

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：82109

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19959

研究課題名（和文）エアロゾル粒子の表面形態が及ぼす氷晶形成への影響解明

研究課題名（英文）The effect of surface morphology of aerosol particles on ice nucleation

研究代表者

岩田 歩（Iwata, Ayumi）

気象庁気象研究所・気象予報研究部・研究官

研究者番号：30827340

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：実大気粒子の表面積に着目し、その粒子の氷晶形成の変動への影響を明らかにするために、実大気粒子表面積濃度測定における不確実性の評価、定点観測における氷晶核粒子濃度の変動因子の調査、集中観測による鉱物粒子表面積による氷晶形成への調査を実施した。その結果、実大気中の氷晶形成の変動を粒子物理特性のみでの説明は困難であり、大陸からの輸送が卓越する期間においては鉱物成分濃度に影響されるものの、鉱物粒子の表面積と組み合わせることで、およそ-20℃以下においてのみ説明可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大気中の粒子を介した氷晶形成は、雲特性を変調させるために、気候変動予測やより高い分解能の気象予報において重要なプロセスであるものの、氷晶核粒子の挙動やその変動因子は十分に理解されておらず、これらの問題解決の障壁の一つとなっている。本研究の結果は、これらの氷晶形成に対して実大気中の表面積濃度における懸念点、粒子種とその物理特性の両方の重要性、さらにはその季節および地域的な違いを明らかにしたものであり、実大気中の氷晶核粒子の理解向上ならびに将来的な気候・気象予測精度向上に資する成果といえる。

研究成果の概要（英文）：To clarify the effect of particle surface area on the variations of the ice nucleation in the atmosphere, we conducted out the evaluation of the uncertainty in the measurement of the particle surface area concentration of atmospheric particles, the investigation of the key factors that affect the concentration of ice nucleating particles at some observations, and the investigation the effect of mineral particle surface area on the ice nucleation by aircraft observations. These results suggested that it is difficult to explain the variation of ice nucleation in the atmosphere by only particle physical properties. These results suggested that it is difficult to explain the variations of ice nucleation in the atmosphere by only particle physical properties. Meanwhile, this study suggested that they can only be explained at temperatures below approximately -20°C by the surface area of mineral particles.

研究分野：大気科学

キーワード：氷晶形成 表面積 野外観測 エアロゾル・雲相互作用 粒子化学成分

1. 研究開始当初の背景

PM_{2.5} に代表される大気エアロゾル粒子は、雲を形成する際に不可欠な核(雲凝結核・氷晶核)として働き、気候変動や気象条件の変化において重要な役割を持つ(Puruppacher & Klett, 1998). 特に降水や雲の大気寿命に変調を及ぼす粒子の氷晶形成を介する影響の不確実性は、気候変動予測における最大の不確定要因の一つとして広く認識されている(IPCC 第5次評価報告書, 2013). そのため気候変動による諸問題が顕在化しつつある昨今において、それらの影響における理解を向上させることがそれらの問題対策において急務である。本研究では大気粒子の氷晶核特性の理解向上に寄与し、強いてはその要因を明らかにするために、エアロゾル粒子の表面形態に着目する。

粒子の氷晶形成は、粒子表面と接する水分子との関係によって起こる現象であるため、粒子の表面積や形状は極めて重要なパラメータである(Murray et al., 2012). とりわけ粒子の氷晶形成能力を定量的に評価し定式化するには、Ice Nucleation Active Site Density (INAS) と呼ばれる粒子単位表面積あたりの氷晶形成数が広く用いられる。この INAS 値は粒子表面積測定精度により 3 桁もの違いを及ぼすために(Hiranuma et al., 2015.), 室内実験における標準粒子の INAS の導出には、BET 法などの厳密な測定法に基づいて評価される。しかしながら実大気観測において一般的に観測される粒子表面積濃度は技術的な問題から粒子形状を球形と仮定して算出するために、ある程度の不確実性が存在する可能性がある。

一方で不均一核形成である氷晶形成においては、形成場を提供する粒子の疎水性や氷成長場の氷結晶格子との整合性、水分子の運動に影響を与える分子エネルギーなどの粒子の化学特性に依存する部分も大きく、室内研究においてもいくつかの粒子種が高い氷核活性を示すことが明らかになっている(Murray et al., 2012).

