

(4) 黄砂事例 4 2019 年 10 月 30 日～11 月 2 日

本事例における黄砂の観測地点数は、表 4-4-4-1 に示すとおりである。10 月 30 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、10 月 31 日には大阪、11 月 1 日、2 日には福岡と 1 地点となった事例である。

天気図(図 4-4-4-3) をみると、黄砂観測日の初日に北海道北岸沖と本州東岸沖に、10 月 31 日にはその前線は消滅しているが 11 月 1 日には再び北海道北岸沖に現れている。

この期間 SPM の 3 時間ごとの全国分布は、10 月 30 日 3 時に九州北部で $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点が多く見られ、12 時頃から瀬戸内の地域へと東方に広がりその後、九州では濃度は減少するが、10 月 31 日 21 時には高い濃度が関東地方まで輸送されているように見える。その後、九州で低濃度になっていた地点が 11 月 1 日 12 時頃から再び高濃度に転じ、15 時には日本海側へ、また、上 10 月 30 日と同様の輸送経路で 15 時には瀬戸内地域から関東までを東方に広がり高濃度の SPM が輸送されているように見える(図 4-4-4-4)。その後、その広がりはいさくなるが、九州北部では 11 月 2 日 24 時頃まで高濃度の状態が継続している。

日本で黄砂が観測される前の大陸の状況をみると(図 4-4-4-5)、10 月 27 日に黄土地帯周辺において Dust、Slight Duststorm が、28 日にはモンゴル西部で Severe 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している(図 4-4-4-6)。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を中心に影響を及ぼしている様子を示す(例えば 10 月 30 日 や 11 月 1 日)(図 4-4-4-7)。

ライダー黄砂消散係数は、10 月 30 日に黄砂が観測された大阪、および観測された 4 地点に近い松江において上昇している様子が見られる。また、福岡において黄砂が観測された 11 月 1 日に、松江においてライダー黄砂消散係数は上昇を始め、極値が出ている状況が見て取れ、10 月 30 日と 2 つの極値を取っていることが分かる(図 4-4-4-8)。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、それぞれが同期している様子が見られる。また、PM_{2.5} 濃度の日平均値(図 4-4-4-9) は 11 月 2 日の九州北部で高い値を示している。

図 4-4-4-10 に PM_{2.5}/SPM 比の全国分布を示すが、全国的に比の値が小さい例が見られる。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 4-4-4-2 にまとめた。10 月 30 日は計 5 地点、10 月 31 日は計 2 地点、11 月 1 日は計 2 地点、11 月 2 日は計 19 地点が 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、PM_{2.5} 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、10 月 29 日から大阪、赤穂で、11 月 1 日に福岡、五島で fSO_4^{2-} の上昇が始まっているが $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の値を示した程度である(図 4-4-4-11)。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、瀋陽、上海での PM_{2.5} 濃度の 1 時間値がそれぞれ $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と比較的低い値を示していた(図 4-4-4-12)。

また、図 4-4-4-13 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名古屋、大阪、赤穂の PM₁₀、 fSO_4^{2-} のピークは湿度のピークと一致していないが、黄砂の観測された日で湿度は低くなる傾向であるように見える(図 3-3-1-13)。

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、関東にも影響を与えた可能性のある事例であった。

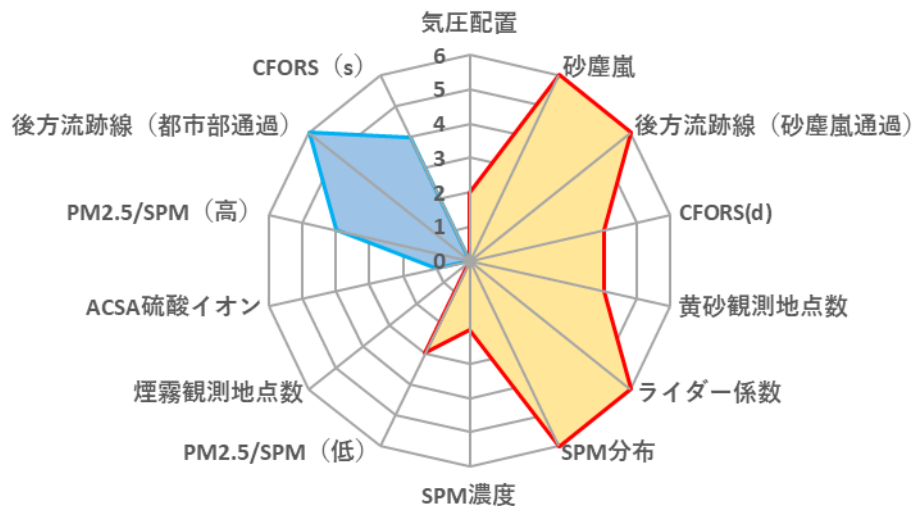


図 4-4-4-1 黄砂の特徴を示すレーダーチャート

表 4-4-4-1 黄砂観測地点

日付	地点数	観測地点名			
2019/10/30	4	名古屋	広島	大阪	高松
2019/10/31	1	大阪			
2019/11/01	1	福岡			
2019/11/02	1	福岡			

