

【5B-1202】PM2.5規制に影響する汚染混合型黄砂の組成的特徴と飛来量/降下量に関する研究(H24～H26)

研究代表者： 杉本伸夫
(独立行政法人国立環境研究所)

研究のねらい

PM2.5のなかに黄砂がどれくらい含まれるのか、どのような状態で大気汚染粒子と混合しているかを明らかにする(外部混合か内部混合か)。また、飛来量、沈着量を定量的に理解する。

研究背景

PM2.5規制において、黄砂の影響の把握が重要である。健康影響では、黄砂についても微小粒子が重要と考えられ、黄砂と大気汚染の混合状態の重要性を示唆する疫学研究の報告もある。

研究方法

ライダーネットワーク、偏光パーティクルカウンター、サンプリング分析、PM2.5、PM10データ、黄砂沈着観測ネットワーク、化学輸送モデル。

研究体制

- (サブテーマ1) メガシティにおけるPM2.5黄砂の複合汚染に関する三次元的実態解明とその越境飛来観測 →ライダーネットワーク、汚染黄砂の光学特性
国立環境研究所（杉本・松井・西澤・清水・西川）
- (サブテーマ2) メガシティにおけるPM2.5黄砂と人為汚染物質による複合汚染の化学的特徴の解明 →PM2.5の組成、混合状態
東京都環境科学研究所（山崎・森・星）
- (サブテーマ3) 汚染混合型の黄砂沈着フラックス量を推計する黄砂予報モデルの応用研究 →予測モデルの高度化、沈着量評価
気象研究所（三上・眞木・関山・田中）
- (サブテーマ4) 黄砂沈着のネットワーク観測と組成変化に関する研究-海洋に沈着する黄砂- →海洋上の黄砂観測、内部混合
東京大学大気海洋研究所（植松）
- (サブテーマ5) 黄砂沈着のネットワーク観測と組成変化に関する研究-陸地に沈着する黄砂- →黄砂沈着観測ネットワーク
名古屋大学（長田）

サブテーマ1

東アジアのライダーネットワーク(AD-Net)による継続観測を行い、黄砂と大気汚染粒子の分布と動態を把握。PM2.5データと比較して、ライダーとの対応を明確にした。(弱い黄砂でもPM2.5への影響が大きいことなどが分かった。)

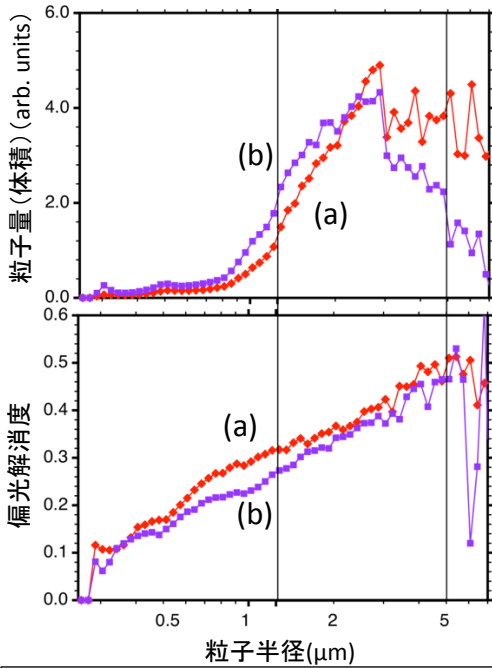
偏光パーティクルカウンター(偏光OPC)を用いて、黄砂と大気汚染粒子の混合状態(外部混合、内部混合)を明確に捉えた。

さらに、内部混合した黄砂の光学モデルの構築に関する知見を得た。

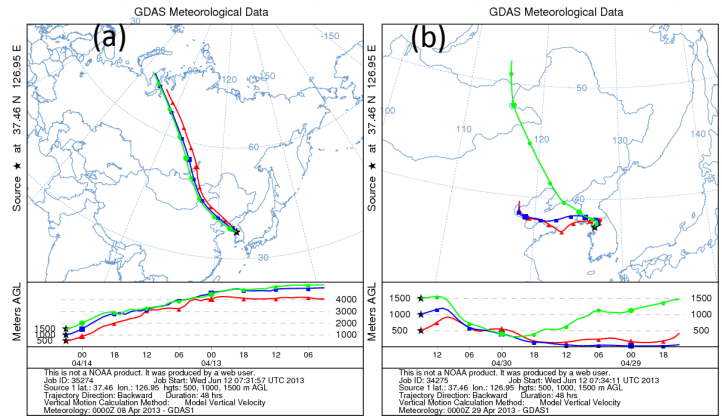
ライダーの2波長と偏光のデータから内部混合状態の推定する手法も開発し、黄砂と大気汚染粒子の分布とその混合状態をライダーデータから推定することも可能となった。

