

(4) 黄砂事例 4 2020 年 5 月 15 日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-4-1、図 4-4-4-2 に示すとおりである。5 月 15 日に新潟における 1 地点となった。

天気図(図 4-4-4-3) をみると、黄砂観測の前日、日本付近は広く高気圧に覆われていた。黄砂観測日の 5 月 15 日には大陸からの低気圧が東進している様子が見られる。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布をみると、全国的に濃度は低い地域が多くみられたが、午後になると九州、瀬戸内地域で濃度が上昇する様子が見られた。しかし 21 時以降は濃度が $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下になる地点が増えており、濃度が減少していく様子が確認できた(図 4-4-4-4)。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況をみると(図 4-4-4-5)、黄砂観測前の 5 月 13 日、14 日にモンゴルの広い範囲で Dust、Duststorm が発生している様子が見られる。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、新潟、富山における流跡線は 5 月 13 日に Duststorm が発生していた地域を通過しているように見え、大陸からの移流による黄砂の輸送はこの Slight Duststorm による可能性が示唆される(図 4-4-4-6)。さらに、CFORS においては、Dust 及び Sulfate に関して、大陸からの影響が示されている(図 4-4-4-7)。

新潟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すると(図 4-4-4-8)、黄砂観測日の前日である 5 月 14 日に黄砂消散係数がやや増加している傾向が見られる。SPM 濃度は、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ に近い値を保っていた。PM_{2.5} の日平均値は全国的に低い値になっており、環境基準値を超える地点は観測されなかった(図 4-4-4-9)。

図 4-4-4-10 及び表 4-4-4-2 には、各測定局における PM_{2.5}/SPM 比とその値が 0.3 以下になった値を示している。図 3-4-10 の全国分布では、黄砂が観測されていない地方にも、PM_{2.5}/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、PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM_{2.5}、SPM それぞれの日平均値を表 3-4-2 にまとめた。5 月 15 日は計 4 地点で PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となったが、SPM の日平均値及び PM_{2.5} 日平均値はどちらも低い値となっている。そのため、それぞれ濃度が低い値同士で比を算出したため、PM_{2.5}/SPM 比が 0.3 以下となったと考えられる。

また、黄砂観測日である 5 月 15 日の午前から夕方頃まで PM₁₀ が若干上昇傾向にあるが顕著な上昇ではない。PM_{2.5}/PM₁₀ は高い値が継続している。人為起源系汚染物質の fSO_4^{2-} は、黄砂観測日の夕方頃にピークとなっているが高い値とはなっていない。(図 4-4-4-11)。

なお、北京では、黄砂観測日前日の 5 月 14 日に、PM_{2.5} 濃度の 1 時間値が一時 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の値を示している(図 4-4-4-12)。

また、本事例における湿度の時系列(図 4-4-4-13) に関しては黄砂飛来時の特徴は見られない。

以上の通り、本事例は、東アジア域における Duststorm により、人為起源系汚染物質をあまり含まない黄砂が、限られた範囲に飛来した弱い黄砂事例と思われる。

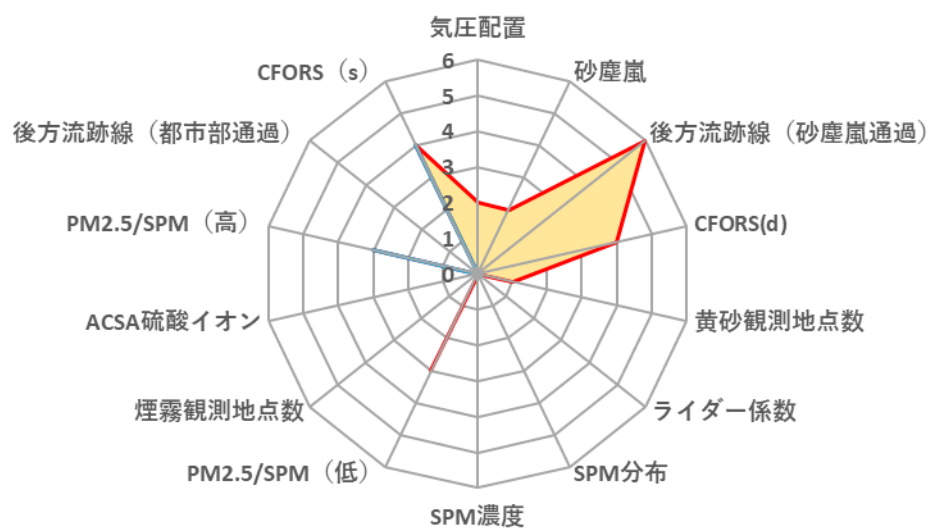


図 4-4-4-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-4-1 黄砂観測日

日付	地点数	観測地点名										
2020/5/15	1	新潟										

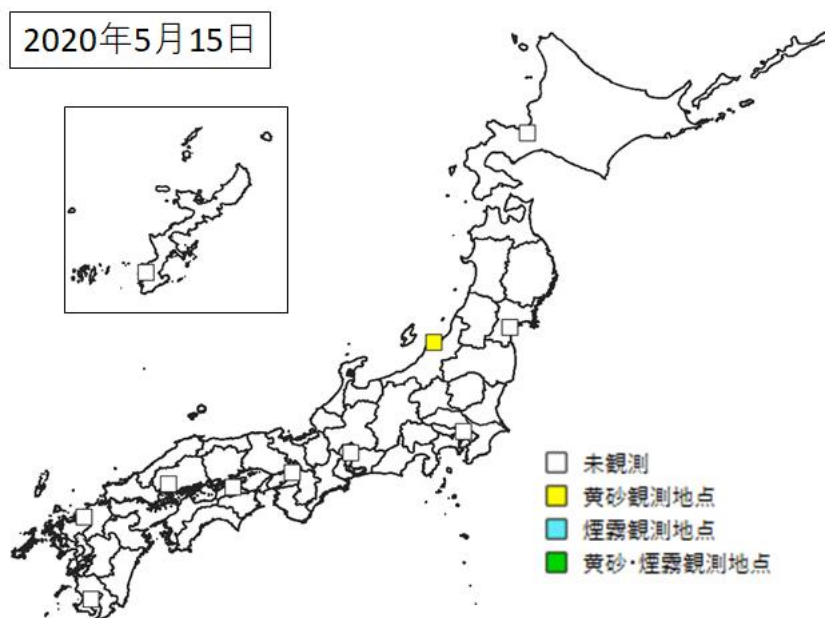
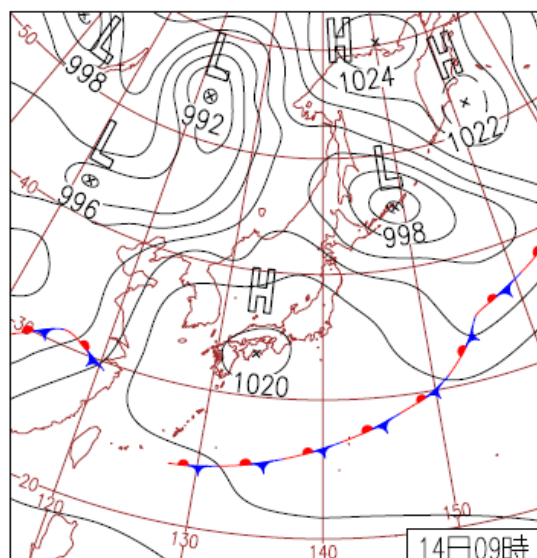
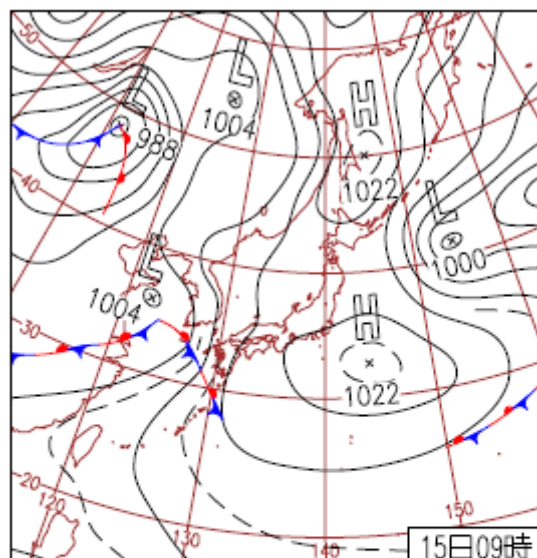


図 4-4-4-2 黄砂観測地点



14日(木)乾燥した晴天

高気圧の中心は夜には日本の東。日中は全国的に概ね晴れ。大分県日田で最高気温31.0℃、長野県松本で最小湿度9%。沖縄や北日本では気圧の谷や湿った空気の影響で一部で雨。



15日(金)西日本は次第に雨

東シナ海の前線や湿った空気の影響で西日本は次第に雨。鹿児島県枕崎では夜遅くに69.5mm/1hの非常に激しい雨。東日本～北日本も次第に曇って、東日本では夕方以降は雨に。

図 4-4-4-3 天気図

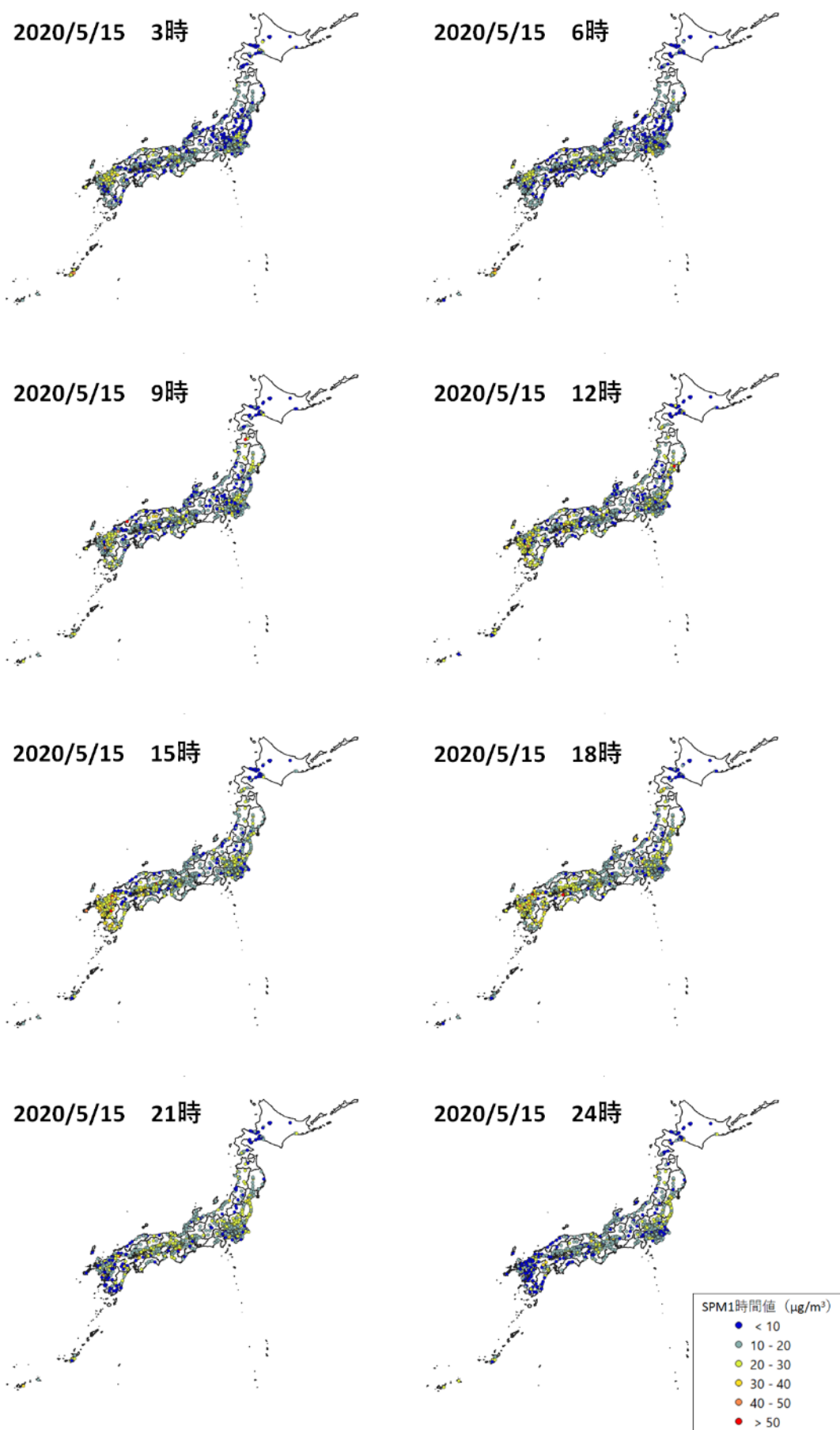


図 4-4-4 SPM1 時間値濃度全国分布 (2020 年 5 月 15 日)

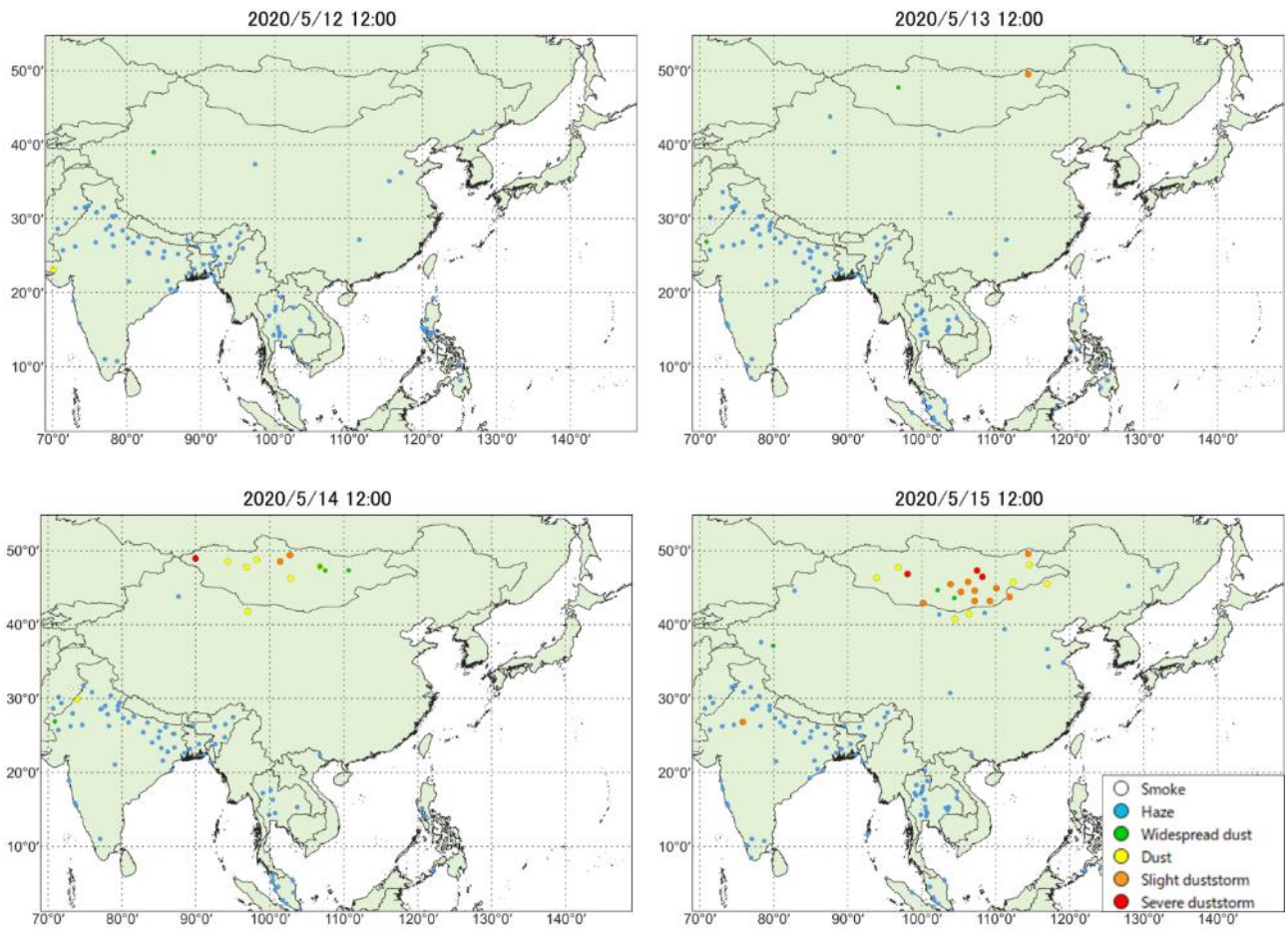


图 4-4-4-5 砂塵嵐発生状況

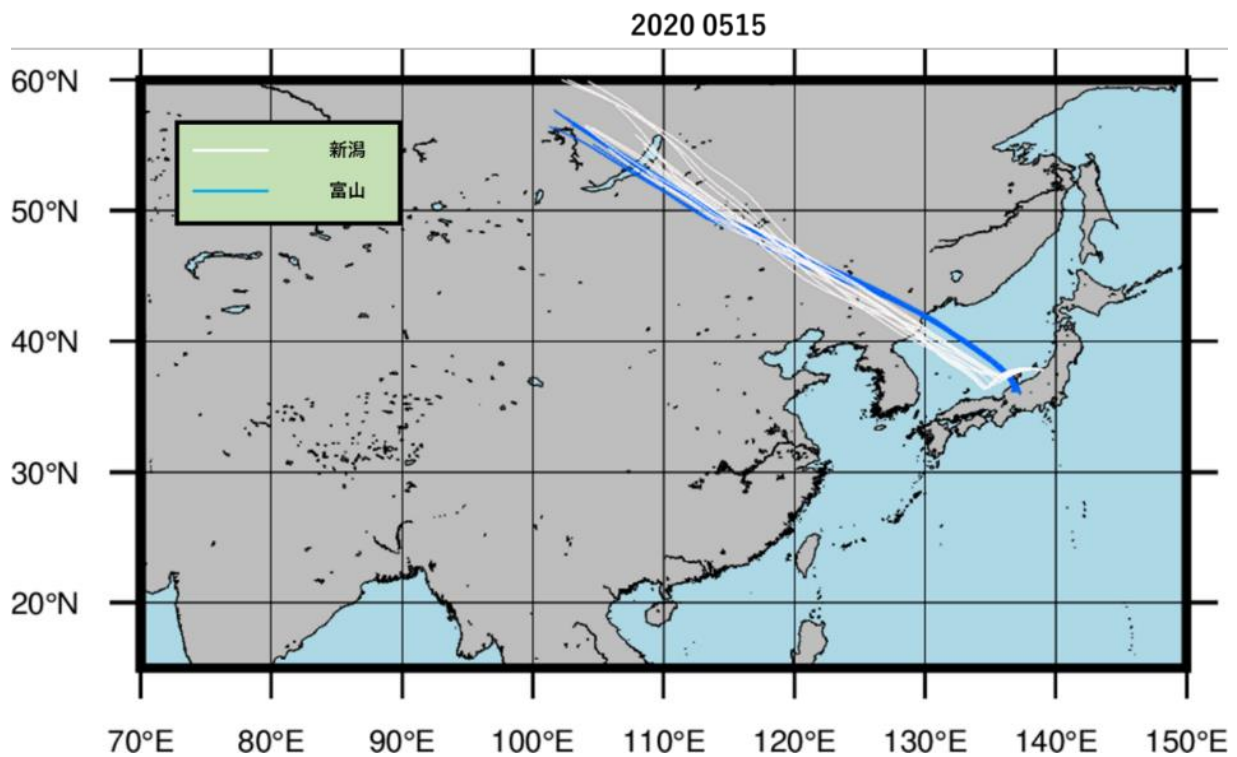


図 4-4-4-6 後方流跡線 (72 時間前より)

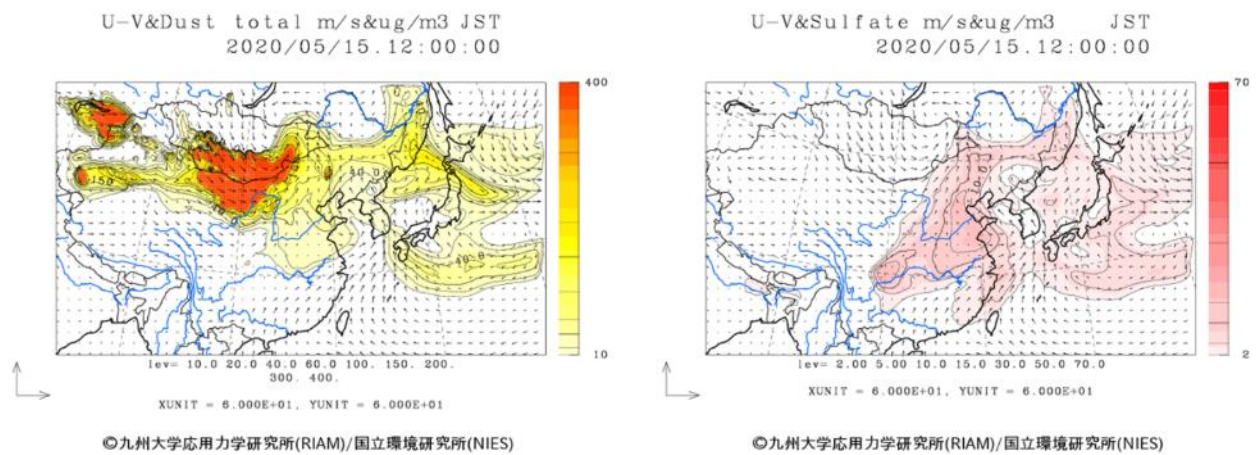


図 4-4-4-7 CFORS(dust (左図) —sulfate (右図))予測結果

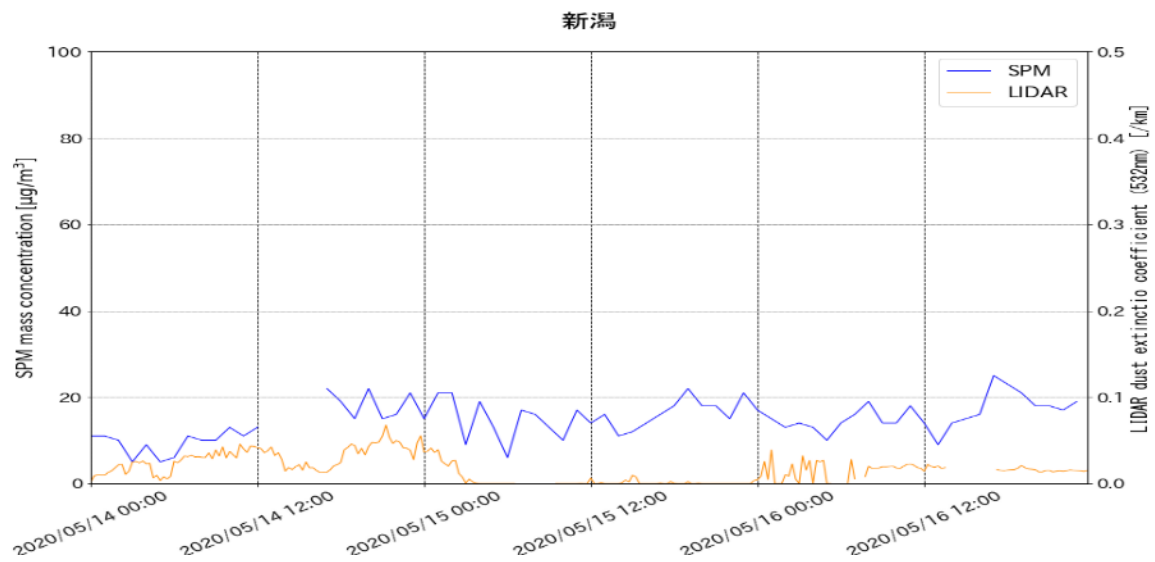


図 4-4-4-8 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化(新潟)

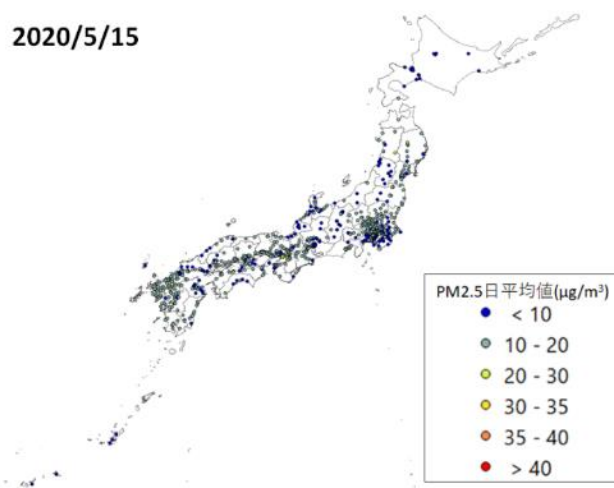


図 4-4-4-9 PM2.5 日平均値全国分布

图 4-4-4-10 PM_{2.5} 日平均值/SPM 日平均值全国分布

表 4-4-4-2 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
2020/5/15	37201090	香川県	4.06	15.88	0.26
	47211050	沖縄県	4.47	23.41	0.19
	47207020	沖縄県	5.41	22.76	0.24
	47201140	沖縄県	5.35	18.53	0.29

※PM2.5 環境基準：1 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること

SPM 環境基準：1 時間値の 1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること

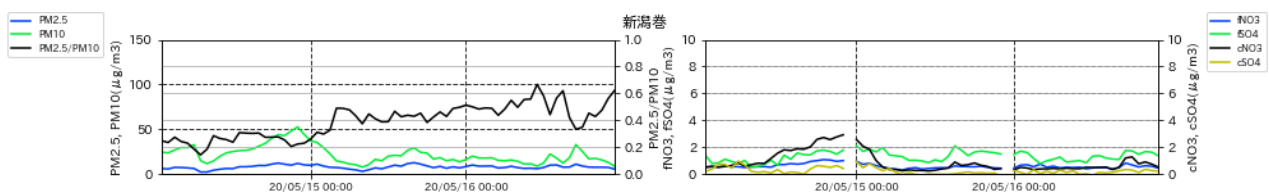


図 4-4-4-11 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

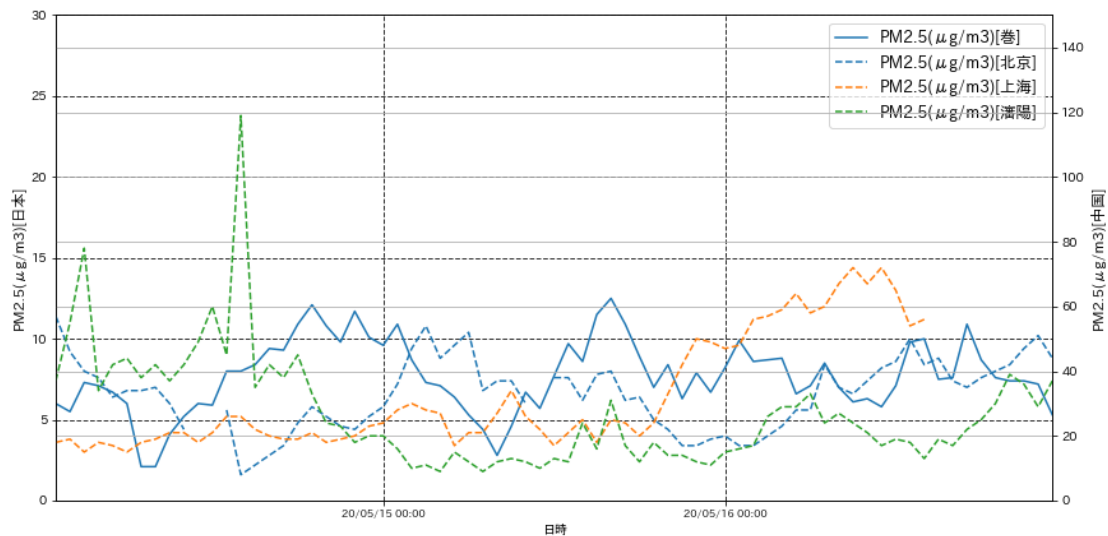


図 4-4-4-12 日本と中国での PM2.5 濃度

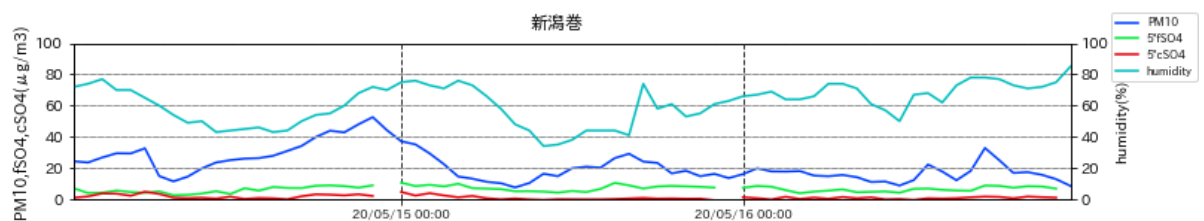


図 4-4-4-13 PM10、fSO₄²⁻、cSO₄²⁻、湿度の経時変化。ただし、湿度は新潟のデータを使用した。fSO₄²⁻、cSO₄²⁻は値を 5 倍にしてある。

