

4 2019年度における黄砂日の事例解析

4.1 黄砂日の事例解析

黄砂は、気象庁によると「主として、大陸の黄土地帯で吹き上げられた多量の砂の粒子が空中に飛揚し天空一面を覆い、徐々に降下する現象」と定義されており、気象台では目視によって黄砂現象を判断している。以前は、視程が10km未満となるような黄砂現象を記録していたが、1989年以降、視程が10km以上であっても明らかに黄砂と判定できる場合は黄砂と記録されている。一般に、日本へ飛来する黄砂は、大陸の黄土地帯で低気圧が発生して巻き上げられた砂塵が、日本付近にある前線の東への移動に伴って地上付近へ降下し視程の低下をもたらしているケースが多い。

黄砂は、個々の事例によって、発生位置、経路、拡がり、濃さ、成分など様々な形態が考えられる。これらはそれぞれ異なった様相を呈しており、またその特徴にも違いがみられる。年度別に各黄砂事例の解析を行っており、黄砂飛来時には、おおむね次のような特徴がみられる。

- ・ 後方流跡線がモンゴル付近から連続する大気の流れを示す
- ・ 日本で黄砂が観測される数日前に、大陸の黄土地帯で砂塵嵐の発生がみられる
- ・ 気圧配置で、日本南岸に前線が延びている
- ・ ライダーの黄砂消散係数とSPM濃度が同時に上昇する
- ・ SPM濃度が多地点で同時に上昇する
- ・ CFORS（Chemical weather FORecasting System）の「土壌性ダスト(黄砂)」（dust）の予想分布で黄砂の飛来が予測されている
- ・ PM2.5/SPMの比が小さくなる（粗大粒子の割合が大きくなる）

これまでの調査に引き続き、2019年度における黄砂日の事例について、多角的に解析を行い、その状況を明らかにする。解析の項目は、黄砂観測地点、気象概況（天気図・大陸における砂塵嵐の発生）、SPM濃度全国分布、後方流跡線、CFORSの予測結果、ライダー観測結果、PM2.5日平均全国分布、PM2.5/SPMの比、SO₂濃度などである。また、これらの項目から黄砂の規模や大気汚染物質の混在状況などを視覚的に把握しやすいようにレーダーチャート（図4-2-1）による評価を実施した。

4.2 解析手法

(1) 黄砂観測地点

黄砂観測地点は、気象台が黄砂を観測したと発表した地点を示した。また、黄砂現象の規模の相対的な比較の目安とするために、黄砂を観測した都道府県の全測定局のSPM濃度日平均値を平均した値に、観測した都道府県数を乗じた積算値（以下、「黄砂規模」という。）を算出した。

(2) 気象概況

気象概況（天気図）は、気象庁のホームページから天気図と天気概況を引用した。

(3) SPM濃度全国分布

SPM濃度全国分布は、全国で行われている常時監視局のSPM測定データから黄砂観測日の濃度を地図上に示した。今年度は、SPM濃度の時間的・空間的变化を確認するため、3時間毎の地図を作成した。

(4) アジア域における気象状況

WMO のデータを基に、東アジアでの砂塵嵐の発生について地図上に表示した。

(5) 後方流跡線

後方流跡線は、アメリカ NOAA の HYSPLIT により気象データ GDAS を使い計算した。起点は、黄砂が観測された地点を考慮して決め、後方 72 時間とした。出発高度は、SPM 濃度との関連を評価するため地表面に近い 500m とし、流跡線を地図上に表示するとともに到達高度の時間変化を示した。

(6) CFORS

CFORS (Chemical weather FORecasting System) は、九州大学応用力学研究所の鶴野らによって開発された化学物質輸送領域数値モデルである。本報告書内の図は、国立環境研究所で運用しているバージョン 18(RIAM/NIES・CFORS) によるもので、黄砂飛来時に予測された黄砂等土壌性ダストと硫酸塩の高度 0~1km における平均重量濃度の推定分布を表示している。

(7) ライダー

ライダー観測結果は、国立環境研究所公開のライダー観測結果でみることができる。国立環境研究所ではライダー観測結果から非球形粒子（黄砂）と球形粒子（大気汚染性エアロゾル）の消散係数を算出し、そのデータを公開している。これは、黄砂モニタリングのため 532nm の偏光解消度を利用して、非球形の黄砂と球形の大気汚染性エアロゾルを分離して、それぞれの散乱への寄与を推定したものである。数値データとして示されている消散係数(/km)は、光が物質に衝突し物質への吸収や散乱によって単位長さ当たりに消失する割合である。この非球形粒子の消散係数（以下、「黄砂消散係数」という。）のうち、下層である 150m~270m のデータを 1 時間毎に平均したものを経時変化グラフとして示した。さらに、下層での黄砂消散係数と SPM 時間値を経時変化グラフで表し、その類似性を検討した。

(8) PM2.5 日平均濃度

PM2.5 日平均濃度による評価には全国分布図を作成し、微小粒子による汚染の拡がりを見た。PM2.5 濃度は、全国の常時監視局で測定しているものを使用した。また、PM2.5 濃度、SPM 濃度及び PM2.5/SPM の比の経時変化をグラフで表し、粗大粒子と微小粒子の比をみることで、黄砂の影響を観察した。

(9) 硫酸・硝酸イオン等の大気汚染物質

SO₄²⁻（硫酸イオン）、NO₃⁻（硝酸イオン）は大気汚染物質の飛来を観察するために、それぞれの 1 時間値を随時使用する。用いるデータは環境省で配備された ACSA-14 のデータとした。

(10) PM2.5 自動測定器 ACSA-14 の活用

環境省では、PM2.5 成分自動測定機を全国の複数地点に配置し、2017 年 4 月から継続的な測定を開始している。PM2.5 成分自動測定機のうち、ACSA-14(以下、「ACSA」という。)では、全国 10 地点において、PM2.5 中の SO₄²⁻や NO₃⁻（硝酸イオン）などの 1 時間値を測定している。さらに、本装置で

はPM10も測定しており、粗大粒子（PM10-2.5）の成分も同時に出力される。

本調査では、ACSAのデータのうち、PM2.5、PM10、SO₄²⁻、NO₃⁻を使用するものとし、微小粒子（PM2.5）と粗大粒子（PM10-2.5）の成分が区別できるよう、表4-2-1に従って表記する。

表4-2-1 本調査で使用する成分

| | 硫酸イオン | 硝酸イオン |
|------------------------|--|---|
| 微小粒子側の成分 (PM2.5) | f SO ₄ ²⁻ (図表中では f SO4 と表記) | f NO ₃ ⁻ (図表中では f NO3 と表記) |
| 粗大粒子側の成分 (PM10-2.5) | c SO ₄ ²⁻ (図表中では c SO4 と表記) | c NO ₃ ⁻ (図表中では c NO3 と表記) |

(11) レーダーチャートによる評価

図4-2-1に示すようなレーダーチャートによる黄砂の評価を行った。すなわち、表4-2-2に示すように、数値をもとに分類するもの6項目、図から分類するもの8項目について、それぞれ満点を6として点数化し、黄砂項目と大気汚染項目に分けて合計点数を算出する。さらに合計点数を満点で除し、それぞれの指標とする。この指標が典型的な黄砂の状況との差、および汚染質混在の影響の大きさの程度を測る目安となる。

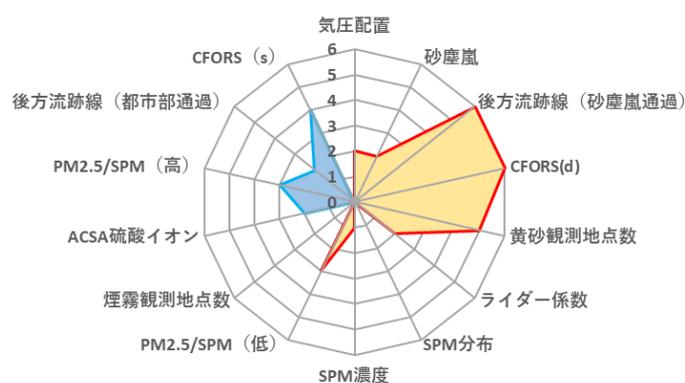


図4-2-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート（例）

表 4-2-2 各項目の点数化一覧表

| 項目名 | 点 数 | | | | | | |
|---------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 黄砂観測地点数 | >6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| SPM 濃度 | >300 | 200~300 | 150~200 | 100~150 | 50~100 | 20~50 | >20 |
| PM2.5/SPM (低) | <0.4 | 0.4~0.5 | 0.5~0.6 | 0.6~0.7 | 0.7~0.8 | 0.8~0.9 | >0.9 |
| 煙霧観測地点数 | >30 | 20~30 | 15~20 | 10~15 | 5~10 | 0~5 | 0 |
| PM2.5/SPM (高) | >0.9 | 0.8~0.9 | 0.7~0.8 | 0.6~0.7 | 0.5~0.6 | 0.4~0.5 | <0.4 |
| ACSA 硫酸イオン | >30 | 25~30 | 20~25 | 15~20 | 10~15 | 5~10 | <5 |

| 項目名 | 点 数 | | | |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------|
| | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 気圧配置 | ◎ (日本南岸近くに前線がある) | ○ (日本南岸に前線がある) | △ (日本周辺に前線がある) | × (左記以外) |
| 砂塵嵐 | ◎ (観測前に大陸で severe や slight が集中的に見られる) | ○ (観測前に大陸で severe や slight が見られる) | △ (観測前に大陸で slight が見られる) | × (左記以外) |
| SPM 分布 | ◎ (全国で分布) | ○ (日本海側で分布) | △ (散発的に分布) | × (左記以外) |
| CFORS(d) | ◎ (日本に dust 分布の高濃度帯がある) | ○ (日本に dust 分布がある) | △ (日本に dust 分布がわずかにある) | × (左記以外) |
| ライダー係数 | ◎ (複数地点で黄砂消散係数が高く、SPM 変動と同期) | ○ (黄砂消散係数はやや高く、SPM 変動と同期) | △ (黄砂消散係数はやや高い) | × (左記以外) |
| 後方流跡線 (砂塵嵐通過) | ◎ (砂塵嵐発生地域を直線的に通過) | ○ (砂塵嵐発生地域の付近を通過) | △ (砂塵嵐発生地域からやや逸れて通過) | × (左記以外) |
| 後方流跡線 (都市部通過) | ◎ (中国沿岸部を直線的に通過) | ○ (中国沿岸部付近を通過) | △ (中国沿岸部からやや逸れて通過) | × (左記以外) |
| CFORS(s) | ◎ (日本に sulfate 分布の高濃度帯がある) | ○ (日本に sulfate 分布がある) | △ (日本に sulfate 分布がわずかにある) | × (左記以外) |

4.3 黄砂の観測事例

解析対象は、令和元年度に気象台が観測した黄砂の4事例(計8日)である(表4-3-1)。PM2.5/SPMは、黄砂時に低い値を示す傾向にある。黄砂時のPM2.5/SPMの値をまとめる。また、PM2.5成分自動測定機では、PM10を測定しているため、上記に併せて、黄砂時のPM2.5/PM10をまとめる。

PM2.5/SPMについては、2019年の黄砂事例でその値は0.65から0.78で10月30日の値が最も低く、4月16日の値が最も高かった。

これに加えて、ACSA-14によるPM2.5/PM10の値は、2019年の黄砂事例で0.32から0.44であった。

表 4-3-1 2019 年度の黄砂日一覧 (SPM および PM2.5 濃度 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| 事例 | No. | 期日 | | | 黄砂の規模 | | | | PM2.5 平均 濃度 | PM2.5/SPM | PM2.5/PM10 | |
|----|-----|------|----|----|-------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-----------|------------|-----------------|
| | | 年 | 月 | 日 | 地 点 数 | SPM 平均 濃度 | 県 数 | SPM 積算 | | | | SPM 積算 合計 |
| 1 | 1 | 2019 | 4 | 6 | 4 | 28.05 | 4 | 112.20 | 208.32 | 20.59 | 0.74 | 0.42 |
| | 2 | 2019 | 4 | 7 | 3 | 32.04 | 3 | 96.12 | | 23.90 | 0.77 | 0.44 |
| 2 | 3 | 2019 | 4 | 16 | 1 | 17.14 | 1 | 17.14 | 17.14 | 13.21 | 0.78 | 0.40 |
| 3 | 4 | 2019 | 5 | 2 | 1 | 38.08 | 1 | 38.08 | 38.08 | 28.39 | 0.75 | 0.32 |
| 4 | 5 | 2019 | 10 | 30 | 4 | 30.17 | 4 | 120.68 | 240.24 | 19.37 | 0.65 | 0.38 |
| | 6 | 2019 | 10 | 31 | 1 | 38.86 | 1 | 38.86 | | 25.62 | 0.66 | 0.39 |
| | 7 | 2019 | 11 | 1 | 1 | 33.77 | 1 | 33.77 | | 22.00 | 0.70 | 0.33 |
| | 8 | 2019 | 11 | 2 | 1 | 46.93 | 1 | 46.93 | | 31.00 | 0.71 | 0.36 |

※「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。表 4-3-

※「PM2.5/PM10」について各日以下の平均をとった。

2019 年 4 月 6 日 : 名古屋、大阪、広島、高松での観測のため名古屋、大阪、赤穂、福岡の平均

2019 年 4 月 7 日 : 名古屋、大阪、広島での観測のため名古屋、大阪、赤穂、福岡の平均

2019 年 4 月 16 日 : 大阪でのみの観測のため名古屋、大阪、赤穂の値

2019 年 5 月 2 日 : 鹿児島での観測のため五島、福岡の平均

2019 年 10 月 30 日 : 名古屋、大阪、広島、高松での観測のため名古屋、大阪、赤穂、福岡の平均

2019 年 10 月 31 日 : 大阪での観測なので名古屋、大阪、赤穂の平均

2019 年 11 月 1 日、2 日 : 福岡での観測なので五島、福岡の平均

4.4 黄砂日の解析結果

(1) 黄砂事例1 2019年4月6日～7日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-1-1 に示すとおりである。4 月 6 日に本州の名古屋以西の 3 地点と高松の 4 地点であったものが、翌日 4 月 7 日には本州の名古屋以西の 3 地点となった。

天気図(図 4-4-1-3) をみると、前線が黄砂観測の前日に日本海に位置し、西日本では西風となっている。その後、前線は 4 月 6 日から 7 日にかけて日本を東進し、7 日には日本の北東沖に位置している。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布は、4 月 6 日には $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が 12 時頃まで瀬戸内の地域を東方に広がっている様子が見られる(図 4-4-1-4)。その後、その広がり小さくなるが、4 月 7 日 12 時ごろから 21 時頃まで再び瀬戸内を東方へ広がっている様子が見える。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況を見ると(図 4-4-1-5)、4 月 4 日に黄土地帯において Dust が、5 日、6 日には Slight Duststorm が発生している。この時の気流の状況について、後方流跡線で確認したところ、富山、松江、大阪、福岡の複数地点において、大陸の砂塵嵐発生地域からの経路を示しており、大陸からの移流があったことが示唆された(図 4-4-1-6)。さらに、CFORS においても、dust に関して大陸からの影響が西日本、名古屋周辺などに影響を及ぼしている様子を示している(図 4-4-1-7)。

ライダー黄砂消散係数(図 4-4-1-8) は、黄砂が観測された大阪、観測された 4 地点に近い松江において 4 月 5 日から 6 日にかけて上昇を始め、4 月 7 日にかけての高い値を維持している状況が見て取れる。またライダー黄砂消散係数と周辺の常時監視局における SPM の時間値とを対比させると、ライダーの上昇する時刻の方がやや早く見られる。また、この 2 日間は、PM2.5 の日平均値(図 4-4-1-8) も黄砂観測地点周辺で上昇しており、環境基準値を超える値を示す地点もみられている。

また、図 4-4-1-9 に示した PM2.5/SPM 比の全国分布では、黄砂が観測されていない関東地方にも、PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下である地点が散見される。そのため確認として、PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM2.5、SPM それぞれの日平均値を表 4-4-1-2 にまとめた。4 月 6 日は、計 4 地点で PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下となったが、SPM の日平均値そのものは高い数値はしめしておらず、PM2.5 の日平均値が小さいことにより、比の値が 0.3 以下となったと考えられる。

人為起源系汚染物質については、4 月 6 日に赤穂、福岡で、4 月 7 日に名古屋、大阪、赤穂、福岡で fSO_4^{2-} が $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える値を示した程度である(図 4-4-1-10)。また両者ともその上昇後には濃度は下降に転じており、黄砂と大気汚染物質が混在した様子は少ないと思われる。

なお、北京、瀋陽での本事例前の 4 月 4 日における PM2.5 濃度の 1 時間値では、それぞれ一時 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度が数時間にわたって見られる(図 4-4-1-11)。

また、図 4-4-1-12 に黄砂日前後における PM10、 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} 、湿度の経時変化を示す。 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} については PM10 の値と比較し非常に小さいため、その値を 5 倍して表示してある。黄砂の観測された地点またはそれに近い名古屋、大阪、赤穂で黄砂観測日の湿度は低くなる時間帯が何度か見られ、大陸の乾いた空気によることを示唆し、その時に PM10 も上昇しているように見える。

以上の通り、本事例は人為起源系汚染物質の上昇が黄砂観測地点周辺でみられたものの、全国的には人為起源系汚染物質の混在が少ない黄砂が、本州西日本、四国、名古屋周辺に影響を及ぼした事例であった。

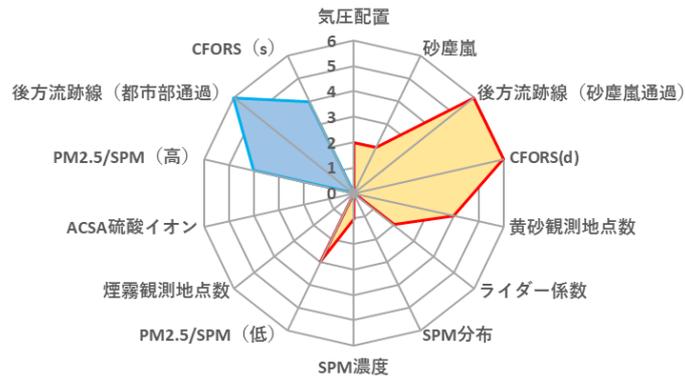


図 4-4-1-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-1-1 黄砂観測地点

| 日付 | 地点数 | 観測地点名 | | | |
|------------|-----|-------|----|----|----|
| 2019/04/06 | 4 | 名古屋 | 広島 | 大阪 | 高松 |
| 2019/04/07 | 3 | 名古屋 | 広島 | 大阪 | |