偏光OPCで比較的純粋な黄砂と汚染された黄砂の特徴を捉えることに成功

偏光OPCデータ

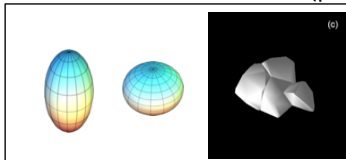
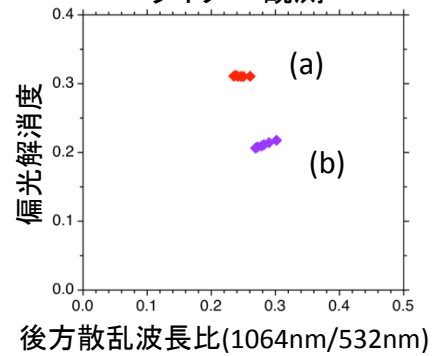


後方流跡線解析



(a) 純粋な黄砂 (April 14, 2013, 0300 UTC)
 (b) 汚染された黄砂 (April 30, 2013, 1500 UTC)

ライダー観測



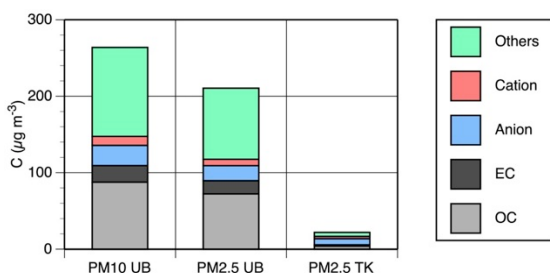
測定結果を再現する黄砂の光学モデルを検討。内部混合により光吸収性が増加。

サブテーマ2

ウランバートルと東京で観測



FRMサンプラーを利用したガス態・粒子態同時捕集法を確立(ウランバートル)

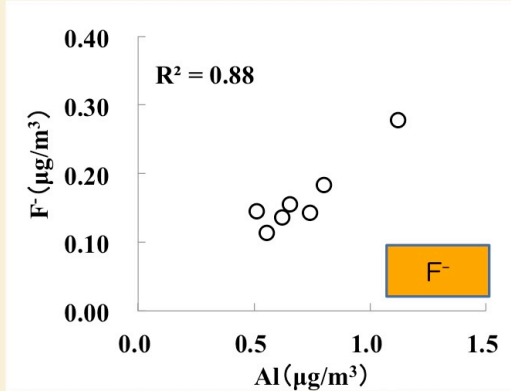
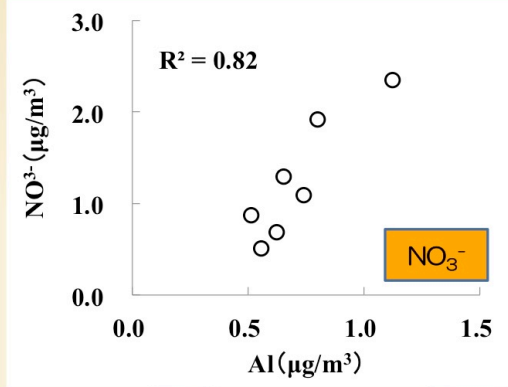
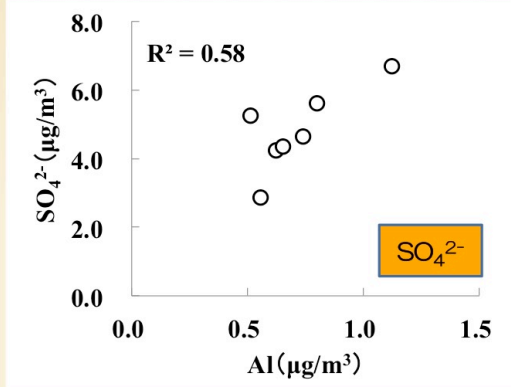