(5) 黄砂事例 5 2021 年 1 月 14 日～16 日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-5-1、図 4-4-5-2 に示すとおりである。観測期間中の 1 月 14 日から 16 日に広島、新潟、福岡における 3 地点で観測された。

天気図(図 4-4-5-3) をみると、黄砂観測の前日、大陸には低気圧がいくつかあり、黄砂観測日には東進している様子が見える。さらに観測期間中の 15 日に大陸にあった別の低気圧が 16 日にかけて日本へ東進していた。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布をみると、14 日に西日本で観測された 30～40μg/m³ の SPM 濃度が、東日本に拡大していく様子が見て取れる。翌 15 日には瀬戸内地域で 50μg/m³ を超える地点が所々確認できるが、瀬戸内地域から各地方に拡大していく様子が見られなかった。このことから、瀬戸内地域で発生した局所的な影響によるものだと考えられる。15 日には高濃度域が西に流れていく様子が見られ、東日本では 10μg/m³ 以下となる地点が多く見られた(図 4-4-5-4 から図 4-4-5-6)。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況をみると(図 4-4-5-7)、黄砂観測前の 1 月 11 日にモンゴルの西部、南部で Duststorm が発生しており、中国、内モンゴル自治区では 11 日、12 日に Dust が発生している様子が見られる。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、黄砂が観測された地点もしくはその近傍の地点における流跡線は Duststorm が発生していた地域を通るものが多く、大

陸からの移流があったと思われる(図 4-4-5- 8)。CFORS 予測結果からは、Sulfate に関して大陸からの影響が日本全域に影響を及ぼしている様子が見られる (図 4-4-5- 9)。

ライダー黄砂消散係数 (図 4-4-5- 10) は、黄砂が観測された地点に近い新潟・松江・福岡のデータを参照したが、新潟は気象の影響 (しゅう雨・雪) により全て欠損となっていたため、ここには掲載していない。松江では、黄砂観測日の前日である 1 月 13 日から黄砂消散係数が上昇し、その後も高い値を保っている様子が見られる。SPM 濃度も、黄砂消散係数とほぼ同時に上昇し、 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となっている。福岡における黄砂消散係数・SPM 濃度の変化は、松江ほど顕著ではないものの、1 月 16 日正午において同時に変化している様子が見られる。PM_{2.5} の日平均値は東日本では濃度が低い、西日本の広い範囲で $20\sim 35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を観測しており、環境基準値を超えるほどではないが、濃度上昇が見られた。(図 4-4-5- 11)。

図 4-4-5- 12 及び表 4-4-5- 2 には、各測定局における PM_{2.5}/SPM 比とその値が 0.3 以下になった値を示している。図 3-5-10 の全国分布では、黄砂が観測されていない地方にも、PM_{2.5}/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、PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM_{2.5}、SPM それぞれの日平均値を表 3-4-2 にまとめた。1 月 14 日は計 7 地点、1 月 15 日は計 4 地点、1 月 16 日は計 4 地点で PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となったが、SPM の日平均値及び PM_{2.5} 日平均値はどちらも低い値となっている。そのため、それぞれ濃度が低い値同士で比を算出したため、PM_{2.5}/SPM 比が 0.3 以下となったと考えられる。

また、広島で黄砂が観測された 1 月 14 日の正午前から夕方にかけて、赤穂において PM₁₀ の上昇に伴い、PM_{2.5}/PM₁₀ 比が減少しているのがわかる。同じ時間帯に人為起源系汚染物質の SO_4^{2-} 、 NO_3^- が粗大粒子、微小粒子ともに赤穂で上昇し、 cNO_3^- で $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるピークとなっている。PM₁₀、PM_{2.5}/PM₁₀ 比の特徴は黄砂観測期間中の 15 日、16 日の新潟、16 日の福岡でも同様にみられる (図 4-4-5- 13)。

なお、北京では、黄砂観測日前日の 1 月 13 日に、PM_{2.5} 濃度の 1 時間値が一時 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の値を示している (図 4-4-5- 14)。

また、本事例における湿度の時系列 (図 4-4-5- 15) に関しては PM₁₀ の上昇に伴いわずかな湿度の減少がみられるが顕著ではない。

以上の通り、本事例はモンゴルにおける Slight Duststorm により、人為起源系汚染物質をやや含む黄砂が、点的に飛来した弱い黄砂事例と思われる。

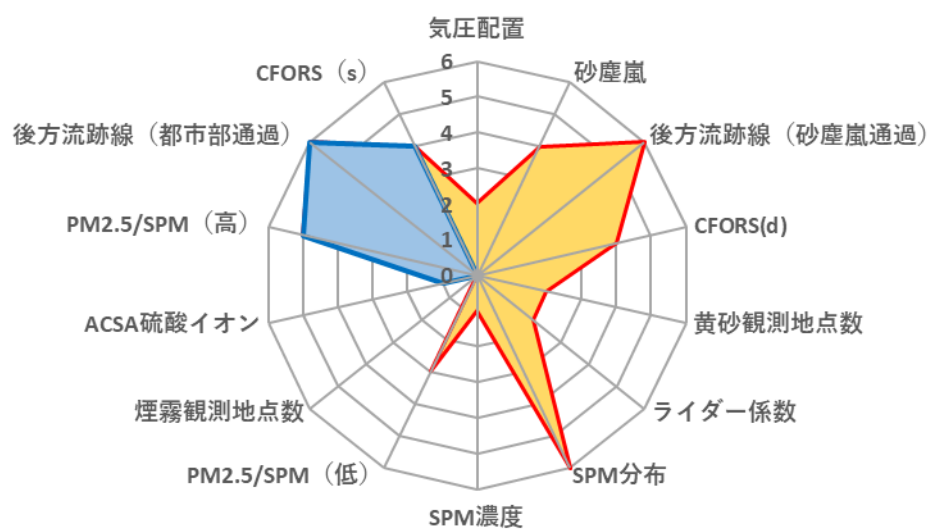


図 4-4-5- 1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-5- 1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名										
2021/1/14	1	広島										
2021/1/15	1	新潟										
2021/1/16	2	新潟	福岡									

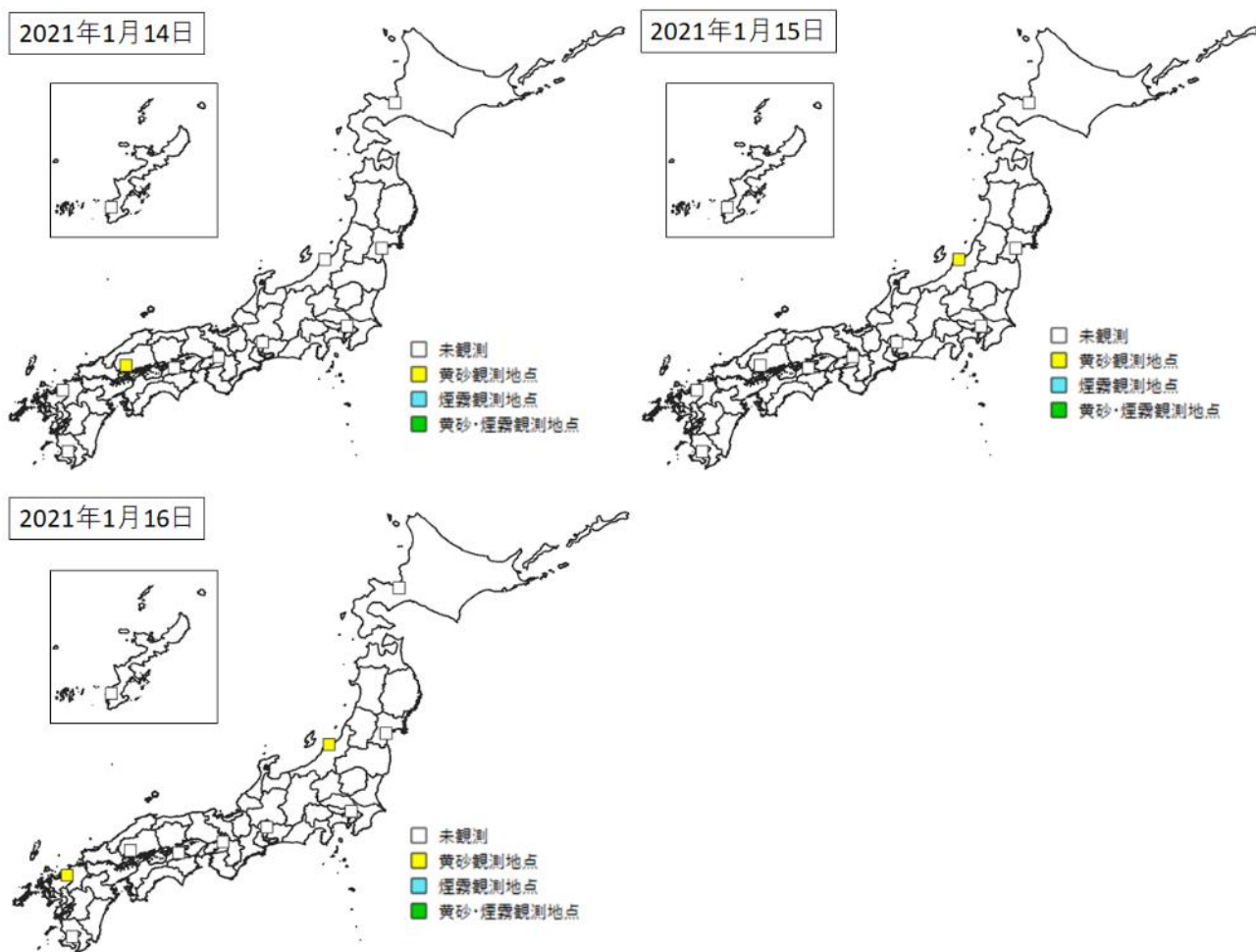
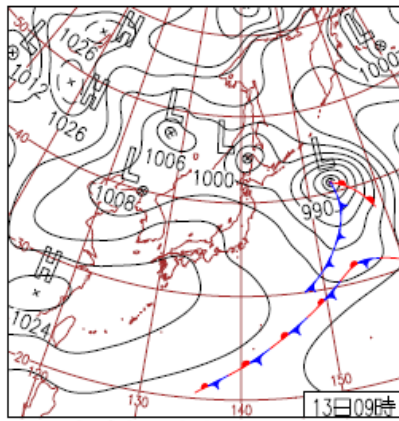
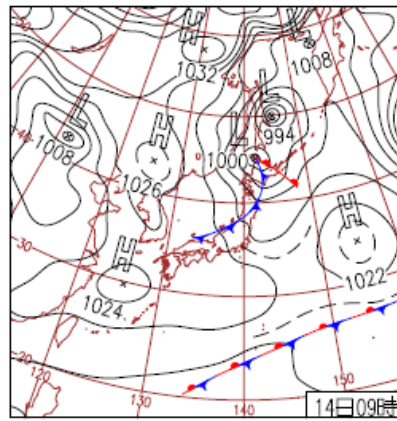


図 4-4-5-2 黄砂観測地点



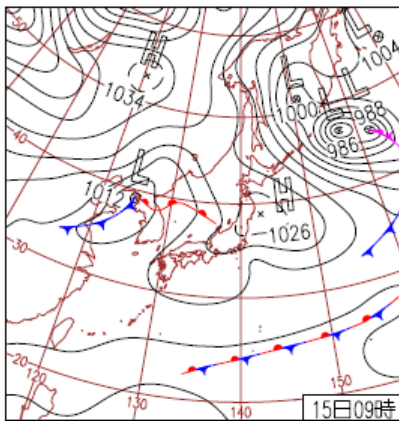
13日(水)寒気弱まる

大陸から東シナ海に高気圧が移動し、午後は前線を伴った低気圧が日本海を東進。沖縄～西日本、東日本太平洋側は晴れや曇り。北陸や北日本は雪や雨で朝晩は雷を伴う所も。



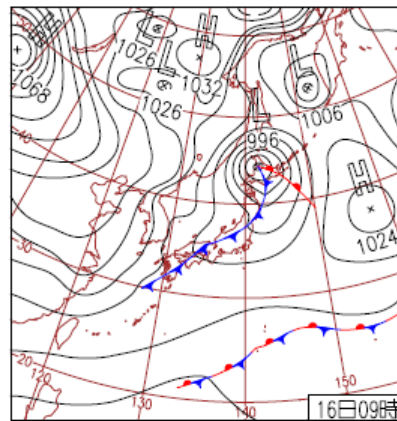
14日(木)広島で黄砂

低気圧が北海道付近を東北東に進み、寒冷前線が北日本を通過。北陸や北日本は雪や雨。沖縄～西日本、東海、関東は高気圧に覆われ晴れ。西～東日本は最高気温が4月並の所も。



15日(金)西日本で春の陽気

関東は気圧の谷や湿った空気の影響で曇りや雨。北海道日本海側は昼頃まで所々雪。その他は高気圧に覆われ晴れ。西日本は暖気流入し、最高気温が4月並の所も。新潟で黄砂。



16日(土)全国的に気温上昇

低気圧が北海道付近を進み寒冷前線が本州を通過。西～北日本の広い範囲で雨や雪。全国的に気温が上がり、徳島県海陽20.4℃など最高気温が1月1位の所も。福岡、新潟で黄砂。

図 4-4-5-3 天気図

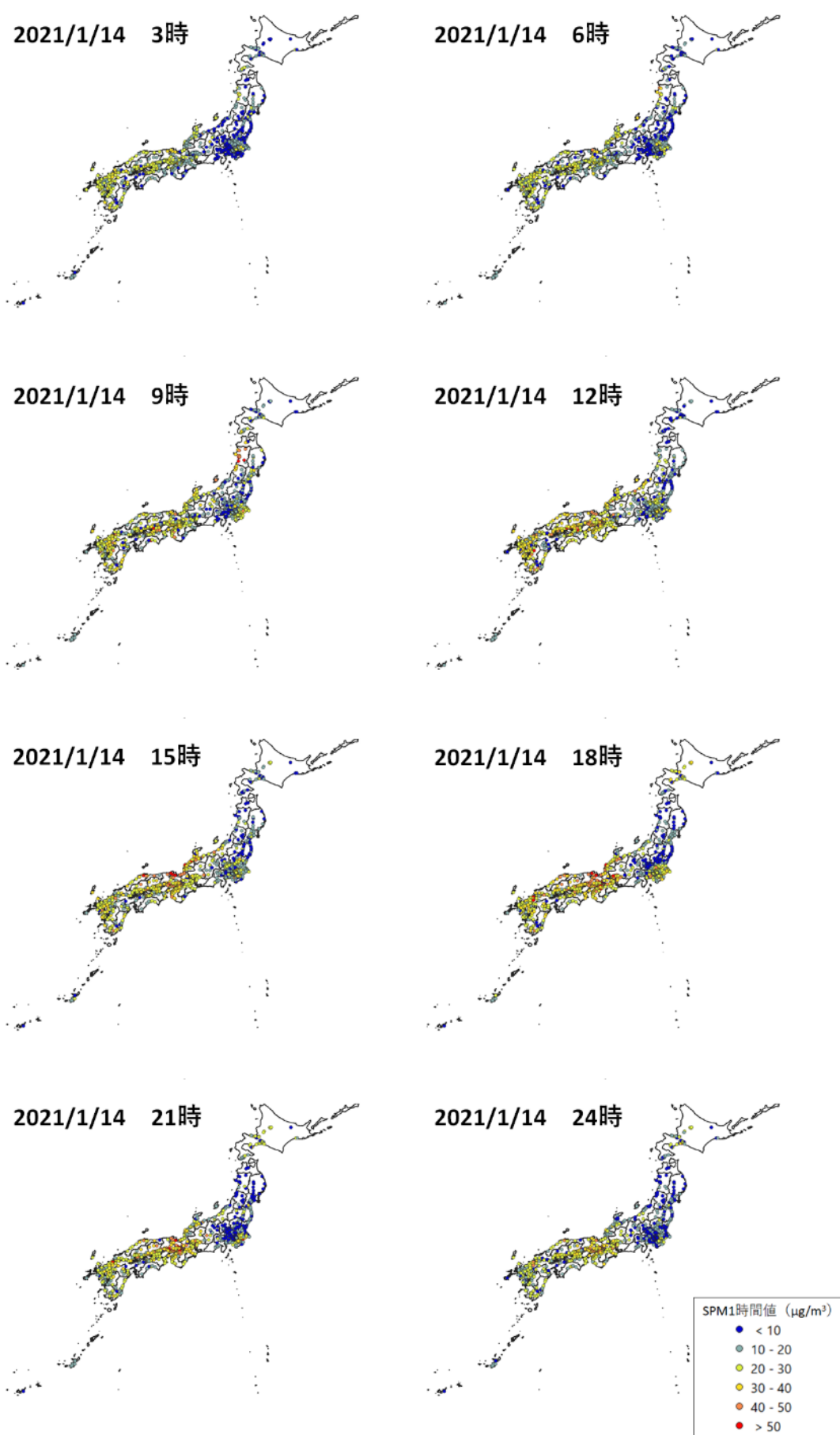


図 4-4-5-4 SPM1 時間値濃度全国分布(1) (2021 年 1 月 14 日)

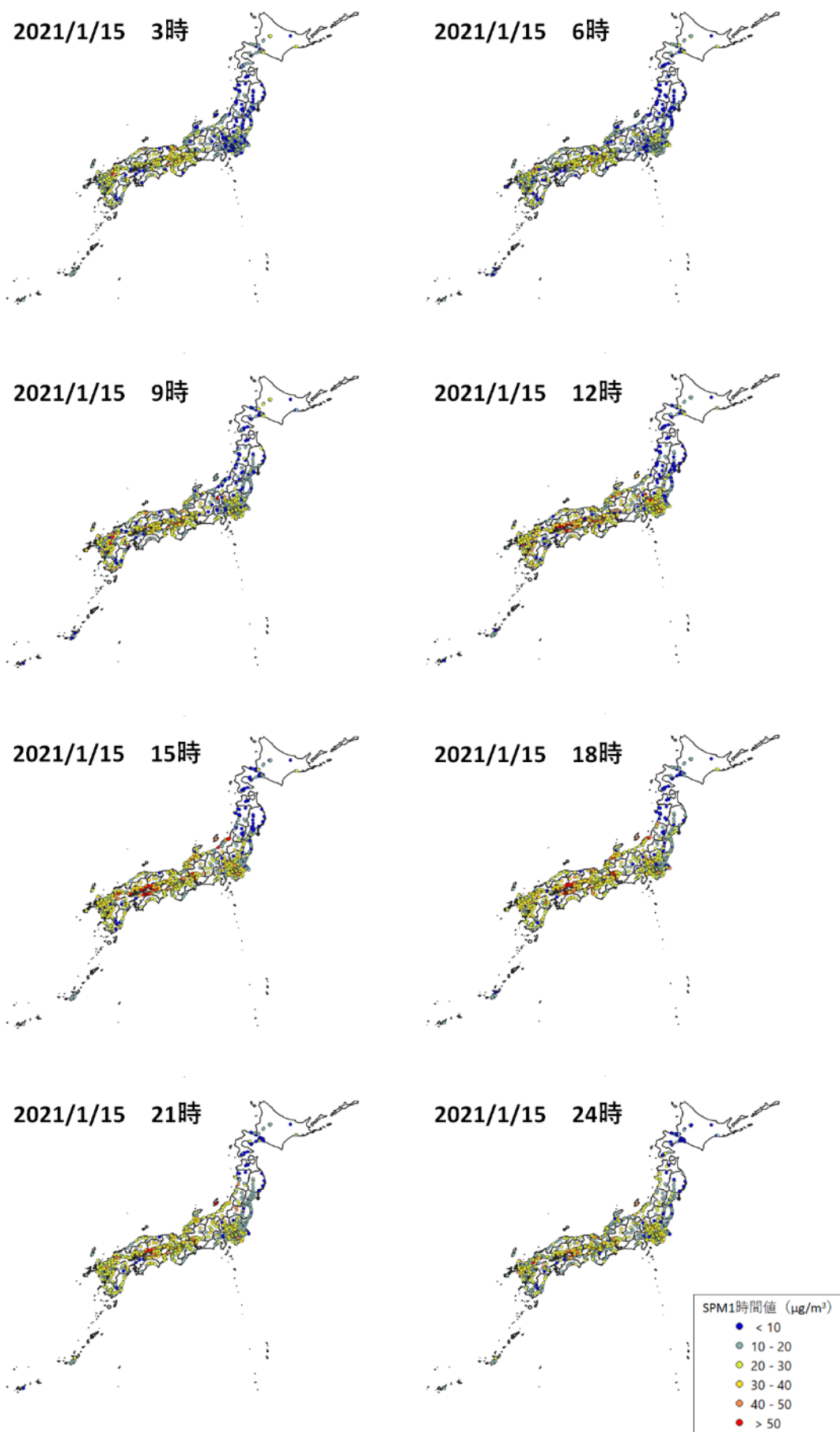


図 4-4-5-5 SPM1 時間値濃度全国分布(2) (2021 年 1 月 15 日)

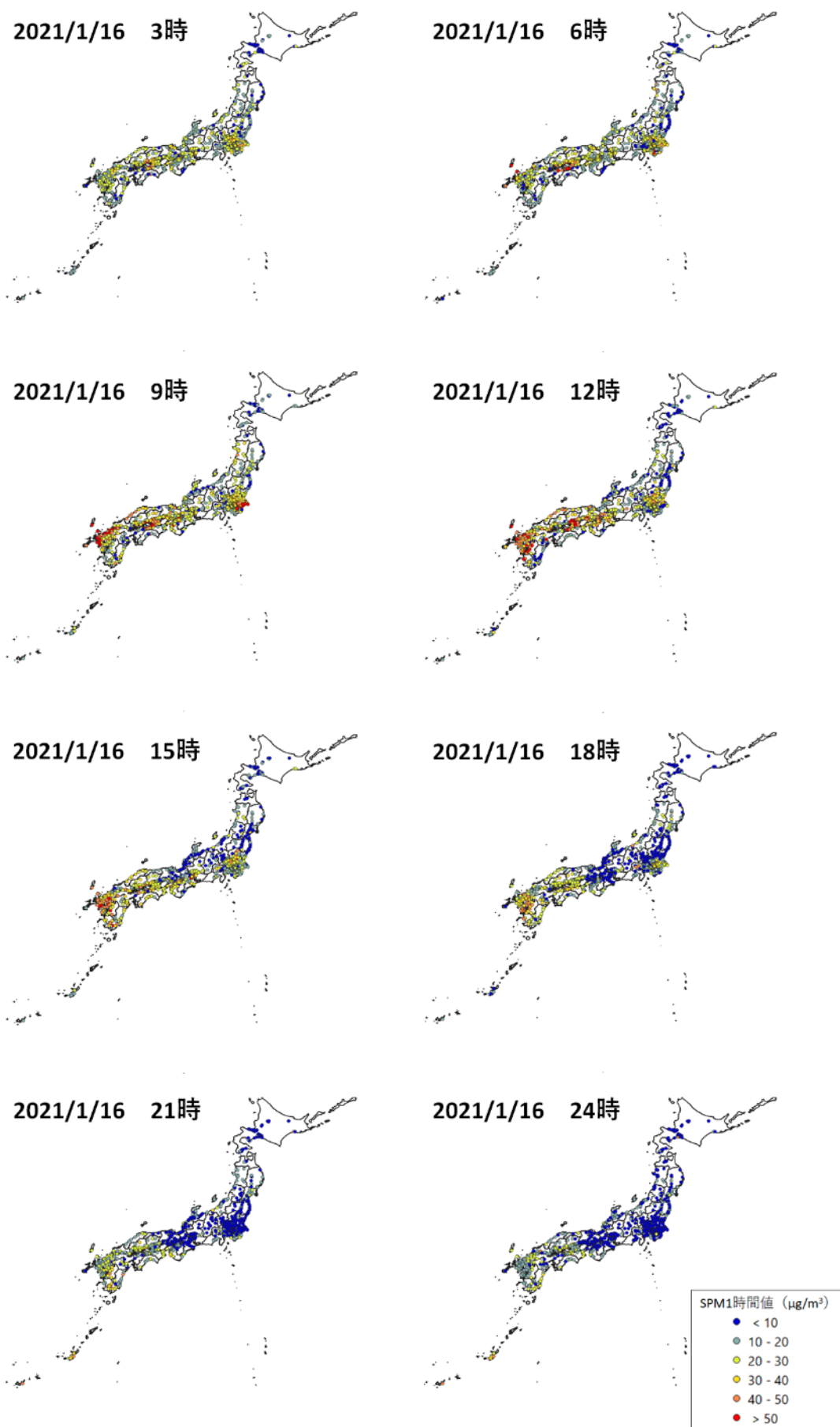


図 4-4-5- 6 SPM1 時間値濃度全国分布(3) (2021 年 1 月 16 日)