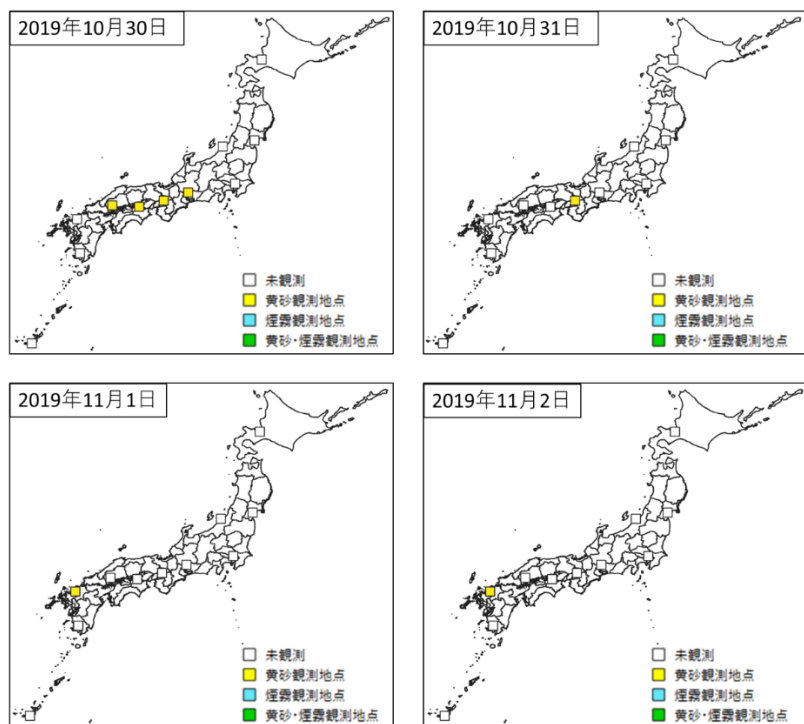


図 4-4-2 黄砂観測地点

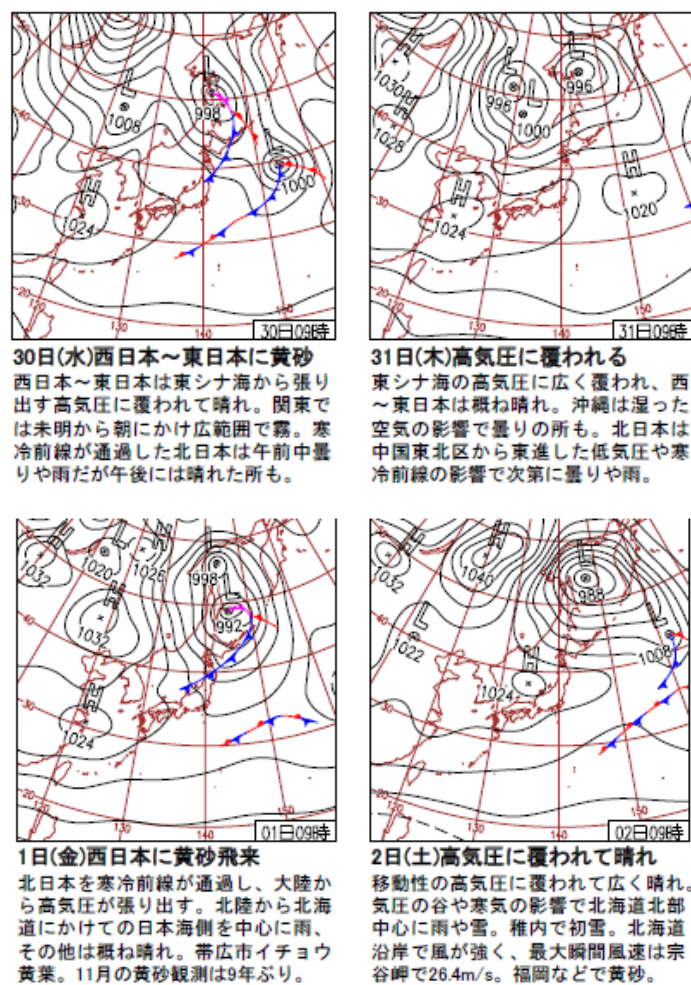


図 4-4-3 天気図

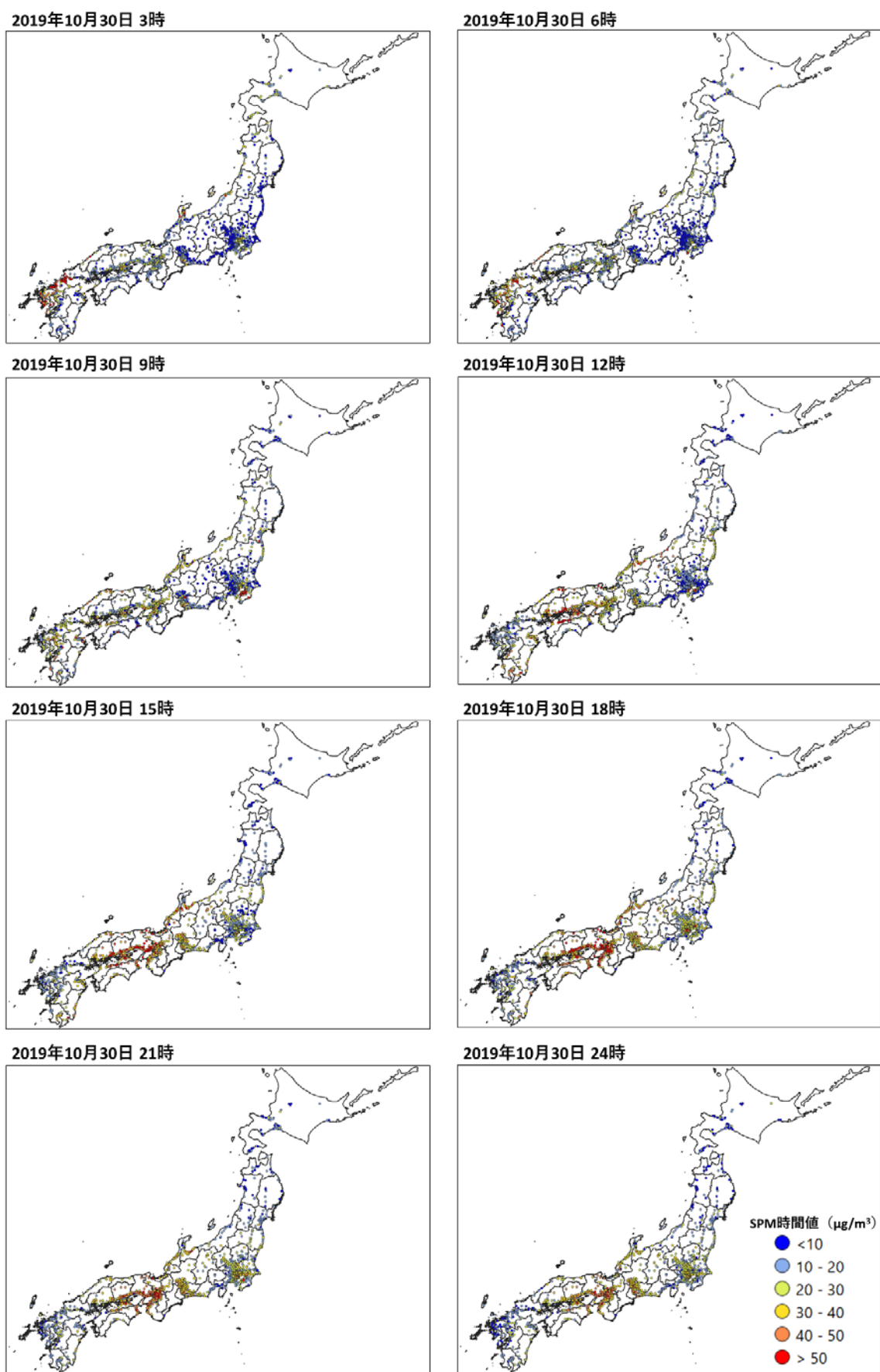
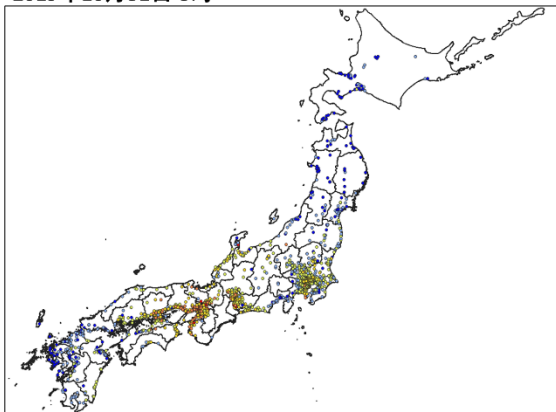
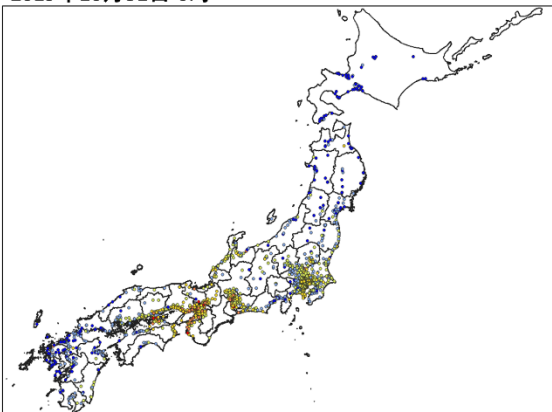


図 4-4-4- 4(1) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 10 月 30 日)

