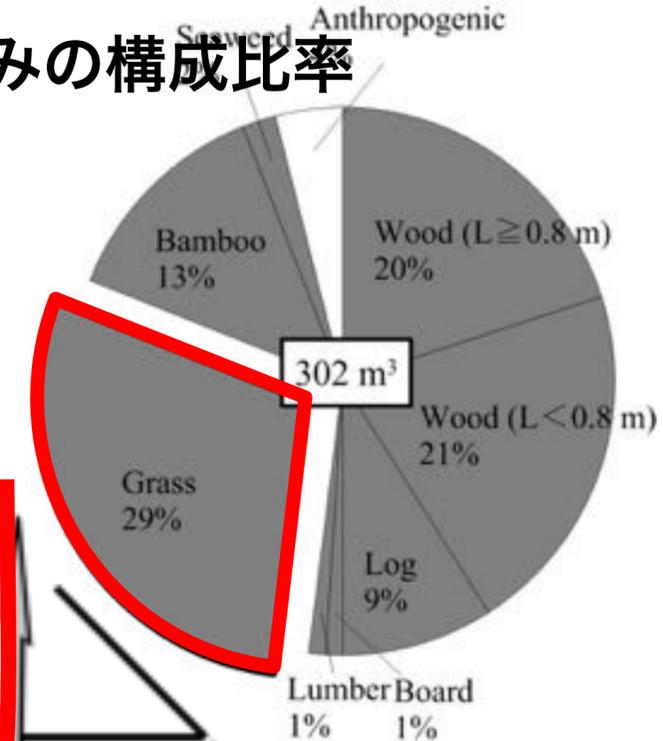
- 河川-沿岸海洋におけるプラスチックの動態

沿岸海洋における漂流ごみの移流拡散過程の解明

沿岸海洋における漂流ごみの移流拡散過程



港湾区域外で回収された
漂流ごみの構成比率



・人工系ごみが少ない
→ 葦・草を対象

y : 港湾管理者
による回収量

z : 国交省に
よる回収量

F : 河川から
の流入量

f : 港湾区域か
らの流入量

河川

港湾区域

港湾区域外

$$F = f + y$$

two-way particle tracking model
(Isobe et al., JAOT, 2009)
Lagrange multiplier method
(Kako et al., JO, 2010)