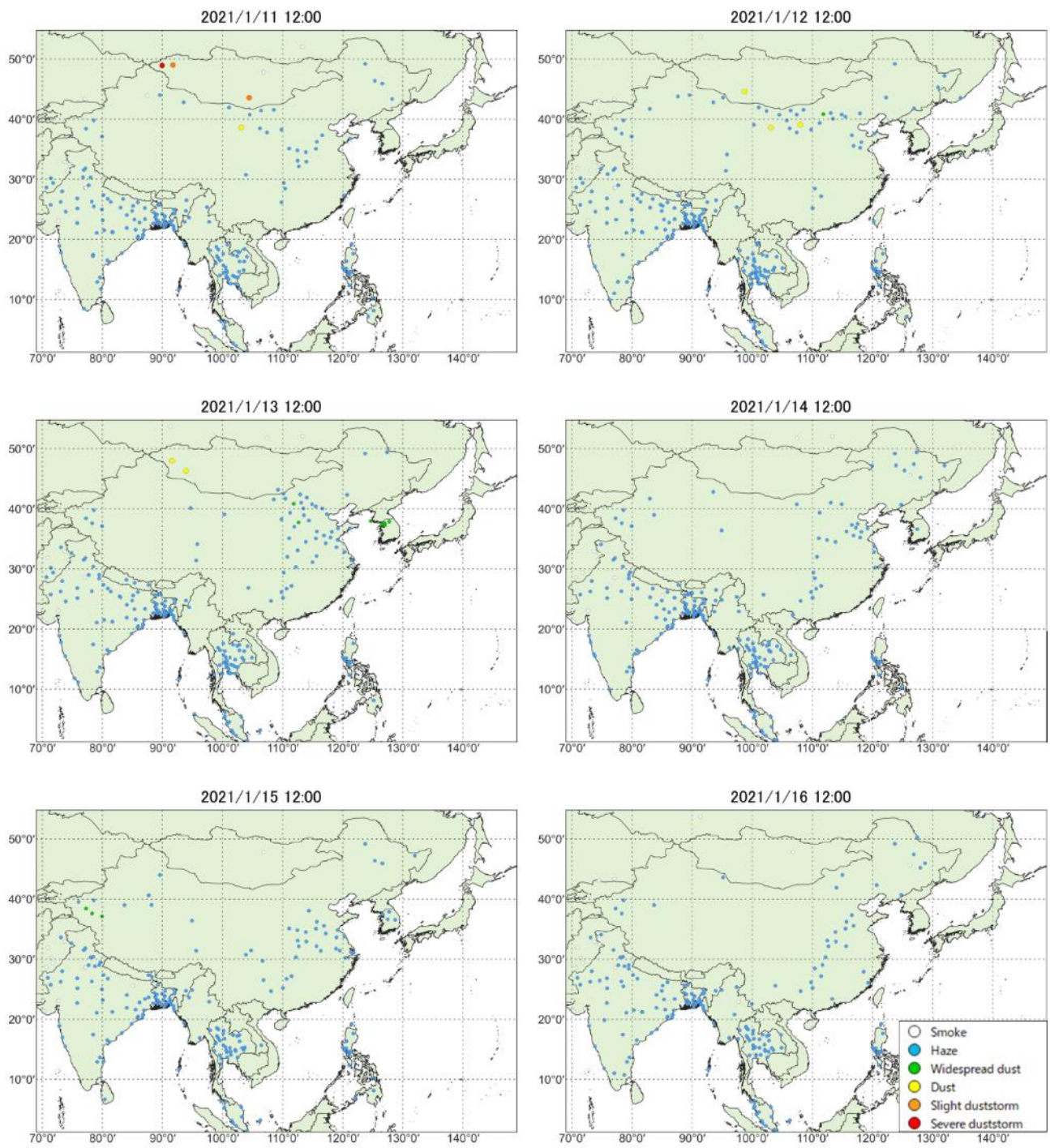


图 4-4-5- 7 砂塵嵐発生状況

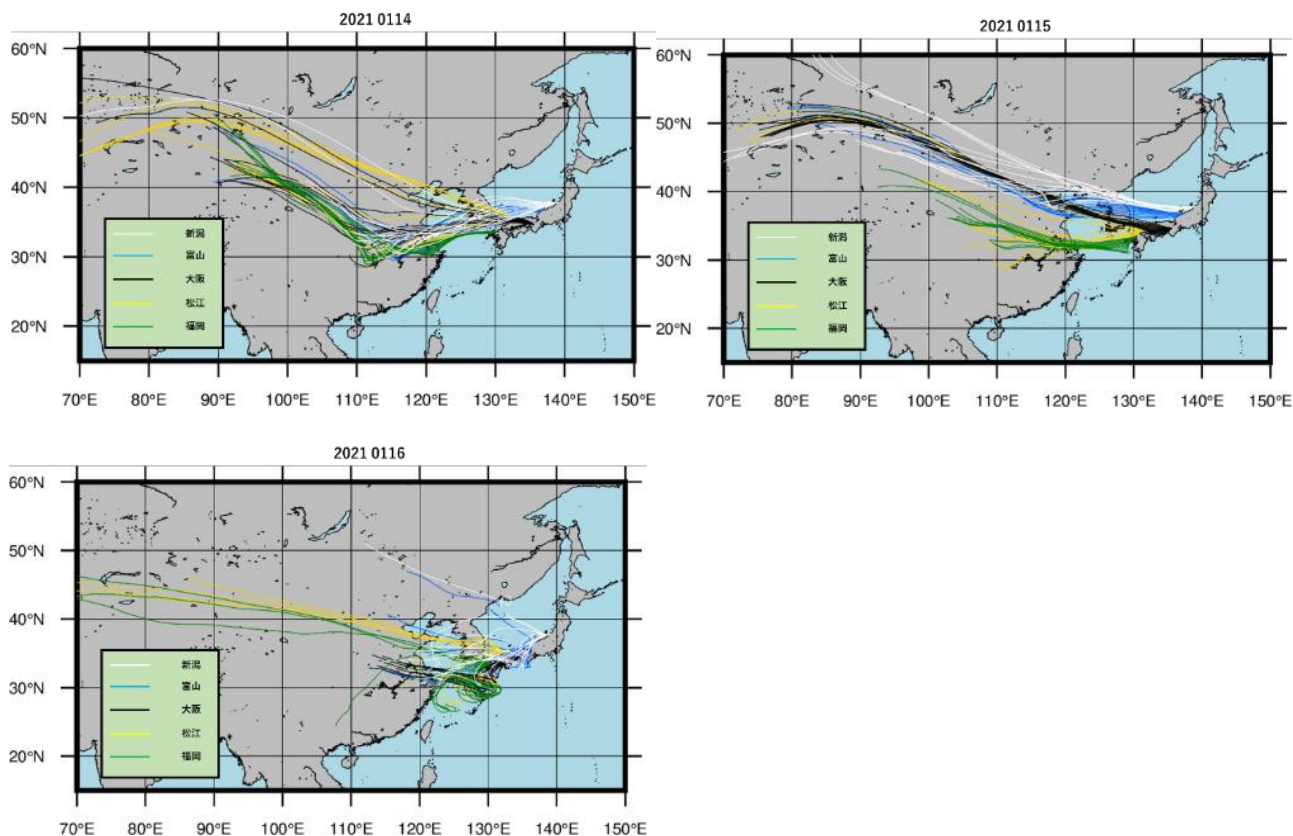
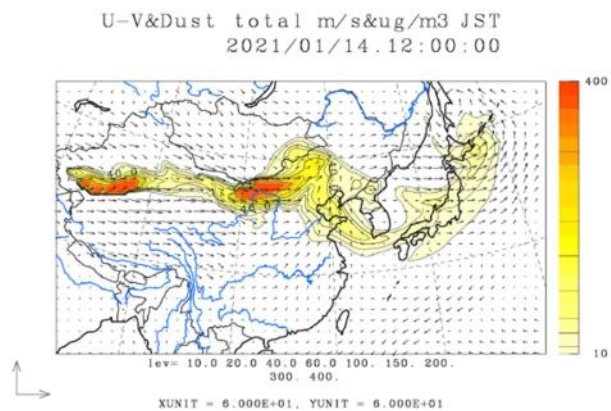
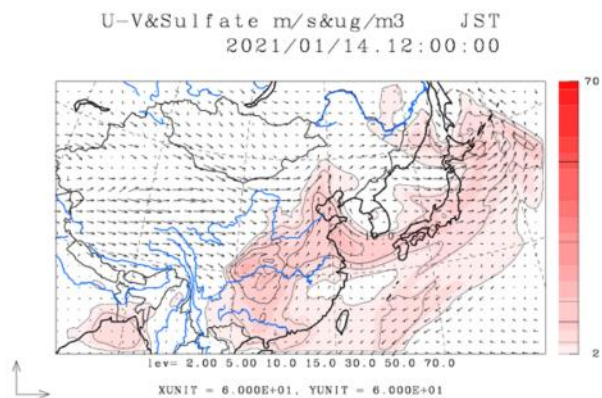


図 4-4-5-8 後方流跡線 (72 時間前より)



©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)

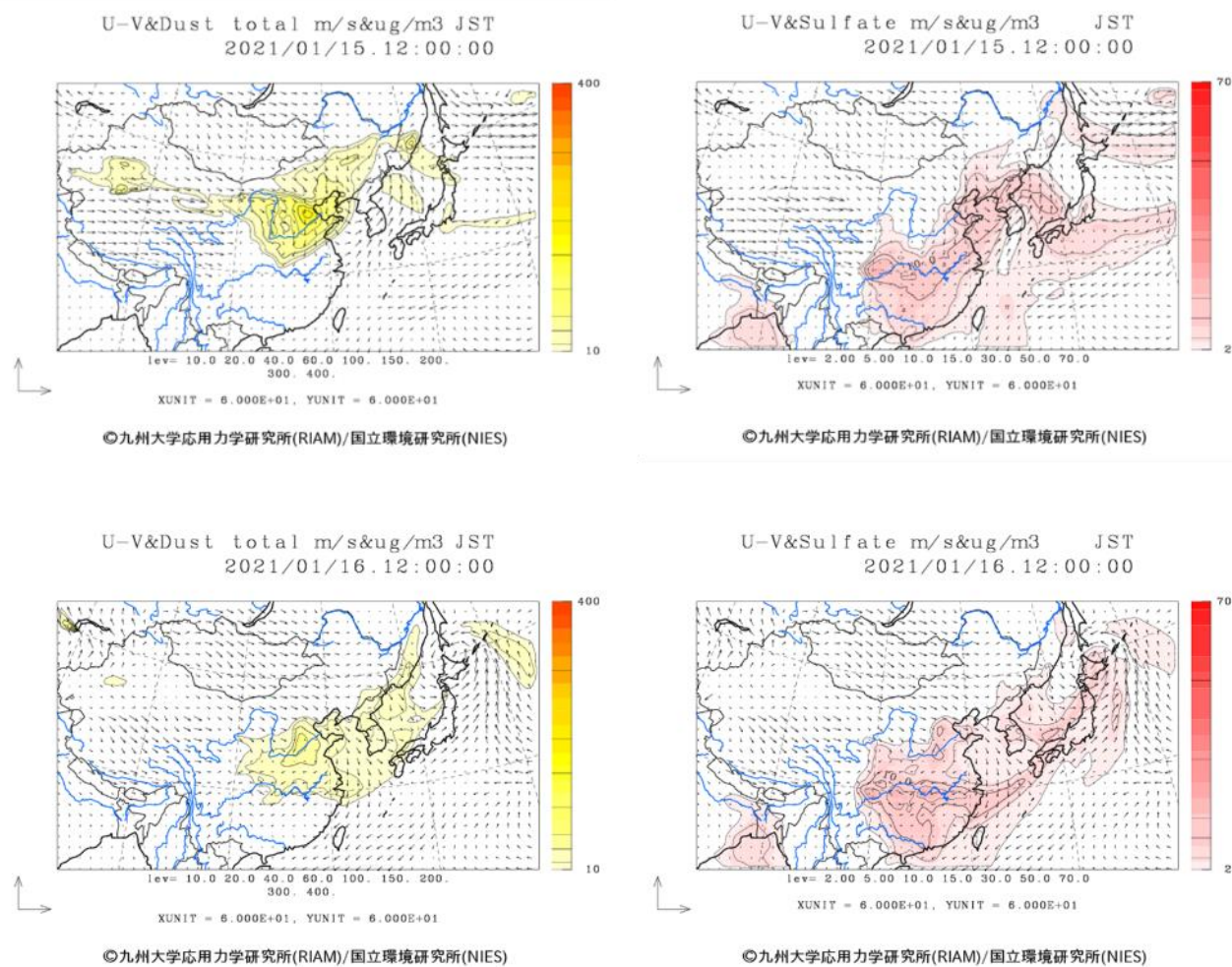
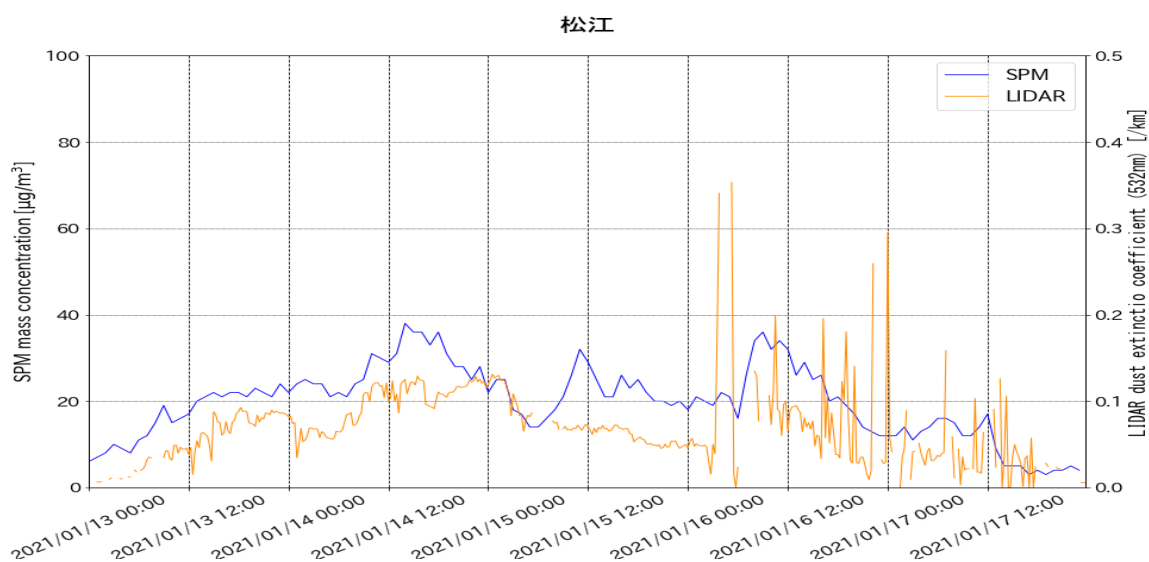


図 4-4-5-9 CFORS(dust (左図) – sulfate (右図))予測結果



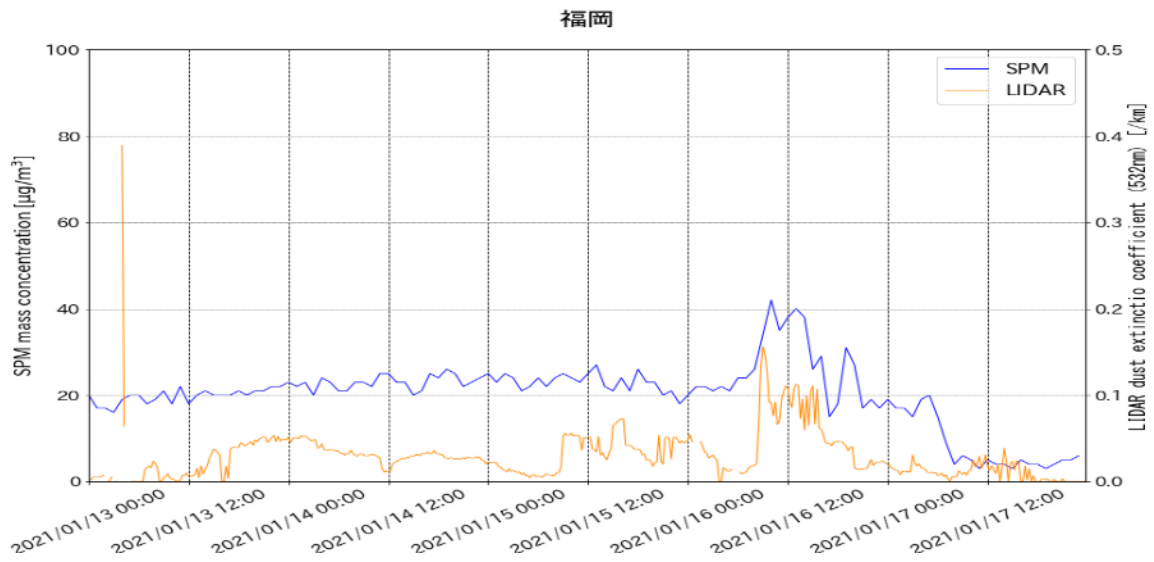


図 4-4-5- 10 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化（松江・福岡）

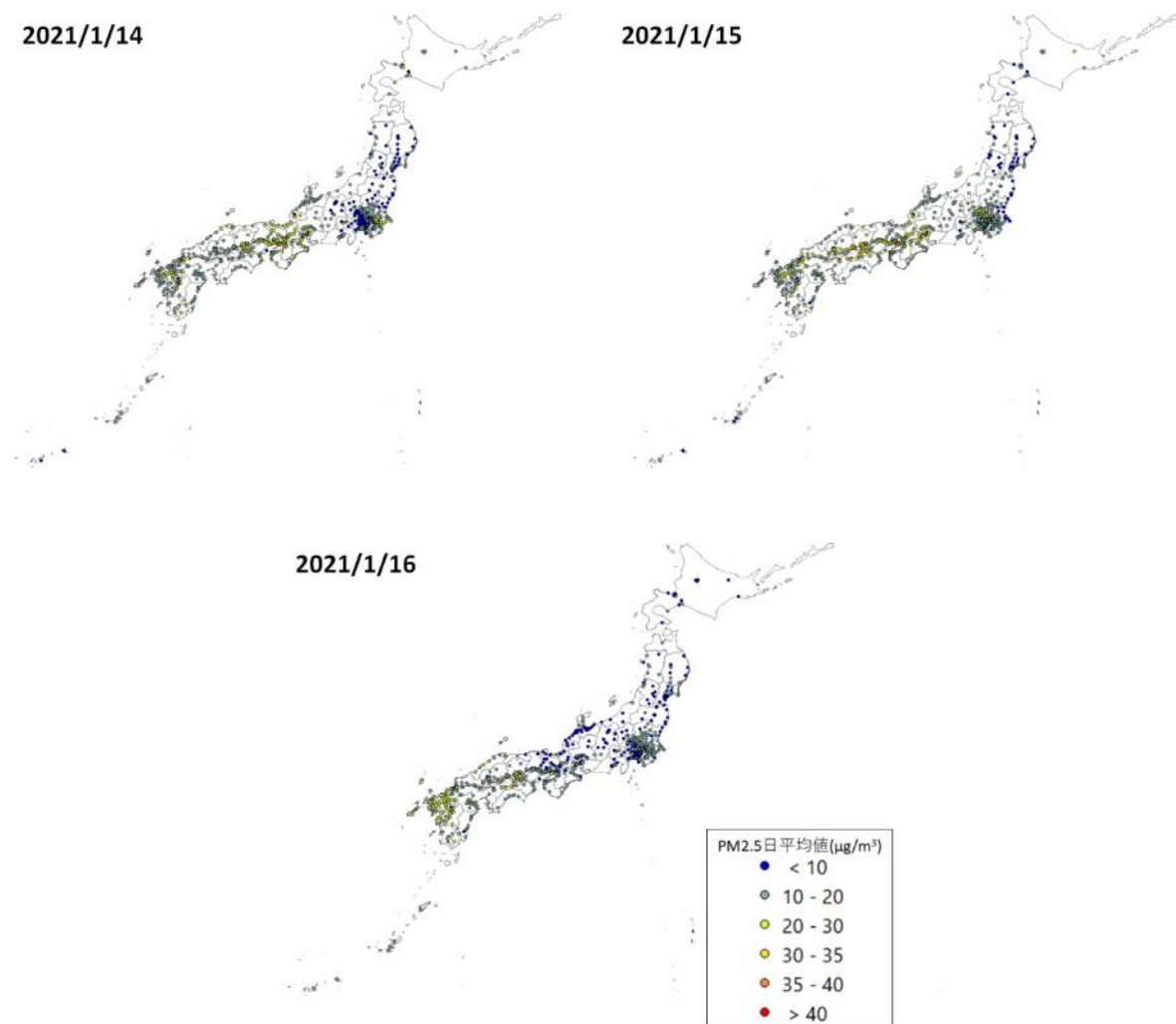


図 4-4-5- 11 PM2.5 日平均値全国分布

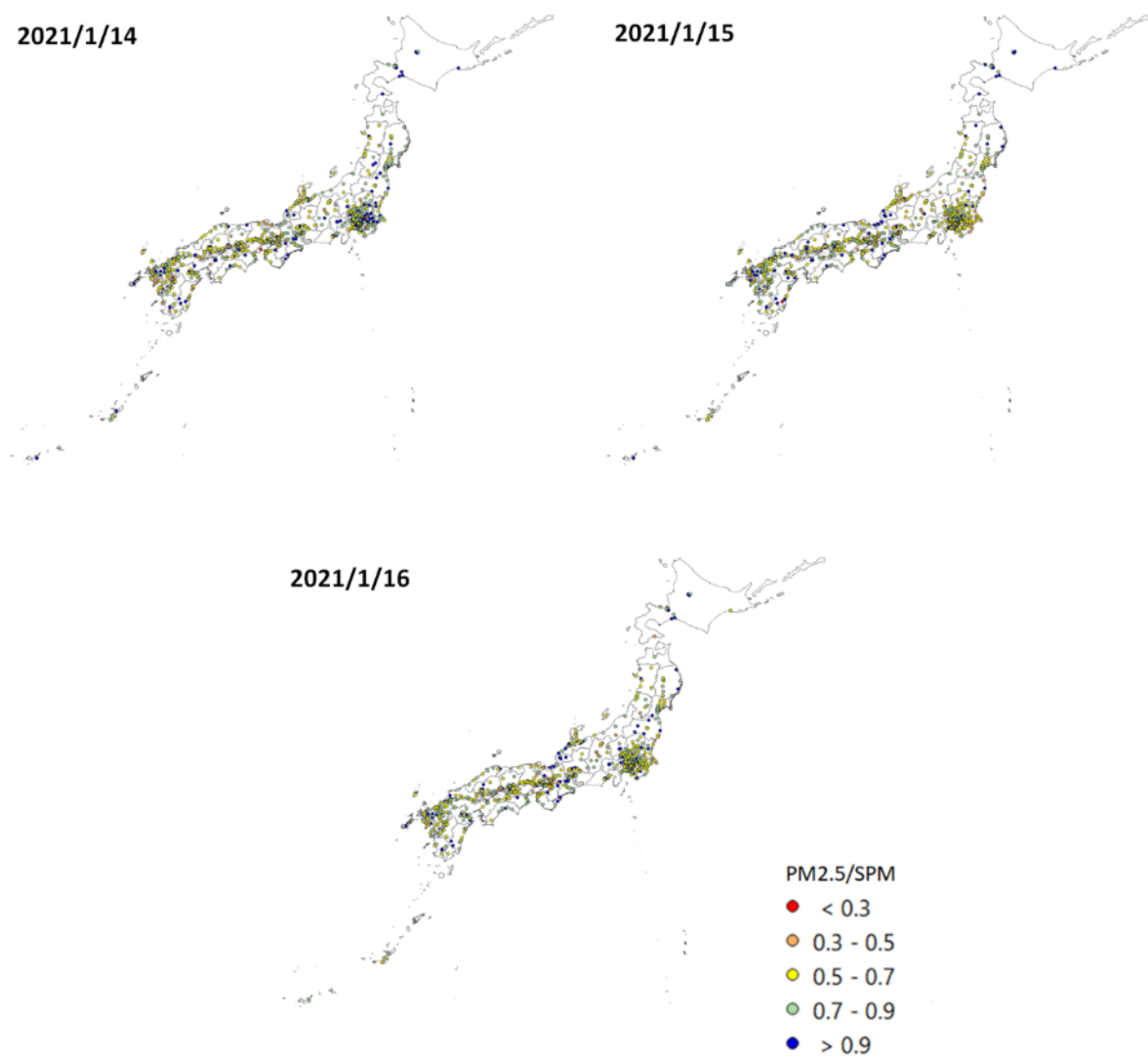


图 4-4-5-12 PM2.5 日平均值/SPM 日平均值全国分布

表 4-4-5-2 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
2021/1/14	1101520	北海道	1.76	21.24	0.08
	12220010	千葉県	1.47	16.76	0.09
	12225010	千葉県	0.82	17.71	0.05
	23105010	愛知県	0.53	35.76	0.01
	28205010	兵庫県	8.76	35.24	0.25
	38208030	愛媛県	12.24	48.18	0.25
	43208010	熊本県	0.35	17.65	0.02
2021/1/15	12201180	千葉県	7.47	27.88	0.27
	14209010	神奈川県	7.41	24.76	0.30
	23105010	愛知県	13.29	48.41	0.27
	45201060	宮崎県	0.82	12.47	0.07
2021/1/16	14115010	神奈川県	5.59	21.71	0.26
	14209010	神奈川県	4.06	13.88	0.29
	21201010	岐阜県	4.53	19.18	0.24
	29209010	奈良県	8.71	31.0	0.28