しかしながら単一の粒子においても様々な成分が混合する実大気中のエアロゾル粒子に対して、単一粒子の表面積がその氷晶形成に影響をどの程度及ぼすかについては未だ議論の余地が残る。

また粒子健康影響に関連し PM_{2.5} の規制は質量基準濃度で規定されているため、その支配的要因や変動要因は多く研究されてきた。しかし、粒子表面積濃度の発生源の違いや地域的季節的特徴についての理解は、粒子氷晶形成に対し重要である可能性があるものの、十分な理解が進んでいない。

2. 研究の目的

多地点における長期間の拡散荷電法に基づく粒子表面積の観測および粒子捕集を行い、粒子表面積濃度観測における不確実性とその変動要因を明らかにするとともに、氷晶核粒子(INP)濃度、粒子化学成分濃度、粒子物理特性、気象要因などの様々な因子との関連性を明らかにする。さらに集中観測による粒子物理計測と並行した INP 濃度測定および粒子個別分析を行うことで、多角的視点も基づき粒子氷晶形成に及ぼす支配的要因を明らかにする。これにより、実大気粒子の氷晶形成に及ぼす表面積濃度を含む物理特性が与える影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 粒子表面積濃度の長期定点連続観測

粒子表面積濃度の変動要因解析は、本研究課題に先立ち開始・観測された金沢大学能登大気観測スーパーサイト(北緯 36.45 度, 東経 137.36 度), 福岡大学福岡から診る大気環境研究所(北緯 33.55 度, 東経 130.36 度), 国立環境研究所福江島大気環境観測所(北緯 32.75 度, 東経 128.68 度)の連続観測データを用いた。これらの観測データは、粒子肺沈着表面積濃度を測定する拡散荷電法に基づくナノ粒子表面積モニター(NSAM, Model 3550, TSI Inc.), 粒子径分布濃度を測定する走査型移動度粒子径測定装置(SMPS, TSI Inc.), 粒子化学種データを測定するエアロゾル化学種モニター(ACSM, Aerodyne Research Inc, Q-AMS, Aerodyne Research Inc.), ブラックカーボン(BC)粒子濃度を示す多角度吸光光度計(MAAP, 512, Thermo Fisher Scientific Inc.), エサロメーター(AE-16 U, Magee Scientific Corp.), microAeth モニター(AE51, Benchmark Monitoring)によって観測された。

(2) 長期間定点における粒子捕集と氷晶核濃度測定

上述の金沢大学能登大気観測スーパーサイト(能登)に加えて、慶應義塾大学矢上キャンパス(横浜, 北緯 35.56 度, 東経 139.66 度)の 2 地点において、石英繊維およびポリカーボネート製フィルター上に約 16.7 L/min の吸引速度でおよそ 1 週間ごとの粒子を捕集した。その後、これらのフィルター試料を用いて液滴凍結法に基づく INP および熱耐性 INP 濃度、エネルギー分散型蛍光 X 線分光計(EDXL300/NEX CG, リガク)による金属成分濃度、イオンクロマトグラフィーを用いた水溶性無機イオン成分濃度、元素状炭素(EC)/有機状炭素(OC)分析装置(Sunset Laboratory Inc.)を用いた炭素成分濃度を測定した。

(3) 個別粒子分析による粒子種分析と INP 濃度の関係性

INP 濃度測定用の粒子捕集試料と透過電子顕微鏡分析用粒子試料を 2022 年 7 月および 9 月に実施された米国東海岸沖(HIWC2022 キャンペーン)およびカーボベルデ共和国(CPEX-CV キャンペーン)上空の航空機観測において採取し、フィルター上の液滴凍結法による INP 濃度および透過電子顕微鏡(JEM-1400, JEOL)およびエネルギー分散型 X 線分光器(Oxford inst., Tokyo)による粒子元素組成分析に基づき粒子径計測と粒子種同定を実施した。