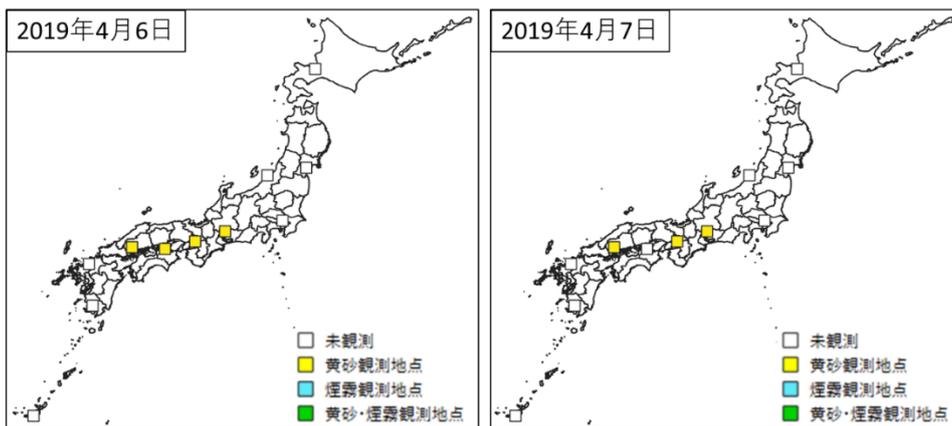


図 4-4-1-2 黄砂観測地点

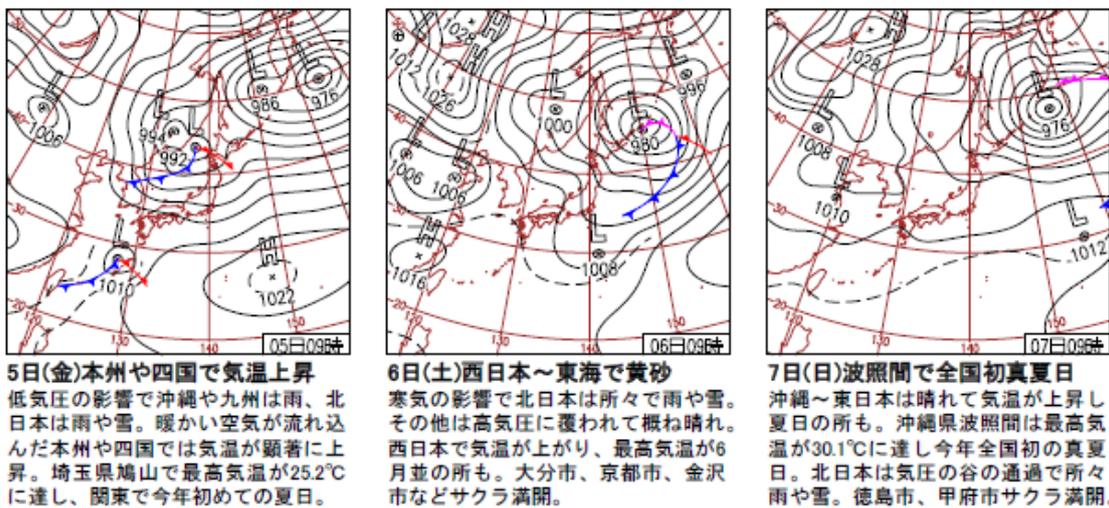
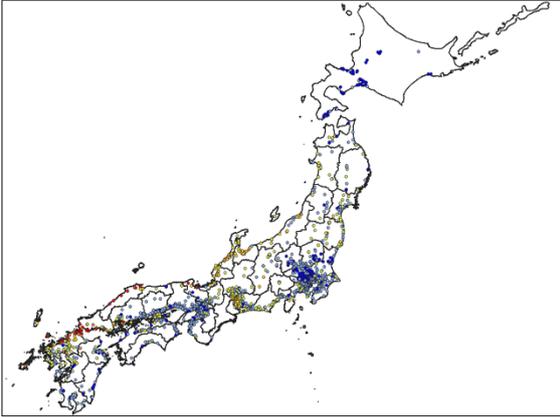
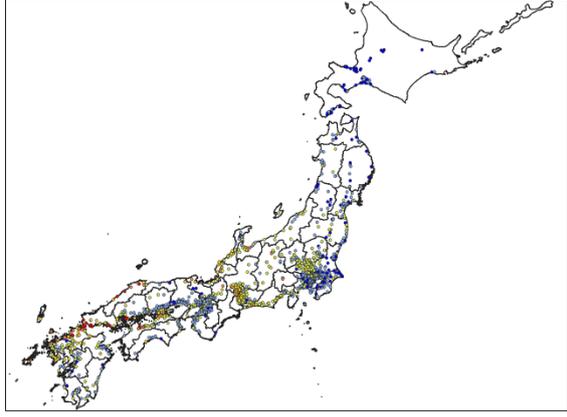


図 4-4-1-3 天気図

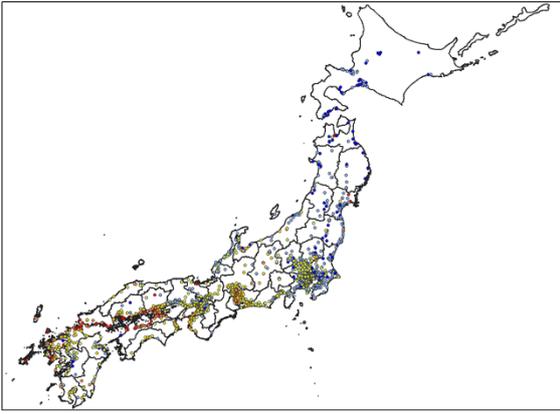
2019年4月6日 3時



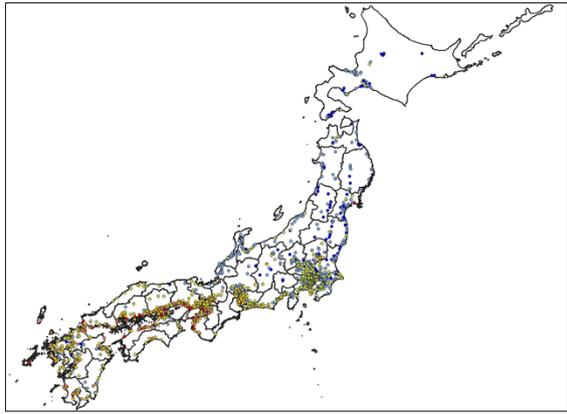
2019年4月6日 6時



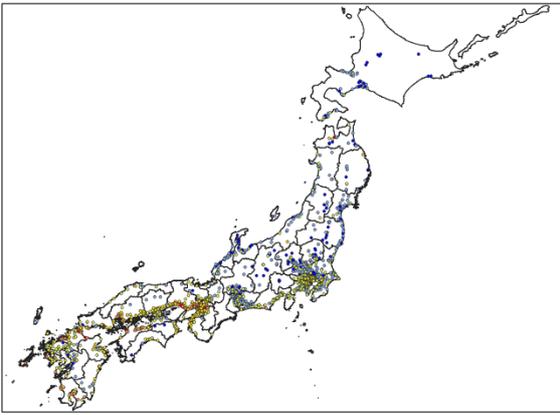
2019年4月6日 9時



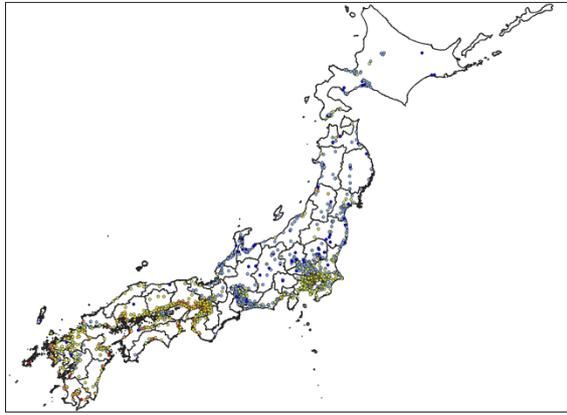
2019年4月6日 12時



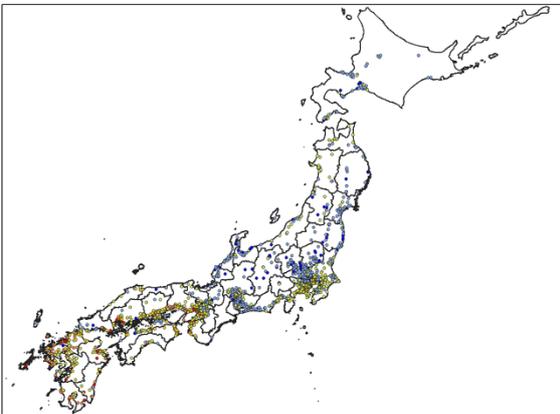
2019年4月6日 15時



2019年4月6日 18時



2019年4月6日 21時



2019年4月6日 24時

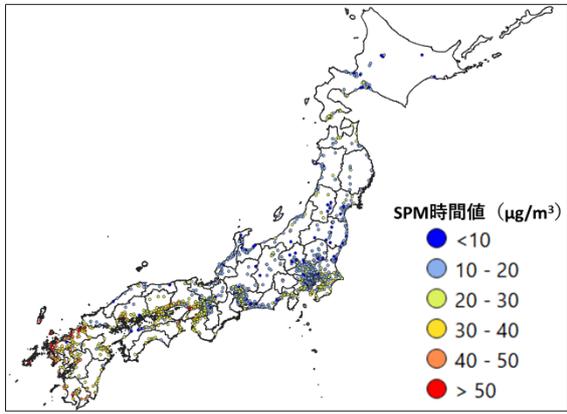
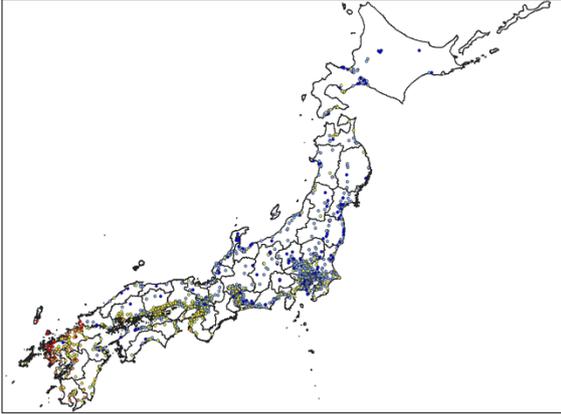
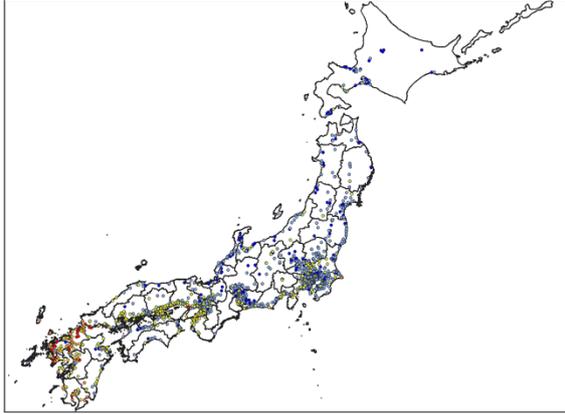


図 4-4-1-4(1) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019年4月7日)

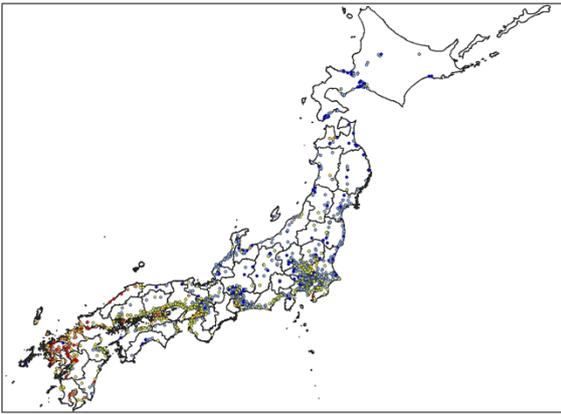
2019年4月7日 3時



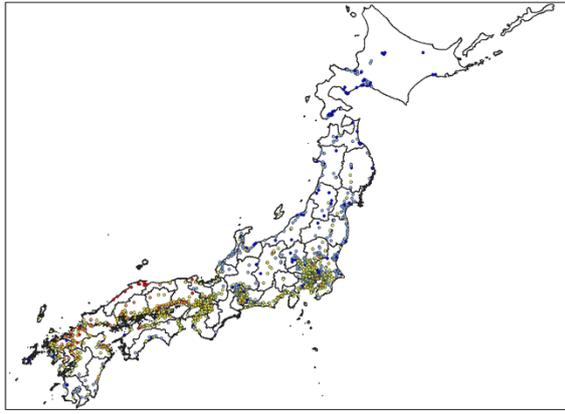
2019年4月7日 6時



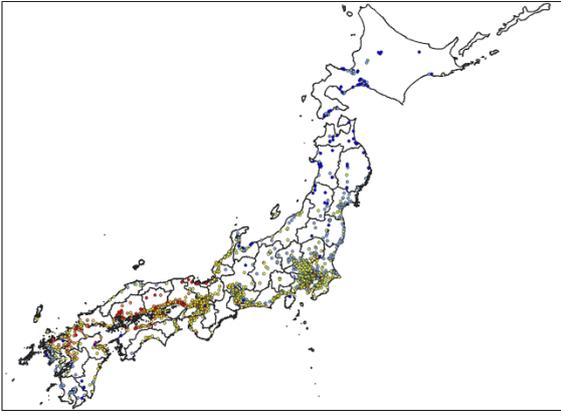
2019年4月7日 9時



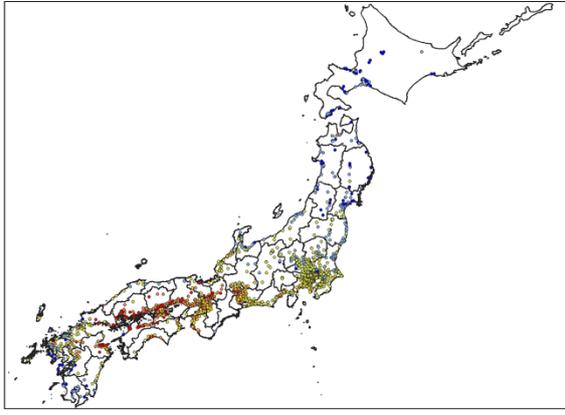
2019年4月7日 12時



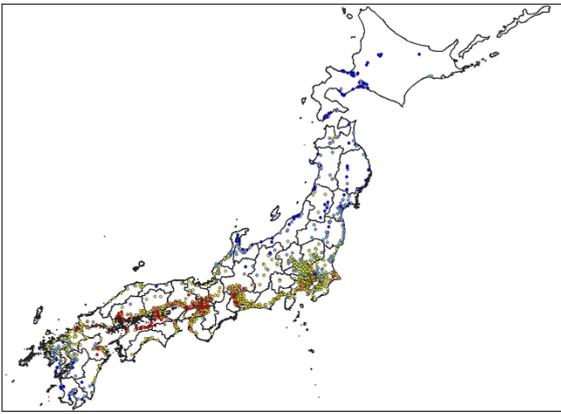
2019年4月7日 15時



2019年4月7日 18時



2019年4月7日 21時



2019年4月7日 24時

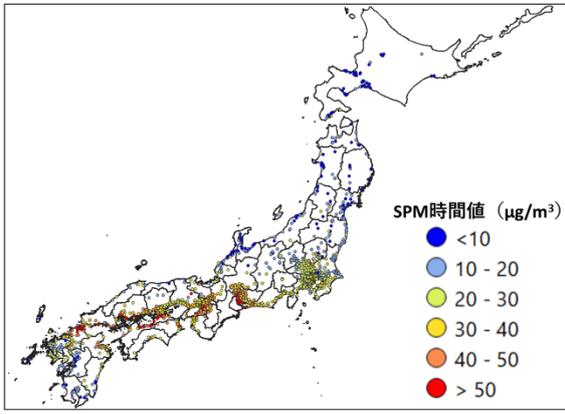


図 4-4-1- 4(2) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 4 月 7 日)

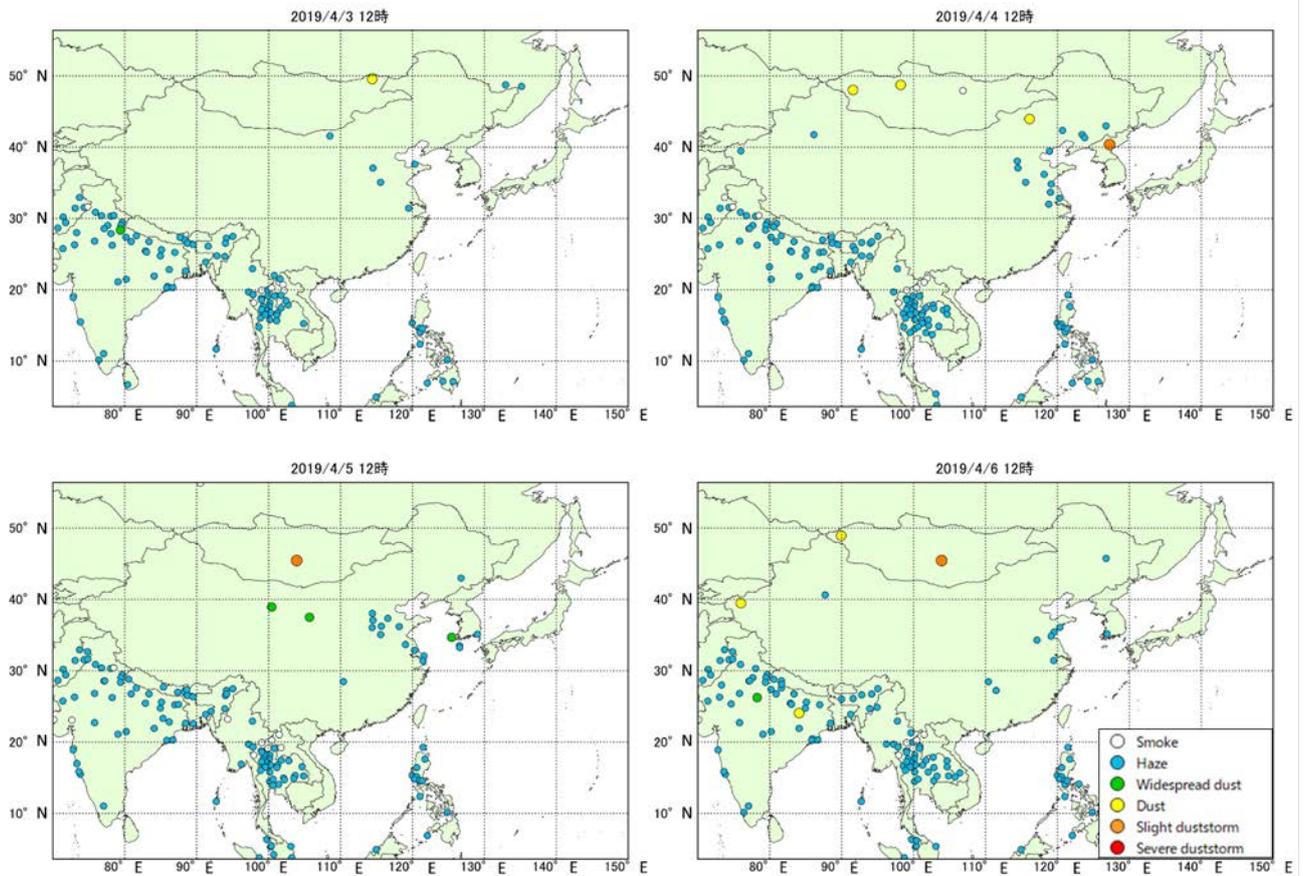


図 4-4-1-5 砂塵嵐発生状況

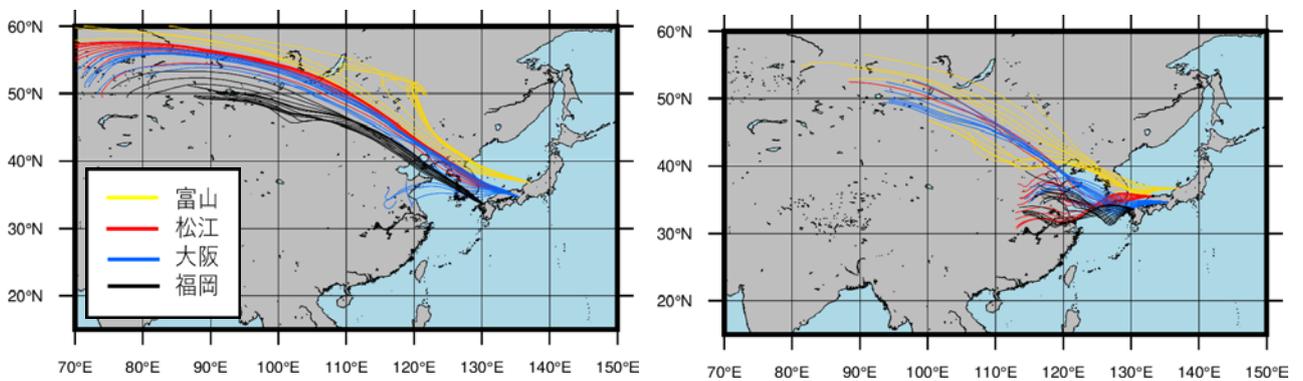


図 4-4-1-6 後方流跡線 (左：4月6日、右：4月7日、いずれも72時間前より)

