4.4 各黄砂事例におけるイオン成分/PM10 の変化

2021 年度の黄砂事例 1 では他の事例と比較し粗大粒子の濃度が低いように見えるため、比較的汚染物質を含まない黄砂の可能性がある。そこで黄砂粒子への汚染物質の付着について検討するためにイオン成分/PM10 を調べた。解析方法としては、粗大粒子のイオン成分/PMc (例えばここでは cSO_4 ²⁻は PMc (粗大粒子状物質濃度) 中の cSO_4 ²⁻のため PMc との比とする) を整理し、黄砂日前後の時系列を調べた。各黄砂事例に対する粗大粒子のイオン成分/PMc を図 4-4-4-1~図 4-4-4-6 に示した。これらの図より事例 1 の cNO_3 ⁻/PMc、 cSO_4 ²⁻/PMc の値が黄砂日の間で、他の事例と比較し低い値で推移しているように見える。例えば 4 月 17 日の福岡における黄砂時間の平均値は cNO_3 ⁻/PMc は 0.023、 cSO_4 ²⁻/PMc は 0.013 であった。事例 1 以外の事例における黄砂時間 (データのある範囲内で) での平均値では、 cNO_3 ⁻/PMc で 0.031 から 0.090、 cSO_4 ²⁻/PMc で 0.013 から 0.04 となっており、事例 1 は低い値を取っていることが読み取れる(事例 1、事例 2 での cSO_4 ²⁻/PMc はぞれぞれ 0.0128、0.0134)。以上より、事例 1 は汚染物質が黄砂粒子に付着した内部混合状態で飛来した黄砂事例であることが示唆される。

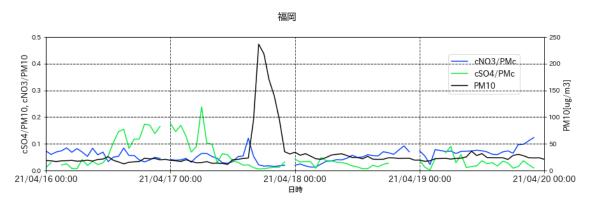
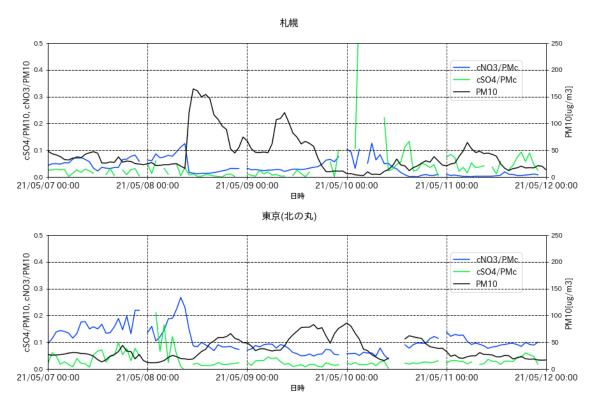
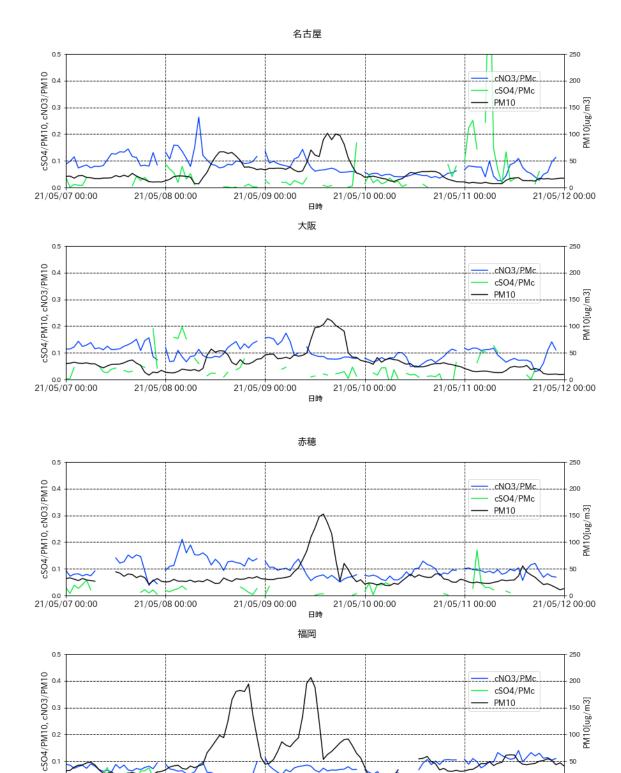


図 4-4-4-1 黄砂事例 1 におけるイオン成分/PMc の時系列変化





21/05/07 00:00 図 4-4-4-2 黄砂事例 2 におけるイオン成分/PMc の時系列変化

21/05/09 00:00

21/05/08 00:00

21/05/10 00:00

cSO4/PMc

PM10

21/05/11 00:00

150 100 PM10[ug/m3]

21/05/12 00:00

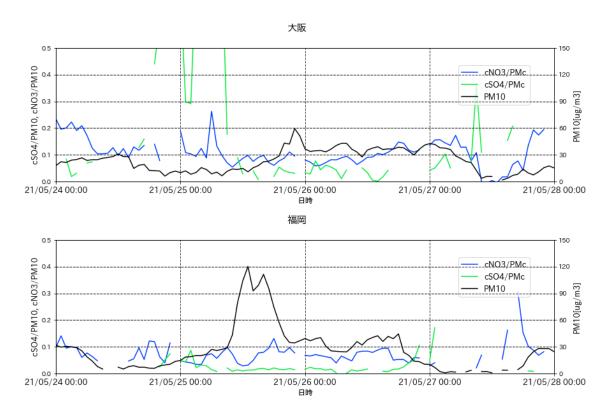


図 4-4-4-3 黄砂事例 3 におけるイオン成分/PMc の時系列変化

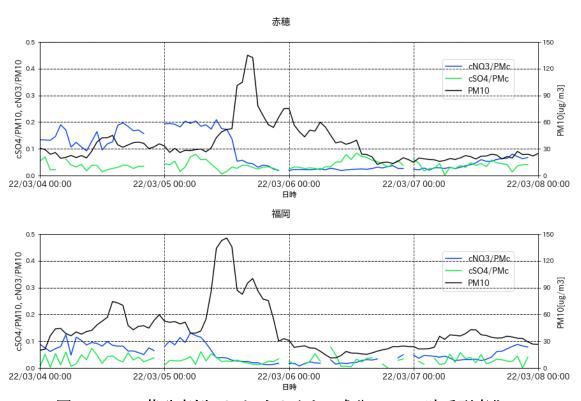


図 4-4-4-4 黄砂事例 4 におけるイオン成分/PMc の時系列変化



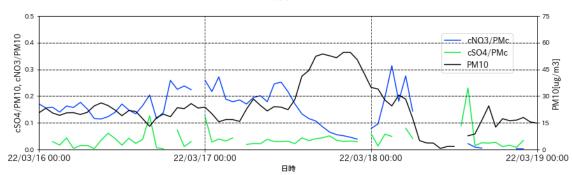


図 4-4-4-5 黄砂事例 5 におけるイオン成分/PMc の時系列変化

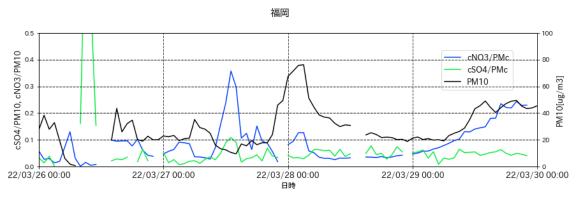


図 4-4-4-6 黄砂事例 6 におけるイオン成分/PMc の時系列変化

4.5 2021 年度に観測された黄砂事例のまとめ

第1回検討会にて報告した2021年度に観測された黄砂事例を表4-5-1に示し、解析から得られた黄砂事例を評価するレーダーチャートを図4-5-1に示した。

事例 1 は、4 月 17 日に福岡、18 日に那覇で観測された黄砂を対象とした事例である。日本で黄砂が観測される前の 4 月 14 日、15 日にはモンゴル南東部で slight duststorm や severe duststorm が発生している様子が見られた。また、人為起源汚染物質については、黄砂観測日である 4 月 17 日の午後から夕方にかけて高い値をとっており、PM10 に関しても同様の傾向が見られた。なお、北京では、黄砂観測前の 4 月 16 日に、PM2.5 濃度の 1 時間値が一時 $350\mu g/m^3$ 以上の値を示し、上海でも 4 月 17 日午前に $100\mu g/m^3$ 以上と高い値を示していた。以上のことから、事例 1 は、4 月 14 日及び 15 日に発生したモンゴル南部における duststorm が、人為起源汚染物質を含み、日本に飛来した弱い黄砂の事例と考えられる。

事例 2 は、5 月 9 日に 8 地点での観測と比較的広い範囲で黄砂が観測された事例である。日本で黄砂が観測される前の 5 月 5 日~7 日に中国東部や、モンゴル中部、東部で dust、slight duststorm、severe duststorm が発生している様子が見られ、dust を含む空気塊の輸送が示唆された。また、人為起源汚染物質の fSO_4^2 と cNO_3 -については、黄砂観測日である 5 月 9 日の午前から特に西日本で上昇しており、黄砂観測日の前日である 5 月 8 日に上海で $150\mu g/m^3$ 以上、瀋陽で $350\mu g/m^3$ 以上と非常に高い値を示していた。以上のことから、事例 2 は、5 月 5 日・6 日に発生した中国東部やモンゴル中部、東部におけるdust や duststorm が、人為起源汚染物質を含み北日本・東日本に飛来、翌日以降には西日本に広がる広範囲な黄砂事例と考えられる。

事例 3 は、5 月 25 日に西日本の 4 地点で、26 日に鹿児島の 1 地点で観測された黄砂を対象とした事例である。日本で黄砂が観測される前の 5 月 22 日にはモンゴル南部の比較的広い範囲で dust や duststorm が発生している様子が見られ、dust を含む空気塊の輸送が示唆された。また、人為起源汚染物質の fSO_4^2 と eNO_3 -については、5 月 25 日に入り上昇し、正午頃に高い値を示していた。以上のことから、事例 3 は、5 月 22 日に発生したモンゴル南部における dust や duststorm と、人為起源汚染物質を含んだ黄砂が飛来した弱い黄砂事例と考えられる。

事例 4 は、3 月 5 日に西日本で 4 地点、6 日に那覇で観測された黄砂を対象とした事例である。日本で黄砂が観測される前の 3 月 3 日にモンゴルの南部で dust、slight duststorm が発生している様子が見られ、dust を含む空気塊の輸送が示唆された。また、人為起源汚染物質の fSO_4 2-については、PM10 に先立ち濃度が上昇していた。以上のことから、事例 4 は、3 月 5 日にモンゴル南部で発生した duststorm と、人為起源汚染物質を含んだ空気塊が、西日本に飛来した弱い黄砂事例と考えられる。

事例 5 は、3 月 17 日に福岡で観測された黄砂を対象とした事例である。日本で黄砂が観測される前の 3 月 15 日にモンゴルの南部で slight duststorm が発生している様子が見られ、dust を含む空気塊の輸送が示唆された。また、人為起源汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3 -については、粗大粒子、微小粒子ともに上昇していた。以上のことから、事例 5 は、モンゴルで発生した dust を含む空気塊が、人為起源汚染物質を含みつつ、限定的な地域に飛来した弱い黄砂事例と考えられる。

事例 6 は、3 月 27 日、28 日共に福岡で観測された黄砂を対象とした事例である。日本で黄砂が観測される前の 3 月 24 日、25 日には、モンゴルで dust、duststorm が発生している様子が見られ、dust を含む空気塊の輸送が示唆された。また、人為起源汚染物質の SO_4 ²、 NO_3 -については、粗大粒子、微小粒子ともに上昇していた。以上のことから、事例 6 は、3 月 15 日にモンゴルにおける duststorm の影響を含