※PM2.5 環境基準：1 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること

SPM 環境基準：1 時間値の 1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること

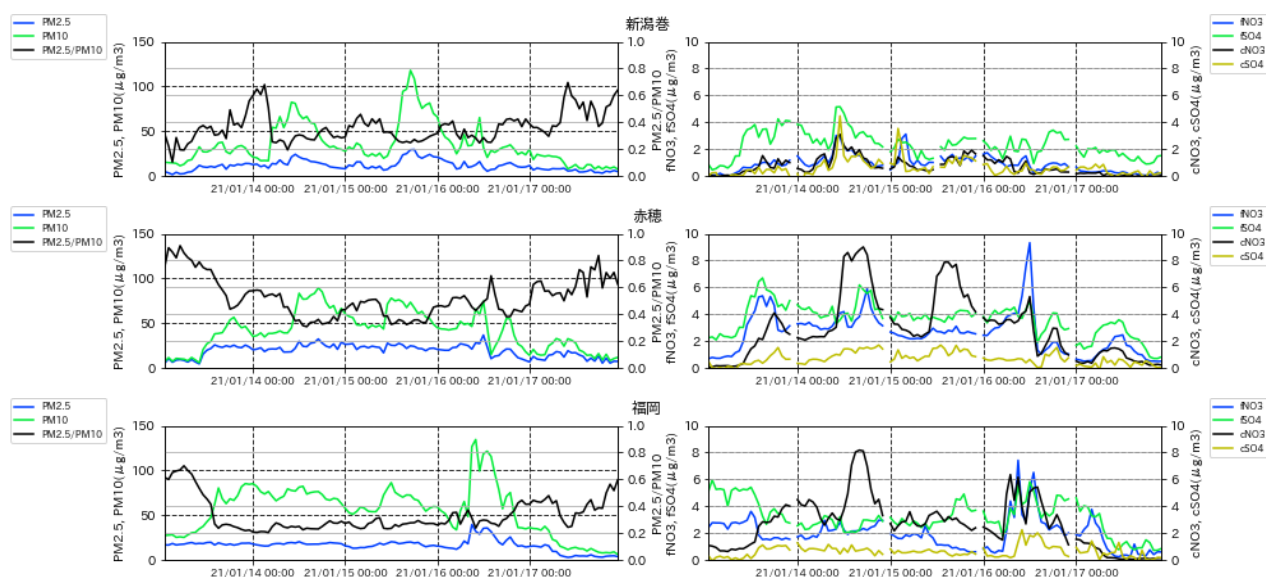


図 4-4-5-13 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

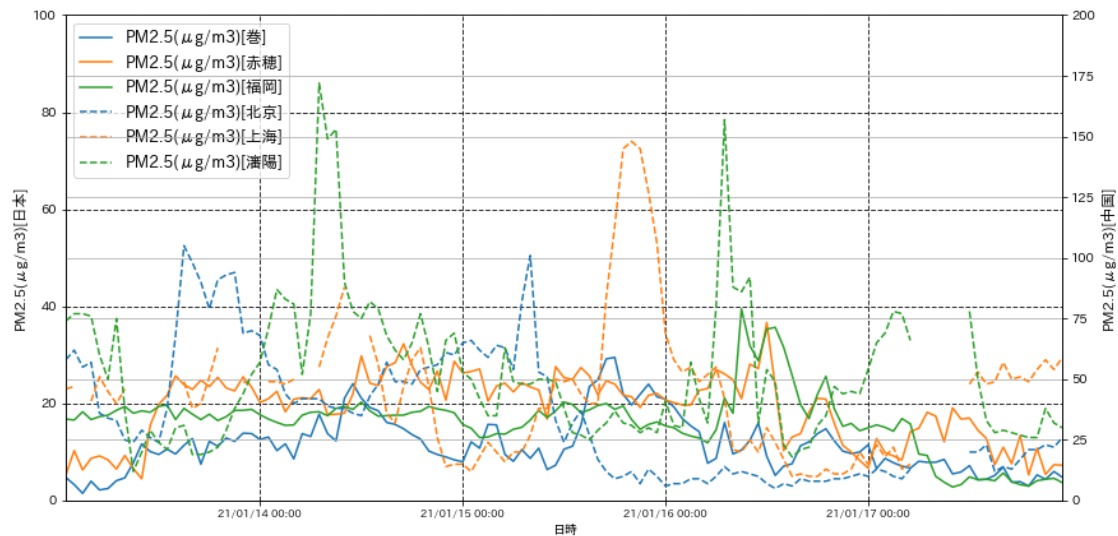


図 4-4-5-14 日本と中国での PM2.5 濃度

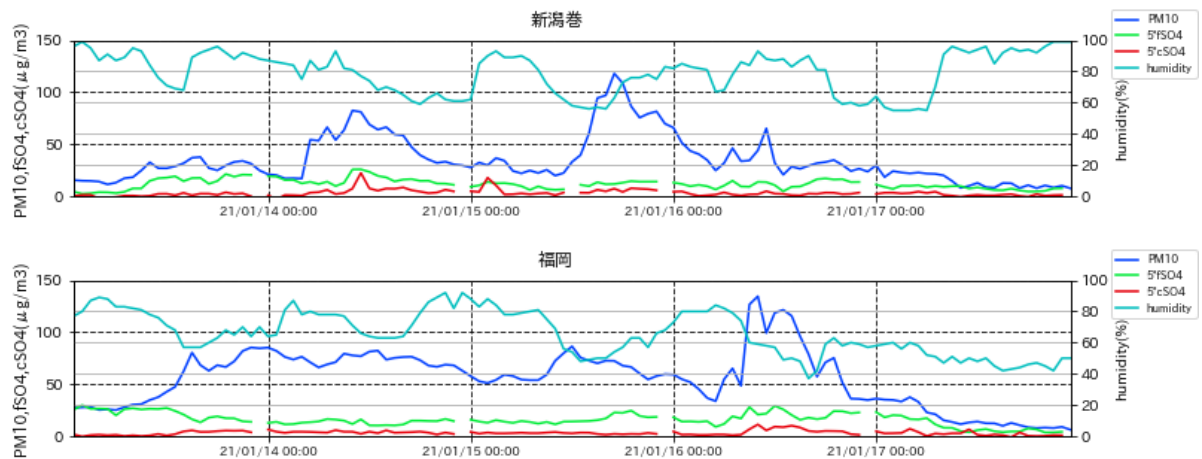


図 4-4-5-15 PM10、 $f\text{SO}_4^{2-}$ 、 $c\text{SO}_4^{2-}$ 、湿度の経時変化。 $f\text{SO}_4^{2-}$ 、 $c\text{SO}_4^{2-}$ は値を 5 倍にしてある。

(6) 黄砂事例 6 2021 年 3 月 16 日～18 日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-6-1、図 4-4-6-2 に示すとおりである。3 月 16 日に大阪、3 月 17 日に大阪、福岡、3 月 18 日に福岡で観測された事例である。

天気図(図 4-4-6-3)をみると、黄砂観測の前日、大陸にあった低気圧が、黄砂観測日には東進している様子が見える。さらに観測期間中の 16 日に大陸から西日本にかけのびた前線が 18 日にかけて東進していた。

この期間における SPM の 3 時間ごとの全国分布からは、3 月 16 日から 17 日にかけて、西日本を中心に SPM 濃度が $20\sim40\mu\text{g}/\text{m}^3$ の地点が多く見られることがわかる。九州・日本海側に所々、 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が散見されるが、局所的なものにとどまっており、18 日には濃度は全体的に低下する傾向が表れている。(図 4-4-6-4 から図 4-4-6-6)。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況をみると(図 4-4-6-7)、黄砂観測前の 3 月 13 日にモンゴルの西部で Dust、Duststorm が発生している。そして 14 日になるとモンゴルの広い範囲で Duststorm が発

生していた。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、3月17日の流跡線で黄砂が観測された福岡、大阪における一部の流跡線が、Duststormが発生していた地域を通っており、大陸からの移流があったと思われる(図4-4-6-8)。さらに、CFORSにおいても、Sulfateに関して大陸からの影響が東北・九州などに及んでいる様子が示された(図4-4-6-9)。

図4-4-6-10に、黄砂が観測された大阪・福岡におけるライダー黄砂消散係数と、近接する常時監視局におけるSPM濃度の経時変化の比較を示す。大阪における黄砂消散係数は、黄砂観測前の3月15日より上昇傾向にあり、3月17日正午頃にピークが見られる。一方、SPM濃度は、黄砂消散係数より早く上昇し、一時的に $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるやや高い数値を示している。福岡における黄砂消散係数、SPM濃度の変化は、大阪ほど顕著ではないが、いずれも3月17日正午頃に上昇している様子が見て取れる。PM_{2.5}の日平均値は3月16日に瀬戸内地域で $30\sim 40\mu\text{g}/\text{m}^3$ となっていたが、他の地域では濃度は低い値となっていた。翌17日には瀬戸内地域でも濃度が下がり、環境基準値を超える高濃度は観測されなかった(図4-4-6-11)。

図4-4-6-12及び表4-4-6-2には、各測定局におけるPM_{2.5}/SPM比とその値が0.3以下になった値を示している。図3-6-10の全国分布では、黄砂が観測されていない地方にも、PM_{2.5}/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、PM_{2.5}/SPM比の値が0.3以下となった地点におけるPM_{2.5}、SPMそれぞれの日平均値を表3-6-2にまとめた。3月16日は計4地点、3月17日は計11地点、3月18日は計10地点でPM_{2.5}/SPM比の値が0.3以下となったが、SPMの日平均値及びPM_{2.5}日平均値はどちらも低い値となっている。そのため、それぞれ濃度が低い値同士で比を算出したため、PM_{2.5}/SPM比が0.3以下となったと考えられる。

黄砂観測日、観測時間の3月16日22:00ころから大阪においてPM₁₀の上昇に伴い、PM_{2.5}/PM₁₀が減少していく様子が見られる。また、人為起源系汚染物質に関して大阪では3月16日正午頃にfNO₃濃度の急激な上昇がみられ、一時 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく超えたが、黄砂観測時間の22:00から24:00の間fSO₄²⁻以外が若干上昇しているのみである。福岡においてはPM₁₀、PM_{2.5}/PM₁₀について大阪と同様な傾向が3月16日正午過ぎからみられ、黄砂観測期間でその比は低い値が継続している。(図4-4-6-13)。

なお、北京では、黄砂観測日前日の1月13日に、PM_{2.5}濃度の1時間値が一時 $600\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の値を示している(図4-4-6-14)。

また、本事例における湿度の時系列(図4-4-6-15)に関しては黄砂飛来日の3月17日で、昼の湿度の減少の割合がPM₁₀の増加と同期し、高くなっているように見える。福岡においてはあまり顕著な傾向が見られない。

以上の通り、本事例はモンゴルにおけるDuststormにより、人為起源系汚染物質をあまり含まない黄砂が、点的に飛来した弱い黄砂事例と思われる。

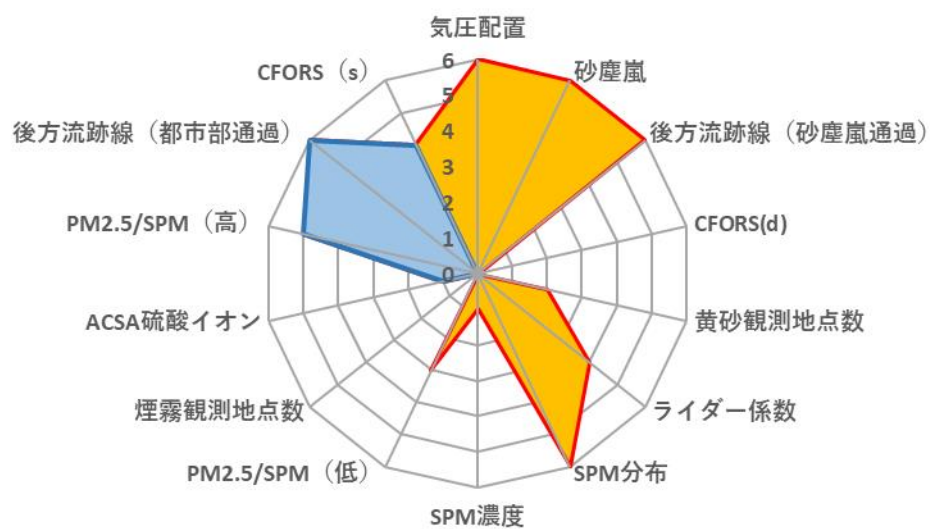


図 4-4-6-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-6-1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名										
2021/3/16	1	大阪										
2021/3/17	2	大阪	福岡									
2021/3/18	1	福岡										

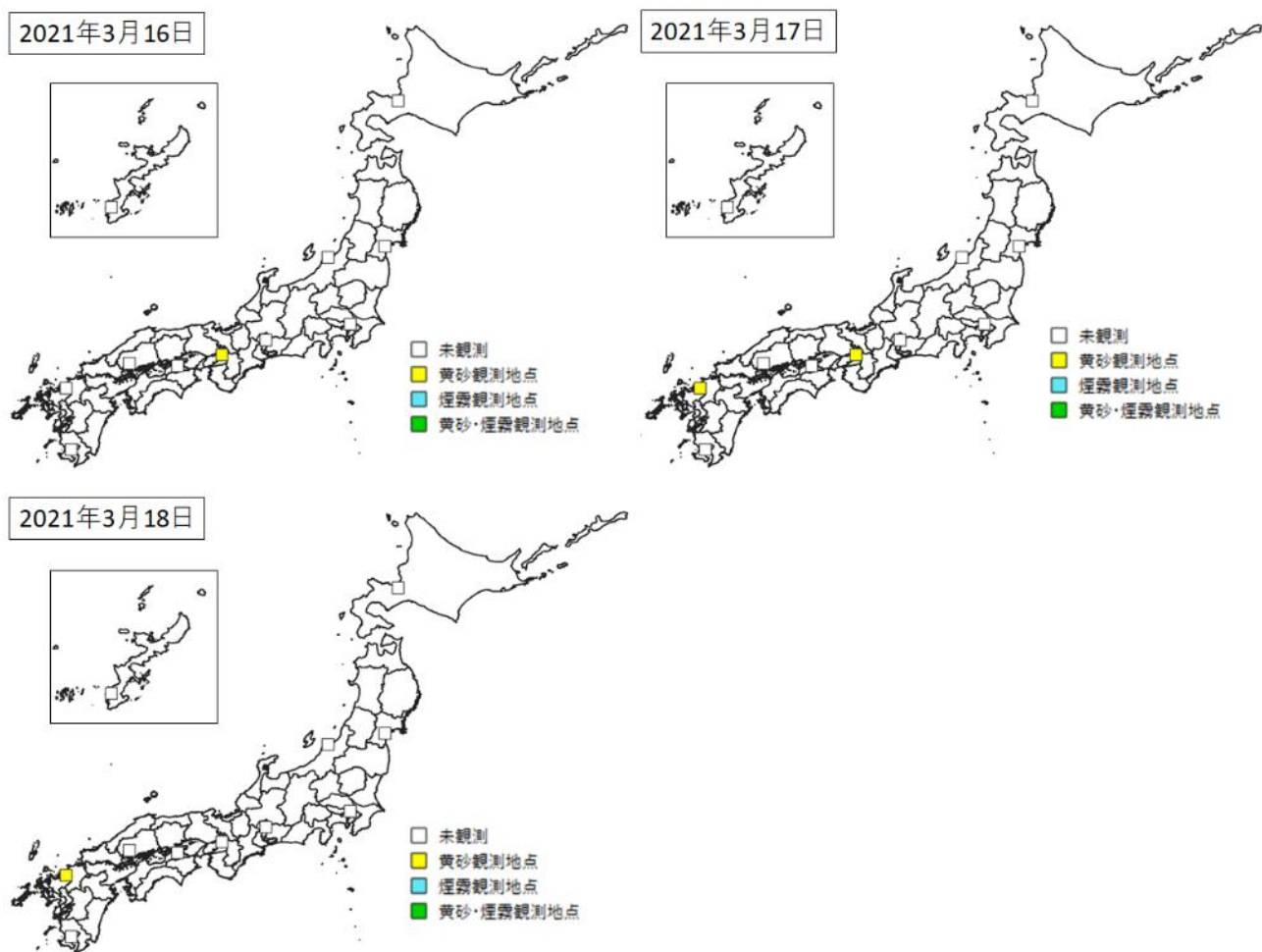
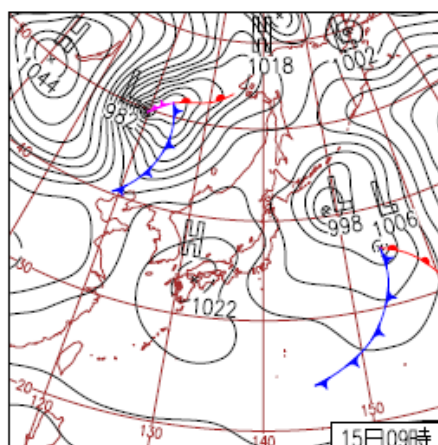
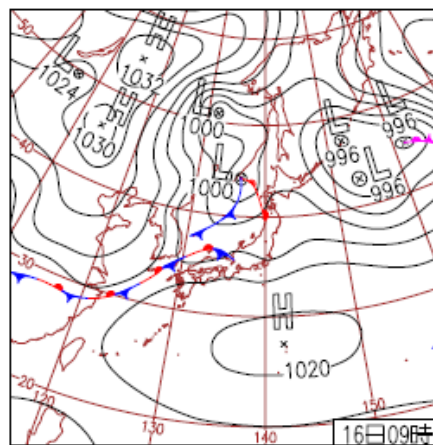


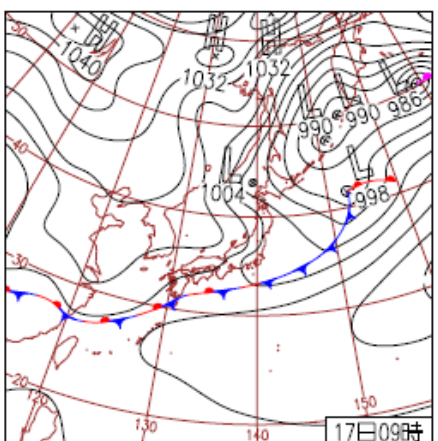
図 4-4-6-2 黄砂観測地点



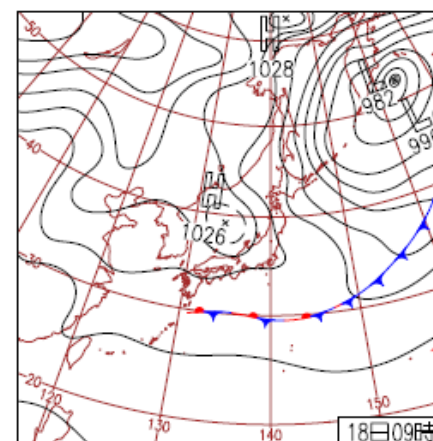
15日(月)和歌山県で震度5弱
 低気圧が三陸沖を東北東進。東シナ海の高気圧が東に移動し西日本を覆う。西日本中心に晴れ、曇っていた北日本も次第に晴れ間が広がる。高知市、松山市、高松市でサクラ開花。



16日(火)京都市などでサクラ開花
 西～北日本は低気圧や前線の影響で日本海側から次第に雨。沖縄と関東は概ね晴れ。最高気温が5月並の所も。宮崎市、下関市、京都市、岐阜市でサクラ開花。茨城県で震度4。



17日(水)西～東日本で気温上昇
 大陸の高気圧に覆われ西日本～東日本で気温上昇。北陸～北海道は雲が多く所々で雨や雪。鹿児島市、熊本市、佐賀市、名古屋市、横浜市でサクラ開花。



18日(木)高気圧に覆われる
 西日本～東日本は日本海の高気圧に覆われ概ね晴れ。寒気の影響を受けた北日本日本海側と前線に近い奄美は曇りや雨。北海道は風が強く、羅臼で最大瞬間風速29.8m/s。

図 4-4-6-3 天気図

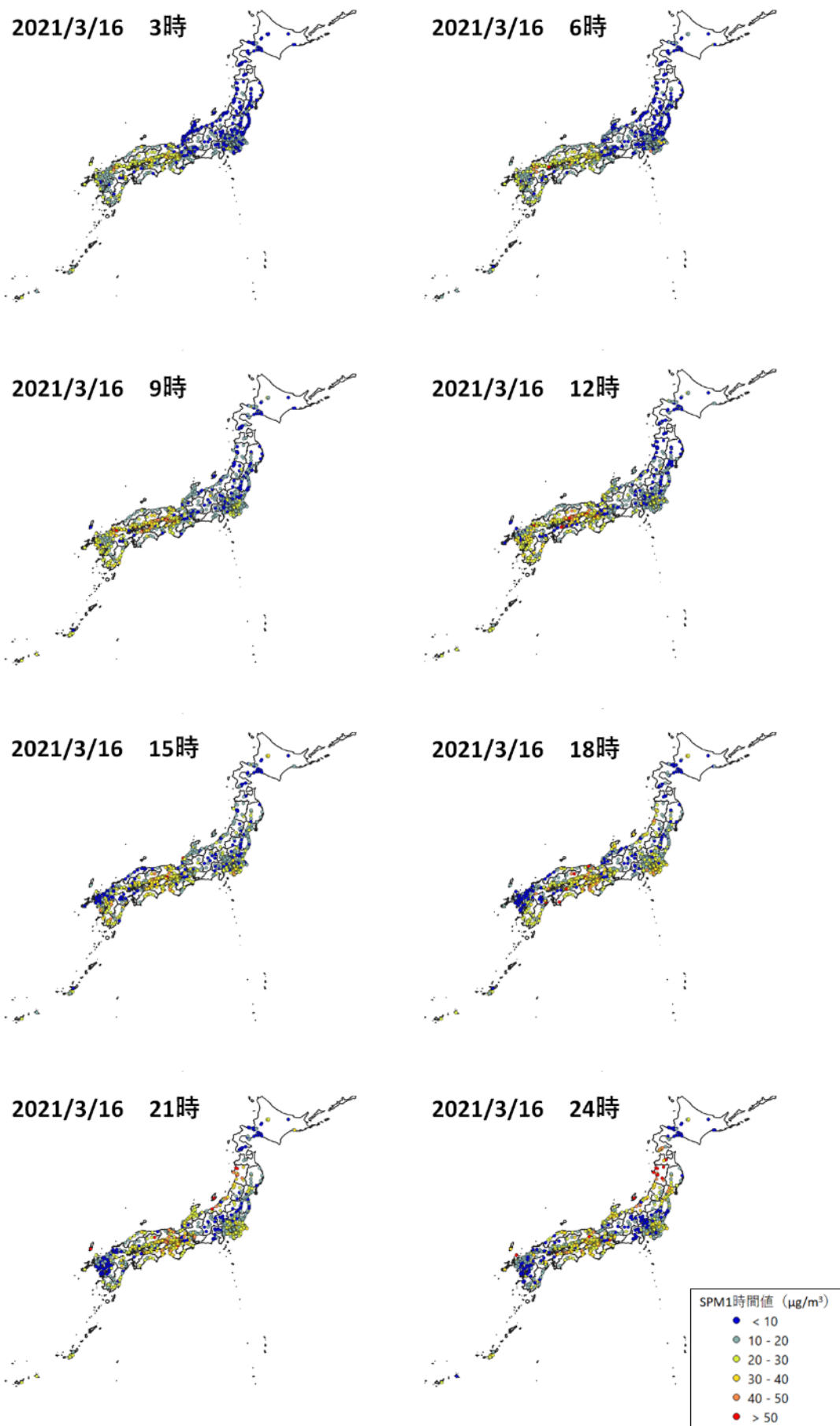


図 4-4-6-4 SPM1 時間値濃度全国分布(1) (2021 年 3 月 16 日)

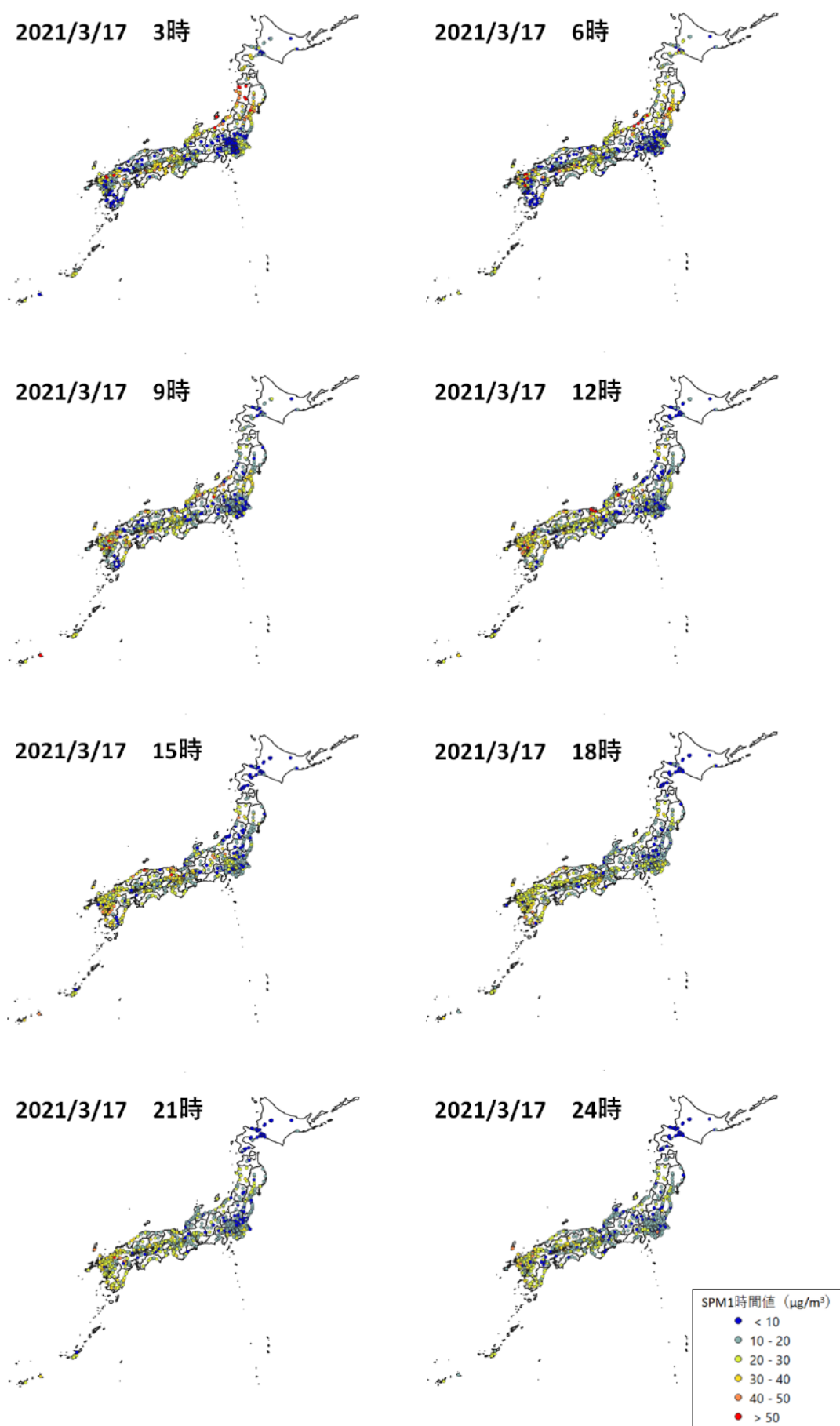


図 4-4-6-5 SPM1 時間値濃度全国分布(2) (2021 年 3 月 17 日)

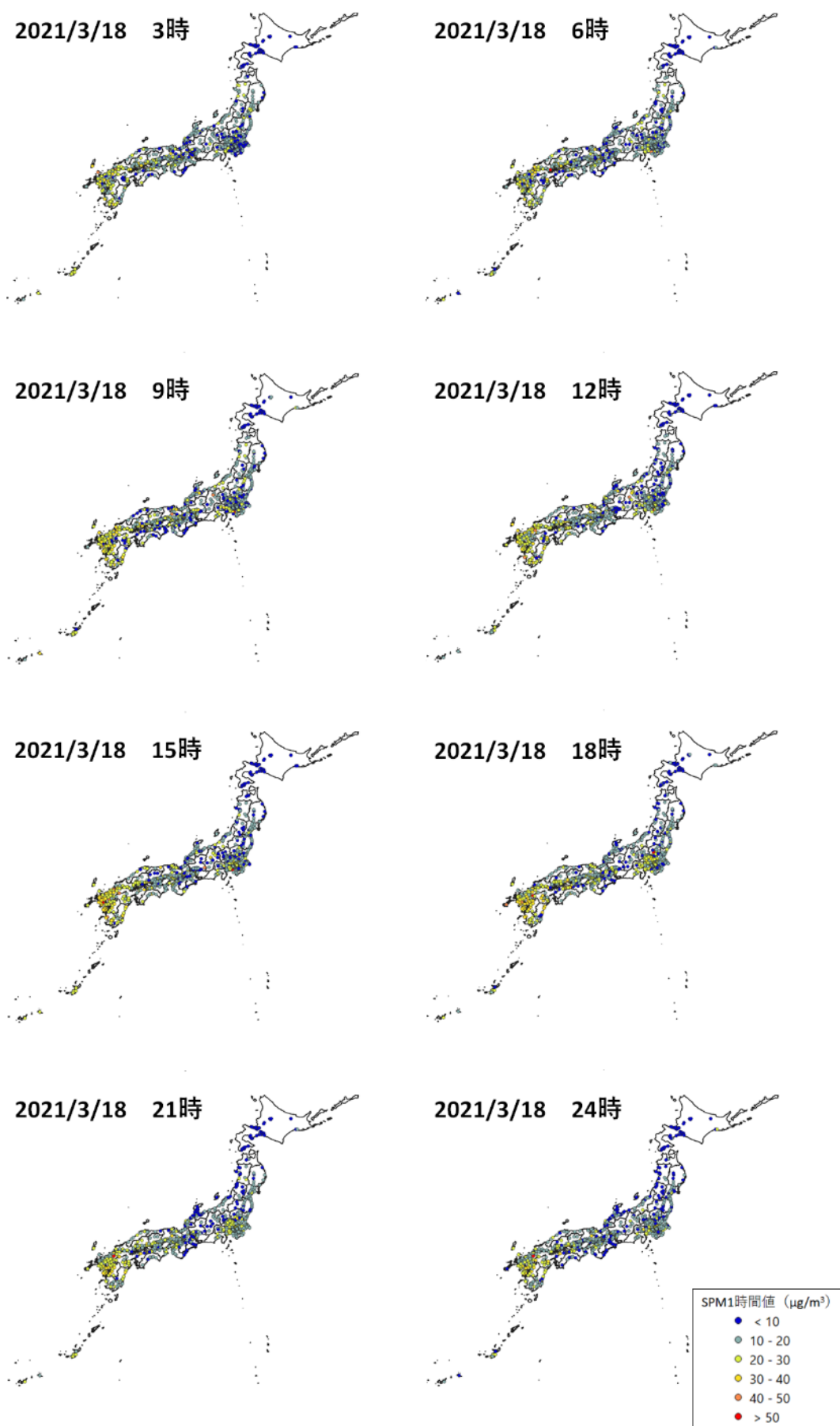


図 4-4-6-6 SPM1 時間値濃度全国分布(3) (2021 年 3 月 18 日)

