

4.4 黄砂日の解析結果

(1) 黄砂事例1 2018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 日に九州を中心に 6 地点であったものが、翌日 4 月 7 日には九州のみでなく中国、近畿、四国、沖縄と西日本の広範囲に広がり 20 地点となった。

天気図(図 4-4-1-3) をみると、前線が 4 月 6 日から 7 日にかけて日本を東進し、7 日には日本の東岸沖に位置している。

この期間 SPM の時間値で、 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点がいくつか見られる(図 4-4-1-4)。特に、近畿、中国地方、四国地方で SPM 濃度が比較的高い傾向にあった。

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 5 日に、黄土地帯において Slight Duststorm や 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、長崎県、島根県、富山県、新潟県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 4-4-1-7)。さらに、CFORS においても、dust、sulfate ともに大陸からの影響が日本全国に及ぼしている様子が示された(図 4-4-1-7)。

ライダー黄砂消散係数(図 4-4-1-8) は、九州地方の複数地点において 4 月 5 日から 6 日にかけての夜間から上昇を始め、4 月 7 日から 8 日にかけての夜間まで、大阪・富山・新潟と地域を変えながら高い値を維持している状況が見て取れる。同図に併せて示した 4 月 7 日 15 時の大阪でのライダー黄砂消散係数の高度分布のとおり、低層になるに従って濃度が上昇していることがわかる。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(図 4-4-1-9) させると、特に長崎と福岡で、両者の値の増減が同期している様子が見られ、このときの SPM の上昇が黄砂による影響を受けていることを示唆していた。また、この 2 日間は、PM_{2.5} の日平均値(図 4-4-1-10) も上昇しており、西日本を中心に環境基準値に近い値を示す地点が多くみられている。

人為起源系汚染物質については、4 月 6 日に隠岐、4 月 7 日に福岡の ACSA 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 4-4-1-12)。また両者ともその上昇後には濃度は下降に転じており、全国的にも定常的な濃度で、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 1 日から 3 日に、PM_{2.5} 濃度の 1 時間値が一時 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度が数時間にわたって見られていた(図 4-4-1-13)。

以上の通り、本事例は人為起源系汚染物質が福岡、隠岐などでみられるものの、全国的には人為起源系汚染物質の混在が少ない黄砂が、日本の広範囲に影響を及ぼした事例であった。

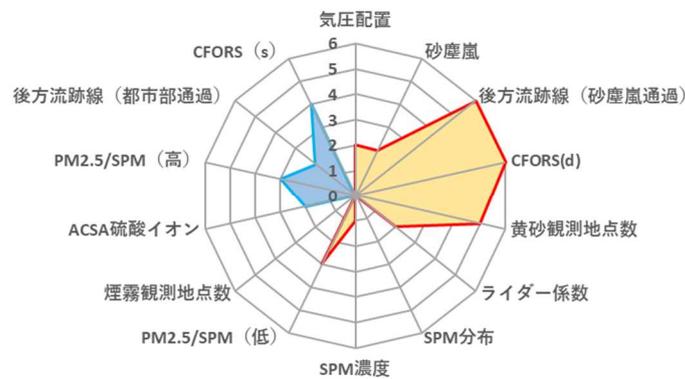


図 4-4-1-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-1-1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名									
2018/4/6	6	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本	鹿児島				
2018/4/7	20	富山	下関	広島	大阪	和歌山	奈良	福岡	佐賀	大分	長崎
		熊本	鹿児島	宮崎	松山	高松	高知	徳島	名瀬	石垣島	宮古島

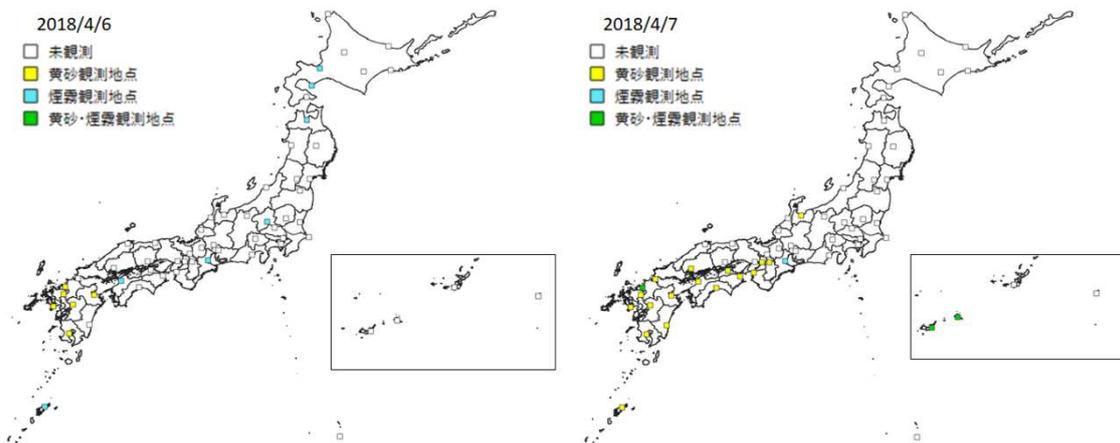
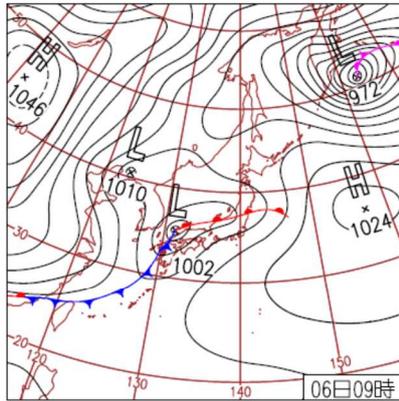
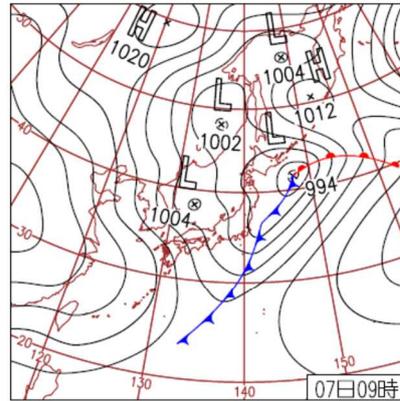


図 4-4-1-2 黄砂観測地点



6日(金)広い範囲で荒れた天気
 前線を伴った低気圧が日本海沿岸を東に進み、全国的に曇りや雨、北日本は雪。西日本～東日本で南風が強くなり、最大瞬間風速が25m/sを超えた所も。長野市でサクラ満開。



7日(土)沖縄～北陸で黄砂観測
 石垣島で視程9kmなど黄砂観測20地点。西高東低の気圧配置で西日本上空約1500mには-6℃近い寒気が南下。広島県八幡で日降雪量18cm。九州では最高気温が1月下旬並の所も。