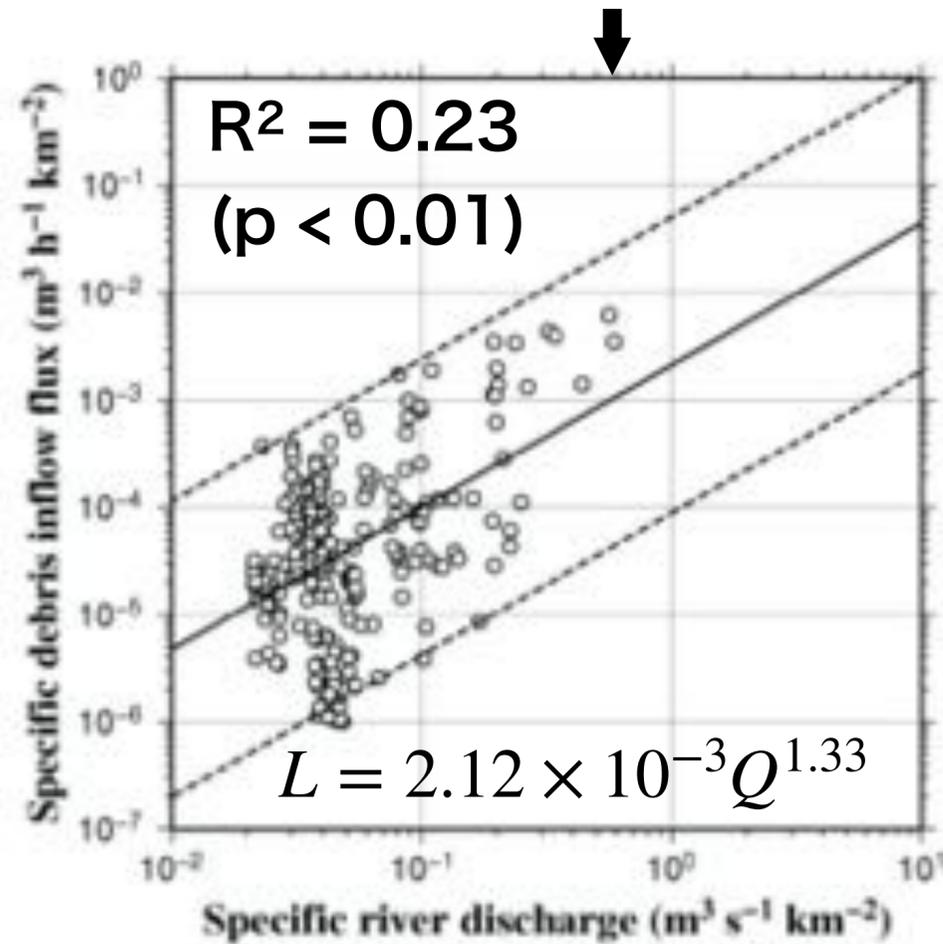


High-frequency
radar

河川から東京湾への
漂流ごみ流入量の推定

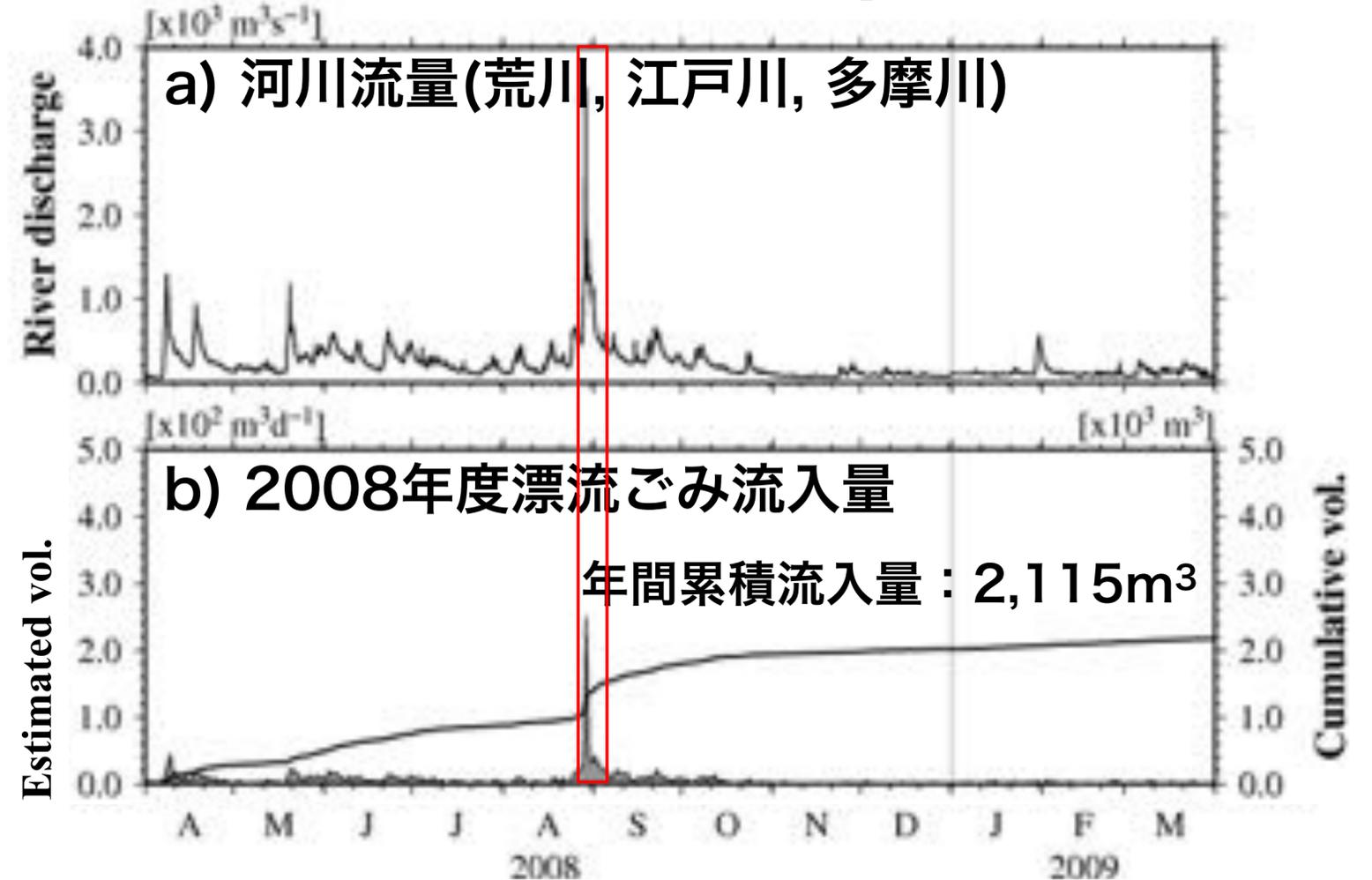
2008年度における漂流ごみ流入量の推定結果

漂流ごみ流入量 vs 河川流量



- 漂流ごみ流入量は河川流量に依存する
- 年間漂流ごみ流入量の多くが出水時に流入する

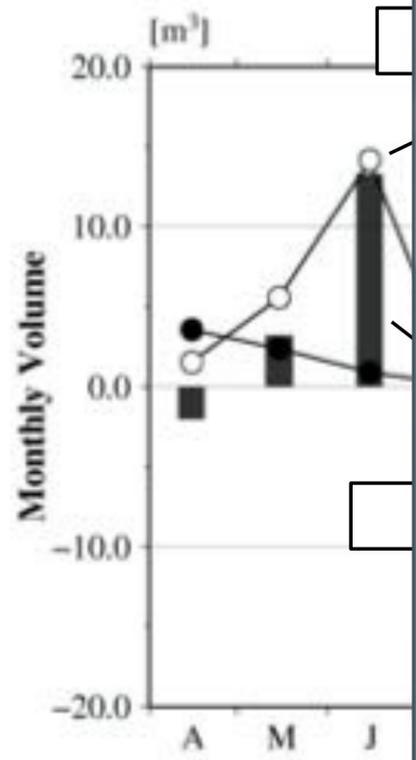
Kataoka et al., ECSS, 2013



	Annually (FY2008) (m³/yr)	Flooding (8/25-9/3) (m³/10d)	Flooding/ Year (%)
Fresh water	6.831×10 ⁹	7.219×10 ⁸	11
Debris inflow	2,115	506	24

閉鎖性内湾におけるリアルタイム漂流ごみ集積域

予測



東京湾 海況情報表示・ゴミ回収支援システム

システム ログイン

ユーザーID: ログイン

パスワード: ログイン

ゴミの流出 現在時刻の状況

ゴミの流出 2時間後の予測

海況および現在時刻のゴミ位置

海図

レーダー局正常稼働

ゴミの量: 少ない

12:00 流況図

東京都 千葉県 神奈川県

推薦潮位: 千葉

潮位	値	方向
千葉波浪	2.8	S
川崎人工	2.5	ENE
浦安沖	3.7	SSW
千葉一号	1.4	ESE

モニタリングポスト: 風

観測所	値	方向
千葉波浪	2.8	S
川崎人工	2.5	ENE
浦安沖	3.7	SSW
千葉一号	1.4	ESE

予想流出ゴミ量

10000

5000

0

20 [km]