んだ空気塊が、若干の人為起源汚染物質を含み、日本の限定的な地域に飛来した弱い黄砂事例と考えられる。

表 4-5-1	2021	年度における	ら黄砂事例の.	一覧

事例	年	月	日	地点数	観測地点
1	2021	4	17	1	福岡
1	2021	4	18	1	那覇
	2021	5	8	5	札幌、新潟、東京、福岡、高松
2	2021	5	9	8	仙台、新潟、名古屋、大阪、広島
	2021	5	10	2	福岡、鹿児島
3	2021	5	25	4	広島、福岡、鹿児島、高松
3	2021	5	26	1	鹿児島
4	2022	3	5	4	広島、福岡、鹿児島、高松
4	2022	3	6	1	那覇
5	2022	3	17	1	福岡
6	2022	3	27	1	福岡
U	2022	3	28	1	福岡

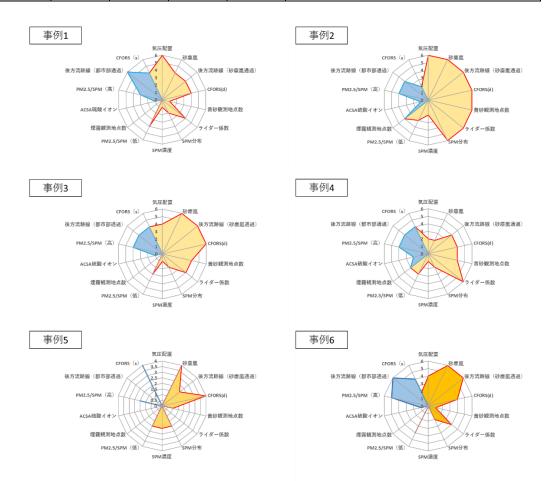


図 4-5-1 2021 年度に観測された各黄砂事例を示すレーダーチャート

5. 2021 年度における煙霧日の事例解析

5.1 解析手法

(1) 煙霧観測地点

黄砂と同様に、粒子の影響で視程の低下をもたらしているものに煙霧がある。気象庁による煙霧の 定義は、「乾いた微粒子によって視程が 10km 未満となった場合で、乾いたとは湿度 75%未満」とさ れている。本報告書における煙霧観測事例としては、上記定義に従い、2021 年度に日本で観測された 煙霧のうち、10 地点以上で同時に観測された事例を対象とした。

(2) 解析項目

煙霧日における黄砂の可能性を調査するため、解析項目は、黄砂事例における解析項目のうち、(1) 煙霧観測地点、(2) 天気図、(3) 現在天気データ、(4) 後方流跡線、(5) CFORS、(6) ライダー黄砂消散係数、SPM 濃度、(7) PM2.5 濃度、(8) ACSA-14 データ、(9) 中国での PM2.5 データの 9 項目とした。

5.2 2021 年度の煙霧事例

解析対象は、2021 年度に 5.1 で述べた方法で決定した 8 事例(計 10 日)である(表 5-2-1)。煙霧事例時の PM2.5/SPM の値は $0.68\sim0.87$ の範囲であり、黄砂時($0.59\sim0.79$)と比較してやや高い範囲の数値となった。また、ACSA-14 の PM2.5/PM10 は黄砂事例時($0.25\sim0.45$)と比較し、煙霧事例時は $0.49\sim0.66$ と高い値であった。

	ス 3-2-1 2021 及 √ /庄勝 + V :											
事	No.	期日			黄砂の規模							
一例		年		1	地点数	PM2.5	SPM 平均濃度	PM2.5/SPM	PM2.5/PM10			
151			月	日		平均濃度						
1	1	2021	12	25	10	6.73	8.84	0.79	0.56			
1	2	2021	12	26	11	2.29	3.16	0.86	0.49			
2	3	2022	1	3	10	7.82	9.48	0.85	0.66			
3	4	2022	1	28	10	10.86	12.75	0.87	0.65			
4	5	2022	2	2	11	12.77	14.94	0.86	0.65			
5	6	2022	2	5	10	4.55	5.95	0.82	0.56			
6	7	2022	2	27	15	11.18	14.20	0.79	0.53			
7	8	2022	3	2	16	13.01	17.15	0.76	0.54			
8	9	2022	3	24	10	14.85	22.37	0.68	0.55			
0	10	2022	3	25	14	14.40	17.20	0.84	0.50			

表 5-2-1 2021 年度の煙霧事例一覧 (SPM および PM2.5 濃度: ug/m3)

「PM2.5/PM10 平均」には ACSA-14 のデータを用い、計算した。

^{※「}SPM 平均濃度」、「PM2.5 平均濃度」、「PM2.5/SPM 平均」には常時監視データを用い、計算した。また、

[%]「PM2.5/SPM」は測定局毎に算出された値を平均したものであり、表中の「SPM 平均濃度」と「PM2.5 平均濃度」から算出したものではない。

^{※「}PM2.5/PM10」について各日以下の平均をとった。

2021年12月25日:北海道、東北、九州での観測のため札幌、箟岳、福岡、五島の平均

2021年12月26日:北海道、東北、北陸、中国での観測のため札幌、箟岳、新潟巻の平均。隠岐はデータ欠損のため 使用できず。

2022年1月3日:北海道、東北、北陸での観測のため札幌、箟岳、新潟巻の平均

2022年1月28日:北海道、東北、中国、九州での観測の札幌、箟岳、隠岐、福岡、五島の平均

2022年2月2日:北海道、東北、中国、四国、九州での観測のため札幌、箟岳、赤穂、隠岐、福岡、五島の平均

2022年2月5日:北海道、東北、北陸、中国、九州での観測のため札幌、箟岳、新潟巻、隠岐、福岡、五島の平均

2022年2月27日:北海道、北陸、中国、九州での観測のため札幌、新潟巻、隠岐、福岡、五島の平均

2022 年 3 月 2 日:北海道、関東、近畿、四国、中国、九州での観測のため札幌、東京、大阪、赤穂、隠岐、福岡、五島の平均

2022年3月24日:北陸、東海、中国、九州での観測のため新潟巻、名古屋、隠岐、福岡、五島の平均

2022 年 3 月 25 日:北陸、東海、近畿、四国、中国、九州での観測のため新潟巻、名古屋、大阪、赤穂、隠岐、福岡の平均

5.3 煙霧事例の解析結果

(1) 煙霧事例 1 2021年12月25日~26日

松江

本事例は、2021 年 12 月 25 日、26 日の 2 日間で、全国それぞれ 10 地点、11 地点で煙霧が観測された (表 5-3-1-1、図 5-3-1-1)。

図 5-3-1-4 より、大陸方向から気流の飛来が読み取れるものの、図 5-3-1-3 に示したように大陸では、dust などが発生している様子が見られない。同様に、CFORS 予測結果においても、dust の発生は見られず、25 日に sulfate が日本全域に影響を及ぼしているのみである(図 5-3-1-5)。

この期間におけるライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化を比較したところ、ライダー黄砂消散係数には、散発的なピークを除けば明確な数値の上昇は見られなかった。SPM についても、前日の 12月 24日にやや数値が高かったものの、翌 25日午前にかけてむしろ低下する傾向が見られた(図 5-3-1-6)。PM2.5 濃度に関しても、25日・26日ともに $10\mu g/m^3$ 以下の地点がほとんどであり、全国的に低い値を示している(図 5-3-1-7)。

また、図 5-3-1-8 より福岡で煙霧観測日の 12 月 25 日に PM10 の上昇が見られるが PM2.5 も上昇しているため、PM2.5/PM10 比は顕著には低い値となっていない。一方、新潟巻においては 12 月 24 日正午頃から 12 月 25 日正午頃まで濃度は低いものの PM10 の上昇から下降に伴い、その比が減少している傾向にある。五島における PM10、PM2.5 の濃度のピークは煙霧観測日に先立ち、12 月 24 日深夜にピークとなっている。また、人為起源汚染物質の SO_4^2 、 NO_3 -については PM10、PM2.5 の濃度のピークとほぼ同時にいくつかのイオン成分の濃度がピークとなる傾向にある。例えば箟岳では微小粒子の NO_3 -、新潟巻では粗大粒子の NO_3 -、微小粒子の SO_4^2 -、福岡では粗大粒子の SO_4^2 -以外の 3 成分に、その濃度のピークが見られる。特に福岡における微小粒子の NO_3 -濃度のピークは $10\mu g/m^3$ を超えていることがわかる。北京では、日本での煙霧が観測された日の前日、12 月 24 日に一時、約 $60\mu g/m^3$ を超える濃度の PM2.5 を観測している(図 5-3-1-9)。

以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊に、人為起源の fSO₄²が混合した弱い煙霧事例と考えられる。

日付 地点数 観測地点名 2021/12/25 10 稚内 長崎 下関 宮崎 室蘭 旭川 青森 秋田 福島 大分 稚内 秋田 新潟 金沢 函館 福井 室蘭 札幌 広島 網走 2021/12/26 11

表 5-3-1-1 煙霧観測地点

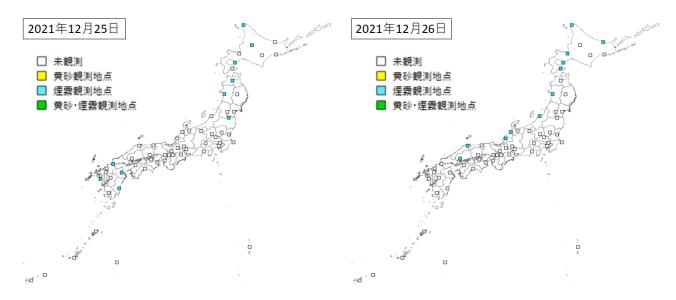
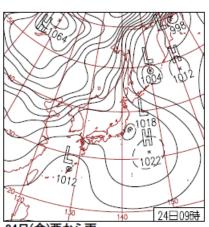
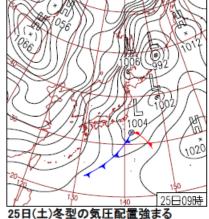


図 5-3-1-1 煙霧観測地点

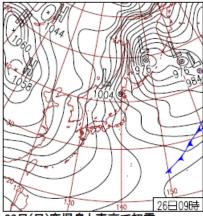


24日(金)西から雨

沖縄・奄美と西~東日本太平洋側は、低 気圧の影響で雨。北日本は寒気の影響で、い寒気が入り、山陰以北の日本海側を中 日本海側中心に雪。北海道声問では日降 心に雪。山形県肘折で日降雪量54cm。九 西〜北日本日本海側は大雪で太平洋側で雪量57cmとなり史上1位。横浜市でカエ 州や四国、関東では日中は概ね晴れ。奈 も所々で雪。沖縄・奄美では雨。 デ紅葉。