図 4-4-1-3 天気図

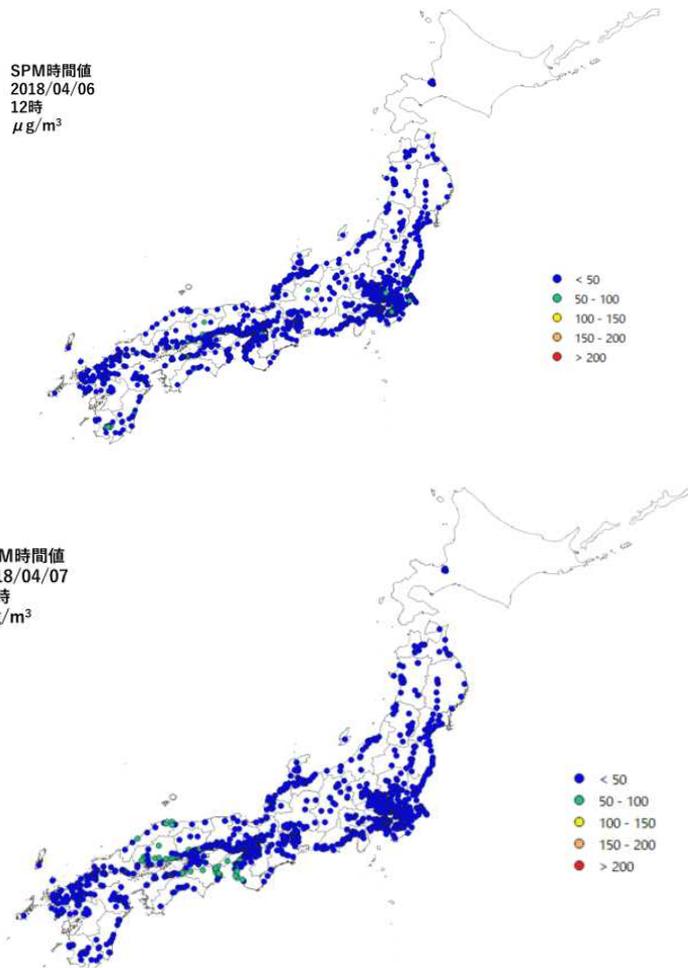


図 4-4-1-4 SPM1 時間値濃度全国分布

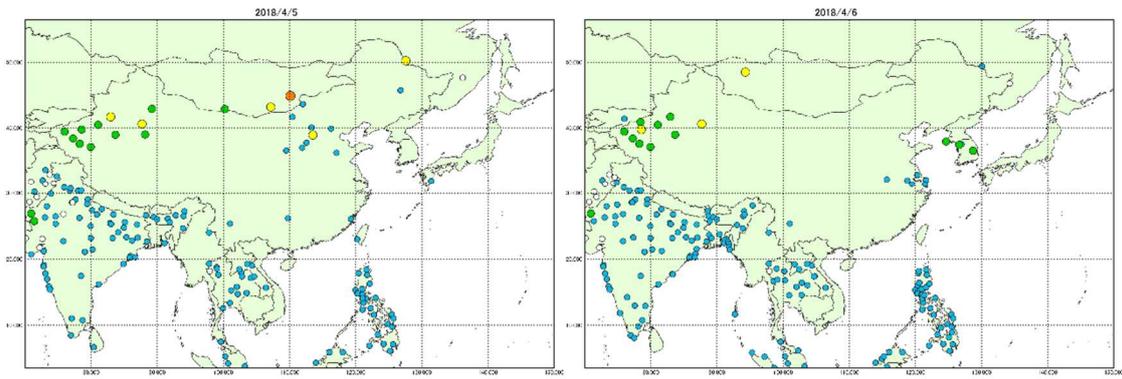


图 4-4-1-5 砂塵嵐発生状況

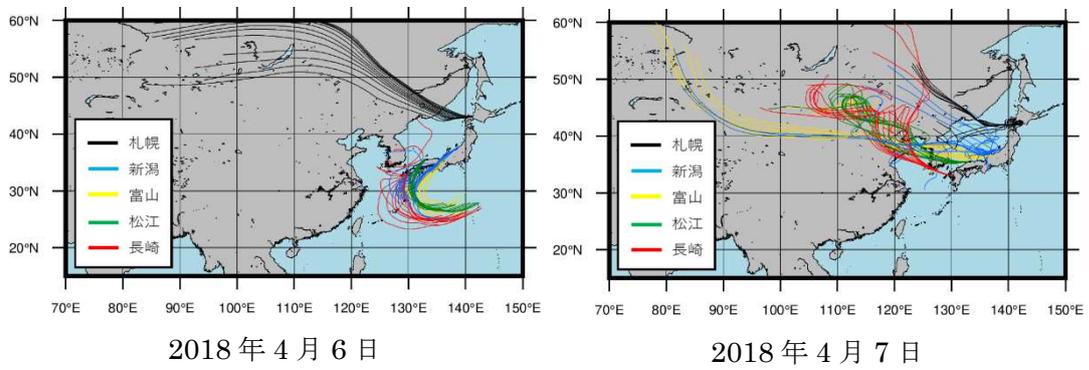


图 4-4-1-6 後方流跡線

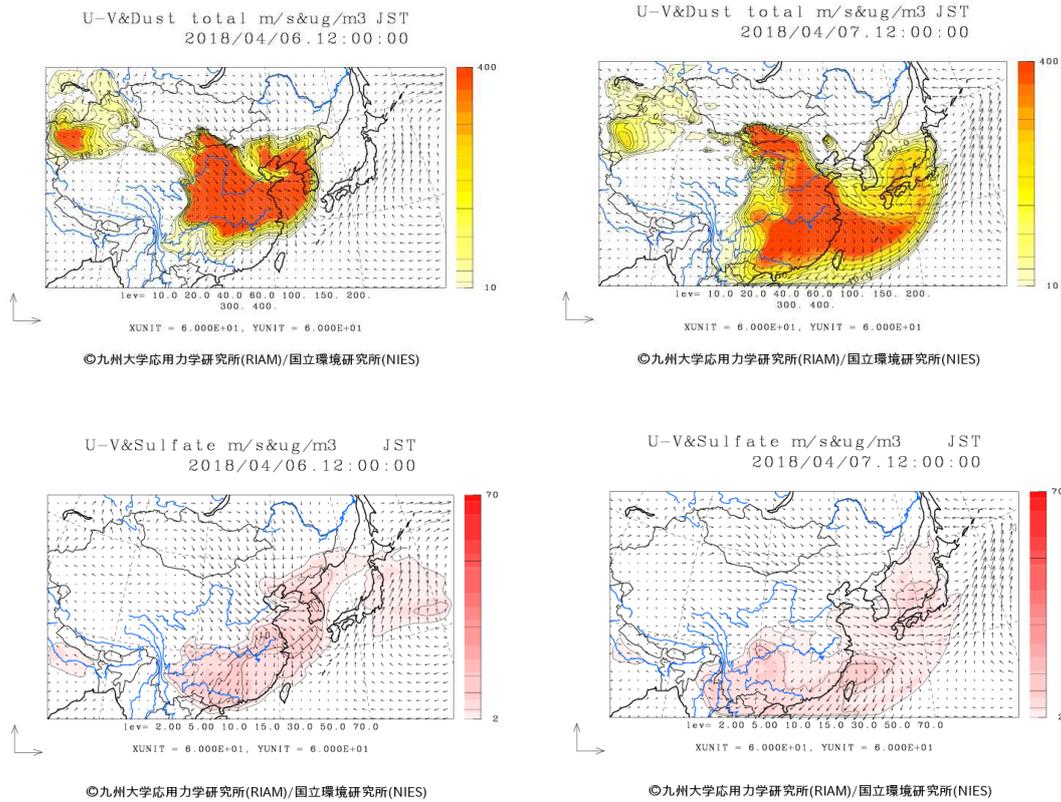


図 4-4-1-7 CFORS(dust (上図) - sulfate (下図)) 予測結果

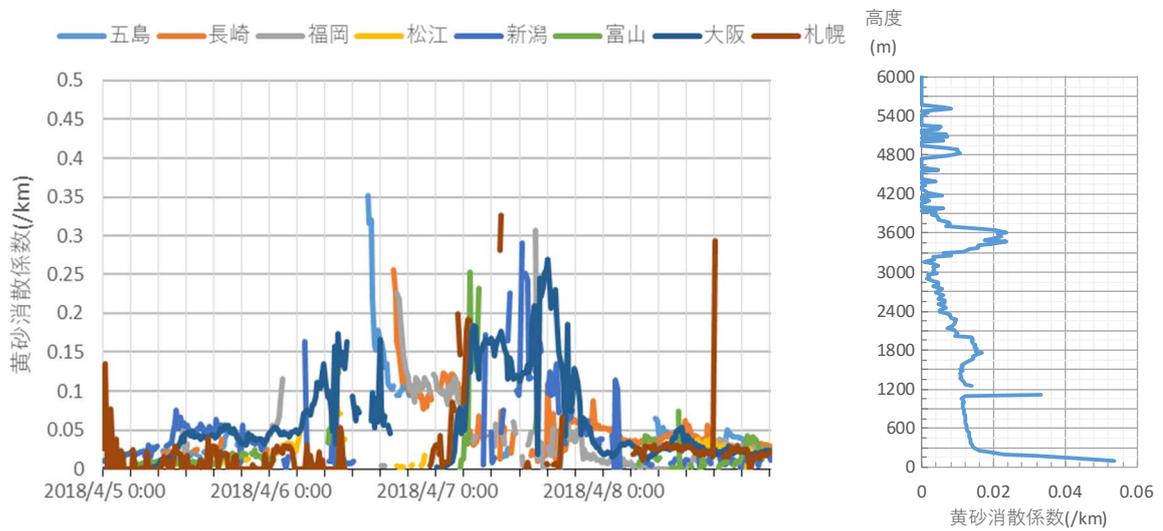


図 4-4-1-8 ライダー黄砂消散係数の経時変化 (全国比較) と大阪における黄砂消散係数の高度分布(4月7日15時)

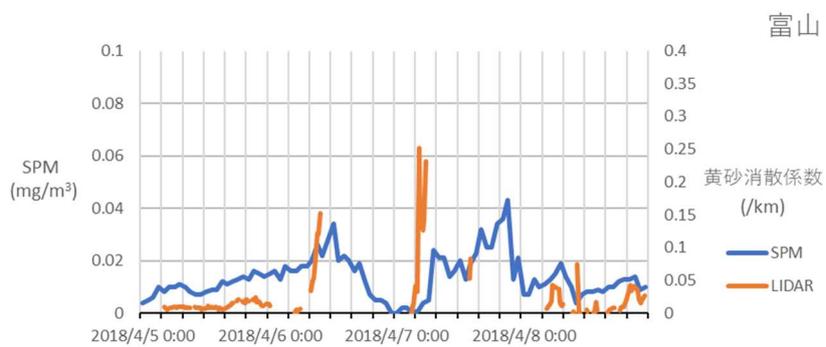
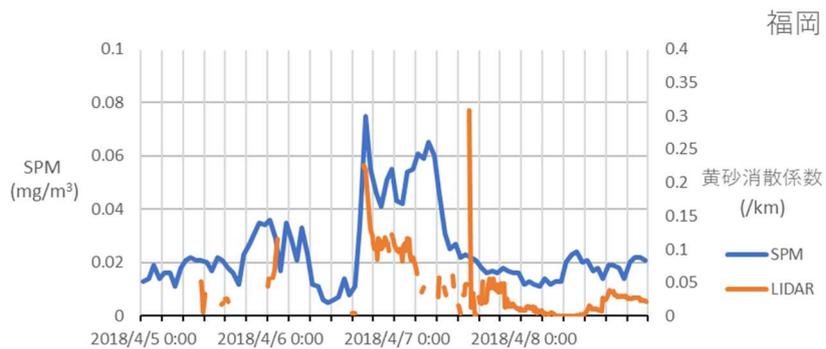


図 4-4-1-9 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化

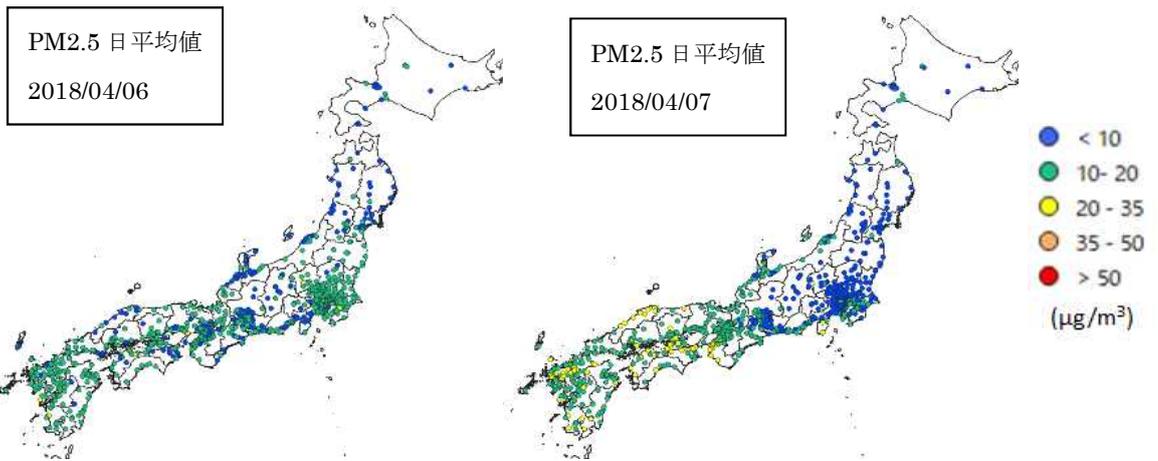


图 4-4-1- 10 PM2.5 日平均值全国分布

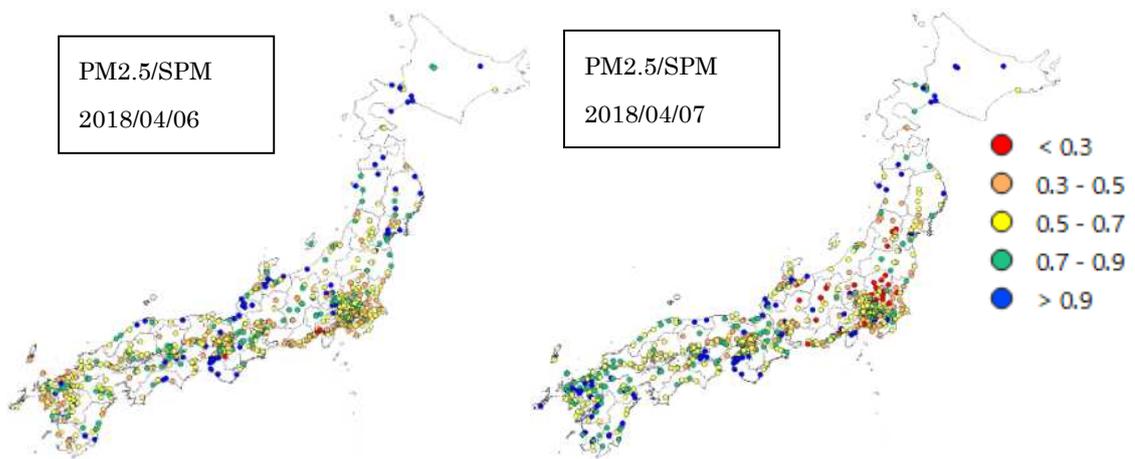


图 4-4-1- 11 PM2.5 日平均值/SPM 日平均值全国分布

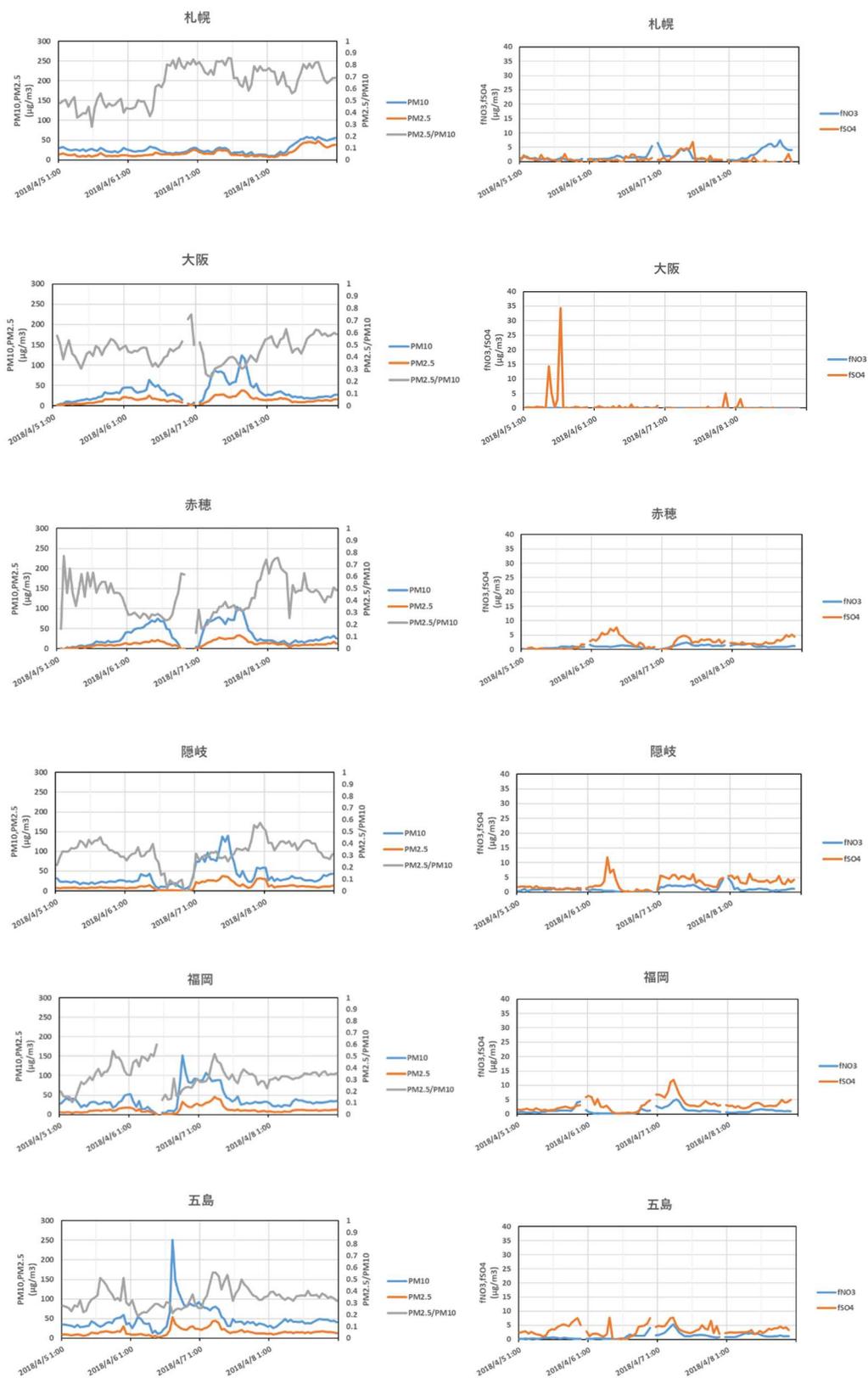


図 4-4-1-12 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

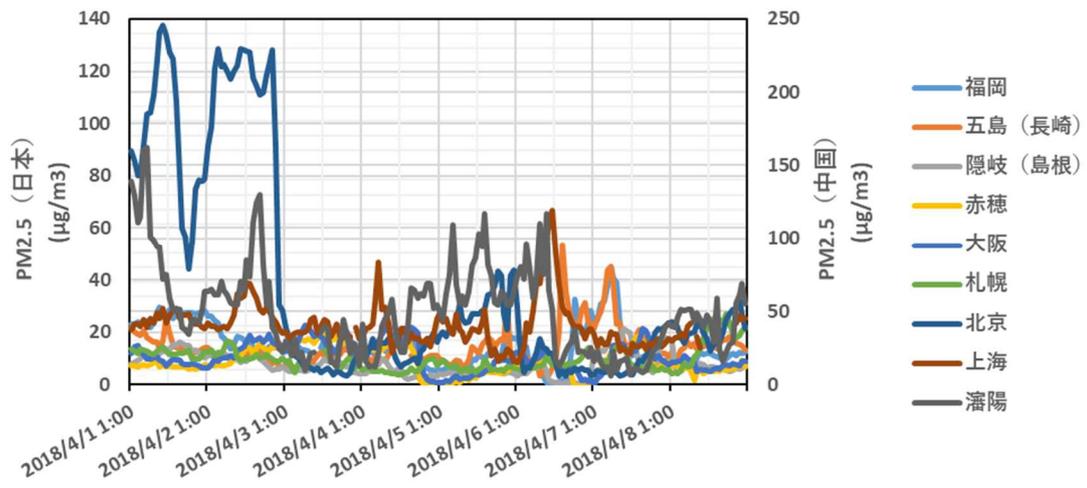


図 4-4-1-13 日本・中国での PM2.5 濃度

(2) 黄砂事例 2 2018年4月11日～13日

本事例は、4月11日から13日の3日間で観測された黄砂である。黄砂の観測地点は図4-4-2-2及び表4-4-2-1に示すとおり、4月11日の松江を除き、北海道と東北地方のみであった。