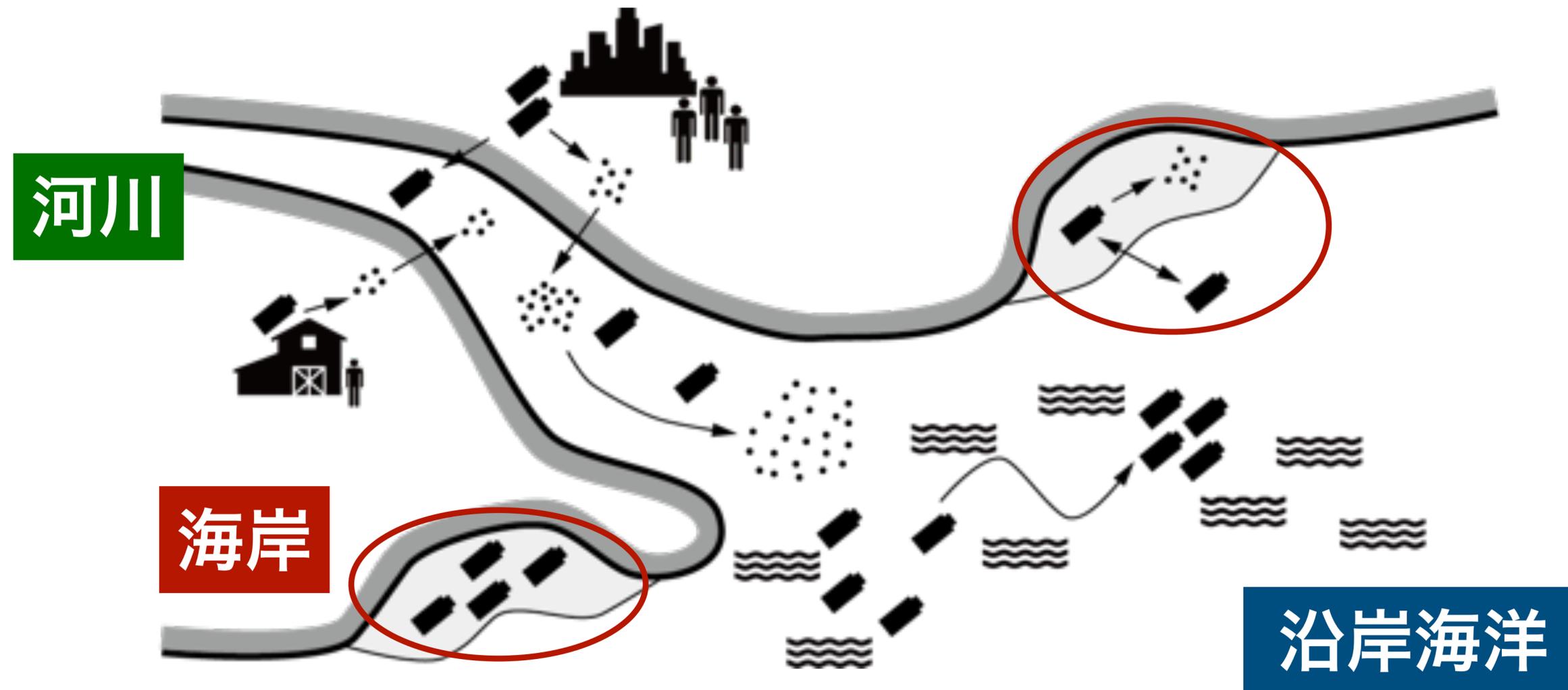
140.20°E

河川水位

河川流量

国交省が東京湾と伊勢湾における漂流ごみの洋上回収事業に本予測システムを活用

陸域-海域におけるプラスチックフロー

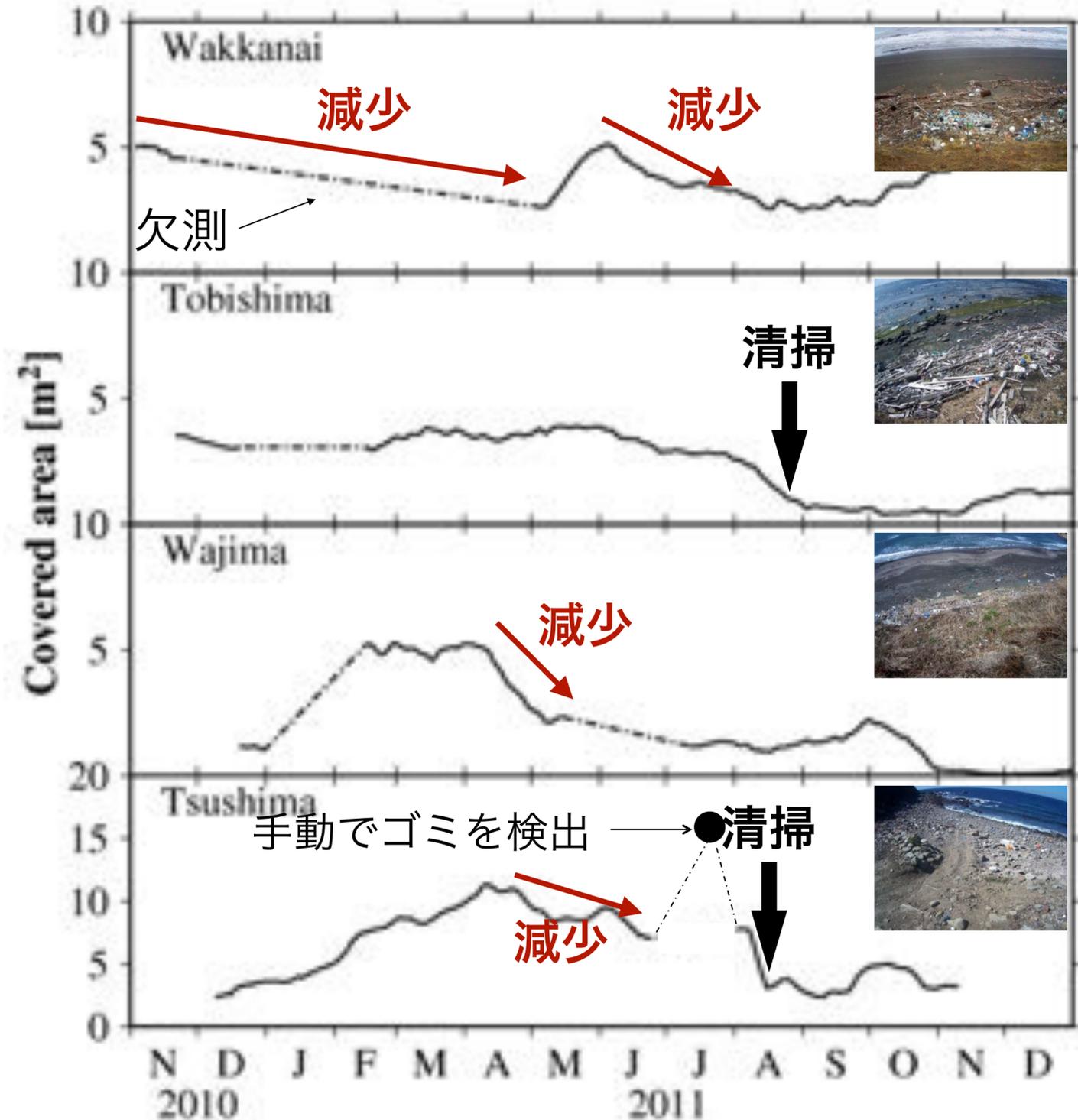
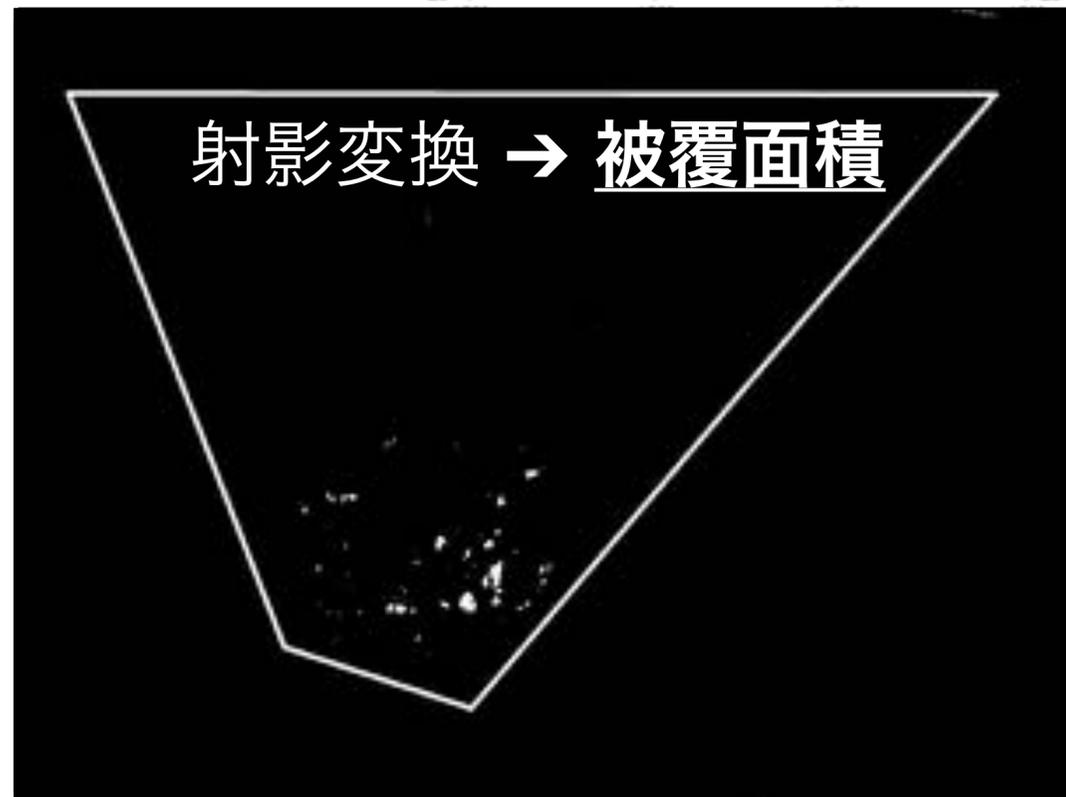
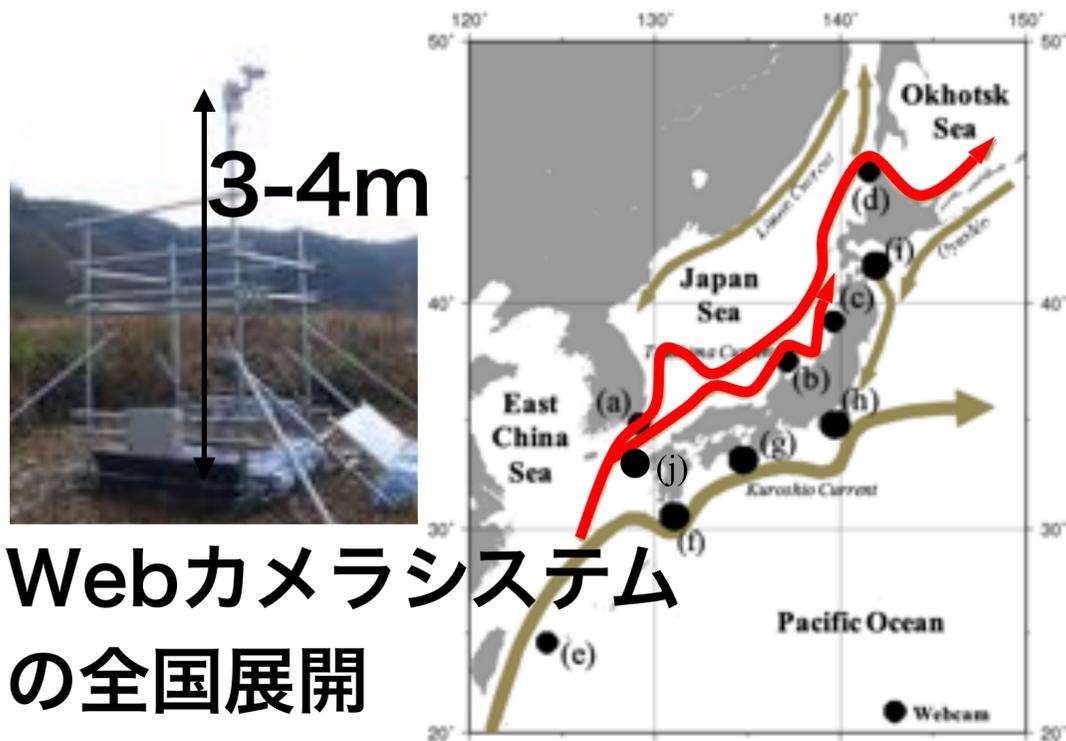