ウランバートルと東京でサンプリング分析

- ウランバートルではPM2.5濃度が東京より1桁高かった
- ウランバートルのPM10とPM2.5の化学組成に大きな違いは認められなかった
- 炭素成分の割合が高かった(OC1の割合が高かった)
- ダイオキシン類の同族体組成パターンは、ダイオキシン類が燃焼由来であることを示唆
- 黄砂の主要成分である Al との濃度変化の相関から、SO₄²⁻、NO₃⁻、F⁻ は内部混合、炭素成分(EC, OC)、Cl⁻ は外部混合が示唆された

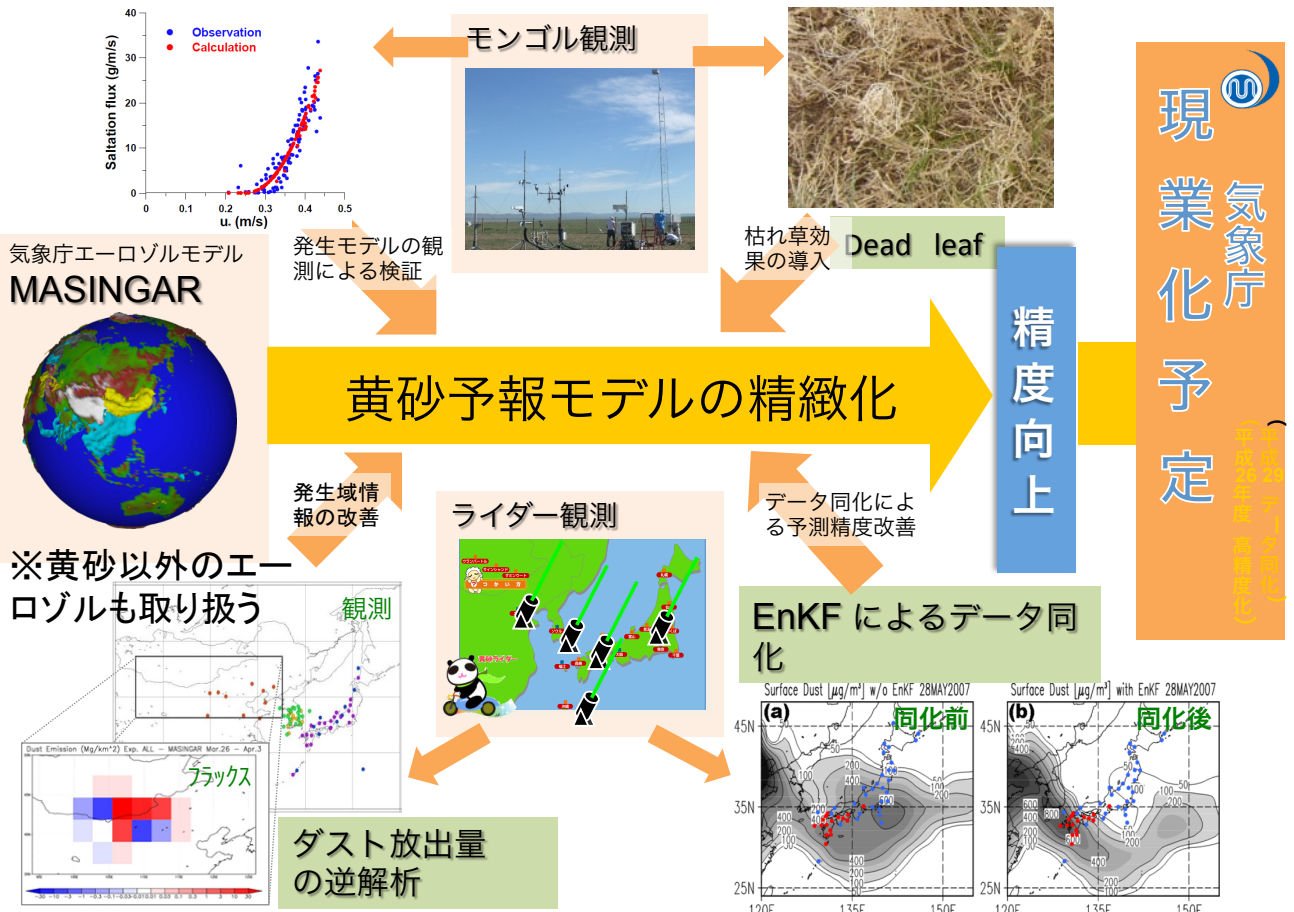
内部混合と外部混合

内部混合の例



PM_{2.5-10}の粒径で黄砂エアロゾルの主成分のひとつであるAlと同じような濃度変動
 ⇒ 黄砂エアロゾルに付着し、広域移流している可能性
 (内部混合)