北陸の上空約1500mには-12°C以下の強 良と水戸で初雪。



26日(日)鹿児島と東京で初雪

北海道の上空約5000mには-45℃以下の強 い寒気が入り、強い冬型の気圧配置継続。

図 5-3-1-2 天気図

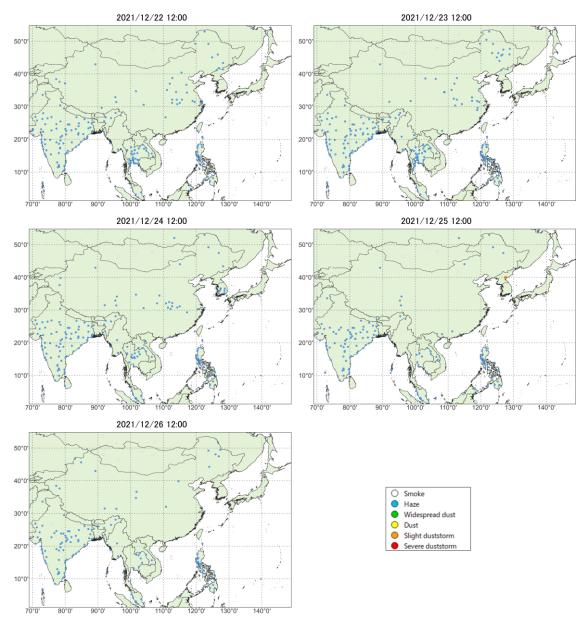


図 5-3-1-3 砂塵嵐発生状況

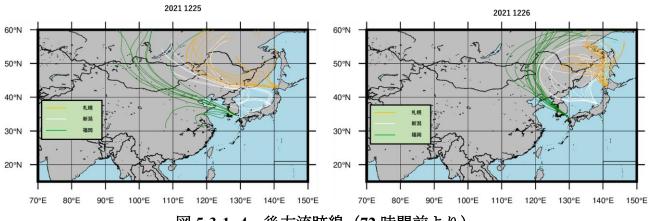


図 5-3-1-4 後方流跡線(72 時間前より)

各地点、各煙霧観測日の0:00 から23:00 までの2時間ごと12時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12の後方流跡線が作図される。

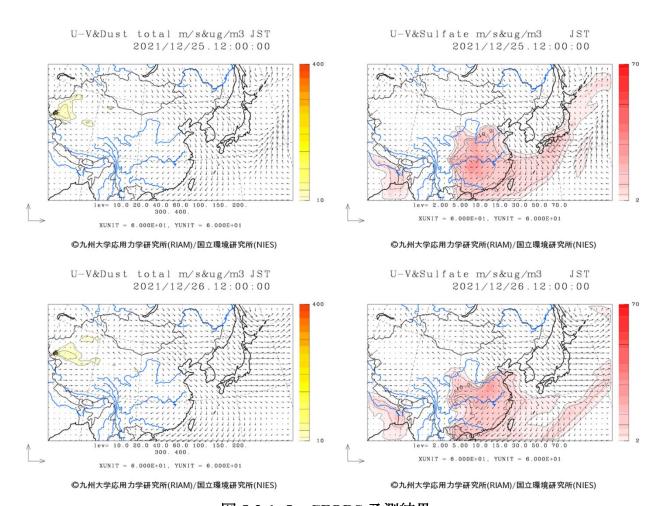
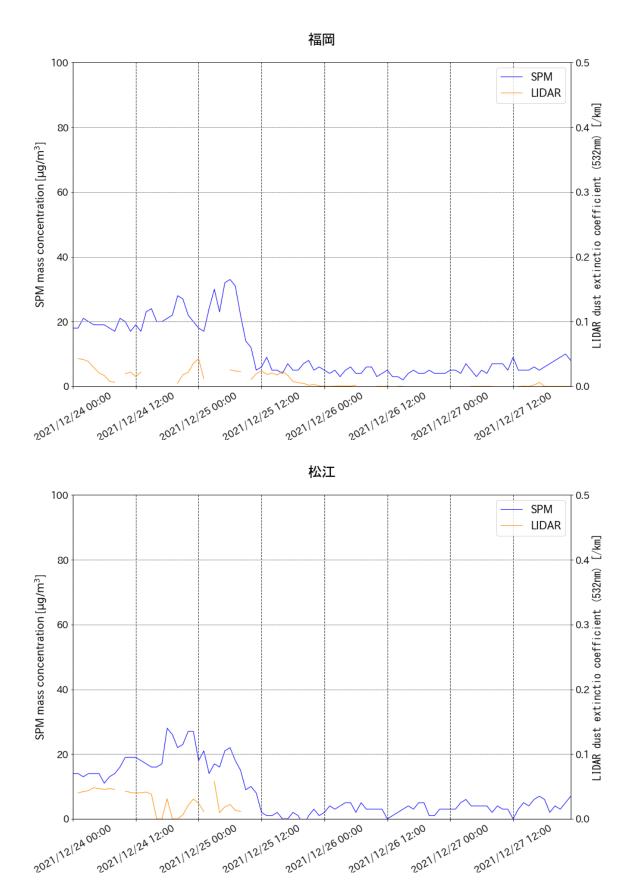
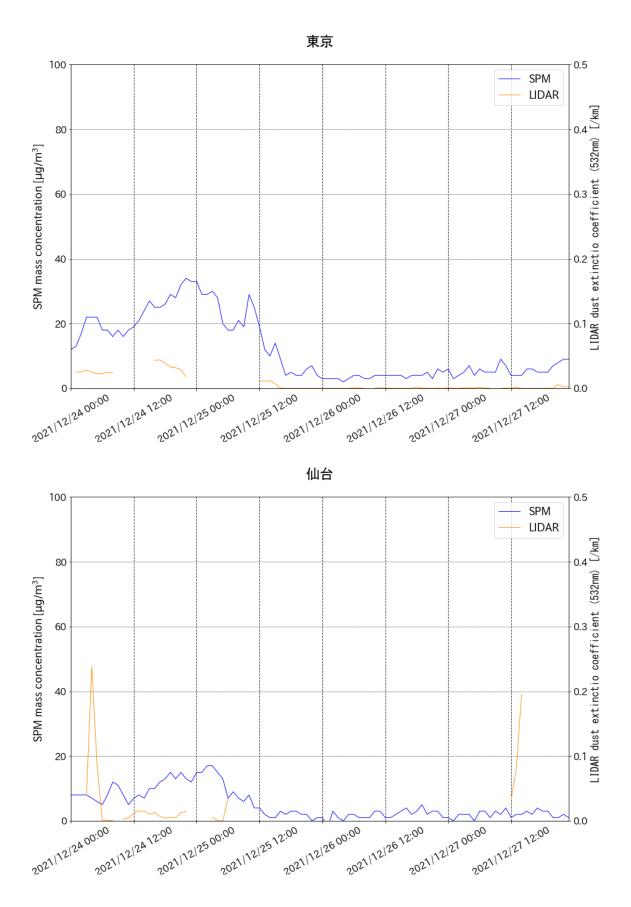
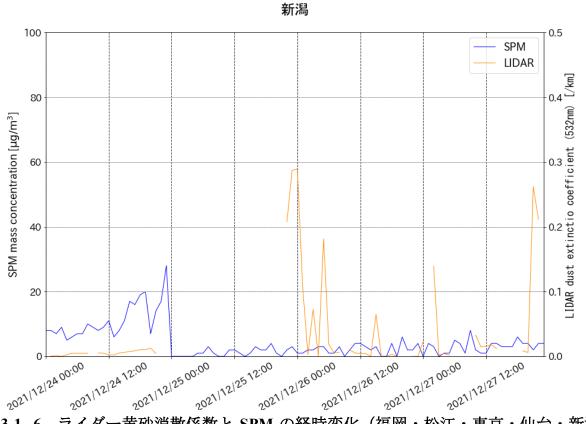


図 5-3-1-5 CFORS 予測結果







ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(福岡・松江・東京・仙台・新潟)

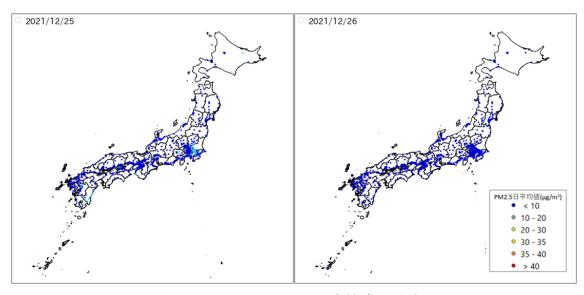


図 5-3-1-7 PM2.5 日平均值全国分布

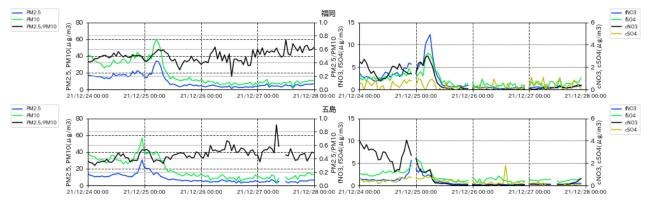


図 5-3-1-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

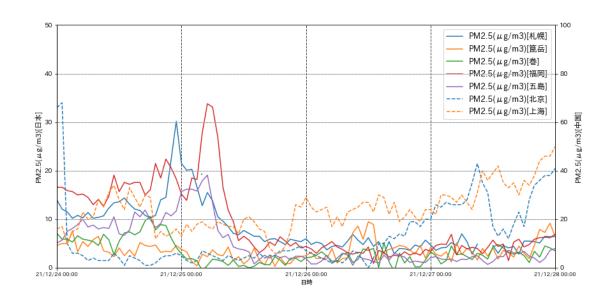


図 5-3-1-9 日本・中国での PM2.5 濃度

(2) 煙霧事例 2 2022 年 1 月 3 日

本事例は、2022 年 1 月 3 日に観測された煙霧で、全国 10 地点で煙霧が観測された(表 5-3-2-1、図 5-3-2-1 煙霧観測地点図 5-3-2-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-2-3)、12 月 31 日にモンゴル南部で slight duststorm が発生している様子が見られるものの、このときの気流を後方流跡線で確認したところ、duststorm が発生している地域を通っていない(図 5-3-2-4)。CFORS 予測結果(図 5-3-2-5)は、sulfate に関する結果は公開されておらず、dust に関する結果としては、dust の発生した様子は見られていない。

ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化からは、黄砂消散係数・SPM 濃度のいずれに関しても、 値に目立った変動はなく、小さい値を保っていたことが見て取れる(図 5-3-2-6)。

PM2.5 濃度は、九州・近畿地方では $10\sim20\mu g/m^3$ となる地点が見られるものの、それ以外は全国的に $10\mu g/m^3$ 以下となっていた(図 5-3-2-7)。

また、図 5-3-2-8 によると PM2.5、PM10 については、新潟巻において煙霧が観測される前日の 1 月 2 日夕方頃から上昇しており、その後 PM2.5/PM10 比が 3 日の昼頃までやや低い傾向となっていることがわかる。人為起源汚染物質の SO_4^2 、 NO_3 -については札幌において煙霧観測日前日の 1 月 2 日昼頃に粗大粒子の NO_3 -が約 $8\mu g/m^3$ と高い値となっている。それ以外では新潟巻で煙霧日の前日 1 月 2 日 20:00 頃から全イオン成分で濃度の上昇が見られる。そのピーク時の濃度は微小粒子の SO_4^2 -で約 $4\mu g/m^3$ 、粗大粒子の NO_3 -で $1.3\mu g/m^3$ となっている。また箟岳においては顕著な上昇は見られない。

上海では、日本での煙霧が観測された日の前日、1月2日の昼頃と3日0:00 前後に $100\mu g/m^3$ を超える高濃度のPM2.5を観測している(図5-3-2-9)。

以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊が人為起源汚染物質を含み、日本に飛来した弱い煙霧 事例と考えられる。