天気図（図4-4-2-3）では、4月11日に日本の北西側にあった前線が東進しており、12日に北海道の北東部沖に位置し、北日本では大陸の影響を受けやすいと思われる気象状況である。

この期間のSPM濃度は、図4-4-2-4に示すとおりであるが、札幌や青森で黄砂が観測されているものの、SPM濃度が上昇している様子はほとんどみられない。ライダーの黄砂消散係数（図4-4-2-8）の経時変化からは、顕著に高い値は見られないものの、小規模なピークが九州地方、仙台・札幌、新潟・富山と地域を変えながら移動してゆく様子が見て取れる。また札幌に置ける黄砂消散係数の高度分布も、低層における黄砂の到達を示唆している。

大陸では、日本で黄砂が観測される前の4月8日から9日にかけて、戈壁砂漠付近で砂塵嵐の発生が確認される（図4-4-2-5）。4月11日、12日の札幌における起点高度1500mの後方流跡線（図4-4-2-6）は、砂塵嵐発生地帯に近い気流を示している。またCFORS（図4-4-2-7）でも、大陸からのdustが日本の北側に及ぼしている様子が示されている。加えて、CFORSのsulfateでは、大陸中部、南部からの影響が日本全体に及ぶ様子が示されていた。

PM2.5日平均値（図4-4-2-10）は全国的に $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が多く、近畿、中国、四国地方では $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点も多数みられるが、黄砂の観測された北海道、東北地方ではそのような地点はあまり見られなかった。この期間、札幌のACSAの fSO_4^{2-} はせいぜい $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度となっているが、札幌に比較的近く、周辺に汚染源がない箕岳のACSAで fSO_4^{2-} が $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度がみられた（図4-4-2-12）。

中国では、本事例前に、上海、北京、瀋陽いずれも $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度のPM2.5濃度が観測され、その後北京は濃度が上昇し、4月13日の昼間に $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近い高濃度となっていた（図4-4-2-13）。

以上の通り、この事例では、人為起源系大気汚染物質が黄砂と若干混在しているが、北海道付近の上空を黄砂が飛来している一方で、地表付近ではその影響は少ない事例と考えられた。

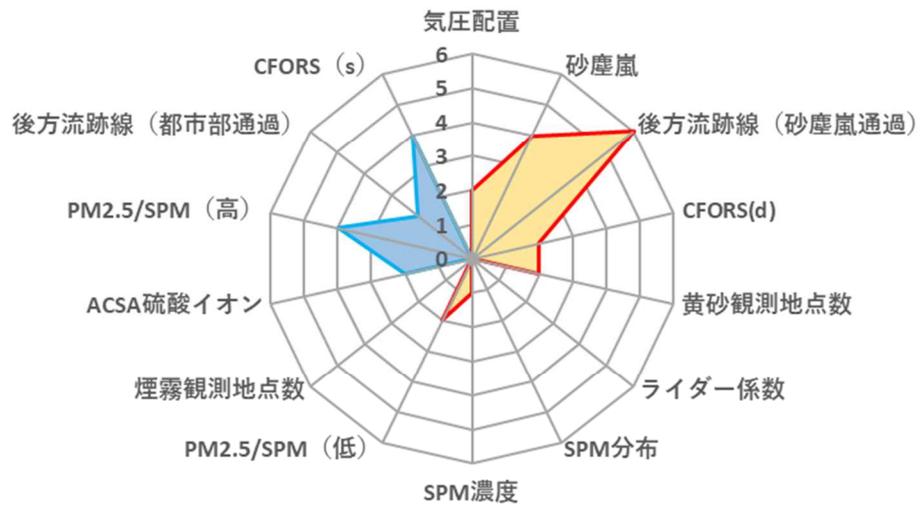


図 4-4-2-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-2-1 黄砂観測日

日付	地点数	観測地点名								
2018/4/11	1	松江								
2018/4/12	5	釧路	室蘭	青森	秋田	盛岡				
2018/4/13	1	帯広								

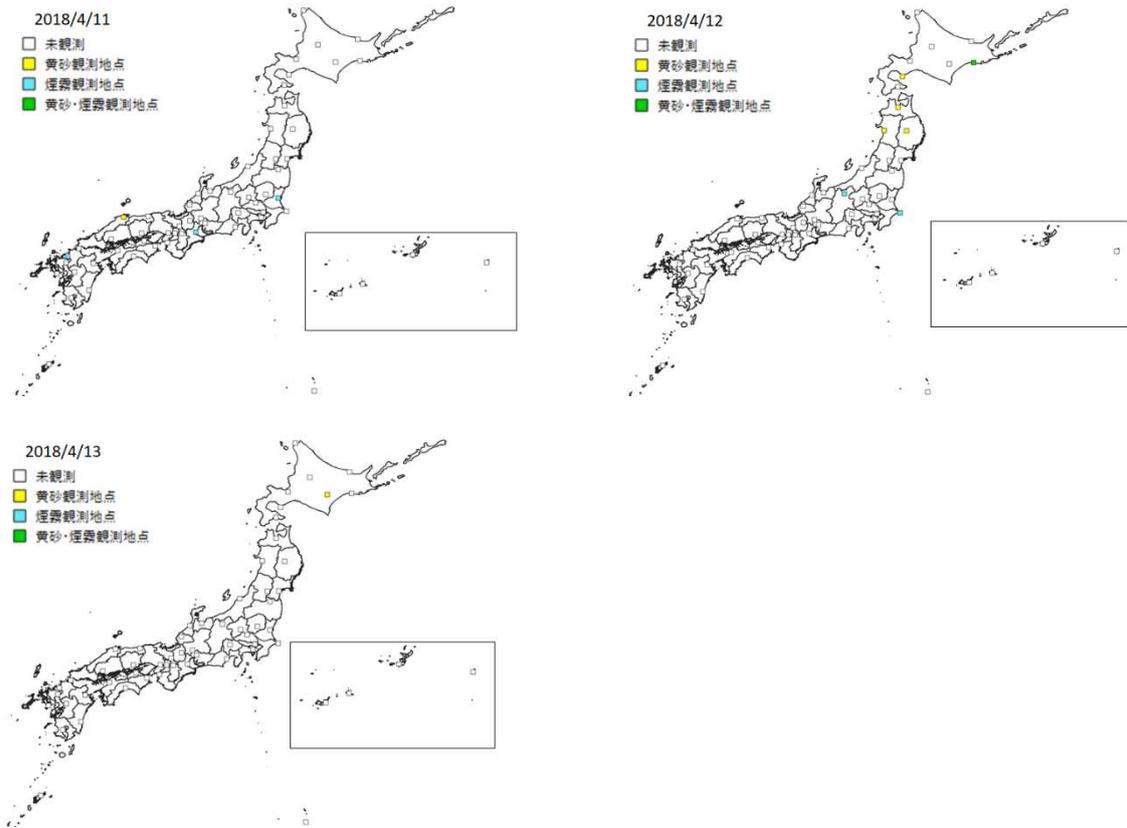
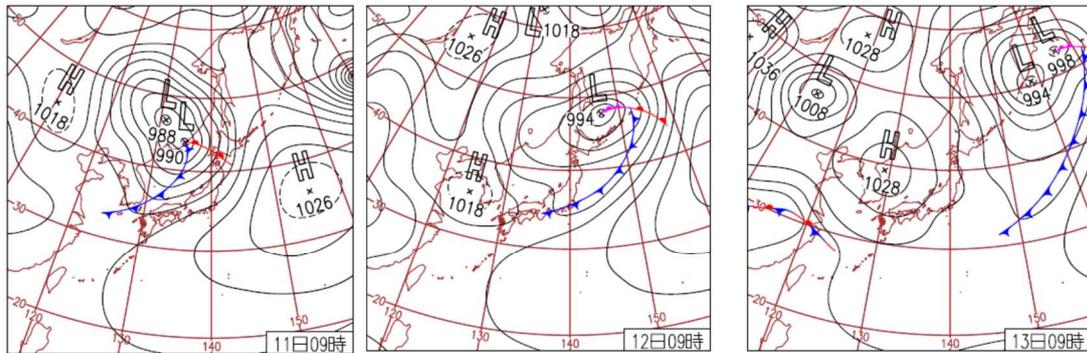


図 4-4-2- 2 黄砂観測地点



11日(水)全国的に天気下り坂
 前線を伴った低気圧が日本海北部を東北東に進んだ影響で、全国的に曇りや雨で雷を伴う所も。西日本～北日本は南風が強まる。松江で黄砂観測。山形市でサクラ満開。

12日(木)奄美で非常に激しい雨
 暖かく湿った空気の影響で、鹿児島県古仁屋で明け方53.5mm/1h。その他の地方は晴れて気温が上がり、九州や関東、静岡県などで6月下旬並の暑さ。北日本数地点で黄砂観測。

13日(金)沖縄県で大雨
 沖縄県宮古島では32.5mm/1hの雷を伴う激しい雨で日降水量92.0mm。その他の地方では高気圧に覆われ概ね晴れ。気圧の傾きの大きい栃木県奥日光で最大瞬間風速22.8m/s。

図 4-4-2- 3 天気図

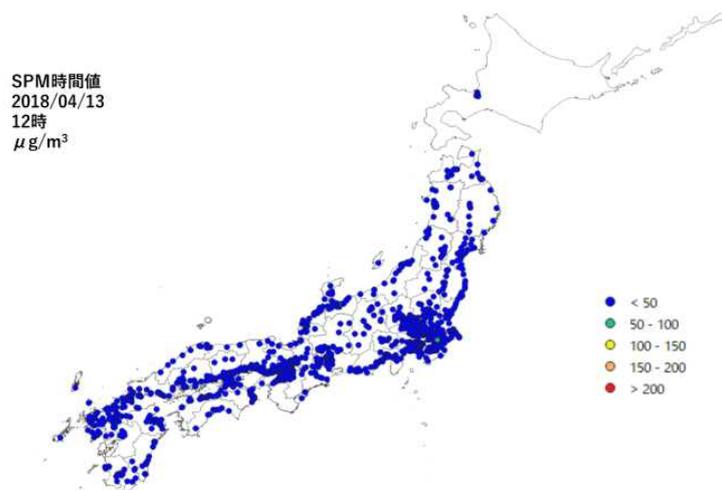
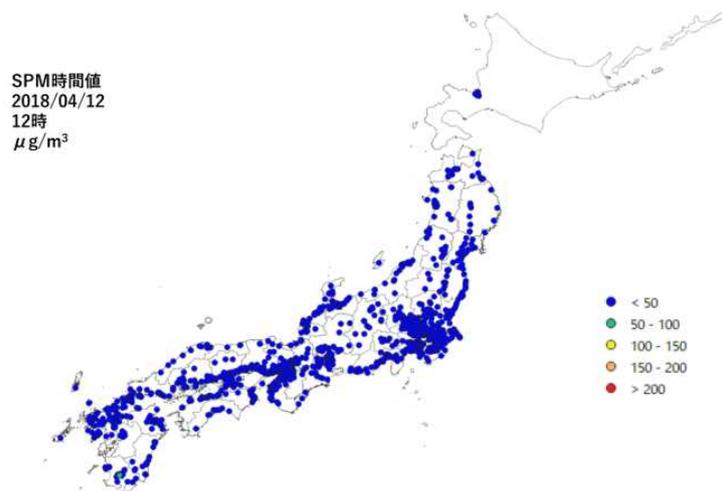
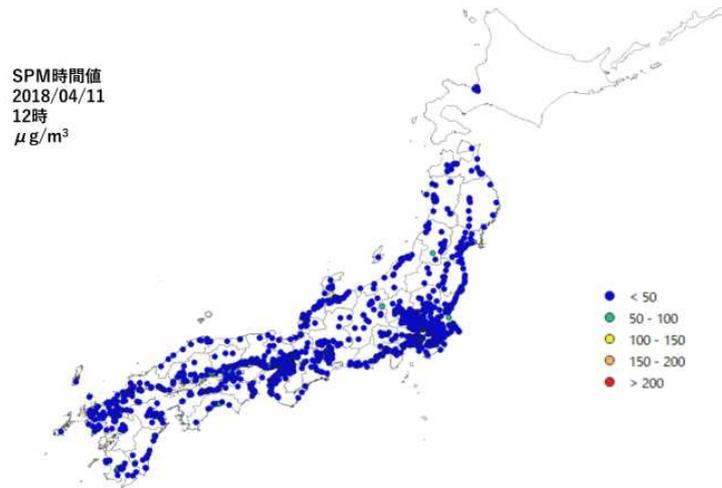


