

Part I マイクロプラスチック問題の基本

1. プラスチックの現状
2. マイクロプラスチックとは？
3. 大気中マイクロプラスチック
発生源, 環境・健康リスク, 濃度, 沈着量

Part II AMΦ (アンファイ) プロジェクト

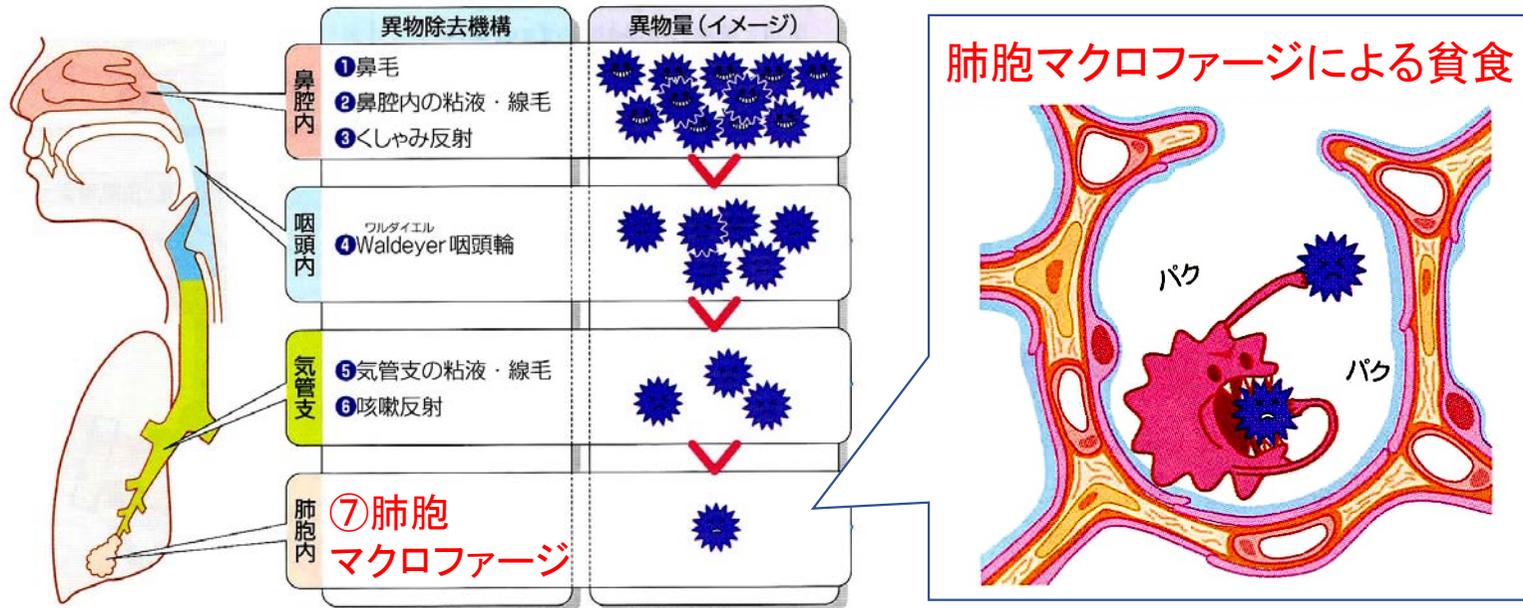
1. AMΦプロジェクトのご紹介
2. マイクロプラスチック大気汚染の実態：地球規模
3. 呼吸器系影響

Part III プラスチックゴミをどうするか？

1. 4R
2. プラスチックゴミの分解
3. 早成桐によるグリーントランスフォーメーション

AMΦ (アンファイ) とは？

Airborne MicroPlastics and Health Impact: AMPHI (ワコール登録商標！)



肺胞内の最後の砦

肺胞マクロファージ (AMΦ): 白血球の一種 (免疫担当細胞)

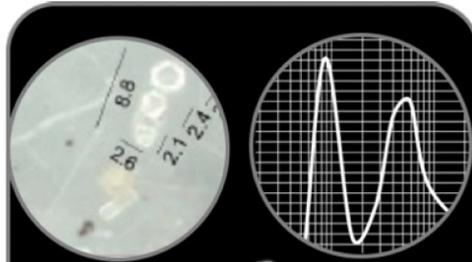
肺胞上皮に沈着した粒子状物質を貧食により, 肺胞表面を綺麗にする

AMΦプロジェクト：2021年～2024年

早大, 徳島大,
東洋大, 大阪公立大

気象研

広島大

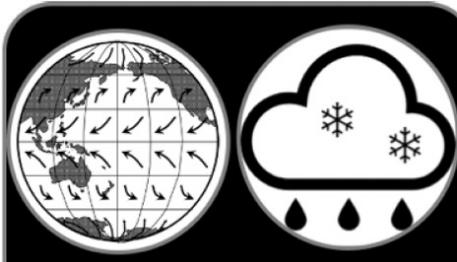


サブ1

・物理・化学特性

粒径
形状 (針状/破片/粒)
濃度
組成 (材質/吸着物)
劣化度

・分級装置開発



サブ2

・領域収支
発生/輸送/沈着

・雲形成能
雲凝結核
氷晶核

・肺沈着率



サブ3

呼吸器影響

・モデル粒子 (既往研究)
形状 (針状/破片)
組成

・実粒子: 暴露量
組成

研究協力

- ・日本女子大学
- ・金沢大学
- ・慶応大学
- ・日本自動車研究所
- ・北海道
- ・富山県
- ・名古屋市

大気中マイクロ/ナノプラスチックの海洋-陸域相互作用と劣化機構 (ATM-HAPP) へ

共同研究・分析支援：パ-キンエルマ-ジ ャパソ (μ FTIR), 日本分光 (μ Raman), 日本サーマル・コンサルティング (O-PTIR), フォティア・ラボ (Py-GCMS), 池田理化/ケノボ (μ Raman), HORIBA (μ Raman), Leco (Py-GC×GC-

国内外観測地点：同一手法で観測網構築

エアロゾル&降下物

(日本) : 14 箇所



札幌 (北海道)

積雪



エアロゾル&降下物

(東南アジア) : 3 箇所



父島



東京から1000 km



検出されたマイクロプラスチックの分類

五大汎用プラスチック

ポリエチレン
(PE)

ポリプロピレン
(PP)

ポリスチレン
(PS)

ポリエチレンテレフタレート
(PET)

ポリ塩化ビニル
(PVC)

ポリオレフィン

エチレン・プロピレン
共重合体
(PE/PP)

生分解性

ポリビニルアルコール
(PVA)
ポリヒドロキシ酪酸
(PHB)

アクリル樹脂

ポリメタクリル酸メチル (PMMA) ポリメタクリル酸エチル (PEMA)

スチレン・ブチルメタクリルエチレンエチルアクリレート
共重合体 (SBMA)

SMA, PHEMA, PMA, PAR

その他 (熱可塑性)

エチレン酢酸ビニル
共重合体 (EVA)

ポリカーボネート
(PC)

ポリアクリロニトリル
(PAN)

ポリ酢酸ビニル アルキド樹脂
(PVAc) (ALK)

アクリロニトリル
ブタジエンスチレン
共重合体 (ABS)

アクリロニトリル
スチレン
共重合体 (AS)

ポリアミド (PA)

ナイロン66 ナイロン6
(N66) (N6)

熱可塑性プラスチック

その他 (熱硬化性)

ポリウレタン (PUR)

エポキシ樹脂 (EP)

ポリジアリルフタレート
(PDAP)

シリコン樹脂

シリコン樹脂 (SI)

熱硬化性プラスチック

ポリアミド ポリアミド (PI)

ゴム

アクリロニトリルゴム (NBR)
スチレンブタジエンゴム (SBR)
ブタジエンゴム (BR)

富士山頂で空飛ぶ マイクロプラスチックを捕まえる

大気中マイクロプラスチック
(Airborne MicroPlastics: AMPs)



