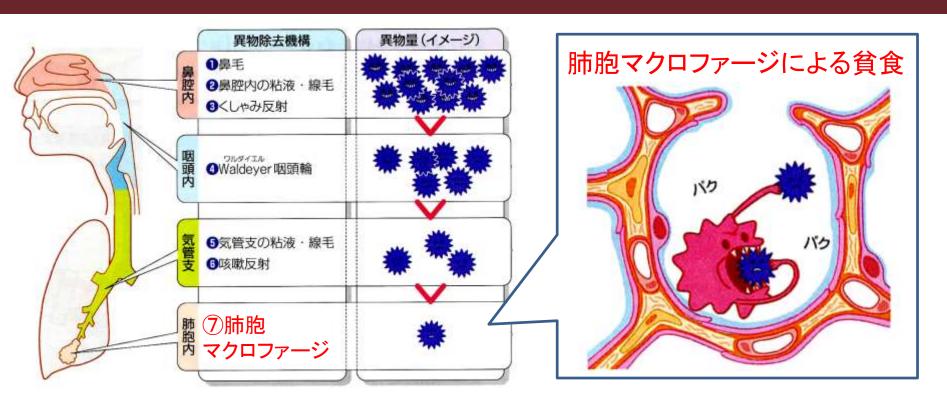


AMのとは?

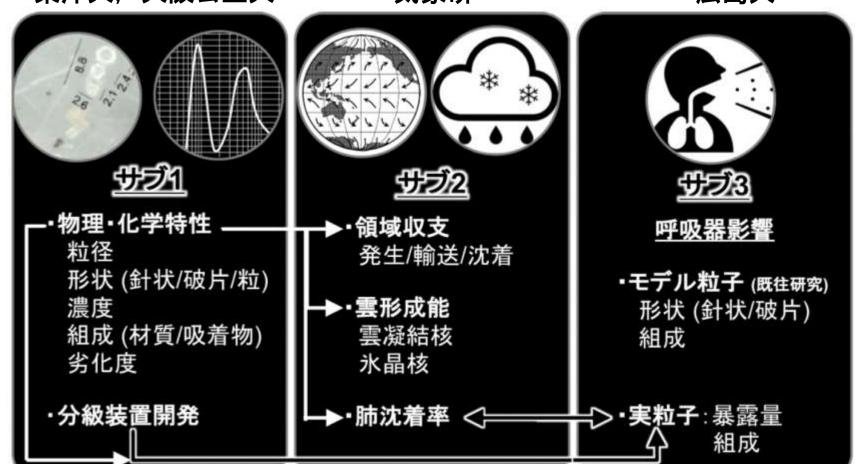


肺胞内の最後の砦

肺胞マクロファージ (ΑΜΦ): 白血球の一種(免疫担当細胞) 肺胞上皮に沈着した粒子状物質を貧食により, 肺胞表面を綺麗にする

AMΦプロジェクト: 概要

早大, 徳島大, 協力: 日本女大, 金沢大, 慶応大, JARI,北海道, 名古屋市 東洋大, 大阪公立大 気象研 広島大



共同研究・分析支援: パーキンエルマージャパン (µFTIR), 日本分光 (µRaman), 日本サーマル・コンサルテンィク (O-PTIR), フロンティア・ラボ(Py-GCMS), 池田理化/ナ/フォトン (µRaman), HORIBA (µRaman), Leco (Py-GC×GC-TOFMS)



AMΦプロジェクト:メンバー

サブテーマ1









サブテーマ2 サブテーマ3









研究協力者 (一部抜粋)