図 4-4-2-4 SPM1 時間値濃度全国分布

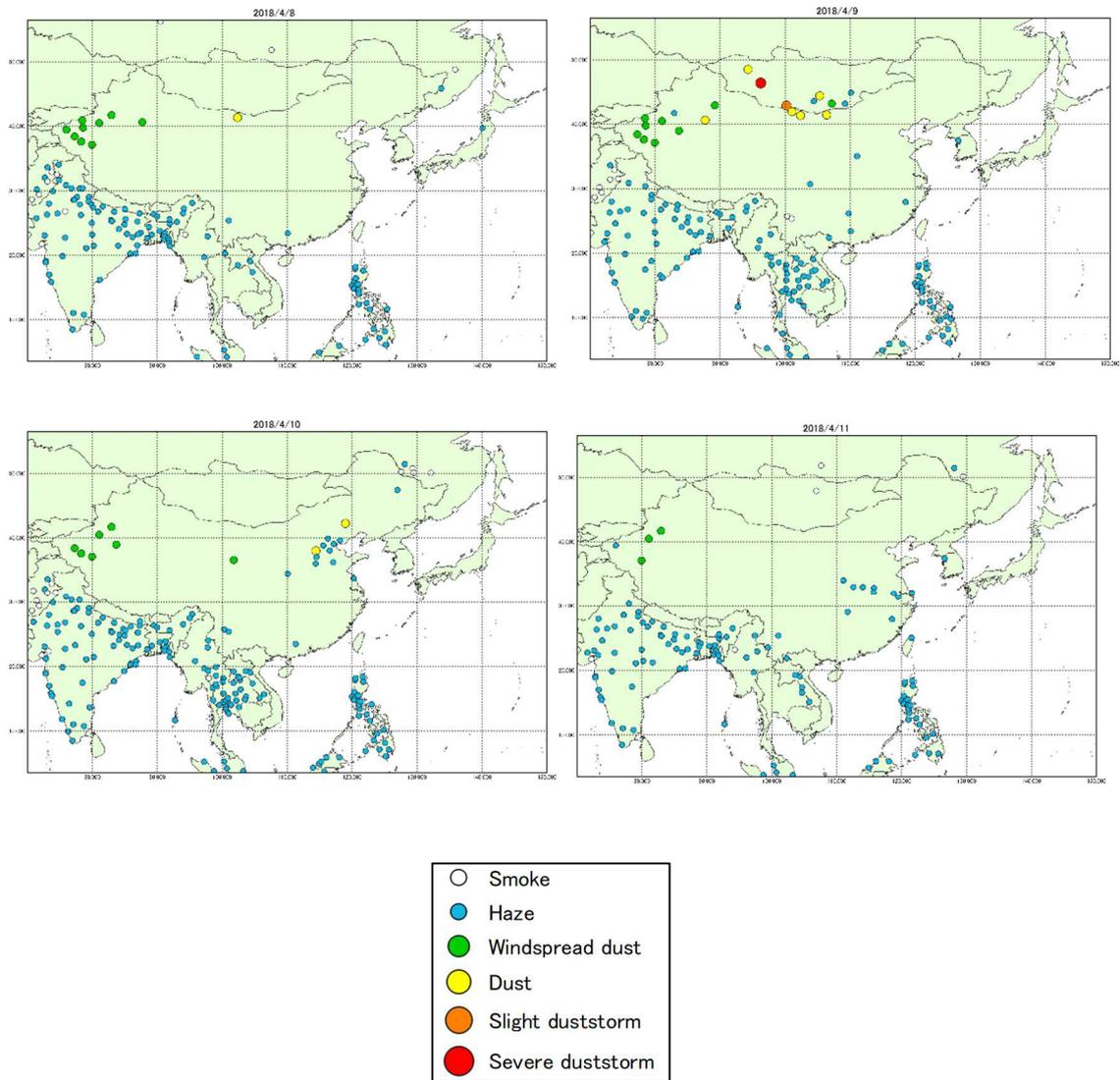
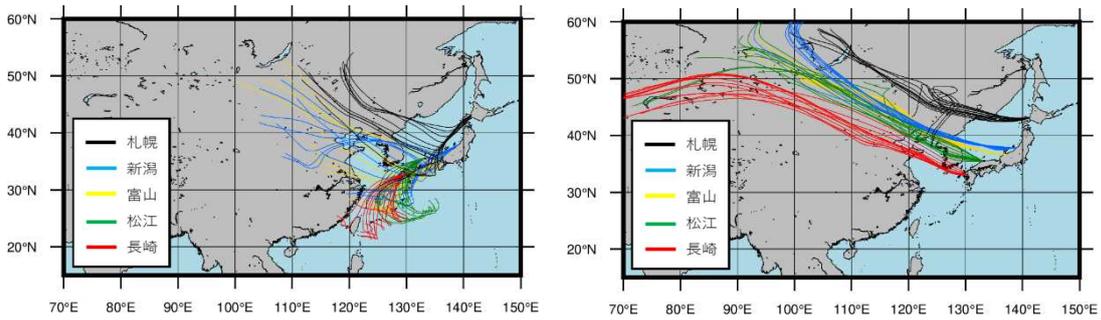
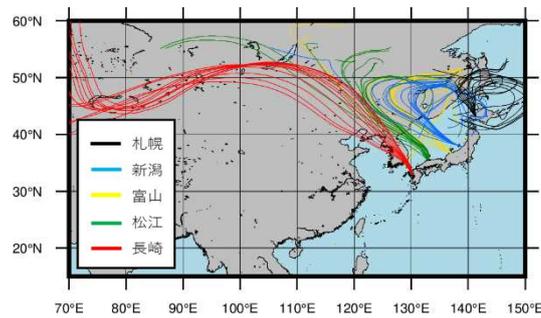


図 4-4-2-5 砂塵嵐発生状況



2018年4月11日

2018年4月12日



2018年4月13日

図 4-4-2-6 後方流跡線

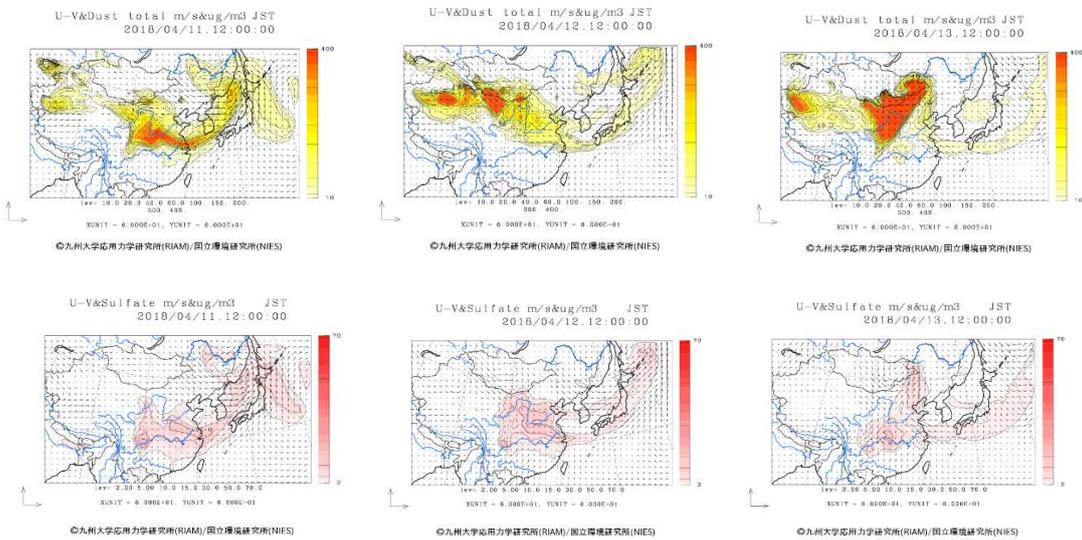


図 4-4-2-7 CFORS(dust、sulfate)予測結果

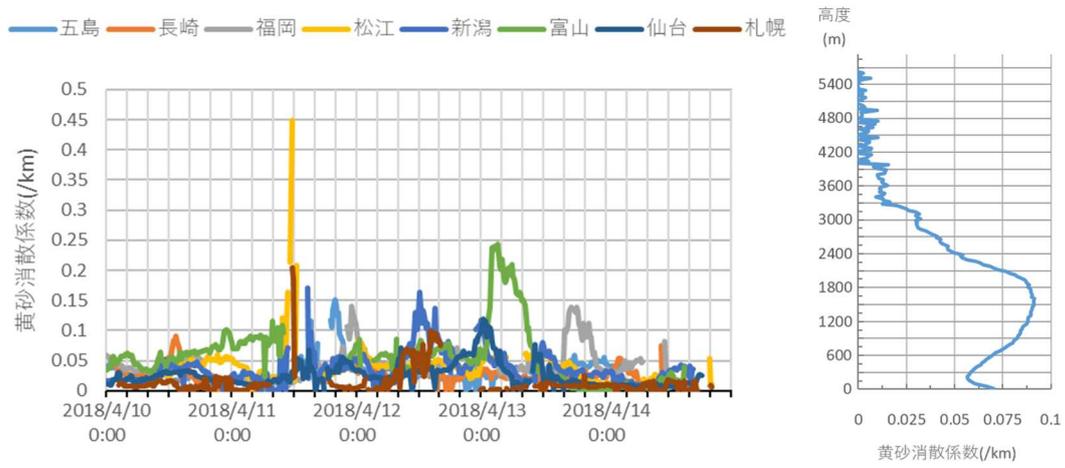


図 4-4-2-8 ライダー黄砂消散係数の経時変化（全国比較）と札幌における黄砂消散係数の高度分布(4月11日15時)