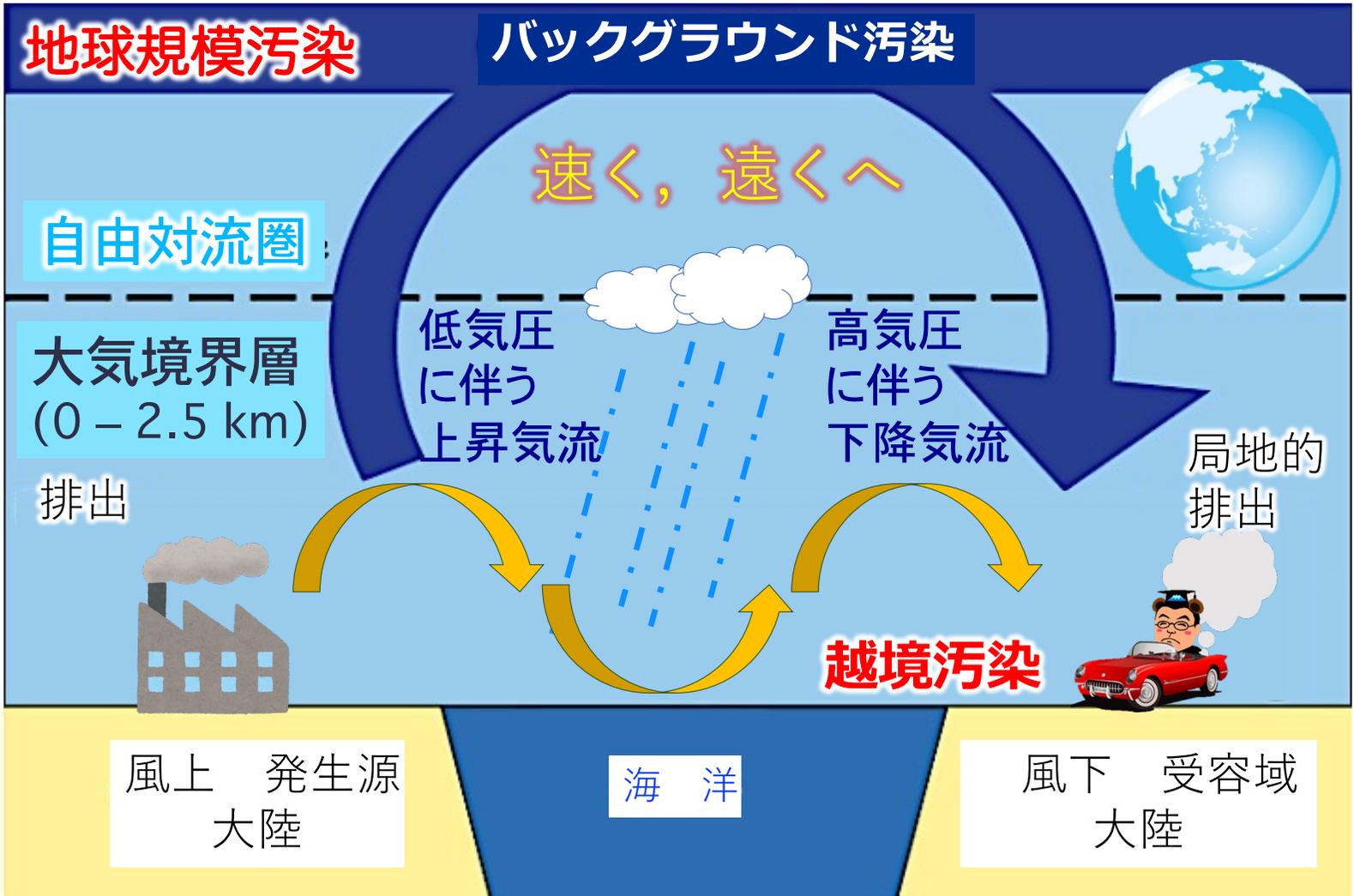
ゴム破片?