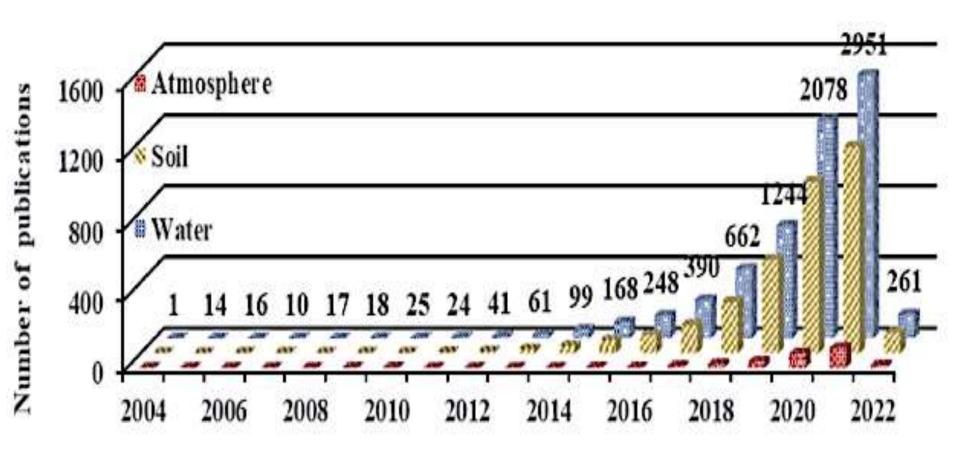






環境マイクロプラスチック:研究動向

大気中マイクロプラスチック研究 はまだまだ少ない



Environ. Sci.: Atmos., 2, 921-942, 2022

プラスチック炭素循環

1950 - 2015**年**

生產量: 6.9 Pg-C

使用量: 2.2 Pg-C

廃棄量: 4.1 Pg-C

焼却量: 0.6 Pg-C

2015**年ベース**

生產量: 0.34 Pg-C v⁻¹

蓄積量: 0.26 Pg-C y⁻¹

焼却量: 0.07 Pg-C v⁻¹

従来:不適切管理: 0.05-0.08 Pg-C y-1

生態系炭素蓄積量に匹敵

化石燃料燃焼

セメント牛産

の1%未満

不適切管理だけではなく、環境蓄積量 (使用量+廃棄量)へ

大気放出, 大気蓄積, 大気沈着: 不明

湖沼への輸送

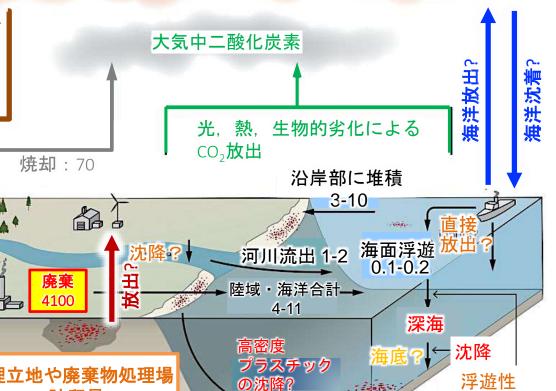
生産

340

2015**年ベース**

陸域沈着?

(Stubbins et al., 2021を改変)



大気マイクロ/ナノプラスチック (AM/NPs)

壶域放出?

土壌蓄積?

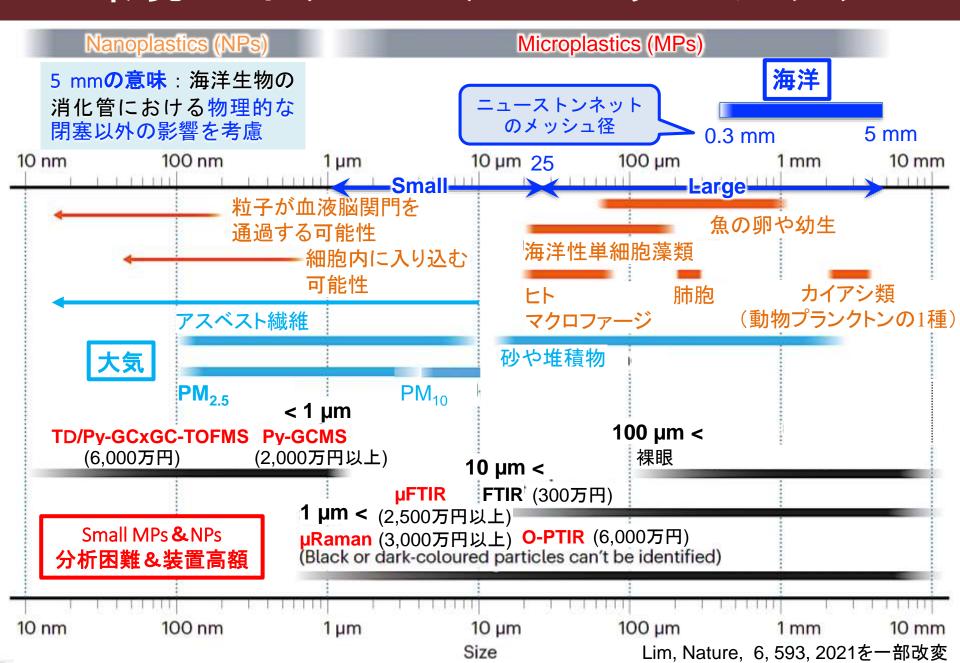
プラスチック

貯留量: Tg plastic-C(太字) 輸送量: Tg plastic-C y-1 (矢印)

埋立地や廃棄物処理場 化石燃料

浮遊性 プラスチック の沈降?

環境マイクロ&ナノプラスチック



AMPs:濃度の地域比較

PM25は調べられていない!