 日付
 地点数
 観測地点名

 2022/1/3
 10
 稚内
 旭川
 青森
 函館
 札幌
 網走
 帯広
 室蘭
 秋田
 金沢

表 5-3-2-1 煙霧観測地点

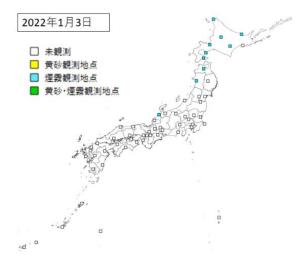


図 5-3-2-1 煙霧観測地点

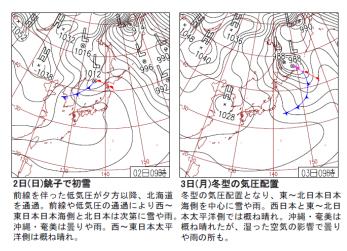


図 5-3-2-2 天気図

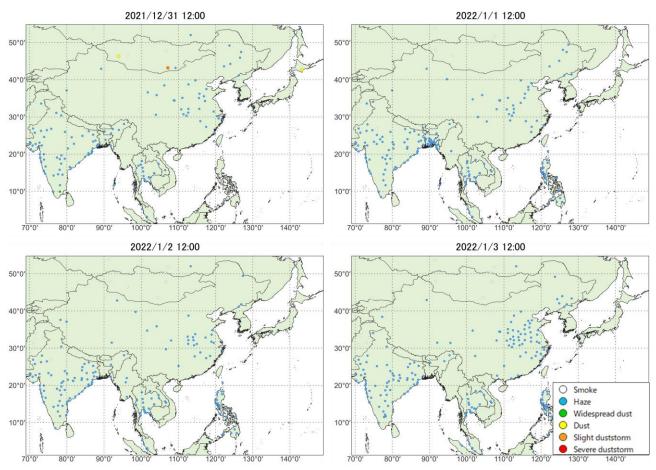


図 5-3-2-3 砂塵嵐発生状況

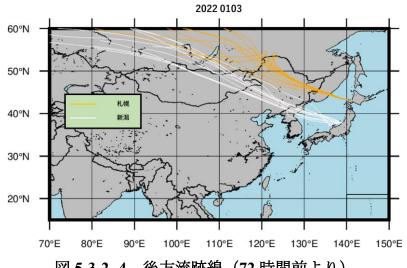
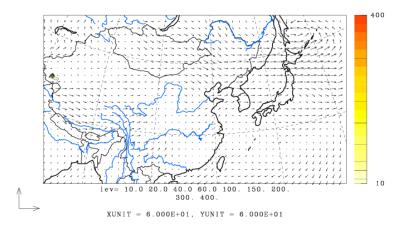


図 5-3-2-4 後方流跡線(72 時間前より)

各地点、各煙霧観測日の0:00から23:00までの2時間ごと12時間分の、起点からさかのぼるデータを作図 に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12の後方流跡線が作図される。

> U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST 2022/01/03.12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-2-5 CFORS- dust 予測結果 (sulfate については予測画像なし)

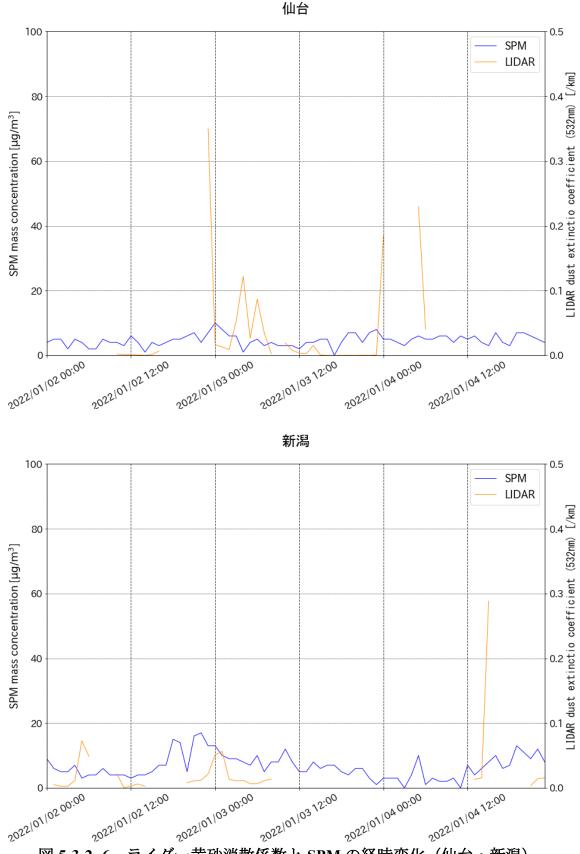


図 5-3-2-6 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(仙台・新潟)

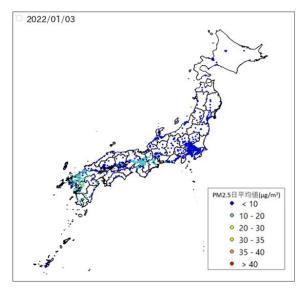


図 5-3-2-7 PM2.5 日平均値全国分布

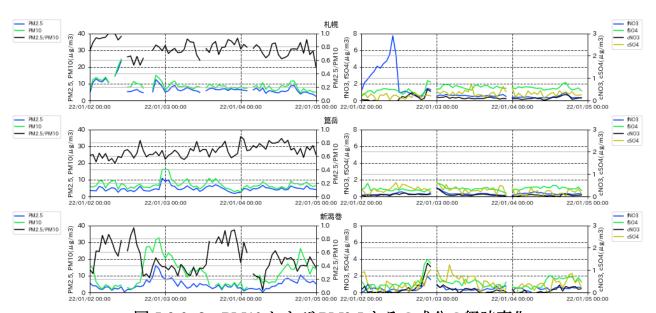


図 5-3-2-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

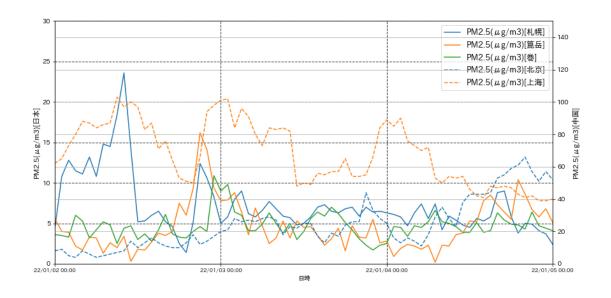


図 5-3-2-9 日本と中国での PM2.5 濃度

(3) 煙霧事例 3 2022 年 1 月 28 日

本事例は、2022年1月28日に全国10地点で煙霧が観測された(表 5-3-3-1、図 5-3-3-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-3-3)、dust などが発生している様子が見られない。この期間 における CFORS 予測結果は、dust は大陸でわずかに発生しているものの、日本には影響を及ぼしては いない (図 5-3-3-5) なお、sulfate に関する結果は公開されていなかった。

図 5-3-3-6 にライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化を比較した結果を示す。ライダー黄砂消散係数は、欠損が多く明確な変動は見られない。一方 SPM 濃度は、長崎で 28 日午前にかけて上昇している様子が確認でき、福江でも同様に増加する様子が見られたが、その他の地点では、SPM 濃度の上昇は見られなかった。PM2.5 濃度は、九州の一部地域で $20\sim30\mu g/m^3$ となっているものの、全国的に低い値となっていた(図 5-3-3-7)。

図 5-3-3-8 によると煙霧観測日の 1 月 28 日において、PM2.5/PM10 比は隠岐以外では低い値となっていない。また全ての地点で PM10 と PM2.5 が同期して変化している様子が見られる。人為起源汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3 -については煙霧観測日または、その前日から隠岐以外の地点で、いくつかのイオン成分の濃度が上昇している傾向が見られる。例えば、札幌では微小粒子の NO_3 -と SO_4^{2-} 、箟岳、福岡、五島では全てのイオン成分で濃度が上昇傾向となっている。特に福岡での微小粒子と粗大粒子の NO_3 -でその濃度はそれぞれ、 $2.0\mu g/m^3$ 、 $13.4\mu g/m^3$ と高い値となっている。

中国では、日本での煙霧が観測された期間、顕著に高い PM2.5 濃度は観測されていない(図 5-3-3-9)。 以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊に、国内で発生したと考えられる人為起源汚染物質を 含んだ弱い煙霧事例と考えられる。

表 5-3-3-1 煙霧観測地点

日付	地点数	観測地点名										
2022/1/28	10	下関	宮崎	松山	大分	長崎	熊本	佐賀	仙台	札幌	秋田	

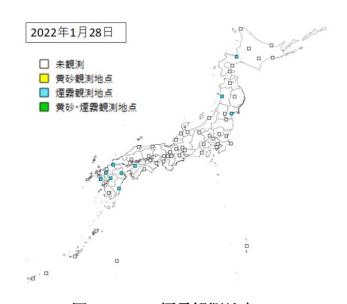
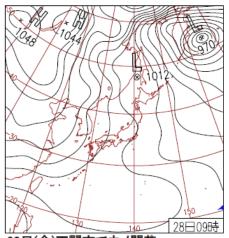


図 5-3-3-1 煙霧観測地点



28日(金)下関市でウメ開花

冬型の気圧配置が続く。西日本と東〜北日本太平洋側で概ね晴れ。北陸〜北日本日本海側を中心に雪。沖縄・奄美は湿った空気の影響で曇りや雨。南大東村でヒカンザクラ開花。

図 5-3-3-2 天気図

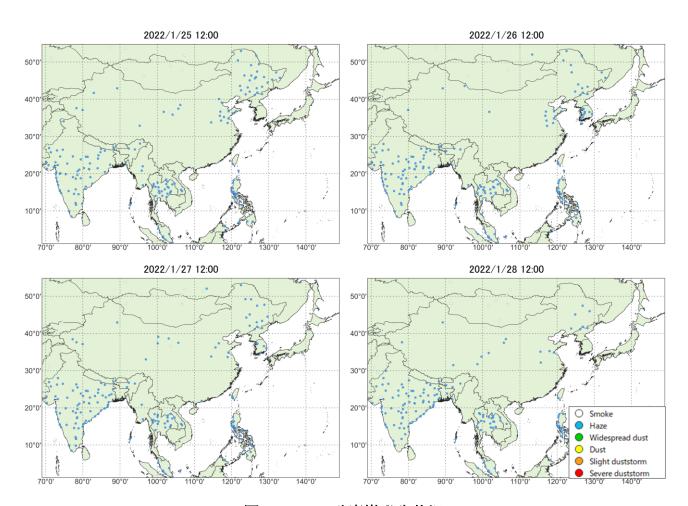


図 5-3-3-3 砂塵嵐発生状況

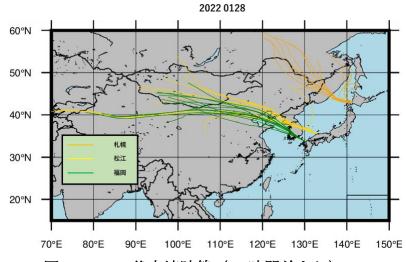
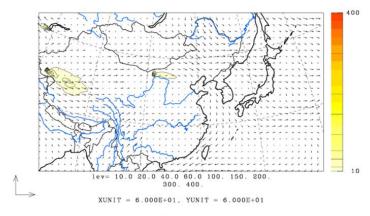


図 5-3-3-4 後方流跡線(72 時間前より)

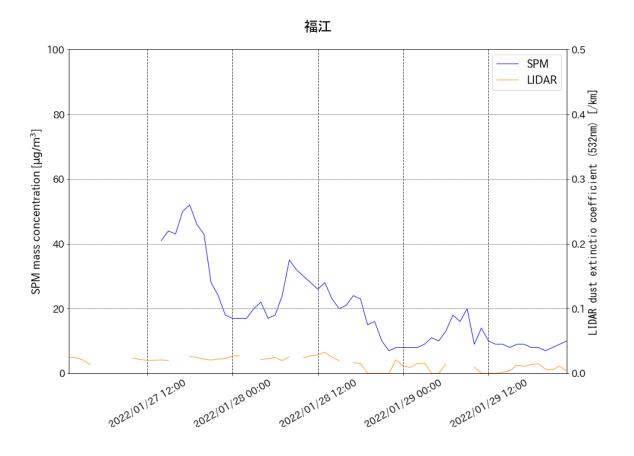
各地点、各煙霧観測日の 0:00 から 23:00 までの 2 時間ごと 12 時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12 の後方流跡線が作図される。

