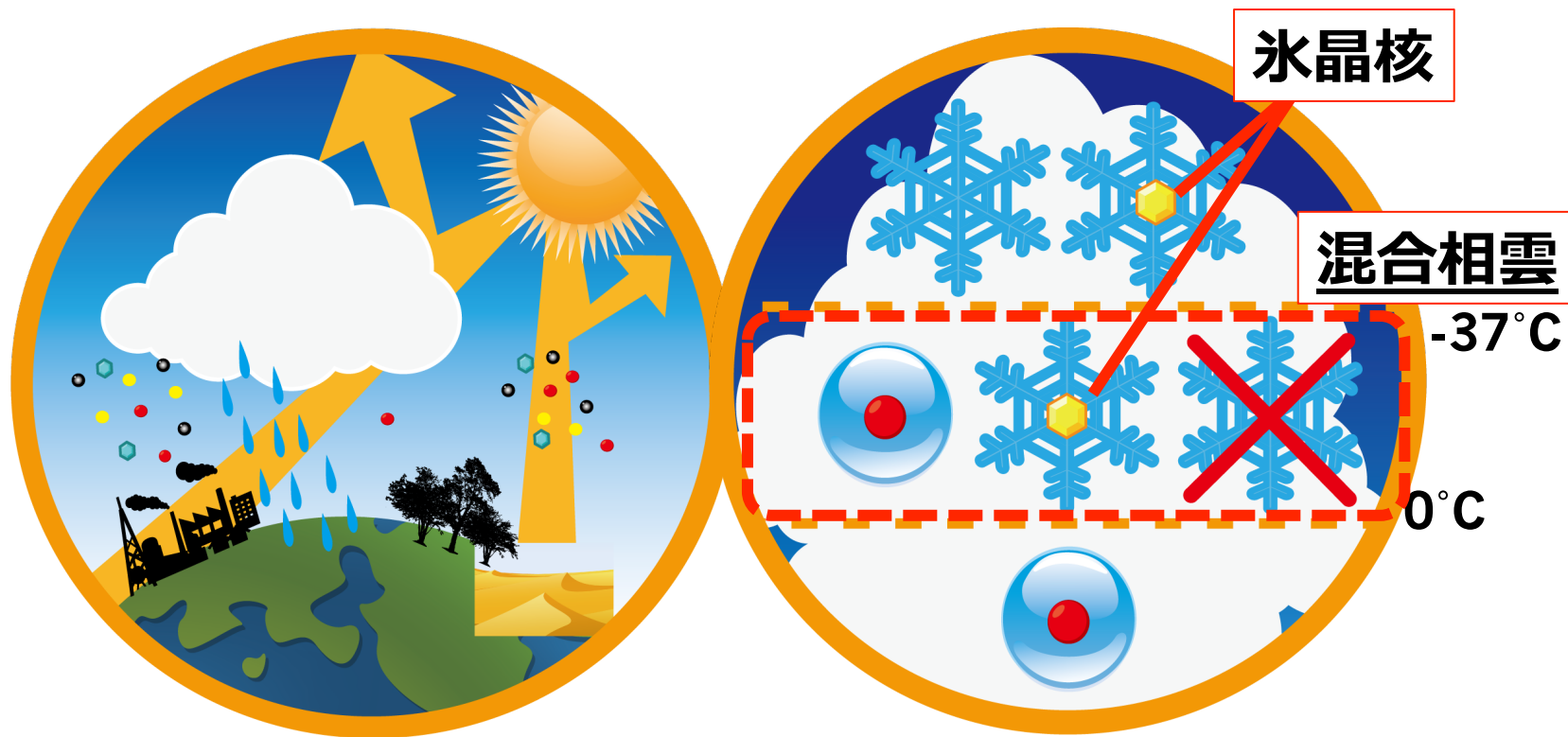


単一液滴凍結法に基づく 大気中氷晶核粒子における 個別粒子特性の解明

金沢大学 岩田 歩
松木 篤

混合相雲と氷晶核



氷晶核は大気中エアロゾル粒子 10^5 個に 1 個 (DeMott et al., 2008)

氷晶核の影響

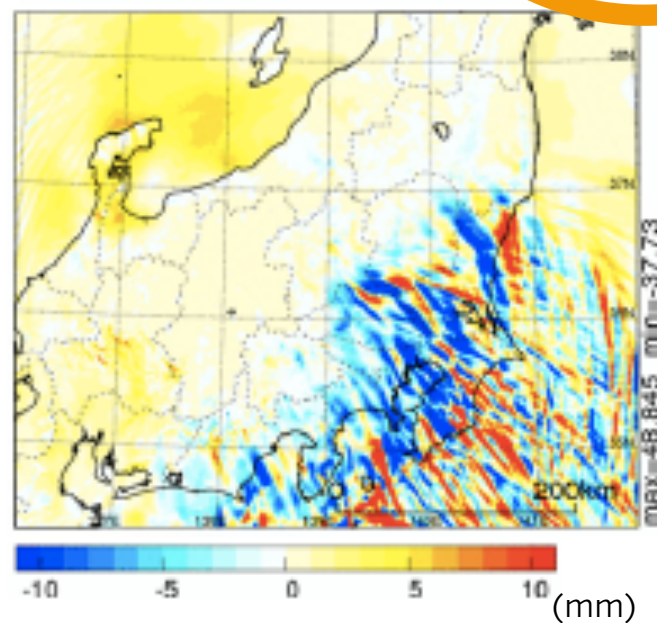
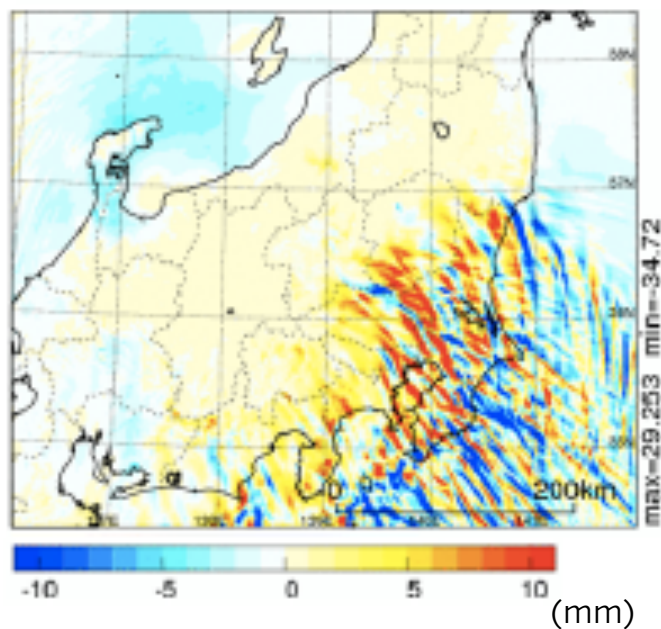