- 沿岸海洋-海岸におけるプラスチックの動態

海岸漂着プラスチックのリモートセンシング技術の開発

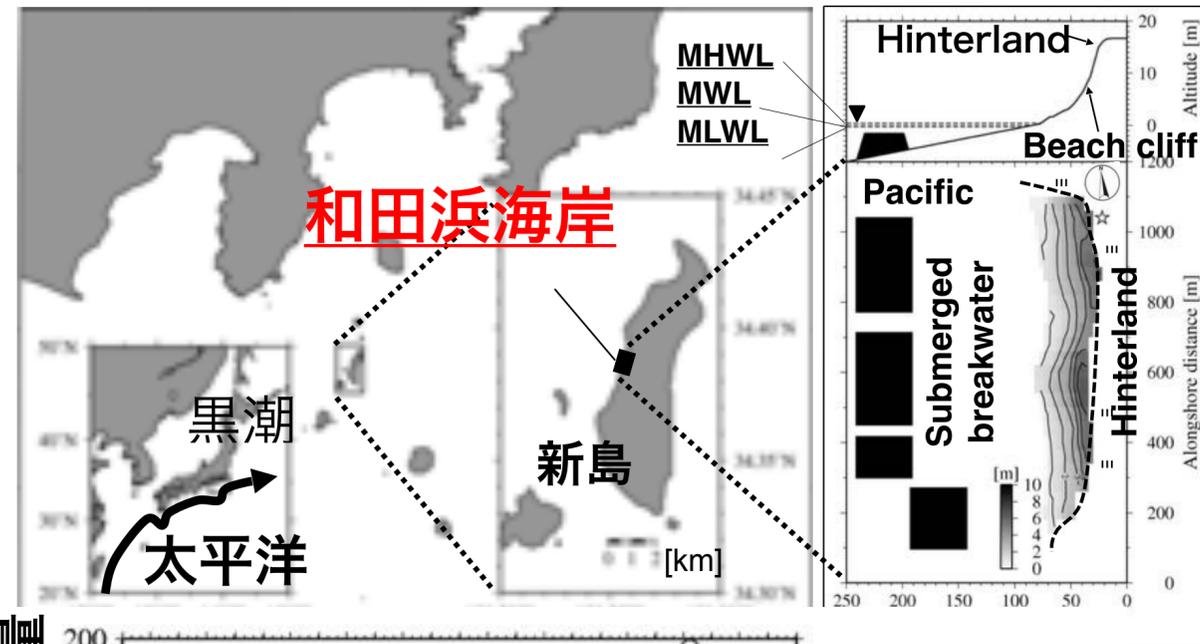
海岸におけるプラスチックの再漂流過程の解明

海岸漂着プラのリモートセンシング技術の開発

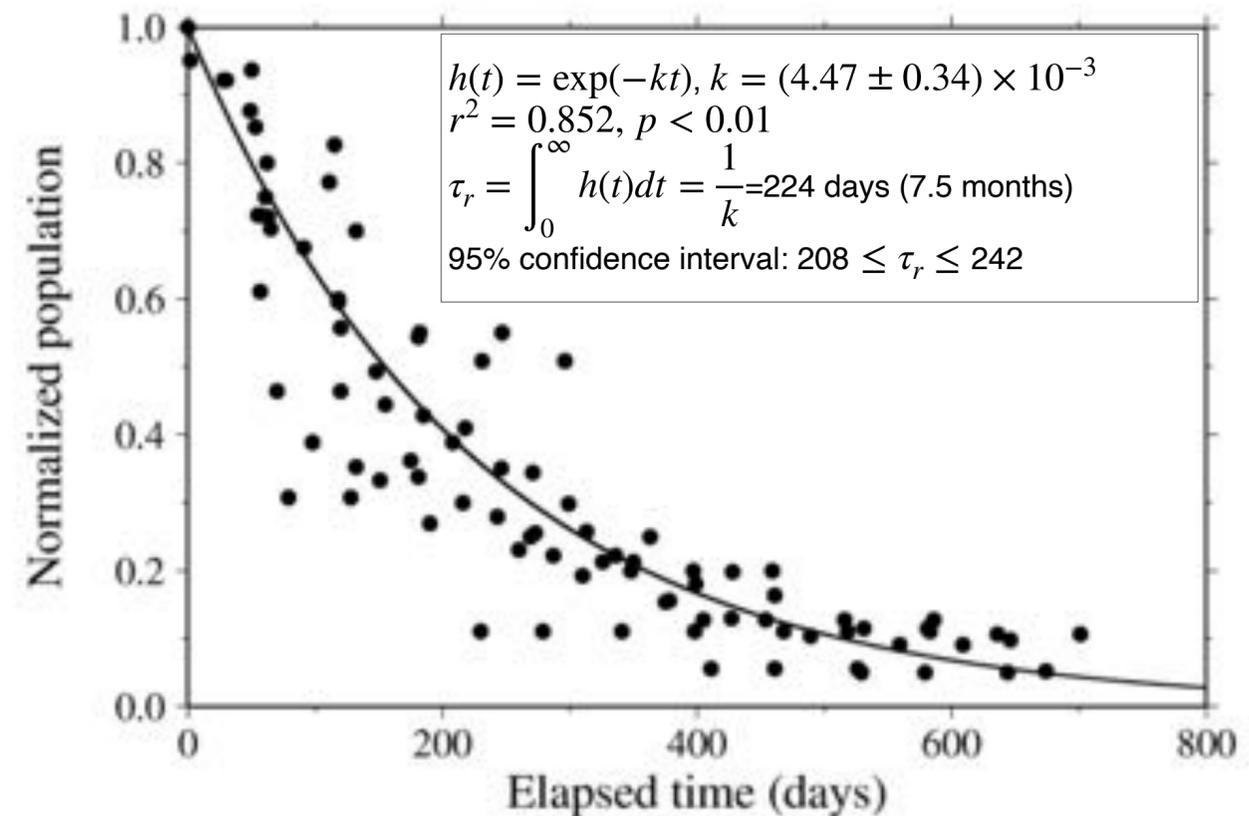
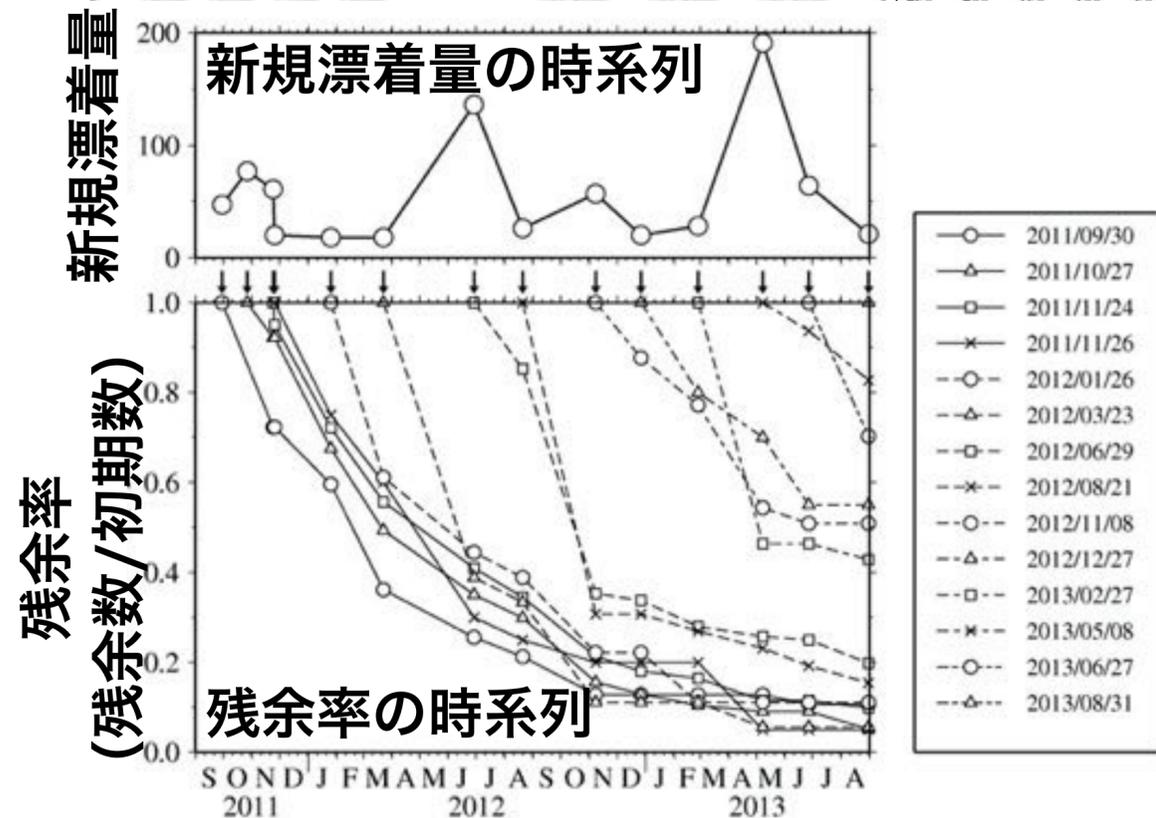