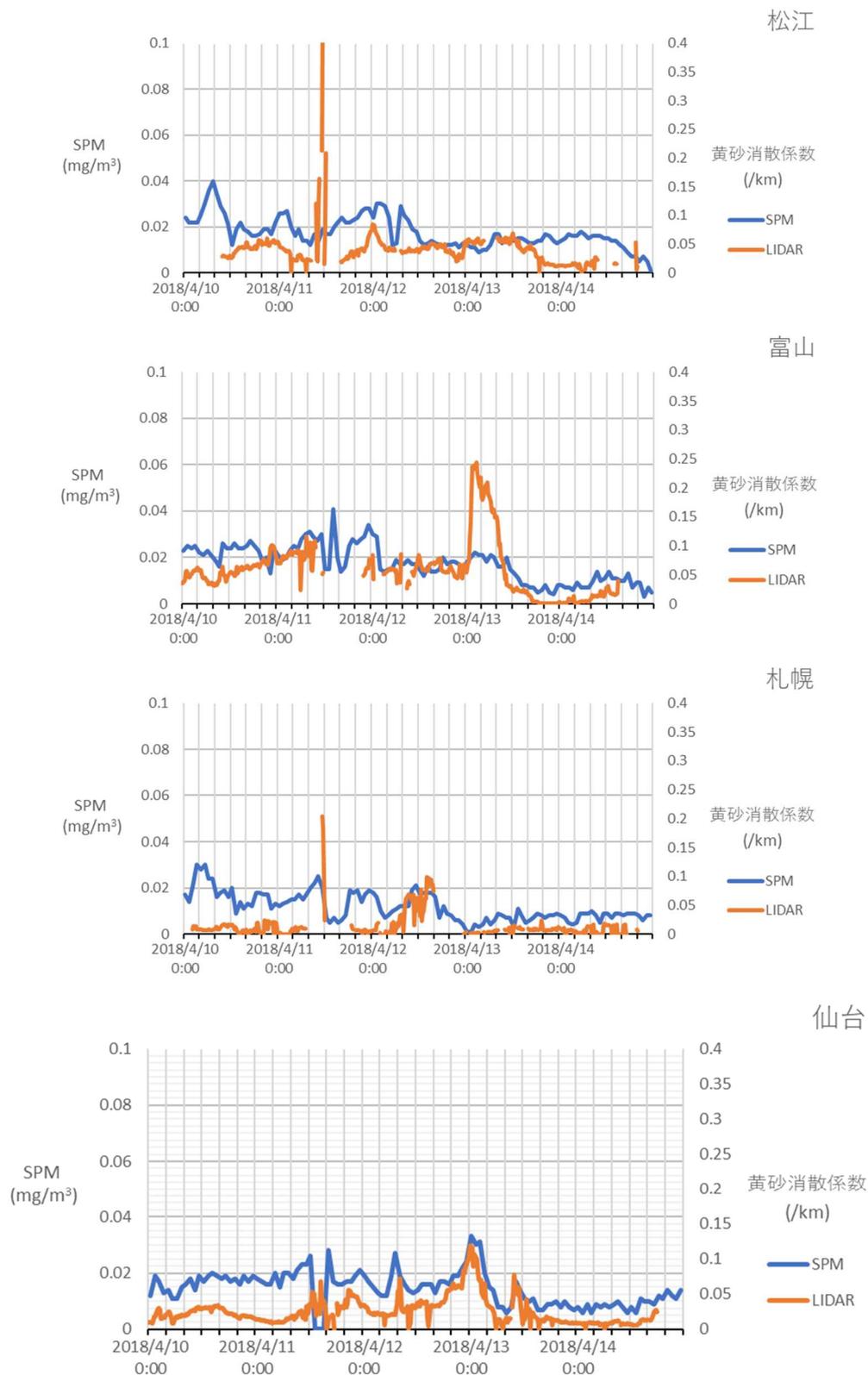


図 4-4-2-9 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化

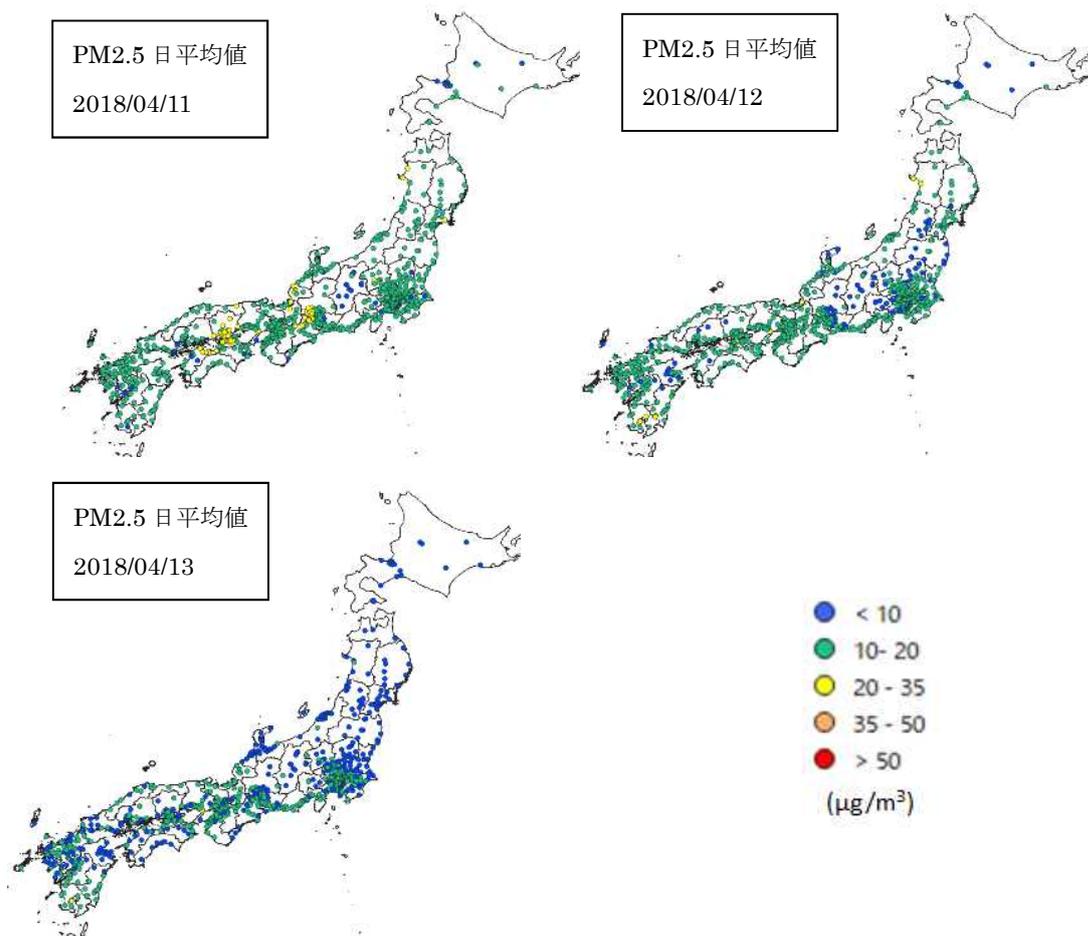


图 4-4-2-10 PM2.5 日平均值全国分布

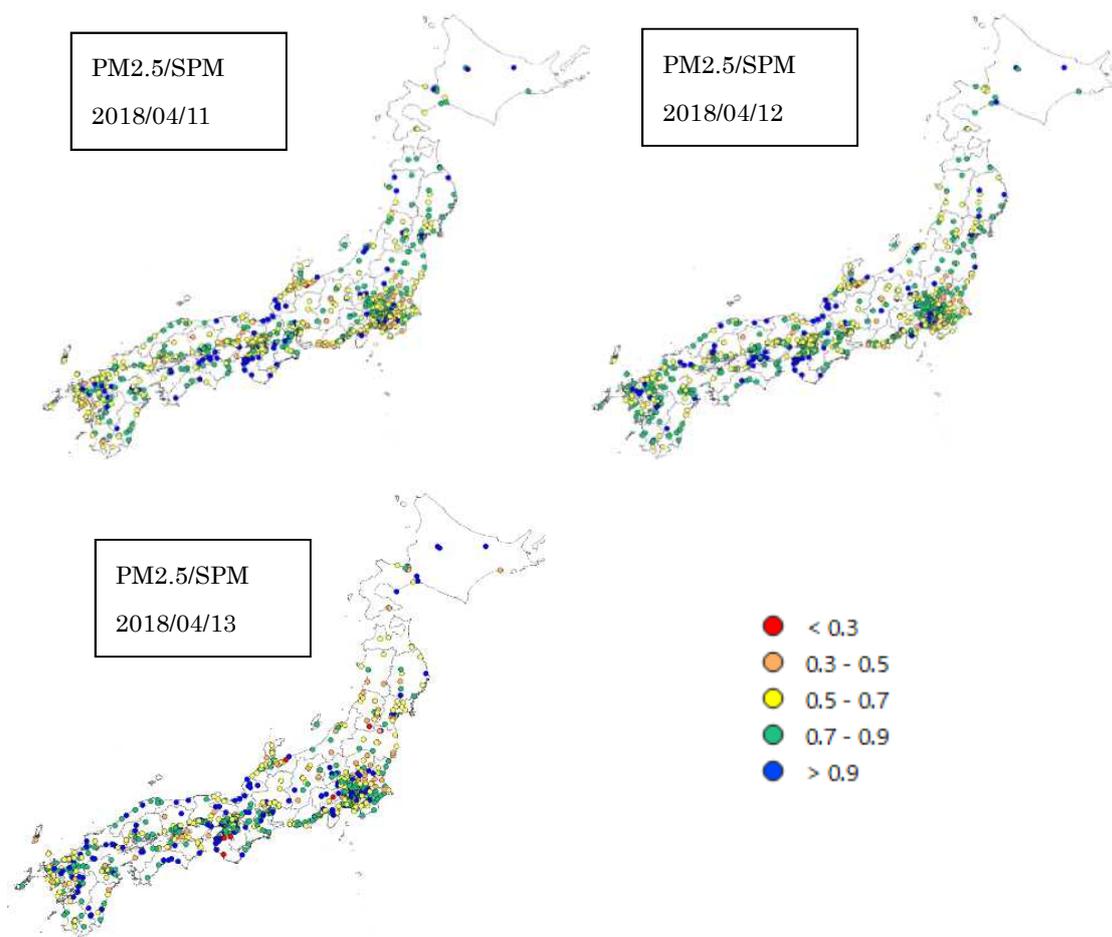


图 4-4-2- 11 PM2.5 日平均值/SPM 日平均值全国分布

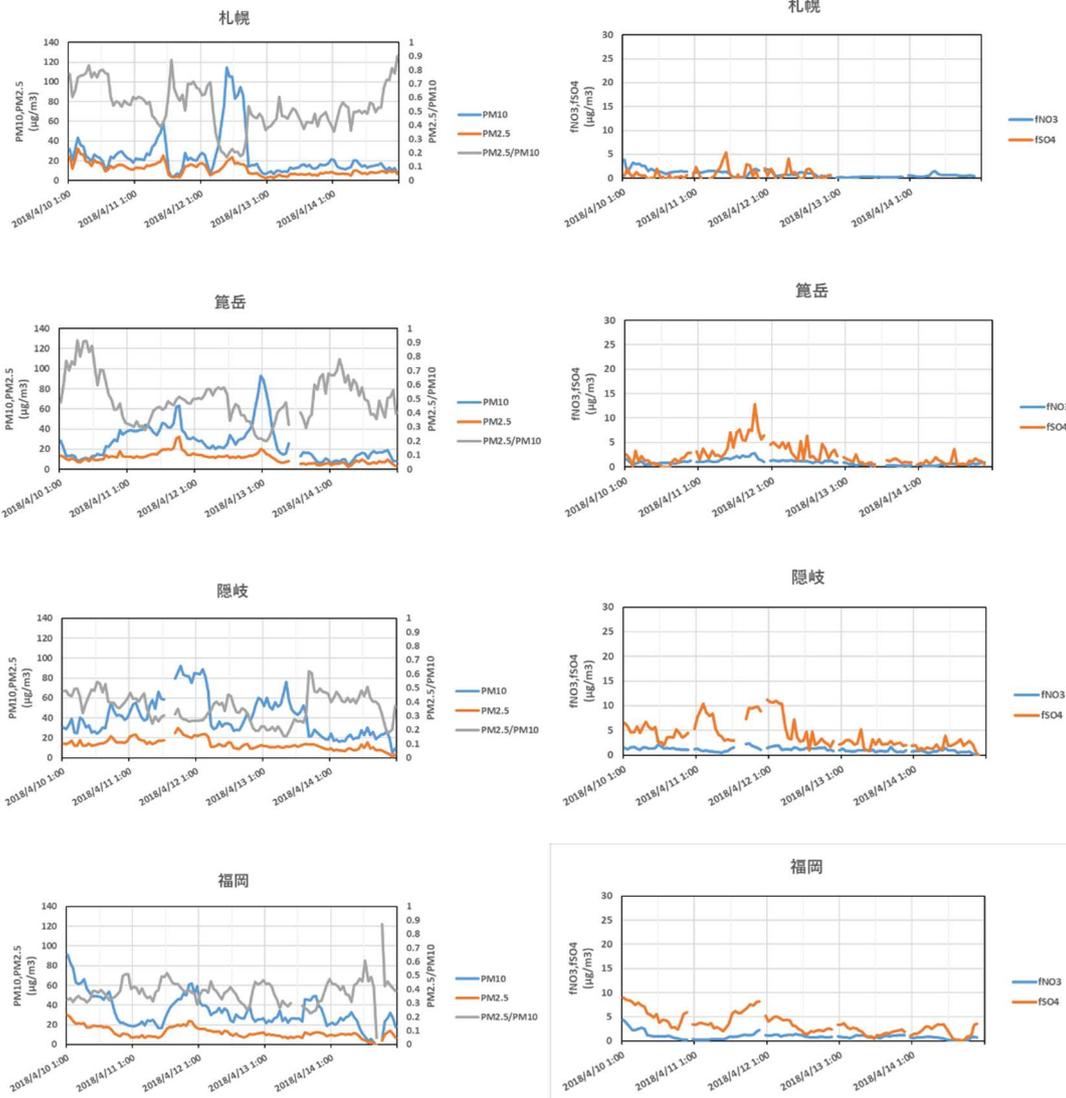


図 4-4-2- 12 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

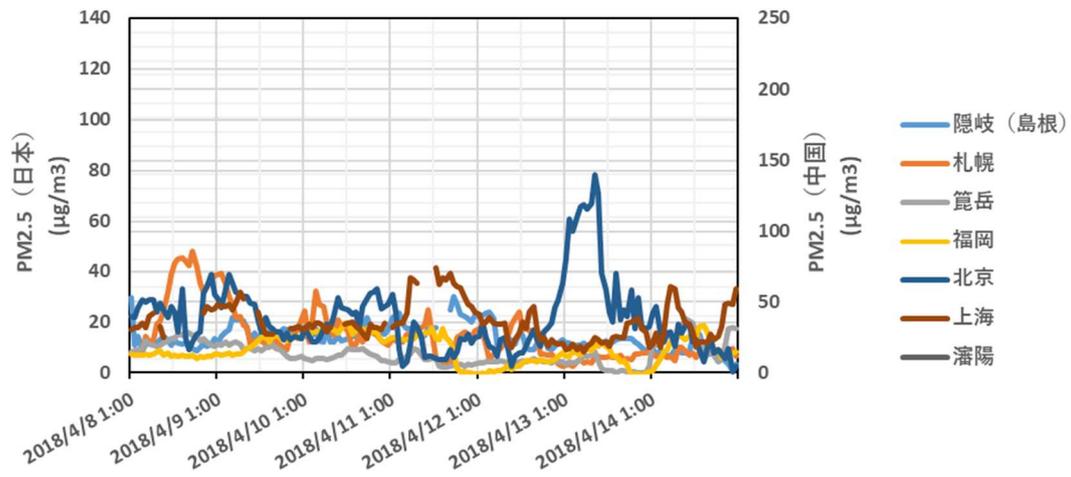


図 4-4-2- 13 日本と中国での PM2.5 濃度

(3) 黄砂事例3 2018年4月15日～17日

本事例は、4月15日から17日の3日間で観測された黄砂である。黄砂の観測地点は表4-4-3-1及び図4-4-3-2に示すとおり、近畿、北陸以西での観測であった。

天気図（図4-4-3-3）では、4月15日に日本の上空にあった前線が東進しており、16日に北海道の北東部沖に位置し、日本全体として大陸の影響を受けやすいと思われる気象状況である。

この期間のSPM濃度は、図4-4-3-4に示すとおりであるが、近畿以西で $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の地点が多くみられる。実際にライダーの黄砂消散係数（図4-4-3-8）でも、札幌や新潟はおおむね低い値であり、富山・大阪や九州地方で高い値が観測されていた。4月15日15時における福岡の黄砂消散係数の高度分布をみたところ、低層で高い値が確認され、黄砂の影響であると判断できる。また、この事例に関しては、図4-4-3-9見られるように、福岡や富山でSPM濃度の増減とライダー黄砂消散係数の増減が同期しており、特に大阪の場合は極めて良く同期していることが見て取れる。これは、6章で述べるような消散係数とSPM濃度の増減による黄砂判定の可能性を支持する良い例であると言える。