氷晶核の降水過程への影響大

IN0.1-INdef

IN10-INdef

積算降水量差(33h)

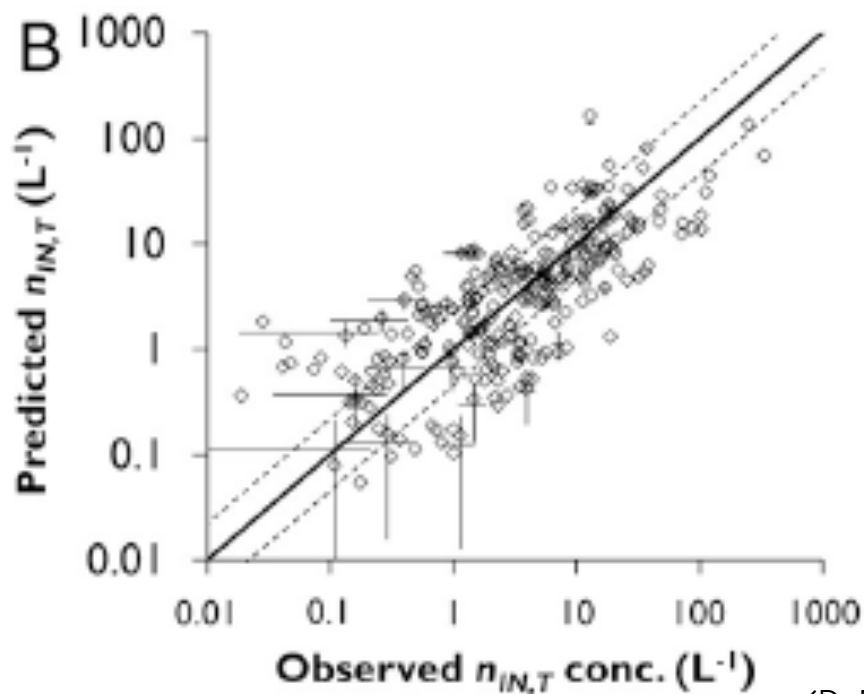


(Araki and Murakami, 2015)

大気中の氷晶形成を予測する必要性大

氷晶形成の予測

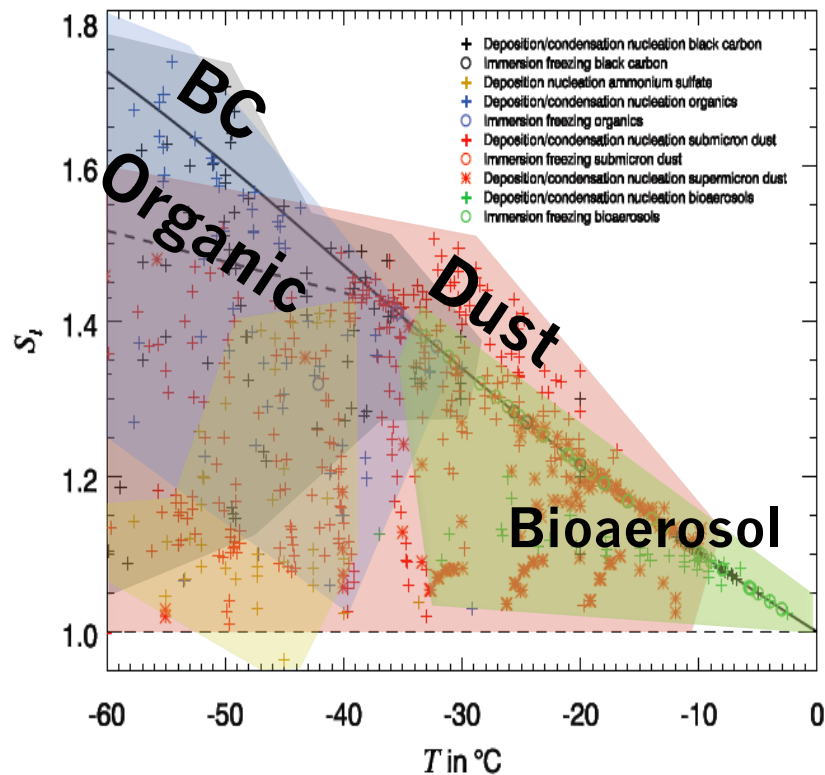
大気中における氷晶形成の予測には不確定性大



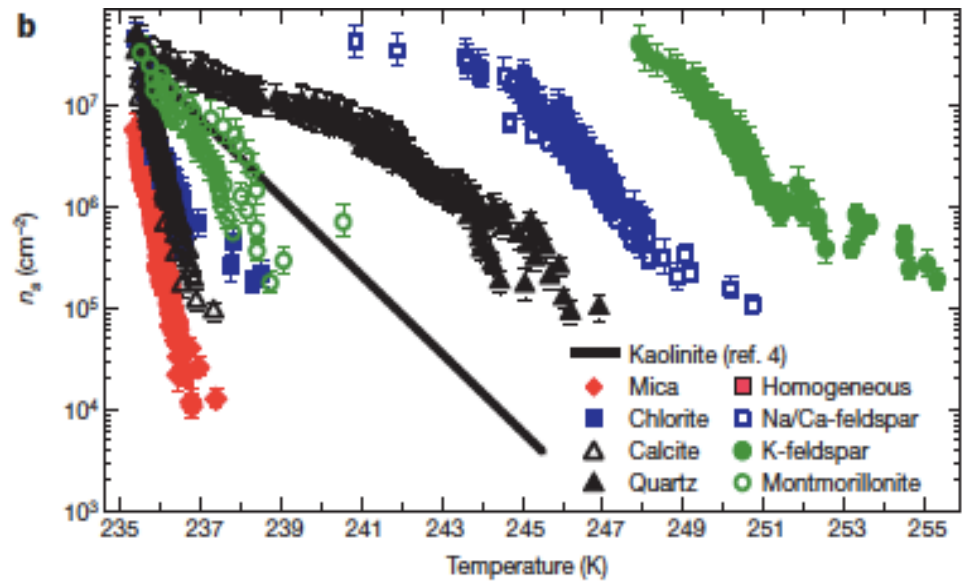
(DeMott et al., 2009)