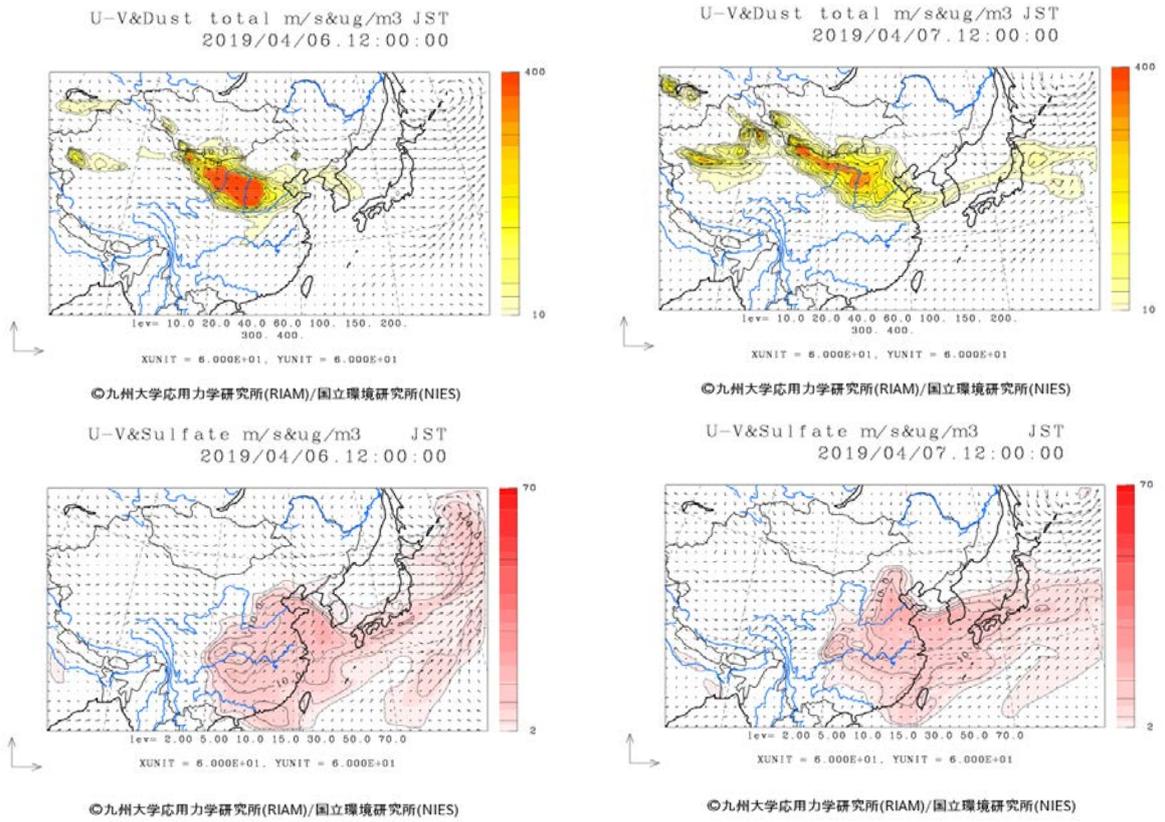


図 4-4-1-7 CFORS(dust (上図) - sulfate (下図))予測結果

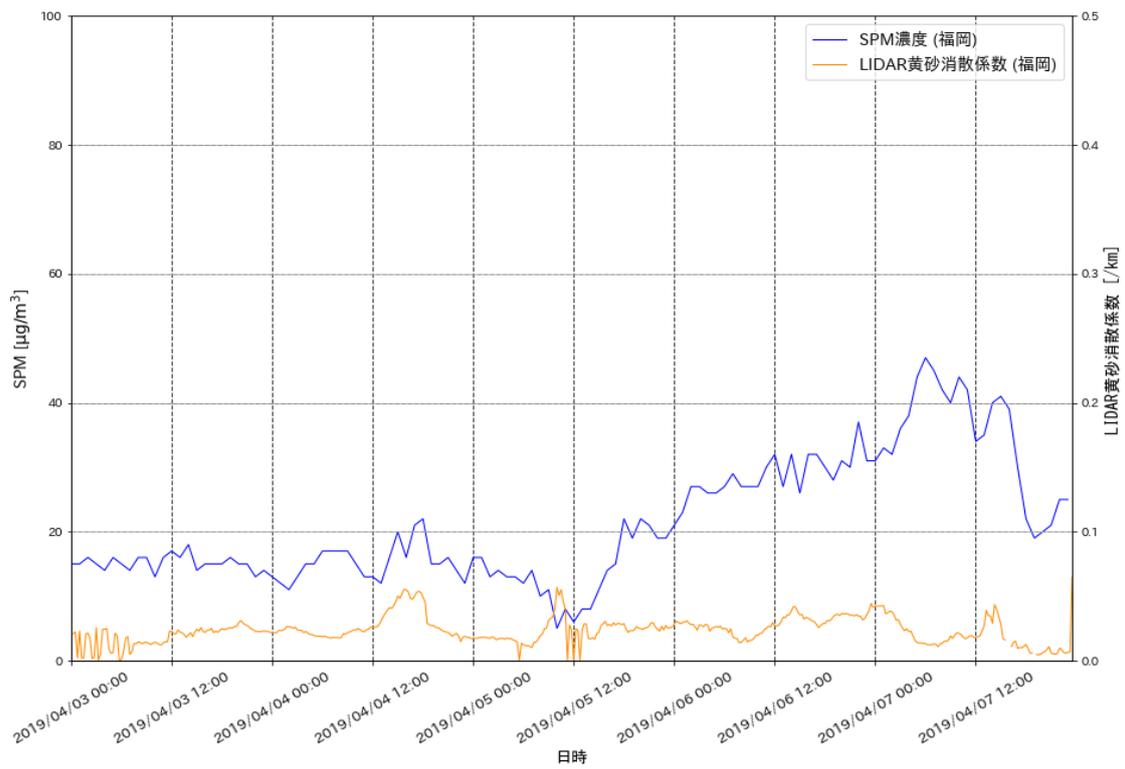


図 4-4-1- 8 (1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (福岡)

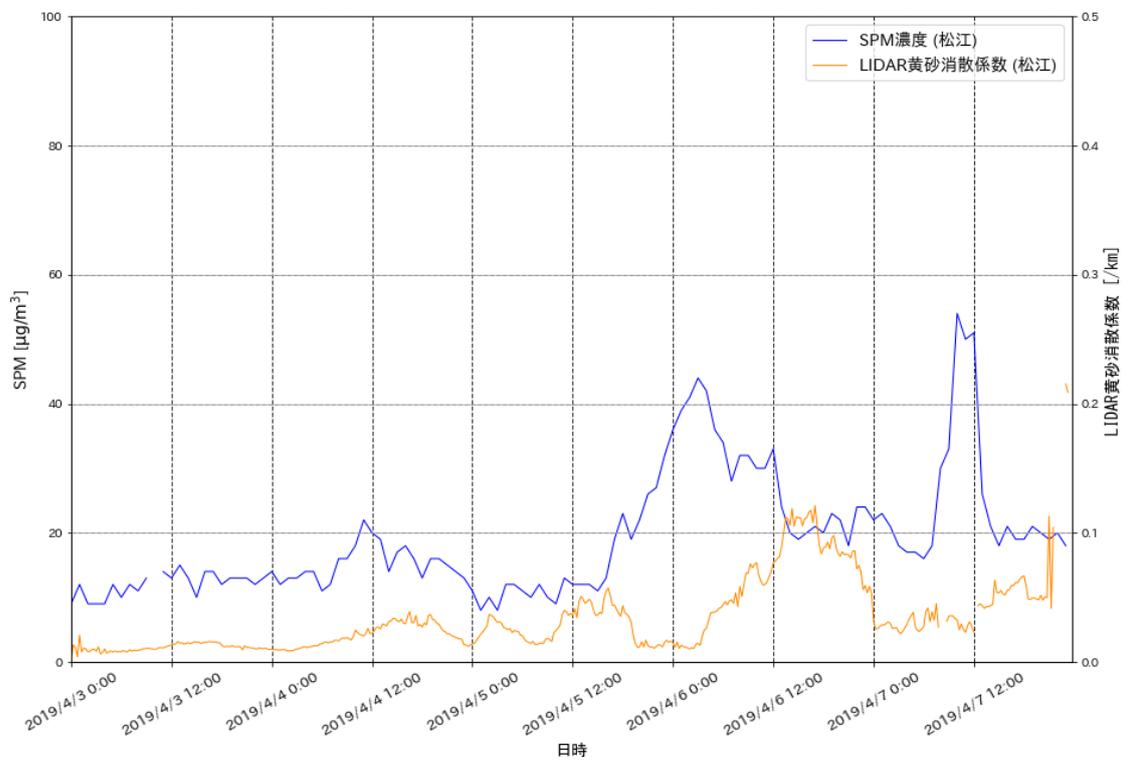


図 4-4-1- 8 (2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (松江)

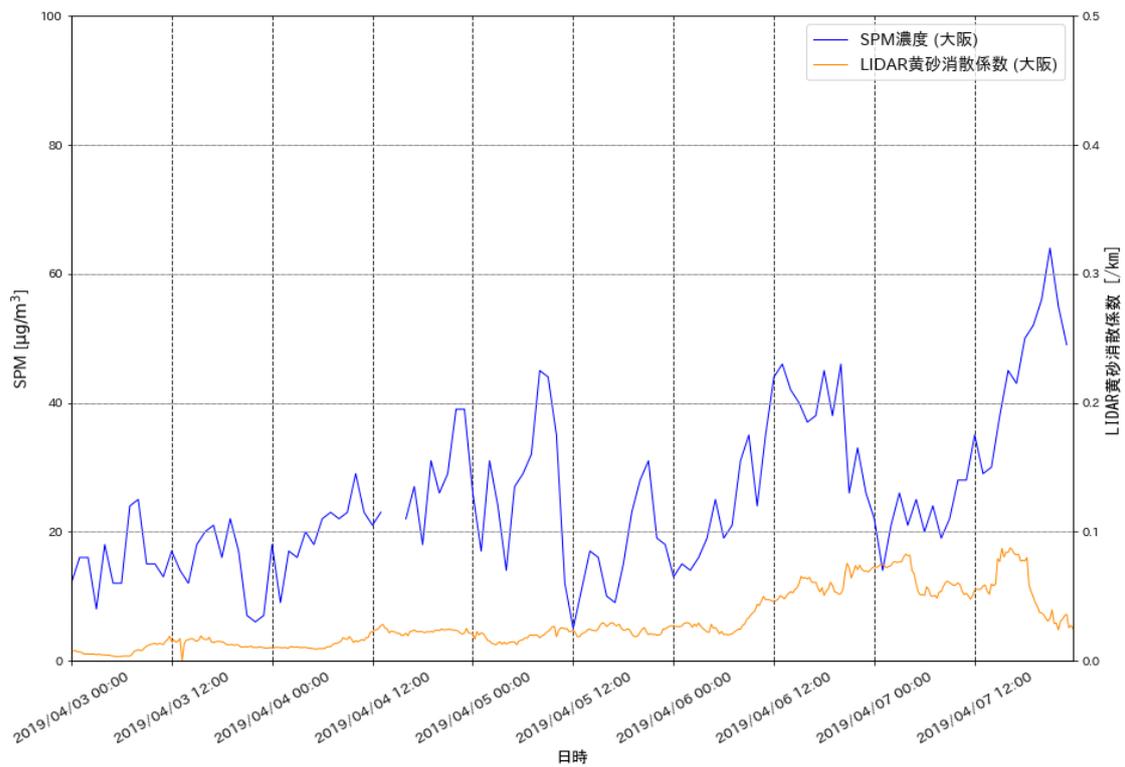


図 4-4-1- 8 (3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪)

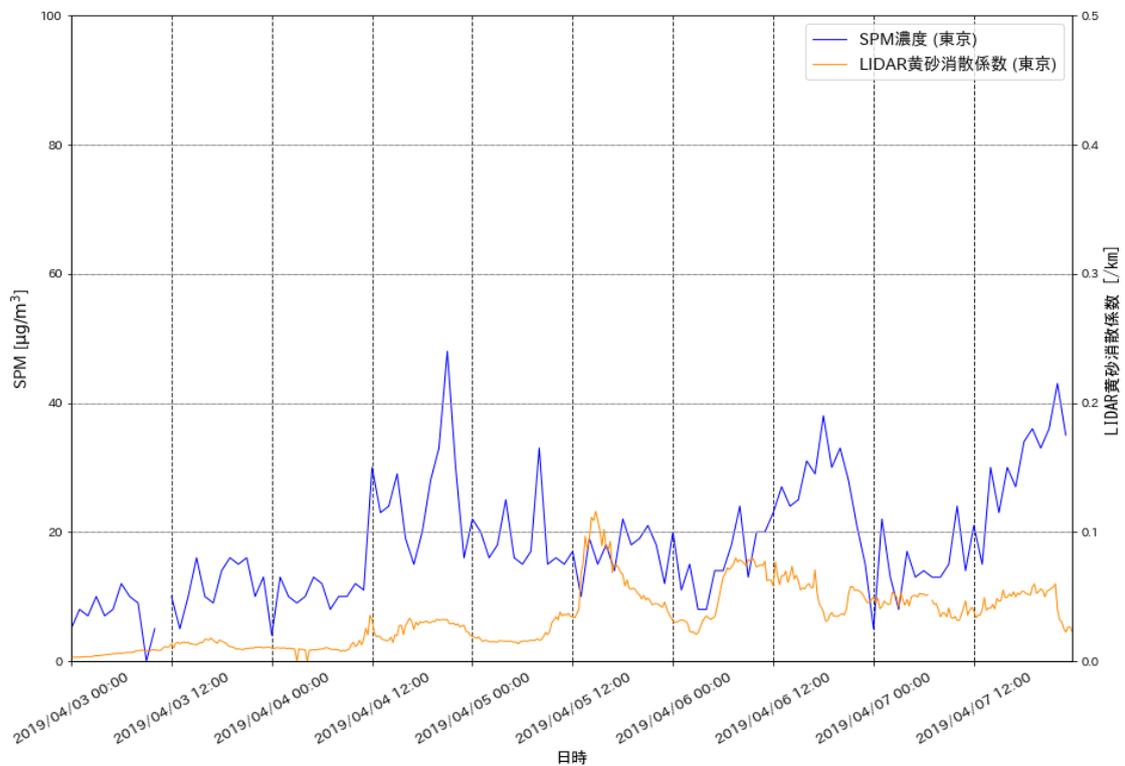
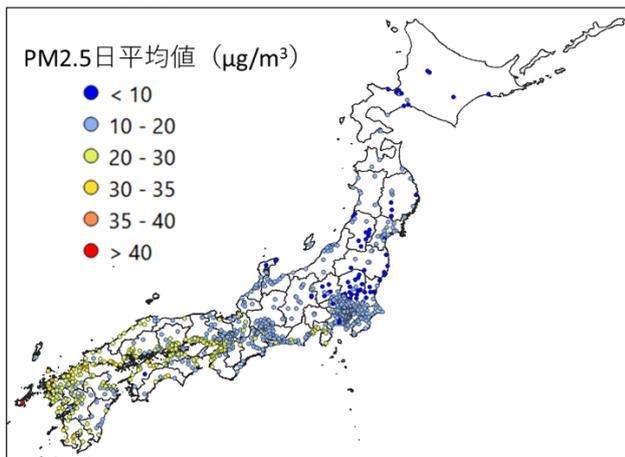


図 4-4-1- 8(4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (東京)

2019年4月6日



2019年4月7日

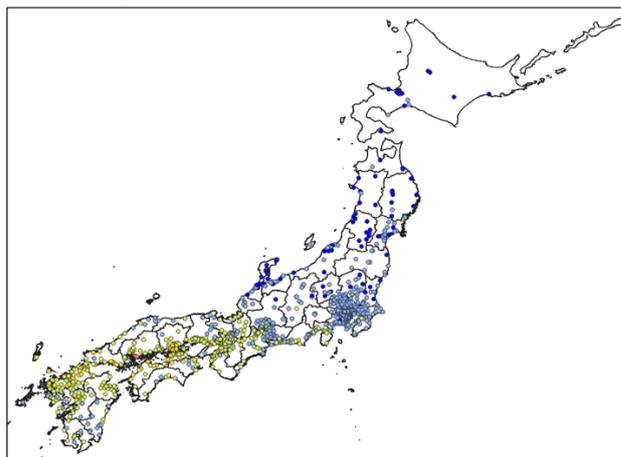
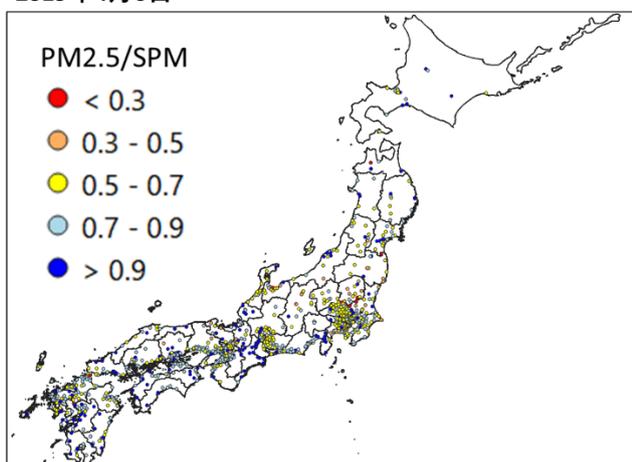