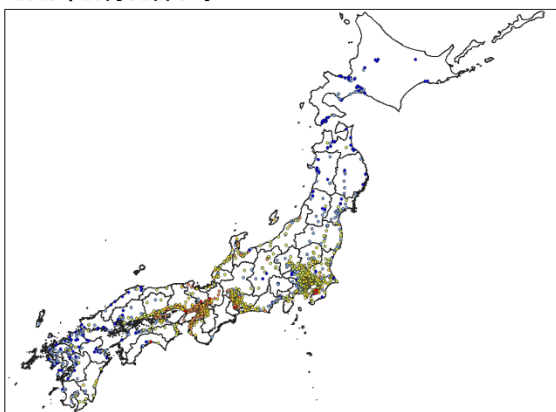
2019年10月31日 3時



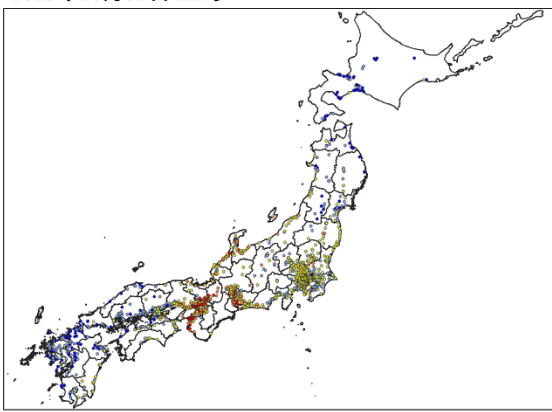
2019年10月31日 6時



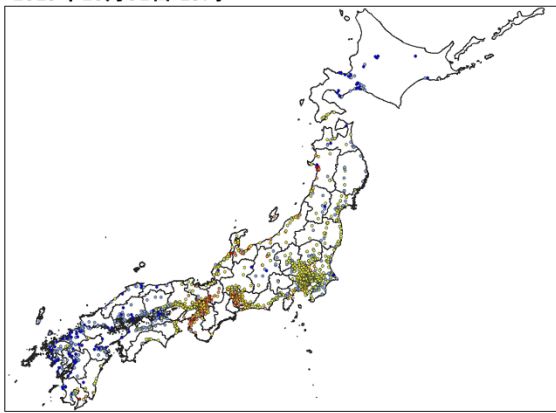
2019年10月31日 9時



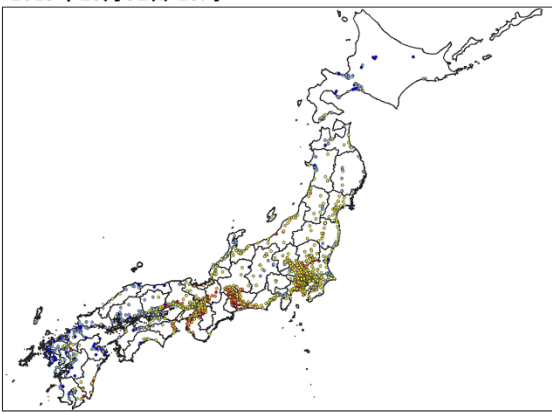
2019年10月31日 12時



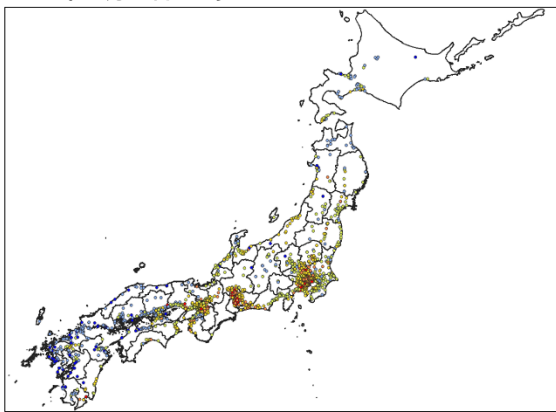
2019年10月31日 15時



2019年10月31日 18時



2019年10月31日 21時



2019年10月31日 24時

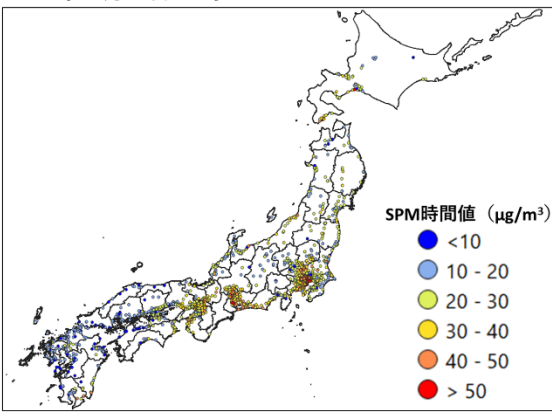
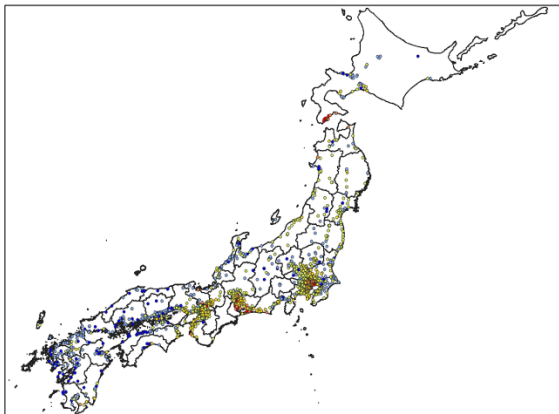
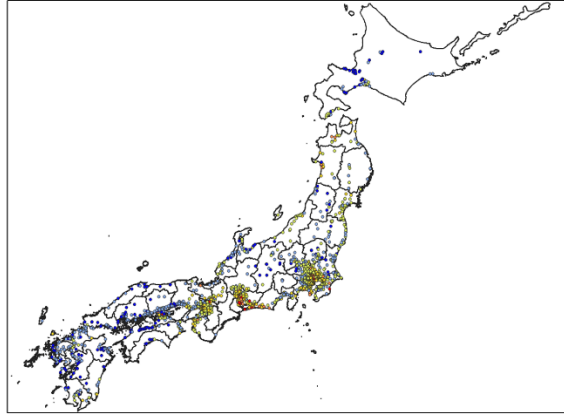


図 4-4-4- 4(2) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 10 月 31 日)