本研究成果は環境総合推進費B-1007
(研究代表者: 磯辺篤彦教授) の一部

海岸におけるプラスチックの再漂流過程の解明



期間: 2011/9/30 - 2013/8/31 (2-3ヶ月毎)
 対象: 3種ブイ
 内容: 識別番号の採番, GPS測量



Time-invariantの仮定

短期的にみると…

海洋プラスチックの残余率が”パルスの”に減少

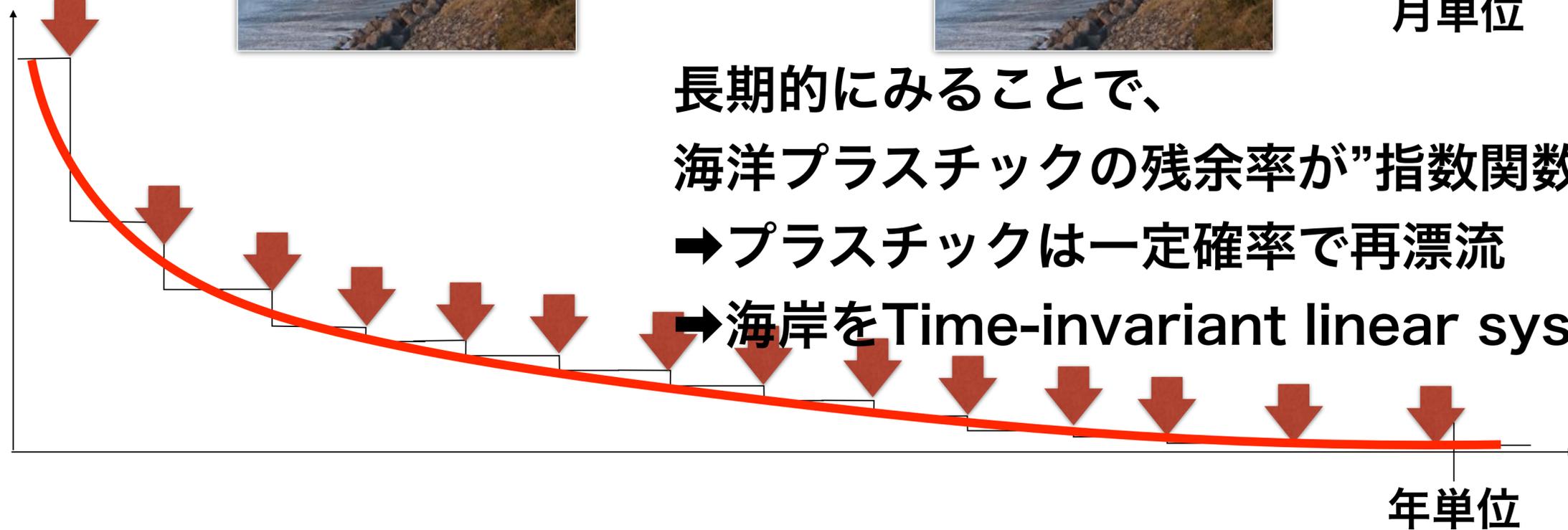


長期的にみることで、

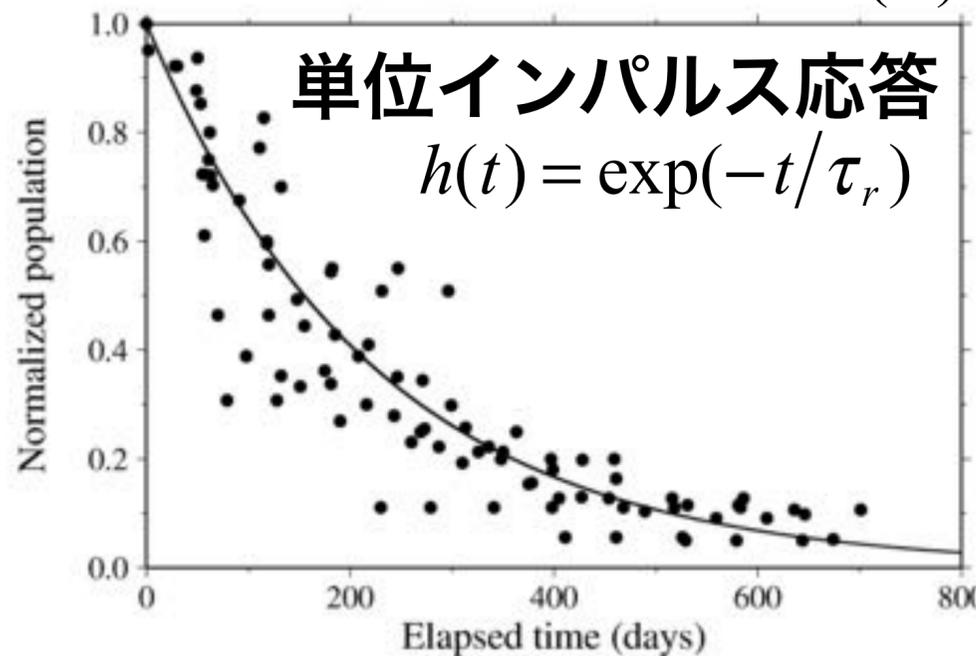