図 4-4-1-9 PM2.5 日平均値全国分布

2019年4月6日



2019年4月7日

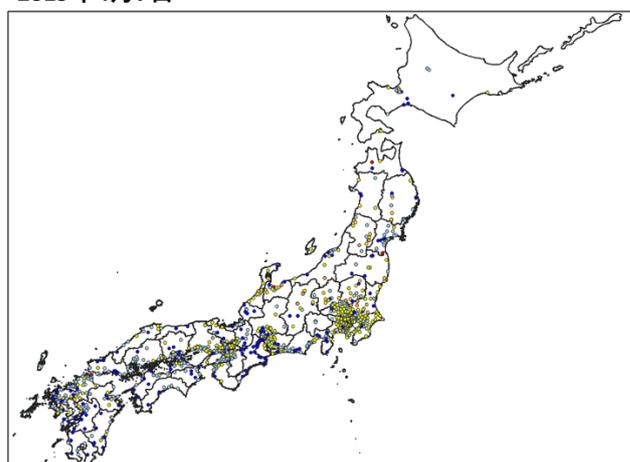


図 4-4-1-10 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布

表 4-4-1-2 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値が 0.3 以下となった観測地点

| 黄砂観測日 | 観測局コード | 都道府県 | PM2.5 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SPM 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM2.5/SPM |
|-------|---------|------|--|--|-----------|
| 4月6日 | 8206010 | 茨城県 | 8.042 | 29.417 | 0.273 |
| | 8541010 | 茨城県 | 7.625 | 27.542 | 0.277 |
| | 9202520 | 栃木県 | 5.125 | 19.042 | 0.269 |
| | 9209010 | 栃木県 | 6.167 | 21.125 | 0.292 |

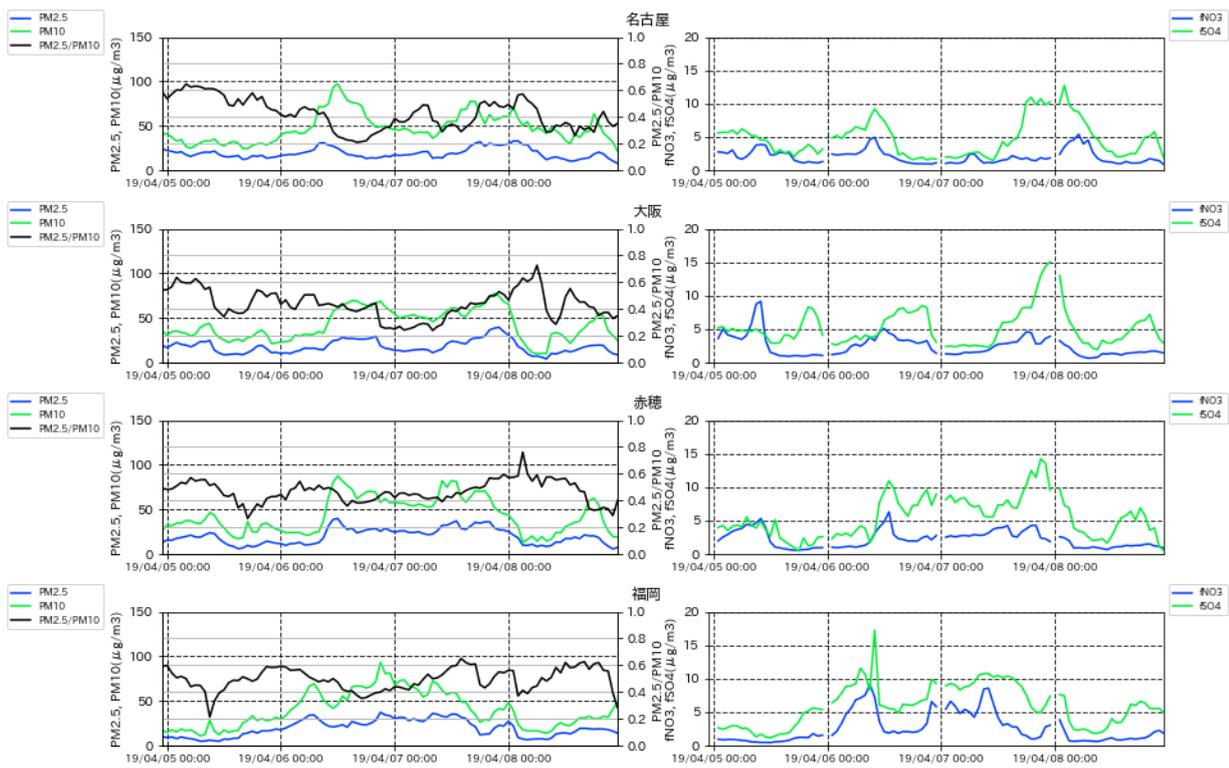


図 4-4-1-11 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

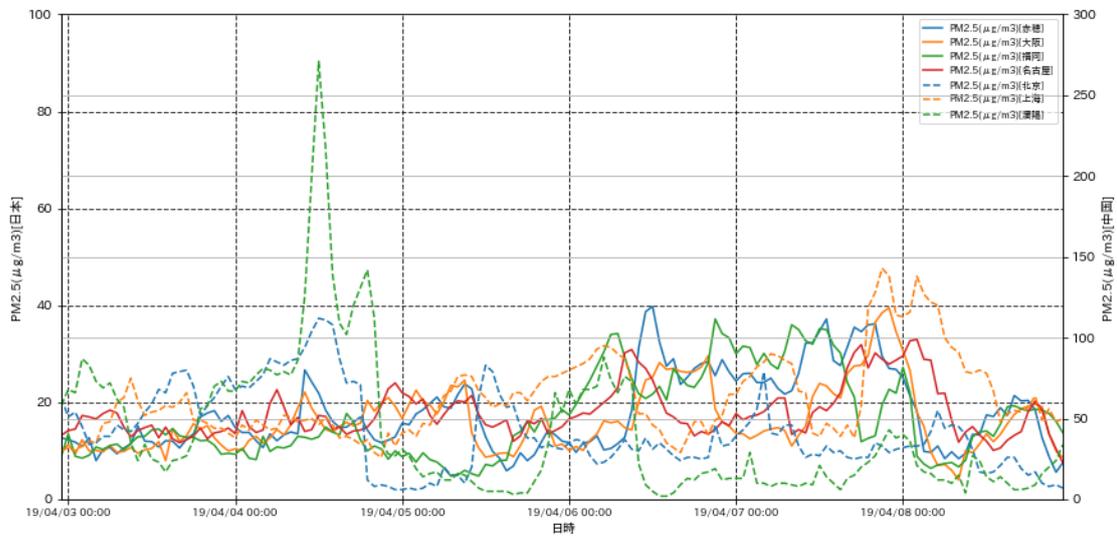


図 4-4-1-12 日本・中国での PM2.5 濃度

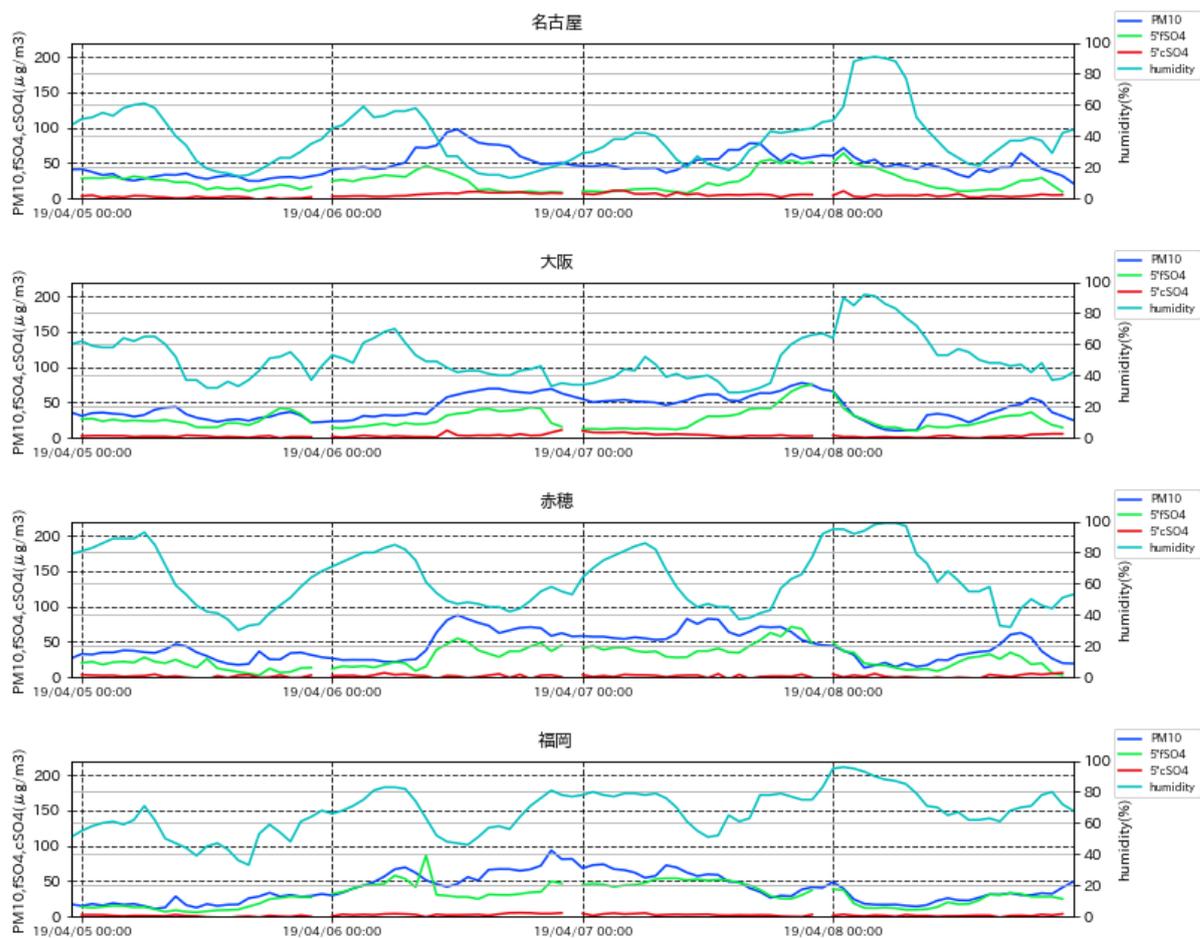


図 4-4-1-13 PM10、fSO₄²⁻、cSO₄²⁻、湿度の経時変化 (fSO₄²⁻、cSO₄²⁻は5倍したものを示す)

(2) 黄砂事例 2 2019年4月16日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-2- 1 に示すとおりである。4 月 16 日に大阪のみの 1 地点となった。

天気図(図 4-4-2- 3) をみると、前線が黄砂観測日に北海道の東に位置しているが日本周辺では高気圧となっている。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布は、全国的に低い値となっており、黄砂が観測された大阪で 4 月 16 日 15 時から 21 時まで $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点がいくつか見られる程度である(図 4-4-2- 4)。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況を見ると(図 4-4-2- 5)、4 月 15 日にモンゴル北部で slight Duststorm が発生している。この時の気流の状況について、後方流跡線で確認したところ、複数地点において、大陸の砂塵嵐発生地域からの経路を示しており、大陸からの移流があったことが示唆される(図 4-4-2- 6)。さらに、CFORS においては、dust に関して大陸から日本への影響が及んでいる影響は見られない(図 4-4-2- 7)。

ライダー黄砂消散係数(図 4-4-2- 8) は、黄砂が観測された大阪において 4 月 15 日から上昇を始め、4 月 16 日にかけての比較的高い値を維持している状況が見て取れる。またライダー黄砂消散係数と周辺の常時監視局における SPM の時間値とを対比させてもその関係性は見られなかった。また、この日は、黄砂観測地点周辺での PM2.5 の日平均値(図 4-4-2- 9) も高い値を示さなかった。

図 4-4-2- 10 に PM2.5/SPM 比の全国分布を示したが、事例 1 と同様に、やはり関東地方で比の値が小さい例が見られた。そのため、確認として PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM2.5、SPM それぞれの日平均を調べたところ、表 4-4-2- 2 の通りであった。4 月 16 日について、神奈川県では SPM 濃度は高い数値を示してはならず、PM2.5 が低い濃度であったため、比の値が 0.3 以下となったと考えられる。

人為起源系汚染物質については、黄砂の観測された 4 月 16 日において fSO_4^{2-} 、 fNO_3^- とともに $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ から $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった(図 4-4-2- 11)。

なお、北京、瀋陽では、本事例前の 4 月 13 日に、PM2.5 濃度の 1 時間値がそれぞれ一時 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度が見られる(図 4-4-2- 12)。

また、図 4-4-2- 13 に黄砂日前後における PM10、 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} 、湿度の経時変化を示す。 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} については PM10 の値と比較し非常に小さいため、その値を 5 倍して表示してある。黄砂の観測された地点またはそれに近い大阪の湿度は黄砂観測日に低くなっているように見え、大陸からの乾いた空気塊によることを示唆する。

以上の通り、本事例は本解析でのデータに黄砂の特徴があまり見られない事例であった。

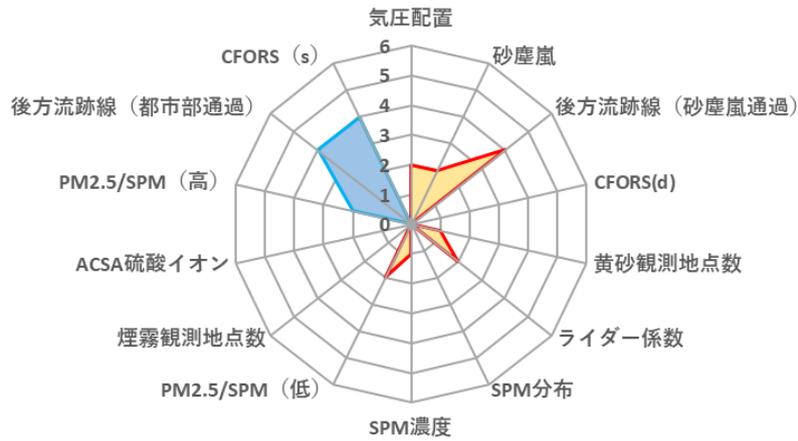


図 4-4-2-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-2-1 黄砂観測地点

| 日付 | 地点数 | 観測地点名 | | | |
|------------|-----|-------|--|--|--|
| 2019/04/16 | 1 | 大阪 | | | |

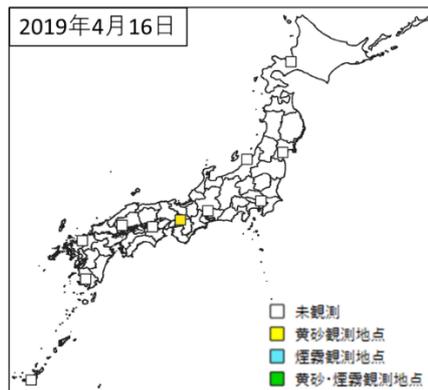
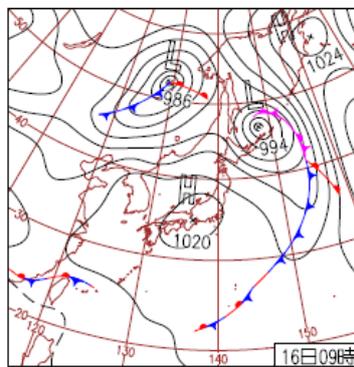


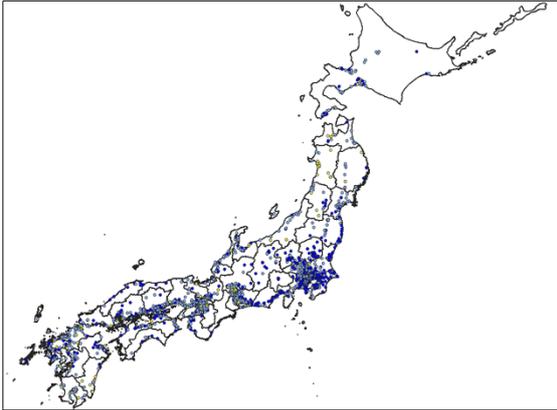
図 4-4-2-2 黄砂観測地点



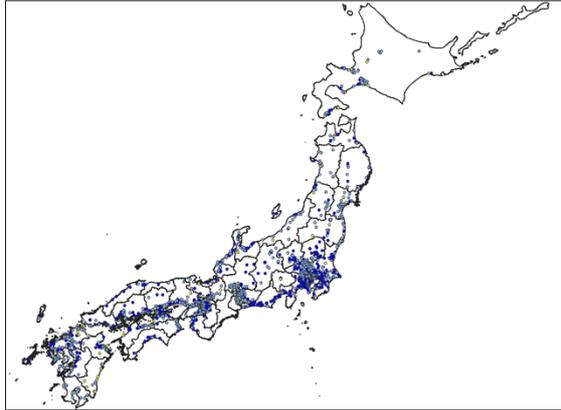
16日(火)西～北日本は広く晴天
 西日本～北日本は高気圧に覆われ、
 穏やかに晴れ。沖縄・奄美は低気圧
 や前線の接近で次第に雨。沖縄県志
 多阿原では午後68mm/1hの非常に
 激しい雨。秋田市桜花開花。