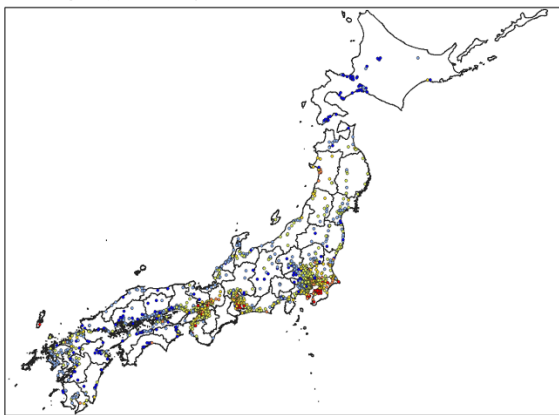
2019年11月1日 3時



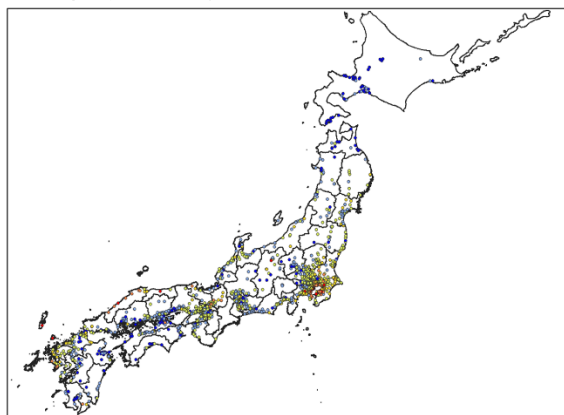
2019年11月1日 6時



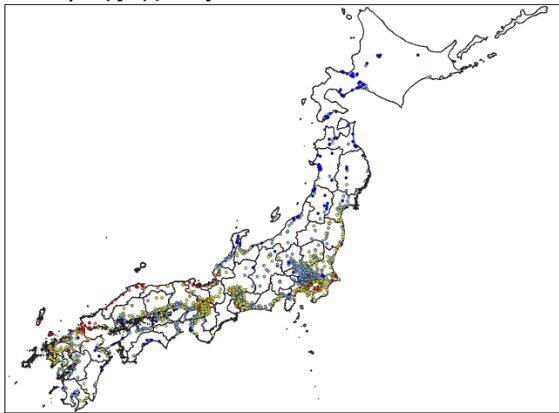
2019年11月1日 9時



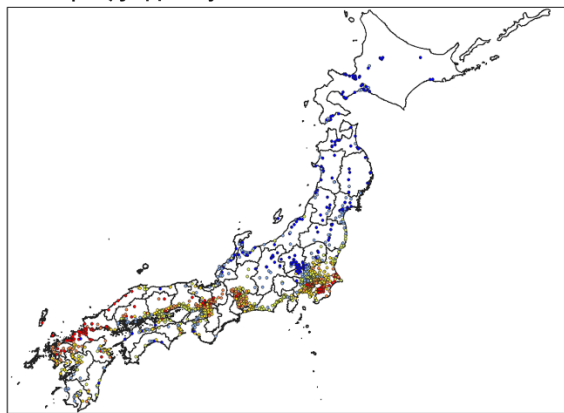
2019年11月1日 12時



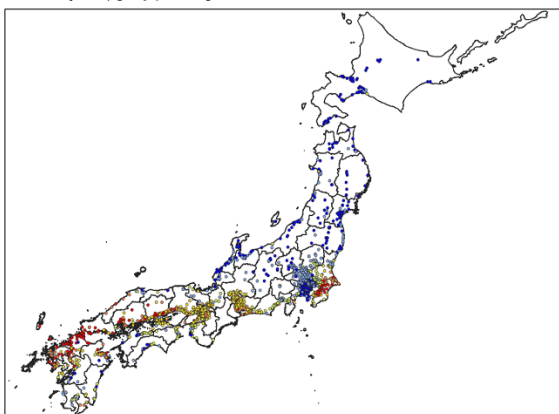
2019年11月1日 15時



2019年11月1日 18時



2019年11月1日 21時



2019年11月1日 24時

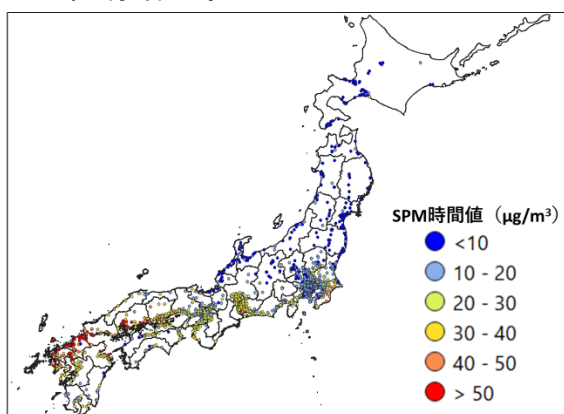
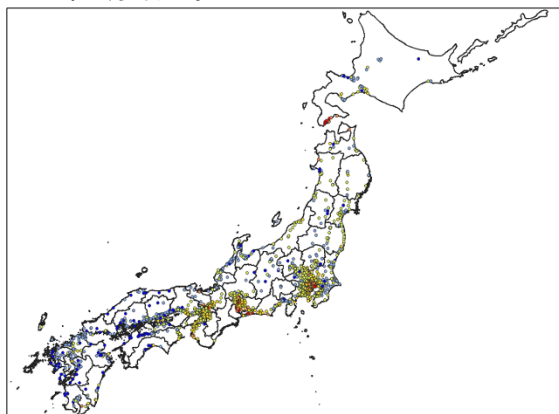
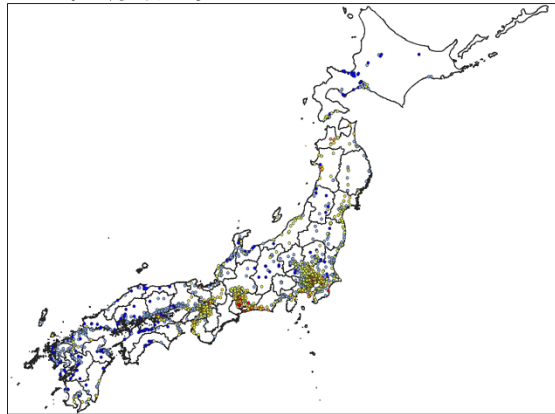


図 4-4-4- 4(3) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 11 月 1 日)

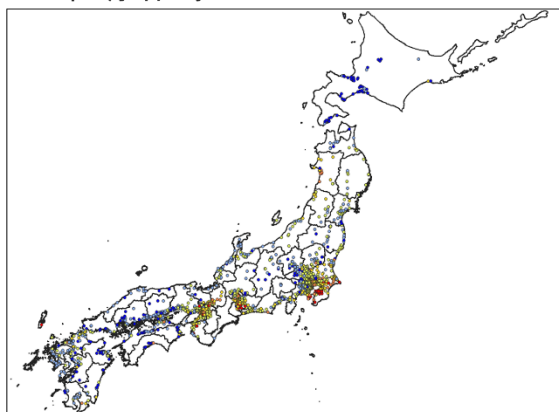
2019年11月2日 3時



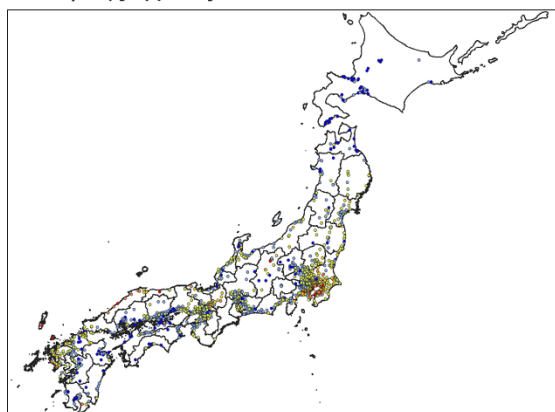
2019年11月2日 6時



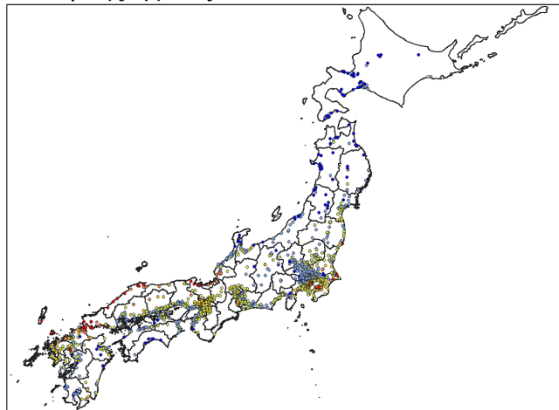
2019年11月2日 9時



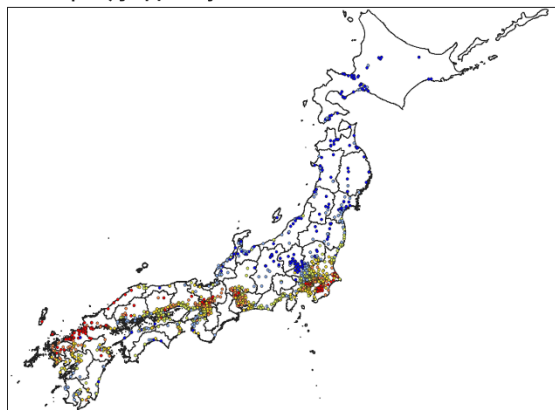
2019年11月2日 12時



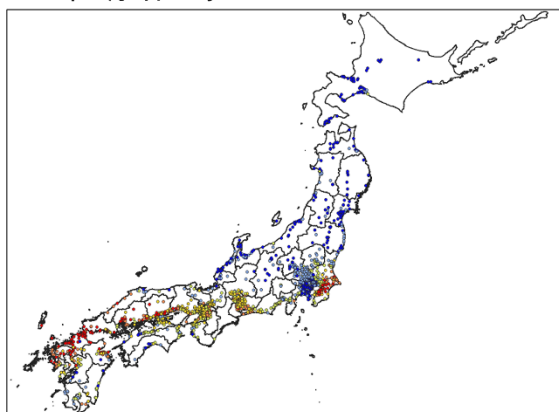
2019年11月2日 15時



2019年11月2日 18時



2019年11月2日 21時



2019年11月2日 24時

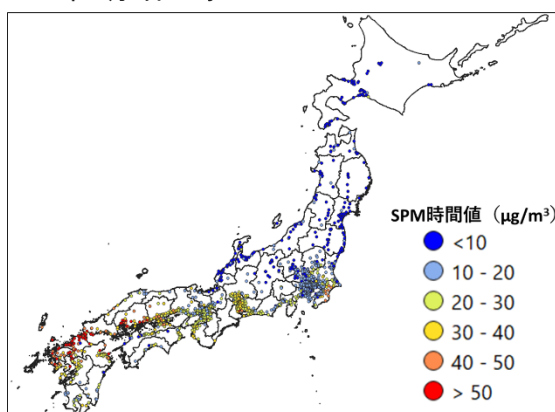


図 4-4-4- 4 (4) SPM1 時間値濃度全国分布 (2019 年 11 月 2 日)