4. 研究成果

(1) 粒子表面積濃度の長期定点連続観測

粒子表面積濃度の長期定点観測では、とりわけ一般的に用いられる球形を仮定した肺沈着表面積濃度(LDSA)に対し、イオンの粒子への付着量によって測定される拡散荷電法に基づく NSAM によって取得される表面積濃度の違いについて明らかにした。Fig. 1 では福岡にて観測された球形仮定された粒子質量に対する肺沈着表面積濃度(Specific LDSA, 黒線)と NASM によって測定された Specific LDSA の比較結果を示した。黒点で示される室内研究で明らかにされた比表面積が高い黒色炭素粒子の Specific LDSA では黒線と乖離しており、球形仮定による粒子表面積濃度の過小評価が示唆される。しかしながら観測値のほとんどはその BC 粒子割合に関わらず、黒線に近似された。したがって、球形仮定による不確実性は室内で測定される標準粒子に比べて、エイジングなどの変質を受ける実大気ではその不確実性は小さい可能性を示唆した。

この実大気粒子表面積における球形仮定との一致性は、能登、福江の観測においてもその結論は変わらず、粒子濃度や空気塊の流入経路、有機物や硫酸塩割合などによる影響も見られなかった。(Kurihara, Iwata, et al., 2021)

(2) 長期間定点における粒子捕集と氷晶核濃度測定

能登、横浜における測定された INP 濃度の全期間の平均は、およそ -12.5°C で $1.8 \text{ E-}3 \pm 3.0 \text{ E-}3$ 個/L(横浜: $2.5 \text{ E-}3 \pm 3.4 \text{ E-}3$ 個/L, 能登: $3.6 \text{ E-}4 \pm 1.8 \text{ E-}4$ 個/L), -17.5°C で $9.8 \text{ E-}3 \pm 0.1 \text{ E-}3$ 個/L(横浜: $1.2 \text{ E-}2 \pm 1.3 \text{ E-}2$ 個/L, 能登: $6.3 \text{ E-}3 \pm 7.4 \text{ E-}3$ 個/L)であった。INP 濃度は、粒子濃度の都市部と能登の違いに関連して -17.5°C 以下では、都市部の INP 濃度は遠隔地より高い傾向を示した。また季節を考慮すると、INP 濃度は、両地点で輸送卓越シーズンに増加した。これは一つにシーズンごとの粒子量の増加にともなうと考えられる。非生物起源粒子と考えられる耐熱性の INP(HR-INP)濃度は、INP 濃度と同様に、都市域の方が高く、また各捕集地において輸送卓越シーズンでより高い濃度を示した。また、両季節において能登の方が HR-INP の割合は高くなる傾向を示した。

様々な因子と INP 濃度の関係性を分析した結果(Fig. 2)、分析した期間全体の鉱物ダストを特徴づける指標(Al, Si)とのそれぞれの捕集地における INP 濃度は比較的強い相関を示し、特に都市部では最も高い相関係数を示した(横浜 -17.5°C : $R=0.66$, 能登 -17.5°C : $R=0.66$)。とりわけ活性温度ごとの相関では両地点とも -15°C から -17.5°C の温度範囲で活性した INP 濃度との相関係数が最も高い結果となった(横浜 d -17.5°C : $R=0.64$, 能登 d -17.5°C : $R=0.65$)。しかしながら遠隔地では -12.5°C までの INP 濃度との相関は見られず、より高温ほど鉱物ダスト成分との相関は弱まった。特定の粒径を超えるエアロゾル粒子の数濃度の変化と INP 濃度との関連性は、遠隔地と都市間によって異なった。遠隔地では、 $0.3\mu\text{m}$ および $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子との相関性は活性する温度が低下するほど上昇し、 -17.5°C では $R=0.62$ であった。またこの傾向は HR-INP においてもその傾向を維持した。一方で都市域においてはどの温度で活性する INP 濃度との相関性も見られず、 -12.5°C 以上で活性した HR-INP 濃度とのみ相関性が認められた。この関係は都市域と遠隔地のこれらの粒子数濃度とダスト指標成分との相関関係と一致した。また粒子表面積濃度との相関性もこれらの粒子数濃度との関係性と同様であり、輸送が卓越する期間や能登においては比較的高い相関が得られたものの、これらは鉱物ダスト指標との関連性によるものであると結論づけられた。つまりこれらの結果は少なくともその場の INP を代表する特定の粒子成分(つまり鉱物ダスト成分)が粒子全体の物理量よりも、INP を適切に表現することを提案している。また生物起源粒子との関連性が指摘される湿度、降水量との INP および HR-INP との関係性は、どちらの地点や各温度域においても必ずしも一概に明らかではなかった。加えて他の粒子成分濃度と INP 濃度との関係性について、都市と遠隔地、また季節により異なる傾向であった。都市域の INP 濃度は前述した Al, Si, Fe や Ca などの地殻に含まれる成分が、高い相関係数を示した一方で、能登では鉱物