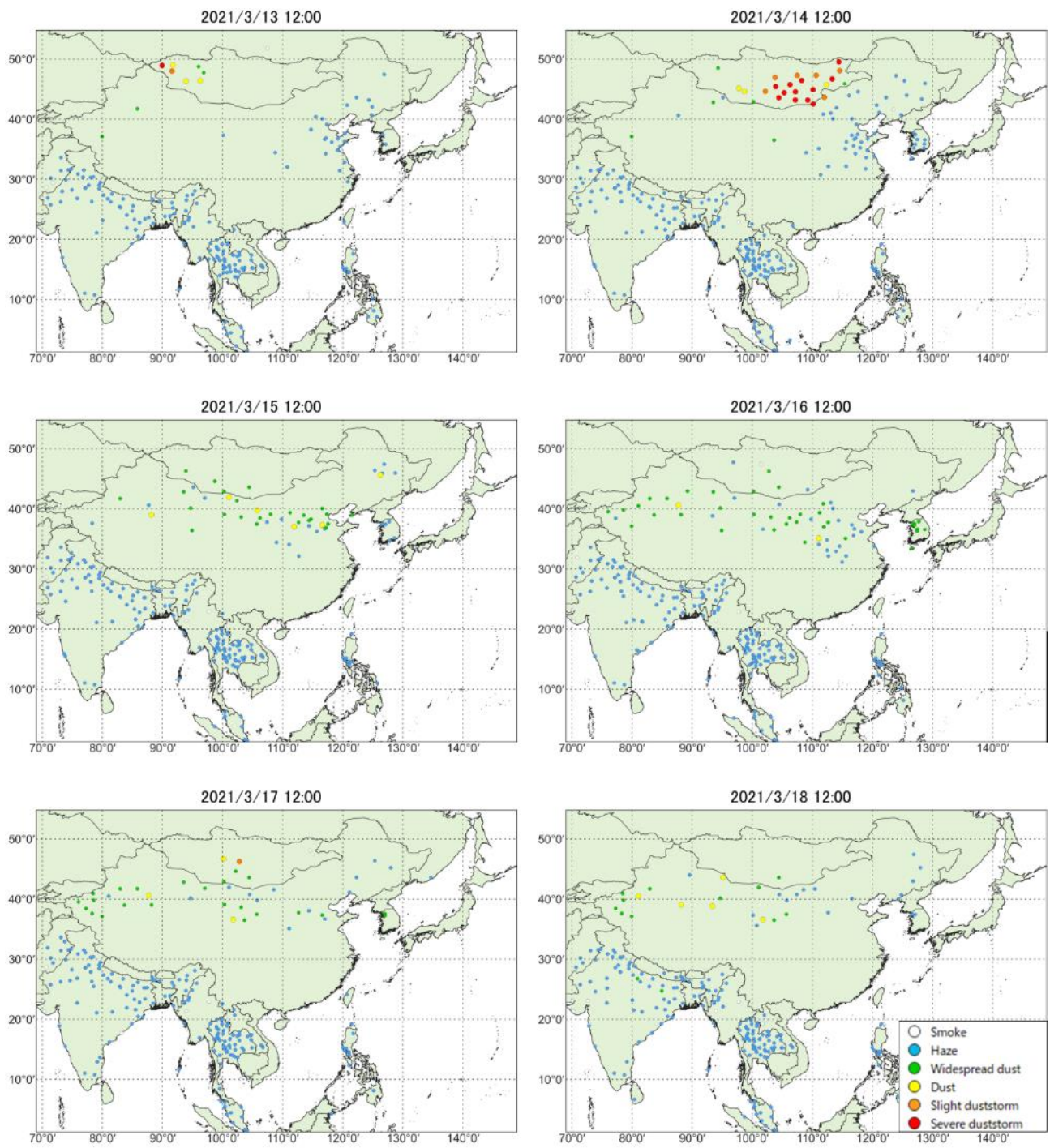


图 4-4-6-7 砂塵嵐発生状況

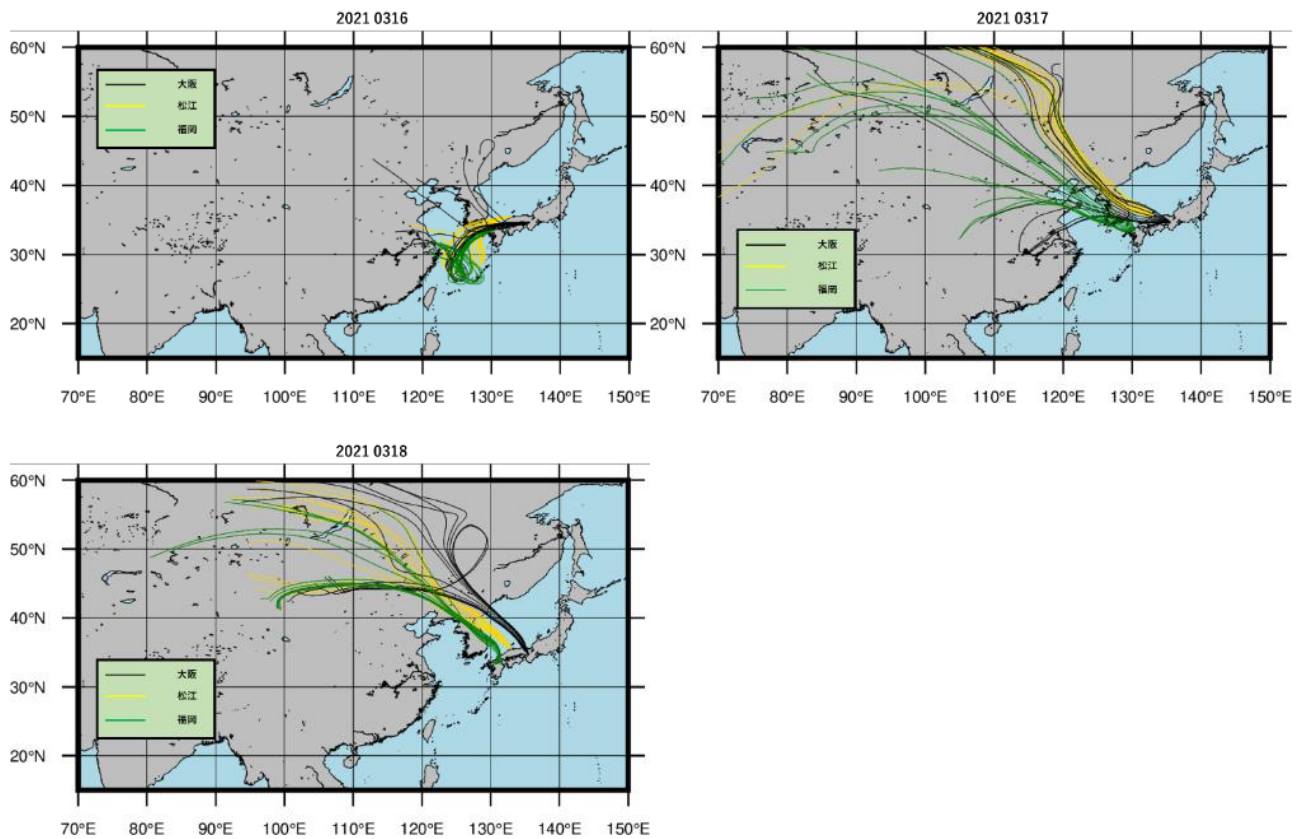
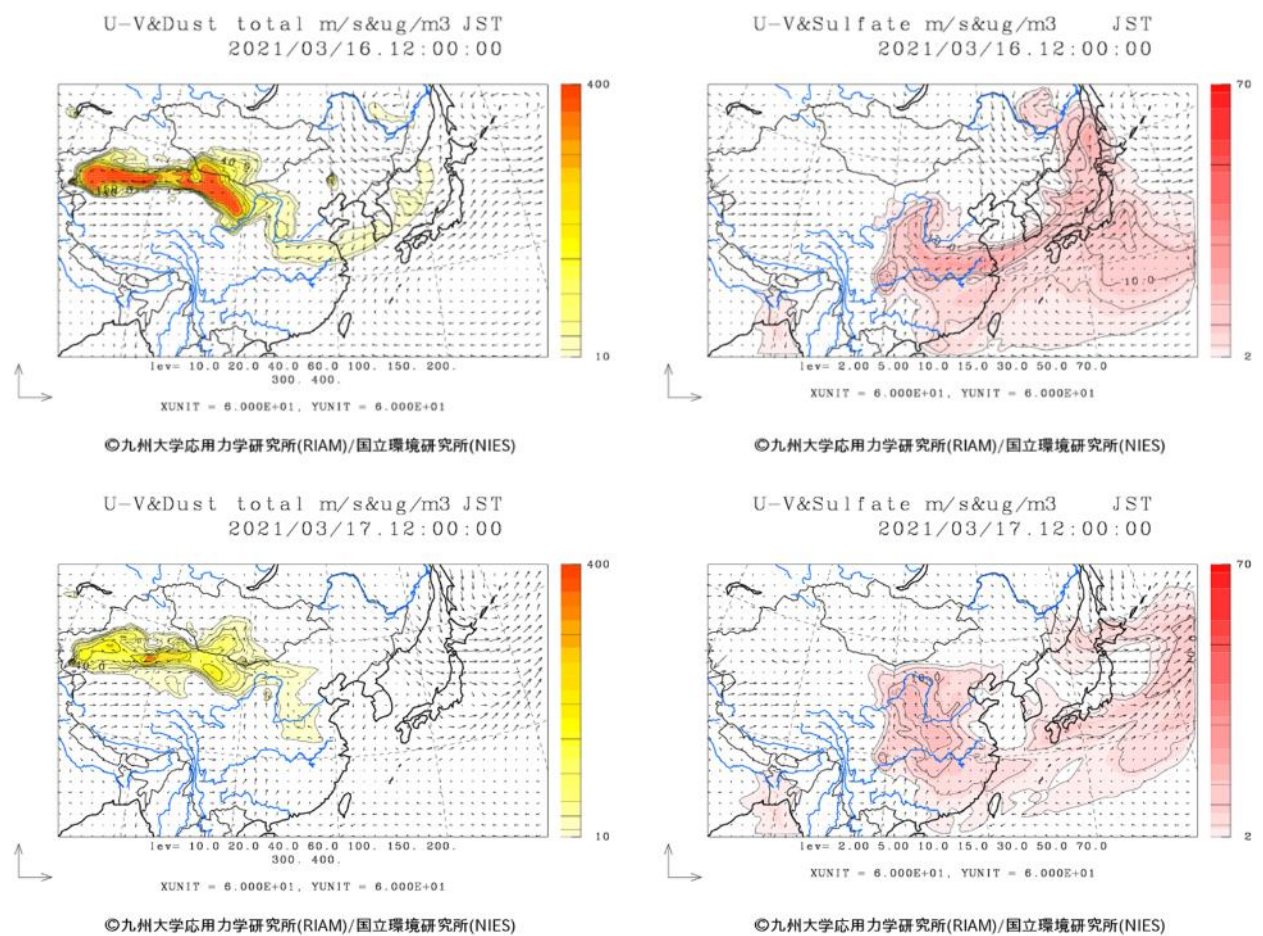


図 4-4-6-8 後方流跡線 (72 時間前より)



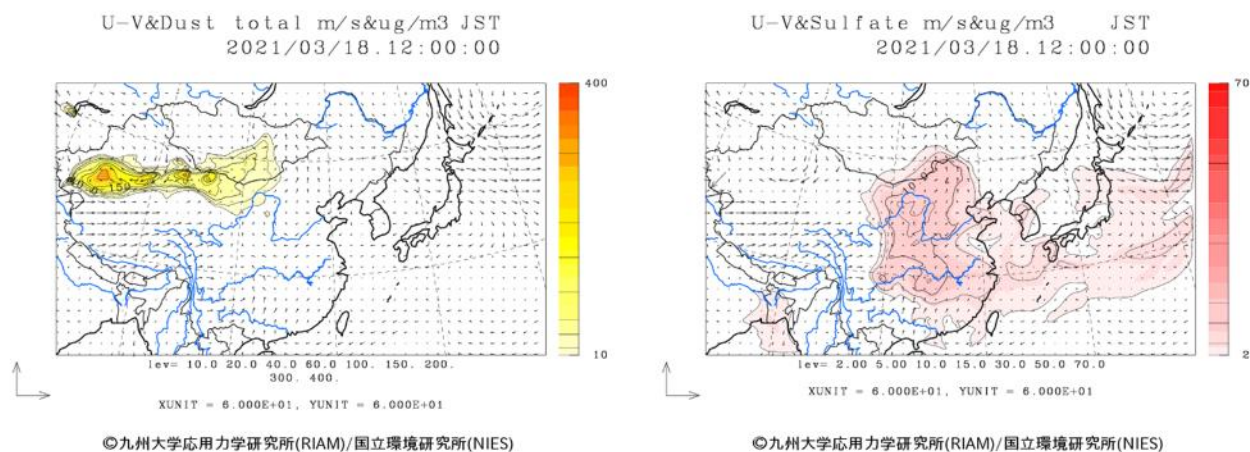


図 4-4-6-9 CFORS(dust (左図) - sulfate (右図))予測結果

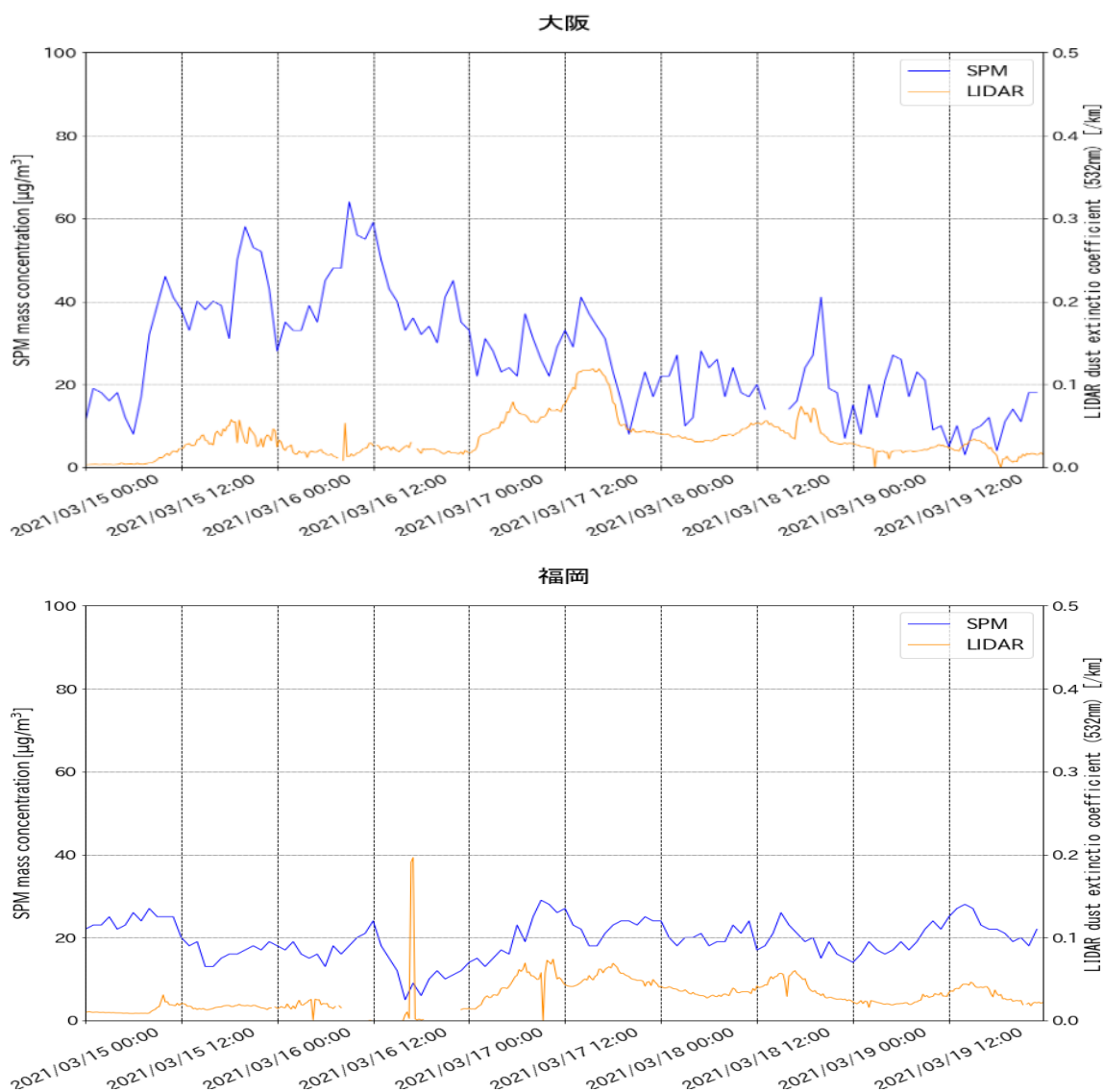


図 4-4-6-10 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪・福岡)

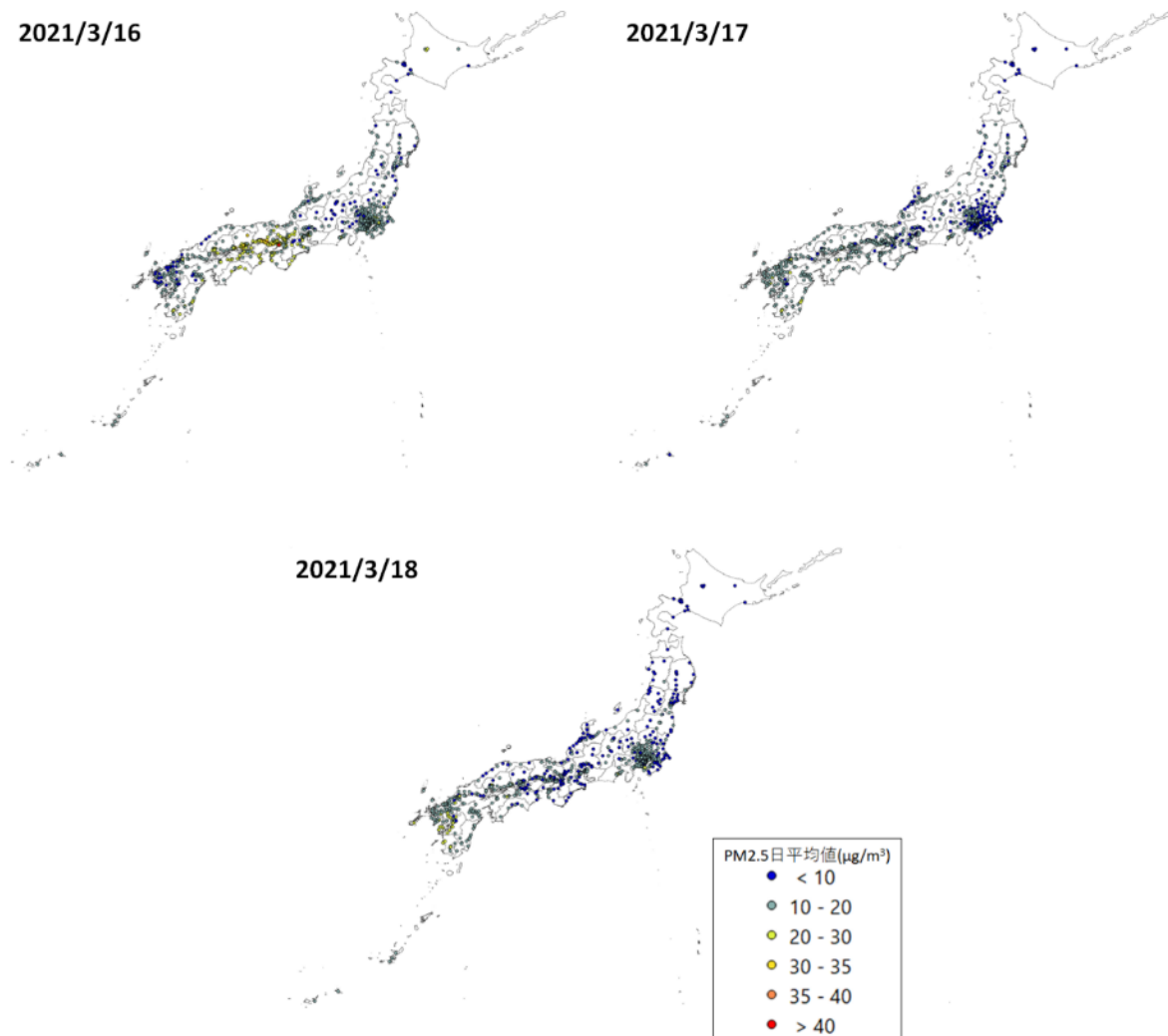


图 4-4-6- 11 PM2.5 日平均值/全国分布

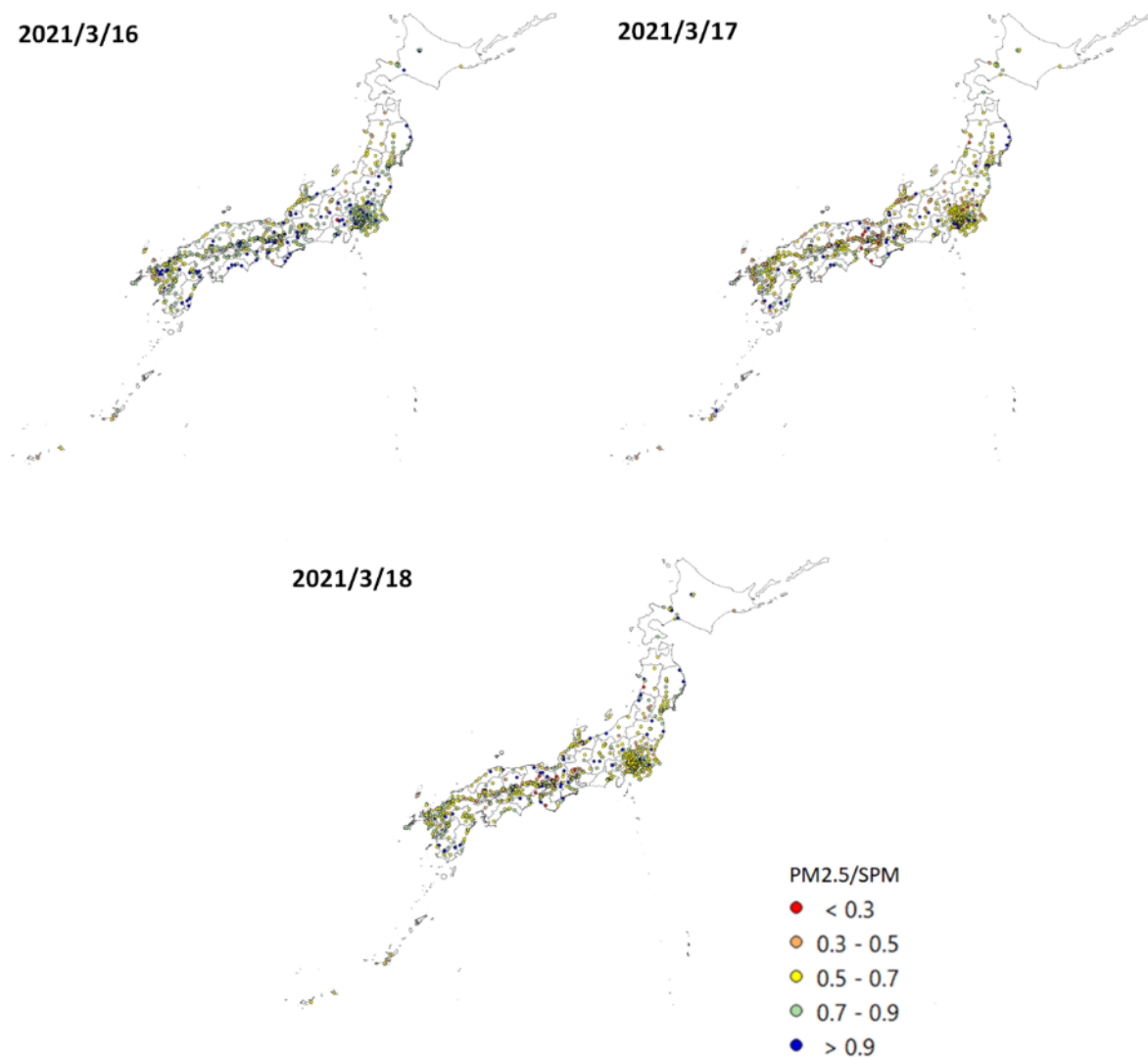


図 4-4-6-12 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布

表 4-4-6-2 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
2021/3/16	4105530	宮城県	2.41	9.53	0.25
	14209010	神奈川県	0.76	16.35	0.05
	19207030	山梨県	2.00	9.88	0.20
	21201020	岐阜県	2.35	15.41	0.15
2021/3/17	5205010	秋田県	2.47	20.47	0.12
	8206010	茨城県	7.06	24.47	0.29
	8541010	茨城県	5.41	23.41	0.23
	12201180	千葉県	5.18	18.53	0.28
	14209010	神奈川県	3.18	12.24	0.26
	21201010	岐阜県	0.65	15.29	0.04
	28205010	兵庫県	8.18	29.47	0.28

	28213010	兵庫県	7.29	27.76	0.26
	28641010	兵庫県	11.29	44.00	0.26
	29425010	奈良県	8.06	27.35	0.29
	30206010	和歌山県	6.76	23.29	0.29
2021/3/18	5205010	秋田県	5.41	18.24	0.30
	11201030	埼玉県	2.18	13.12	0.17
	11201040	埼玉県	1.82	16.12	0.11
	12204530	千葉県	6.18	21.18	0.29
	21201030	岐阜県	1.65	9.18	0.18
	25201080	滋賀県	6.06	21.18	0.29
	26204010	京都府	2.24	19.24	0.12
	28205010	兵庫県	5.18	19.35	0.27
	28641010	兵庫県	9.00	34.82	0.26
	30206010	和歌山県	0.12	14.65	0.01