PMMA

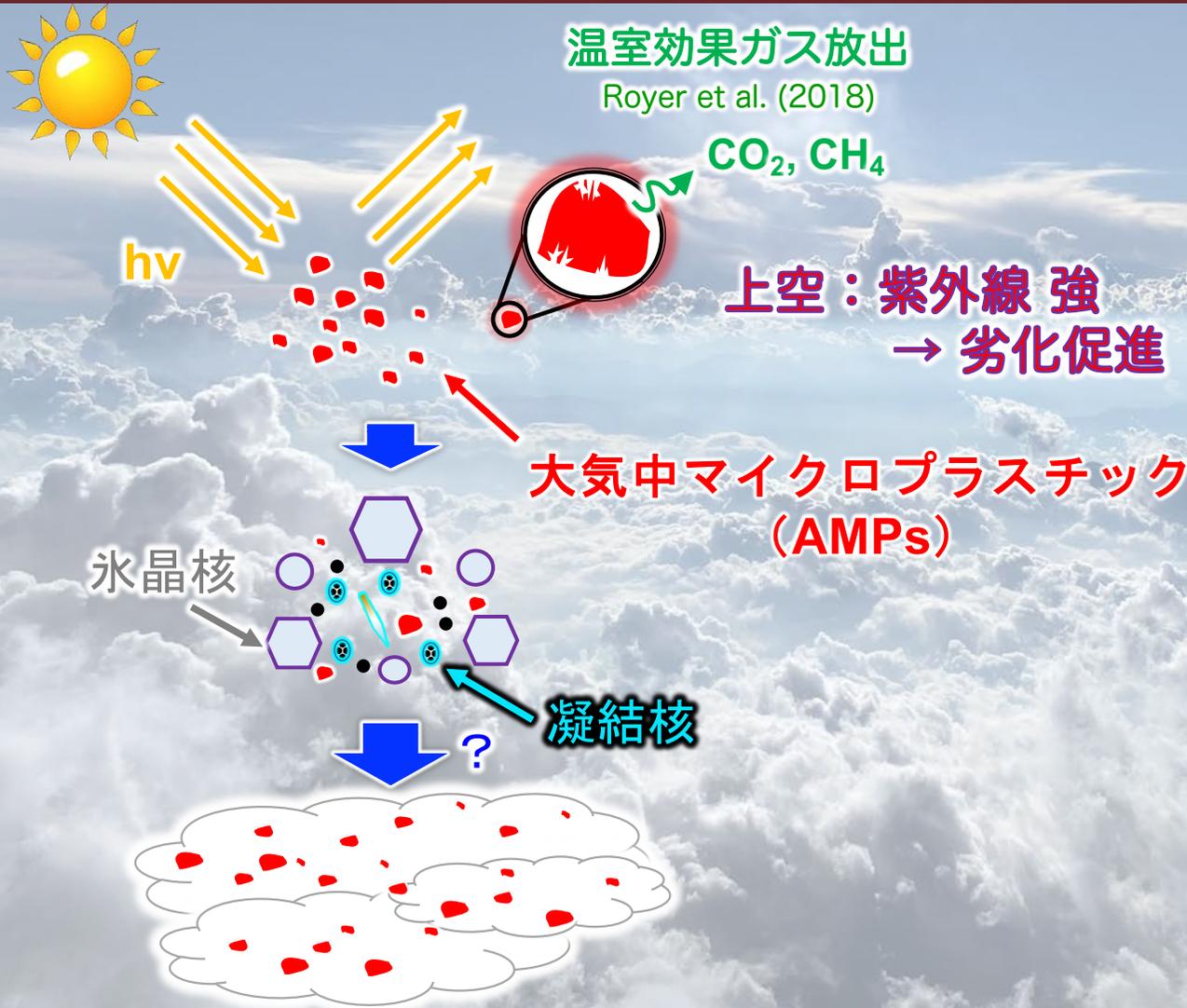


なんで富士山？：大気汚染に国境は関係ない



富士山頂：
自由対流圏高度
↓
地球規模汚染

雲形成して気候変動に関与？



雲水から検出された
大気汚染物質

- ☐ 酸性物質
- ☐ 重金属
- ☐ 有害有機化合物

AMPs：紫外線で劣化

親水性増加

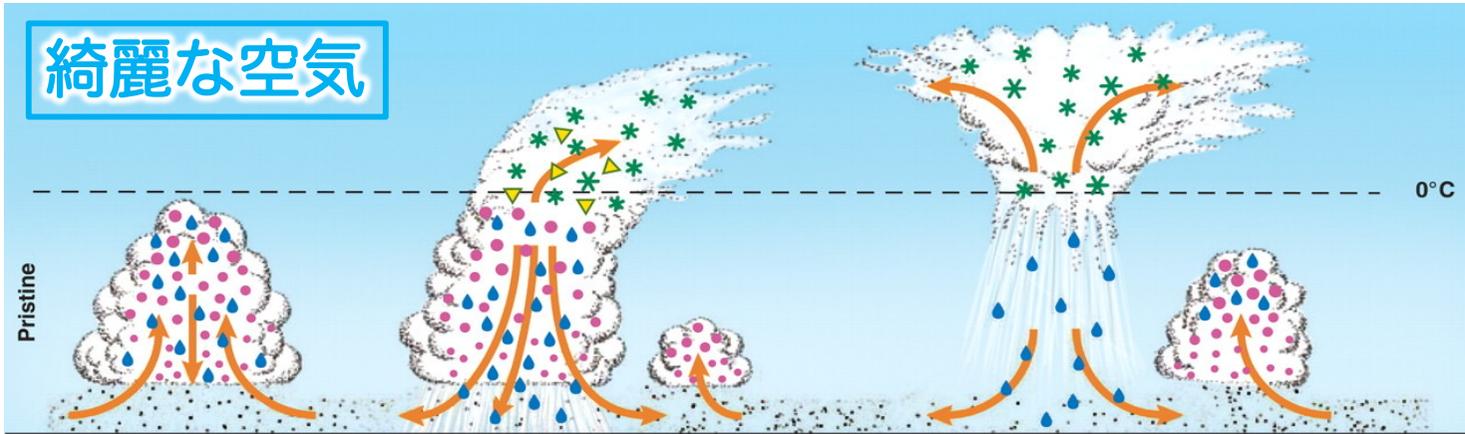
凝結核や氷晶核

雲形成促進？

大気汚染：豪雨形成に関与

船舶航路では、雷雲が発生しやすいことも知られている

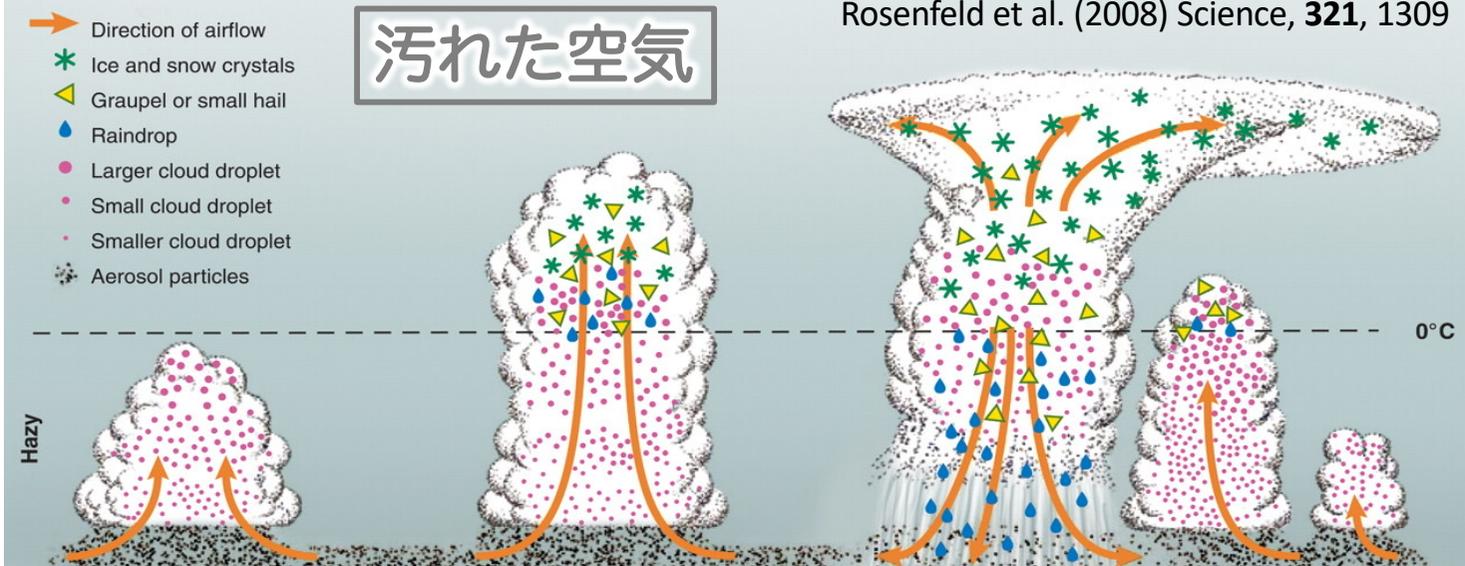
綺麗な空気



綺麗な空気

- PM_{2.5}が少ないので、大きな雲粒が生成する。
- 雨滴まで成長しやすく、雨が降りやすい。

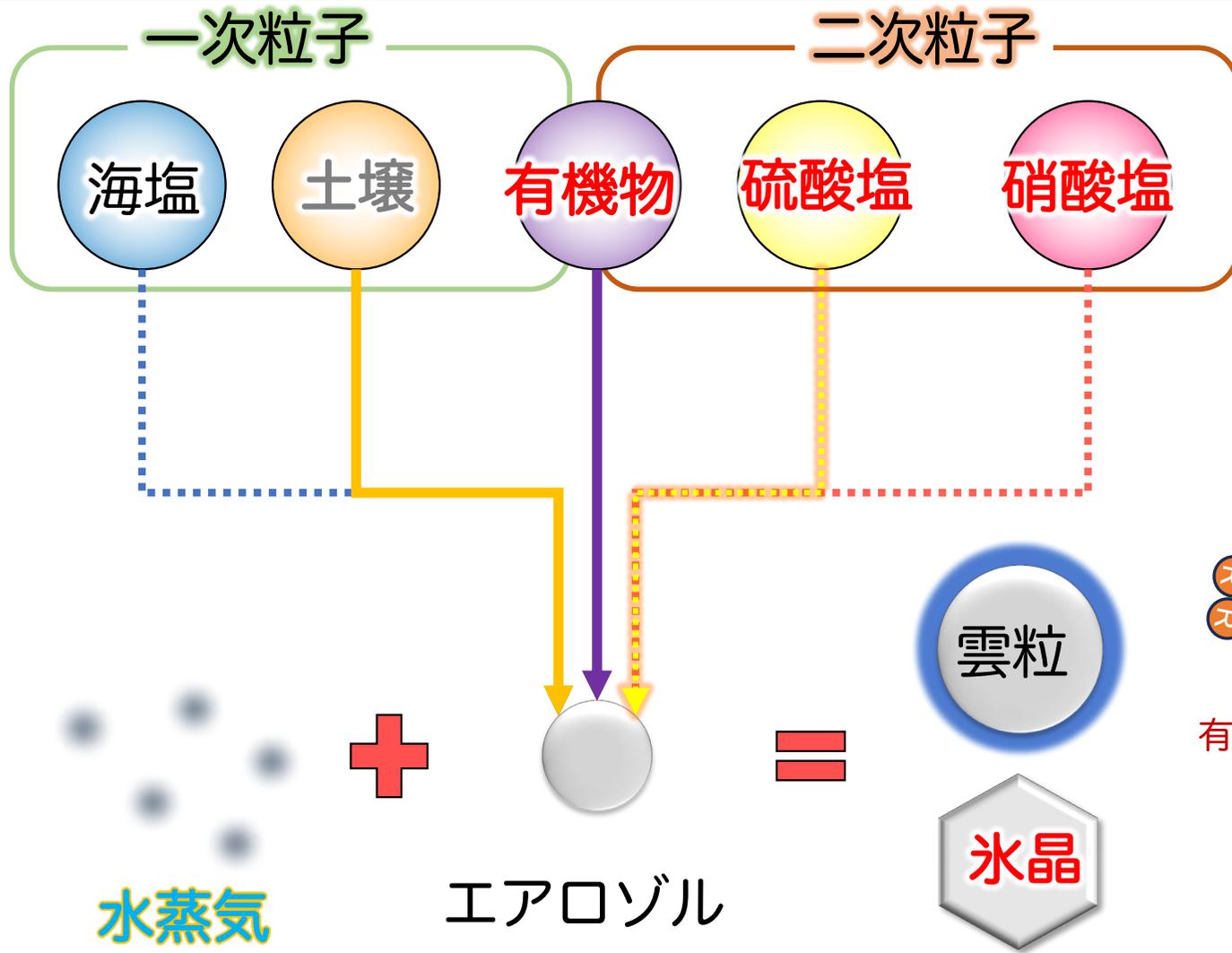
汚れた空気



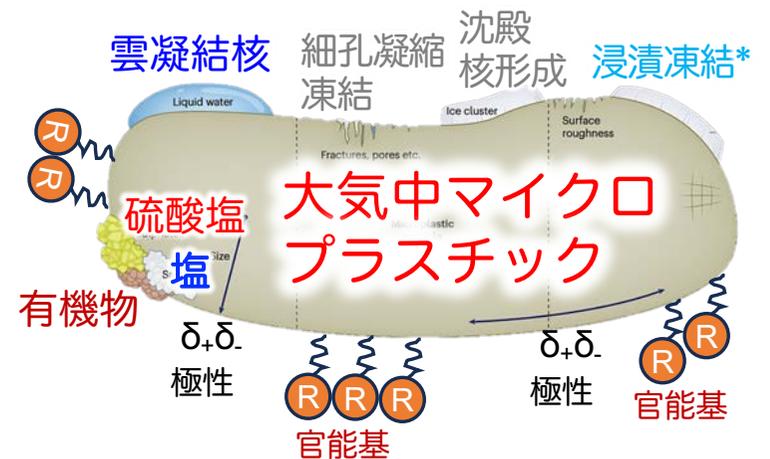
汚れた空気

- PM_{2.5}が多数あるので、小さい雲粒が多数できる
- 雲が上空まで発達して、大規模な積乱雲が発達
- 雨は降りにくいですが、雨が降り出すと、短時間で大量の雨をもたらす。

