

自主調査研究

富士山体を利用したマイクロプラスチックの東アジア大気汚染の実態把握に関する調査研究

1. 調査研究の背景

近年、人間活動の増大によって多量のプラスチックが廃棄され、破壊された微細なマイクロプラスチック (Microplastics : MPs) が大気環境にも見いだされるようになりました。大気中に浮遊するMPsについては、健康リスクや雲凝結核や氷晶核として雲形成を促進し豪雨を発生させるなどの気候リスク、さらには劣化によって発生するガスによる地球温暖化の促進も懸念されます。

世界各地の観測とあいまって東アジアの高山での積雪中及び大気中のMPsの観測は、MPsの地球環境への影響についての貴重な知見となると期待されます。このため、富士山体を利用したマイクロプラスチックの東アジア大気汚染の実態把握について、認定NPO法人富士山測候所を活用する会に委託して調査研究を行いました。

ことは広く知られています。大気中に浮遊するMPsは、海洋中のものに比べて1/100~1/1,000程度微小なため、観測には海洋環境用とは異なる精度の高い分析技術が必要となります。大河内博早稲田大学教授らは減衰全反射フーリエ変換赤外分光分析法 (μ FTIR-ATR imaging) を開発し、従来20マイクロメートル (μ m) 程度までしか計測できなかった大気中のMPs分析を約2.6 μ mまで計測できるようにしました。これにより2019年に富士山頂のエアロゾルに初めてMPsが検出されました。本調査研究では積雪中のMPs分析にも μ FTIR-ATR imagingを初めて適用しました。

2-2. 富士山頂と他地域の積雪中MPsの比較

富士山頂における積雪試料は、降り積もる過程における降水の履歴を残していると思われます。ヨーロッパ、北極圏、アルプス(イタリア)、エベレスト等と富士山頂の積雪中MPsの存在形態や濃度(最小径50 μ m未満)を比較して、図1に示します。2022年5月に山頂で採取した積雪MPsの個数は平均119個/リットル(L)、長径平均は43 μ m、形状はほとんど破片状でした。2023年の積雪中MPsの個数濃度は平均731個/L、長

2. 調査研究の内容と結果

2-1. 大気・積雪中のMPs観測法の検討

大きさが5mm以下のMPsが海洋環境を汚染している

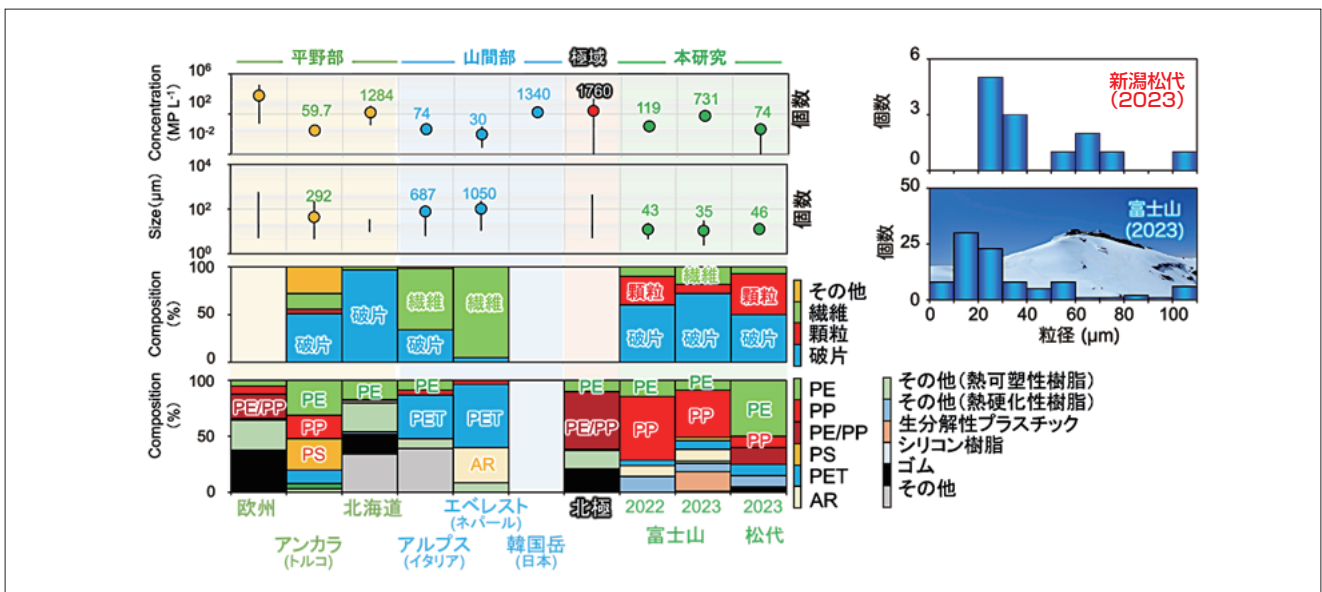


図1 積雪中MPsの地域比較(大河内ら、2023より作図)
(大河内ら エアロゾル研究、38(3)、145-159(2023))