大陸では、日本で黄砂が観測される前の4月12日から13日にかけて、ゴビ砂漠付近で砂塵嵐の発生が確認される（図4-4-3-5）。4月15日、16日の富山、松江、長崎における起点高度1500mの後方流跡線（図4-4-3-6）は、砂塵嵐発生地帯に近い気流を示している。またCFORS（図4-4-3-7）でも、大陸からのdustが西日本を中心に影響を及ぼしている様子が示されている。加えて、CFORSのsulfateでは、大陸南部からの影響が西日本全体に及ぶ様子が示されていた。

PM_{2.5}日平均値（図4-4-3-10）は西日本全体で $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が多く、4月16日には九州において環境基準値を超える地点も多数みられた。一方、PM_{2.5}/SPMには西日本での黄砂の特徴を示す分布は見られず、4月15日には全国的に低い値となっているなど、この値が大陸からのダストによるPM_{2.5}の上昇を反映している可能性を示している。この期間ACSAのfSO_{4²⁻}は全国的に $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度となっているが、隠岐においては $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度がみられた（図4-4-3-12）。

中国では、本事例前に、上海、北京において $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度、瀋陽においては $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ に近いPM_{2.5}濃度が観測され、その後北京は濃度が上昇し、4月16日の昼過ぎには $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度となっていた（図4-4-3-13）。

以上の通り、この事例では、ゴビ砂漠周辺での砂塵嵐によるダストにより西日本を中心に黄砂が観測され、地表付近でもPM_{2.5}が上昇した事例と考えられた。

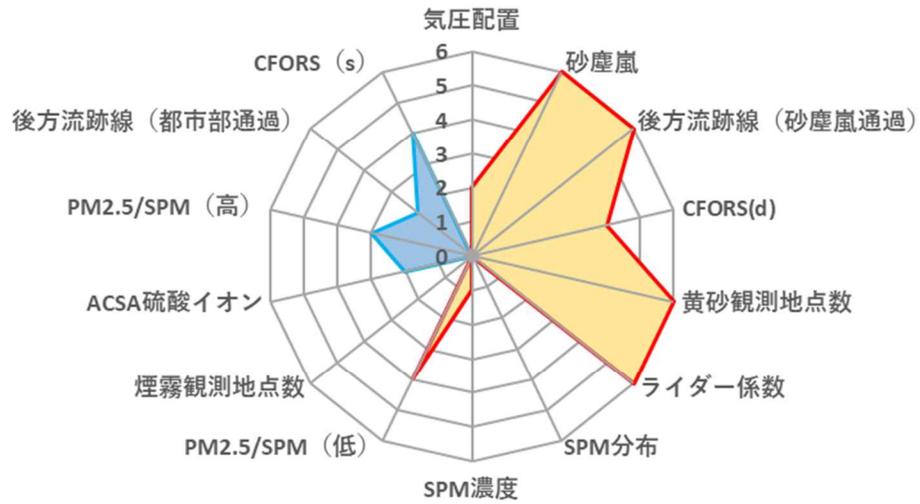


図 4-4-3-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-3-1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名									
2018/4/15	9	松江	下関	広島	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本	鹿児島	
2018/4/16	28	金沢	富山	福井	岐阜	名古屋	津	松江	京都	彦根	下関
		広島	岡山	神戸	大阪	和歌山	奈良	福岡	佐賀	大分	長崎
		熊本	鹿児島	宮崎	松山	高松	高知	徳島	名瀬		
2018/4/17	18	松江	鳥取	京都	彦根	下関	広島	岡山	神戸	大阪	奈良
		福岡	大分	長崎	鹿児島	宮崎	高松	高知	徳島		

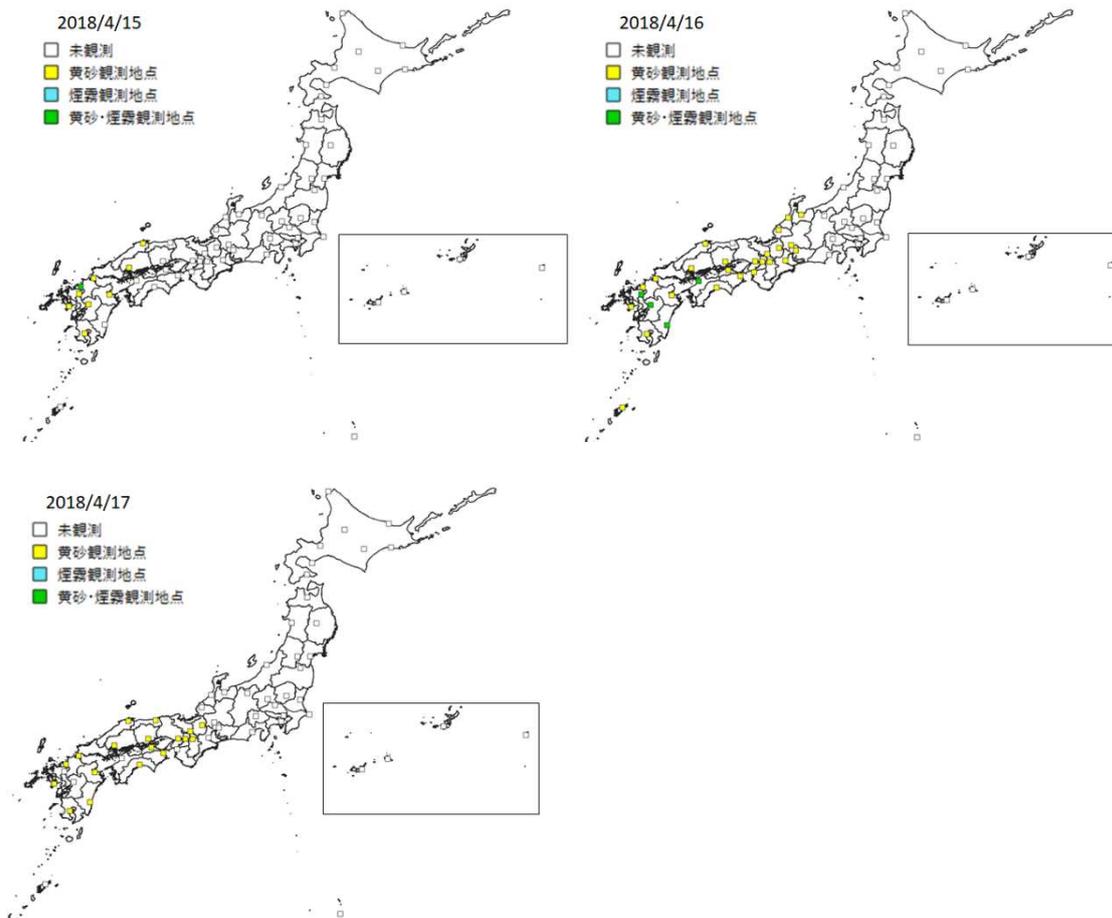
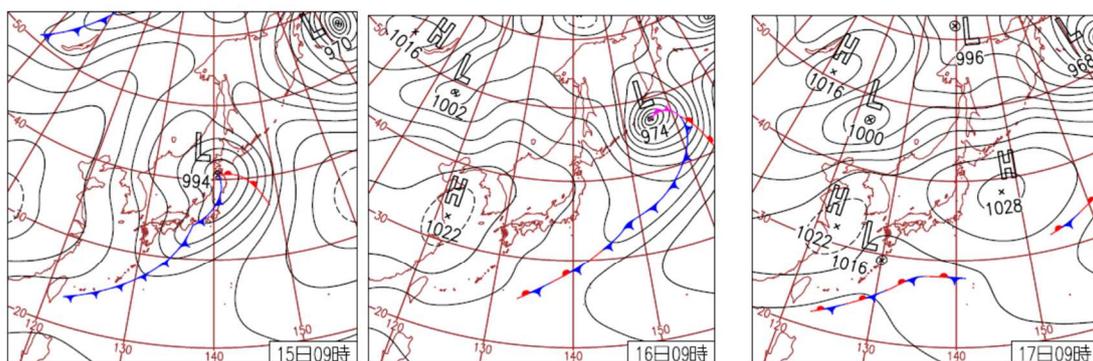


図 4-4-3-2 黄砂観測地点



15日(日)広い範囲で荒れた天気
 低気圧や前線の通過で全国的に風雨が強く、北海道えりも岬で最大瞬間風速 36.7m/s。静岡県富士では 41.5mm/1h の激しい雨。福岡、長崎などで黄砂を観測。

16日(月)西日本～東日本で黄砂
 低気圧が千島近海に進み、西から高気圧が張り出す。北日本の日本海側や北陸地方の一部で雨の他は全国的に晴れや曇り。最高気温は全国的に平年並か平年より低く経過。

17日(火)盛岡・秋田市サクラ開花
 夜には日本の南に停滞する前線上に低気圧が発生して北東進。沖縄～東日本は曇りや雨。北日本は高気圧に覆われて日中は概ね晴れ。引き続き西日本の18地点で黄砂を観測。

図 4-4-3-3 天気図

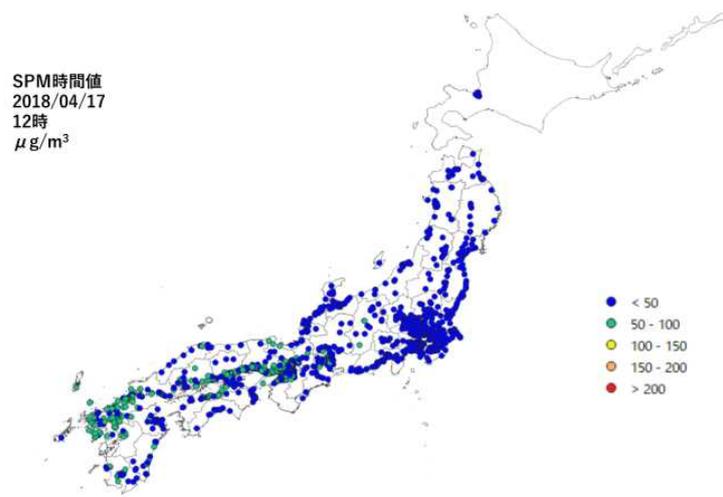
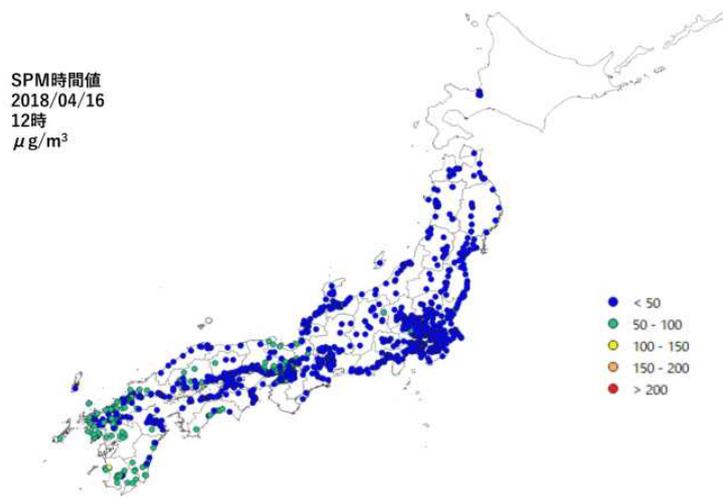
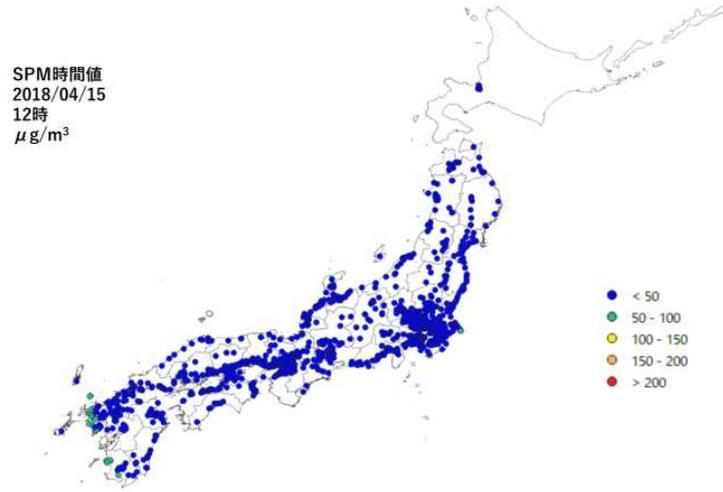