ゲリラ豪雨を降らす原因物質は何？

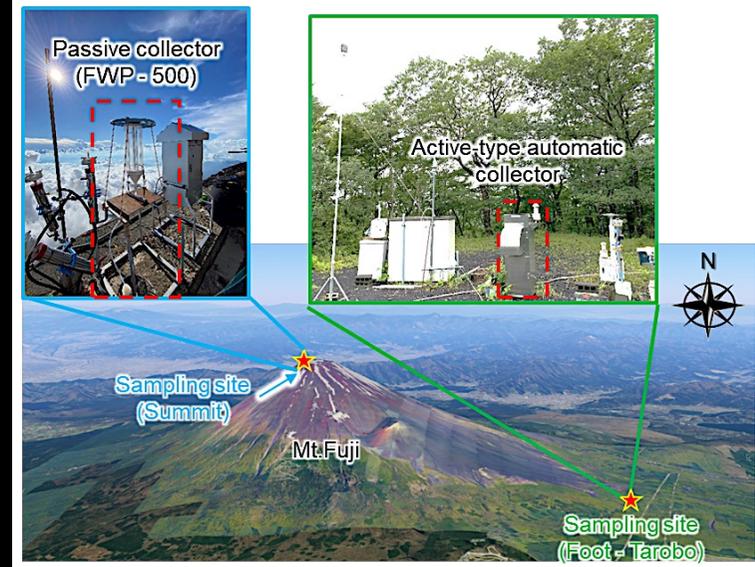
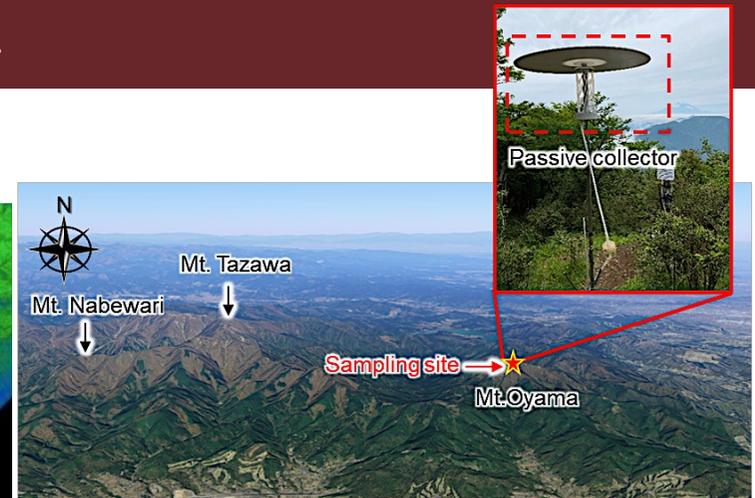
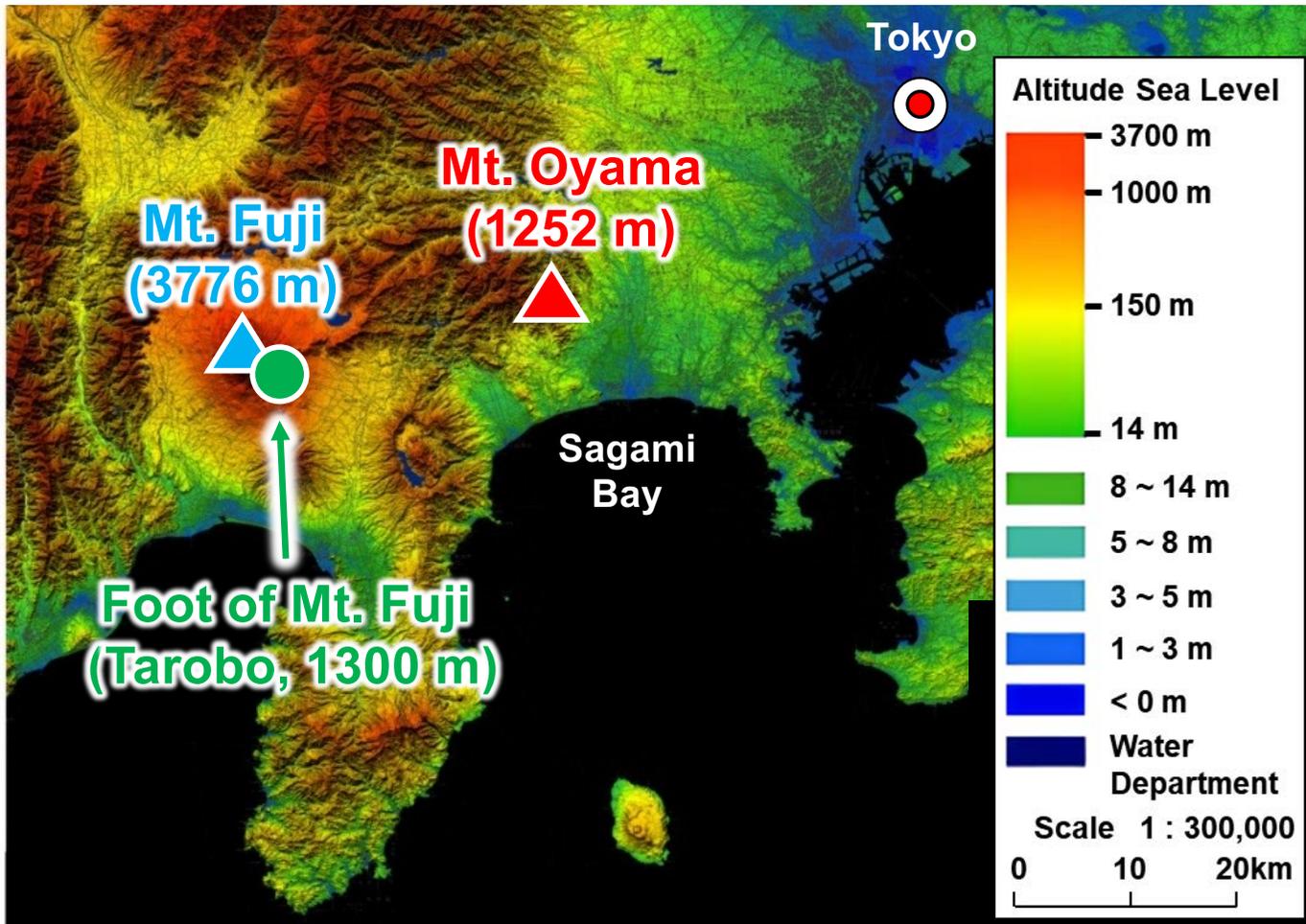


- 有機物**
- ・吸湿特性
 - ・界面活性能



*過冷却水に浸された粒子による氷の核生成

雲水の採取地点



メディア掲載：New York Times誌で20選に選出



Researchers found evidence this year of airborne microplastics in the clouds above Mount Fuji in Japan. Ko Sasaki for The New York Times

The New York Times

TURNING POINTS

20 Things That Happened for the First Time in 2023

A series of surprising and serious events and trends that were unprecedented until now.