※PM2.5 環境基準：1 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること

SPM 環境基準：1 時間値の 1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること

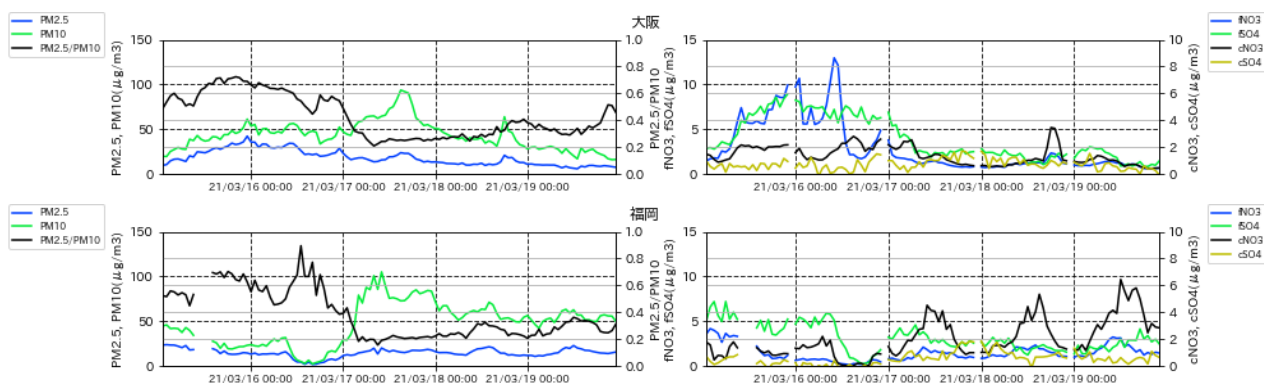


図 4-4-6-13 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

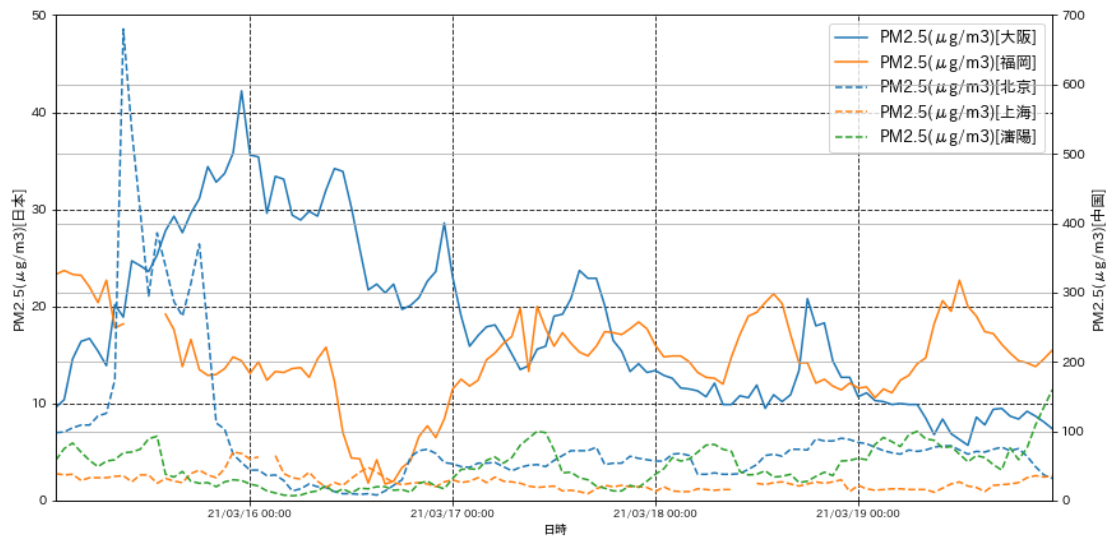


図 4-4-6-14 日本と中国での PM2.5 濃度

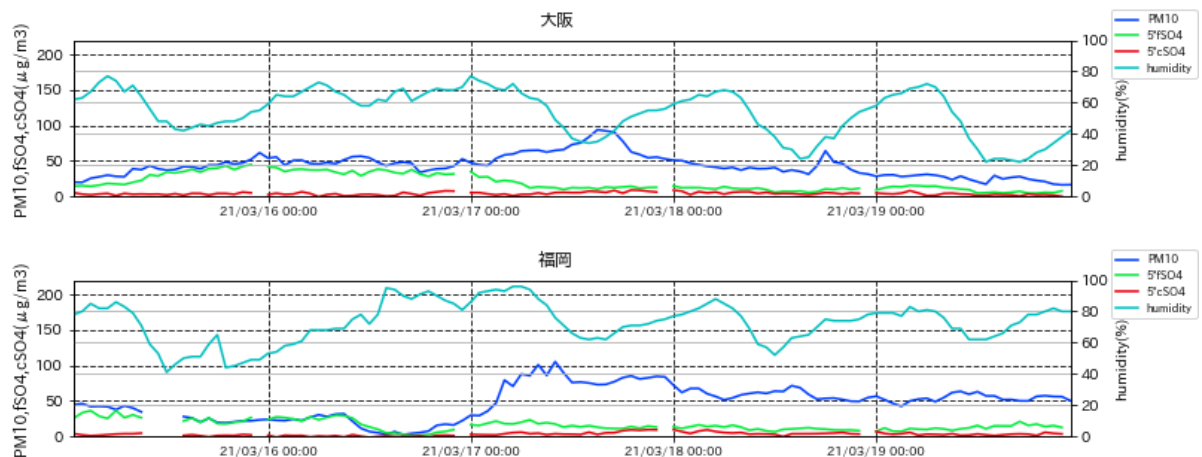


図 4-4-6-15 PM10、 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} 、湿度の経時変化。 fSO_4^{2-} 、 cSO_4^{2-} は値を 5 倍にしてある。

(7) 黄砂事例 7 2021 年 3 月 29 日～31 日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-7- 1、図 4-4-7- 2 に示すとおりである。3 月 29 日から 31 日にかけて、日本全国広範囲で黄砂が観測された事例である。

天気図(図 4-4-7- 3) をみると、黄砂観測の前日、日本の西部には多くの低気圧があり、黄砂観測日には東進していた。

この期間 における SPM の 3 時間ごとの全国分布を見ると、3 月 29 日午後から 30 日にかけて、九州・中国地方・日本海側および関東地方に、SPM 濃度が $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が拡大してゆく様子が表れている(図 4-4-7- 4 から図 4-4-7- 6)。31 日になると九州地方では高濃度の地点は少なくなるが、関東地方は依然として $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が多い様子が見て取れる。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況をみると(図 4-4-7- 7)、黄砂観測前の 3 月 26 日にモンゴル西部で、27 日にモンゴル東部、内モンゴル自治区で Dust や Duststorm が発生していた。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、黄砂が観測された地点またはそれに近い地点でほとんどの

流跡線が Slight Duststorm などが発生していた地域を通っており、大陸からの移流があったことを示唆している(図 4-4-7-8)。さらに CFORS においても、特に Sulfate に関して、大陸からの影響が日本全域に及んでいる様子が表れている (図 4-4-7-9)。

ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の経時変化の比較を図 4-4-7-10 に示す。ライダー黄砂消散係数に関しては、札幌・新潟・東京・大阪・松江・福江・福岡におけるデータを用い、それぞれ近接する常時監視局における SPM 濃度と比較した。全ての地点において、黄砂消散係数と SPM 濃度の上昇が顕著に見られている。SPM 濃度は、札幌・東京以外の地点では、一時的に $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高い値を示している。PM_{2.5} の日平均値は 29 日には西日本の広い範囲で環境基準を超える高濃度となっており、翌 30 日には高濃度の範囲が東日本にまで広がっている様子が見られた。31 日には濃度上昇は収まったものの、環境基準値を超える地点が全国的に散見された (図 4-4-7-11)。

図 4-4-7-12 及び表 4-4-7-2 には、各測定局における PM_{2.5}/SPM 比とその値が 0.3 以下になった値を示している。図 4-4-7-12 の全国分布では、黄砂が観測されていない地方にも、PM_{2.5}/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、PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となった地点における PM_{2.5}、SPM それぞれの日平均値を表 3-7-2 にまとめた。3 月 29 日は計 3 地点、3 月 30 日は計 4 地点、3 月 31 日は計 2 地点で PM_{2.5}/SPM 比の値が 0.3 以下となったが、SPM の日平均値及び PM_{2.5} 日平均値はどちらも低い値となっている。そのため、それぞれ濃度が低い値同士で比を算出したため、PM_{2.5}/SPM 比が 0.3 以下となったと考えられる。

それぞれの地点で 3 月 29 日の観測時間ころから PM₁₀ の上昇に伴い、PM_{2.5}/PM₁₀ が減少し、3 月 31 日夕方ころには PM₁₀ は低い値、PM_{2.5}/PM₁₀ は上昇傾向に転じている様子が見られる。また、人為起源系汚染物質は粗大粒子、微小粒子ともに多くの地点で高い値となっているのが見て取れ、特に名古屋から西日本にかけ fSO₄²⁻が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時間帯が 3 月 29 日午後から 30 日にかけて多くの地点でみられる。(図 4-4-7-13)。

なお、北京、瀋陽では、黄砂観測日前日の 3 月 28 日に PM_{2.5} 濃度の 1 時間値がそれぞれ $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の値を示す時間が数時間継続している (図 4-4-7-14)。

また、本事例における湿度の時系列 (図 4-4-7-15) に関しては黄砂飛来日の 3 月 30 日で、PM₁₀ の増加に伴い、湿度が減少している様子が顕著に表れている。

以上の通り、本事例はモンゴルにおける Duststorm により、人為起源系汚染物質をやや多く含む黄砂が、全国的に飛来した近年としては強い黄砂事例と思われる。

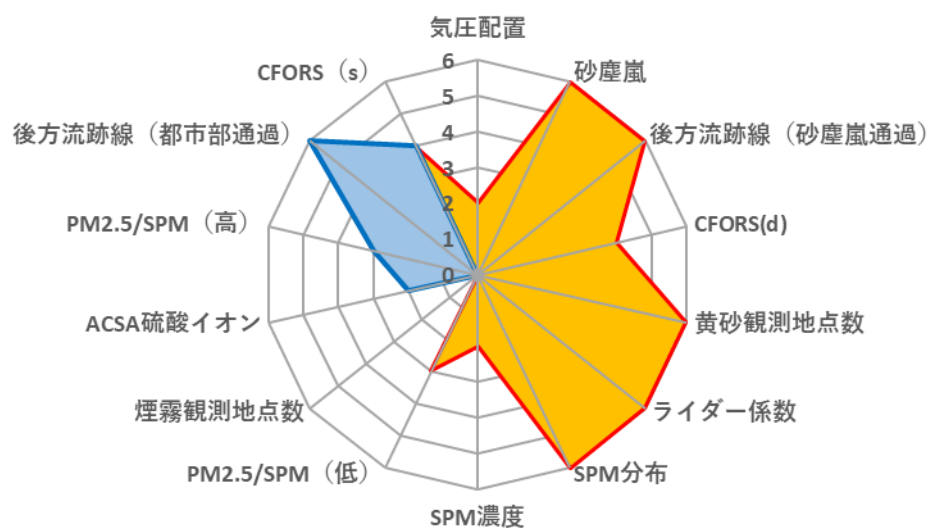


図 4-4-7-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-7-1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名										
2021/3/29	7	仙台	新潟	広島	大阪	福岡	鹿児島	高松				
2021/3/30	10	札幌	仙台	新潟	名古屋	東京	広島	大阪	福岡	鹿児島	高松	
2021/3/31	8	仙台	新潟	東京	広島	大阪	福岡	鹿児島	高松			

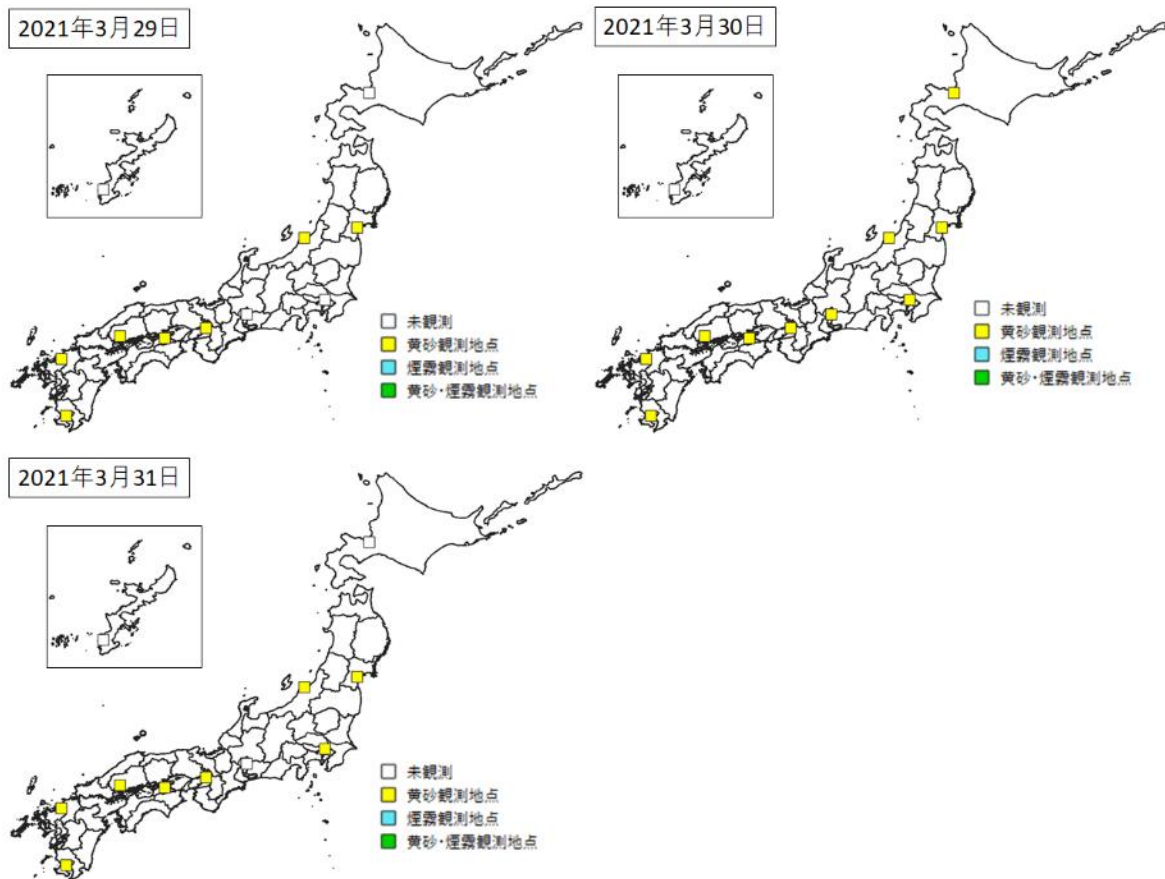
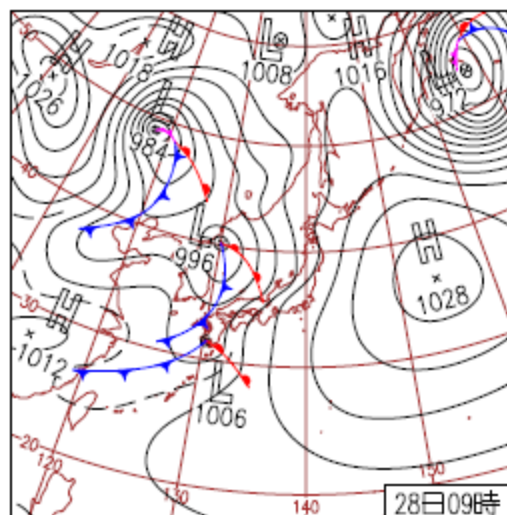
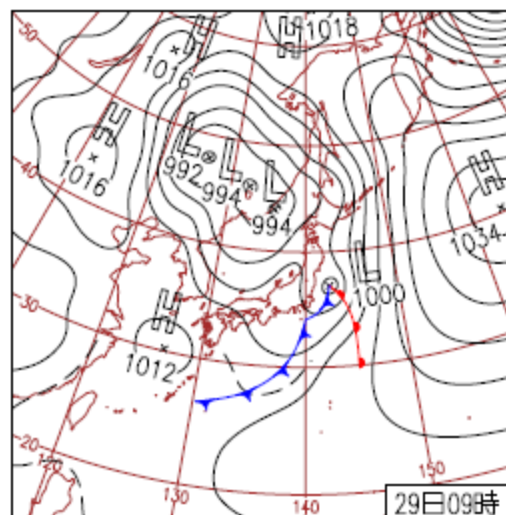


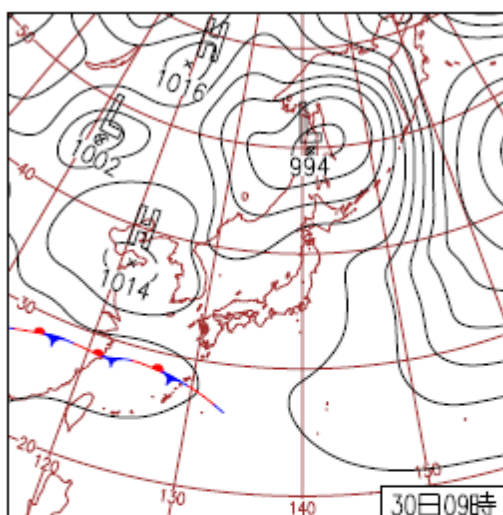
図 4-4-7-2 黄砂観測地点



28日(日)仙台市でサクラ開花
日本海と日本の南岸を低気圧が進み、全国的に雨。西日本太平洋側では非常に激しい雨を観測し、1時間降水量が3月1位の所も。北海道では12か所で最高気温が3月の1位を記録。

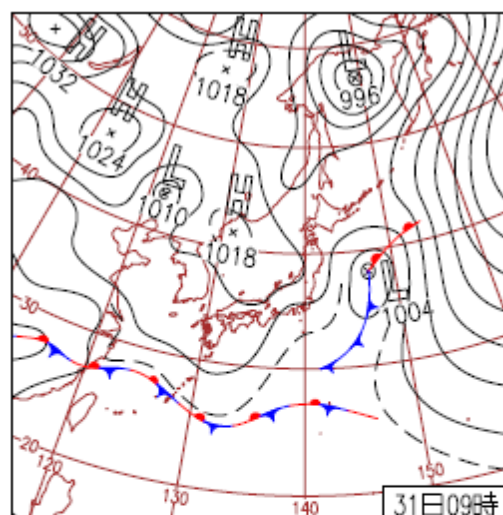


29日(月)西～北日本で黄砂観測
北海道と沖縄で曇りの他は、概ね晴れ。北日本で7月並に気温上昇した所も。中国東北区付近を東進する低気圧を回り、黄砂が日本付近に飛来。西日本～北日本の広い範囲で観測。



30日(火) 東京で黄砂観測

日本付近は気圧の谷となり、全国的に雲が多く九州南部や沖縄では雨。東京を含む西～北日本の広い範囲で黄砂を観測。東京での観測は2011年5月3日以来10年ぶり。



31日(水) 黄砂続く

日本海の高気圧に覆われ、西日本～北日本は概ね晴れ。停滞する前線の影響で沖縄・奄美は曇り。西日本～北日本で黄砂を観測。沖縄県西表島の最高気温29.7℃は3月の記録更新。

図 4-4-7-3 天気図

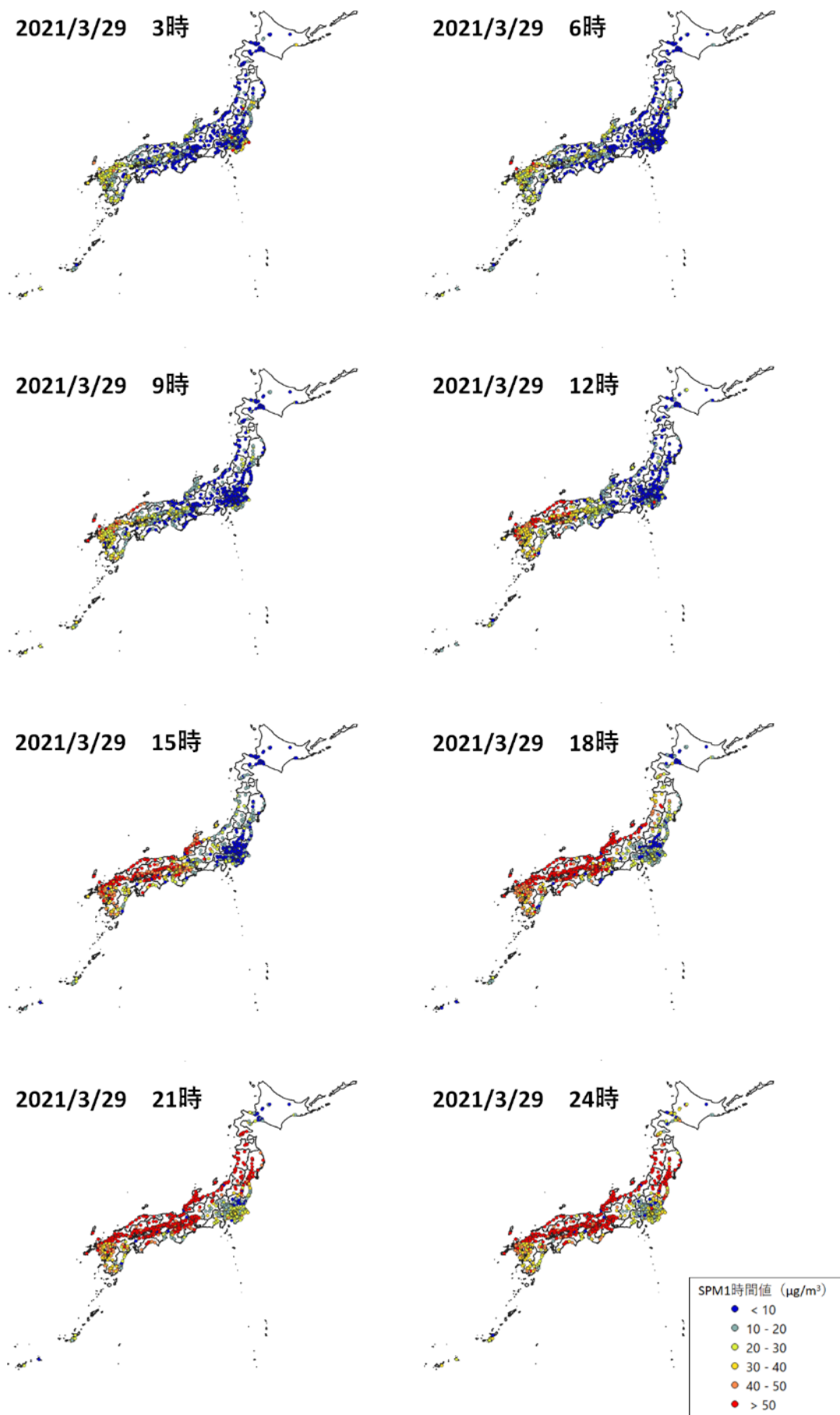


図 4-4-7-4 SPM1 時間値濃度全国分布(1) (2021 年 3 月 29 日)

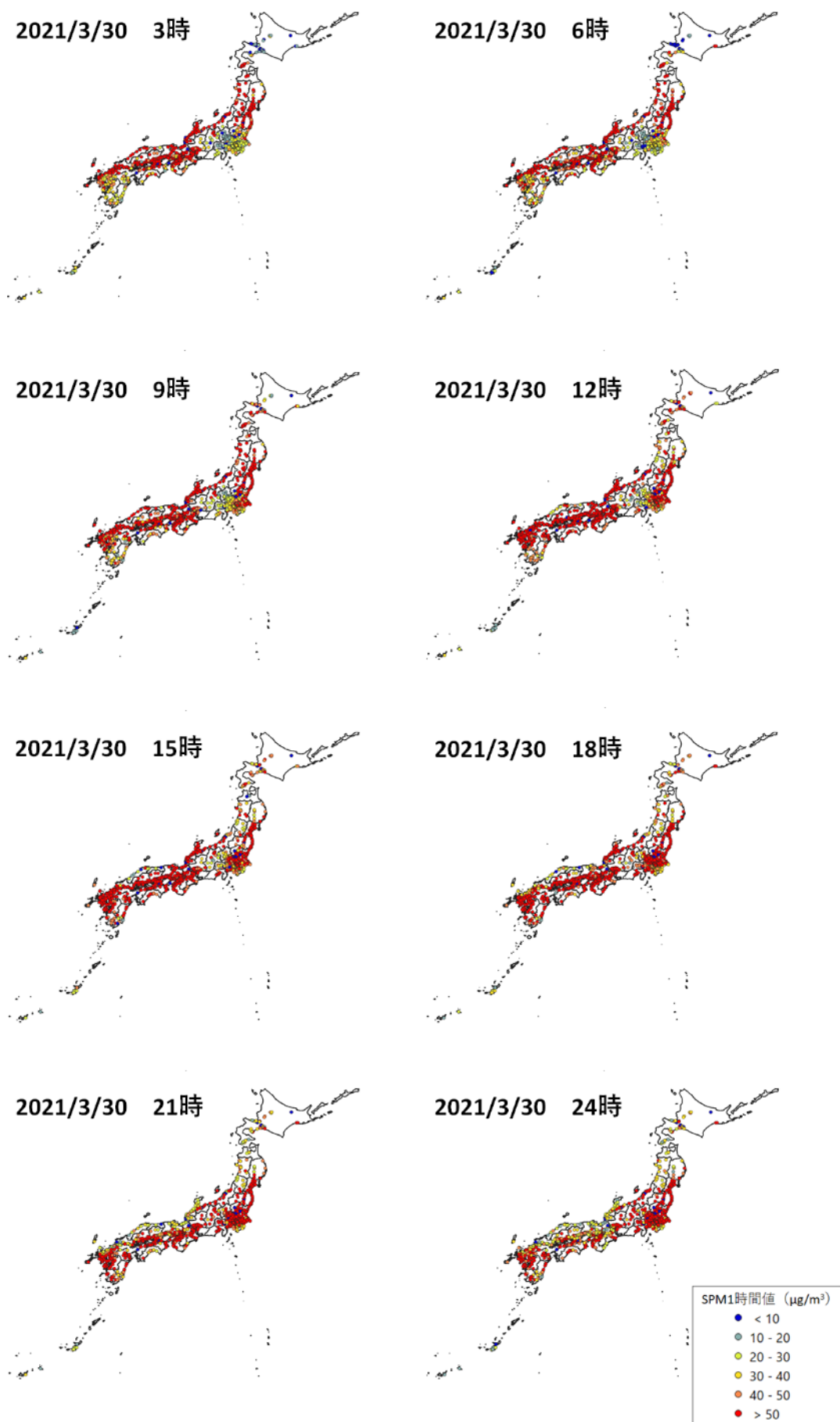


図 4-4-7-5 SPM1 時間値濃度全国分布(2) (2021 年 3 月 30 日)