: 0.01 – 5650 MP m⁻³ 濃度範囲

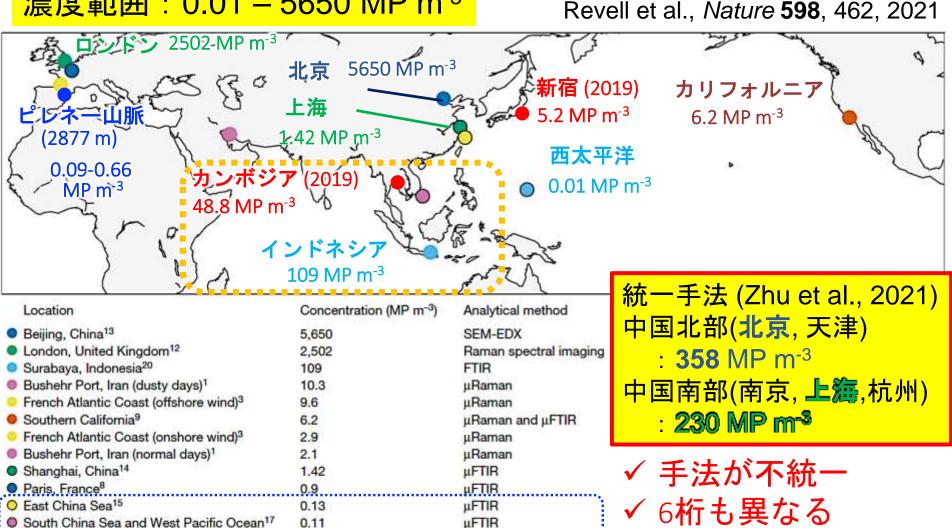
0.01

北大西洋, 南シナ海, インド洋, 西太平洋:0.06-1.37 MP m⁻³

West Pacific Ocean¹⁵

Revell et al., Nature 598, 462, 2021

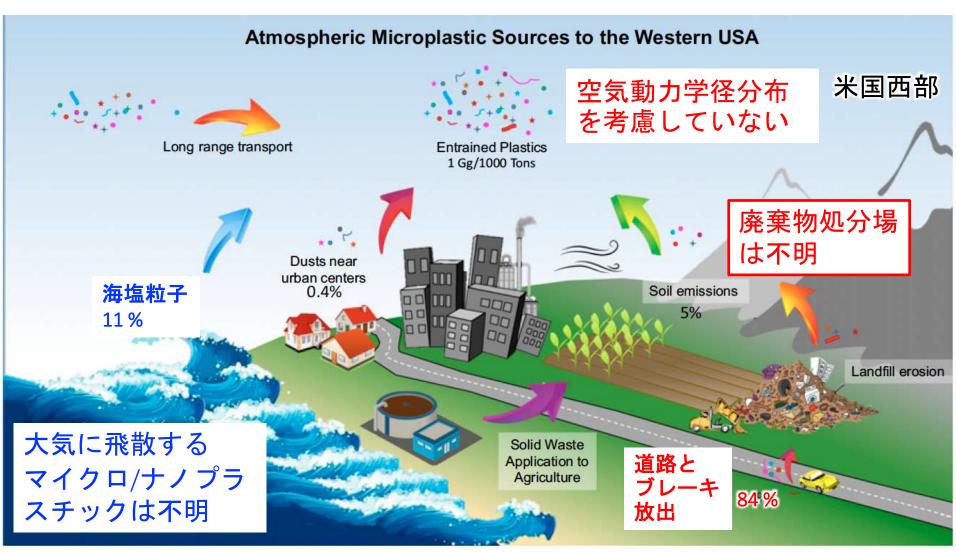
空気動力学径 不明



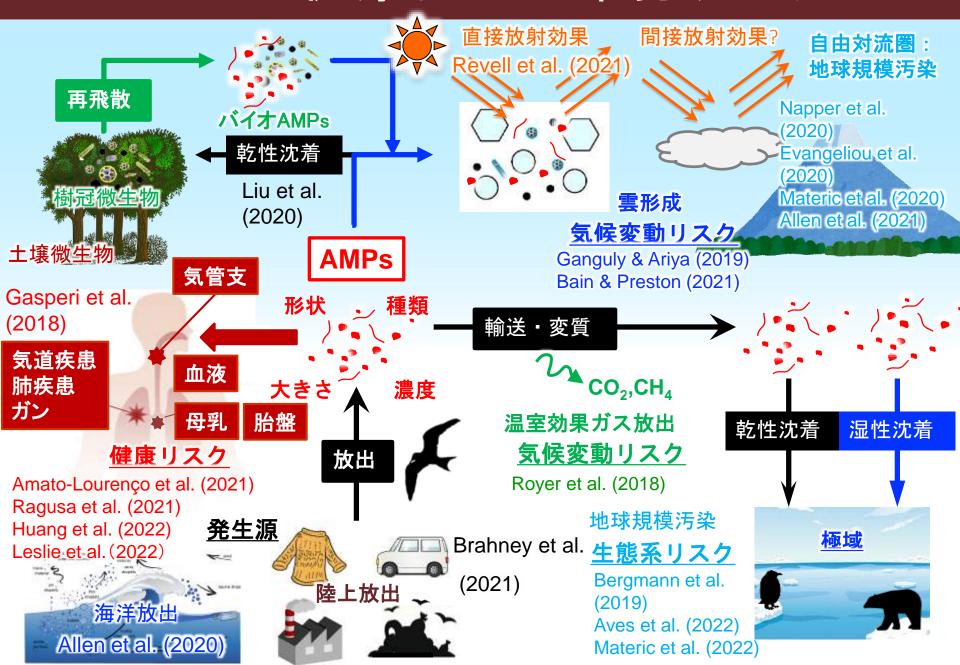
HFTIR

AMPs: 発生源

かなり粗い推計



AMPs:健康および環境リスク



AMPs:実態解明の概要



Waseda University

サンプリング

▶ 積算流量

- 採取地点 空気動力学径
- 採取項目
- 採取期間

Py-GCMS:不要

前処理

- 有機物除去
- 密度分離

Okochi Lab.

μFTIR & μRaman

- 質量濃度計測:×
- 添加剤計測
- ・吸着物

キャラクタリゼーション

- 材質
- ② 形状:粒状,破片,繊維
- ③ 大きさ(フェレ径)

実態解明

- 個数濃度,質量濃度
- 空気動力学径分布
- 実粒径分布
- 大気沈着量
- ▶ 起源解析

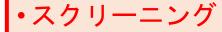
気象および大気汚染データ

➤ 天候

- > PM₂₅
- ▶ 気温・湿度
- \triangleright O_x

降雨量

- > NO_x
- 風向・風速
- \triangleright SO₂
- 後方流跡線
- ▶ その他



- ・劣化に伴う誤判別
- 粒径計測の不確実性







PM_{2.5} Cyclone High volume air sampler

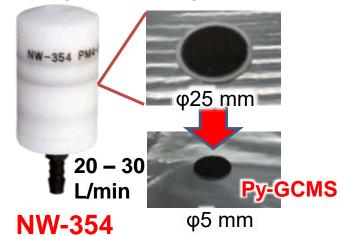




PM_{2.5} Cyclone

air sampler

$PM_{2.5} (PM_4, PM_{10})$



Size-segregated



20 L/min

 $10 \ \mu m < (PM_{10})$ 2.5 -10 μm (PM_{2.5-10}) < 2.5 μm (PM_{2.5})