大気中の氷晶核となりうるエアロゾル粒子の理解

氷晶核となるエアロゾル粒子



(Hoose et al., 2010)



(Atkinson et al., 2010)

目的

実大気中のエアロゾル粒子は極めて複雑

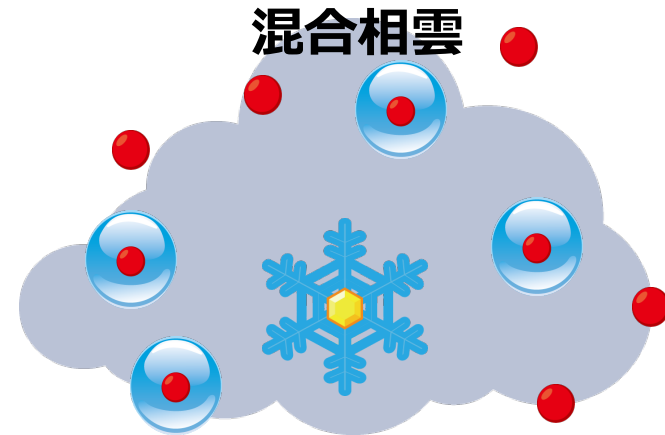
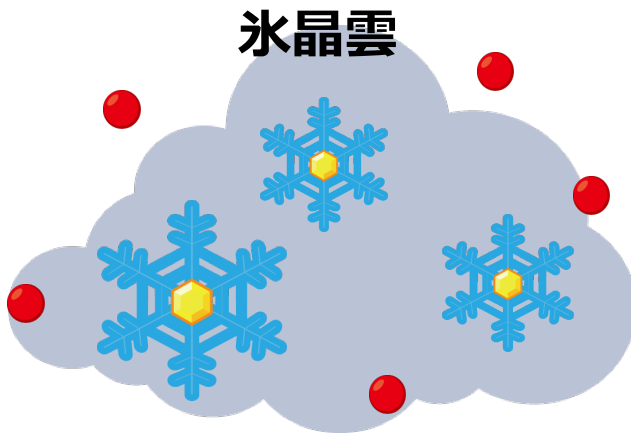


実大気中の氷晶核を理解
(物理的・化学的特徴)

- ・ 室内実験結果の実証
- ・ 実大気レベルでの混合状態

(氷晶形成における要因や特徴の解明→予測向上へ)

実大気中の氷晶核採取

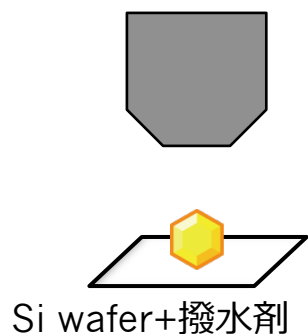


- ・分取精度
- ・ライミング
- ・氷晶形成情報

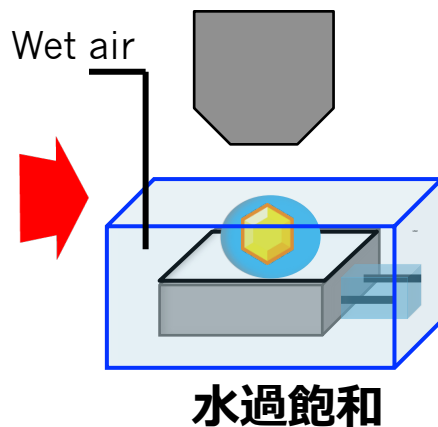
実際の混合相雲における氷晶核の採取は技術的に困難

個別液滴凍結法

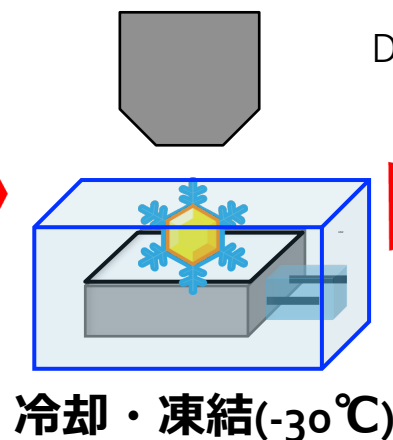
Observation



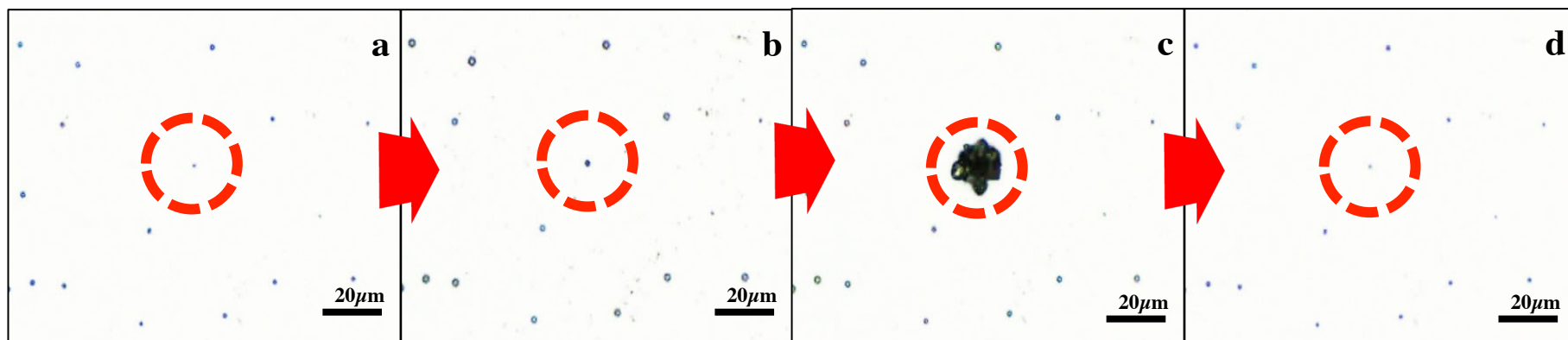
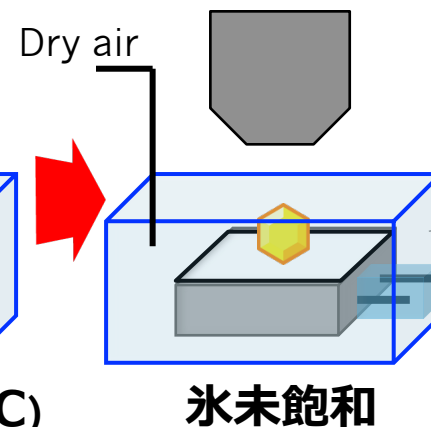
Condensation