サブテーマ3

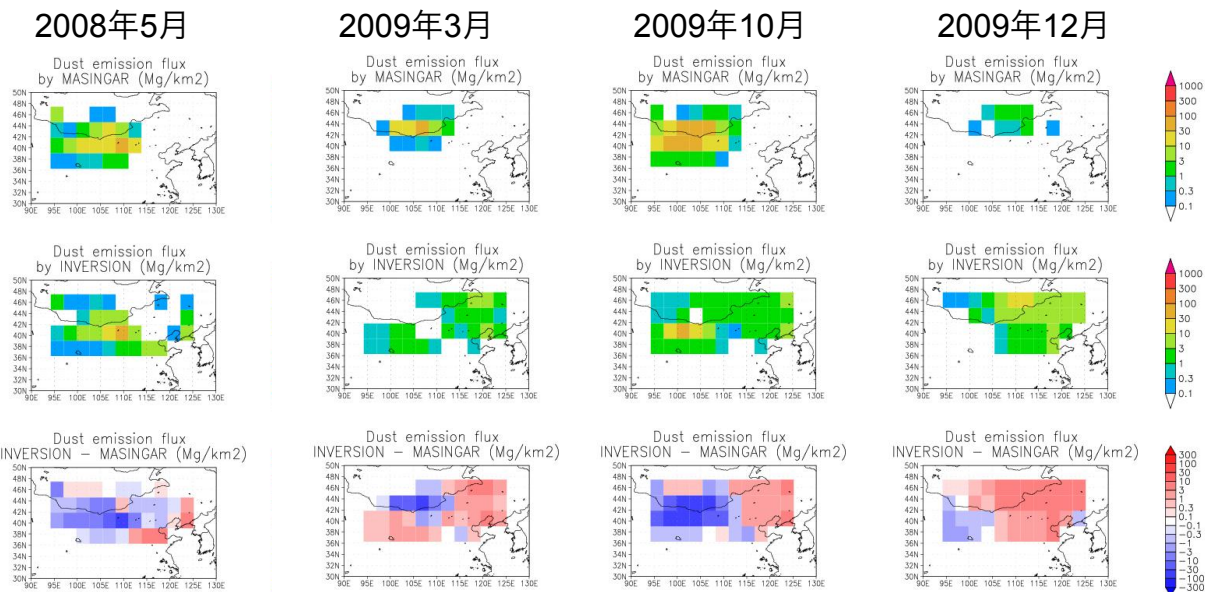


黄砂放出量の逆解析結果 (2008~2009年)

MASINGAR

逆解析

逆解析増加量

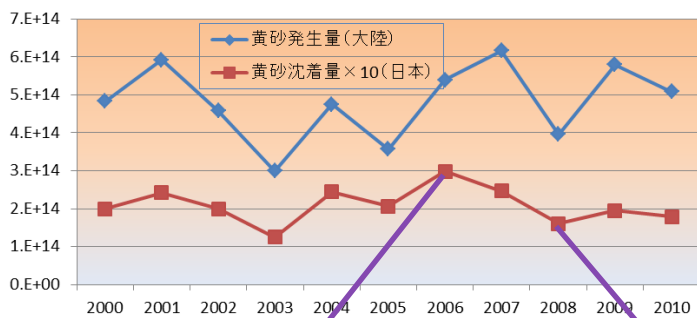


総黄砂放出量 (単位: Tg)、括弧内はMASINGARコントロールランの結果を示す			
2008年5月	2009年3月	2009年10月	2009年12月
8.2 (14.6)	3.1 (8.0)	9.6 (38.9)	8.1 (0.8)