図 4-4-2-3 天気図

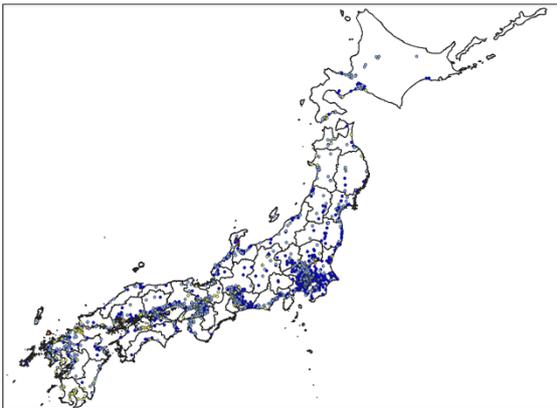
2019年4月16日 3時



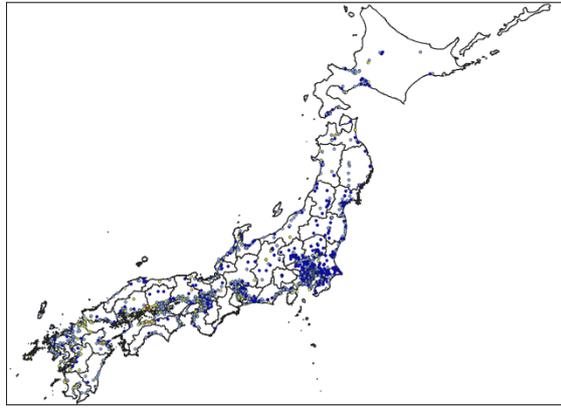
2019年4月16日 6時



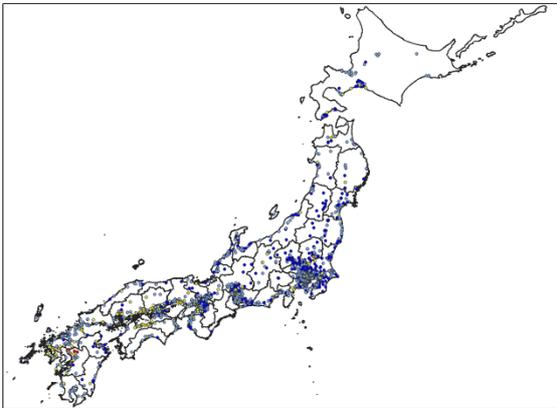
2019年4月16日 9時



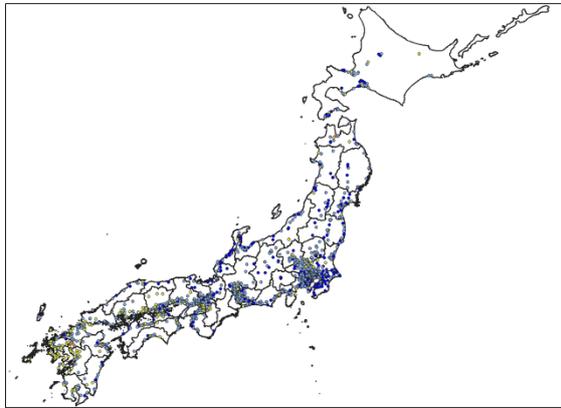
2019年4月16日 12時



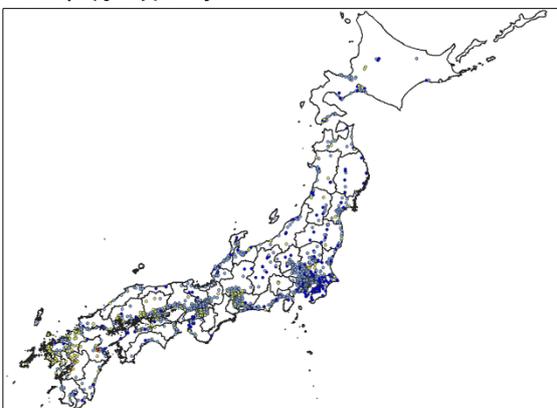
2019年4月16日 15時



2019年4月16日 18時



2019年4月16日 21時



2019年4月16日 24時

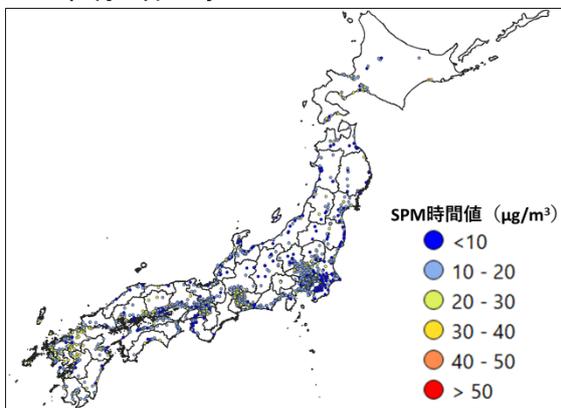


図 4-4-2-4 SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 4 月 16 日)

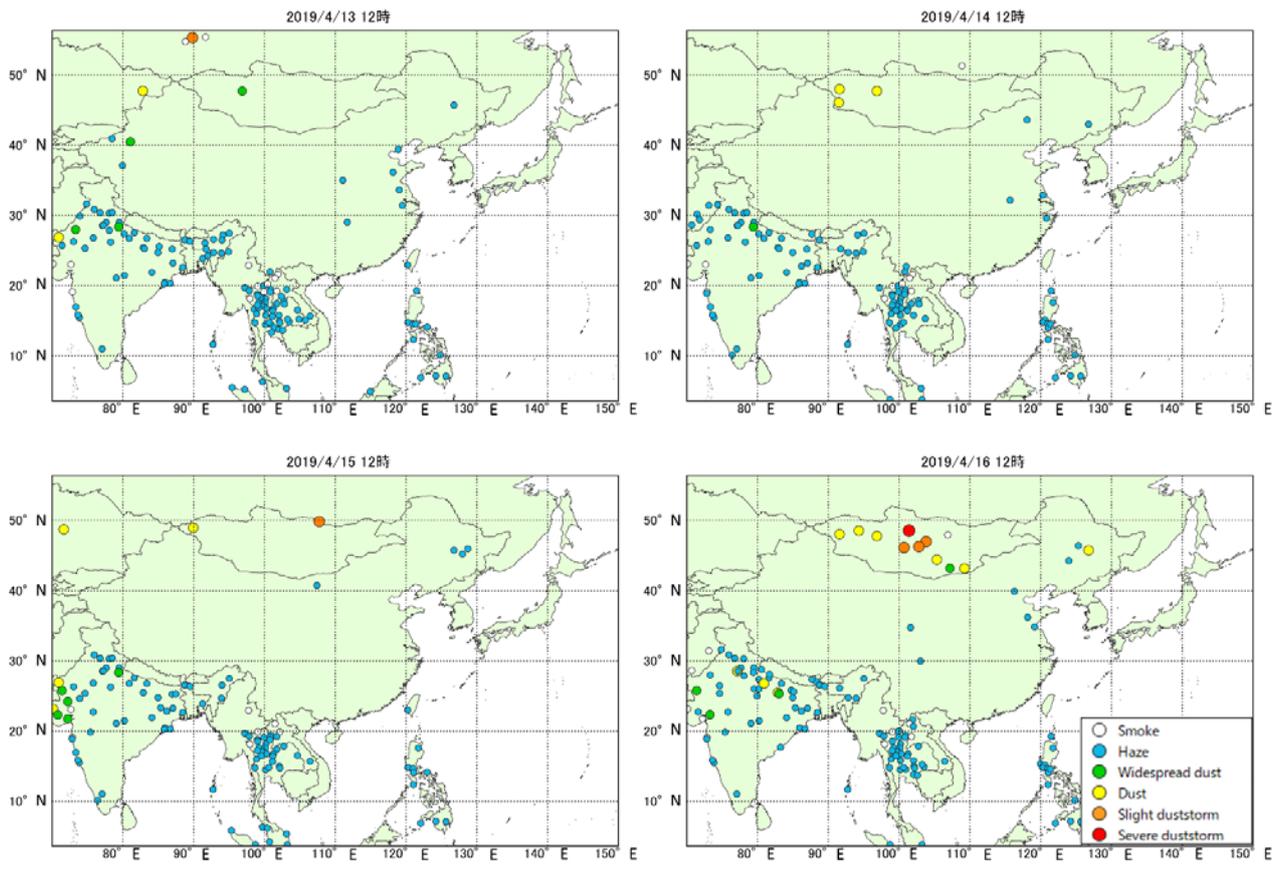


図 4-4-2-5 砂塵嵐発生状況

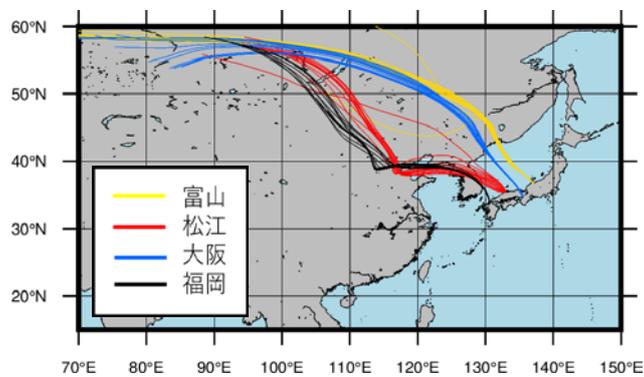


図 4-4-2-6 後方流跡線 (72 時間前より)

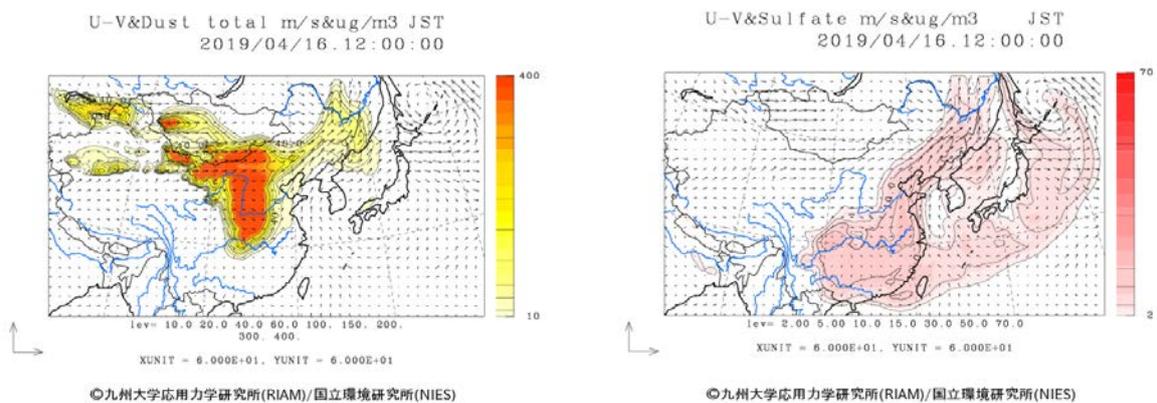


図 4-4-2-7 CFORS(dust (左図)、sulfate (右図)) 予測結果

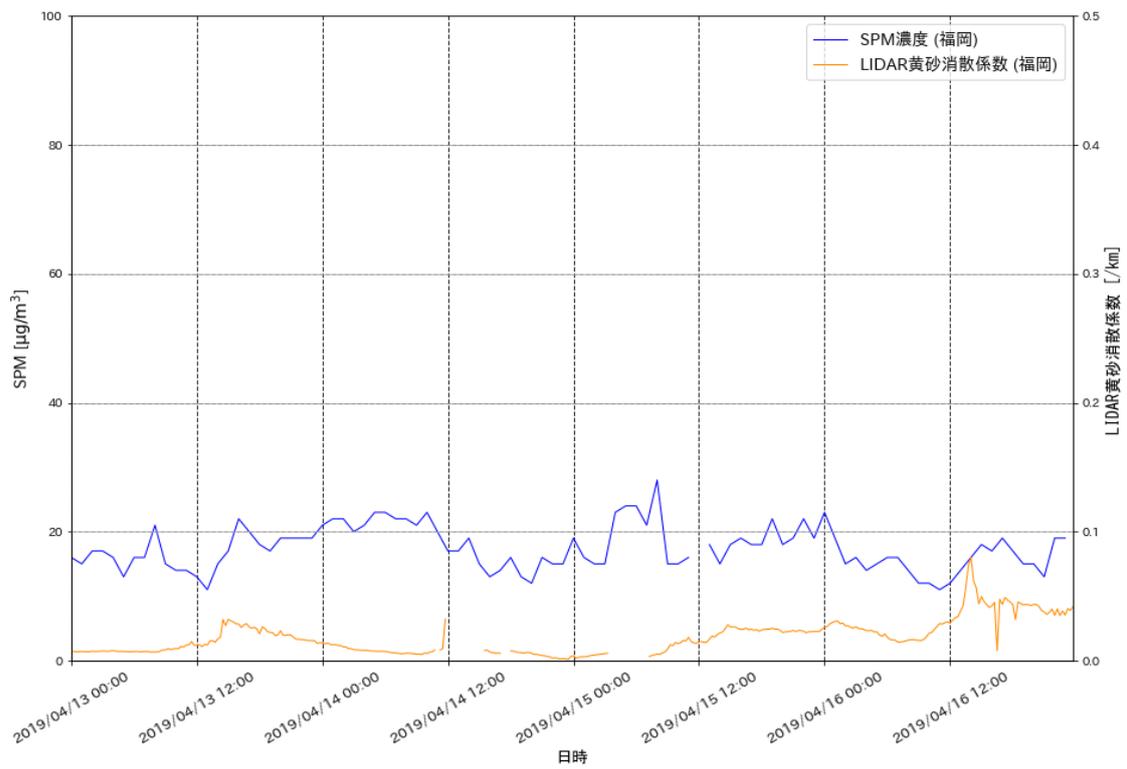


図 4-4-2- 8 (1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(福岡)

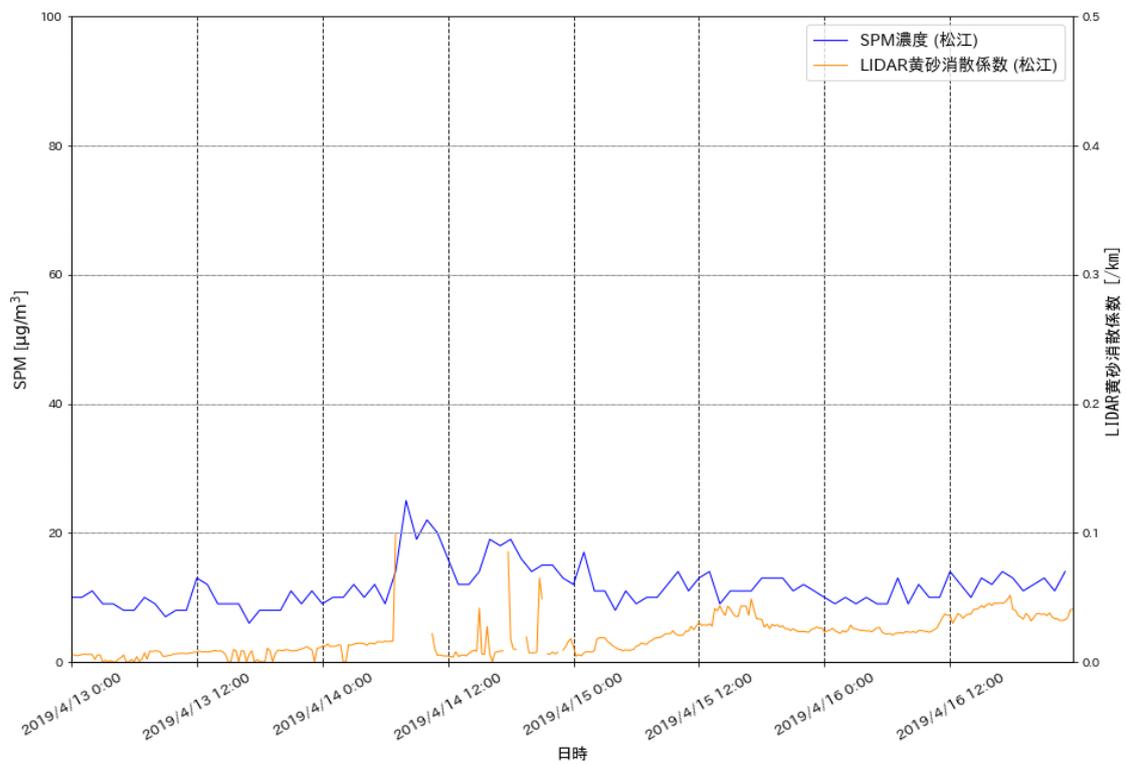


図 4-4-2- 8 (2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(松江)

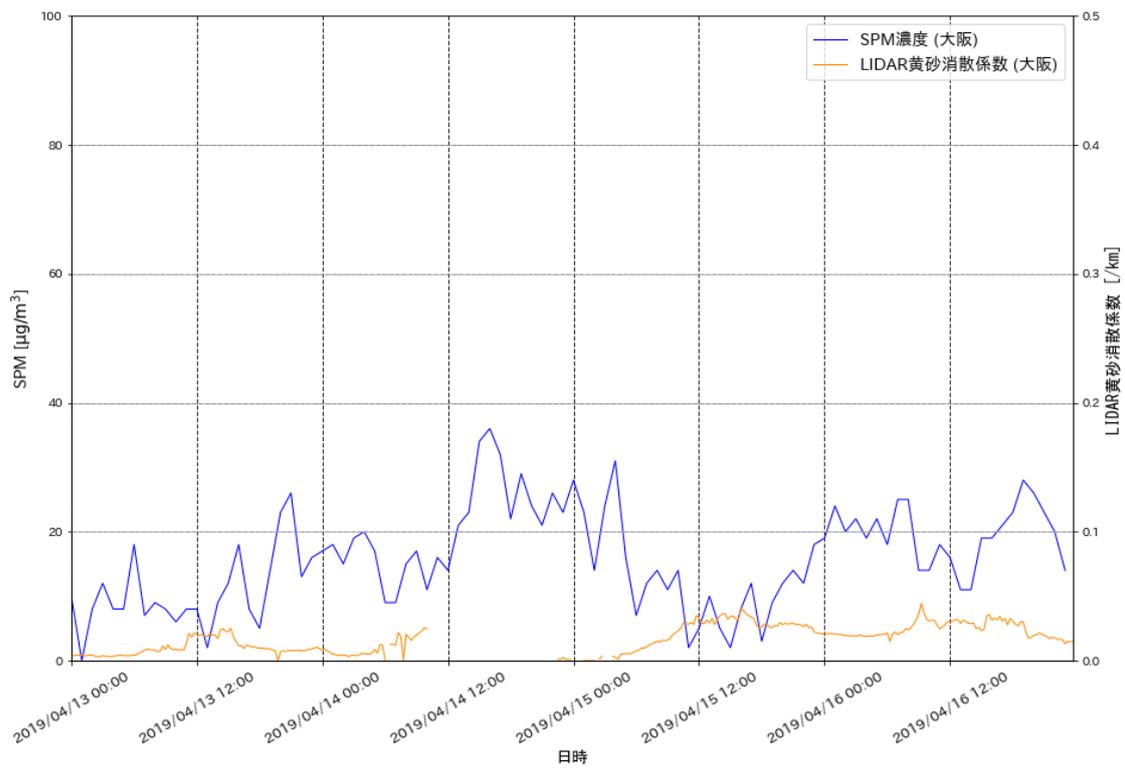


図 4-4-2- 8 (3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(大阪)

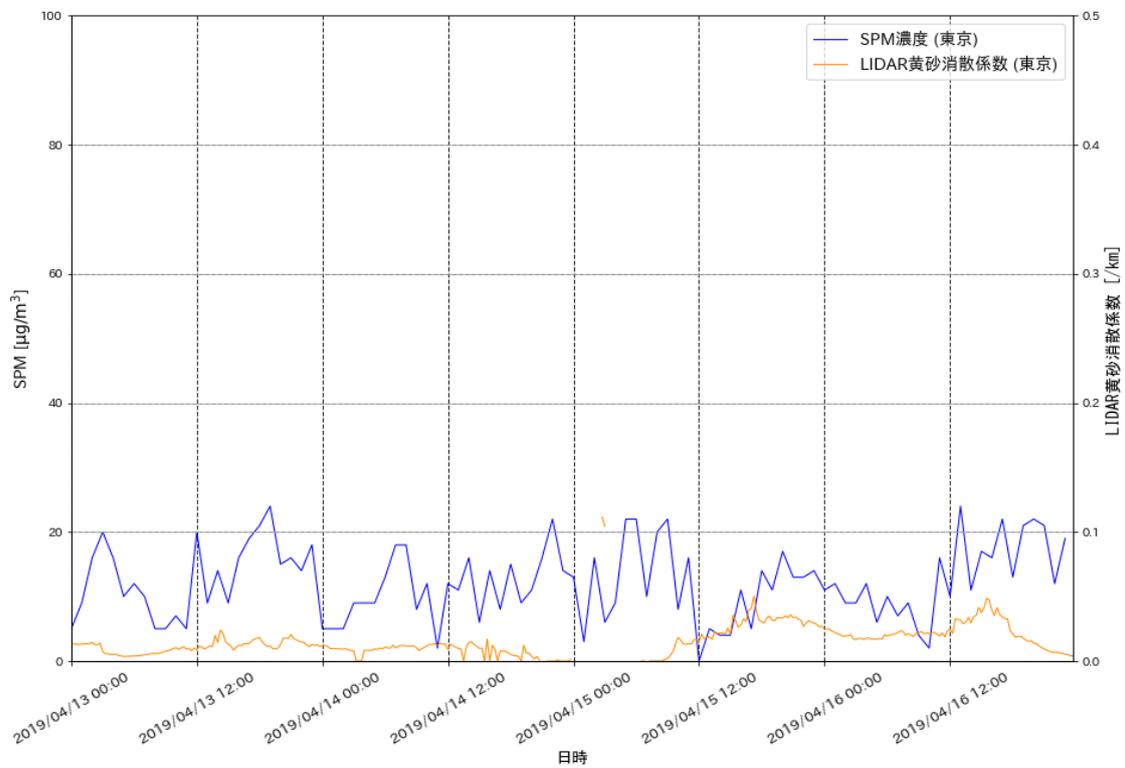


図 4-4-2- 8(4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(東京)