Multi Nozzle Cascade Impact **Sampler**

28.3 L/min



Andersen Sampler





AMPs: μFTIR ATR イメージング

前処理方法の流れ

捕集フィルター



30 %H₂O₂ <mark>有機物除去</mark> 生物由来の物質を除去





5.3 M Nal (1.5 g/m³) 密度分離 鉱物粒子を分離





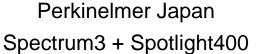
0.20 μm アルミナフィルター 吸引ろ過

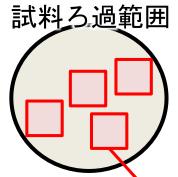
Φ4 mm円にAMPsを凝集

顕微FTIR ATRイメージ測定

測定箇所4視野を測定





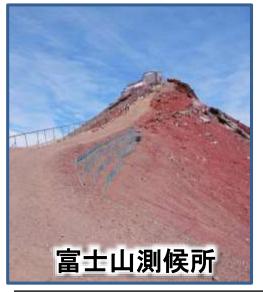


測定領域

分解能	8 cm ⁻¹		
スキャン回数	1 time		
スキャン速度	2.2 cm/sec		
測定波数範囲	4000 – 680 cm ⁻¹		
ピクセルサイズ	1.56 × 1.56 µm		
サンプルサイズ	750 × 750 µm ×4 sights		
測定カバー率	17.9 %		

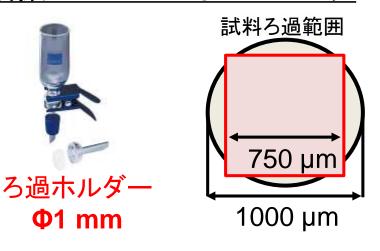
AMPs: PET検出率の向上

採取地点:富士山頂





顕微FTIR ATRイメージング



測定カバー率 17.9 % → 71.17 %

	C-H Bands (3000 - 2700 cm ⁻¹)	C=O Bands (1740 - 1710 cm ⁻¹)	Total	Overlooking rate (%)
1	0	3	3	100
2	1	1	1	0
3	2	30	30	93
4	3	5	5	40
Total	6	39	39	85

①: July. 20 - July. 22, 2021 (Mt. Fuji) ②: July. 22 - July. 26, 2021 (Mt. Fuji)

③: July. 26 - August. 3, 2021 (Mt. Fuji) (4): August.3 - August.10, 2021 (Mt. Fuji)

質量濃度: Py-GCMS

場所:徳島

日時:2022年6月2日~16日

試料吸引堆積: 405 m3

サブ1・徳島大学 竹内

Split ratio: 1/10, n = 3

Sample	PM conc. / μg m ⁻³	PE / ng m ⁻³	PS / ng m ⁻³	PMMA / ng m ⁻³	PET / ng m ⁻³	SBR / ng m ⁻³
Blank	_	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
> PM ₁₀	2.0	1.2 ± 0.3	0.09 ± 0.02	0.04 ± 0.01	2.3 ± 1.0	2.3 ± 0.4
PM _{10-2.5}	5.4	11 ± 2	0.11 ± 0.00	0.07 ± 0.01	2.9 ± 0.6	1.4 ± 0.2
PM _{2.5}	5.9	N.D.	0.16 ± 0.15	0.08 ± 0.01	11 ± 3	N.D.

✓ ポリマーの種類によって質量濃度の粒径分布が異なる

✓ SBR: 粗大粒子領域に分布

注:SBS (アスファルト改質剤)も同じ熱分解生成物

国内観測網の構築

共通の採取法・前処理法・分析法



・国内13地点で採取

都市:7地点

郊外:4地点

遠隔:2地点



札幌 (北海道)

福島(福島)

フォールアウトエアロゾル 18階屋上/道路沿道

新宿(東京)



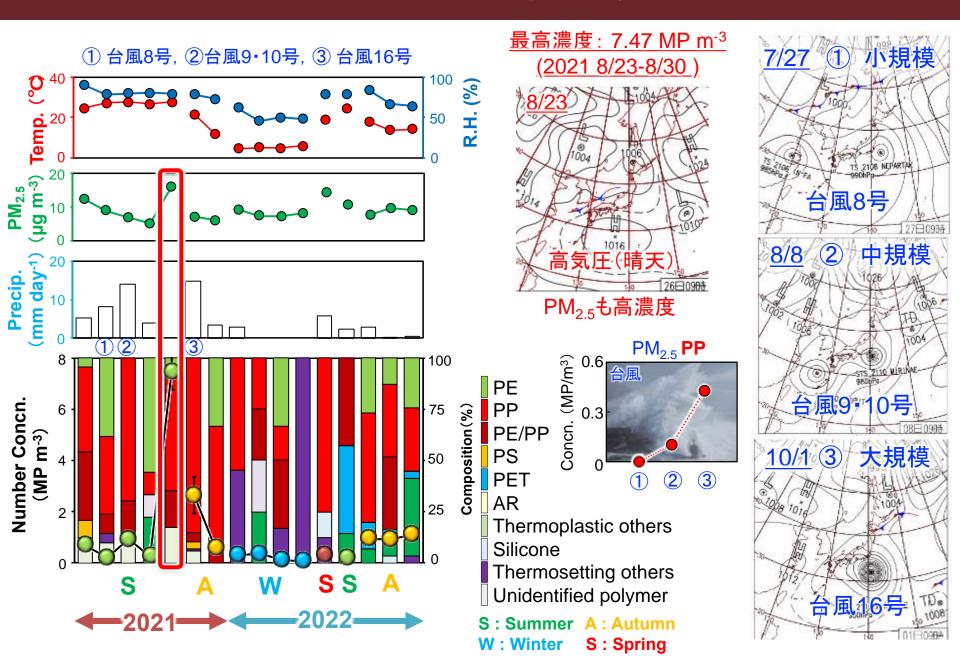
名古屋(愛知) 富士山頂 富士山南東麓(静岡)

徳島(徳島)