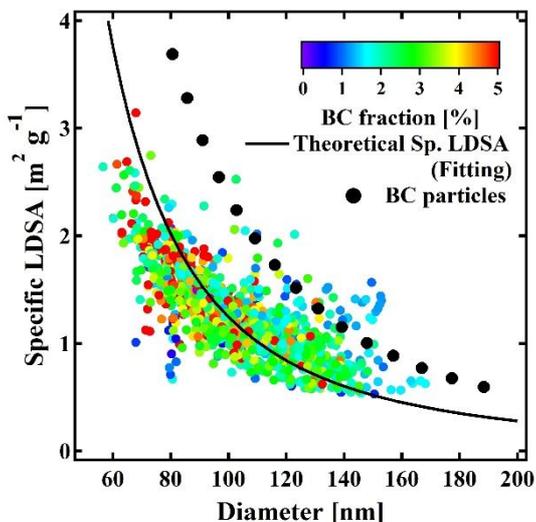


Figure 1. 福岡にて観測された球形仮定した Specific LDSA の理論値、観測値および室内実験にて測定された BC 粒子との比較。観測値における点の色は BC 粒子割合を示した。

ダストの指標要素のよりも、OC 特に OC2 と高い相関を示しました。これらは特に非輸送シーズンで顕著であり、季節ごとに関係性を比較すると OC 成分に加えて燃焼起源を示す K などとも比較的高い相関を示しました。同様に非輸送シーズンにおいては都市部においても OC 成分や Pb などの都市域におけるごみ焼却などの人為燃焼起源との関連性を示唆した。