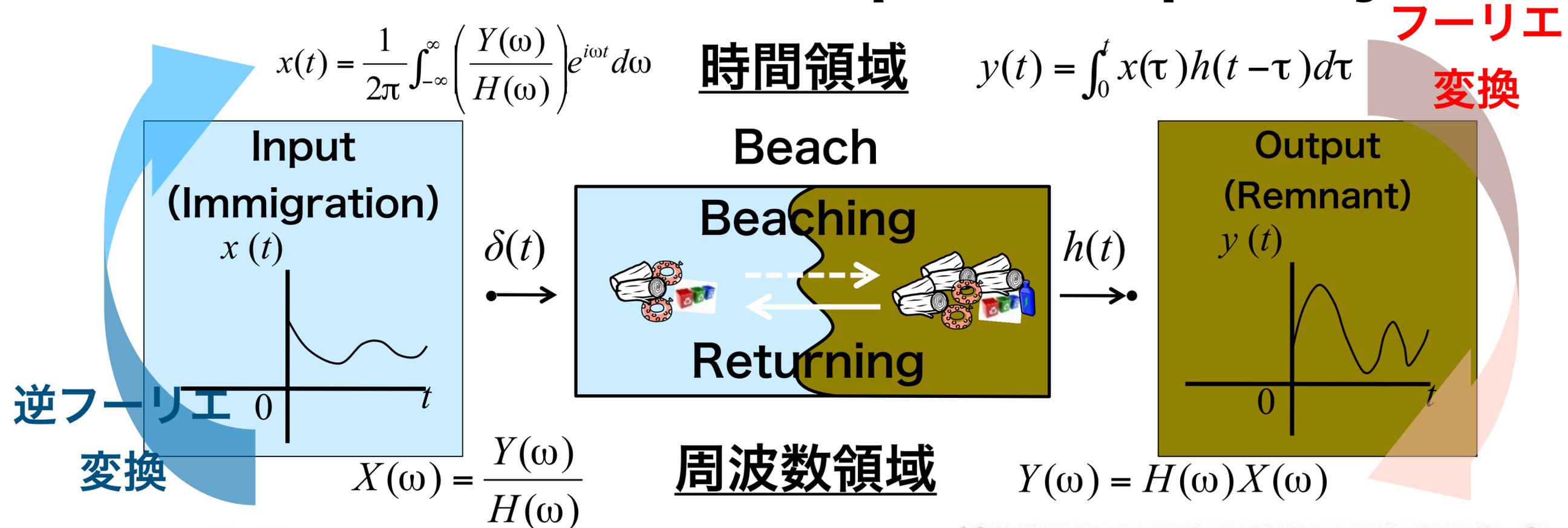
海洋プラスチックの残余率が”指数関数的”に減少

→プラスチックは一定確率で再漂流

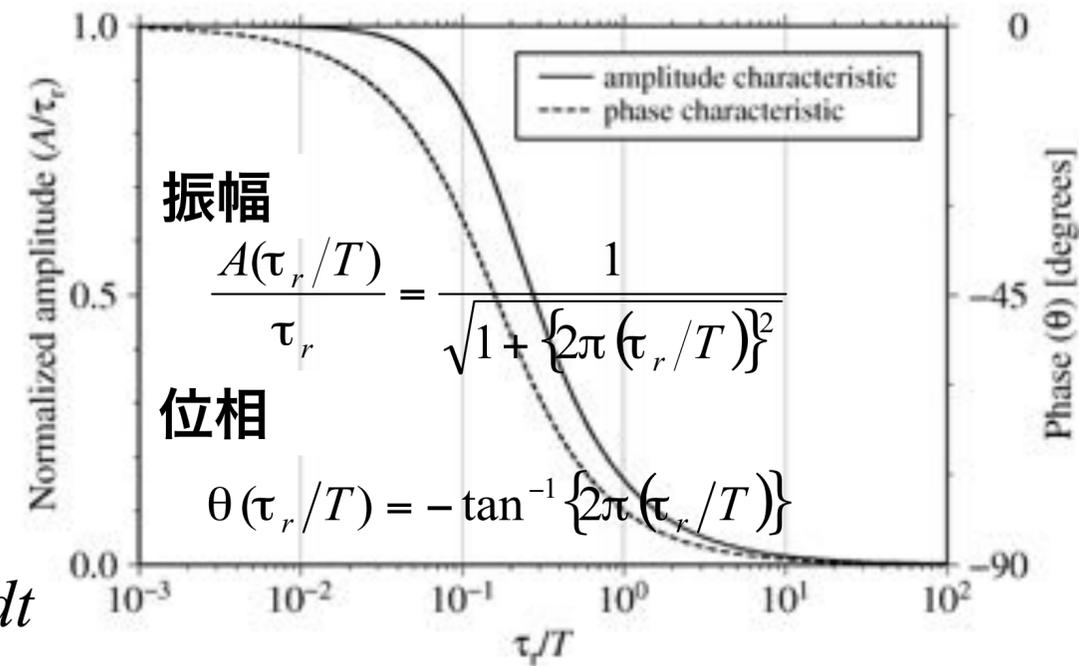
→海岸をTime-invariant linear systemとみなせる



Time-invariant linear input/output system

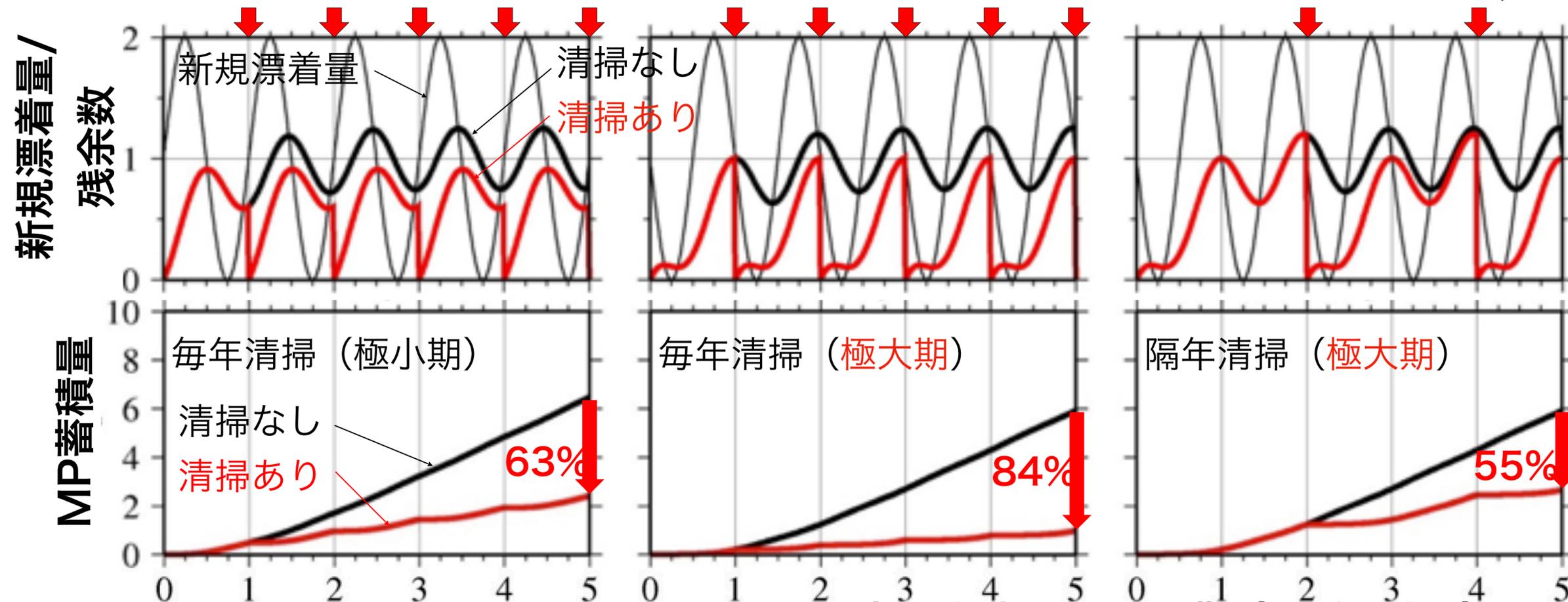
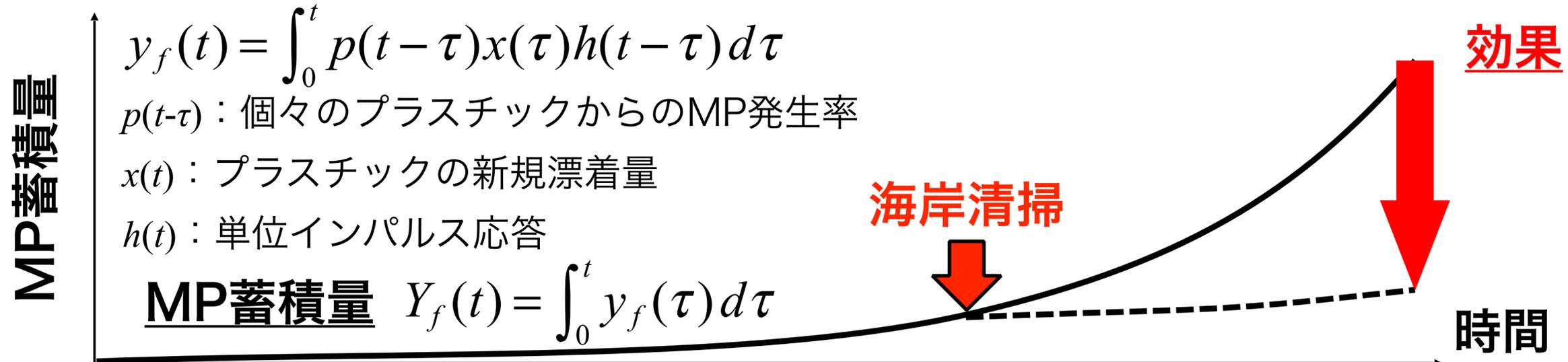