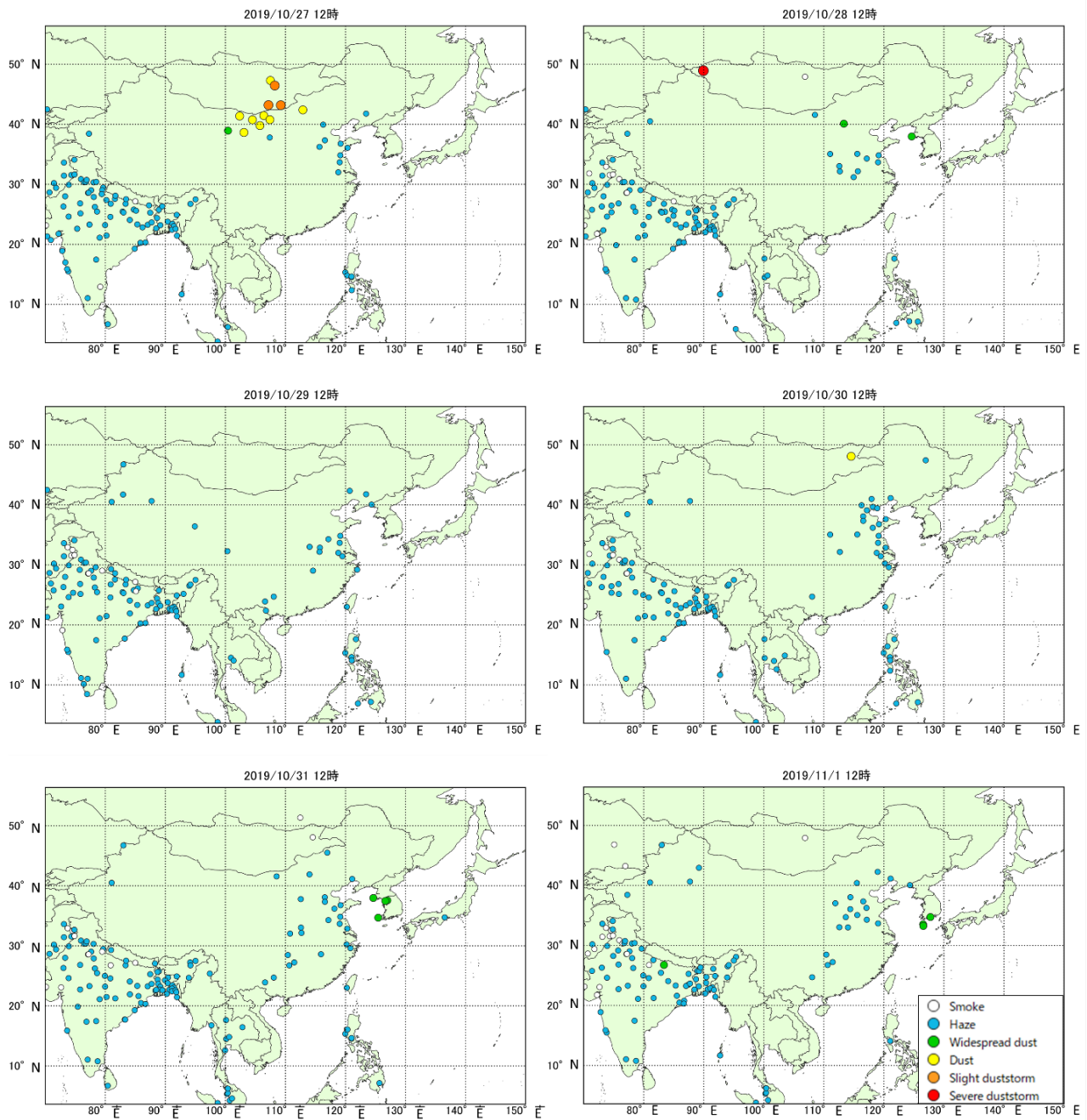


图 4-4-4-5 砂塵嵐発生状況

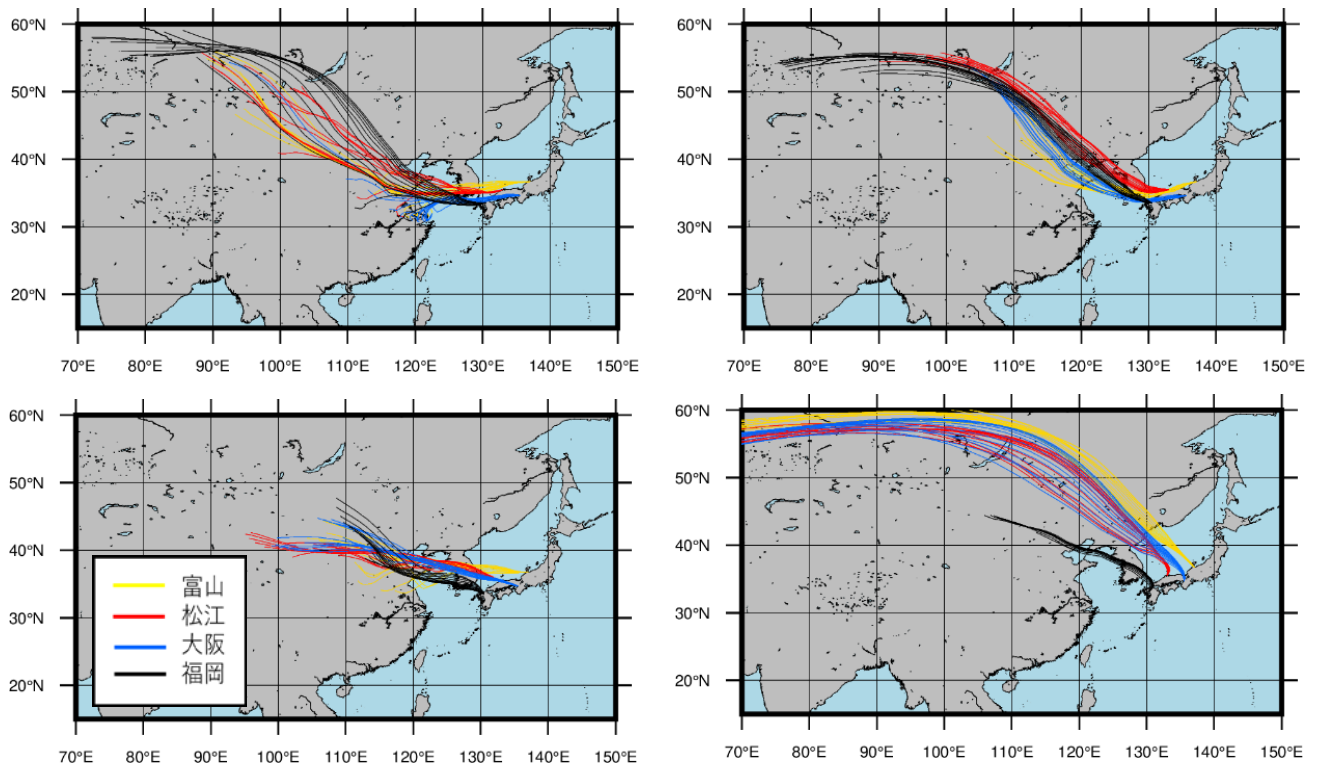


図 4-4-4-6 後方流跡線 (左上 : 10 月 30 日、右上 : 10 月 31 日、左下 : 11 月 1 日、右下 : 11 月 2 日、いずれも 72 時間前より)