Freezing



Drying



実大気エアロゾルにおける氷晶核の直接的な分析が可能

Results Ice nucleation experiments

標準粒子

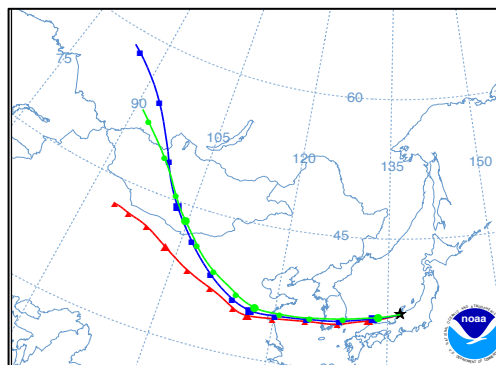
samples	Onset Temp. (°C)
純水	-36.5
カリ長石	-20.3
曹長石	-20.7
石英	-25.7
カオリナイト	-31.6
ATD ($D_p > 1.1\mu\text{m}$)	-22.5
砂漠砂 ($D_p > 1.1\mu\text{m}$)	-26.6

大気エアロゾル($D_p > 1.1\mu\text{m}$)

	2/28	4/10
粒子	10,188	24,145
凍結粒子	37	122
活性率 ($D_p > 1.1\mu\text{m}$)	3.6E-03	5.6E-03

96%の粒子が-26°C以下で氷晶形成

(a) 28 February 2016



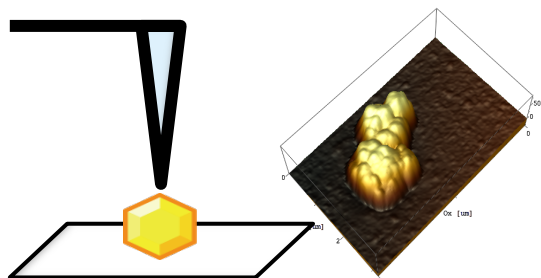
(b) 10 April 2016



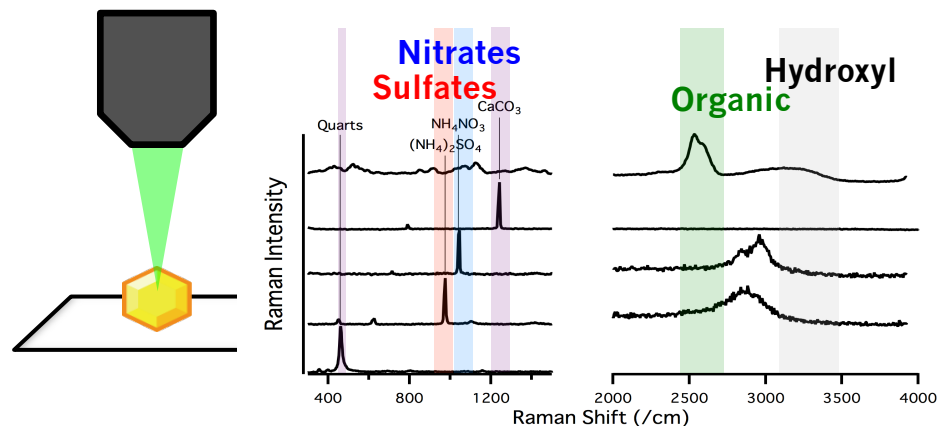
個別粒子分析

大気圧下での個別粒子分析

原子間力顕微鏡(AFM)

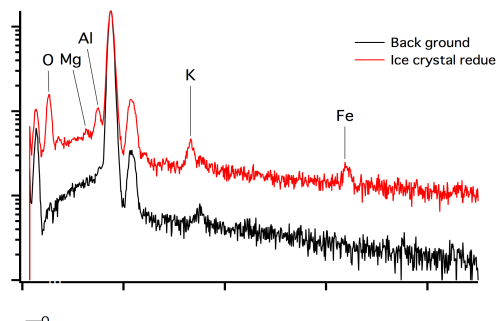
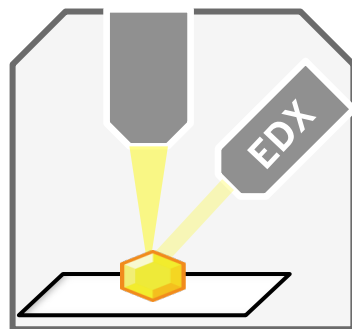