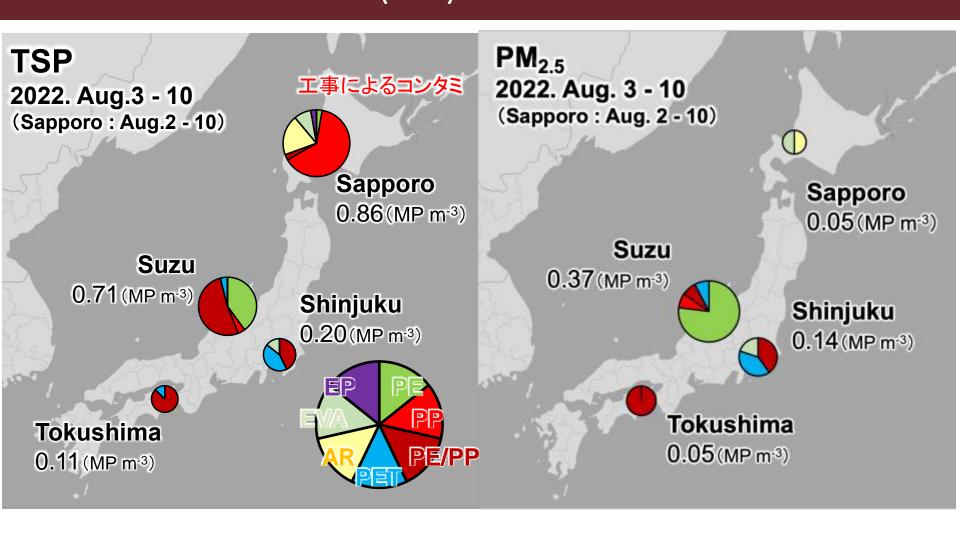
九州 • 沖縄も開始予定



都市大気:季節変化

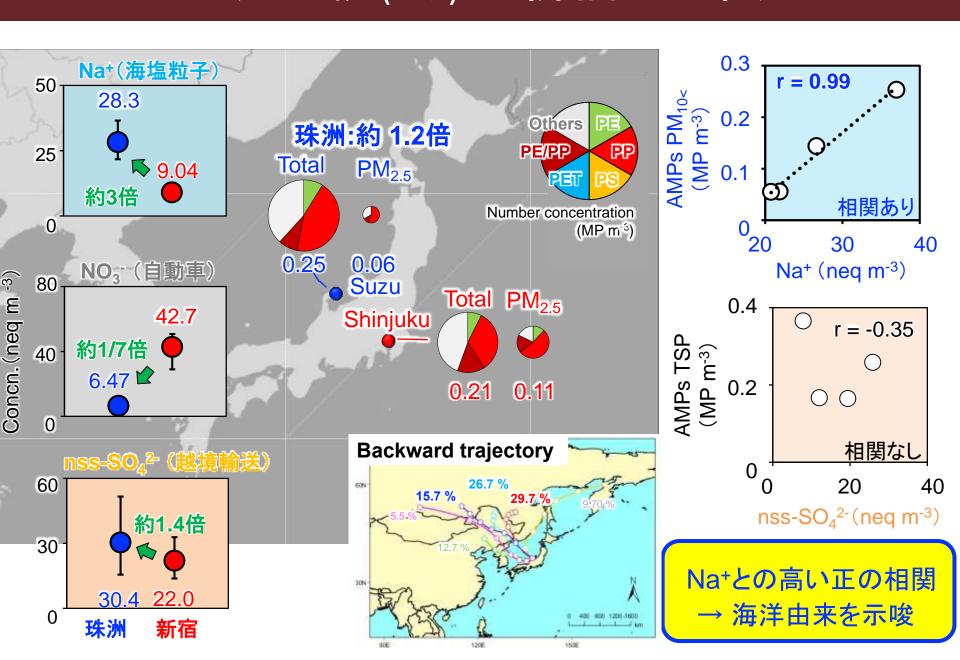


地域比較(夏): TSP vs. PM2.5



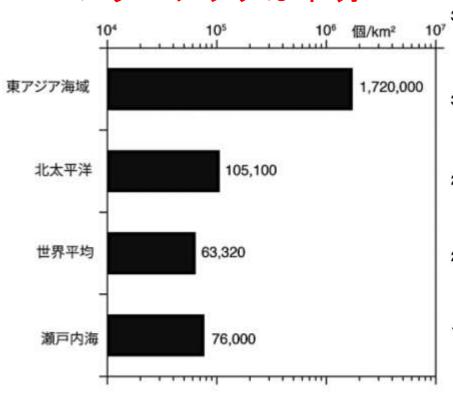
- ✓ 個数濃度,ポリマー組成:地域差あり
- ✓ 形状, 実粒径分布: 地域差は認められない

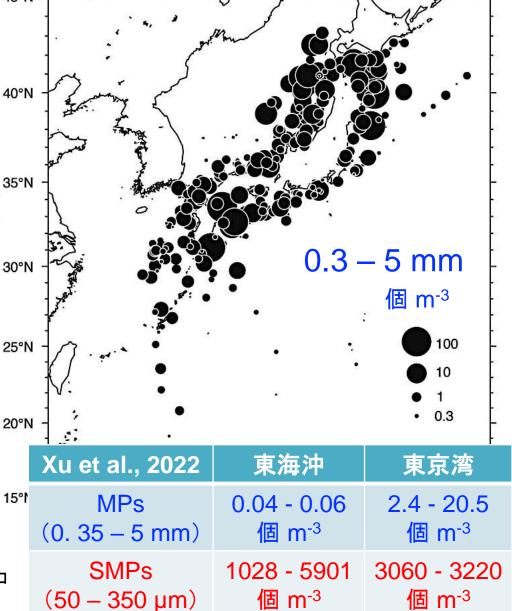
地域比較(冬):新宿 vs 珠洲



日本周辺の海洋MPs濃度分布

- 日本近海はマイクロプラス チックだらけ
- 大気に飛散するマイク/ナノ ロプラスチックは不明





磯辺 篤彦. 海洋プラスチックごみ問題の真実: マイクロ プラスチックの実態と未来予測 能登半島:沿岸に打ち上げられたゴミ



能登半島:冬の風物詩 波の花: 有機物を多く含む海水が攪拌されて作られた泡。強い風に吹かれて内陸へ運ばれることもある。 真浦海岸 珠洲市観光サイト https://www.city.suzu.lg.jp/site/kankou/1713.html