2019年4月16日

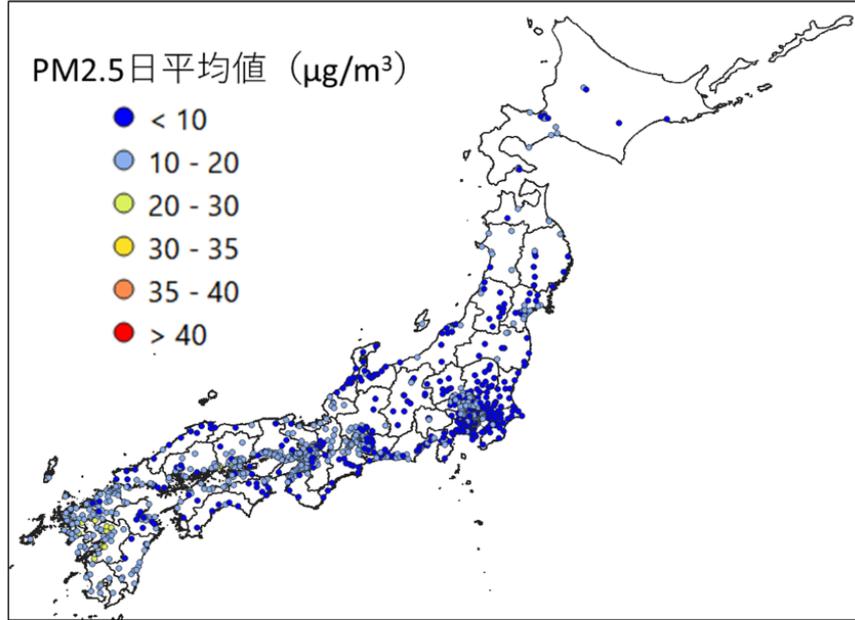


図 4-4-2-9 PM2.5 日平均値全国分布

2019年4月16日

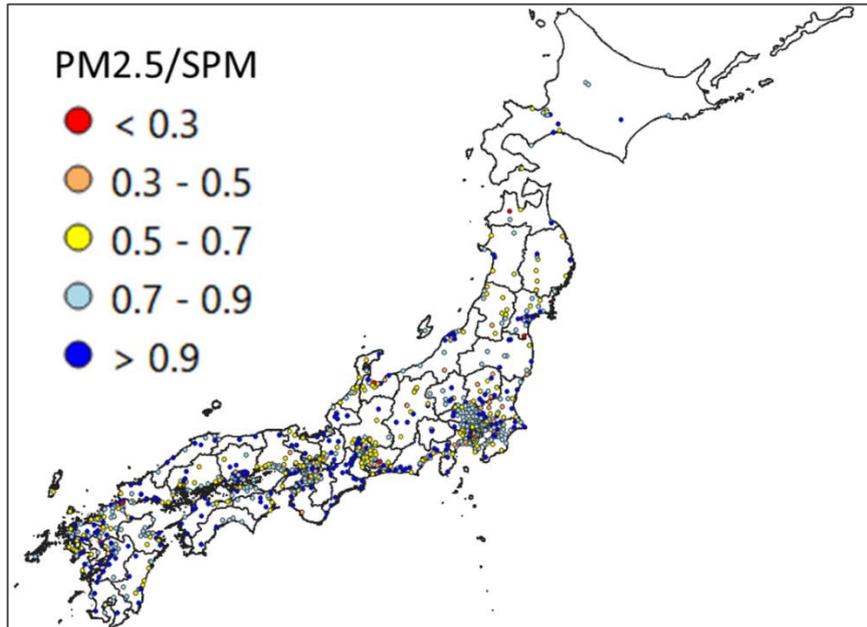


図 4-4-2-10 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布

表 4-4-2-2 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値が 0.3 以下となった観測地点

| 黄砂観測日 | 観測局コード | 都道府県 | PM2.5 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SPM 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM2.5/SPM |
|-------|----------|------|--|--|-----------|
| 4月16日 | 14118010 | 神奈川県 | 2.333 | 15.909 | 0.147 |

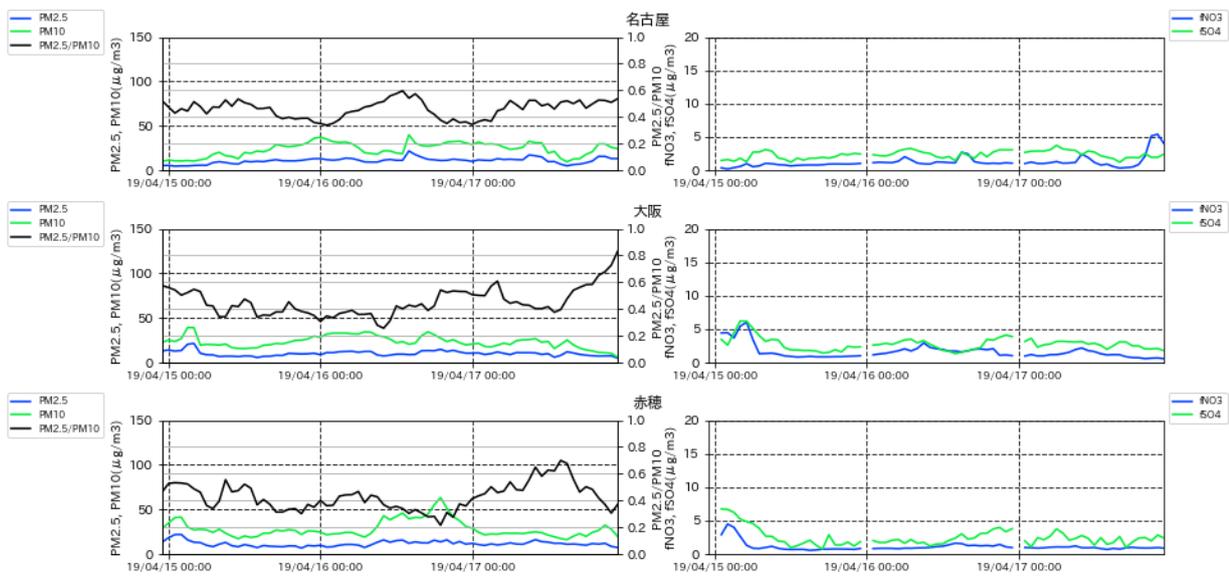


図 4-4-2- 11 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

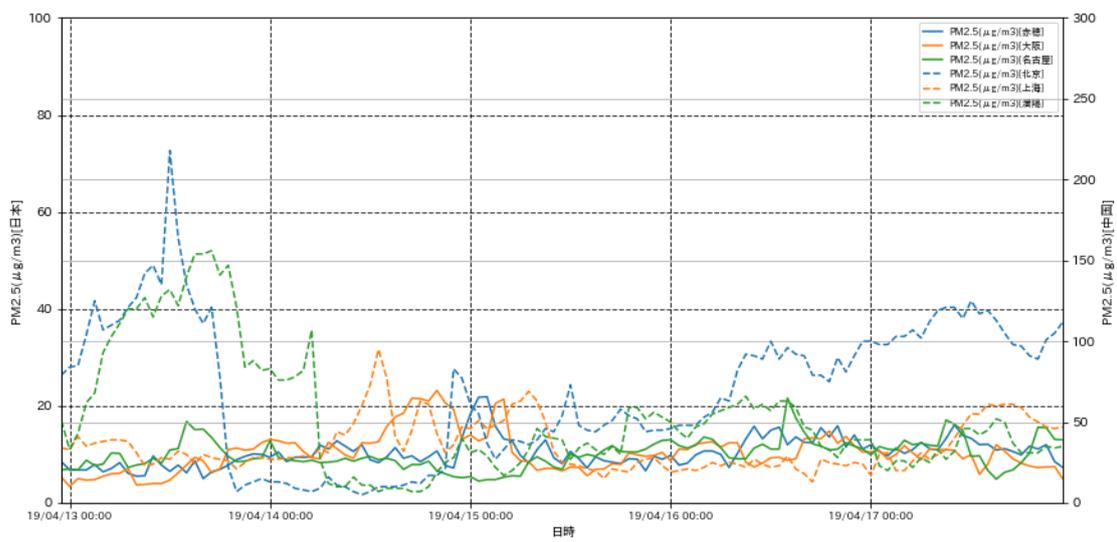


図 4-4-2- 12 日本と中国での PM2.5 濃度

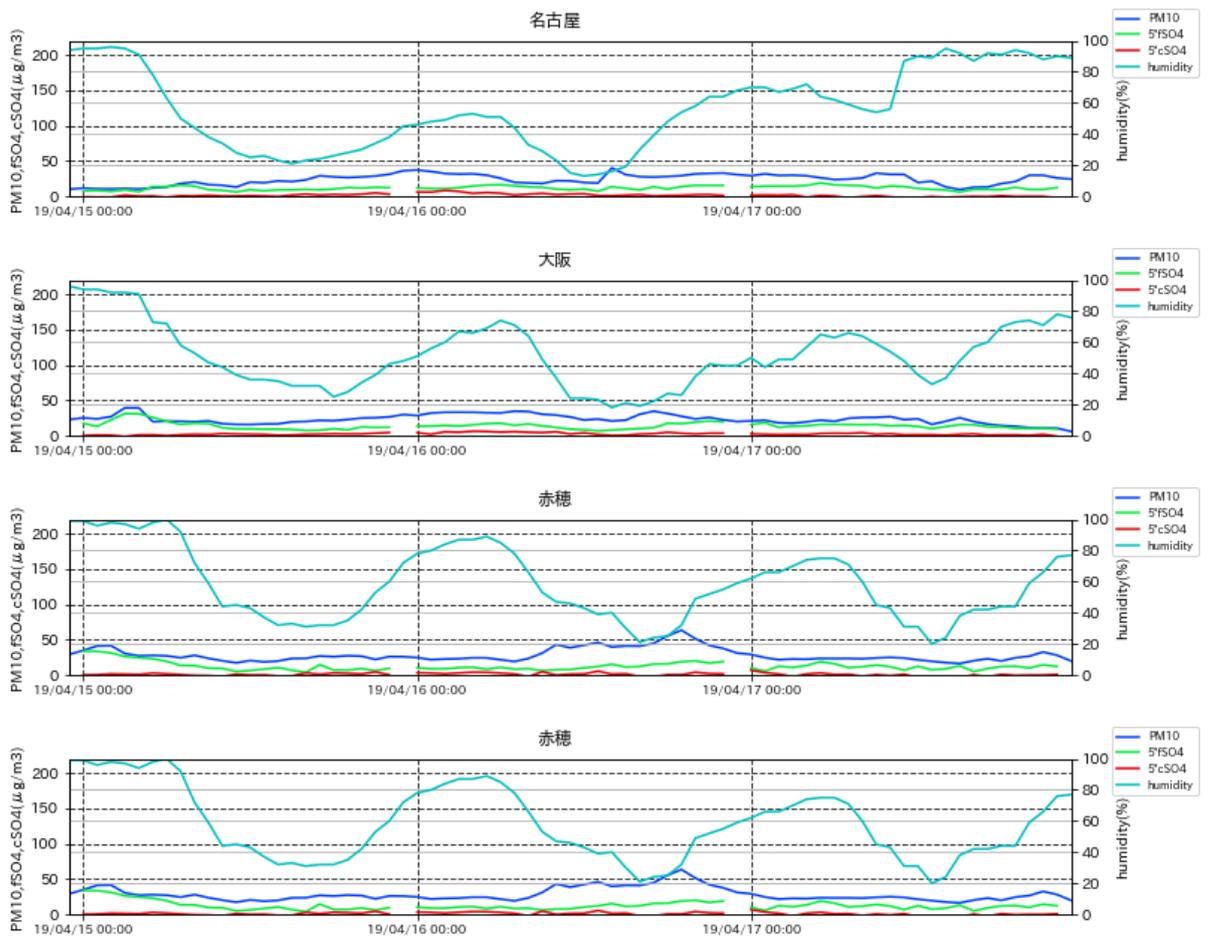


図 4-4-2-13 PM10、 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} 、湿度の経時変化 (fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} は 5 倍したものを示す)

(3) 黄砂事例3 2019年5月2日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-3-1 に示すとおりである。5 月 2 日に鹿児島のみ 1 地点であった。

天気図(図 4-4-3-3) をみると、黄砂観測日に北海道東岸沖に位置しており日本の南岸には前線はない。また、大陸から日本への風向きではなかった。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布は、5 月 2 日には九州で $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が見られ、この状態が 12 時頃から 24 時頃まで継続していた。(図 4-4-3-4)。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況を見ると(図 4-4-3-5)、5 月 1 日にモンゴルにおいて Dust が発生している。この時の気流の状況について、後方流跡線で確認したところ、大陸のダスト発生地域からの経路を示していなかった(図 4-4-3-6)。さらに、CFORS においても、日本周辺への dust が大陸からの影響と考えられる明確な様子は見られなかった(図 4-4-3-7)。

ライダー黄砂消散係数(図 4-4-3-8) は、黄砂が観測された鹿児島に最も近い福岡で、5 月 2 日から上昇を始めている様子が見て取れる。またライダー黄砂消散係数と周辺の常時監視局における SPM の時間値とを対比させると、ライダー黄砂消散係数の上昇する時刻の方が遅く見られる。また、この日は、PM2.5 の日平均値(図 4-4-3-9) も黄砂観測地点周辺で上昇しており、環境基準値を超える値に近い値を示す地点もみられている。

図 4-4-3-10 に PM2.5/SPM 比の全国分布を示すが、東日本で比の値が小さい例が見られた。そのため確認として、PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM2.5、SPM それぞれの日平均値を表 4-4-3-2 にまとめた。5 月 2 日は、計 14 地点で PM2.5/SPM 比の値が 0.3 以下となった。SPM の日平均値そのものは高い数値はしめしておらず、PM2.5 の日平均値が小さいことにより、比の値が 0.3 以下となったと考えられる。

人為起源系汚染物質については、5 月 2 日に福岡、五島で 5 月 2 日 12 時前後に上昇し始め、特に五島においては fSO_4^{2-} が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える値を示す(図 4-4-3-11)。また両者ともその上昇後には濃度は下降に転じており、黄砂と大気汚染物質が混在した様子は少ないと思われる。

なお、北京では、本事例前の 4 月 30 日 0 時前後に、PM2.5 濃度の 1 時間値がそれぞれ一時 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度が見られる(図 4-4-3-12)。

また、図 4-4-3-13 に黄砂日前後における PM10、 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} 、湿度の経時変化を示す。 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} については PM10 の値と比較し非常に小さいため、その値を 5 倍して表示してある。黄砂の観測された地点またはそれに近い福岡、五島の PM10、 fSO_4^{2-} の関係は明確ではない。湿度については黄砂日において前日と比較し減少している様子が分かる。

以上の通り、本事例は人為起源系汚染物質の上昇が黄砂観測地点周辺でみられたものの、全国的には人為起源系汚染物質の混在が少ない黄砂が、主に九州地域に影響を及ぼした事例であると思われる。

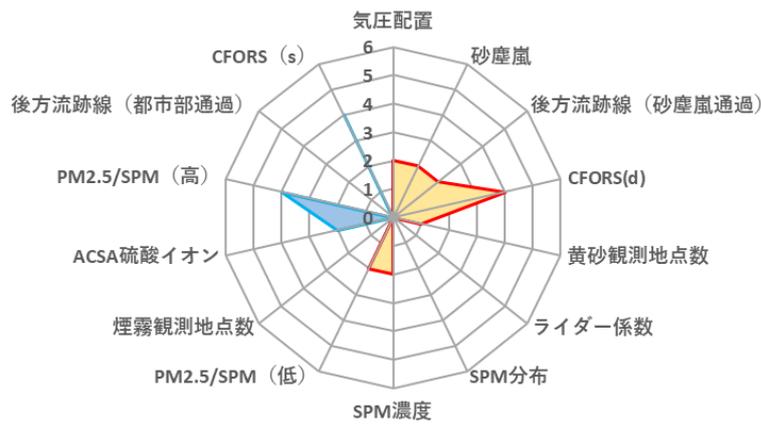


図 4-4-3-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-3-1 黄砂観測地点

| 日付 | 地点数 | 観測地点名 | | |
|------------|-----|-------|--|--|
| 2019/05/02 | 1 | 鹿児島 | | |

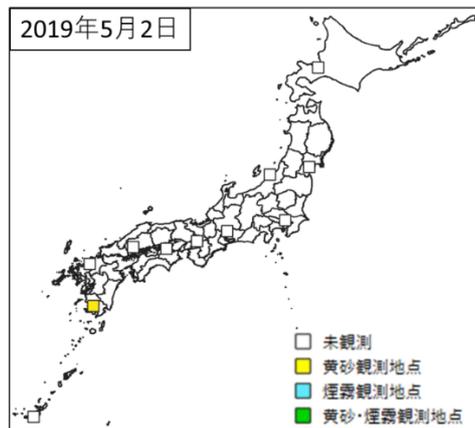
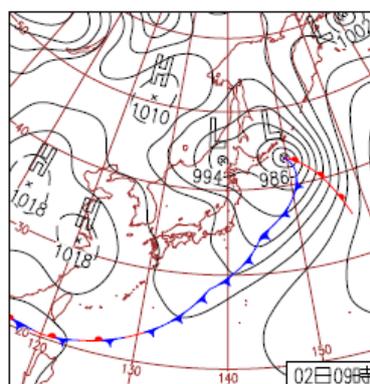