顕微ラマン分光法



粒子の元素組成の分析

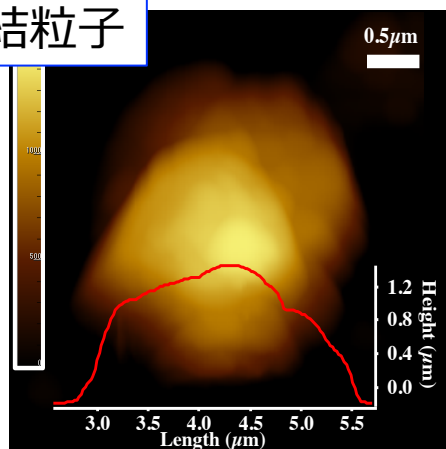
SEM-EDX



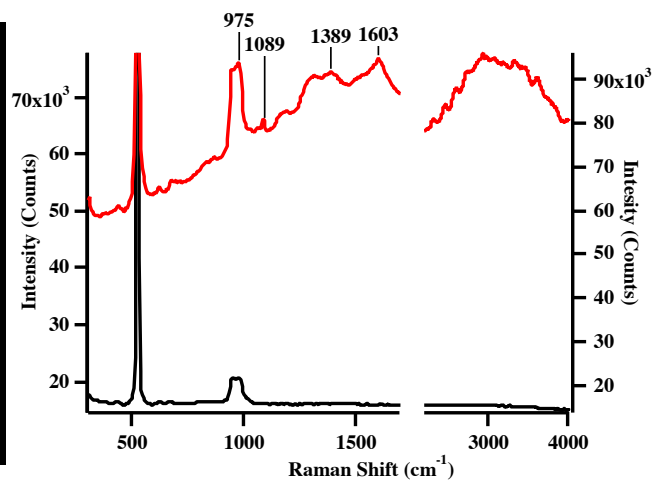
Results

AFM

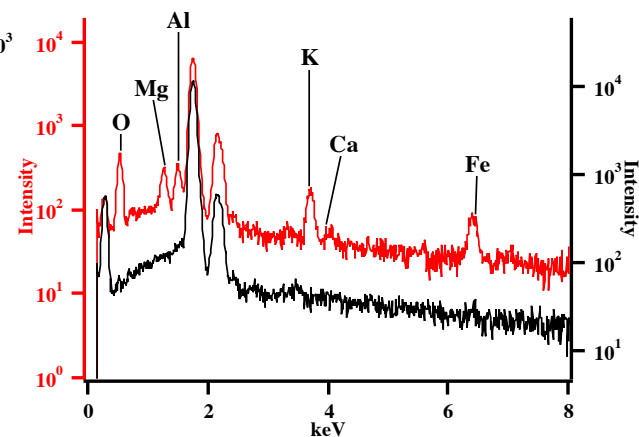
凍結粒子



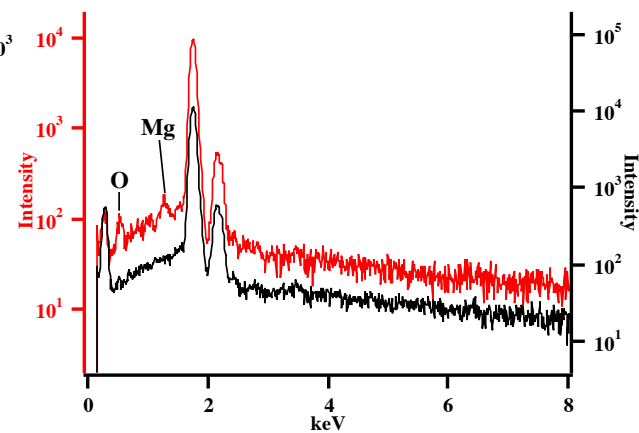
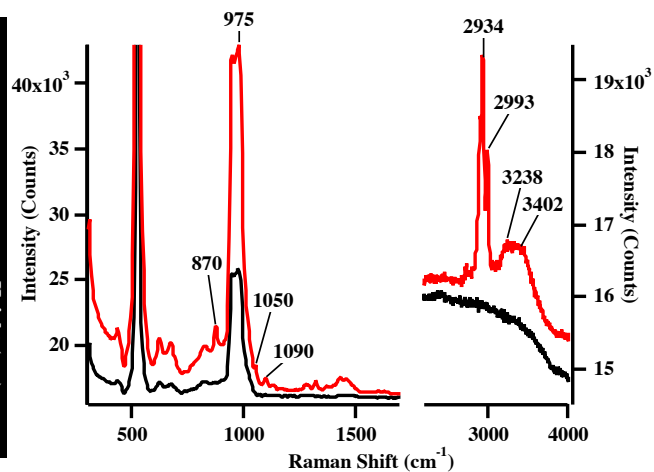
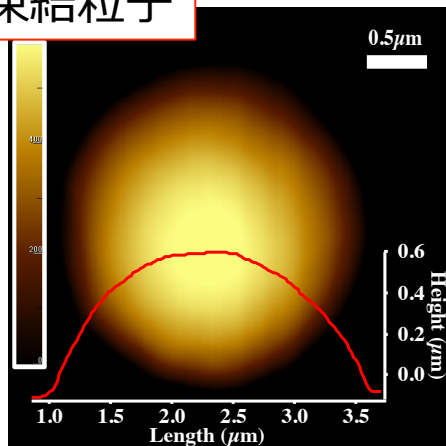
micro-Raman