能登半島:表層海水(暫定值)



海洋からのMPs/NPs飛散



Contents lists available at ScienceDirect

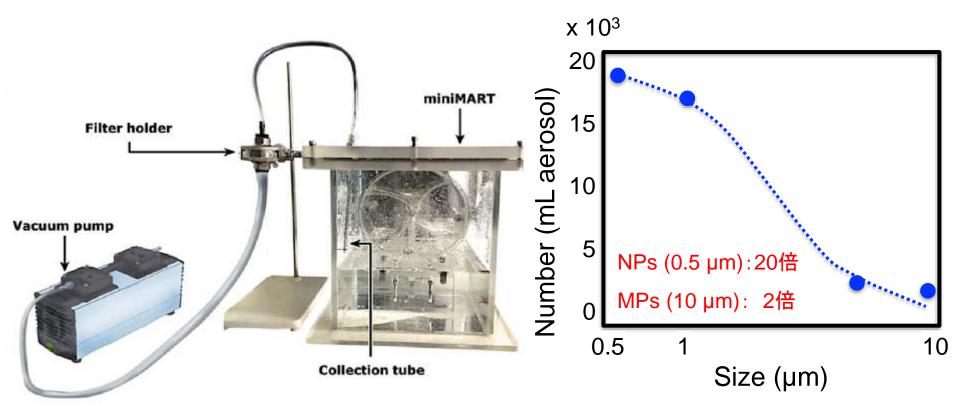
Marine Pollution Bulletin





Micro- and nanoplastics transfer from seawater to the atmosphere through aerosolization under controlled laboratory conditions