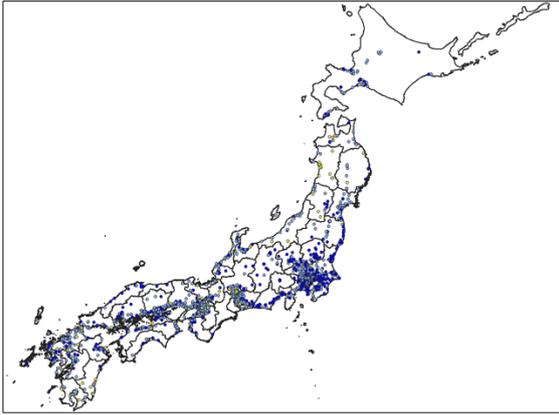
図 4-4-3-2 黄砂観測地点



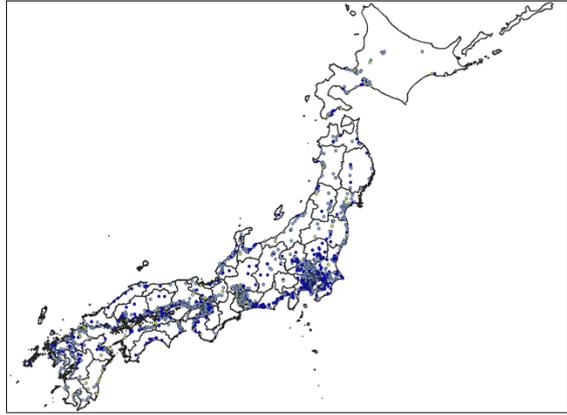
2日(木)成田着陸機乱気流に
 東日本は上空約5500mに-21℃以下の
 寒気が南下し大気の状態が不安定で
 所々雨や雷雨。北日本は低気圧の影
 響で曇りや雨。その他は概ね晴れ。
 鹿児島、宮崎、長崎、大分で黄砂。

図 4-4-3-3 天気図

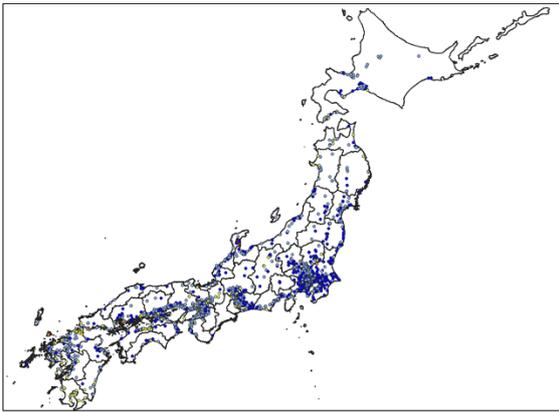
2019年5月2日 3時



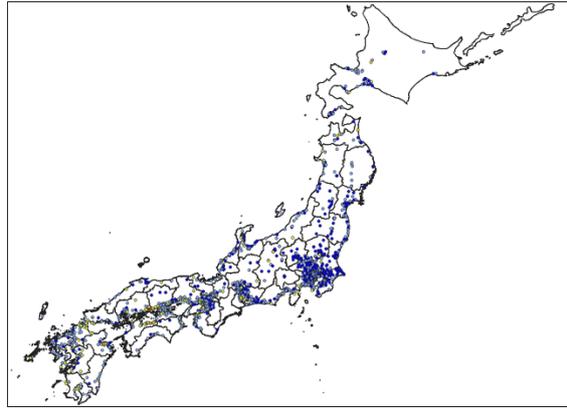
2019年5月2日 6時



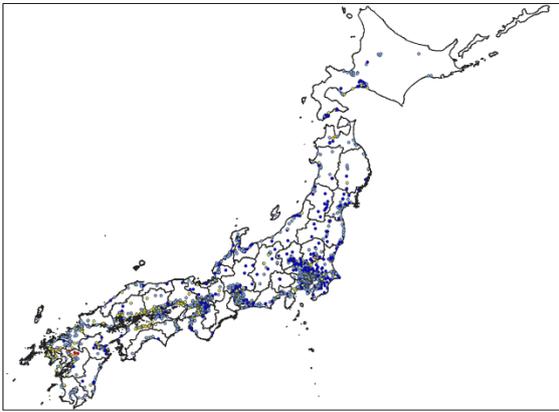
2019年5月2日 9時



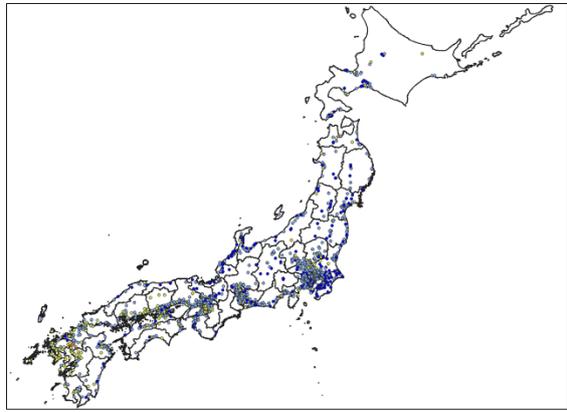
2019年5月2日 12時



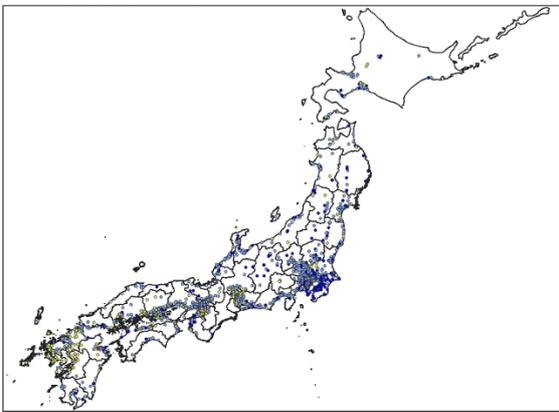
2019年5月2日 15時



2019年5月2日 18時



2019年5月2日 21時



2019年5月2日 24時

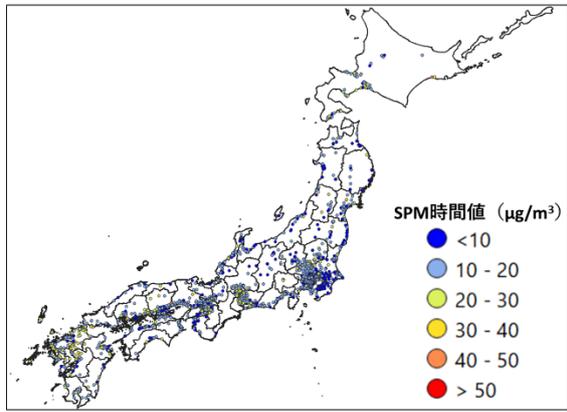


図 4-4-3- 4 SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 5 月 2 日)

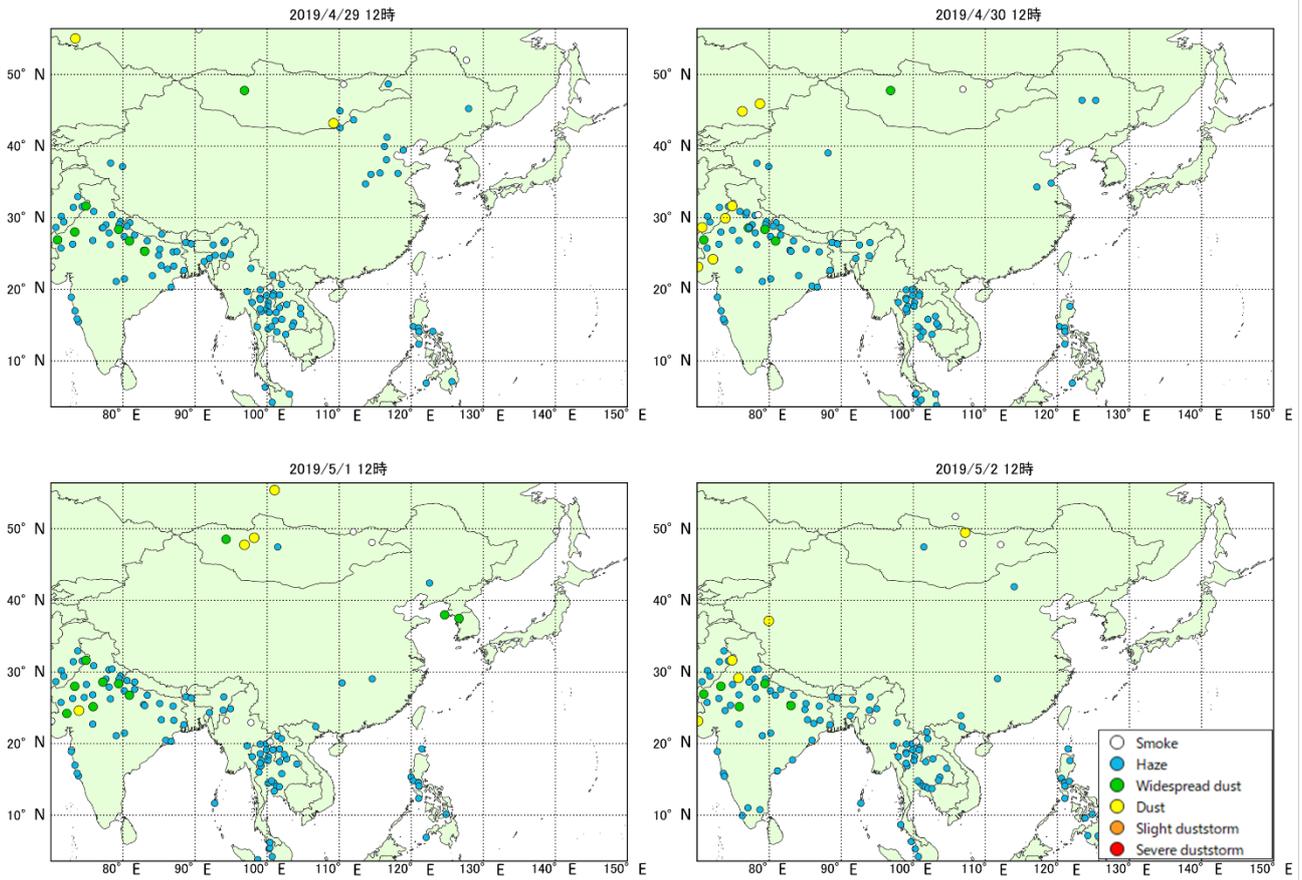


図 4-4-3-5 砂塵嵐発生状況

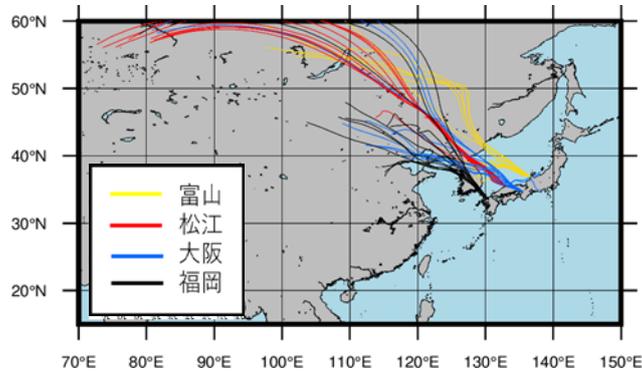


図 4-4-3-6 後方流跡線 (72 時間前より)

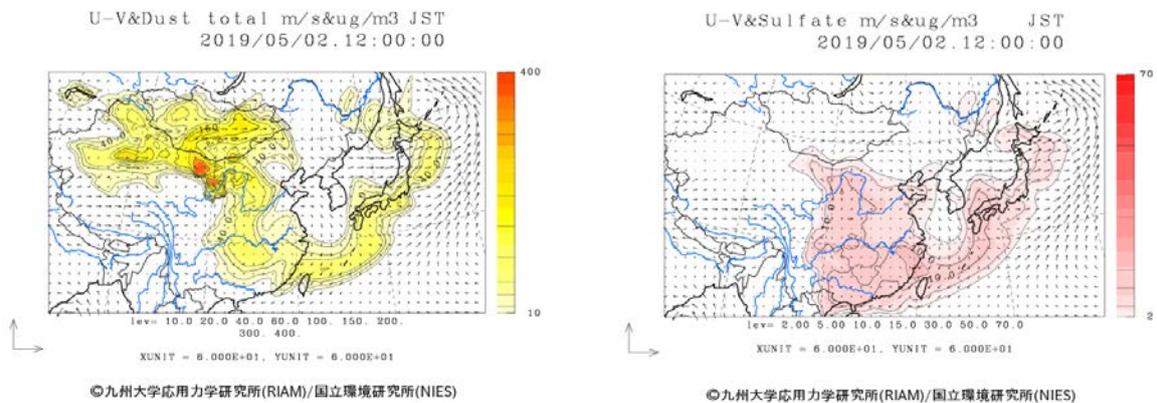


図 4-4-3-7 CFORS(dust (左図) - sulfate (右図)) 予測結果

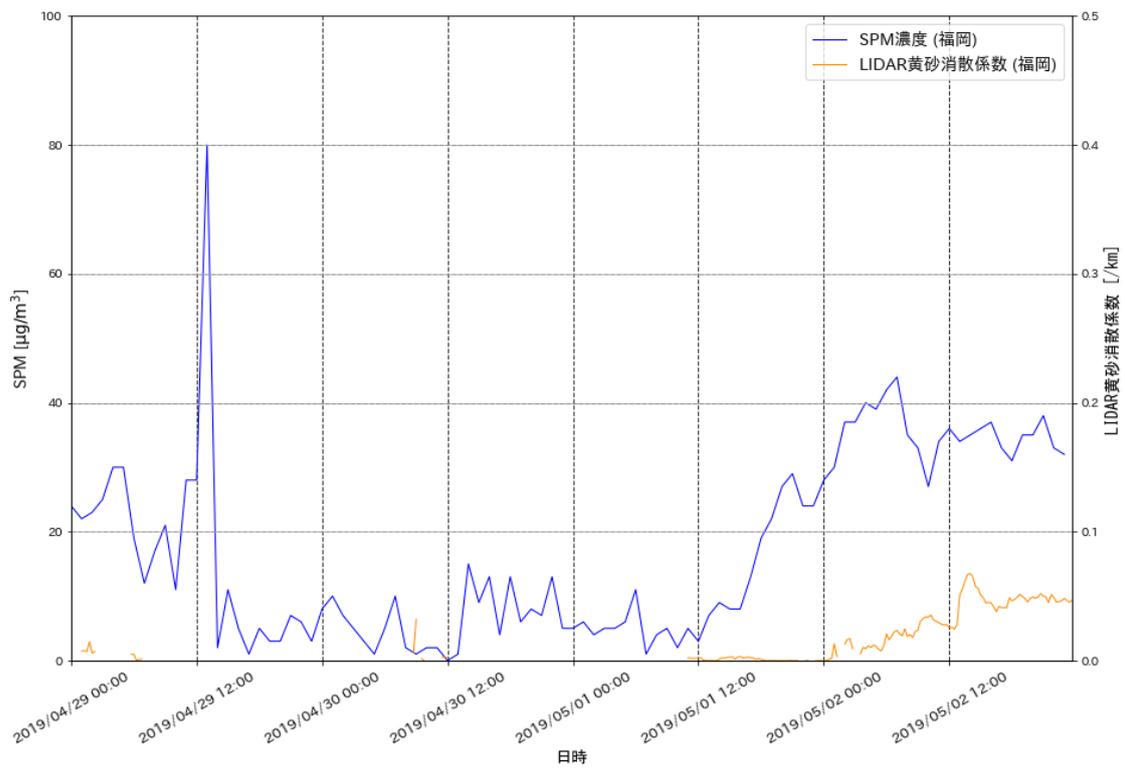


図 4-4-3-8 (1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (福岡)

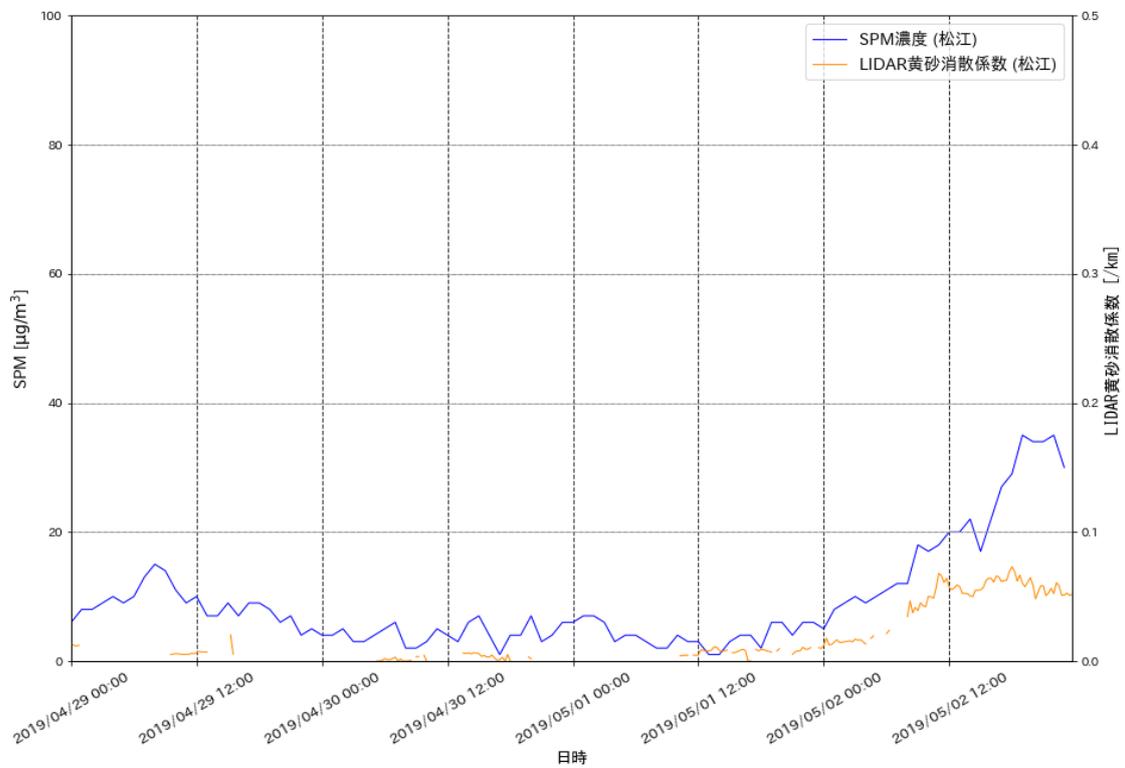


図 4-4-3-8 (2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (松江)