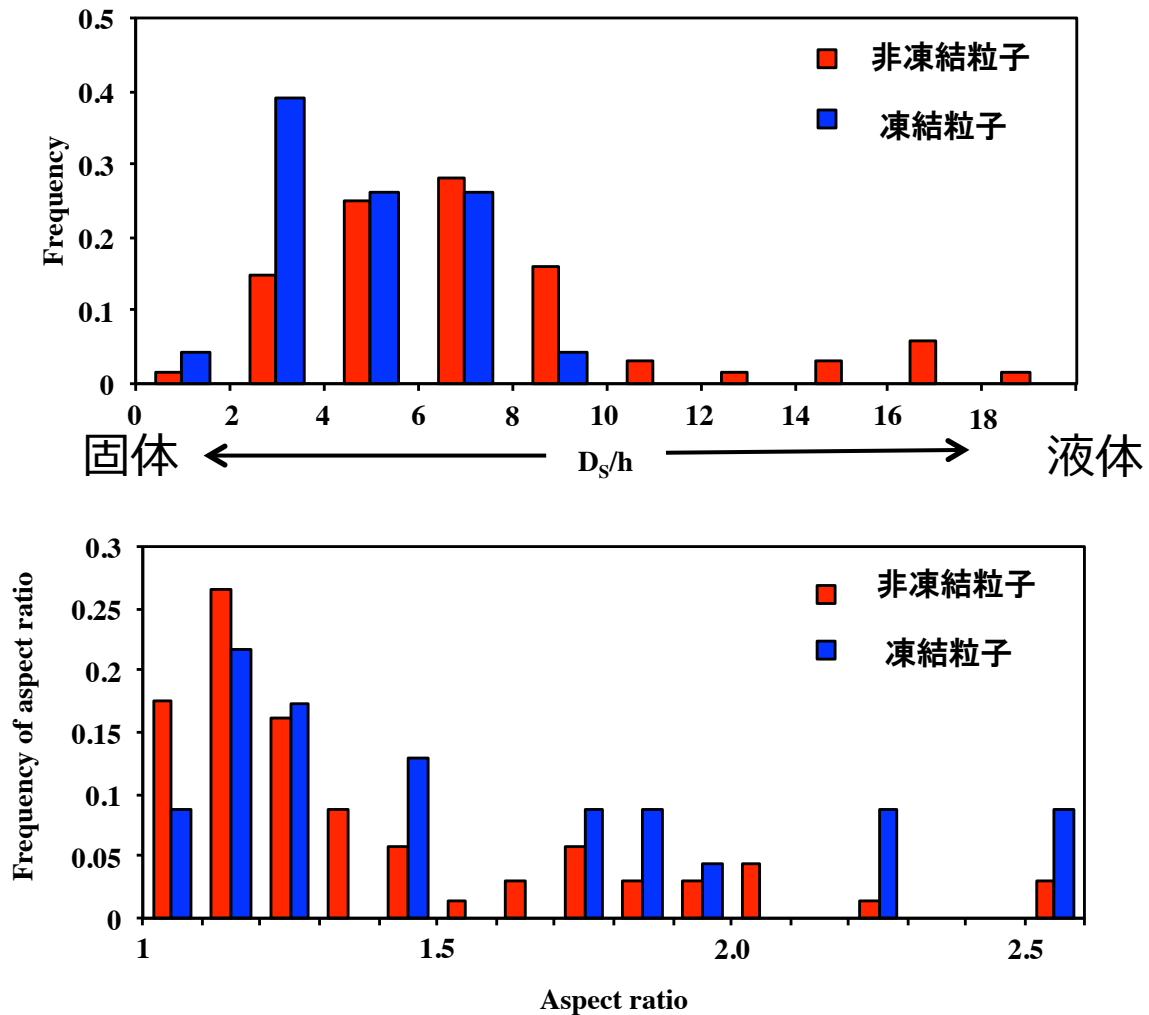
EDX



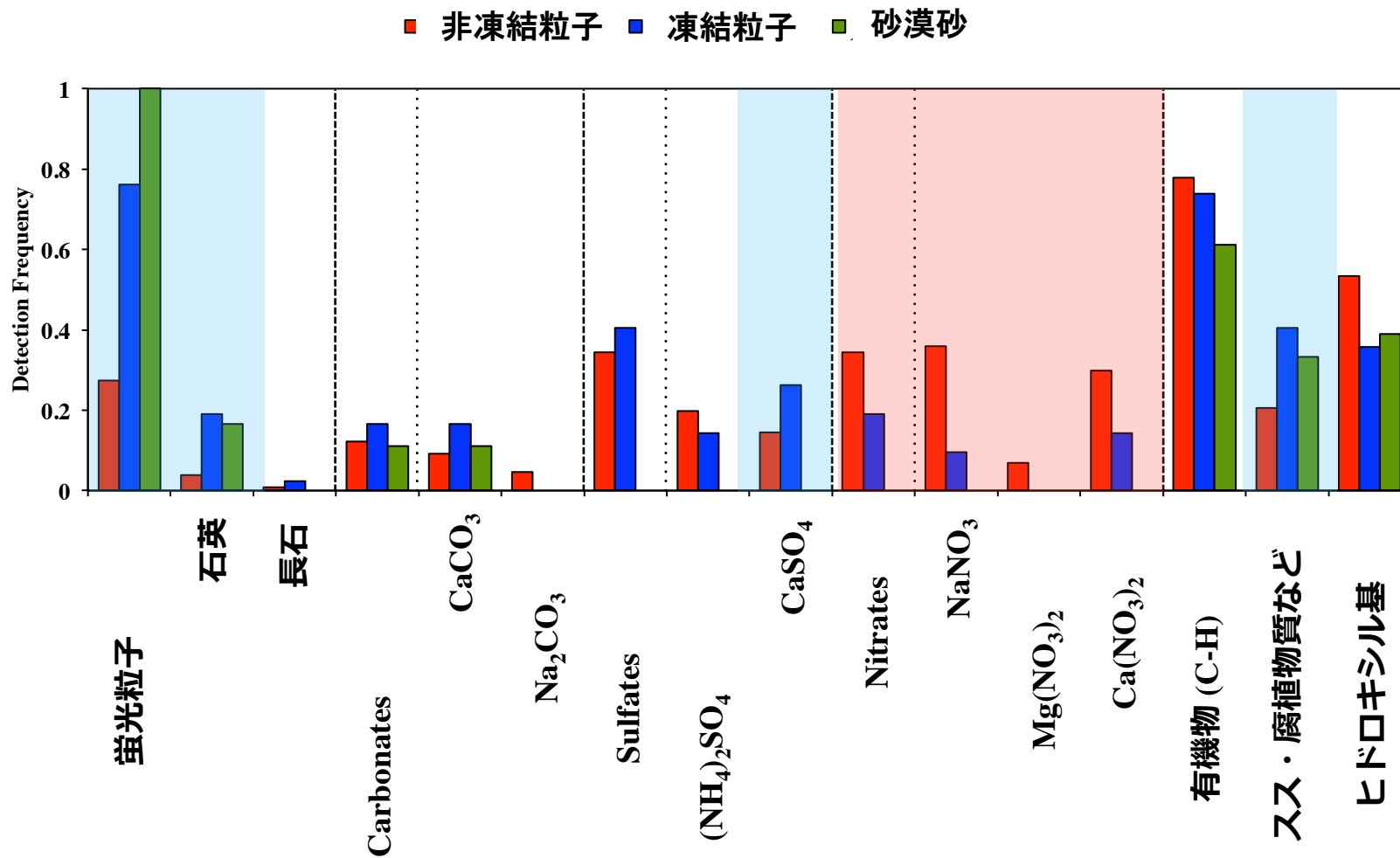
非凍結粒子



Results Observation of atmospheric particles by AFM

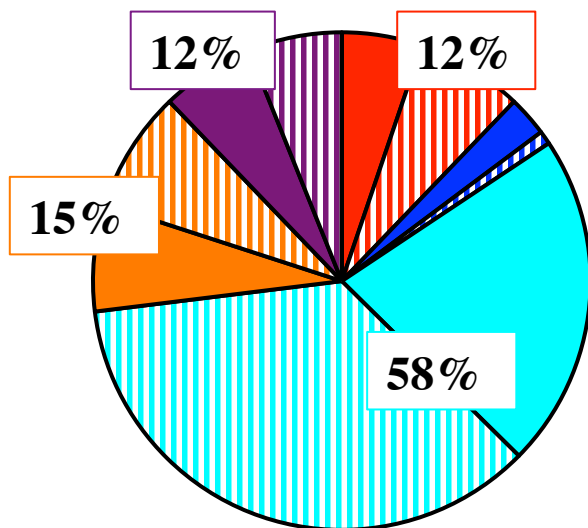


Results Analysis by micro-Raman spectroscopy

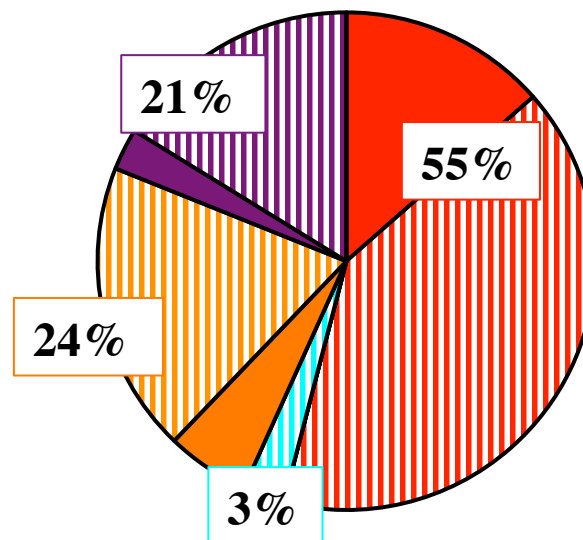


Results Analysis by SEM-EDX

非凍結粒子



凍結粒子



- Mineral dust
- Sea salts (flesh)
- Sea salts (aged)
- Sulfates
- Ca-rich
- Other

- Mineral dust + inclusion
- Sea salts (flesh) + inclusion
- Sea salts (aged) + inclusion
- Sulfates + inclusion
- Ca-rich + inclusion

ここまでのまとめ

- ・ 大気エアロゾル粒子の96%が-26°C以下で氷晶形成

凍結粒子

非凍結粒子

AFM

固体かつイレギュラー

球形

Raman

蛍光粒子(粘土鉱物)

石英

CaSO_4

(スス・腐植物質など)