15. Microplastics are found in the clouds.

Researchers in Japan have found evidence that microplastics are in the clouds, according to a paper published in August in the journal *Environmental Chemistry Letters*, raising questions about possible climate effects. **Scientists from Waseda University in Tokyo found airborne microplastics in clouds above Mount Fuji** that they believe came mainly from the ocean.

メディア掲載：サイエンスZERO

NHK



雲をとらえる!最新科学に挑む 富士山頂の“研究所”

2024年10月20日

日本一高い富士山。その山頂に科学者が集う“研究所”がある。大気化学や天文学など30もの研究が進む。山頂は、雲の上にあり、周囲に遮るものもないなど、好条件がそろっているのだ。中でも成果が上がっているのが「雲」の研究。最近、富士山の雲から初めてマイクロプラスチックが見つかり、世界に衝撃を与えた。このほか、豪雨の予報につながる可能性がある研究や“幻の稲妻”をとらえる研究まで！雲を巡る科学の最前線に迫る。



メディア掲載：“Friday”されました

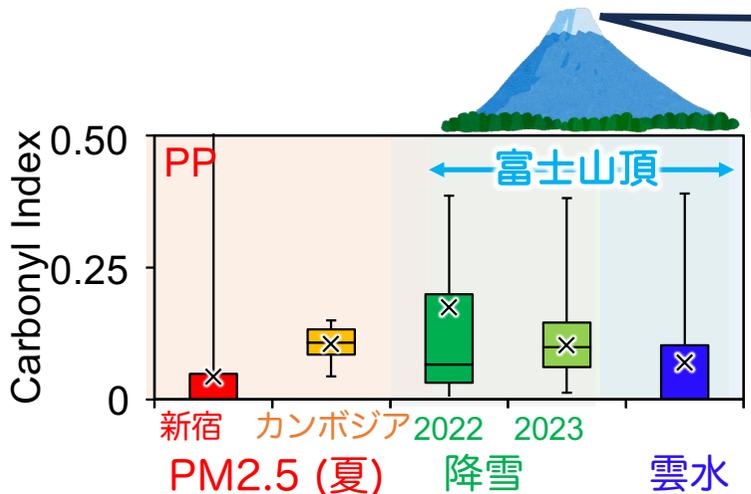
FRIDAY
DIGITAL

息をするだけで体内に…？「マイクロプラスチック」は大気の中にも！
富士山頂の観測で発見

2024年11月29日



自由対流圏の大気中マイクロプラスチック

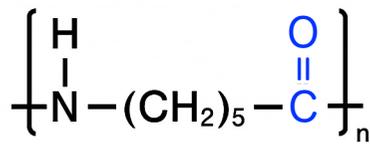


PM2.5 & 積雪 雲

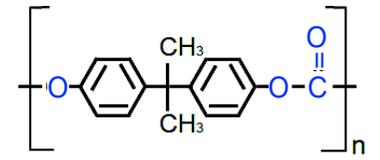
疎水的なポリマー (PE, PP) 親水的なポリマー

劣化度：カルボニルインデックス
 富士山頂 (上空) > 新宿 (地上)
 富士山頂：降雪 > 雲水
 (冬&春) (夏)

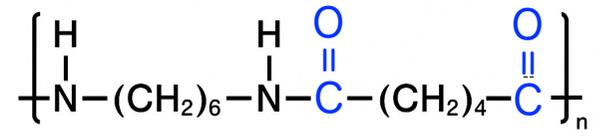
冬季&春季：長距離輸送



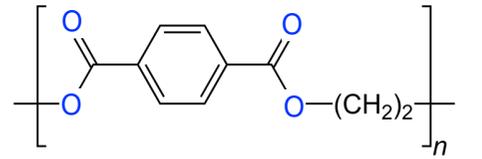
ナイロン6 (PA)



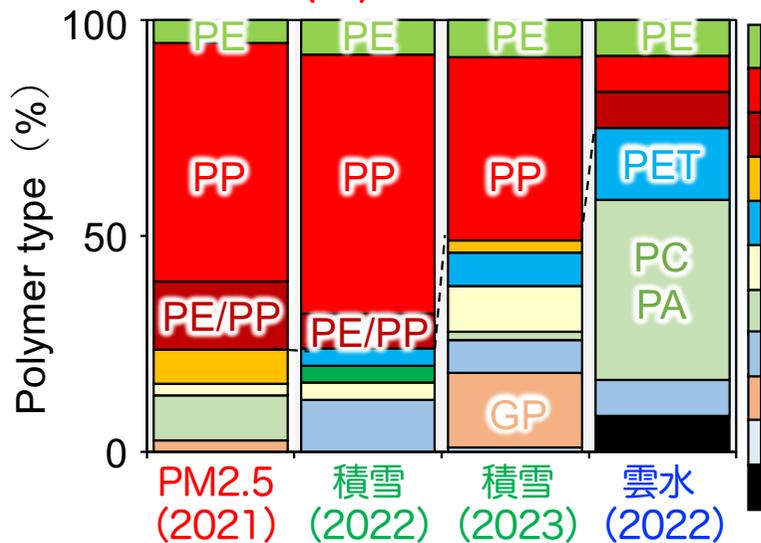
ポリカーボネート (PC)



ナイロン66 (PA)



ポリエチレンテレフタレート (PET)



- PE
- PP
- PE/PP
- PS
- PET
- Acrylic resin
- Others (熱可塑性)
- Others (熱硬化性)
- Green plastic
- Silicon resin
- Rubber

雲水：親水基 (C=O基) を有するポリマーが多い

富士山頂のPM_{2.5}, 雪, 雲からAMPsが検出されたことから、自由対流圏を通じたマイクロプラスチックの地球規模汚染が進行していることが分かった

吉田, (2022)

Wang et al., (2023)