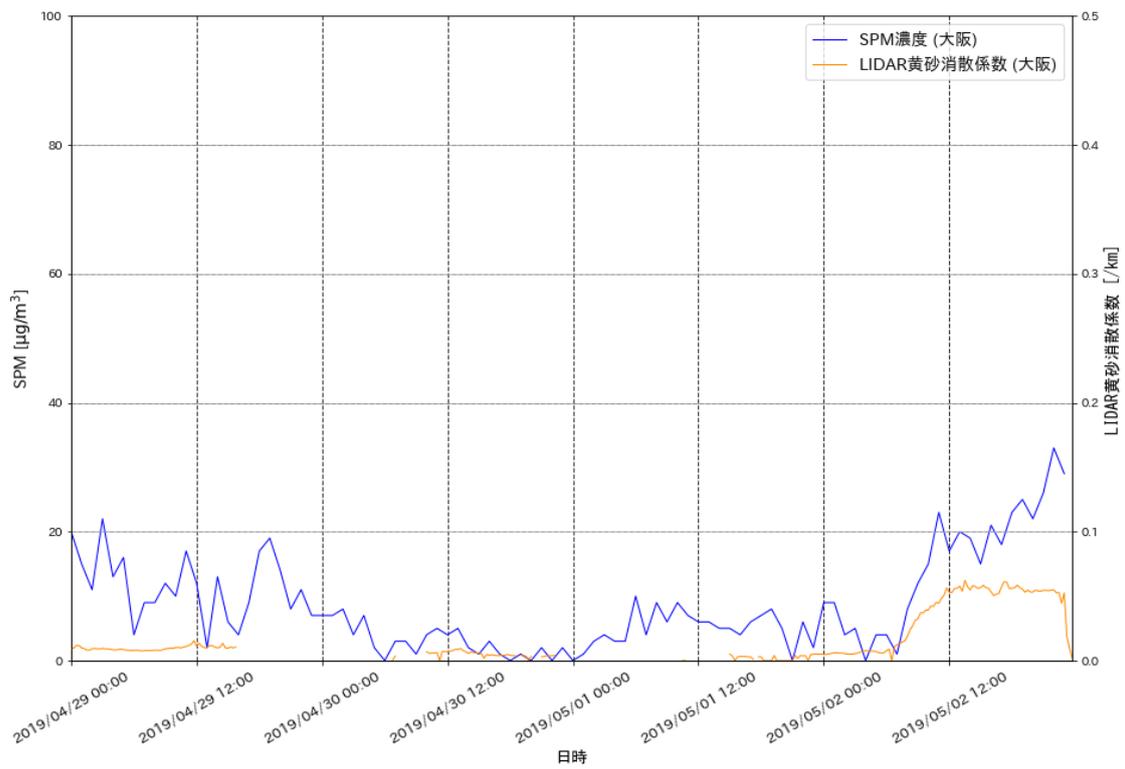


図 4-4-3-8 (3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪)

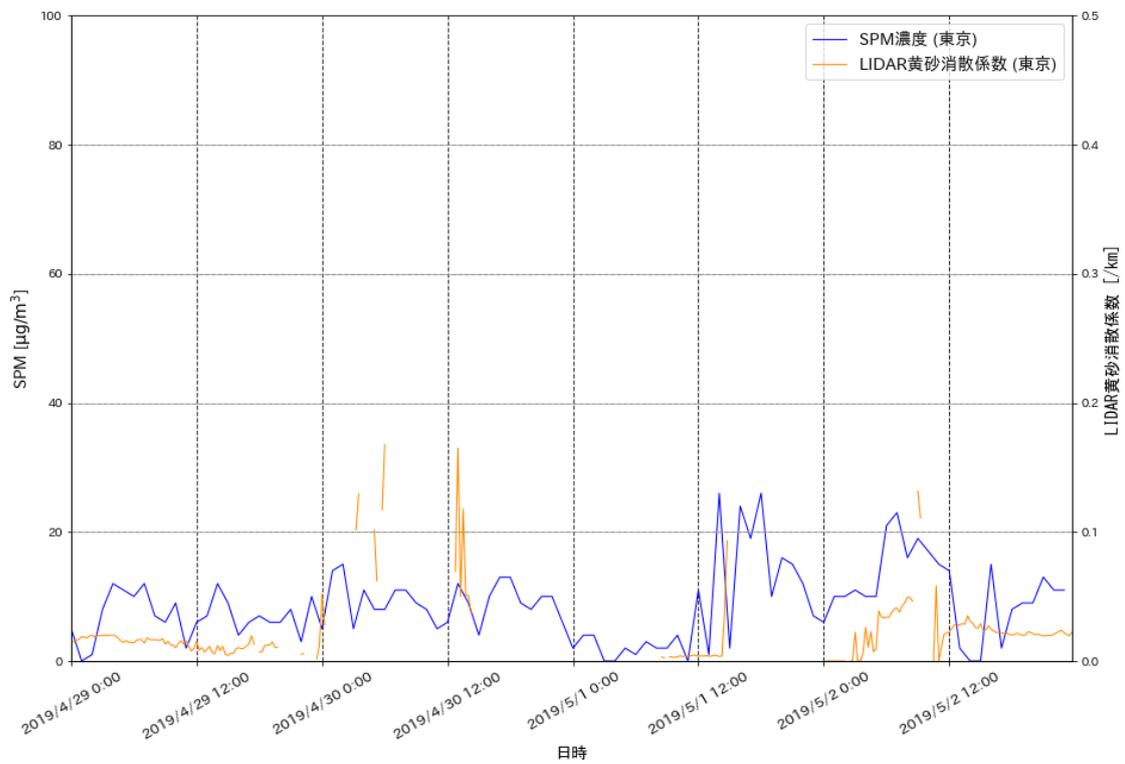


図 4-4-3-8 (4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (東京)

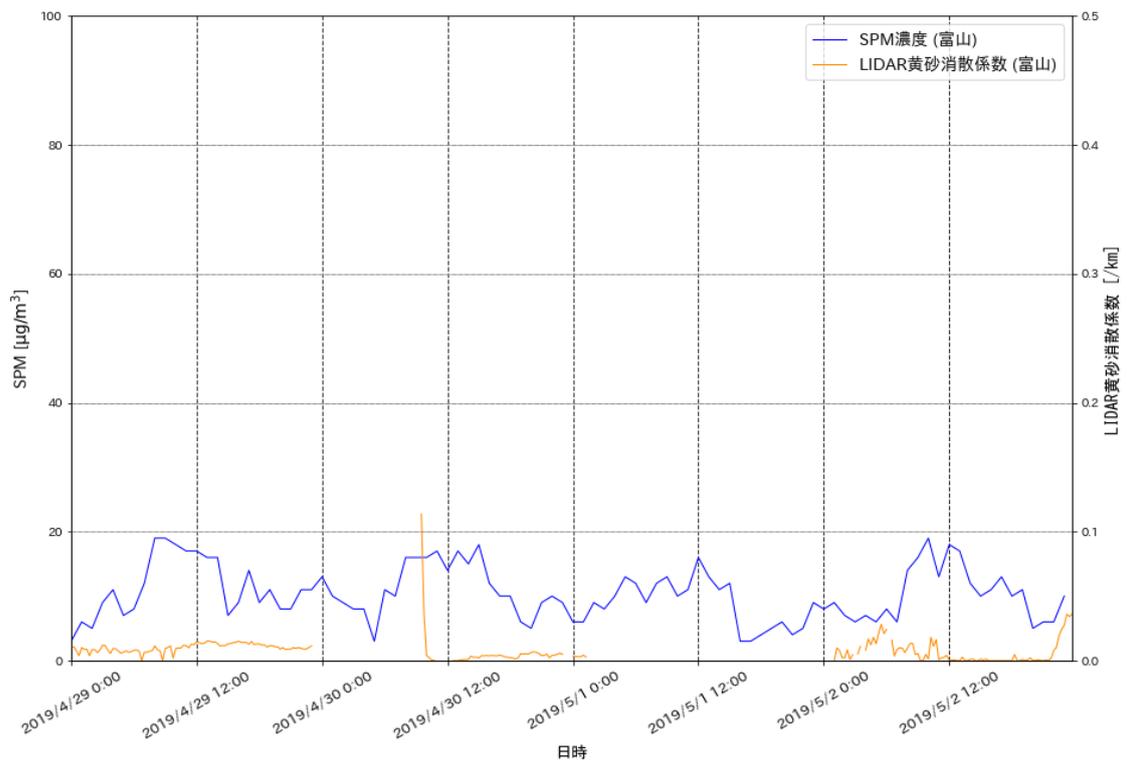


図 4-4-3- 8 (5) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (富山)

2019年5月2日

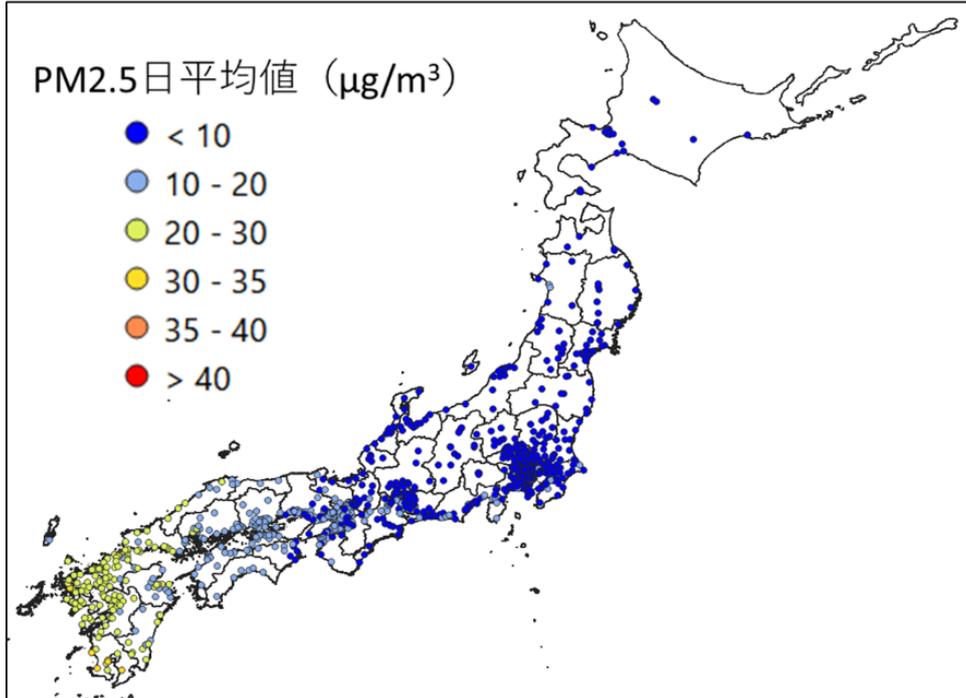


图 4-4-3-9 PM2.5 日平均值全国分布

2019年5月2日

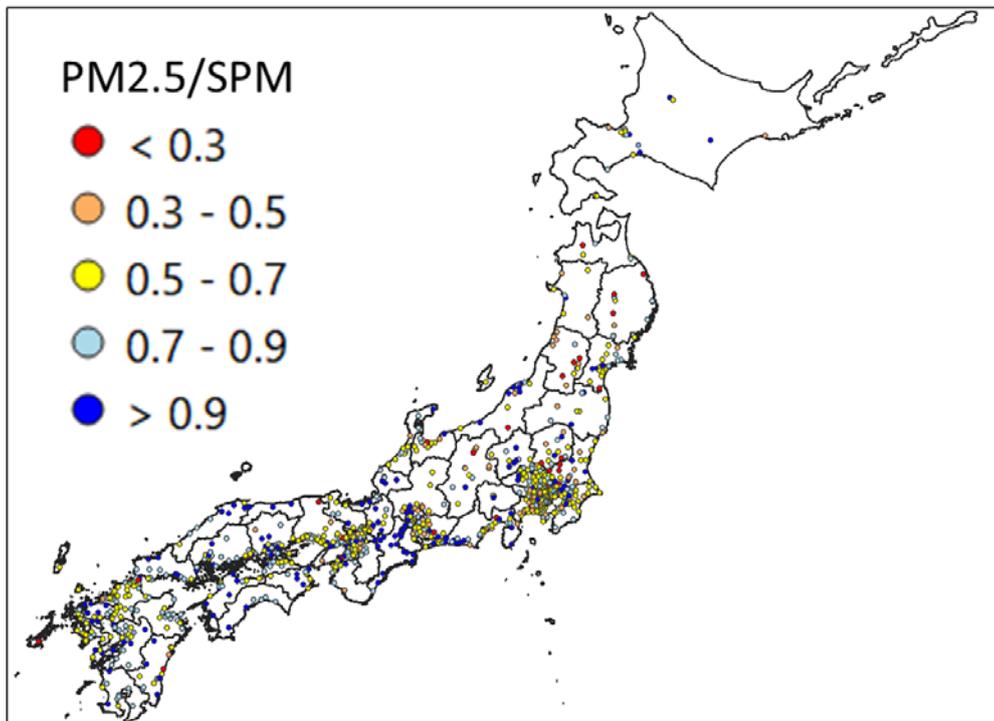


图 4-4-3-10 PM2.5 日平均值/SPM 日平均值全国分布

表 4-4-3-2 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値が 0.3 以下となった観測地点

| 黄砂観測日 | 観測局コード | 都道府県 | PM2.5 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SPM 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM2.5/SPM |
|-------|----------|------|--|--|-----------|
| 5月2日 | 1208510 | 北海道 | 1.958 | 9.000 | 0.218 |
| | 3205010 | 岩手県 | 3.083 | 11.417 | 0.270 |
| | 3207010 | 岩手県 | 4.500 | 15.458 | 0.291 |
| | 3305010 | 岩手県 | 2.042 | 7.583 | 0.269 |
| | 6206010 | 山形県 | 2.478 | 8.773 | 0.282 |
| | 6208010 | 山形県 | 1.000 | 6.083 | 0.164 |
| | 6209010 | 山形県 | 0.500 | 8.875 | 0.056 |
| | 8206010 | 茨城県 | 5.417 | 22.417 | 0.242 |
| | 8210010 | 茨城県 | 4.417 | 21.292 | 0.207 |
| | 8541010 | 茨城県 | 4.625 | 19.083 | 0.242 |
| | 9209010 | 栃木県 | 3.167 | 14.417 | 0.220 |
| | 11203530 | 埼玉県 | 3.042 | 10.792 | 0.282 |
| | 15463010 | 新潟県 | 3.958 | 18.083 | 0.219 |
| | 20216510 | 長野県 | 3.375 | 12.583 | 0.268 |

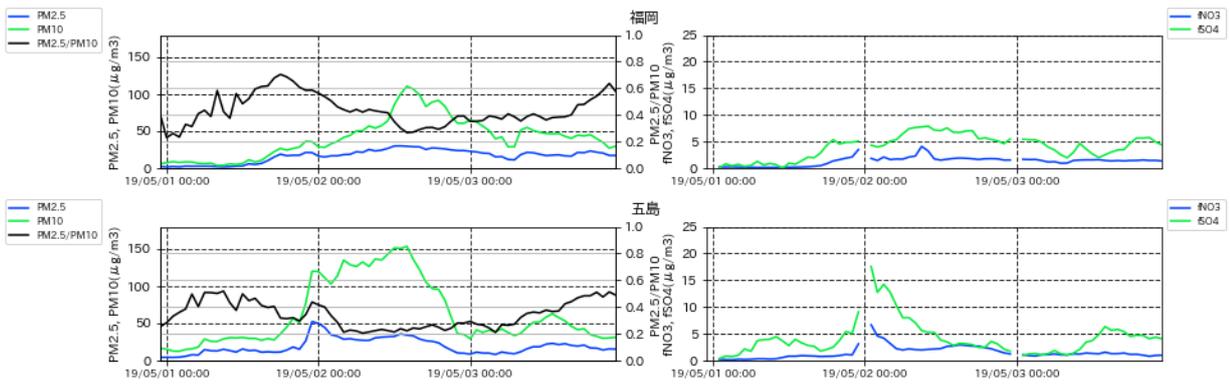


図 4-4-3-11 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

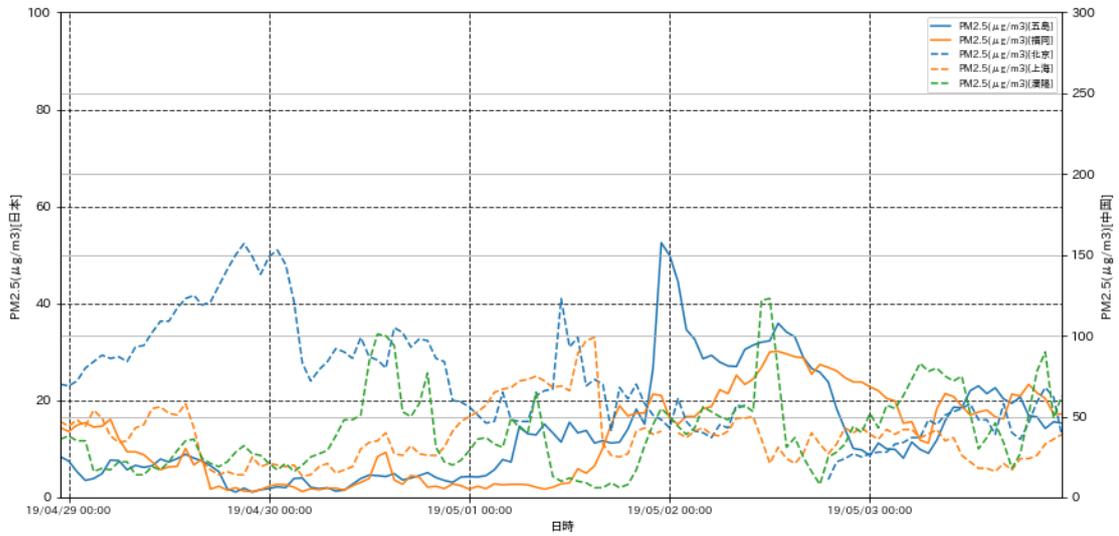


図 4-4-3-12 日本と中国での PM2.5 濃度

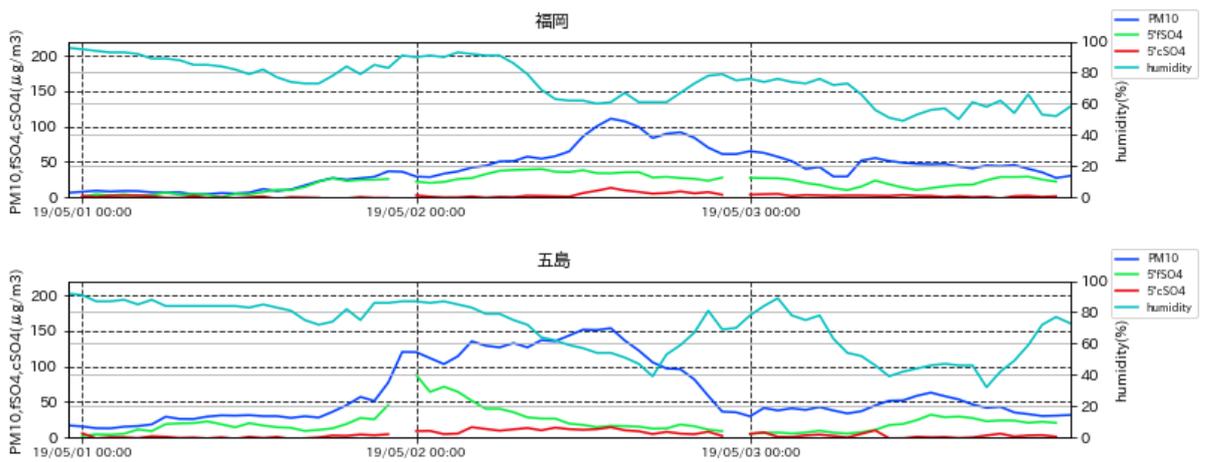


図 4-4-3-13 PM10、fSO₄²⁻、cSO₄²⁻、湿度の経時変化 (fSO₄²⁻、cSO₄²⁻は 5 倍したものを示す)