MASINGARが計算できていなかった中国東部の黄砂放出を地上観測データを用いた逆解析により推定している。戈壁砂漠ではMASINGARによる黄砂放出量が過大評価に見える。この手法を大規模に使うことによって、黄砂放出量の改良を通じて黄砂沈着量の推定精度向上に繋げることができる。

黄砂発生量と沈着量シミュレーション

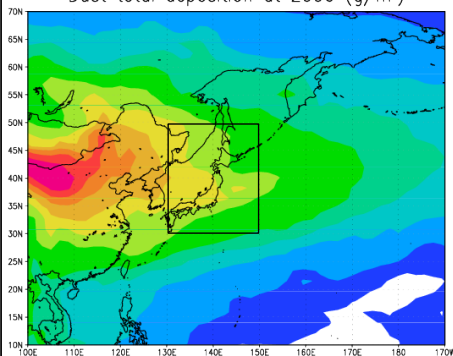
MASINGARによる黄砂の発生量と沈着量の年々変化(g)



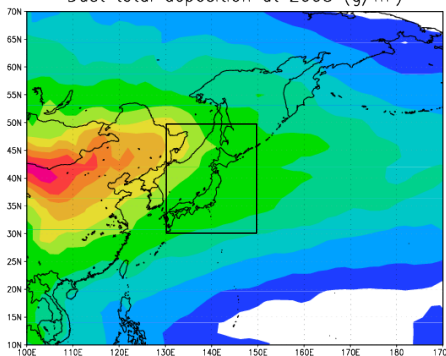
気象条件や地表面状態により黄砂の発生量が年毎に大きく変化する。

日本の黄砂沈着量 (赤線) は発生量 (青線) と相関する (相関係数0.66) が、沈着量の大半を占める降水の影響もあり、発生量とは異なる様相を示す。

Dust total deposition at 2006 (g/m²)



Dust total deposition at 2008 (g/m²)