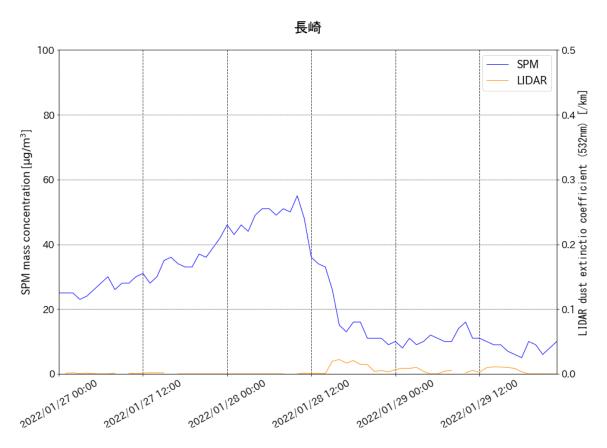
U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST 2022/01/28.12:00:00

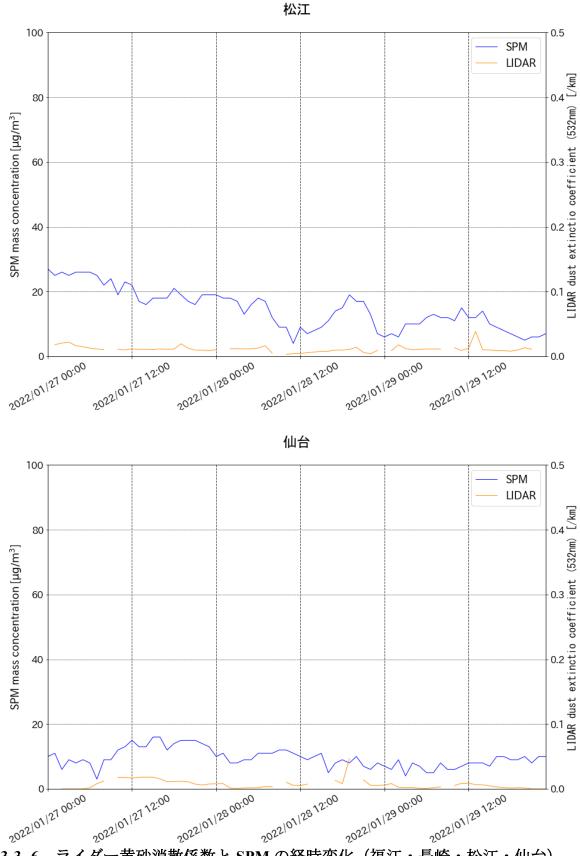


©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-3-5 CFORS-dust 予測結果 (sulfate については予測画像なし)







ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(福江・長崎・松江・仙台) 図 5-3-3-6

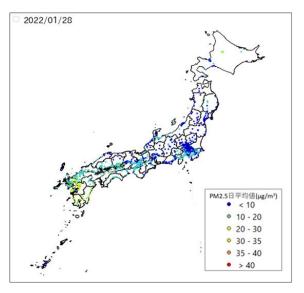


図 5-3-3-7 PM2.5 日平均值全国分布

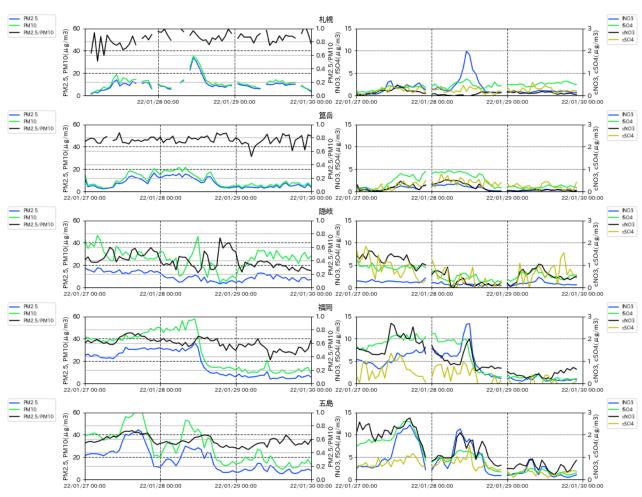


図 5-3-3-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

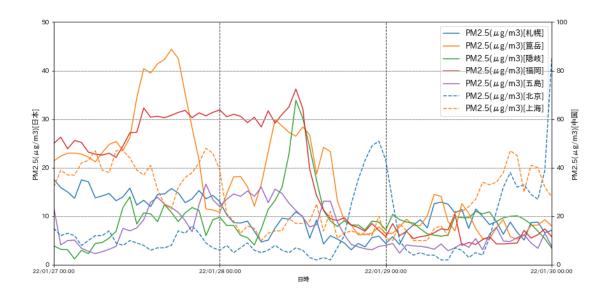


図 5-3-3-9 日本と中国での PM2.5 濃度

(4) 煙霧事例 4 2022 年 2 月 2 日

本事例は、2022 年 2 月 2 日に観測された煙霧で、全国 11 地点で煙霧が観測された(表 5-3-4-1、図 5-3-4-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-4-3)、dust が発生している様子が見られない。CFORS の予測 結果は dust のみ公開されていたが、dust の発生はごくわずかであり、日本には影響を及ぼしていなかったことが見て取れる(図 5-3-4-5)。

図 5-3-4-6 に示したライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化からは、ライダー黄砂消散係数には明確な変動は見られず、低い値を保っていたことが見て取れる。SPM 濃度は、福江及び松江において、1 日及び 2 日の午後にかけて上昇する様子が確認できる。PM2.5 濃度は、西日本でやや高い傾向を示しており、特に北九州の一部では日平均 $35\mu g/m^3$ を超える地点が見受けられた(図 5-3-4-7)。

PM2.5/PM10 比を示した図 5-3-4-8 によると、PM2.5/PM10 比はどの地点においても低下は見られない。これは PM10 の増加とともに PM2.5 も増加しているためであると思われる。人為起源汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3 -については煙霧観測日である 2 月 2 日に赤穂、隠岐、福岡、五島で高い濃度値をとる傾向にある。特に福岡、五島での微小粒子の SO_4^{2-} 、粗大粒子の NO_3 -のピーク時の濃度は高く、それぞれ $15\mu g/m^3$ 近く、 $2\mu g/m^3$ 以上となっていることがわかる。また、煙霧観測日前日で福岡、五島のいずれのイオン成分も濃度が上昇している様子が見られる。

中国では、煙霧観測日の前日 2 月 1 日午前に 150μg/m³以上の高濃度の PM2.5 が観測されている(図 5-3-4-9)。

以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊に、国内・国外で発生した人為起源汚染物質を含む弱い煙霧事例と考えられる。

日付 地点数 観測地点名 秋田 稚内 福岡 長崎 佐賀 松江 下関 松山 熊本 大分 11 2022/2/2 宮崎

表 5-3-4-1 煙霧観測地点

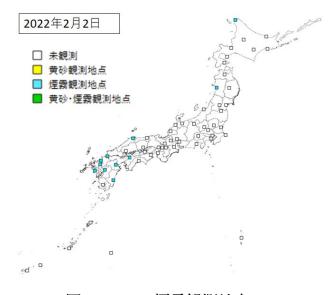
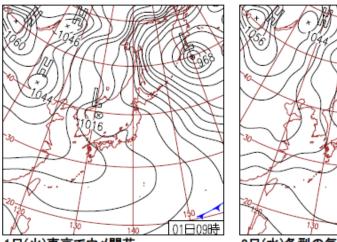


図 5-3-4-1 煙霧観測地点



1日(火)東京でウメ開花

日本付近は冬型の気圧配置が続き、日本 海の低気圧が夜に北陸へ接近。山陰から 北の日本海側は雪や雨で、西日本~東海 の太平洋側でも所々で雨や雪。那覇市で サクラ満開。

2日(水)冬型の気圧配置続く

日本付近は冬型の気圧配置が続き、山陰 から北の日本海側は雪や雨。太平洋側で は概ね晴れ。沖縄・奄美や九州南部は気 圧の谷や前線の影響で曇りや雨。

図 5-3-4-2 天気図

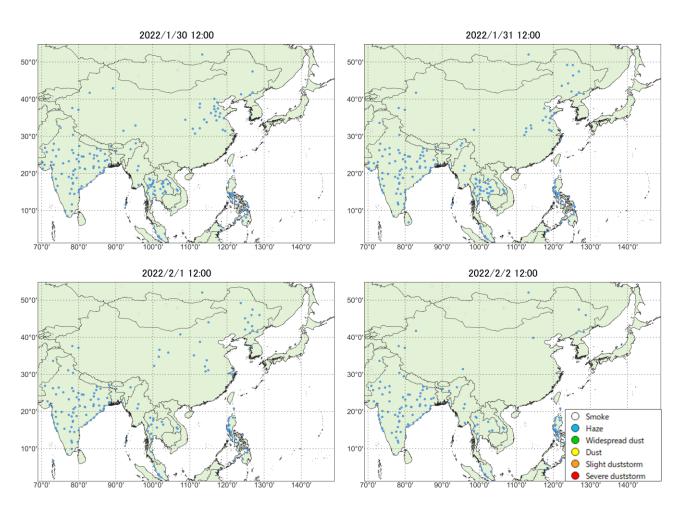


図 5-3-4-3 砂塵嵐発生状況

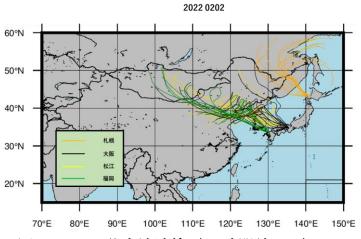


図 5-3-4-4 後方流跡線(72 時間前より)

各地点、各煙霧観測日の0:00 から23:00 までの2 時間ごと12 時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12 の後方流跡線が作図される。

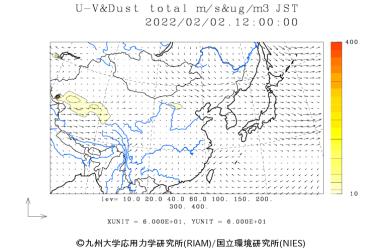
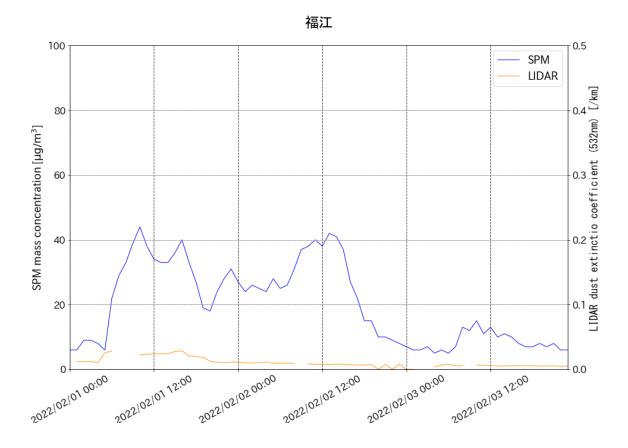
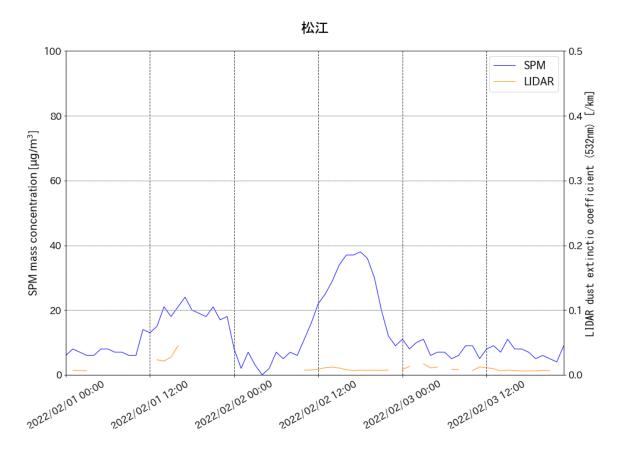