Catarini et al., Marine Pollution Bulletin 192 (2023) 115015





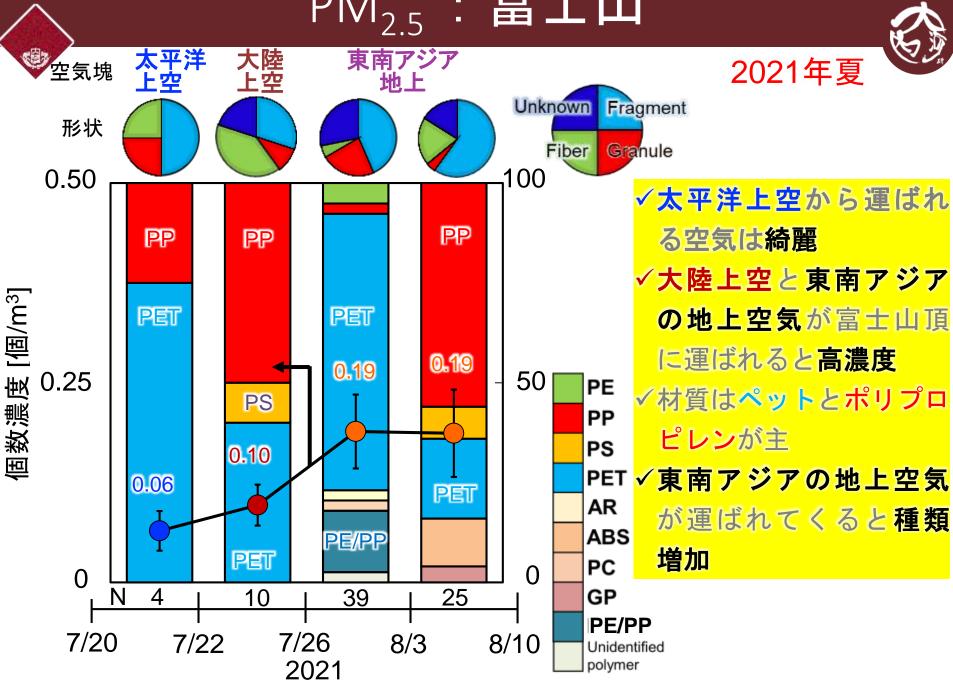
富士山で地球規模汚染を監視







:富士山



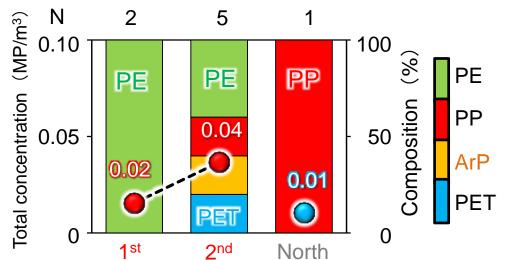
エアロゾル:富士山 vs 北極圏



2022年夏







pole

Mt. Fuji

昼夜

夜間

Mt. Fuji: the summit

1st : July.26 - August.9, 2022

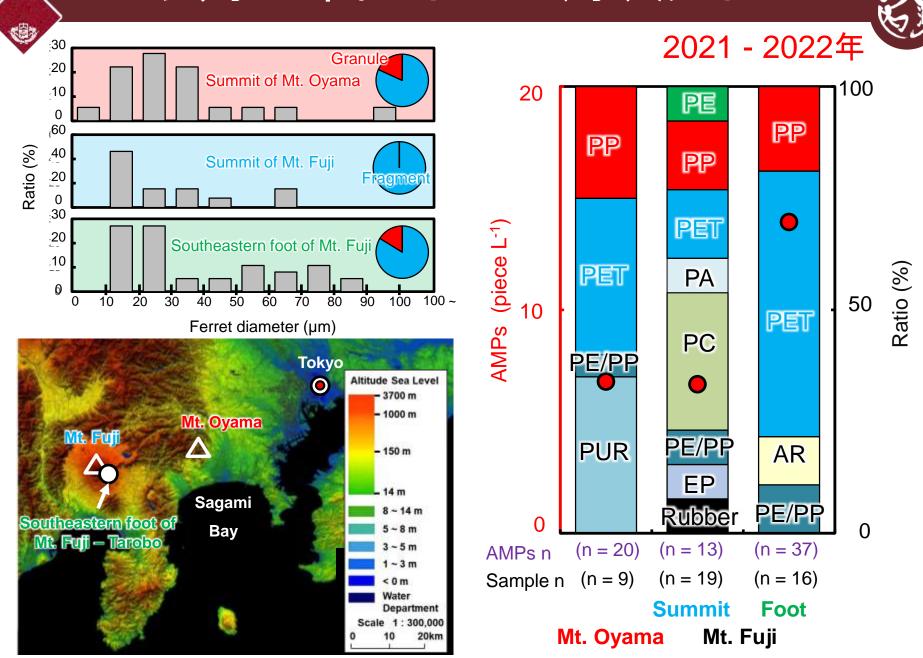
2nd: August.9 - August.16, 2022

North pole

June.8 - June.15, 2022

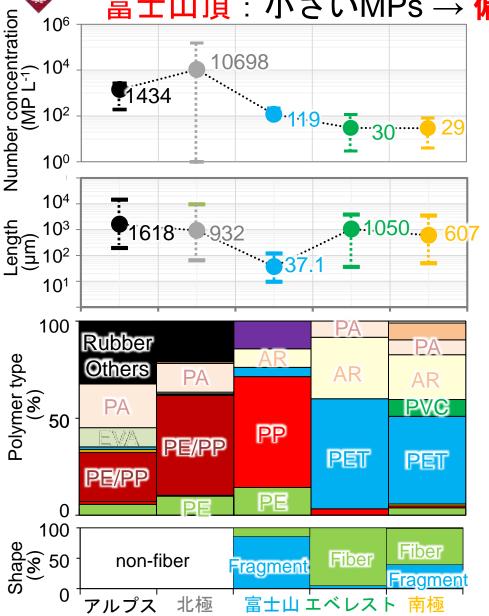
ArP: Aromatic polymer

雲水:富士山 vs. 丹沢大山



積雪:富士山 vs. 極域







Rubber others

Thermosetting others

Silicone (Si)

Thermoplastic others

Poly amide (PA)

EVA

Acrylic resin (AR)

PVC

·大きさ: PET

PE/P

PS

PE

富士山<南極, 北極, エベレスト, アルプス •濃度:

PP

<mark>エベレスト, 南極<富士山<アルプス, 北極</mark>

野鳥の肺からも検出!



Waseda University



日本獣医生命科学大学

NIPPON VETERINARY AND LIFE SCIENCE UNIVERSITY

野鳥の肺からマイクロプラスチックを発見!

日本獣医生命科学大学羽山研究室徳長ゆり香さん作成



肺 (1葉)

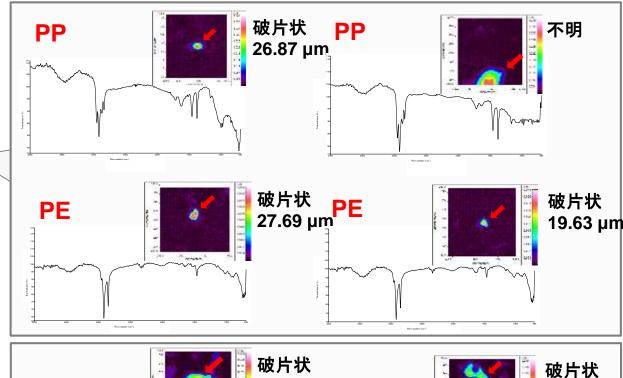
肺 (1葉)

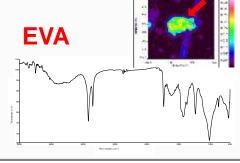
カワラバト

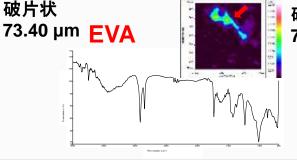
(東京湾周辺で回収)



ツバメ (伊勢湾周辺で回収)