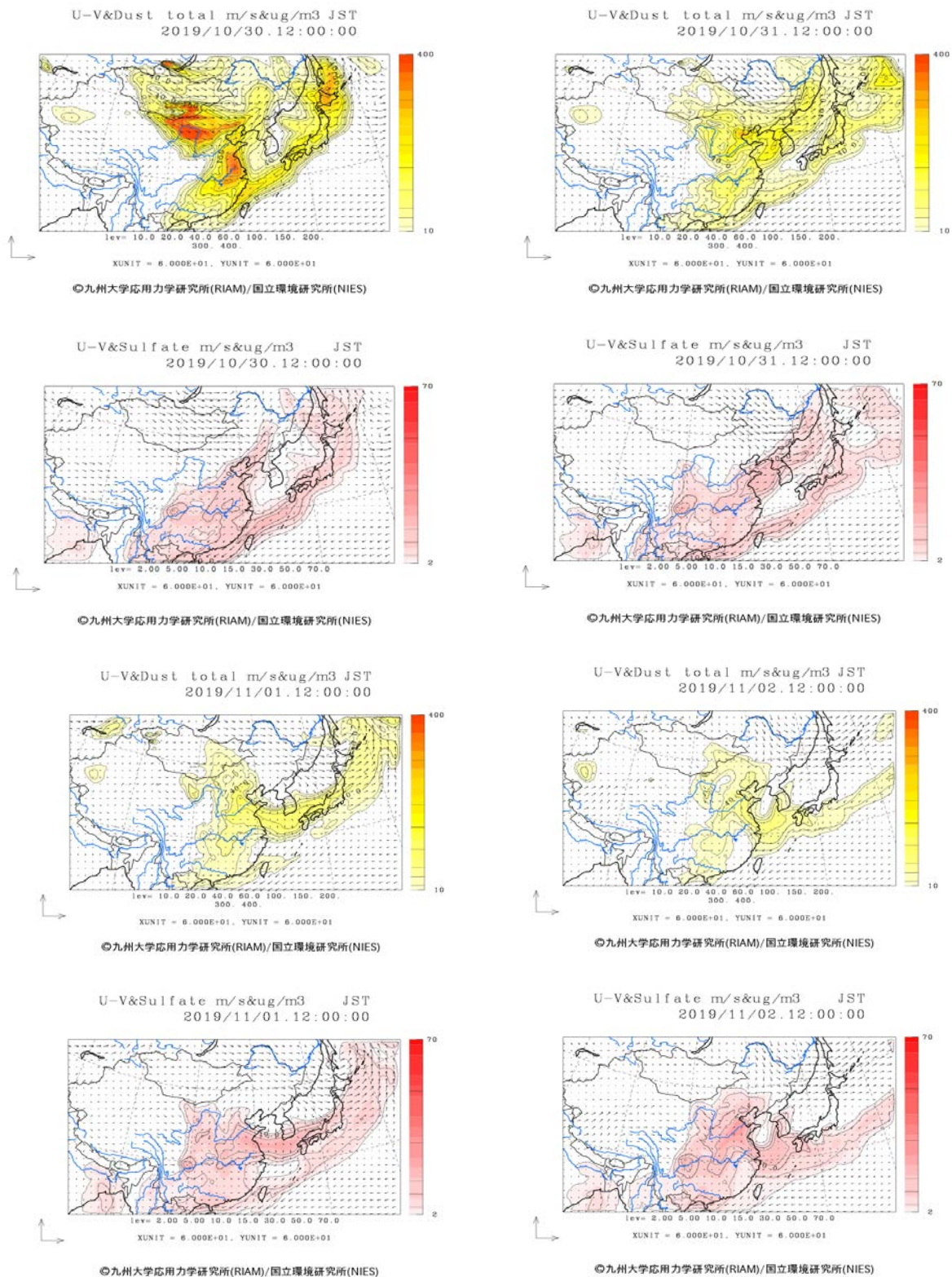


図 4-4-4-7 CFORS(dust (上図) – sulfate (下図))予測結果

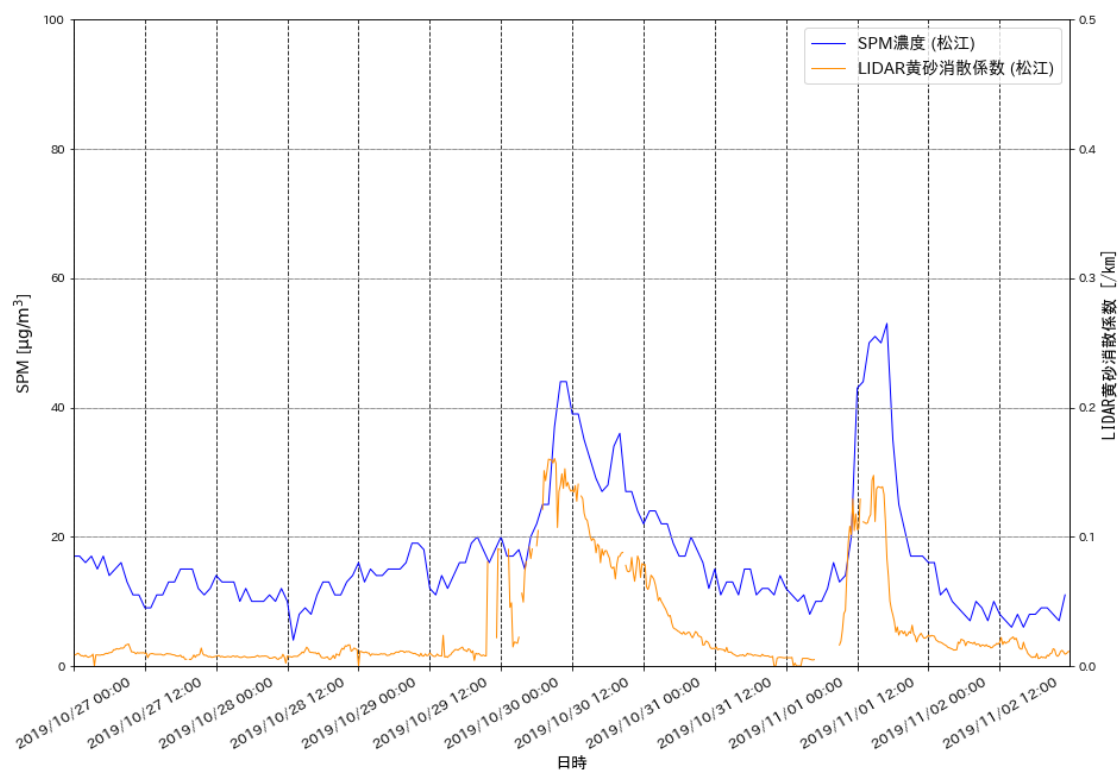


図 4-4-4-8 (1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (松江)

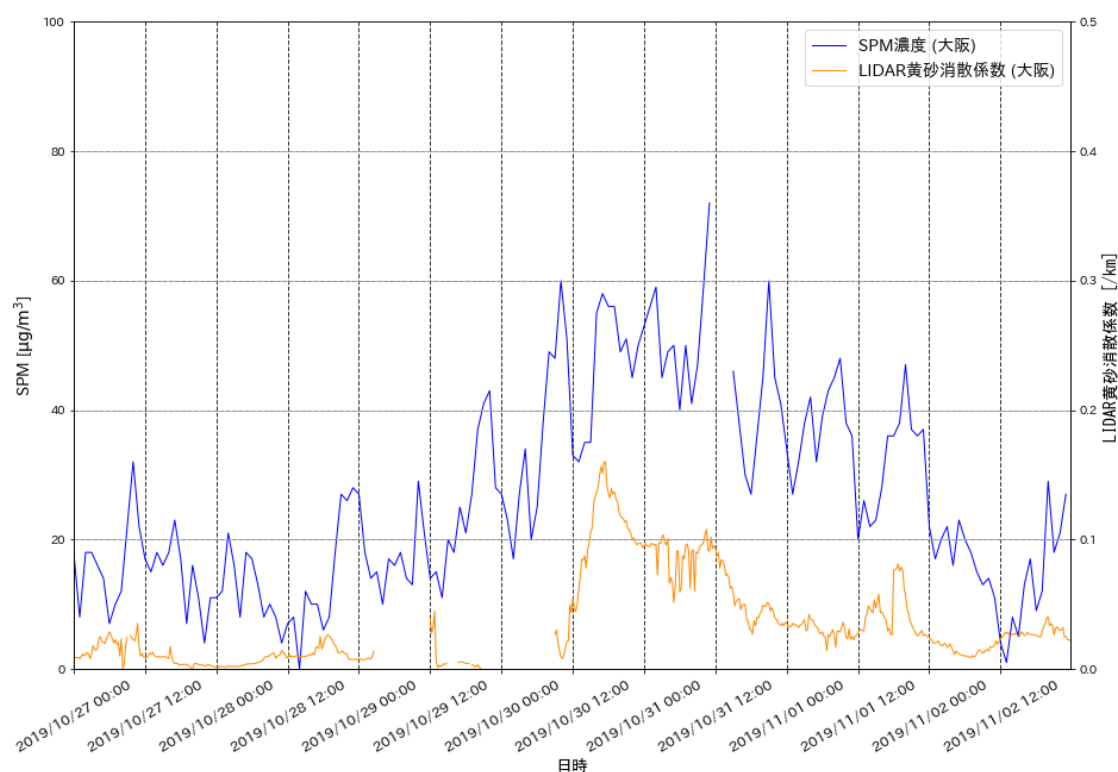


図 4-4-4-8 (2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪)