図 5-3-4-5 CFORS 予測結果





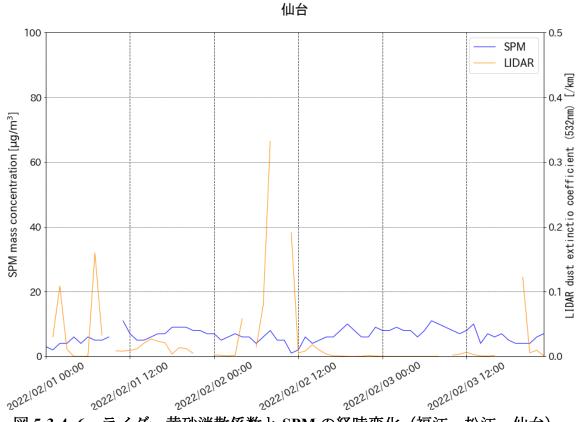


図 5-3-4-6 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(福江・松江・仙台)

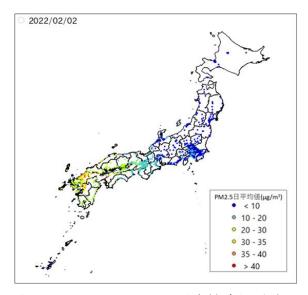


図 5-3-4-7 PM2.5 日平均值全国分布

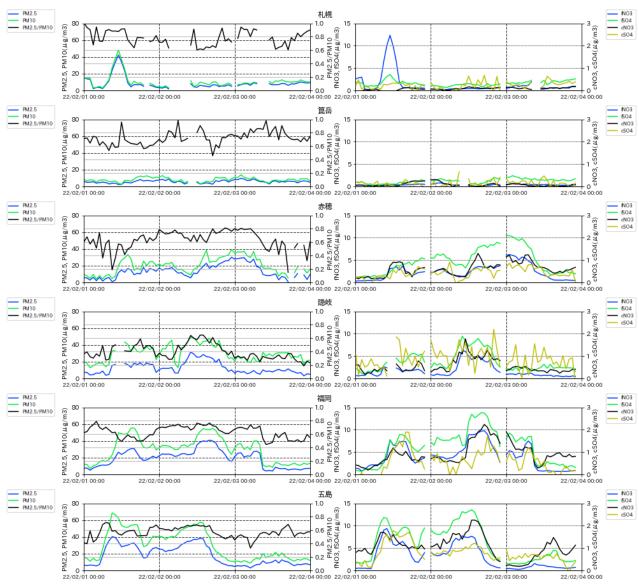


図 5-3-4-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

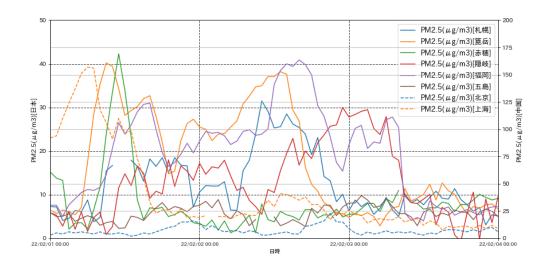


図 5-3-4-9 日本と中国での PM2.5 濃度

(5) 煙霧事例 5 2022 年 2 月 5 日

本事例は、2022 年 2 月 5 日に観測された煙霧で、全国 10 地点で煙霧が観測された(表 5-3-5-1、図 5-3-5-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-5-3)、日本での煙霧発生前に大陸では特に dust などは観測されていない。さらに CFORS においても、dust の日本への影響はないことが見て取れる(図 5-3-5-5)。 sulfate に関する結果は、先の事例同様、公開されていなかったため掲載していない。

図 5-3-5-6 にライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化を比較した結果を示す。5 日 0 時に長崎で SPM 濃度のピークが見られた。その他の地点では、ライダー黄砂消散係数・SPM 濃度のいずれも低い値 を保っており、目立った変動は見られなかった。PM2.5 濃度は、全国的に濃度が低く、 $10\mu g/m^3$ 以下の地点がほとんどであった(図 5-3-5-5-7)。

PM2.5/PM10 比の変化を図 5-3-5-8 に示したが、PM2.5/PM10 比はどの地点においても PM10 の上昇による低い値となっていない。これは事例 4 と同様、PM10 と PM2.5 が同期して変化しているためであると思われる。人為起源汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3 -については、煙霧観測日において札幌での微小粒子の NO_3 -以外では、福岡、五島で微小粒子の SO_4^{2-} 、 NO_3 -、粗大粒子の SO_4^{2-} が 2 月 5 日 0:00 前後に高い値をとる傾向にある。特に福岡においては微小粒子の SO_4^{2-} 、 NO_3 -の濃度が $10\mu g/m^3$ を超えていることがわかる。中国では、上海において煙霧観測日の 2 月 5 日に $80\mu g/m^3$ 程度となるが、顕著に高い値は見られない(図 5-3-5-9)。

以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊に、国内で発生したと考えられる人為起源汚染物質を 含んだ煙霧事例と考えられる。

 日付
 地点数
 観測地点名

 2022/2/5
 10
 長崎
 佐賀
 熊本
 稚内
 松江
 宮崎
 新潟
 秋田
 網走
 鳥取

表 5-3-5-1 煙霧観測地点

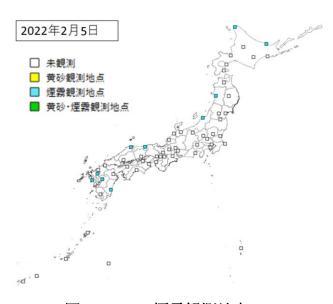


図 5-3-5-1 煙霧観測地点

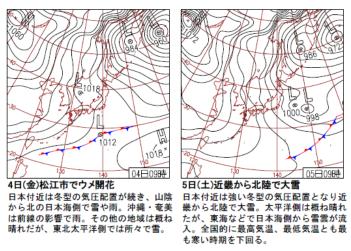


図 5-3-5-2 天気図

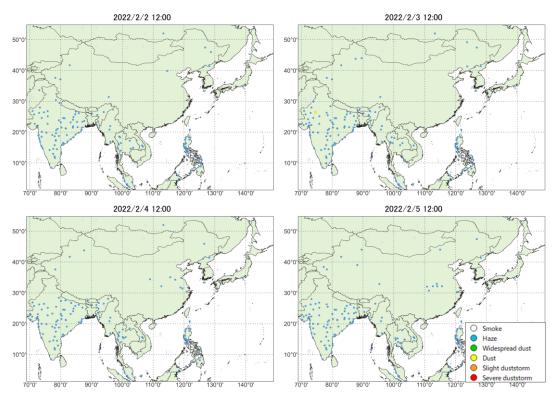


図 5-3-5-3 砂塵嵐発生状況

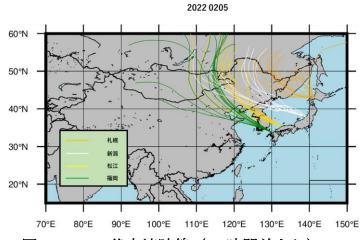
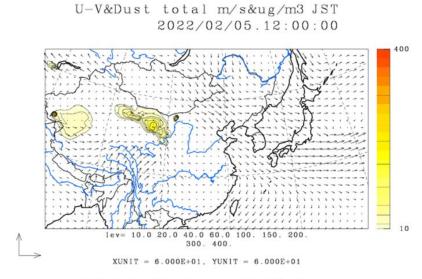


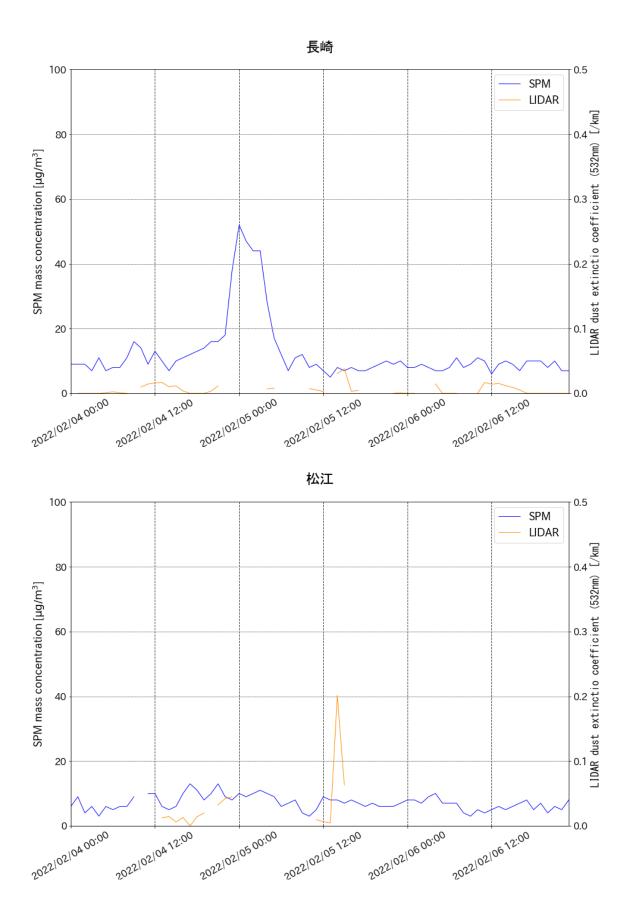
図 5-3-5-4 後方流跡線(72 時間前より)

各地点、各煙霧観測日の0:00 から23:00 までの2 時間ごと12 時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12 の後方流跡線が作図される。



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-5-5 CFORS 予測結果



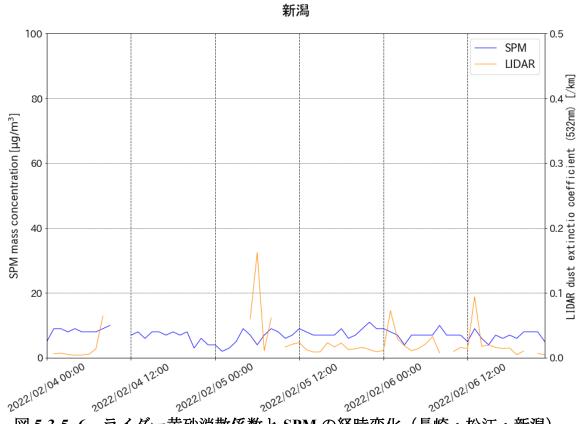


図 5-3-5-6 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(長崎・松江・新潟)