日本付近における黄砂沈着量は大陸における発生量の概ね5%程度である。

大陸: 80~120E, 30~50N
日本付近: 130~150E, 30~50N

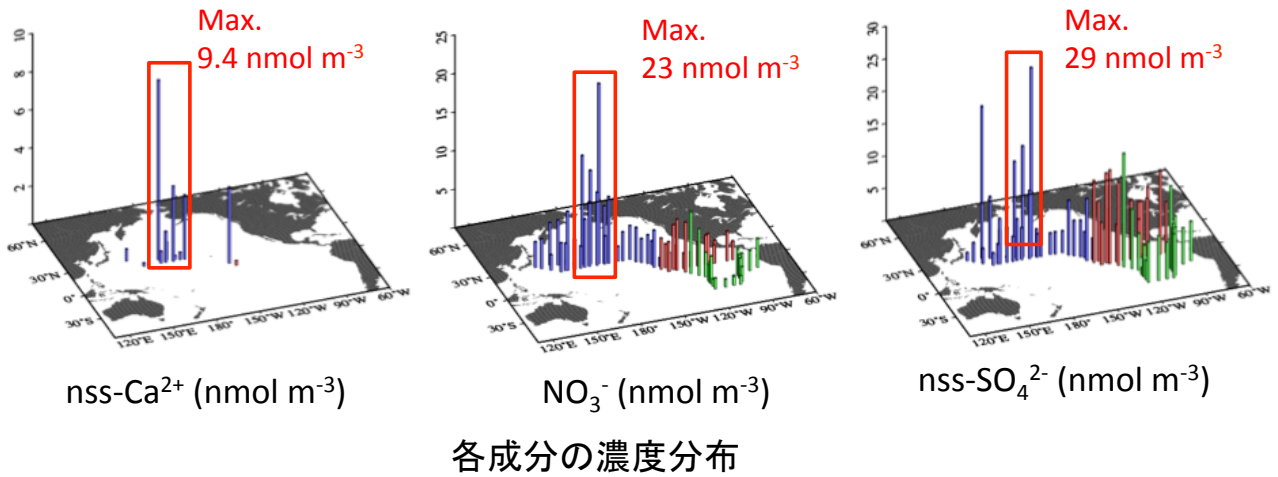


サブテーマ4

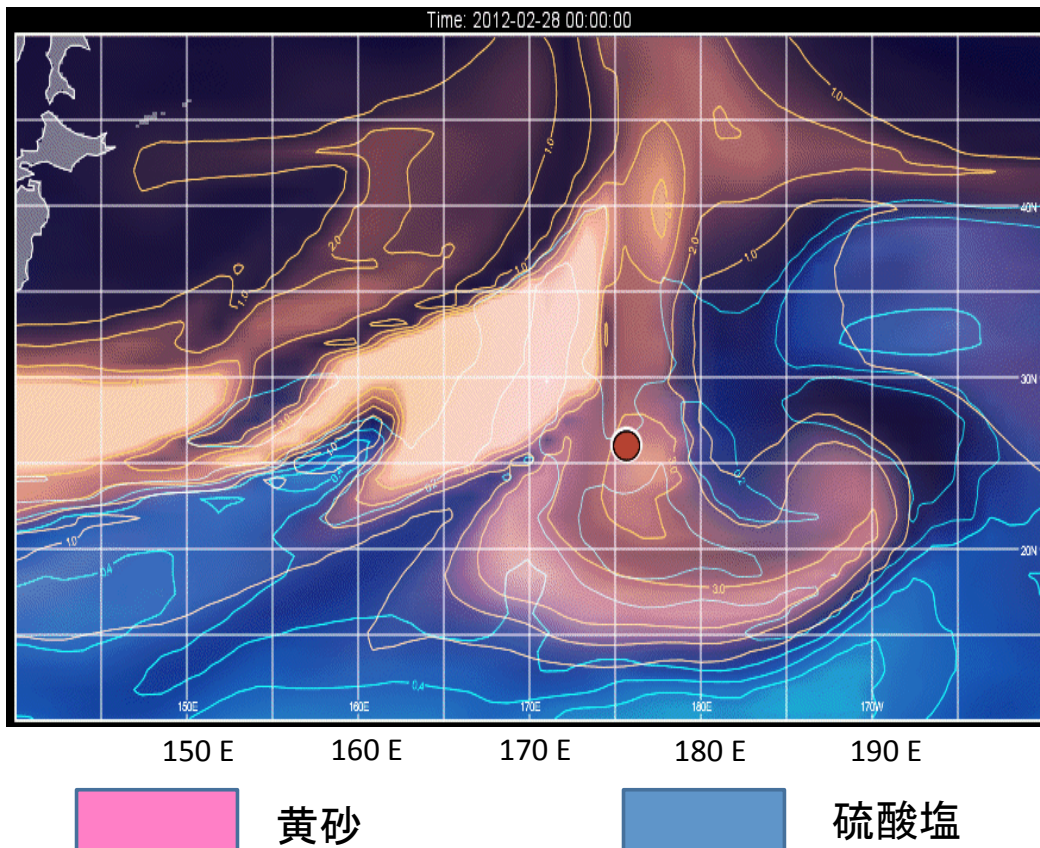
北太平洋上で黄砂現象を観測

北太平洋中央部(～4,500km)まで飛来した黄砂を観測

→nss- Ca^{2+} と同時にnss- SO_4^{2-} , NO_3^- 等の人為起源エアロゾル濃度が上昇

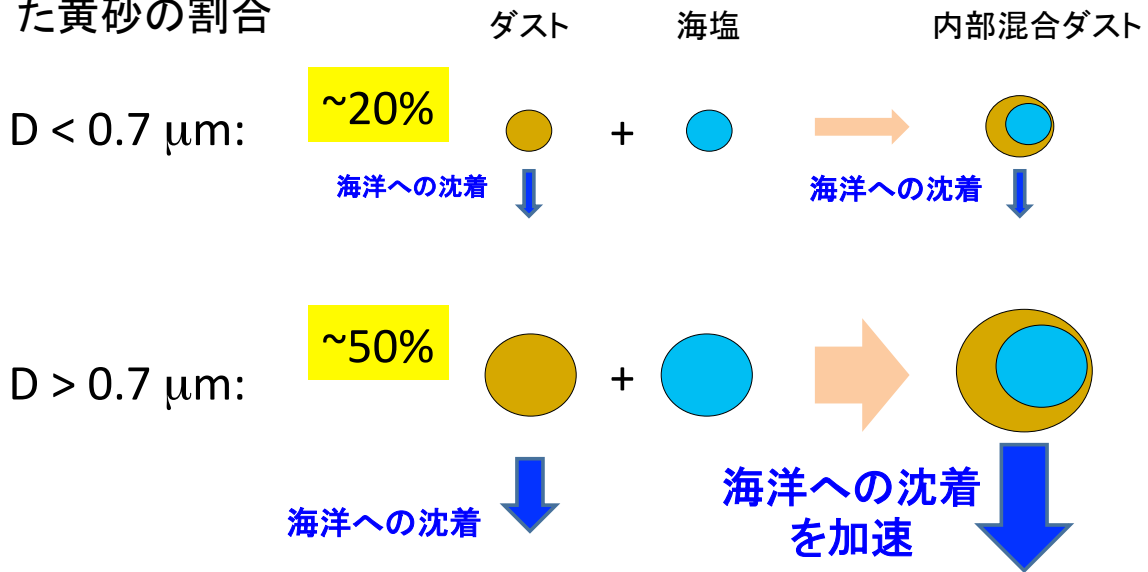


MASINGAR により観測が良く再現された



黄砂と海塩の内部混合

海塩と内部混合した黄砂の割合



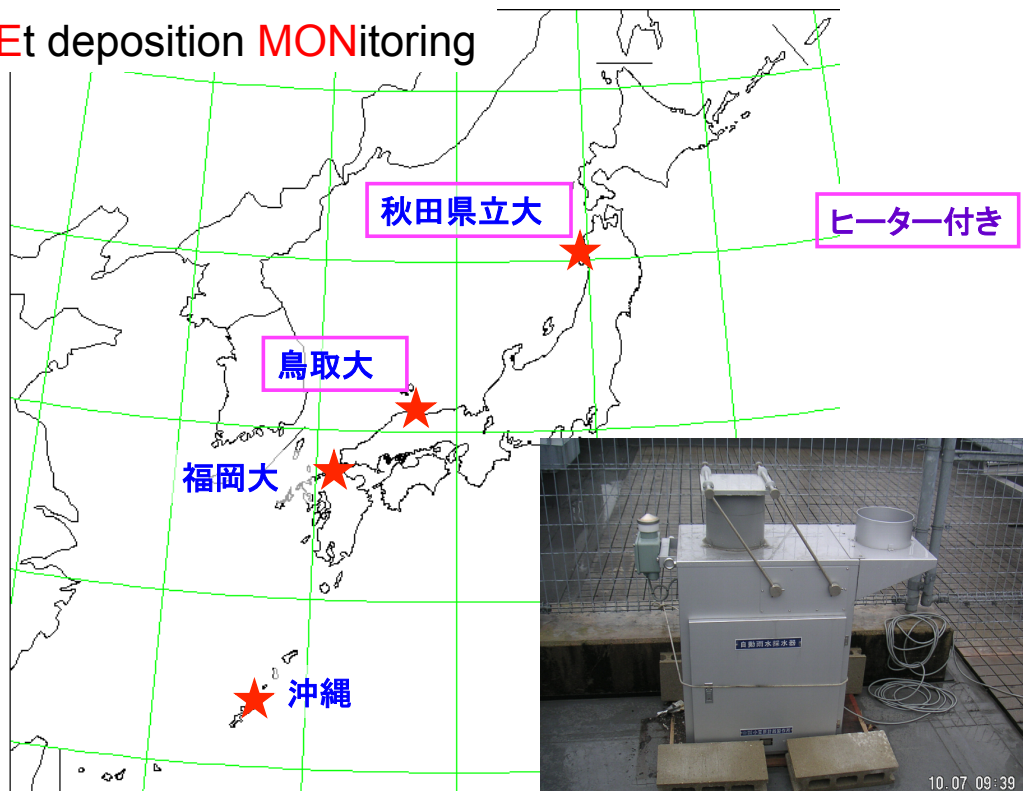
海塩との内部混合が大粒子のダストの海洋への沈着を加速する！

サブテーマ5 DRAEMON-2 採取地点

DRy And wEt deposition MONitoring

小笠原計器
US-330