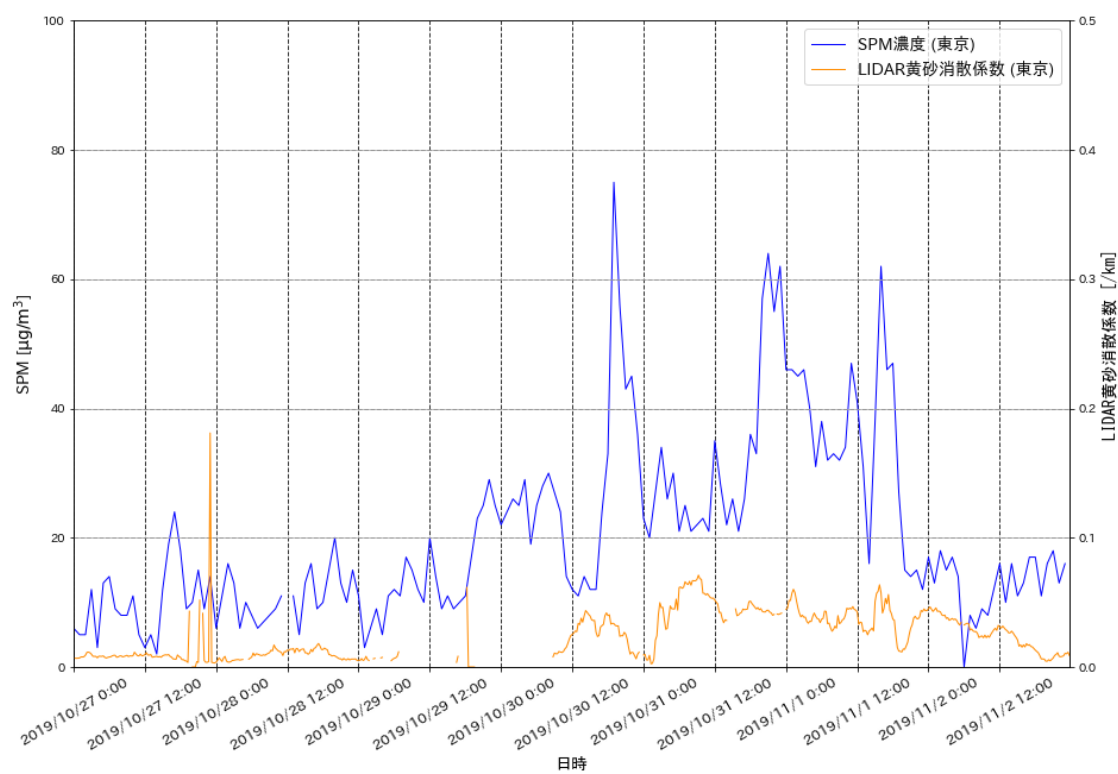


図 4-4-4-8 (3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (東京)

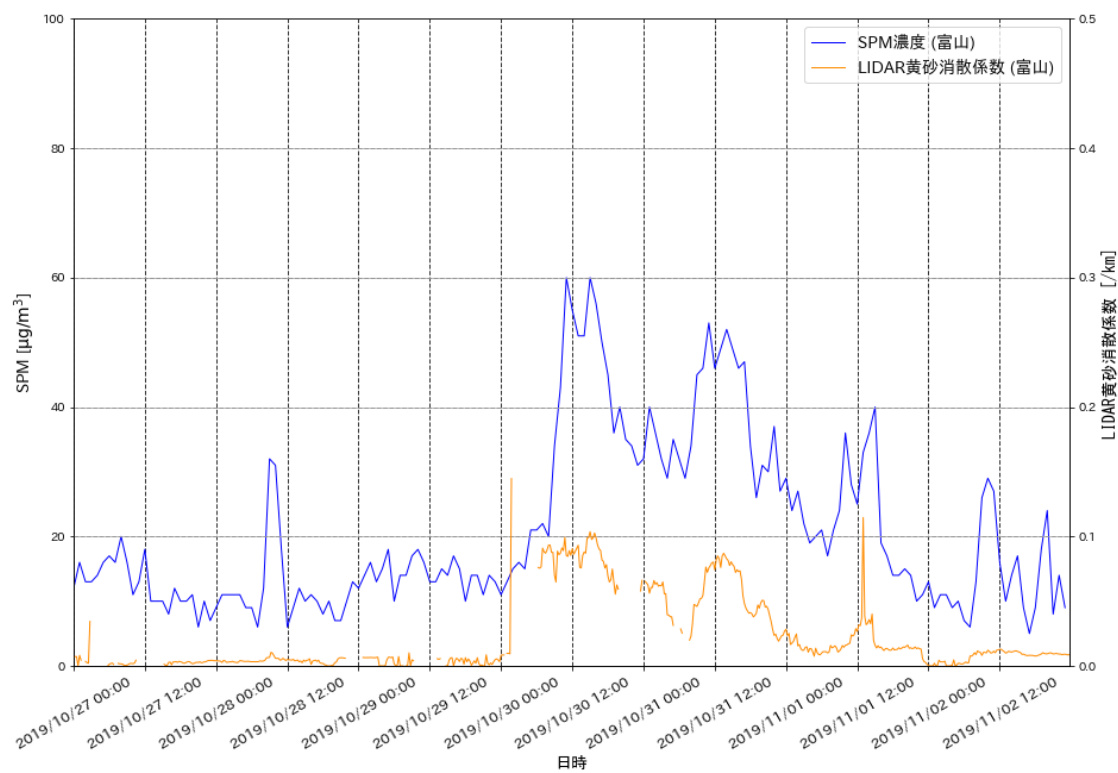
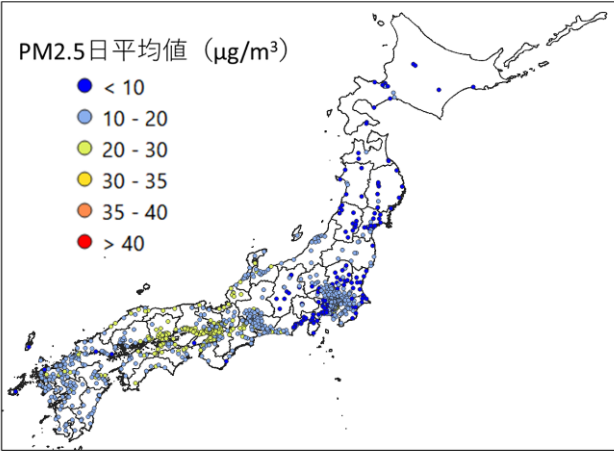
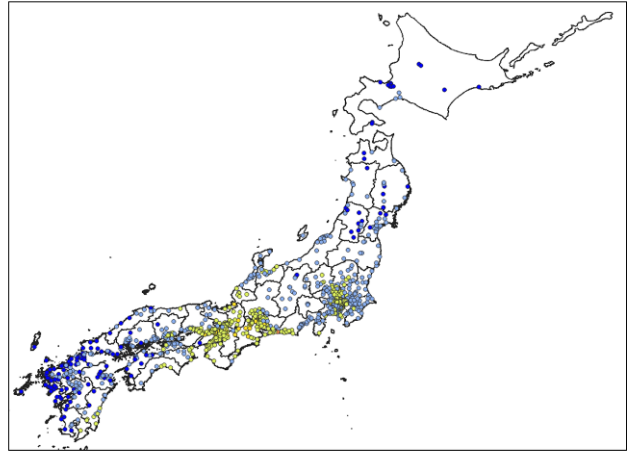