硝酸塩

有機物の検出による違いはなし

EDX

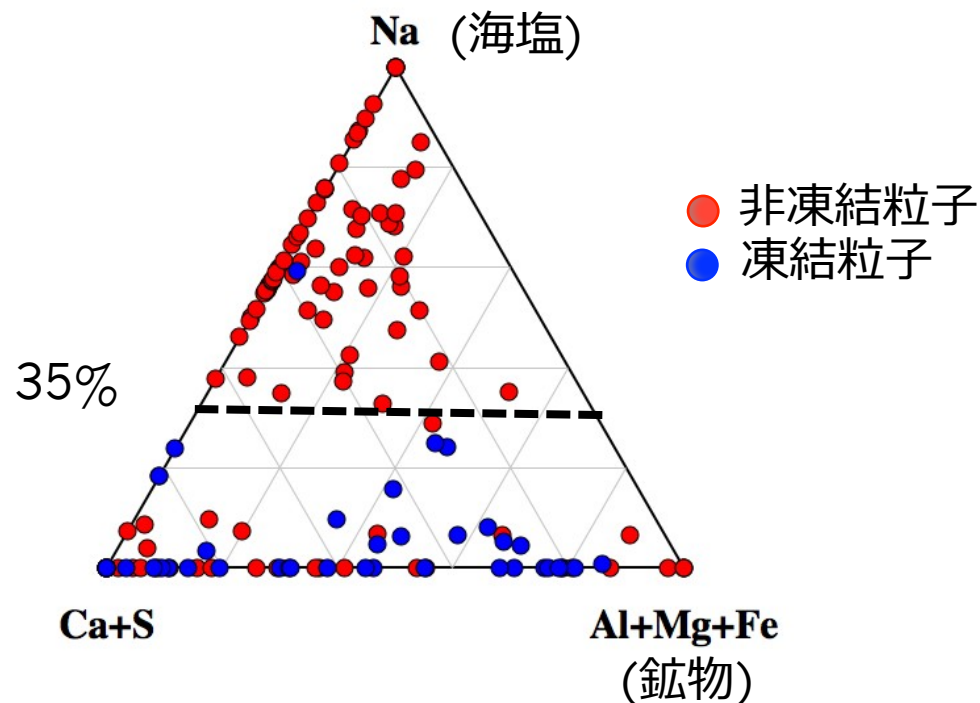
鉱物粒子

硫酸塩+inclusion

Ca-rich+inclusion

海塩粒子

海塩粒子

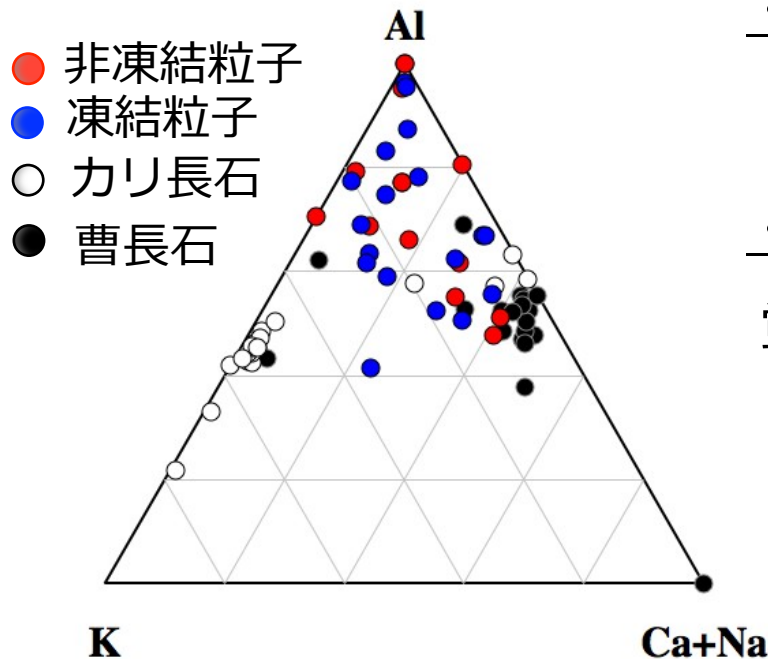


35%以上の海塩との混合が氷晶形成の阻害要因



海洋上の輸送が氷晶形成に負の影響を与える

鉱物粒子



・凍結温度

すべての粒子が-24℃以下で凍結

・顕微ラマン分光法

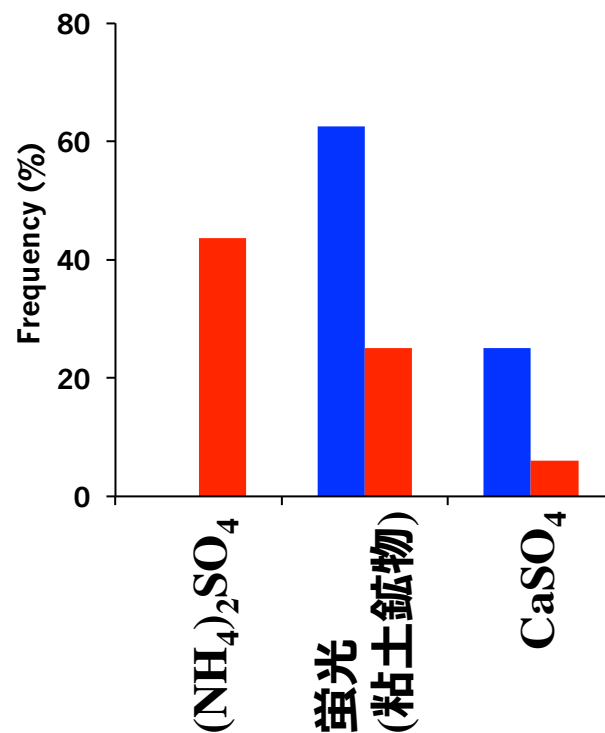
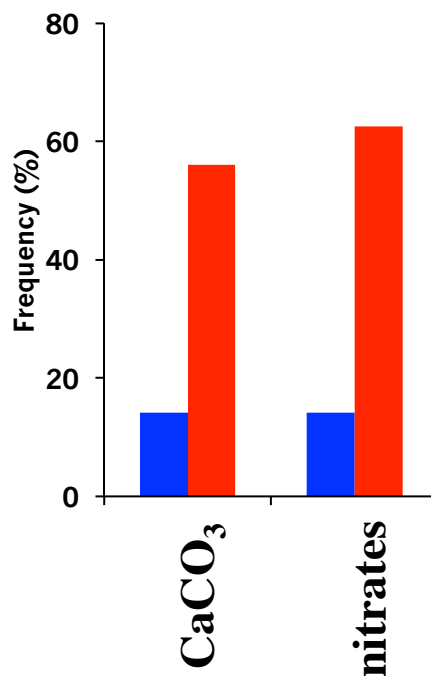
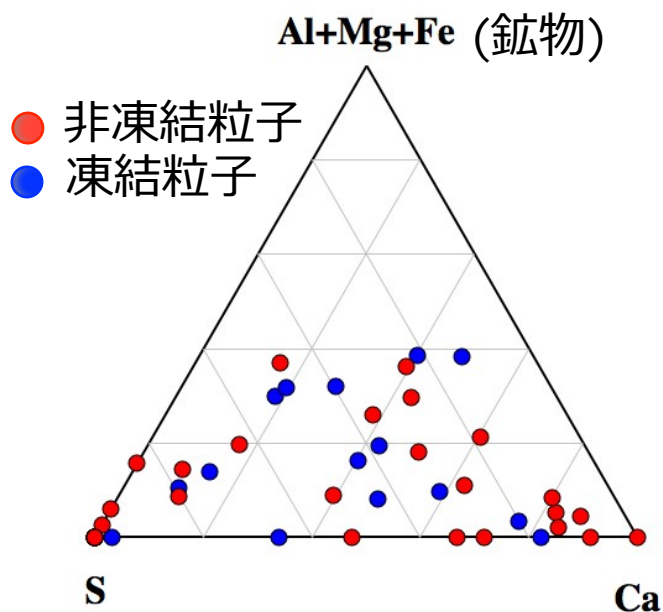
蛍光粒子←・粘土鉱物内の有機物
・結晶構造内の不純物や構造欠損

長石: 2%
石英: 19%

鉱物中では粘土鉱物粒子や
鉱物混合粒子が支配的であり、純粹な長石粒子は稀

鉱物組成の違いによる氷晶形成への影響は小さい

硫酸塩&Ca-rich



純粋な(NH₄)₂SO₄と

純粋なCaCO₃(カルサイト)と硝酸塩との混合は氷晶形成✕

(NH₄)₂SO₄はカルサイトや粘土鉍物との混合によって氷晶形成✕→○

まとめ

- ・ 個別液滴凍結法により、比較的簡便に氷晶を形成する粒子の分析が可能
- ・ 鉱物粒子(特に粘土鉱物)が氷晶形成○に対し海塩粒子は氷晶形成×
- ・ 実大気中における粒子の鉱物組成は氷晶形成に寄与していない
- ・ 海洋上を輸送される過程での海塩との混合は氷晶形成○→×
- ・ 純粋な $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ やカルサイトは氷晶形成×
- ・ 一方で純水な $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ はカルサイトとの混合により氷晶形成 $\times \rightarrow \bigcirc$



これまでの室内実験結果に対して実大気における実証
と輸送過程における粒子の混合状態の調査

氷晶形成の予測には
大気中での粘土鉱物粒子と輸送過程における粒子の混合状態も重要