図 4-4-3-4 SPM1 時間値濃度全国分布

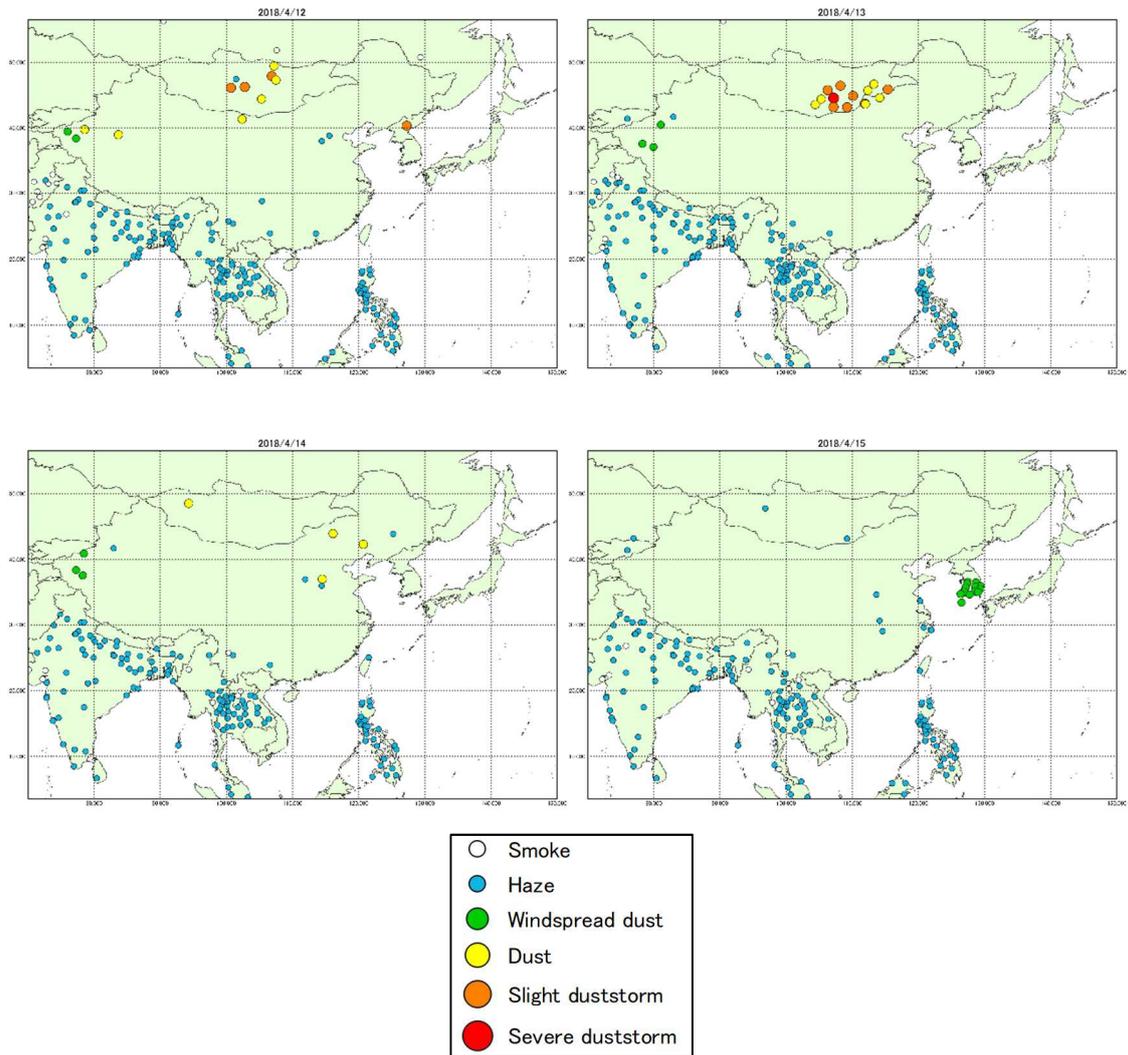
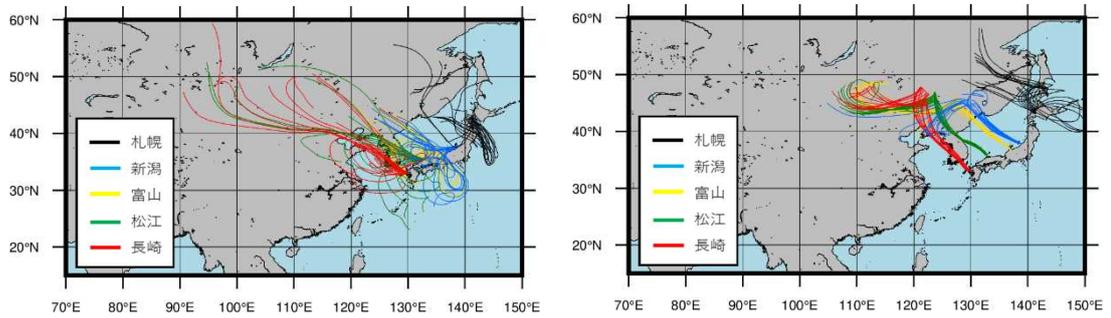
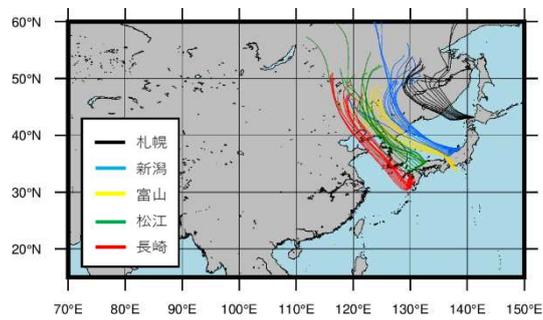