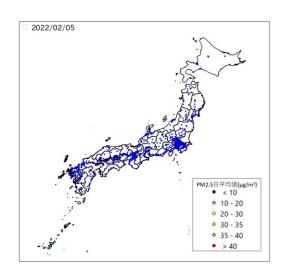


図 5-3-5-7 PM2.5 日平均值全国分布

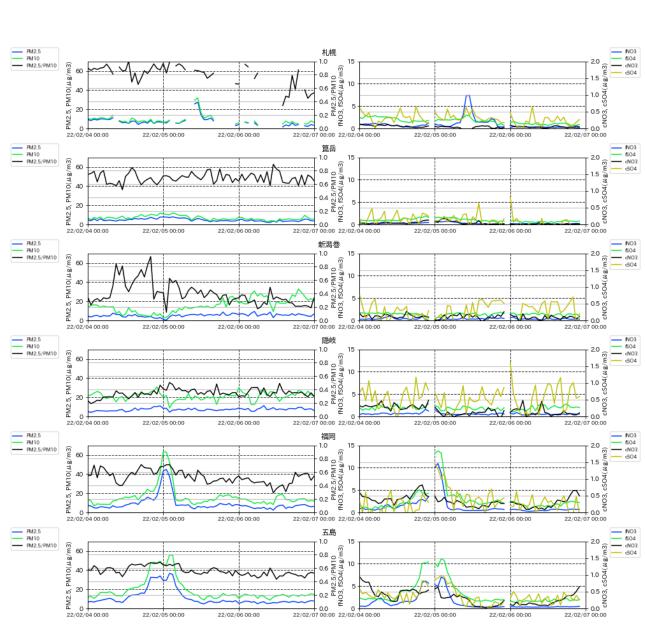


図 5-3-5-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

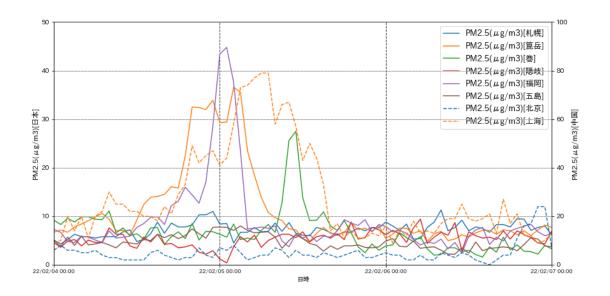


図 5-3-5-9 日本と中国での PM2.5 濃度

(6) 煙霧事例 6 2022 年 2 月 27 日

本事例は、2022 年 2 月 27 日に観測された煙霧で、全国 15 地点で煙霧が観測された(表 5-3-6-1、図 5-3-6-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-6-3)、dust などは発生していない。CFORS 予測結果からは、sulfate が日本へ影響を及ぼす様子が示されているものの、dust に関してはほぼ影響は見られない(図 5-3-6-5)。

図 5-3-6-6 にライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化の比較を示したが、黄砂消散係数には目立った変動は見られず、低い値を保っていた。SPM 濃度は、27 日午前に長崎及び福江において、急激に上昇し $80\mu g/m^3$ 近い値を示したが、それ以降は再び低い値となっている。新潟での SPM 濃度は、増減しながら、 $20\mu g/m^3$ 近い値をとる傾向が見られている。PM2.5 濃度は、西日本では $10\sim 20\mu g/m^3$ となっていたものの、東日本では $10\mu g/m^3$ 以下となる地点がほとんどであった(図 5-3-6-7)。

図 5-3-6-8 に PM2.5/PM10 の変化を示したが、PM2.5/PM10 比は煙霧観測日において顕著に低下している様子は見られない。人為起源汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3 -については札幌、新潟巻において 2 月 27 日 0:00 前後に全てのイオン成分の濃度が高くなる傾向にある。また、福岡においては粗大粒子の SO_4^{2-} と NO_3 -、五島においては全イオン成分の濃度が 2 月 27 日 5:00 前後に高いピークとなっていることが見て取れる。特に福岡における粗大粒子の NO_3 -の濃度のピークは $5.4\mu g/m^3$ 、五島における微小粒子の NO_3 -の濃度ピークは $24.3\mu g/m^3$ と高い値となっている。

北京においては煙霧観測目前日の 2 月 26 日 0:00 ころ、上海においては 27 日 0:00 過ぎに PM2.5 濃度 が $100\mu g/m^3$ を超える値となっている。(図 5-3-6-9)。

以上から、本事例は、大陸から飛来した空気塊に、国外で発生したと思われる人為起源汚染物質を含んだ弱い煙霧事例と考えられる。

表 5-3-6-1 煙霧観測地点

日付	地点数	観測地点名									
2022/2/27	15	稚内	函館	網走	下関	長崎	福岡	金沢	松江	松山	佐賀
		熊本	大分	鹿児島	札幌	名瀬					

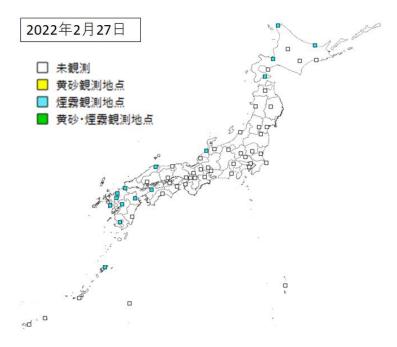
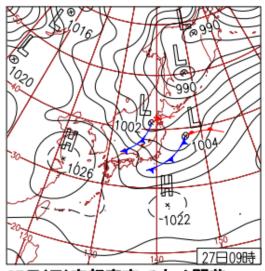


図 5-3-6-1 煙霧観測地点



27日(日)宇都宮市でウメ開花

低気圧が日本の東と北日本を東進。 東〜北日本の日本海側を中心に雪や 雨。その他の地域は東シナ海の高気 圧に覆われ概ね晴れ。東〜北日本は 最高気温が4月中旬並の所も。

図 5-3-6-2 天気図

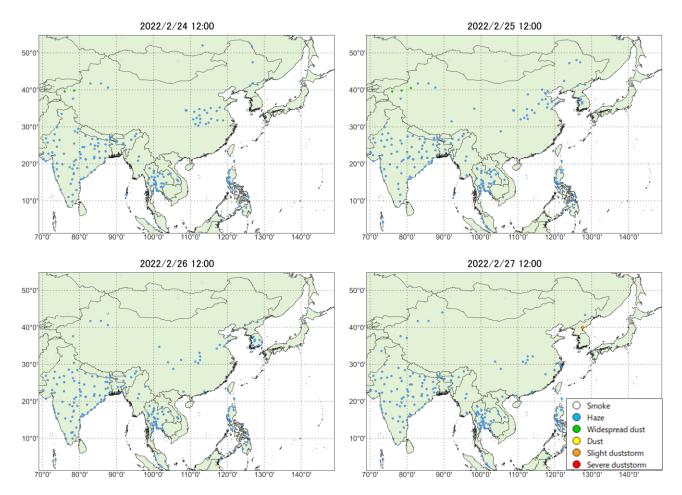
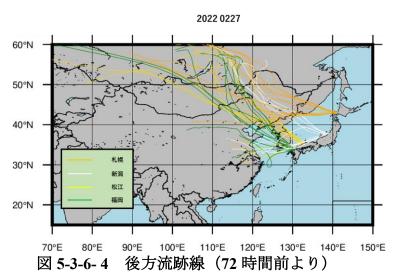
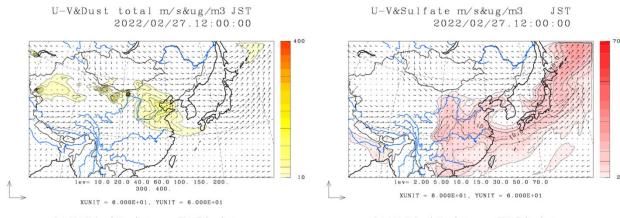


図 5-3-6-3 砂塵嵐発生状況



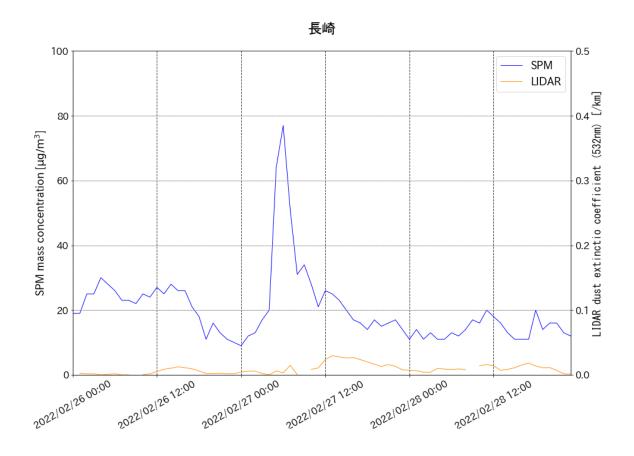
各地点、各煙霧観測日の0:00 から23:00 までの2時間ごと12時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12の後方流跡線が作図される。

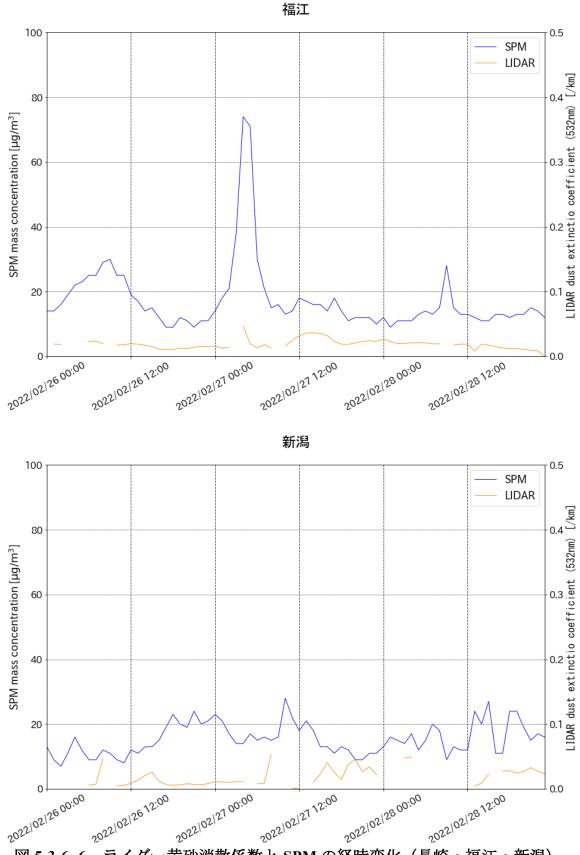


©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-6-5 CFORS 予測結果





ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(長崎・福江・新潟)

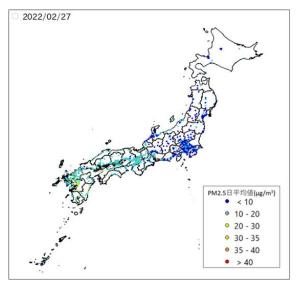


図 5-3-6-7 PM2.5 日平均值全国分布

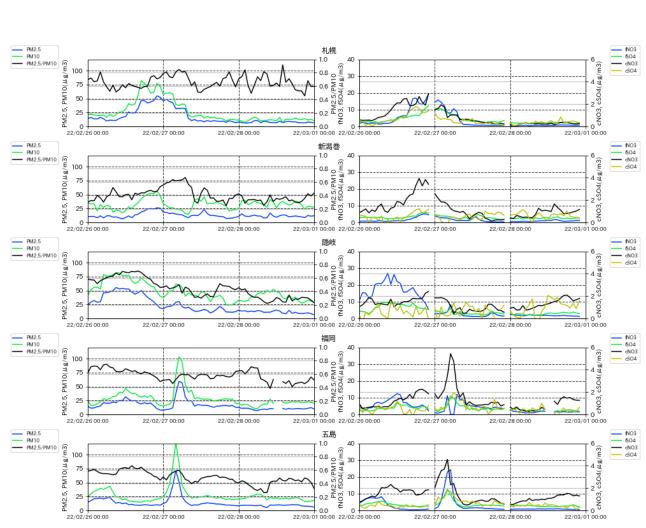


図 5-3-6-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

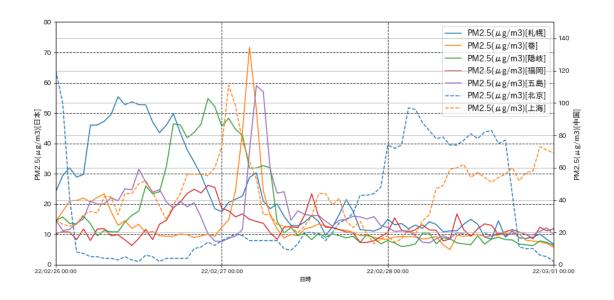


図 5-3-6-9 日本と中国での PM2.5 濃度

(7) 煙霧事例 7 2022 年 3 月 2 日

本事例は、2022 年 3 月 2 日に観測された煙霧で、全国 16 地点で煙霧が観測された(表 5-3-7-1、図 5-3-7-1)。

この期間の大陸の状況を見ると(図 5-3-7-3)、dust などは発生していない。CFORS における予測結果からも、dust の日本への影響は小さいことが見て取れる(図 5-3-7-5)。一方、sulfate に関しては、大陸から日本全域に影響を及ぼしている様子が確認できる。