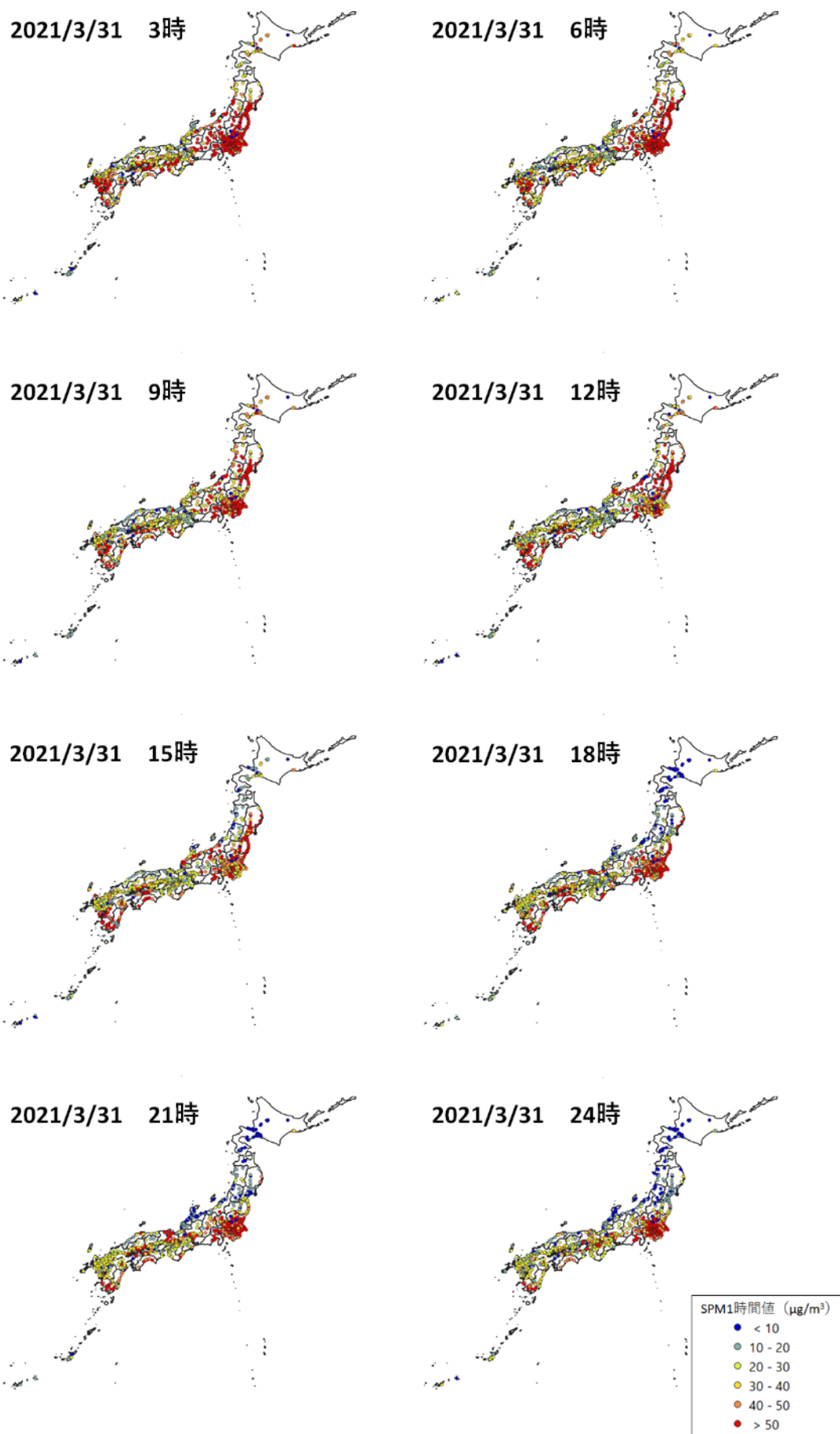


図 4-4-7-6 SPM1 時間値濃度全国分布(3) (2021 年 3 月 31 日)

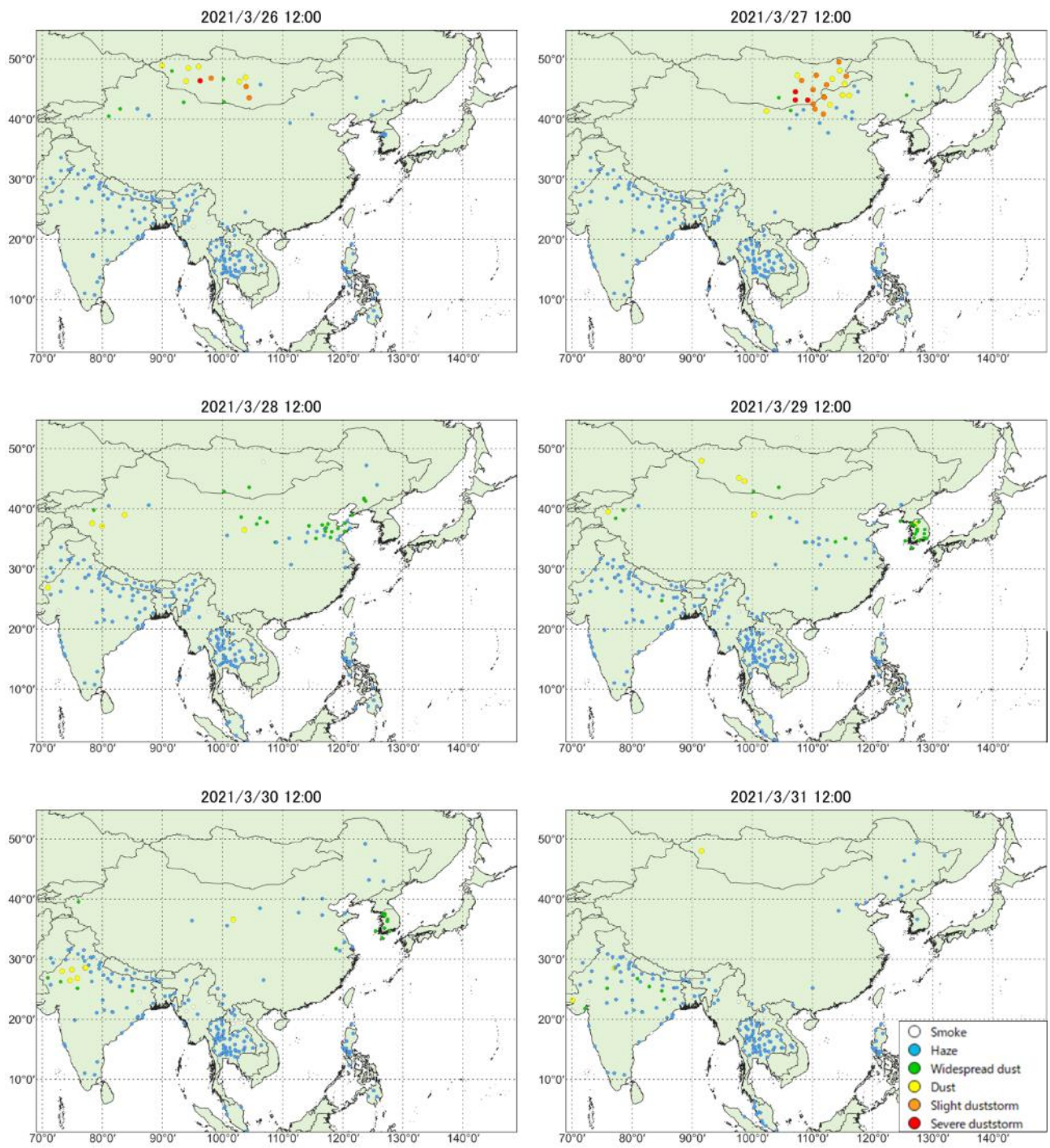


图 4-4-7-7 砂塵嵐発生状況

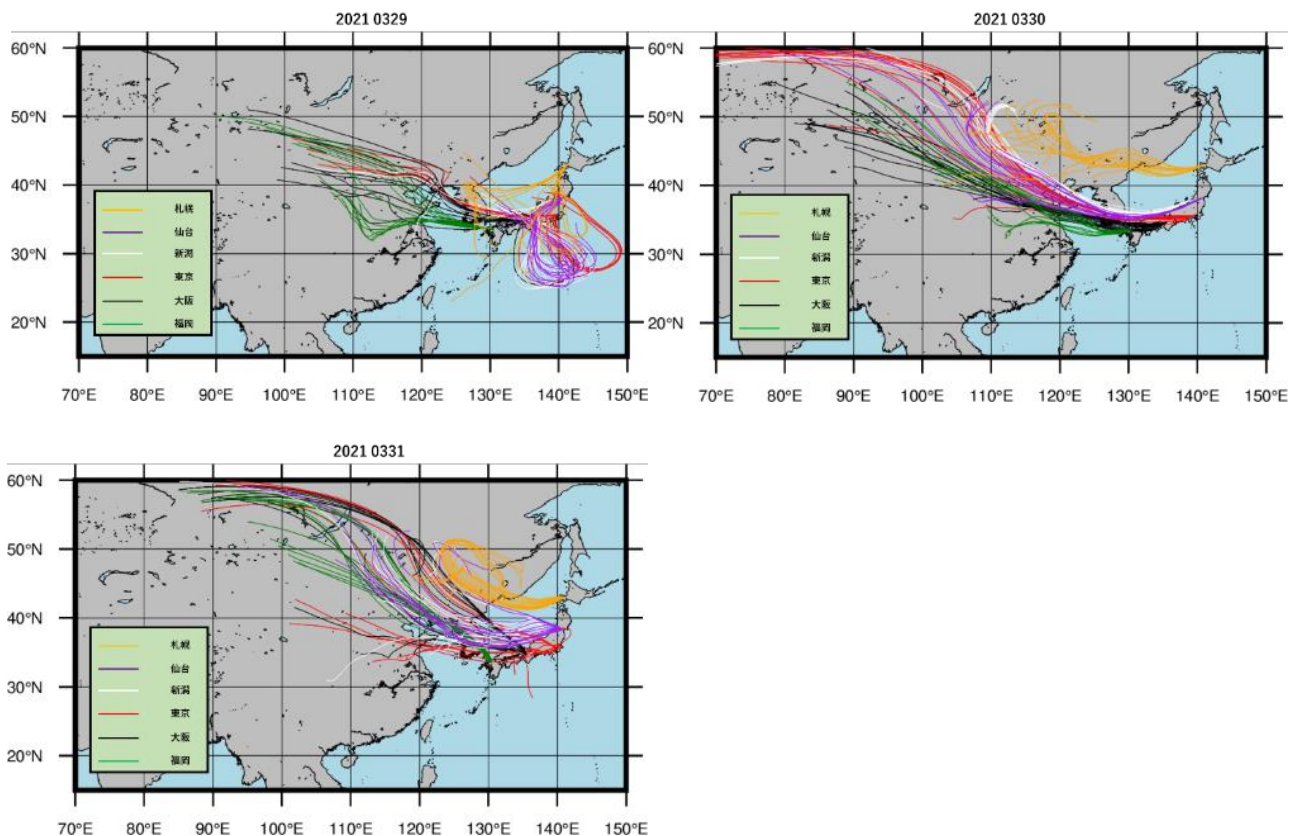
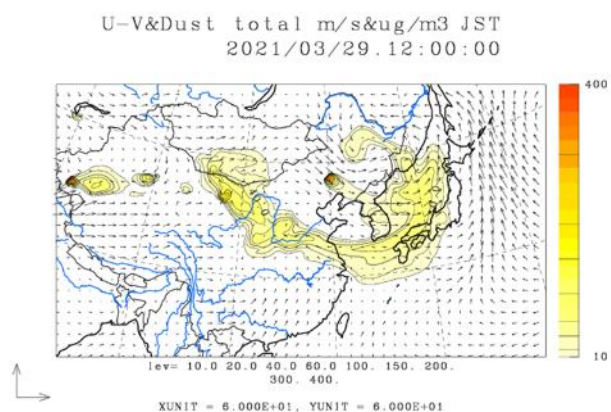
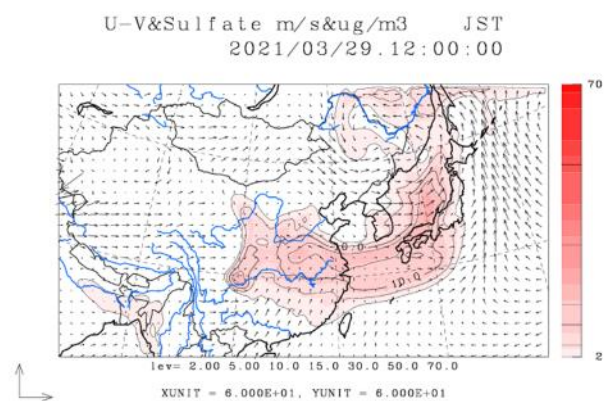


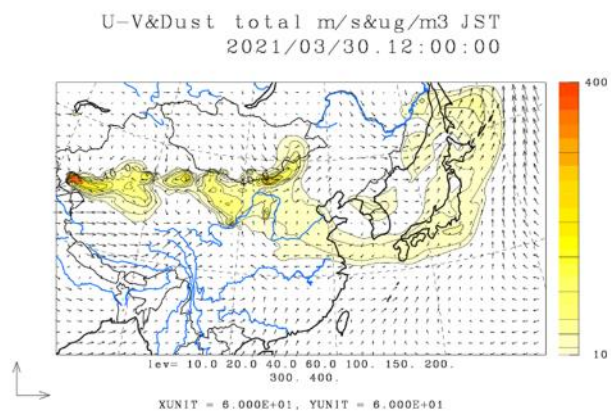
図 4-4-7-8 後方流跡線 (72 時間前より)



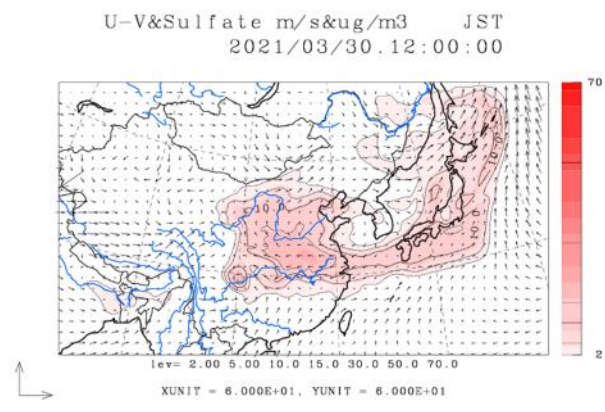
©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)



©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)

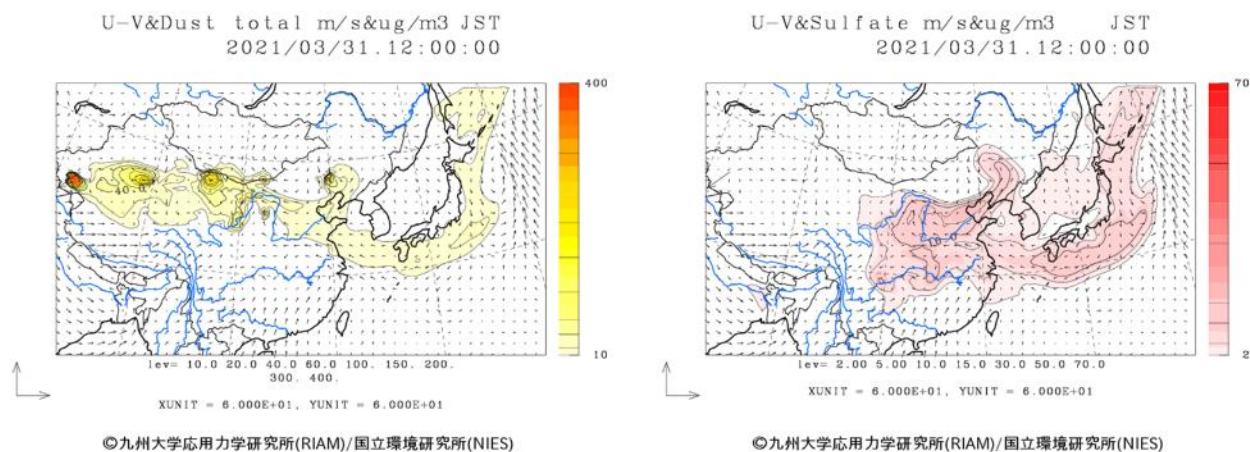
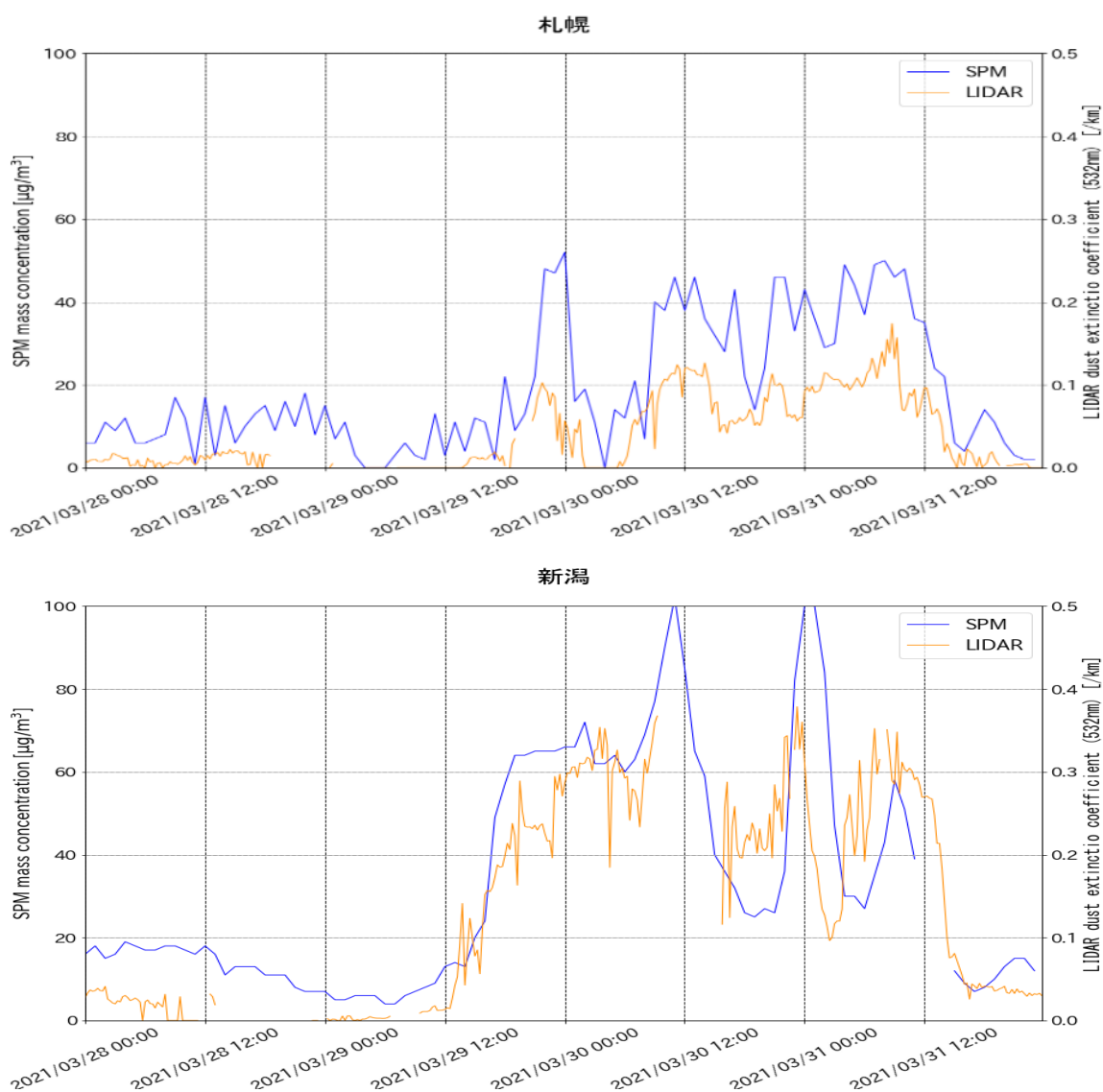
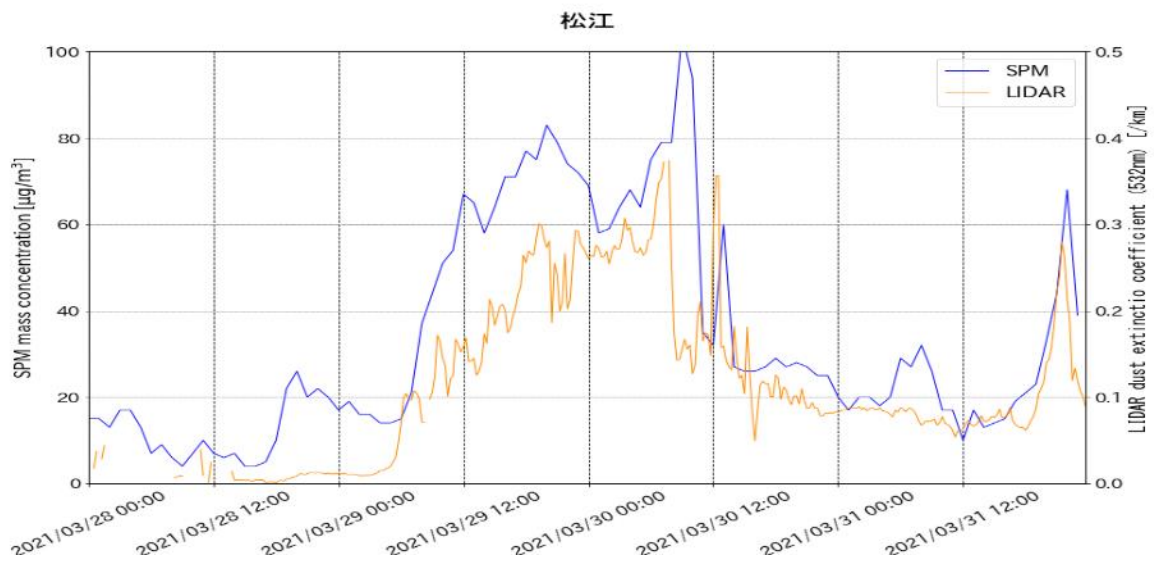
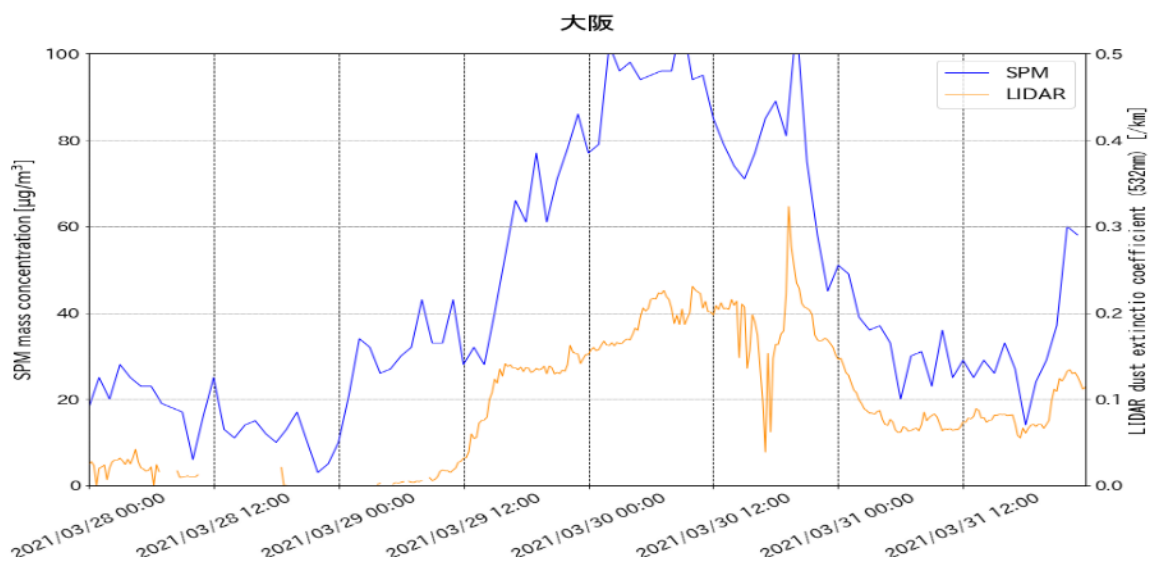
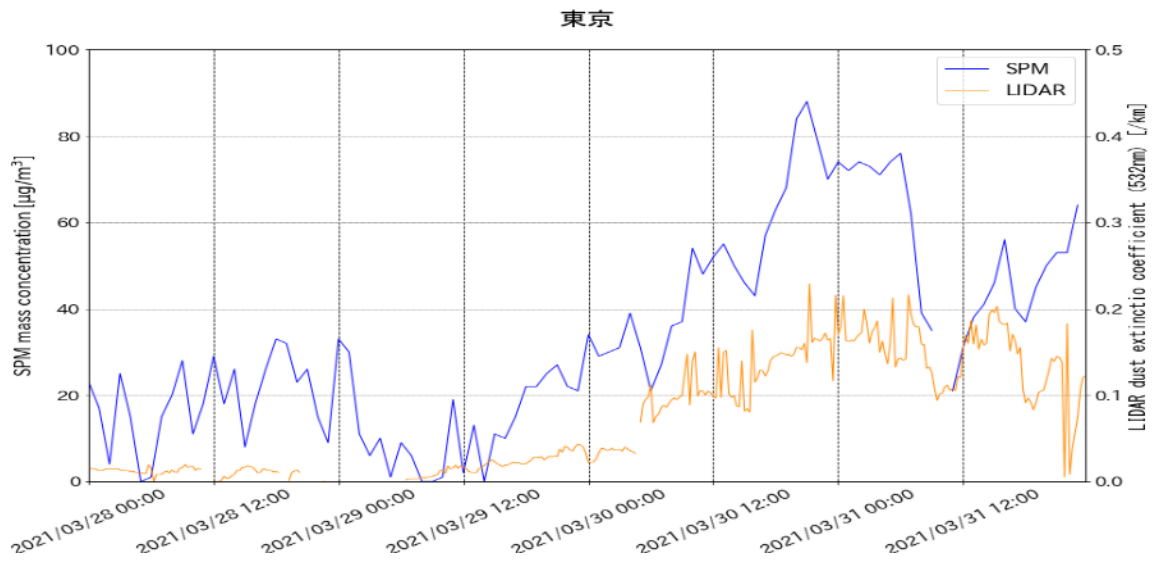