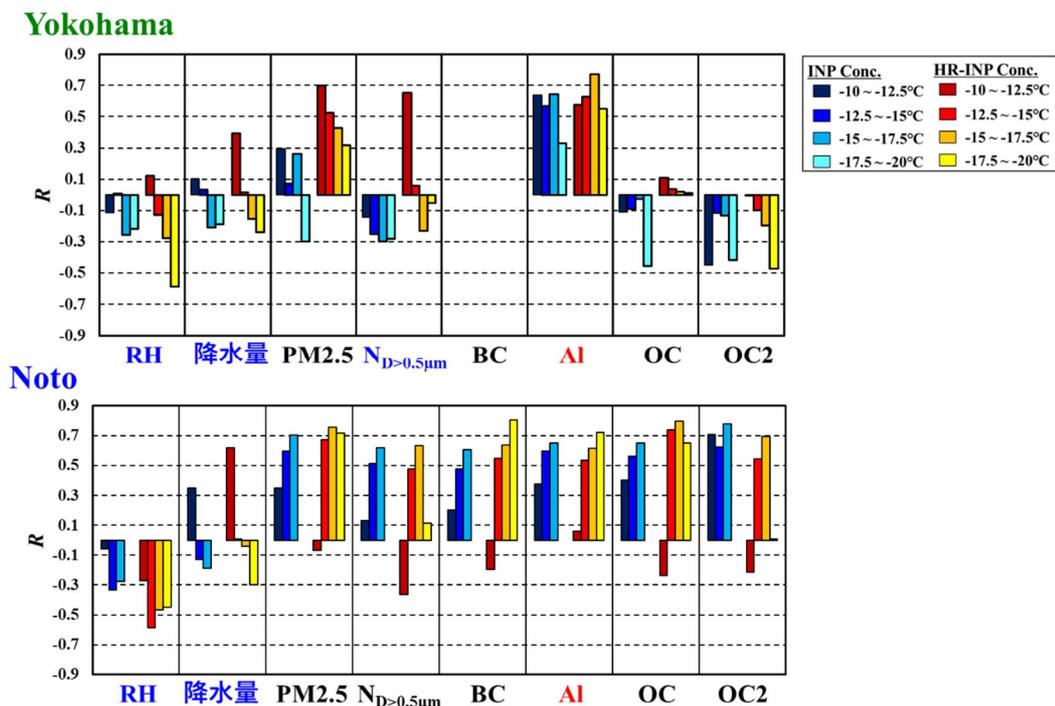


Figure 2. 横浜、能登において測定した温度範囲ごとの INP および HR-INP 濃度変動に対する各種気象および粒子物理化学要素の相関係数。

(3)個別粒子分析による粒子種分析と INP 濃度の関係性

HIWC2022 および CPEX-CV での各サンプルの INP 濃度は、 -15°C でおよそ 0.15 - 3.1 個/L、 -20°C で 0.2 - 19.5 個/L であり、INP 濃度の違いはおよそ 1 - 2 桁の違いを示した。米国東海岸沖とカーボベルデ上空での結果の違いを比較すると、およそ 1 - 2 桁の INP 濃度の違いがみられたが、各キャンペーン内の違いの範囲内に収まっており、その試料捕集地点は 3 次元的に大きく異なるものの顕著な違いは見られなかった。ただし、HIWC2022 ではおよそ -17.5°C 付近で、CPEX-CV の試料よりも比較的高い INP 濃度を示す試料が多く見られた。INAS 値も INP 濃度と同様に全試料間においておよそ 1 - 2 桁の違いが見られ、採取地点や各キャンペーンにおける空気塊の流入経路は大きく異なるものの HIWC2022 と CPEX-CV との明確な違いは見られなかった。

次に個別粒子分析の結果については全体的な傾向として、HIWC2022 では多くの期間において、より微小側の粒子では硫酸塩粒子が大きな割合を示し、粒径が大きくなるにつれて、海塩粒子や鉱物粒子が卓越する傾向にあった。また、特定の試料では生物起源粒子が有意に検出された。一方で CPEX-CV では、多くの期間の微小側粒子では硫酸塩粒子が多くなるものの、鉱物粒子が顕著に大きな割合を示した。したがって、CPEX-CV では鉱物粒子が卓越するため、INAS 密度は高くなると予想できたが、比較的硫酸塩粒子や海塩粒子が大きな割合を示す HIWC2022 の INAS 密度と比較しても、1 - 2 桁範囲内の有意な差は見られなかった。また同 CPEX-CV 内において比較的鉱物粒子の割合が小さい期間では、特に -20°C 以上において比較的低い INAS 密度を示した。しかしながら、同様な INAS 密度の傾向を示す試料では鉱物粒子の割合は高いために、INAS 密度の違いを個別粒子分析の結果によって一概に説明することはできない結果であった。

ここで大気中の代表的な INP と認識される鉱物粒子に着目し、これらの鉱物粒子が測定された INP に影響を及ぼしうるのかを明らかにするために、測定された $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の粒径分布および鉱物粒子の割合から、測定された INP が $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の鉱物粒子のみであると仮定した INAS 密度 (n_s _Mineral Dust $>0.3\ \mu\text{m}$)を、先行研究によって示された天然鉱物粒子や標準鉱物粒子の INAS 密度(Boose et al., 2016, Niemand et al., 2012, Atkinson et al., 2013, Harrison et al., 2019, Murray et al., 2011)と比較した(Fig. 3)。CPEX-CV の試料多くはとりわけ -20°C 以下において先行研究によって示されたサハラダストや砂漠ダスト、天然鉱物粒子、K-Feldspar の 20%を想定した INAS、石英粒子の INAS に近似され、温度低下とともにその傾向は強くなった。また、いくつかの HIWC2022 の試料においても比較的その傾向は見られる。一方、 -17.5°C 以上ではサハラダストや砂漠ダストの INAS が K-Feldspar などの標準鉱物粒子の INAS 値よりも高い値を示すように、測定された試料の n_s _Mineral Dust $>0.3\ \mu\text{m}$ も標準鉱物粒子の INAS から乖離する傾向にあった。こ

の結果は、上述した粒子全体に対する INAS 値の変動に対して個別粒子分析の結果は明確な反映が見られないものの、とりわけ-20°C以下の INAS は 0.3 μm 以上の鉱物粒子の粒径分布を介した表面積濃度によって大まかに説明できることを示唆している。一方で近似されない-15°C以上の温度域や試料においては、他成分との内部混合による鉱物粒子の過小評価、内部混合による鉱物粒子を同定された粒子の表面積の不確実性、比較的高温域における鉱物粒子よりも高い INAS 密度を持つ生物起源粒子の影響、鉱物粒子への生物起源成分の混合などが考えられる。