システム関数

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \exp(-i\omega t) dt$$


海岸でのMP発生に対する海岸清掃効果

海岸漂着プラスチックからのMP発生率 $y_f(t)$



まとめ

画像解析に基づく河川における
マクロプラスチック輸送量の
リモートセンシング技術の開発
(Kataoka and Nihei, Sci. Rep., 2020)

現地調査と統計解析に基づき、人口が集中する
市街地を流れる汚濁河川でMP汚染が進行してい
ることを解明
(Kataoka et al., Environ. Pollut., 2019; Nihei et al., Water, 2020)

現地調査に基づくマクロプラスチッ
クの再漂流過程の解明とMP発生過
程の線形システムモデルの構築
(Kataoka et al, MPB, 2013; Kataoka et al., MPB,
2015; Kataoka and Hinata, MPB, 2015…)

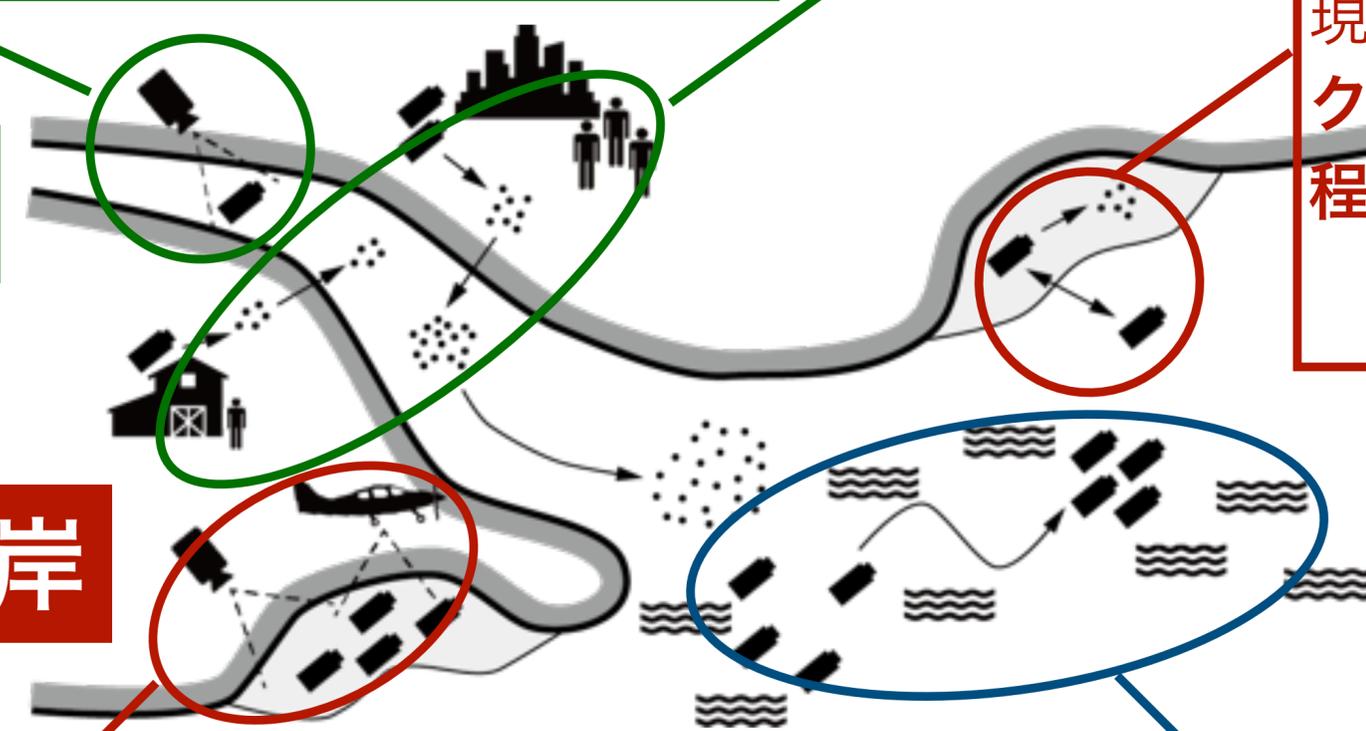
河川

海岸

沿岸海洋

画像解析に基づく海岸における
マクロプラスチック漂着量の
リモートセンシング技術の開発
(Kataoka et al., MPB, 2012; Kataoka et al., MPB,
2018; Kako et al., MPB, 2018)

海洋リモートセンシング技術（短波海洋レーダ）
を活用した漂流ごみ動態の解明と津波・波浪計測
技術の開発
(Kataoka et al., ECSS, 2013, Kataoka et al., revising)



若手研究者へのメッセージ

・これまでの研究を振り返って

プラスチックの流れを遡って、沿岸海洋(2009-)～海岸(2010-)～河川(2016-)で研究に従事してきた

- ➡新しい領域に挑戦することで、研究に関する学術的知識だけでなく、人脈が広がる
- ➡将来の研究への大きな財産になる (はず)