AMのプロジェクト
～呼吸器影響～



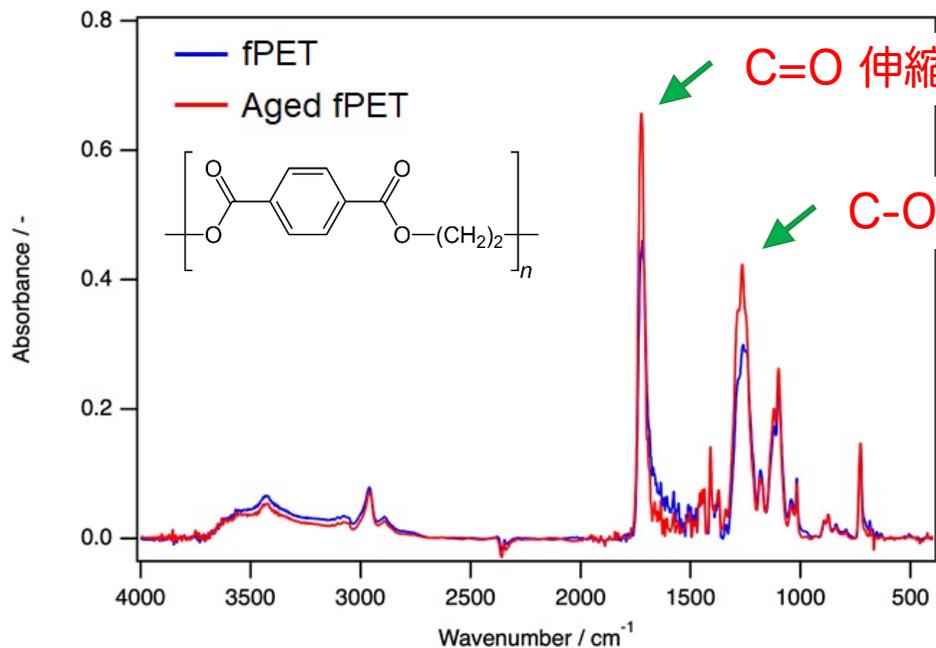
光劣化 PET の評価



太陽光照射



表面構造に差異は見られない



96 時間照射

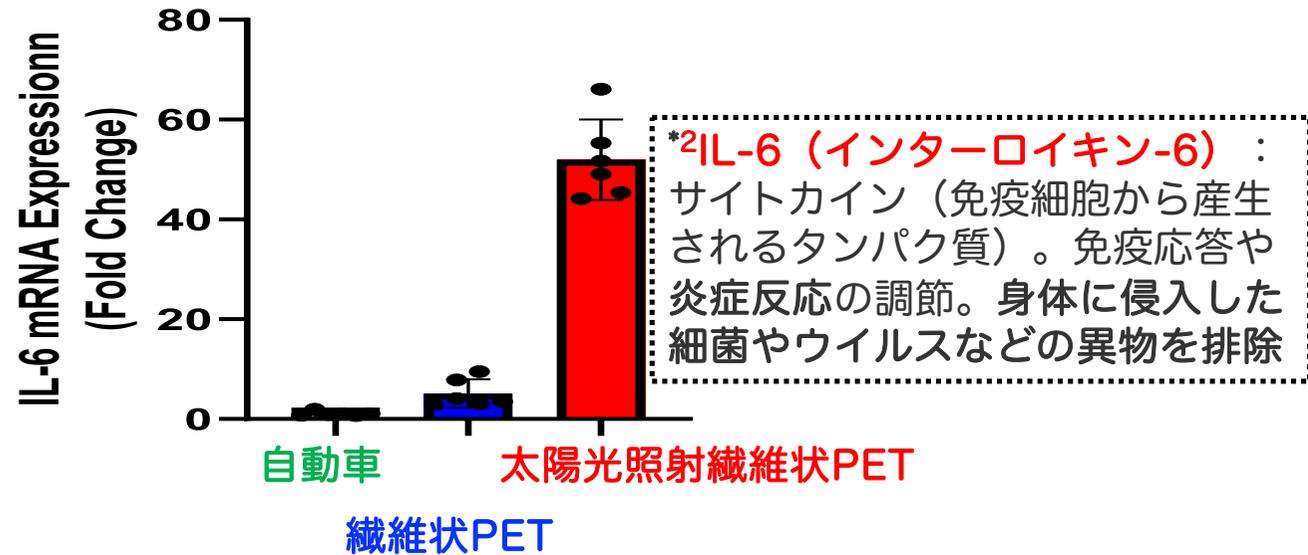
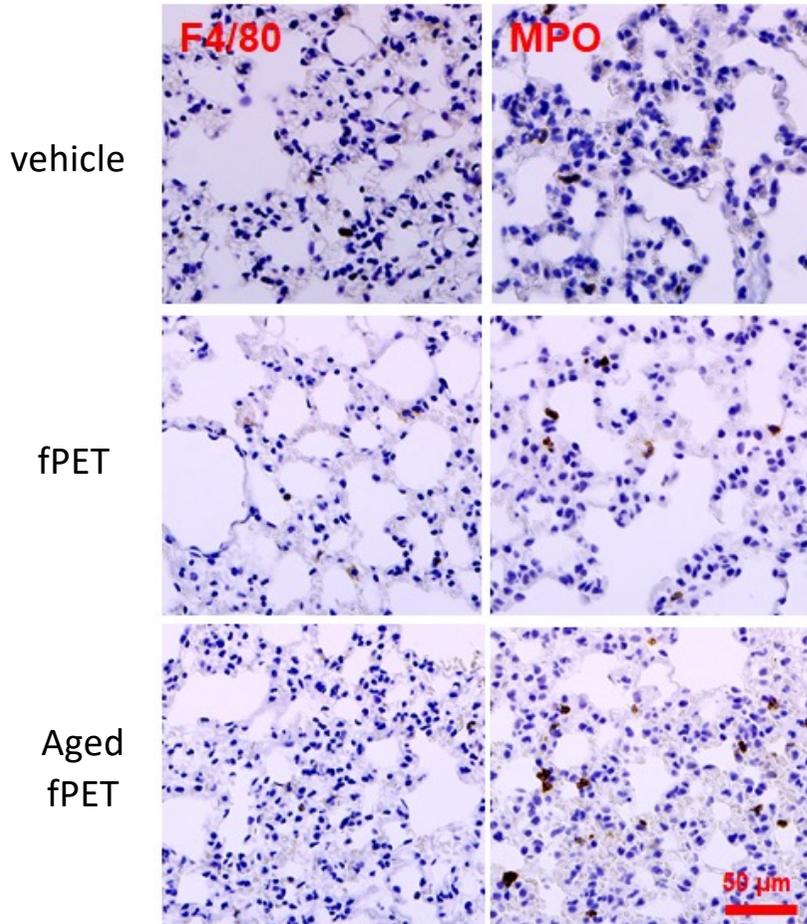
→ 昼夜12時間ずつとして、
120 日太陽光照射に相当

IR スペクトルが変化

細胞試験：繊維状 PET 曝露による肺の病理

雄性 ICR マウス (8 週齢)

100 μ g PM/mouse/day for 7 days



***²IL-6 (インターロイキン-6)** : サイトカイン (免疫細胞から産生されるタンパク質)。免疫応答や炎症反応の調節。身体に侵入した細菌やウイルスなどの異物を排除

- 光劣化 PET 曝露により、好中球浸潤*¹が増加
- 光劣化 PET 曝露により、IL-6*²発現が増加

***¹好中球浸潤** : 炎症初期に、炎症部位に好中球 (白血球) が遊走して集まり、異物を排除すること

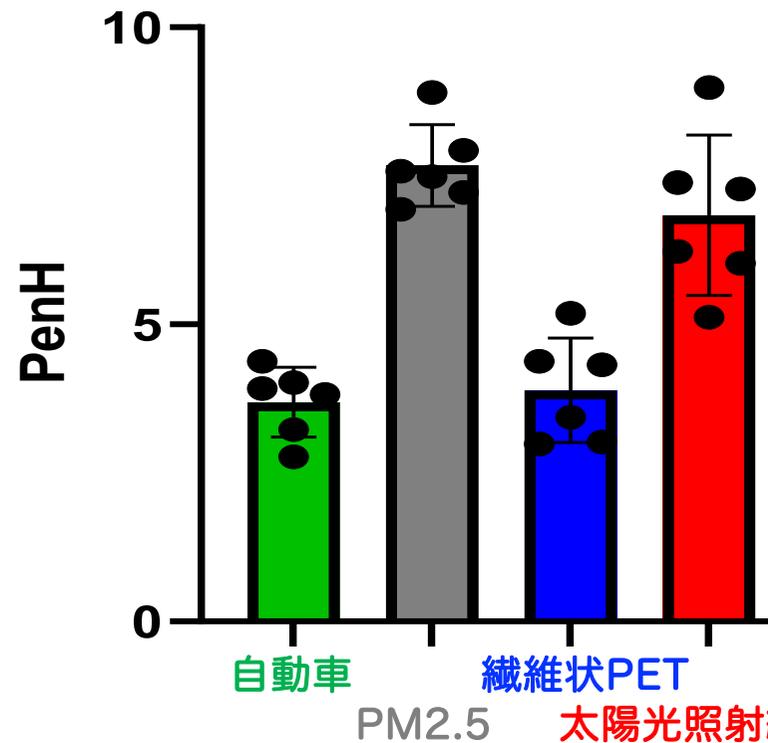


広島大学

動物試験：繊維状 PET 曝露の気道抵抗への影響

雄性 ICR マウス (8 週齢)

PET を 0.5 % Pluronic F68 に 10 mg/mL の濃度で懸濁し、
10 μ L を経鼻投与 (7日間) (100 μ g/mouse/day for 7 days)



光劣化 PET 曝露
→ 気道抵抗が上昇

喘息を悪化させる
→ 分解生成物が原因

マイクロカプセル香害

香害 (こうがい)



化学物質過敏症

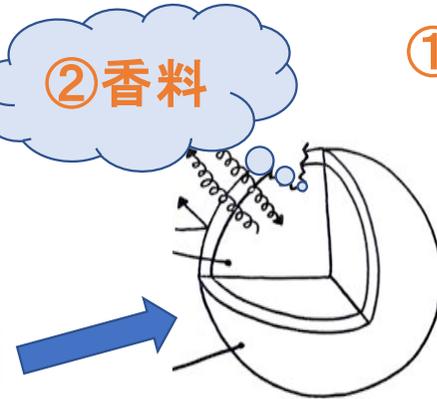
- ✓ 科学的な根拠 ✕
- ✓ 発症のメカニズム？

被害の声多数 but
社会の理解&有効的な策 ✕



柔軟剤

②香料



カプセル壁 (プラスチック)

ホルムアルデヒド
イソシアネート

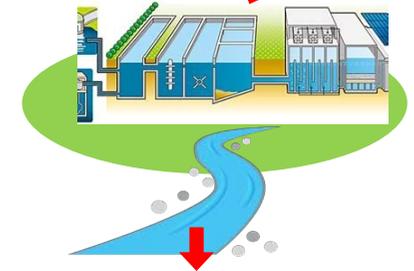


AMPs
(大気中マイクロ
プラスチック)