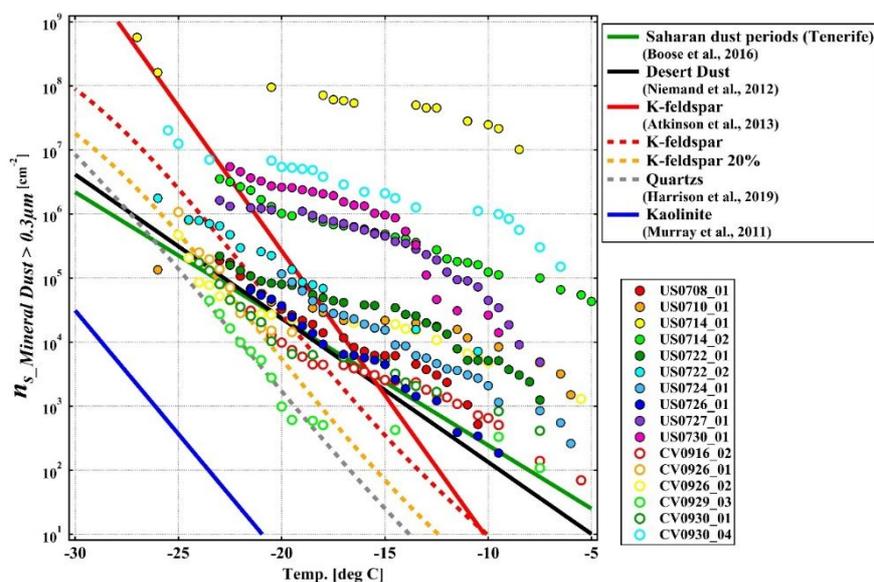


Figure 3. HIWC(塗りつぶし点)および CPEX-CV(白抜き丸点)における鉱物粒子割合、粒子表面積、INP 濃度によって算出される鉱物仮定 INAS と鉱物標準粒子の INAS の比較。