图 4-4-3-5 砂塵嵐発生状況



2018年4月15日

2018年4月16日



2018年4月17日

図 4-4-3- 6 後方流跡線

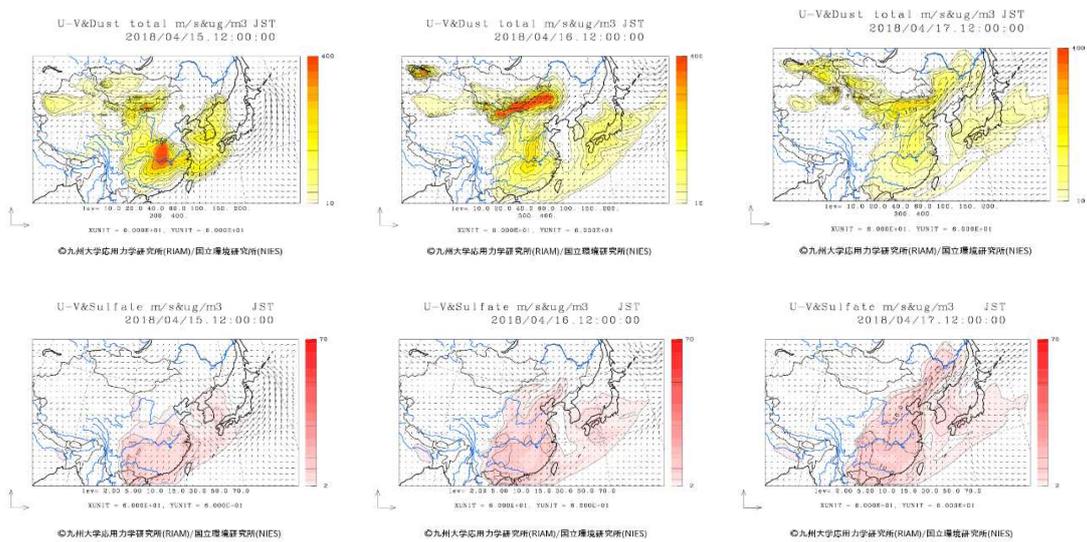


図 4-4-3- 7 CFORS(dust (上図) - sulfate (下図))予測結果

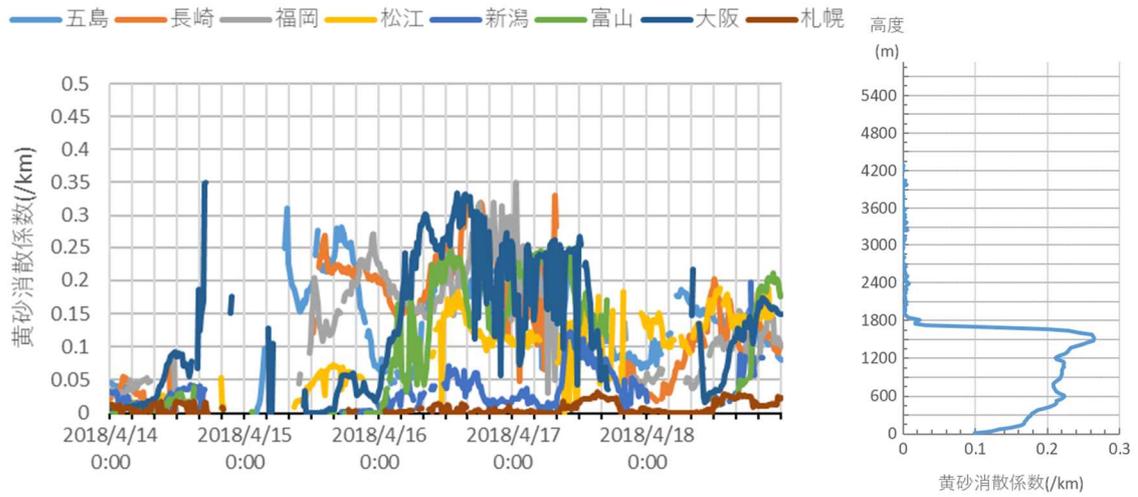


図 4-4-3-8 ライダー黄砂消散係数の経時変化（全国比較）と福岡における黄砂消散係数(4月15日15時)の高度分布

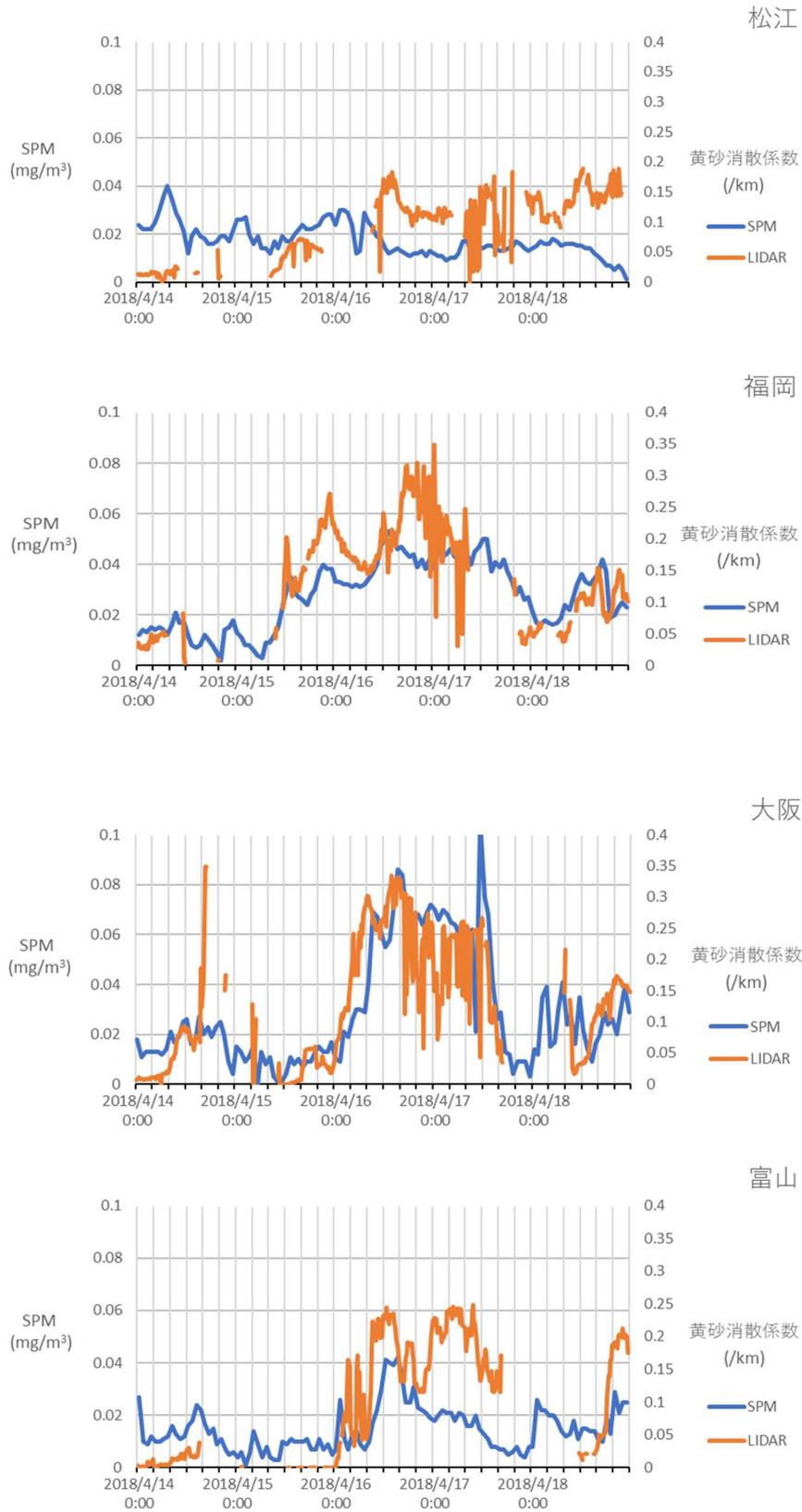


図 4-4-3-9 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化

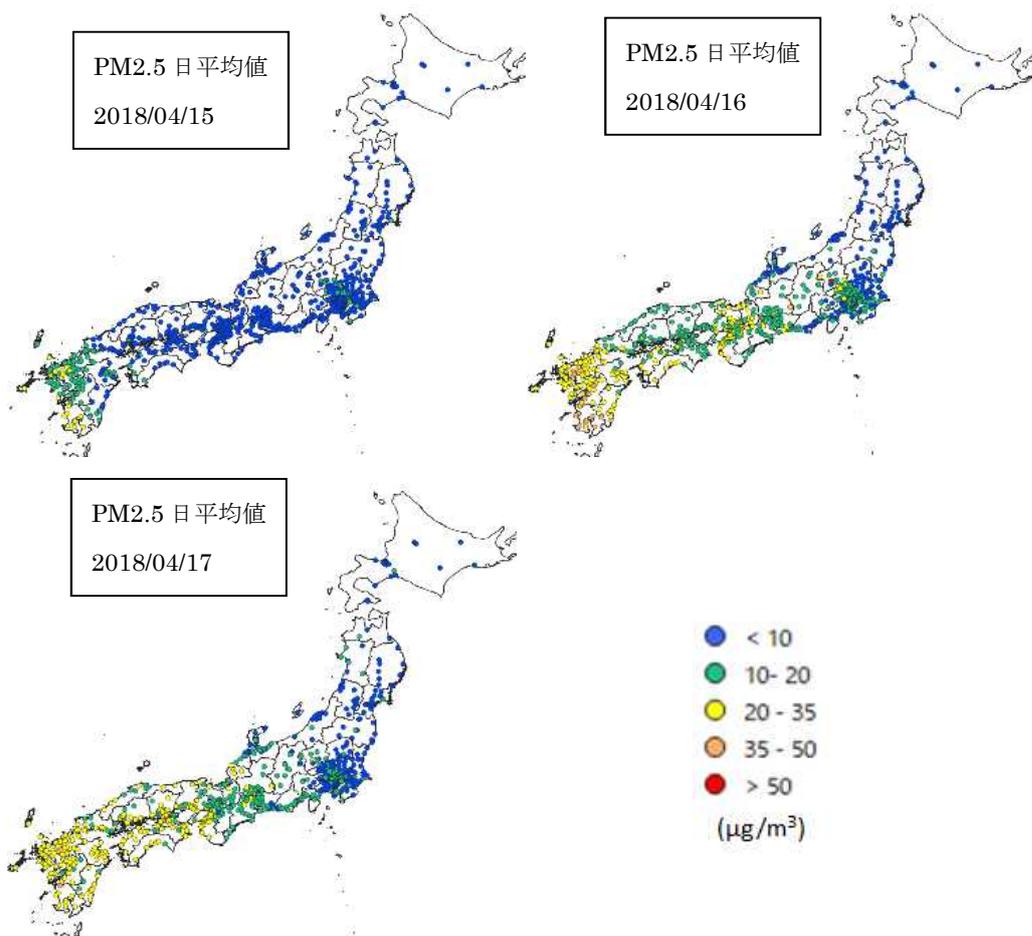


図 4-4-3- 10 PM2.5 日平均値全国分布

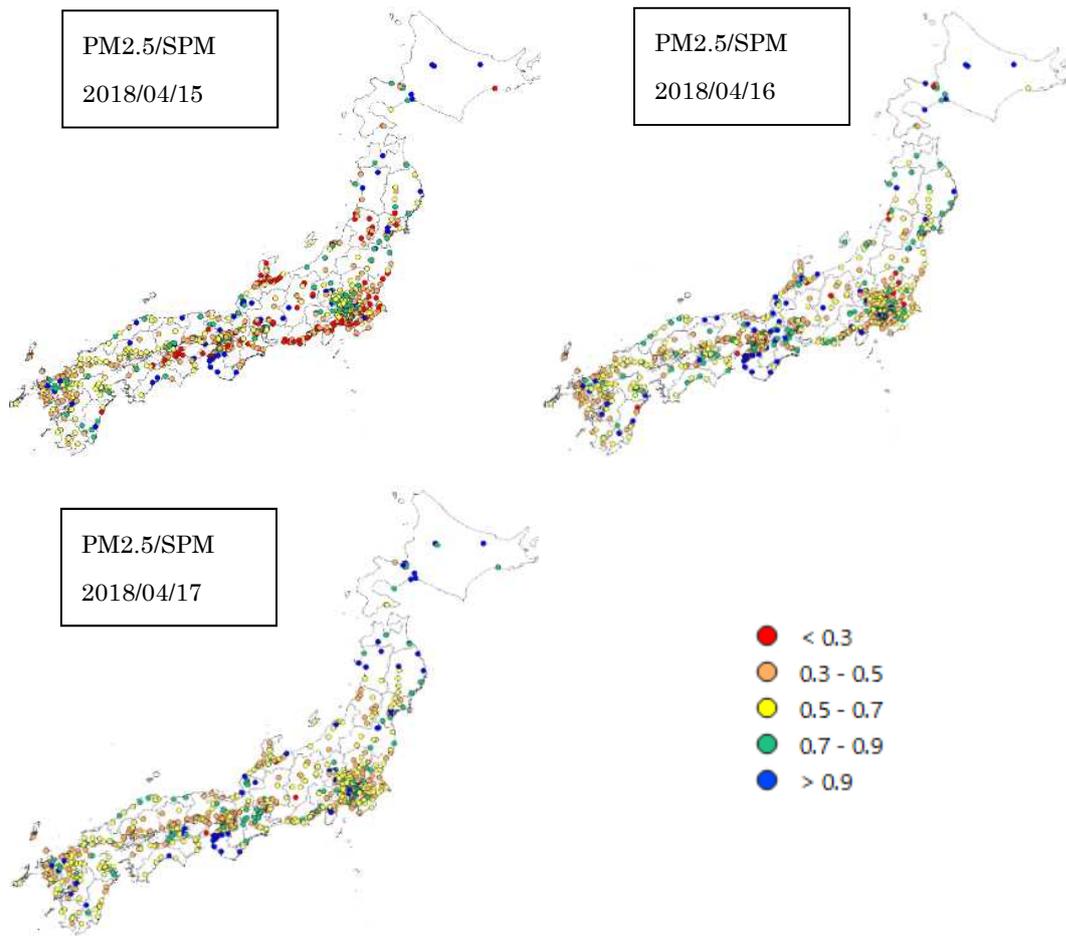
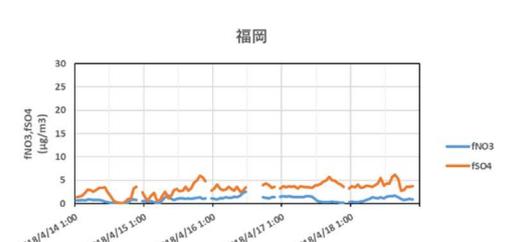
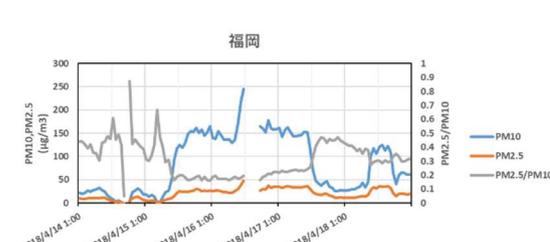
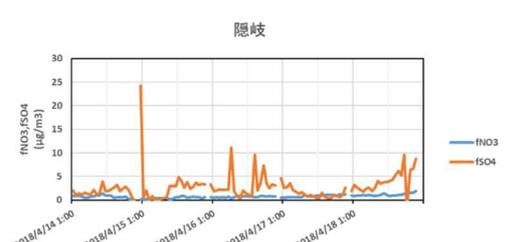
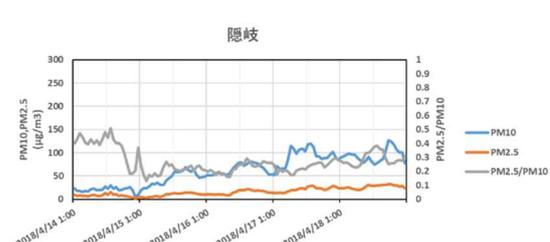
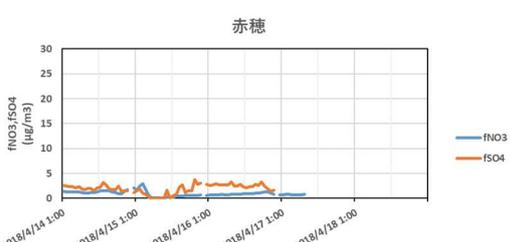
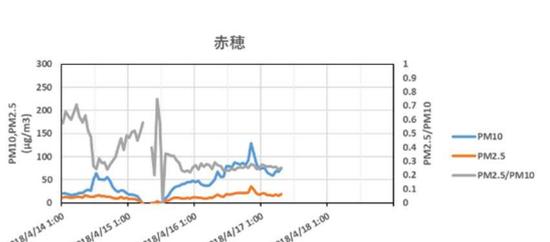
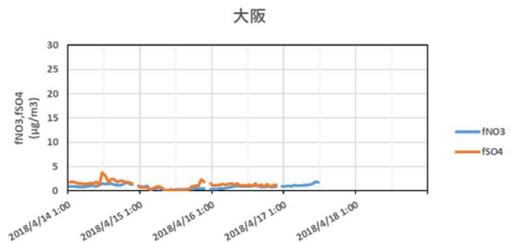
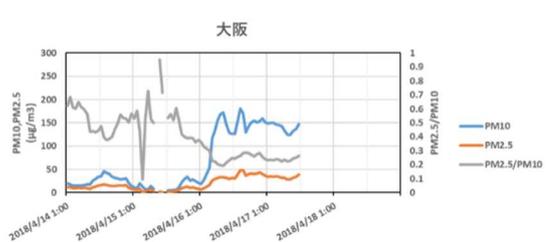
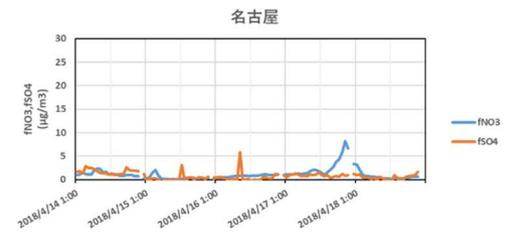
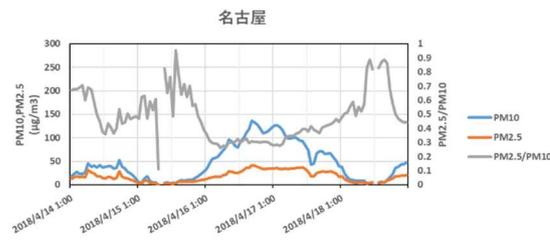
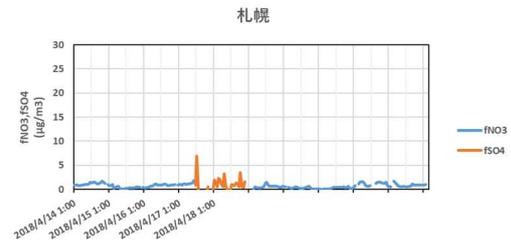
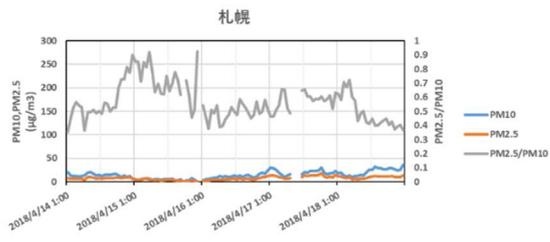


図 4-4-3- 11 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布



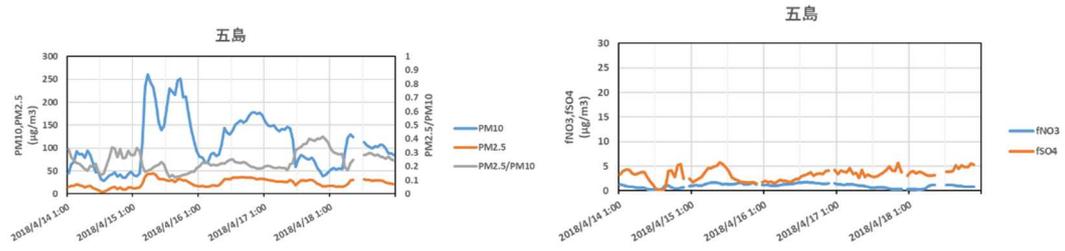


図 4-4-3- 12 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

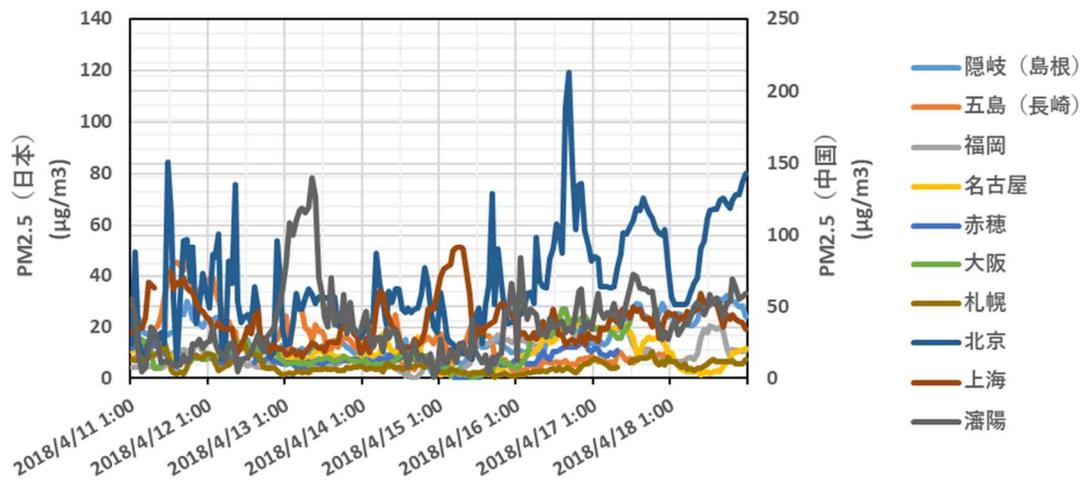


図 4-4-3- 13 日本と中国での PM2.5 濃度