①マイクロカプセル

➡香りに長期間暴露

直径数 μm ~ 数千 μm
(空気の授業、柳沢)



“香り”で体調不良
困っている人が…

知ってください!!
その香り
困っている人もいます

濃すぎるなどの香りで頭痛や吐き気があるという相談があります。
自分にとって快適な香りでも、困っている人もいることを理解ください。

香りの感じ方には個人差があります。

香り付き製品の使用に当たっては、周囲の方にもご配慮下さい。
なお、使用される場合は、使用量の目安なども参考に。

消費庁 | 文部科学省 | 厚生労働省 | 経済産業省 | 環境省



洗濯物衣類の部屋干し実証実験

測定期間

昼: 11:00~17:00

夜: 17:00~翌10:00

10:00-10:30換気

10:30-11:00密閉

条件: 常時密閉状態



洗濯物

1日目: なし

2日目: 水洗い

3日目: 洗剤

4日目: 洗剤 + 柔軟剤

検出対象物質

EU香料アレルギー物質

アレルギーに敏感な人を肌荒れリスクから守るため「商品ラベルに記載する事」が定められた物質

「肌に残る (Leave-on)」製品:0.001 %以上
 「洗い流す (Leave-off)」製品:0.01 %以上
 含まれる場合に記載義務が発生

NO	発効年月日	アレルギー物質数
1223/2009	2009年11月30日	26種
2023/1545	2023年7月26日	87種 + α

柔軟剤公開成分

「意図的に配合された0.01 %
 以上の香料成分を開示」
 (香料成分の自主的な開示の際の
 指針 (日本石鹼洗剤工業会))

	当研究室 VOCs	柔軟剤 公開成分	従来EU アレルギー 物質	新規EU アレルギー 物質
物質名称数	34	36	24	57
CAS 番号数	35	40	29	134
物質例	-	Citronellol Linalool	Citral Geraniol	Camphor Vanillin
従来EU アレルギー 物質との 重複	1	5	-	-
新規EU アレルギー 物質との 重複	3	7	-	-

洗濯衣類から検出された化学物質

洗剤 + 柔軟剤 vs 水洗い : 定量分析・網羅分析

- 定量 : アルデヒド類, 有機塩素, BTX, イソプレン, モノテルペン
部屋干し : 明瞭な差なし → 家具類・壁材, 屋外大気の影響大
- 網羅 : EU香料アレルギー物質は微増, 未規制物質の健康リスク評価必要



Part I マイクロプラスチック問題の基本

1. プラスチックの現状
2. マイクロプラスチックとは？
3. 大気中マイクロプラスチック
発生源, 環境・健康リスク, 濃度, 沈着量

Part II AMΦ (アンファイ) プロジェクト

1. AMΦプロジェクトのご紹介
2. マイクロプラスチック大気汚染の実態：地球規模
3. 呼吸器系影響

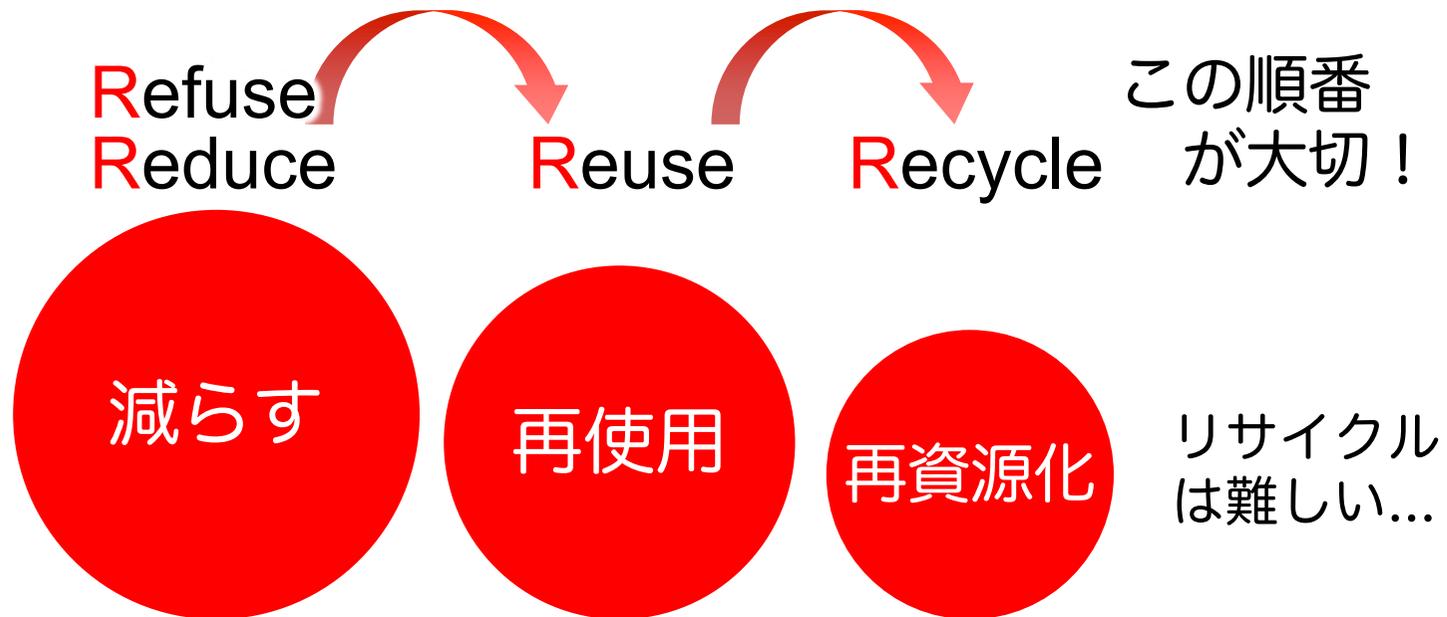
Part III プラスチックゴミをどうするか？

1. 4R
2. プラスチックゴミの分解
3. 早成桐によるグリーントランスフォーメーション

プラスチックゴミをどうするか？

分ければ資源，混ぜればゴミ

- Refuse : リフューズ 不要なものを買わない＝発生抑制
- Reduce : リデュース ごみを減らす＝発生抑制
- Reuse : リユース 何度も使う＝再使用
- Recycle : リサイクル ゴミを分別して再資源化



わたしたちにできること

マイクロプラスチックを減らすために 私たちができること

フリースを洗濯時は ネットに入れる

「合成繊維素材から繊維がはがれ落ち、洗濯機1杯分あたり70万個のマイクロファイバーが放出されるとの推計がある。洗濯のときにはフリースやセーターをネットに入れるとマイクロプラ流出を抑えることができる」(大河内教授)。

エコバッグや マイボトルを活用

シャンプーなどのプラボトルは繰り返し使う。使い捨てが当たり前、という意識を変えることで、プラスチック消費量の削減に貢献できる。素材表示をチェックして、生分解性素材を使った製品を選ぶのも良い。

マイクロカプセルを 使用した 柔軟剤を避ける

柔軟剤には香りを閉じ込めるマイクロカプセルが、洗顔料や化粧品にはマイクロプラの一種、マイクロビーズ(スクラブ剤など)が含まれている場合が。世界的には規制の方向にある。商品選びの物差しにしよう。

屋外のプラは 回収を

屋外に置くと日光の紫外線や風にさらされ、細かく分解されて環境中に流出する。ベランダにプラ製品を放置しない。路上、河川、海岸のゴミも拾う。ただし、「汚染の可能性がある不織布マスクなどは tong を使って」と大河内教授。

ゴミは しっかり分別する

包装材は表示を見て分別し自治体が定める方法で捨てる。汚れたプラごみのリサイクルには洗浄が必要。外出先でペットボトルを使ったら家庭できれいに洗ってから分別し捨てることで業者の手間を減らすことができる。