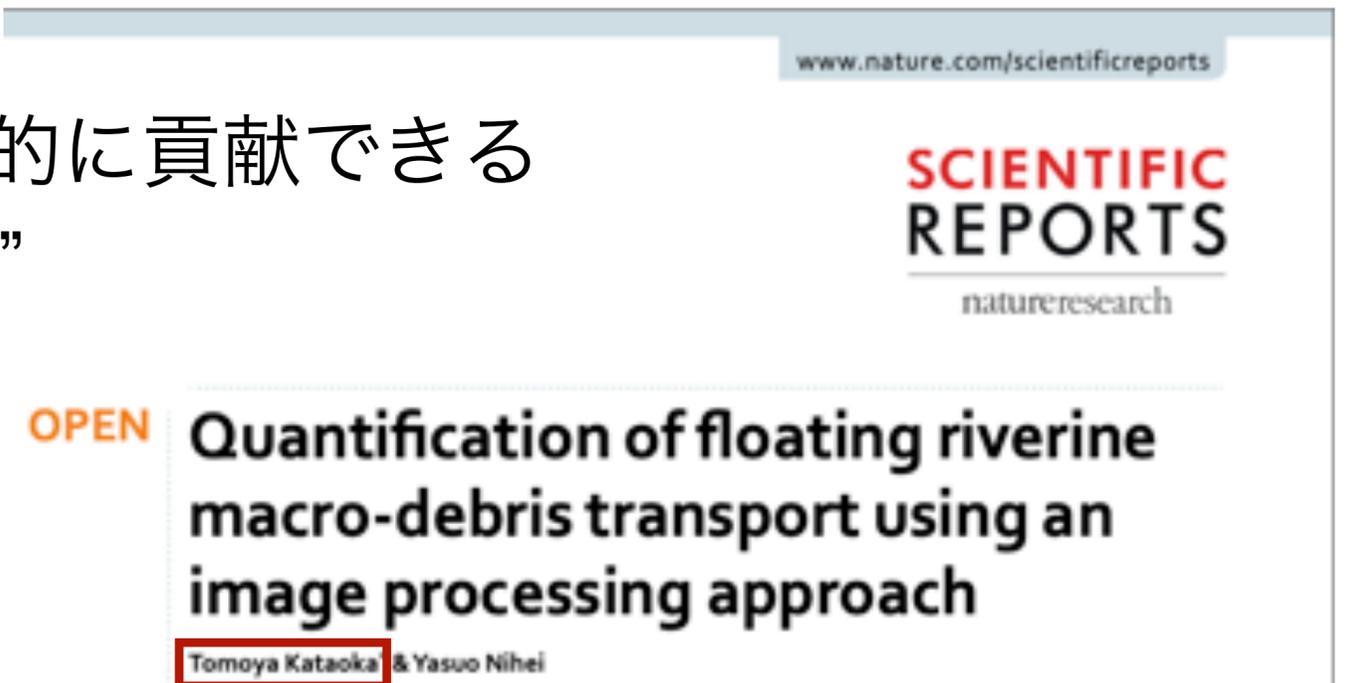
・研究活動の楽しさ・魅力

自分のやりたいことを自分の力で成し遂げ、その成果を自分の名前で世に出して学術的・社会的に貢献できる

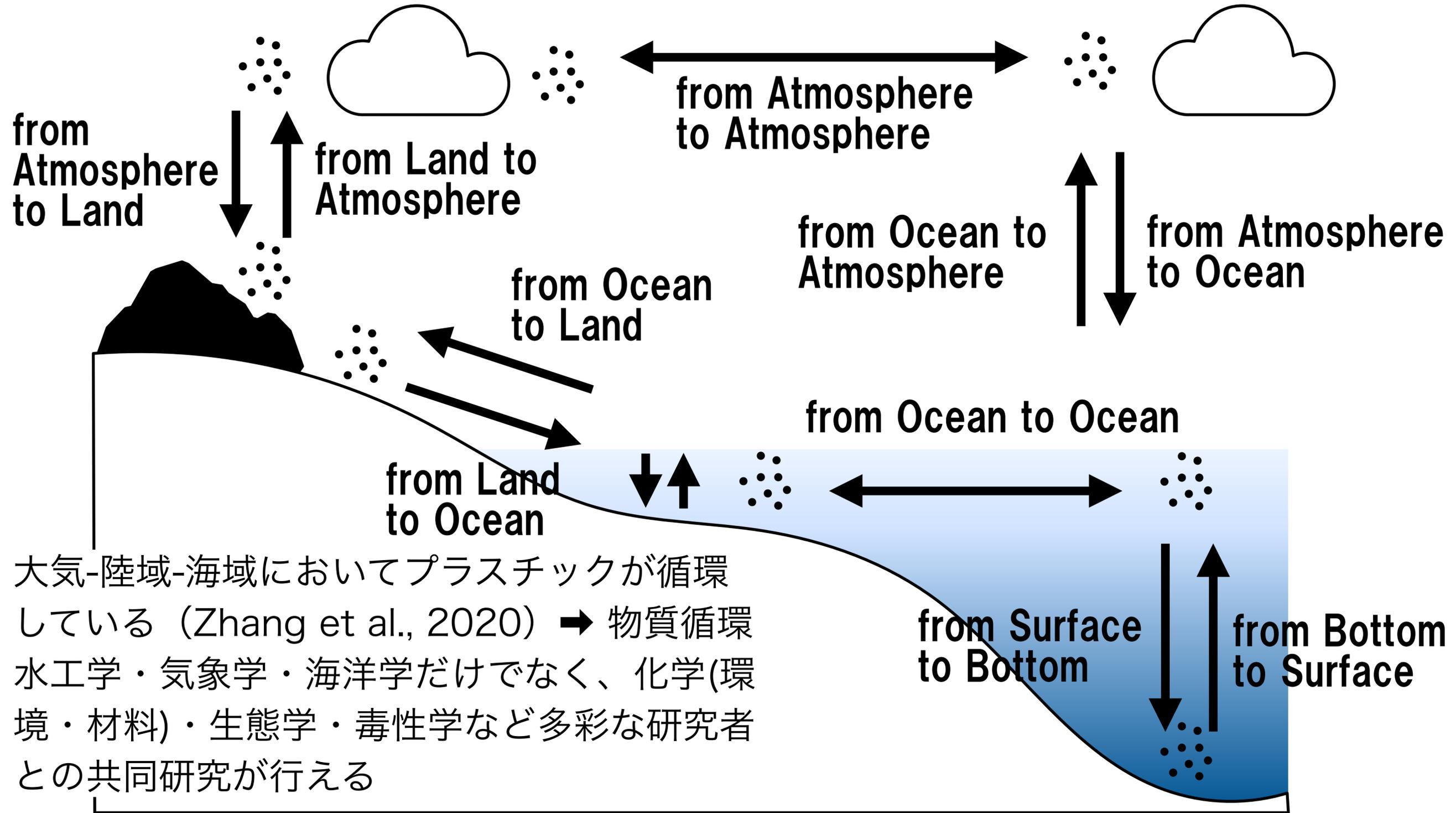
- ➡多くの研究者の最も好きな言葉は、"Accepted"

・海洋プラスチック汚染に関する研究について

次のスライドへ



若手研究者へのメッセージ



- ・ 大気-陸域-海域においてプラスチックが循環している (Zhang et al., 2020) → 物質循環
- ・ 水工学・気象学・海洋学だけでなく、化学(環境・材料)・生態学・毒性学など多彩な研究者との共同研究が行える

我が国の水工学の叡智を結集して海洋プラスチック汚染と一緒に取り組みませんか？

ご清聴ありがとうございました

謝 辞

本講演で紹介した研究成果は、研究者への道を切り開いて頂いた愛媛大学日向博文教授、博士後期課程でご指導頂いた豊橋技術科学大学加藤茂教授、大阪大学青木伸一教授、アカデミアの道にお誘い頂いた東京理科大学二瓶泰雄教授、共同研究でご一緒させて頂いた九州大学磯辺篤彦教授、鹿児島大学加古真一郎助教、Fisheries and Oceans Canada Cathryn C Murray博士、ハワイ大学Nikolai Maximenko上級研究員など、多くの研究者との共同成果であることをここに記します。