図 4-4-7-9 CFORS(dust (左図) - sulfate (右図))予測結果





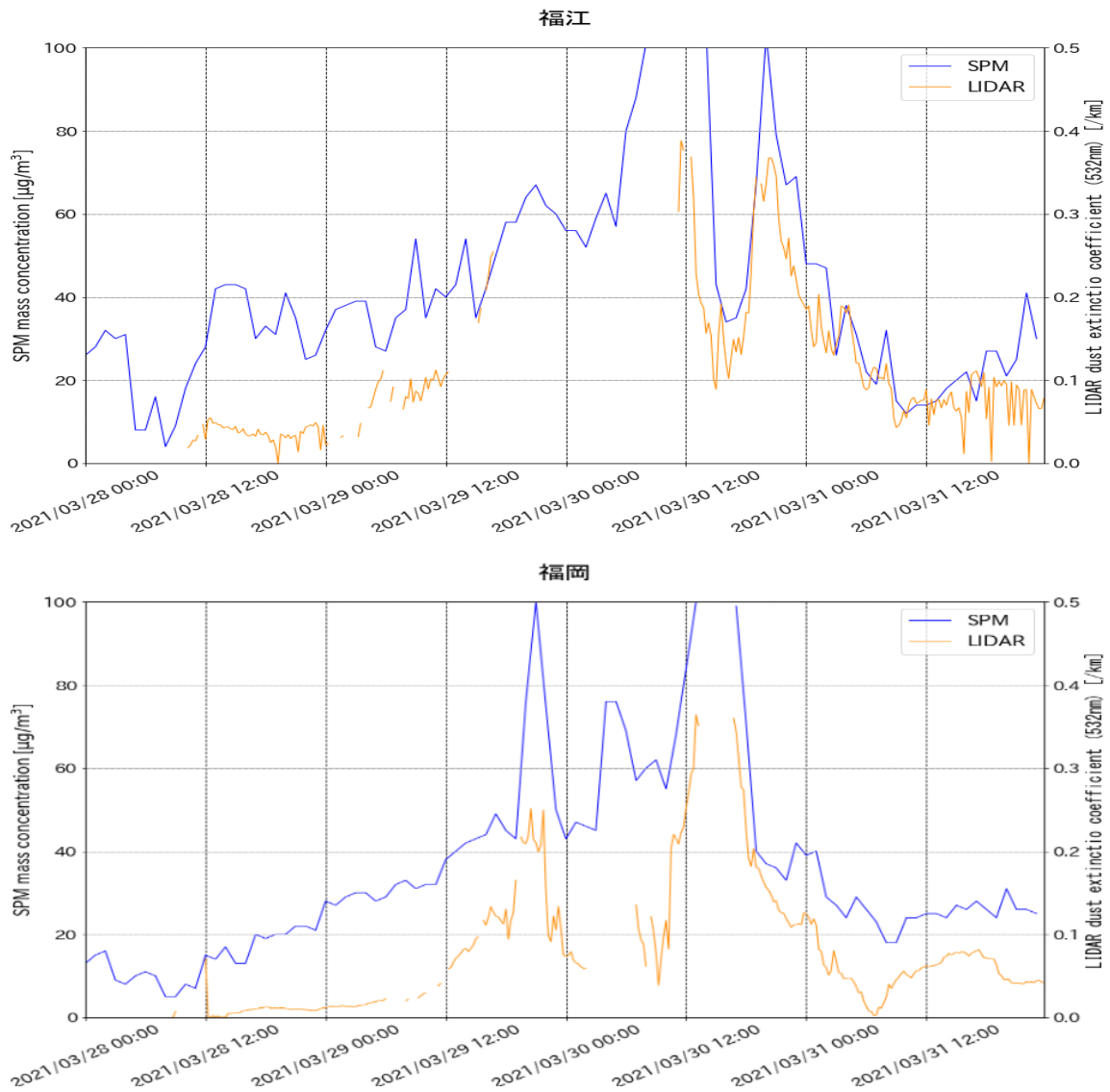


図 4-4-7-10 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (札幌・新潟・東京・大阪・松江・福江・福岡)

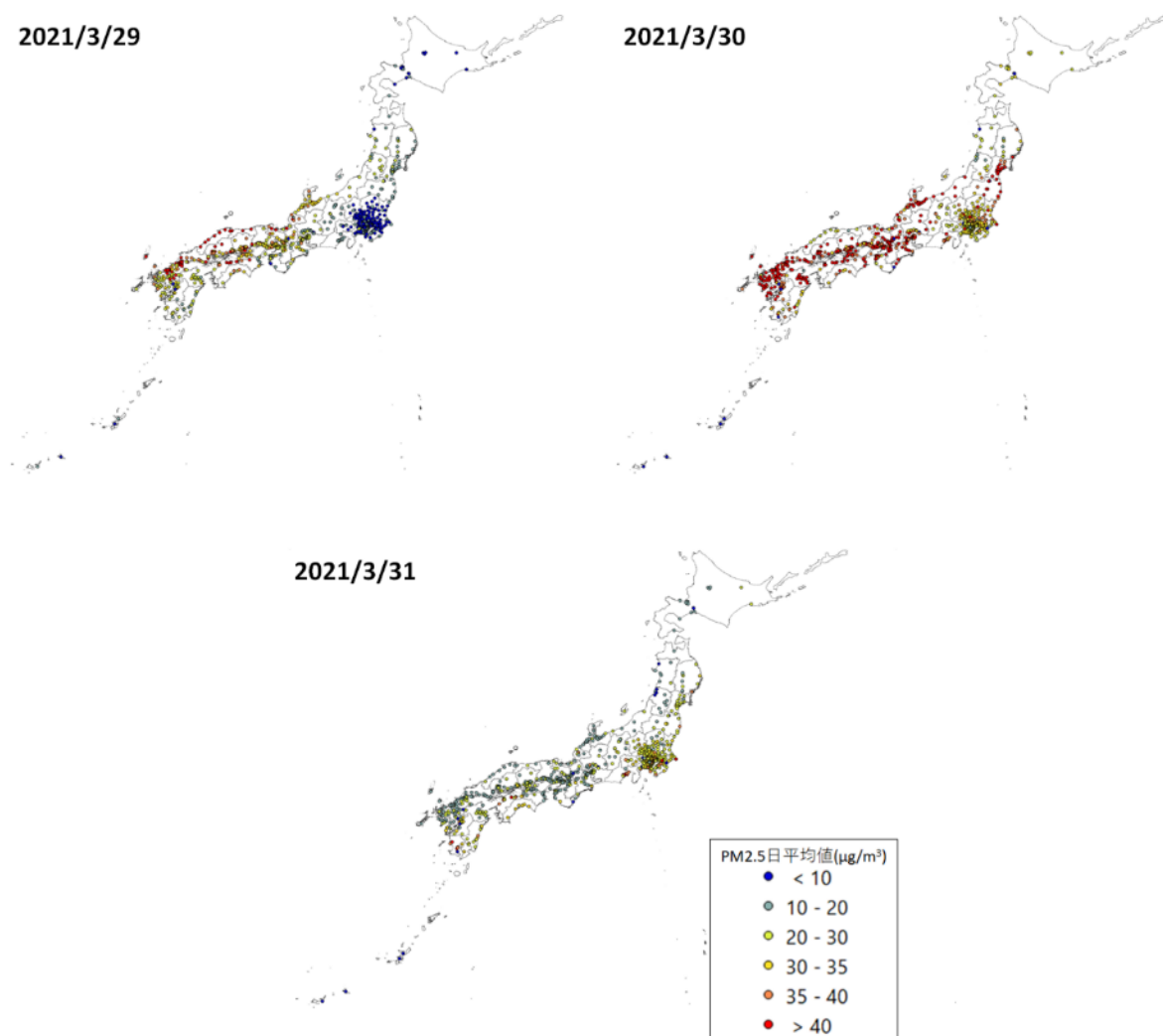


图 4-4-7- 11 PM2.5 日平均值/全国分布

2021/3/29

2021/3/30

2021/3/31

PM2.5/SPM
 ● < 0.3
 ● 0.3 - 0.5
 ● 0.5 - 0.7
 ● 0.7 - 0.9
 ● > 0.9

図 4-4-7-12 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布

表 4-4-7-2 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
2021/3/29	8402010	茨城県	7.06	24.47	0.29
	12208010	千葉県	8.65	32.06	0.27
	30203010	和歌山県	1.88	46.82	0.04
	47206020	沖縄県	7.06	24.47	0.29
2021/3/30	11214510	埼玉県	15.06	74.71	0.20
	30301030	和歌山県	7.53	75.82	0.10
	44341020	大分県	19.29	69.94	0.28
	47201140	沖縄県	8.59	28.88	0.30
2021/3/31	8541010	茨城県	19.29	67.47	0.29
	47207020	沖縄県	5.00	16.71	0.30

※PM2.5 環境基準：1 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること

SPM 環境基準：1 時間値の 1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること

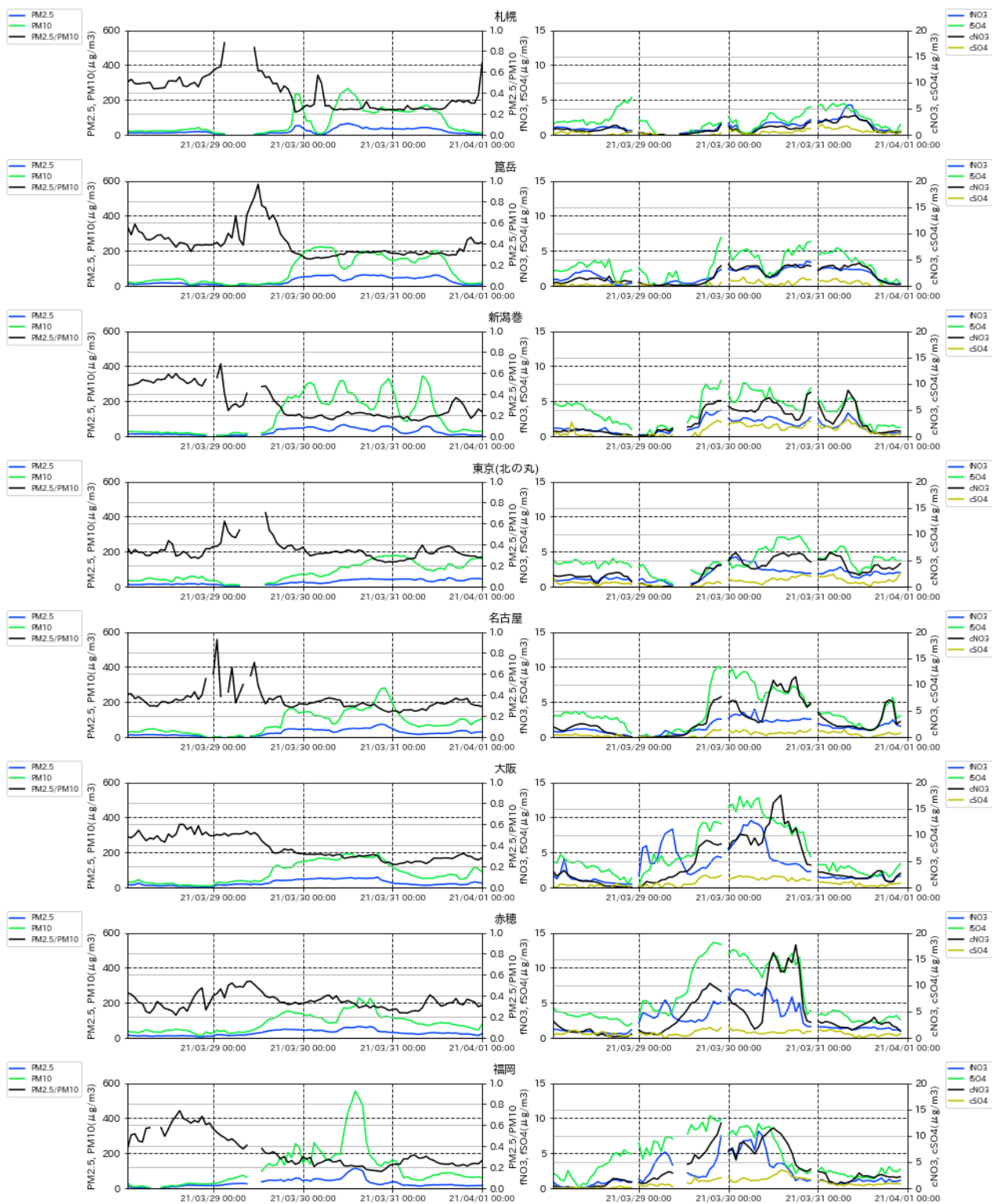


図 4-4-7-13 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

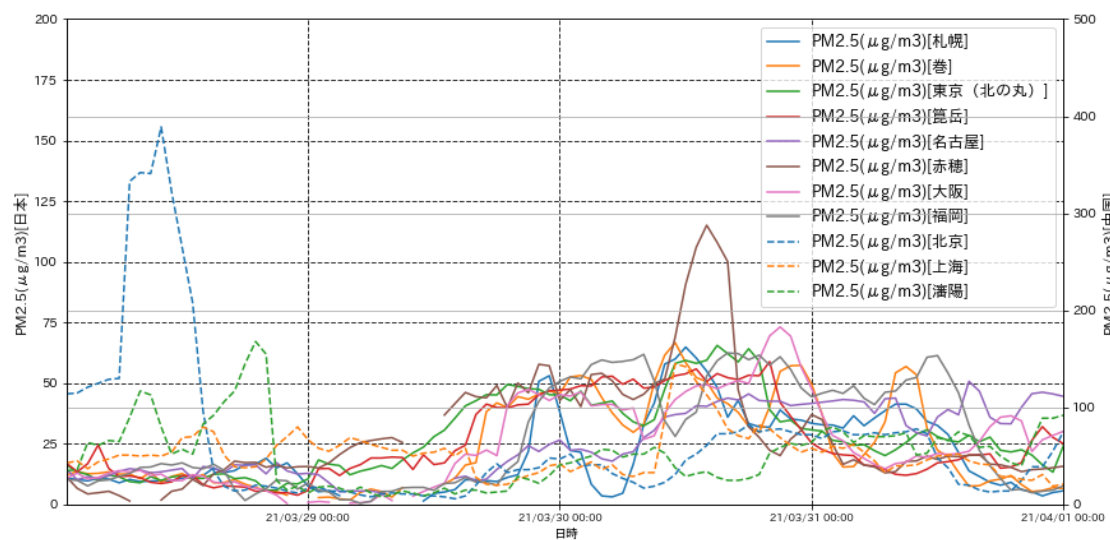
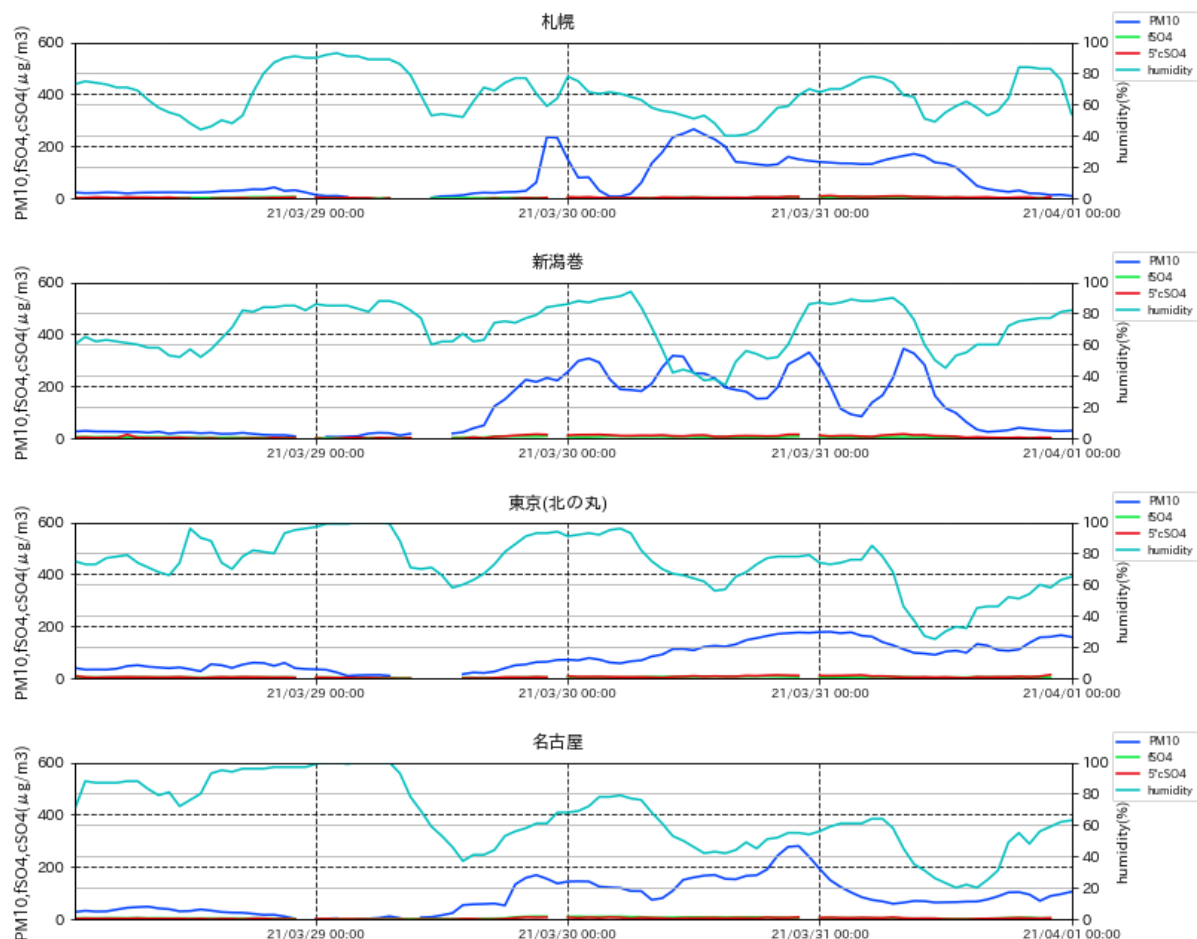


図 4-4-7-14 日本と中国での PM2.5 濃度



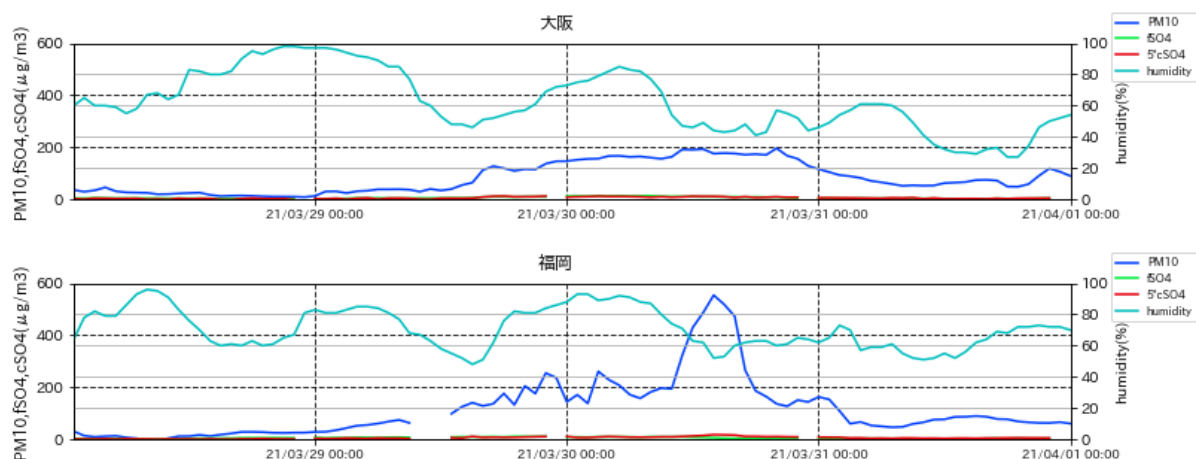


図 4-4-7-15 PM10、fSO₄²⁻、cSO₄²⁻、湿度の経時変化。fSO₄²⁻、cSO₄²⁻は値を 5 倍にしてある。

4.5 黄砂事例 7 (2021 年 3 月 29 日～3 月 31 日) に関する詳細解析

2020 年度の黄砂事例 7 は近年では非常に規模の大きな黄砂事例であったため、ここではさらに詳細な解析を行った。

図 4-5-1 は東京におけるライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化を示す。通常、大陸からの SPM などは関東地方において日本アルプスにおける標高の高い山脈などにより移流がさえぎられるため高濃度にはなりにくい。しかし、図 4-5-1 における SPM 濃度は 3 月 29 日正午過ぎから上昇し始め、3 月 30 日のピークが 80μg/m³ 以上となっている。また、図 4-5-2 は湿度の経時変化を示すが 3 月 29 日や 30 日の夜間に 100%に近い値をとるなど湿度が非常に高くなっている。このことより事例 7 において関東には SPM 高濃度の湿った空気が流れ込んだ可能性がある。すなわち大陸から太平洋に気流が吹き出し、再び、日本に戻ってくる移流があったことを示唆している。

このことを調べるために図 4-5-3 に黄砂事例 7 における後方流跡線の日本付近の拡大図で関東の 3 地点（筑波、東京、千葉）からの後方流跡線を示した。3 月 29 日に 3 地点全てで大陸からの後方流跡線が南東北を通り太平洋に抜け、その後、関東に戻ってきている様子が見て取れる。後方流跡線のデータを見るとこの状況は 3 月 29 日 0:00 以降、7:00 頃まで継続していた。

上記より事例 7 において関東（東京）で SPM が高い値となっているのは、大陸からの黄砂を含む空気塊が太平洋を抜けて日本に戻ってきた結果であることを示唆している。

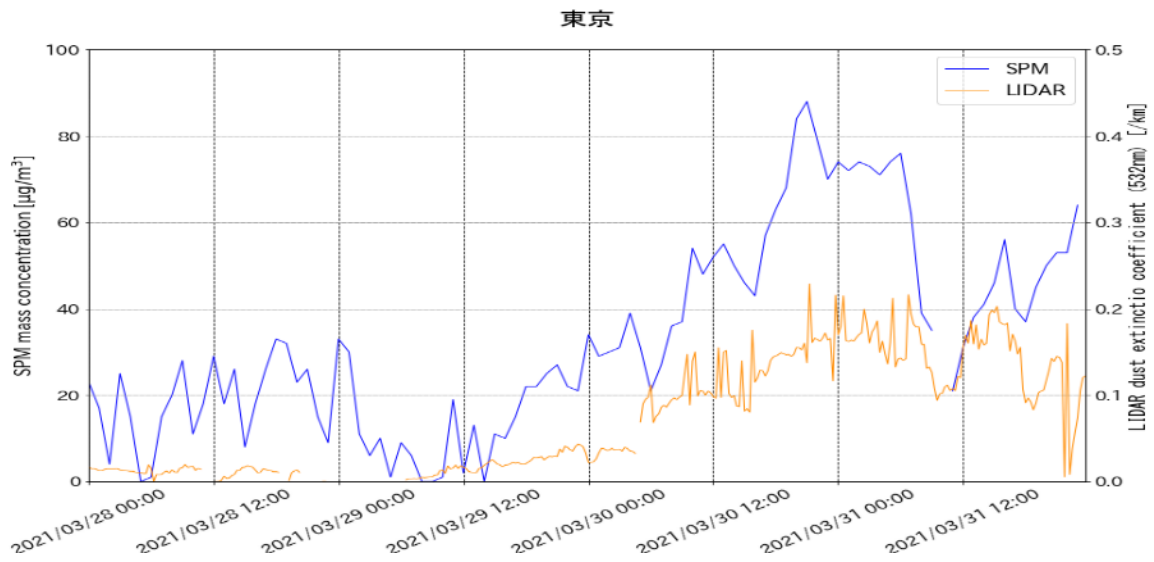


図 4-5-1 ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化（東京）

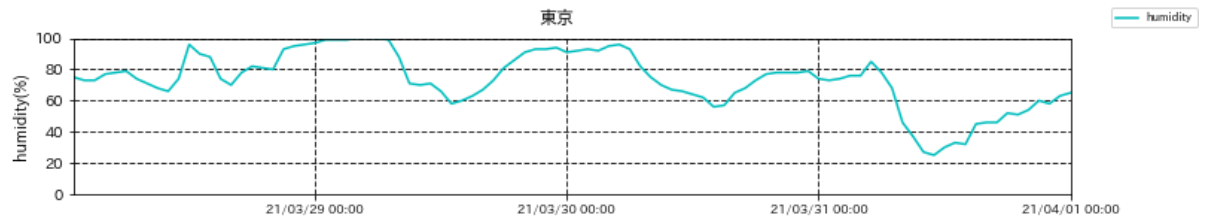


図 4-5-2 湿度の経時変化。

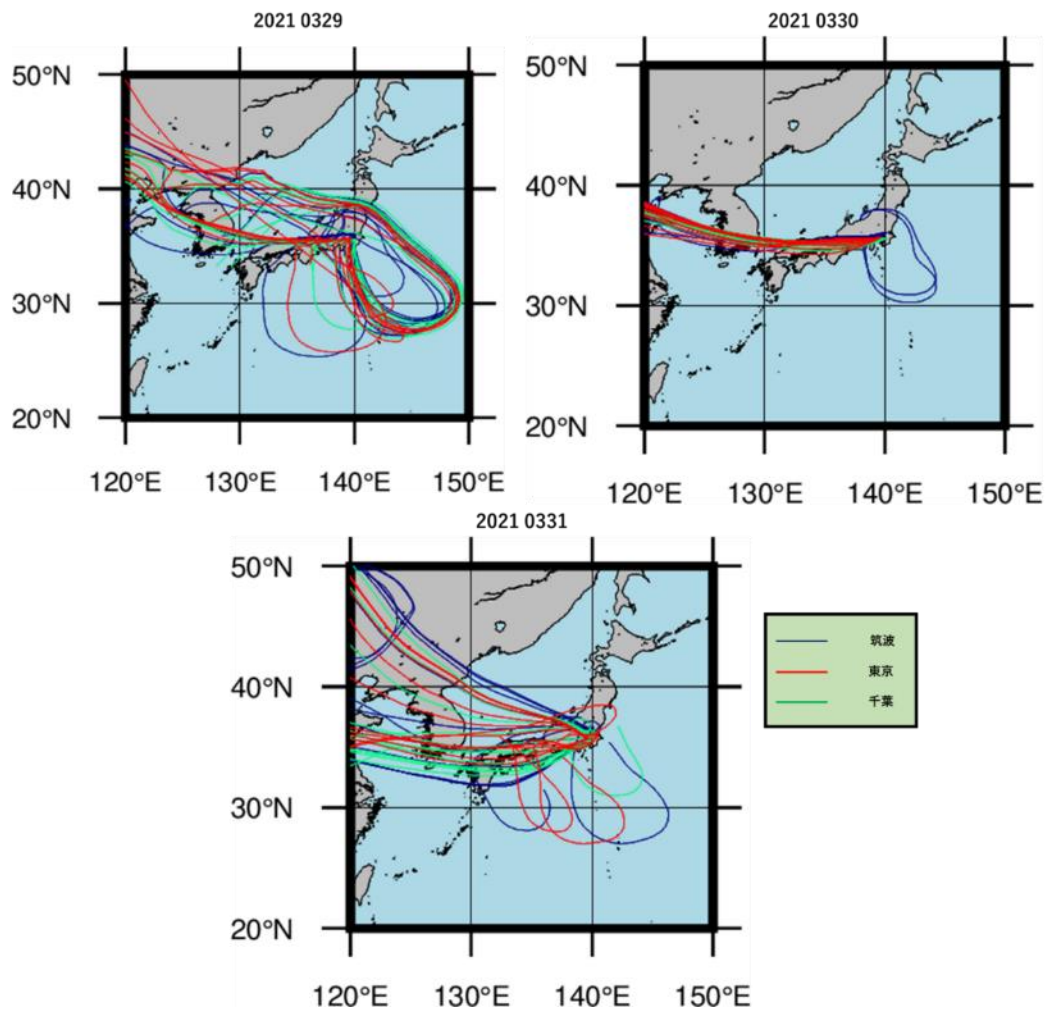


図 4-5-3 黄砂事例 7 における後方流跡線（72 時間前より）の日本付近の拡大図。関東の 3 地点からの後方流跡線を示している。また、各地点、各黄砂観測日の 0:00 から 12:00 までの 1 時間ごと 13 時間分の、起点からさかのぼるデータを作図に利用した。これにより、ある黄砂観測日のある地点からは、13 の後方流跡線が作図される。出発高度は、SPM 濃度との関連を評価するため地表面に近い 1500m とした。

5 2020 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。気象庁での煙霧の定義は、「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」としている。ここでの煙霧観測事例としては、上記定義に従い、2020 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中心に決定した。

(2) 解析項目

解析項目は黄砂事例での解析項目の、(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 データである。