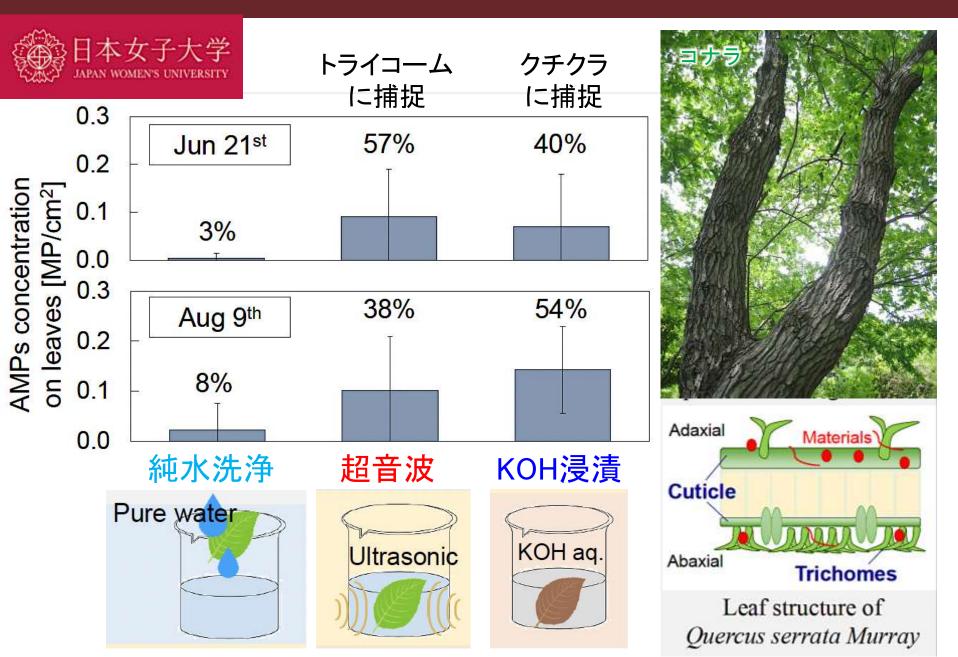






142.71. 70.37 μm

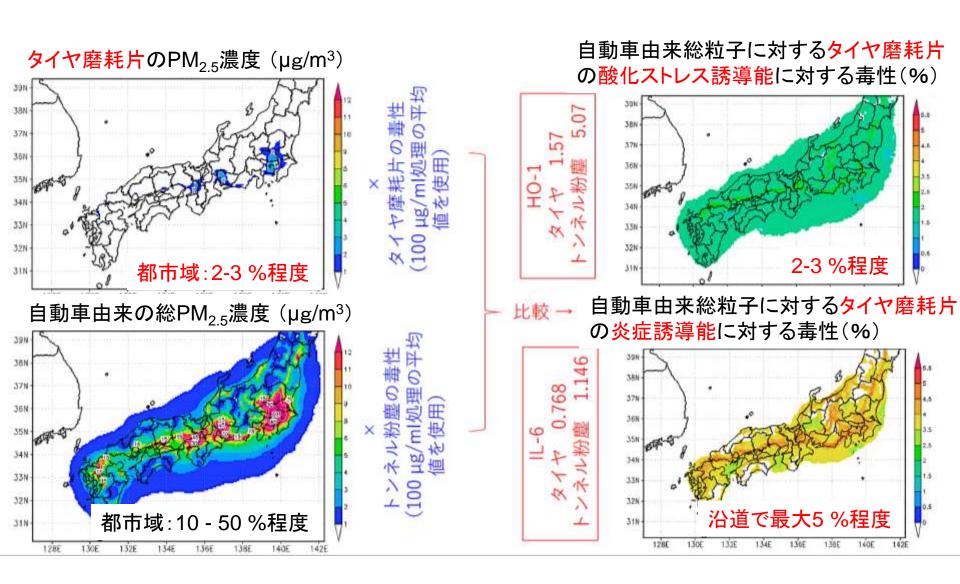
森林樹冠による捕捉



タイヤ磨耗片:毒性寄与率

既往研究に基づいた推計

サブ2・気象研 梶野





道路粉塵の呼吸器系影響評価

AMPsモデル粒子:道路粉じんと繊維状PETを使用

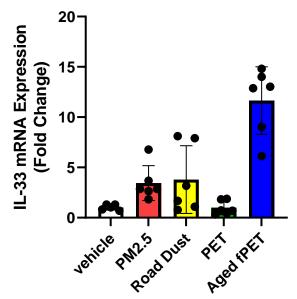
培養細胞系

- √<mark>道路</mark>粉塵は炎症性である。 都市型PM2.5と同程度か弱い
- √繊維状 PET,太陽光劣化繊維状 PET の毒性は低い

<u>動物(マウス)実験</u>

- √ <u>遺</u>路 粉塵, 太陽光劣化繊維状 PET により 気道過敏性が上昇 都市型PM2.5と同程度
- ✓ <mark>道路</mark>粉塵, 太陽光劣化繊維状 PETは 肺の炎症を誘発
- √繊維状 PET は気道過敏性に影響しない





まとめ



Waseda University

Okochi Lab

- ✓ 統一手法により国内外の様々な大気環境からAMPs検出
 - ・標準マニュアル策定、専門家のチェックによる誤判別防止
 - 空気動力学径分布を解明:健康リスクの高いPMっ、に存在
 - ・ 熱帯エアロゾル:国内都市大気よりも高い
 - 自由対流圏 (PM25, 積雪), 北極圏エアロゾルは世界初
 - <u>鳥肺から初検出</u>(Tokunaga et al, 2023)

✓ AMPsの特徴

• 材質:

地域差が大

PP, PE, PE/PP, PETが主成分:海洋MPsと同様PS, PMMA, EVA, PUR, SBRも検出

- 実粒径: 20~30 μmが中心(最小径: 2.5 μm)地域差なし
- 形状: 破片状が主 地域差なし

✓ 呼吸系影響

- 光劣化PET:喘息重篤度に影響(テレフタル酸が関与)
- 炎症誘発能:光劣化 PP>光劣化 PS. ただし、限定的

今後の課題





大気中マイクロおよびナノプラスチック

・濃度:個数濃度→質量濃度(全量)の把握

粒径:ナノプラスチックの解明が必要

・形状:繊維状、顆粒、破片で毒性に差があるのか?

·起源:海洋MPs→沿岸/離島,飛散実験

自動車(タイヤ・ブレーキ・路面摩耗片),

人工芝, 埋立地 · 廃棄物処分場

影響:素材よりも劣化度が重要か?

添加剤・吸着物 → 健康リスク評価に不可欠

謝辞





本研究は、(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費「大気中マイクロプラスチックの実態解明と健康影響評価」(令和3年から5年、JPMEERF20215003、略称: AMΦプロジェクト) により実施した.

本研究は、PerkinElmer Japan (μFTIR)、日本分光 (μRaman)、日本サーマル・コンサルテンィケ (O-PTIR)、プロンティア・ラボ (Py-GCMS)、池田理化/ナノフォトン (μRaman)、HORIBA (μRaman)、Leco (Py-GC×GC-TOFMS)、柴田科学、東京ダイレックから多大なるご支援をいただいた。

環境試料の採取・分析には、北海道環境科学研究センター、 名古屋市環境調査センター、日本女子大学、認定NPO法人富士山 測候所を活用する会にご支援いただいた。