開口部の
直径20cm

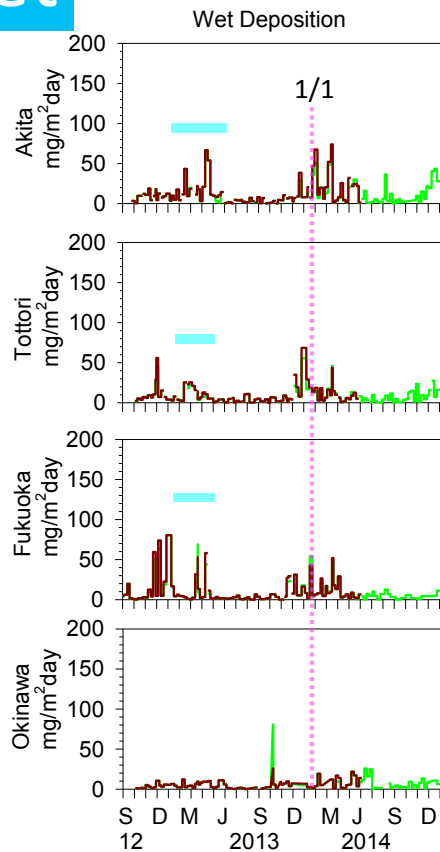


10.07 09:39

Wet

ダストの沈着の季節変化と地域的特徴を捉えた

Dry



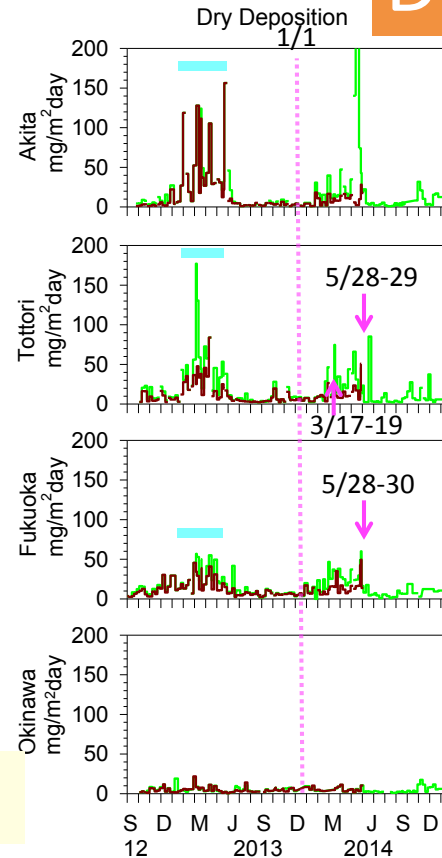
秋田

鳥取

福岡

辺戸岬

茶:ダストのみ
緑:花粉込み



主な研究成果

1. PM_{2.5}に含まれる黄砂と大気汚染粒子の濃度に加えて混合状態(外部混合、内部混合)を推定する手法を開発した。→PM_{2.5}規制への黄砂の影響評価、汚染黄砂の指標化、黄砂のナウキャストの精緻化が可能となった。
2. 黄砂発生域と風下域のPM_{2.5}の化学組成と混合状態を明らかにした。
3. 黄砂(+汚染粒子)輸送モデルを改良した。輸送量・沈着量を計算し観測と比較した。海洋上の黄砂現象や沈着量の地域的特徴を再現した。
4. 海洋上の黄砂の内部混合を解析し、海塩との混合が大粒子の沈着を加速する可能性などを示した。
5. 乾性沈着、湿性沈着の継続的観測を行い、季節変化、地域的特徴を示した。

論文発表(査読あり) 9件

学会発表 61件

今後の課題

1. 黄砂と大気汚染粒子の内部混合を取り入れた化学輸送モデルの構築。
2. 沈着過程に黄砂と海塩の内部混合を考慮したモデルの構築。
3. 沈着量の観測結果を使った逆解析等。

環境政策への貢献

- 三国環境大臣会合の黄砂に関するワーキンググループ(WG1)にライダーネットワークデータおよびモデル改良に関する研究結果を提供した。
- 環境省黄砂飛来情報ホームページにリアルタイムでライダーデータを提供した。

その他、国際共同研究等

- WMO GAWの contributing network としてライダーネットワークデータを提供。
- WMO SDS-WAS (Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System)の活動に貢献。

マスコミ報道:9件

国民との科学・技術対話

- 国立科学博物館で開催された「ヒカリ展」(2014年10月28日から2015年2月22日)において、ライダー装置、黄砂・PM2.5観測の解説パネル、日本の6地点のリアルタイムデータ画像を展示。(入場者数17万8千人)

ご清聴ありがとうございました。