径平均35μm、形状は同様に破片状であり、2022年より高濃度でした。積雪中MPsの粒径分布は10~30μmが中心であり、2022年よりも小さいMPsが多く存在していました。2022年、2023年ともポリマー組成はポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)が主成分であり、その他アクリル樹脂(AR)ポリエチレンテレフタレート(PET)、生分解性プラスチックであるポリヒドロキシ酪酸(PHB)なども検出されました。

アルプスやエベレストと比較すると富士山ではMPs濃度はやや高いレベルです。形状はこれらの地域では長径が長く、ほとんど繊維状であることから、登山者の衣服等からの繊維に由来するものです。一方、富士山頂の積雪中MPsは長径が短く、ほとんどが破片状であり、地上部の新潟松代よりも小さい長径分布であることから遠距離を運ばれてきたと思われる。

2-3. 富士山頂におけるPM_{2.5}、雲水、積雪中のMPsの比較

富士山頂では2019年からエアロゾル(PM_{2.5})に含まれるMPsの観測を行っています。東南アジア方面から空気塊が流入するとMPsの濃度と種類が増加します。材質はPP、PETが主成分であり、破片状のものが

大部分を示しました。2023年5月に採取した富士山頂の積雪からもPP、PE、PETのほかポリヒドロキシ酪酸(PHB)などの生分解性MPsが検出されており、地表で分解されず富士山が位置する4,000mの上空まで輸送されたと考えられます。

富士山で採取したPM_{2.5}、積雪、雲水中のMPsを比較すると図2のようになります。PM_{2.5}と積雪に含まれるMPsの主成分はPP、PE、エチレン・プロピレン共重合体(PE/PP)など、疎水性が高いプラスチックが50%以上を占めていました。一方、雲水では疎水性が高いプラスチックは少なく、PET、ポリカーボネート(PC)、ナイロン6、ナイロン66などのポリアミド(PA)、ポリウレタン(PU)など比較的親水性のプラスチックが多いことがわかりました。積雪と雲水から検出されたPPは新宿区で採取されたPM_{2.5}に含まれるPPより著しく劣化して、親水性を帯びていることもわかりました。

3. 結び

これらの結果から、大気中のMPsについては自由対流圏でも存在し、将来地球環境ばかりでなく人体にも影響を与える可能性があることが示唆されます。特に、

親水性のプラスチックが氷晶核として働く可能性があることは、雲形成を通して気候影響もありえると考えられます。大気中MPsによる健康被害などが顕在化する前に削減対策等を検討する必要があります。

調査研究結果の一部はEnvironmental Chemistry Letters (Y. Wang, H. Okochi et al., 2023)に掲載されました。2023年末にはニューヨーク・タイムズ紙等、世界の報道機関に取り上げられ、MPs問題の深刻さと富士山頂を用いた研究への期待が窺われます。

なお、本稿の作成にあたっては、認定NPO法人富士山測候所を活用する会副理事長の大河内博早稲田大学教授のご協力をいただきました。

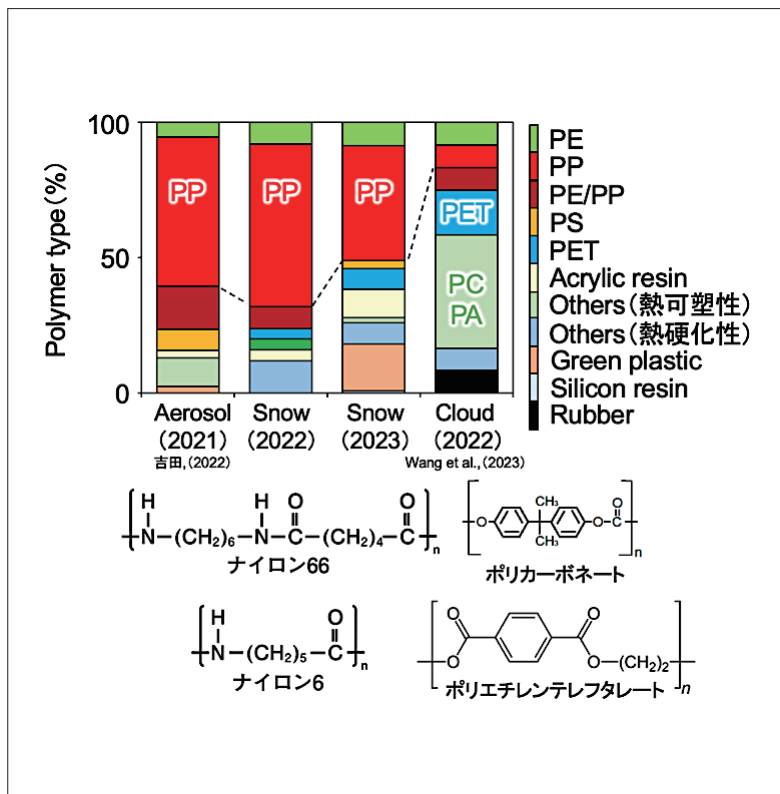


図2 富士山頂のエアロゾル、積雪、雲水に含まれるMPs