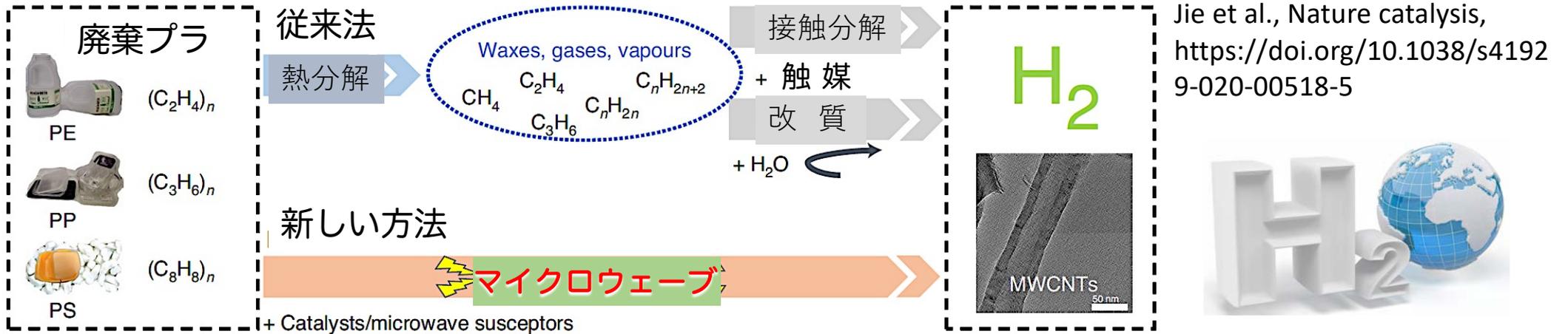
行政の取り組み：鹿児島県大崎町

1 2年連続リサイクル率全国一位 鹿児島県大崎町の取り組み
焼却しないシステム

大崎リサイクルシステム



廃プラスチックから水素と高機能材料を作る



廃プラスチックを電子レンジでチン → 水素とカーボナノチューブ



早成桐による グリーントランス フォーメーション*

*化石エネルギー中心の産業・社会構造を、クリーンエネルギー中心の構造に転換していく、経済社会システム全体の改革への取り組み



日本女子大学
JAPAN WOMEN'S UNIVERSITY

早成桐によるグリーントランスフォーメーション

CO₂の吸収率はスギの3倍、育つ速度は4倍 「早成桐」に可能性を感じた経営者 北海道旅行が運命を変えるきっかけに



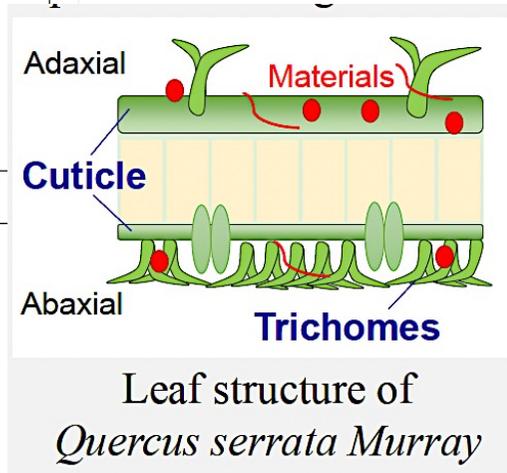
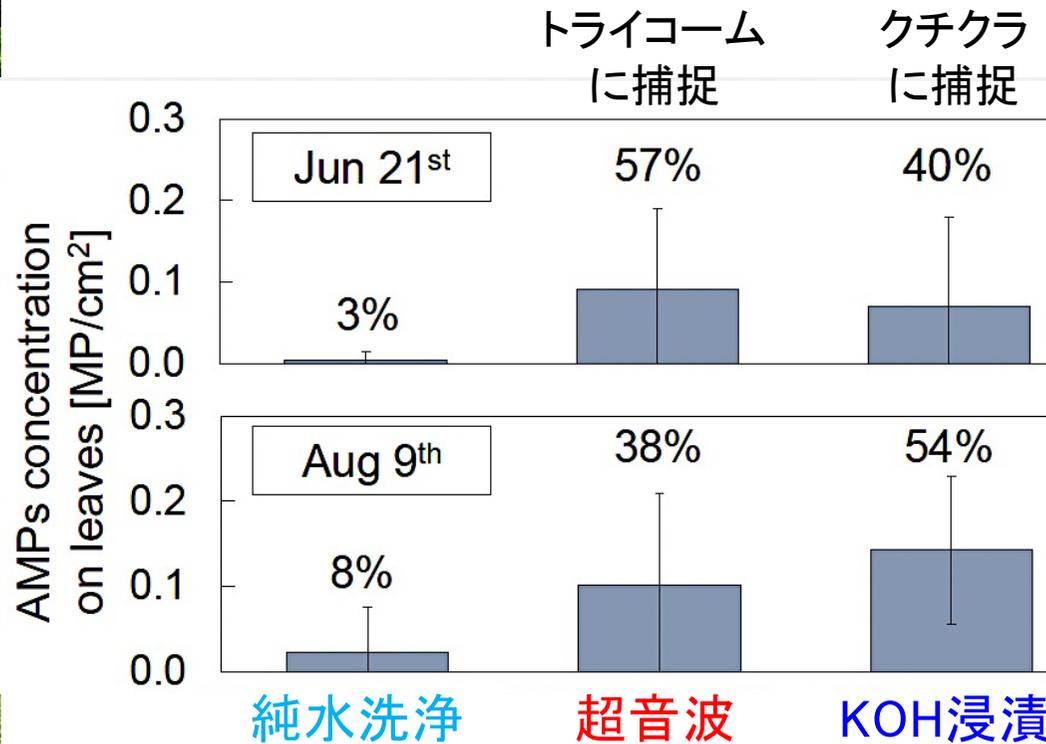
2024/10/29/ 06:30

AERA

- 成長速度：スギの4倍
5年間で高さ15メートル
- CO₂吸収速度：スギの3倍
早成桐24本で1年間で約1トンのCO₂を吸収

日本女子大学と早稲田大学理工学術院の研究グループが、空気中のマイクロプラスチックを森林が吸収することを実証。その担い手としても早成桐が注目されている。「脱炭素化の推進、荒廃農地の再生、雇用の創出で日本中を元気にしていきたい」と語る。

樹木で大気中マイクロプラスチックを除去



生田：年間22億個
日本：年間42兆個

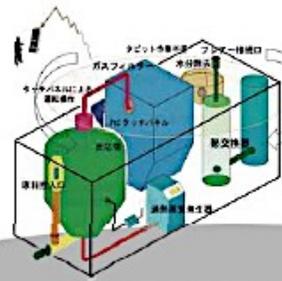
早成桐は三大環境問題を解決する救世主！



早成桐 循環型システム



産業廃棄物ゼロ実現



『木質バイオマス発電』

バイオマス発電で自立電源

バイオ炭【活性炭原料・土壌改良剤】

バイオ炭をブリケット状に加工
【石炭やコークス代替燃料】



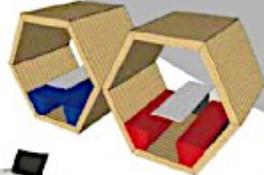
7,000~8,000kcal
【化石燃料同等の高カロリー】

『炭化炉 バイオ炭精製』



デザイン・レイアウト
(組替えにより、空間の用途形状変化)

早成桐+紙+竹



早成桐+紙+竹
「組立・組替家具(間仕切+家具+床+天井)」

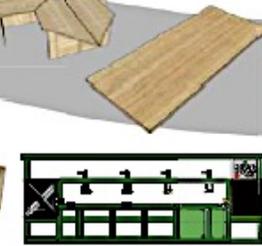
農地へ施き込む⇒土壌改良
【農作物生産性向上】

吸湿・減湿効果【住宅】

水質・臭気浄化
【食品工場・上下水道・空気浄化】

軽量⇒回収コスト削減
組換⇒取替コスト削減

工場製作
(特殊製作 紙+桐 天然素材
ユニット式製作・組替)



「規格」パネル材:(早成桐桧板+桐木口材+芯材)プレス機・木口Vカット機

高再利用化
廃材・端材
再資源化
廃材・構造物

再資源・再使用
recycle/reuse

省エネルギー
saving energy
廃棄物の発生抑制
reduce
省輸送
saving transport

回収・再利用
collect reuse

生産・製造
production
manufacture

無公害素材
軽量化

施工
construction

短期解体
省解体
短期施工
省施工

工場加工
(特殊加工 特殊割 薄板・厚板・角材
ロータリー加工)

「熱化学還元処理」「燻煙熱処理」
短時間での付法・形状安定化

『早成桐用材 合板・LVL/CLT他』



早成桐植林・素材育成
早い成長・二酸化炭素吸収能力・環境建材



「早成桐植林」

糞尿の供給

『家畜農場』



「伐採・運搬」

ご静聴ありがとうございました