参考文献

- Atkinson, J. D., Murray, B. J., Woodhouse, M. T., Whale, T. F., Baustian, K. J., Carslaw, K. S., Dobbie, S., O'Sullivan, D., and Malkin, T. L.: The importance of feldspar for ice nucleation by mineral dust in mixed-phase clouds, *Nature*, 2013.
- Boose, Y., Sierau, B., García, M. I., Rodríguez, S., Alastuey, A., Linke, C., Schnaiter, M., Kupiszewski, P., Kanji, Z. A., and Lohmann, U.: Ice nucleating particles in the Saharan Air Layer, *Atmos Chem Phys*, 16, 9067–9087, 2016.
- Harrison, A. D., Lever, K., Sanchez-Marroquin, A., Holden, M. A., Whale, T. F., Tarn, M. D., McQuaid, J. B., and Murray, B. J.: The ice-nucleating ability of quartz immersed in water and its atmospheric importance compared to K-feldspar, *Atmos Chem Phys*, 19, 11343–11361, 2019.
- Hiranuma, N., Möhler, O., Yamashita, K., Tajiri, T., Saito, A., Kiselev, A., Hoffmann, N., Hoose, C., Jantsch, E., Koop, T., and Murakami, M.: Ice nucleation by cellulose and its potential contribution to ice formation in clouds, *Nat Geosci*, 8, 273–277, 2015.
- Kurihara, K., Iwata, A., Kiriya, M., Yoshino, A., Takami, A., Matsuki, A., Nishita-Hara, C., Hara, K., Hayashi, M., Kaneyasu, N., Seto, T., Fujitani, Y., Funato, K., Inoue, K., and Okuda, T.: Lung deposited surface area of atmospheric aerosol particles at three observatories in Japan, *Atmos Environ*, 262, 2021.
- Murray, B. J., Broadley, S. L., Wilson, T. W., Atkinson, J. D., and Wills, R. H.: Heterogeneous freezing of water droplets containing kaolinite particles, *Atmos Chem Phys*, 11, 4191–4207, 2011.
- Murray, B. J., O'Sullivan, D., Atkinson, J. D., and Webb, M. E.: Ice nucleation by particles immersed in supercooled cloud droplets, *Chem Soc Rev*, 41, 6519–6554, 2012.
- Niemand, M., Möhler, O., Vogel, B., Vogel, H., Hoose, C., Connolly, P., Klein, H., Bingemer, H., Demott, P., Skrotzki, J., and Leisner, T.: A particle-surface-area-based parameterization of immersion freezing on desert dust particles, *J Atmos Sci*, 69, 3077–3092, 2012.
- Pruppacher, H.R. and Klett, J. D. *Microphysics of Clouds and Precipitation*, 2nd ed., Springer: Amsterdam, The Netherlands, 1998.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kurihara Kazuki, Iwata Ayumi, Murray Horwitz Samuel Gray, Ogane Kako, Sugioka Tomoki, Matsuki Atsushi, Okuda Tomoaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Contribution of Physical and Chemical Properties to Dithiothreitol-Measured Oxidative Potentials of Atmospheric Aerosol Particles at Urban and Rural Sites in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Atmosphere	6. 最初と最後の頁 319
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/atmos13020319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kurihara Kazuki, Iwata Ayumi, Kiriya Miho, Yoshino Ayako, Takami Akinori, Matsuki Atsushi, Nishita-Hara Chiharu, Hara Keiichiro, Hayashi Masahiko, Kaneyasu Naoki, Seto Takafumi, Fujitani Yuji, Funato Koji, Inoue Kozo, Okuda Tomoaki	4. 巻 262
2. 論文標題 Lung deposited surface area of atmospheric aerosol particles at three observatories in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Atmospheric Environment	6. 最初と最後の頁 118597
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.atmosenv.2021.118597	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 松木 篤, 岩田 歩, 張代洲, 小島知子, 山田丸, 當房豊	4. 巻 35
2. 論文標題 黄砂の混合状態が持つ気候学的重要性：個別粒子観察の見地から	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 エアロゾル研究	6. 最初と最後の頁 5-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11203/jar.35.5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 岩田 歩, Samuel Gray MURRAY HORWITZ, 栗原 一嘉, 松木 篤, 奥田 知明
2. 発表標題 国内2地点における粒子特性の違いが及ぼす氷晶形成粒子濃度への影響
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 折笠成宏, 村上正隆, 岩田歩, 松木篤, 戸田雅之, 米国HIWCサイエンスチーム
2. 発表標題 高濃度氷晶雲プロジェクトでの エアロゾル・雲の航空機観測 (その1)
3. 学会等名 日本気象学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩田 歩, Samuel Gray MURRAY HORWITZ, 栗原 一嘉, 松木 篤, 奥田 知明
2. 発表標題 横浜と能登における 粒子特性の違いが及ぼす氷晶核濃度への影響
3. 学会等名 第39回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩田 歩, Samuel Gray MURRAY HORWITZ, 栗原 一嘉, 松木 篤, 奥田 知明
2. 発表標題 国内2地点における粒子化学特性と氷晶形成粒子濃度の変動
3. 学会等名 2022年度 国立極地研究所 研究集会 エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗原一嘉, 岩田歩, Horwitz Samuel, 松木篤, 奥田知明
2. 発表標題 肺沈着表面積に基づいた実環境大気粒子の酸化能評価
3. 学会等名 第62回 大気環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Samuel Gray MURRAY HORWITZ, 岩田歩, 栗原一嘉, 松木篤, 奥田知明
2. 発表標題 都市域と遠隔地における粒子特性の違いがもたらす氷晶形成への影響
3. 学会等名 第38回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuki Kurihara, Ayumi Iwata, Ayako Yoshino, Akinori Takami, Takafumi Seto, Atsushi Matsuki, Masahiko Hayashi, Keiichiro Hara, Chiharu Nishita-Hara, Koji Funato, Kozo Inoue, Tomoaki Okuda
2. 発表標題 Lung deposited surface area concentrations of atmospheric particles at three observatories in Japan
3. 学会等名 European Aerosol Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayumi Iwata, Mayu Imura, Moeka Hama, Teruya Maki, Atsushi Matsuki
2. 発表標題 Characterizations of atmospheric ice nucleating particles during Asian dust and rain events by individual droplets freezing method
3. 学会等名 European Aerosol Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田所耕平, 岩田歩, 伊藤康平, 水上知行, 松木篤
2. 発表標題 長石の鉱物学的特性と氷晶核能との関連性
3. 学会等名 第25回大気化学討論会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------