図 5-3-7-6 にライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化の比較を示す。黄砂消散係数には変動は見られず、低い値を保っていた。SPM 濃度も、福江において 2 日 0 時にやや値が上昇した他は、低い傾向であった。PM2.5 濃度は、近畿地方でやや高く、 $20\sim30\mu g/m^3$ となった地点があるものの、全国的には濃度は低い傾向にあった(図 5-3-7-7)。

図 5-3-7-8 から PM2.5/PM10 比はどの地点においても煙霧観測日の3月2日に PM10 の上昇による低い値は見られなかった。煙霧観測日における3月2日の人為起源汚染物質については大阪での微小粒子の NO $_3$ ⁻、隠岐での粗大粒子の NO $_3$ ⁻の濃度がそれぞれ、20 μ g/m³ に近い値、2 μ g/m³~3 μ g/m³ と高い値を維持している。それ以外では赤穂、福岡、五島で煙霧観測日の前日からまたは当日において全てのイオン成分で濃度のピークをとる傾向となっている。特にそれら3地点で粗大粒子の NO $_3$ ⁻濃度ピークが4 μ g/m³ 以上となっている。また、全地点で見ると粗大粒子の NO $_3$ ⁻濃度の変化が東進しているように見える。

また、上海においては、日本での煙霧が観測され前日の 3 月 2 日に PM2.5 濃度が約 $120\mu g/m^3$ とやや高くなっている様子が見られる(図 5-3-7-9)。

以上から、本事例は、西日本では大陸から飛来した空気塊にモンゴルで発生した dust と人為起源汚染物質を含んだ煙霧事例と考えられ、東日本では大陸からの影響を受けているものの、dust、人為起源汚染物質のどちらの影響も少ない煙霧事例であると考えられる。

観測地点名 日付 地点数 長崎 大分 下関 福岡 宮崎 鹿児島 京都 広島 徳島 高松 2022/3/2 16 岡山 稚内 松江 神戸 水戸 名瀬

表 5-3-7-1 煙霧観測地点

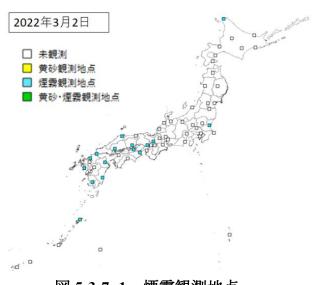
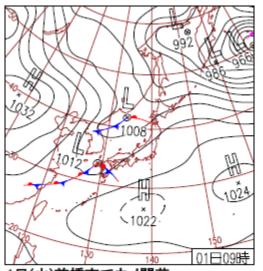
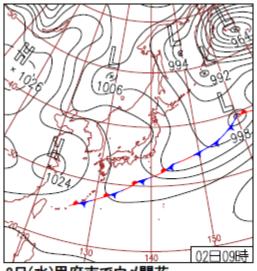


図 5-3-7-1 煙霧観測地点



1日(火)前橋市でウメ開花

西日本と日本海北部の前線を伴った低気 圧は東進。西から次第に曇って全国で雨 や雪。各地で最高・最低気温ともに最も 寒い時期を下回る。前橋市でウメ開花、 平年より23日遅い。



2日(水)甲府市でウメ開花

冬型の気圧配置となり、日本海側雪。北海道千歳で日最深積雪87cmと観測史上1位。日本海側を除いて概ね晴れ。沖縄~東日本の太平洋側では最高気温が4月上旬並の所も。

図 5-3-7-2 天気図

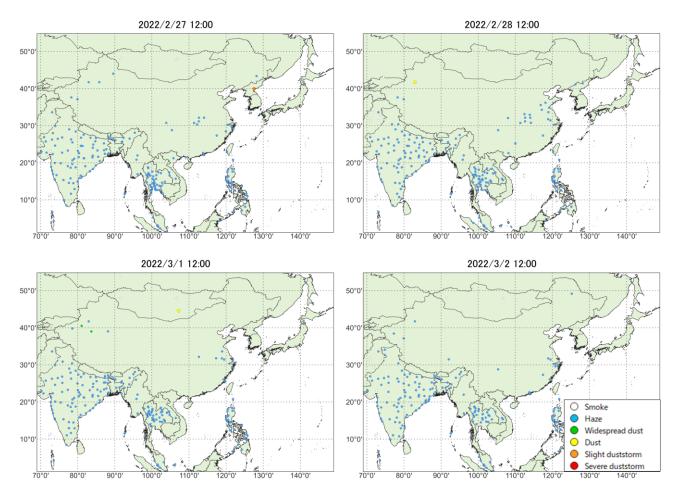
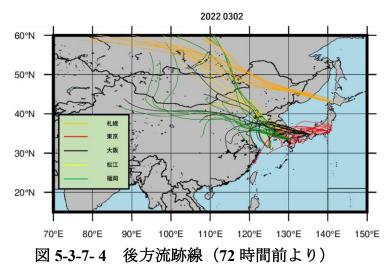


図 5-3-7-3 砂塵嵐発生状況



各地点、各煙霧観測日の0:00 から23:00 までの2時間ごと12時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある煙霧観測日のある地点からは、12の後方流跡線が作図される。

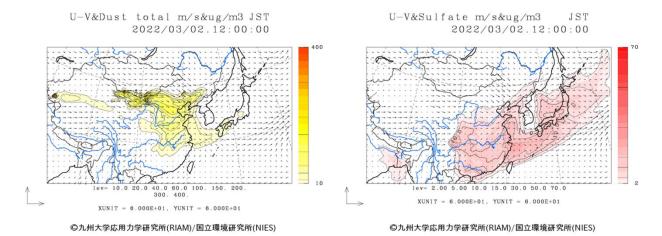
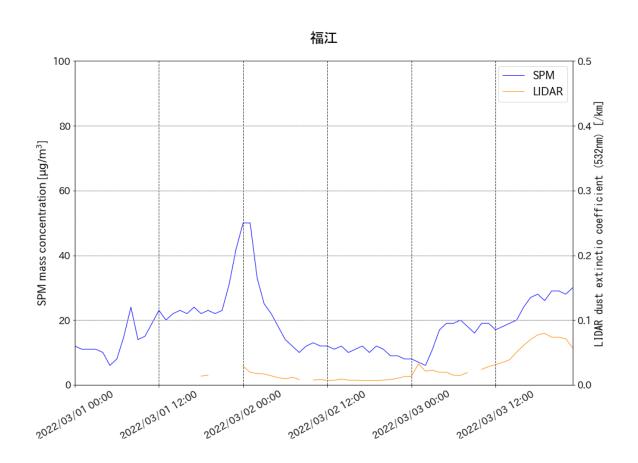
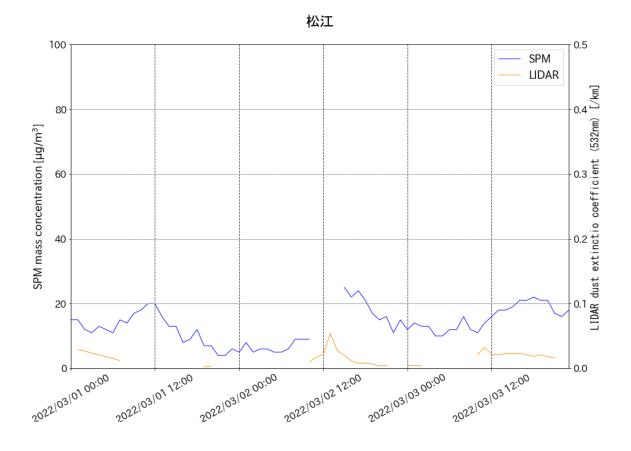
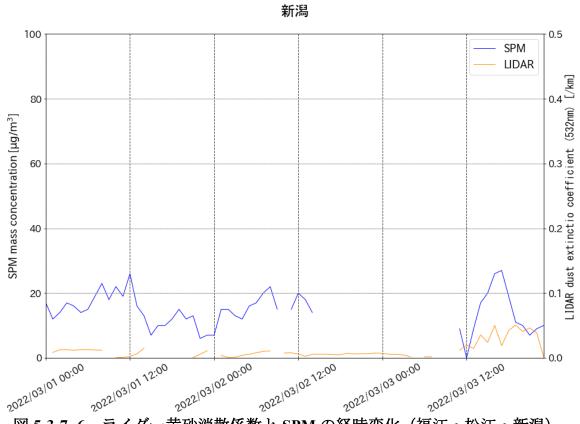


図 5-3-7-5 CFORS 予測結果







ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(福江・松江・新潟)

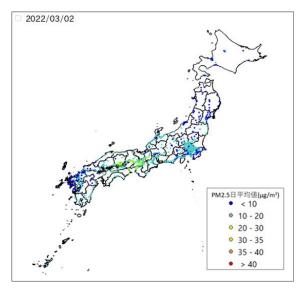


図 5-3-7-7 PM2.5 日平均値全国分布

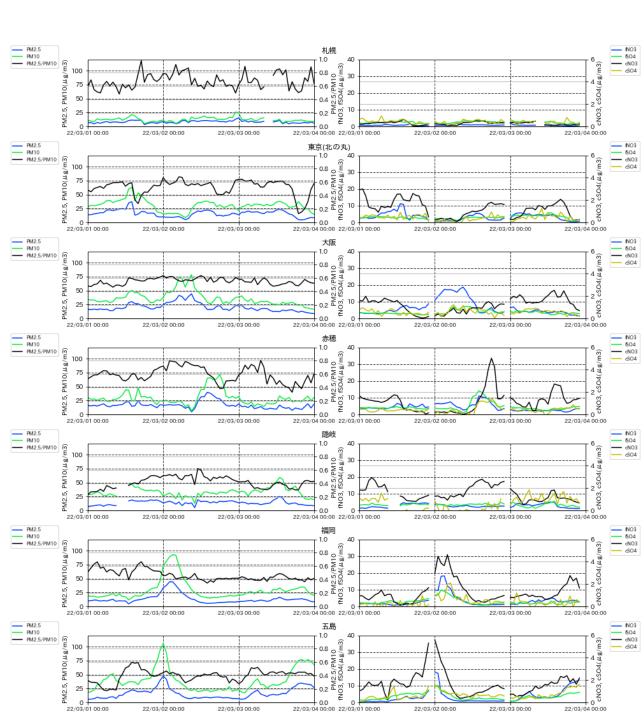


図 5-3-7-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

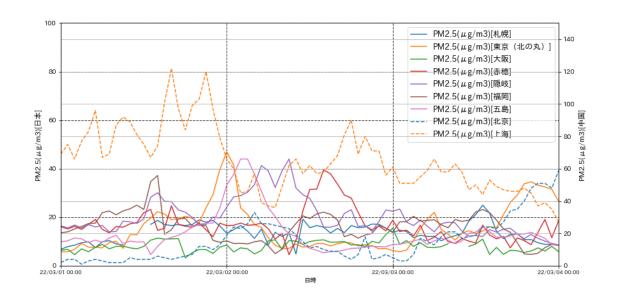


図 5-3-7-9 日本と中国での PM2.5 濃度