図 4-4-4-8 (4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (富山)

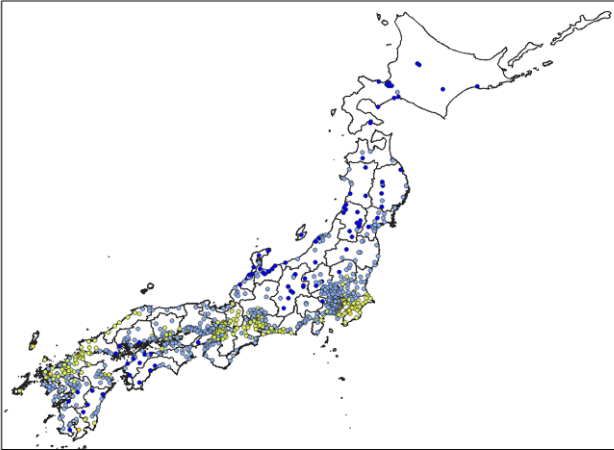
2019年10月30日



2019年10月31日



2019年11月1日



2019年11月2日

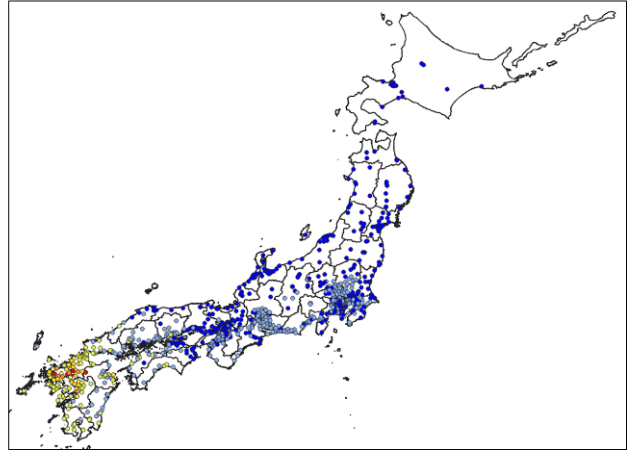
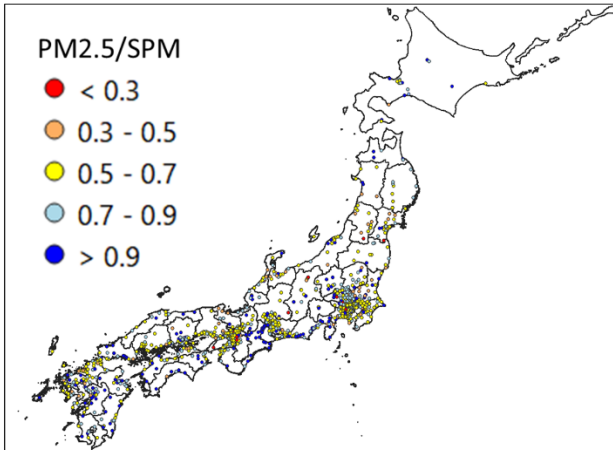
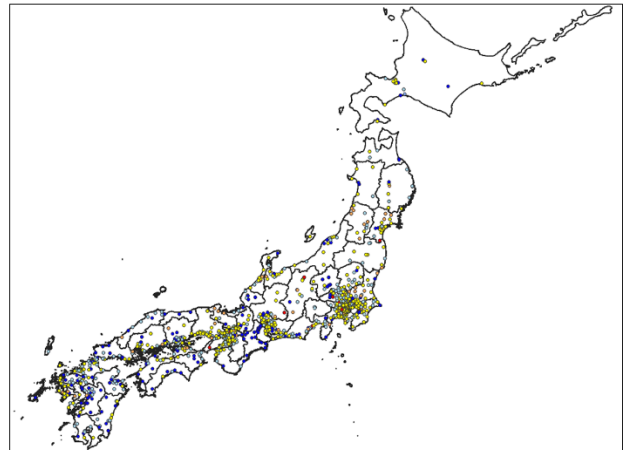


图 4-4-4-9 PM2.5 日平均值/全国分布

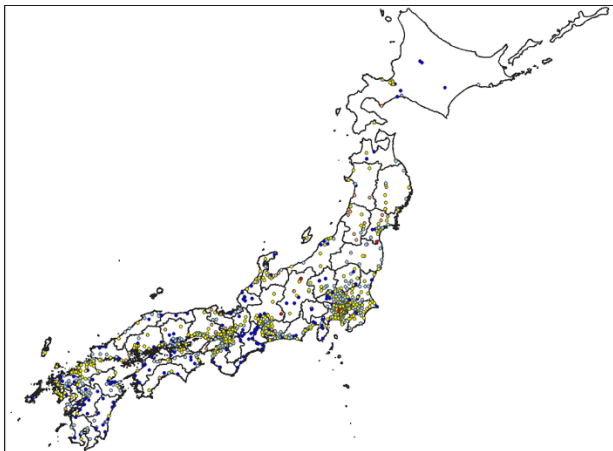
2019年10月30日



2019年10月31日



2019年11月1日



2019年11月2日

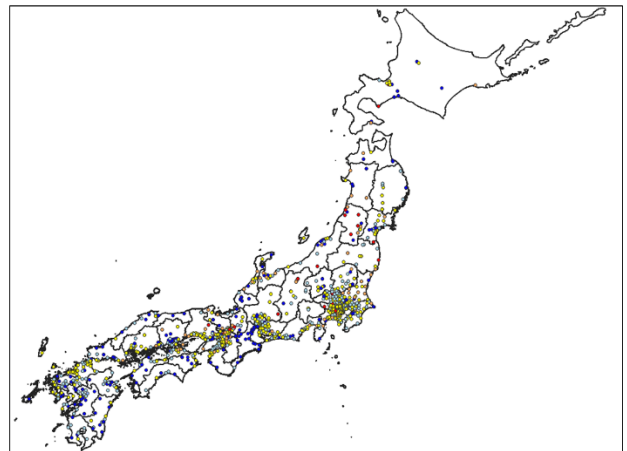


図 4-4-4- 10 PM2.5 日平均値/SPM 日平均値全国分布

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
10 月 30 日	6202010	山形県	3.167	14.864	0.213
	13202010	東京都	1.600	5.700	0.281
	20201520	長野県	4.417	20.625	0.214
	22204090	静岡県	-0.778	7.458	-0.104
	28205010	兵庫県	7.174	36.042	0.199
10 月 31 日	20201520	長野県	4.458	23.833	0.187
	28205010	兵庫県	4.083	38.333	0.107
11 月 1 日	11222020	埼玉県	2.909	20.792	0.140
	20201520	長野県	1.458	13.208	0.110
11 月 2 日	1101520	北海道	2.208	7.458	0.296
	1101540	北海道	1.625	6.833	0.238
	1205020	北海道	2.875	14.417	0.199
	6202010	山形県	-1.375	5.292	-0.260
	6203010	山形県	0.917	5.375	0.171
	6204050	山形県	0.167	6.542	0.025
	6205010	山形県	0.458	5.375	0.085
	6206010	山形県	0.304	9.250	0.033
	6208010	山形県	-2.125	5.625	-0.378
	6209010	山形県	1.318	5.958	0.221
	6422010	山形県	-0.500	7.833	-0.064
	7542010	福島県	2.625	9.833	0.267
	15463010	新潟県	3.250	11.292	0.288
	20201520	長野県	1.167	10.000	0.117
	25201510	滋賀県	2.542	9.958	0.255
	25207010	滋賀県	2.500	8.417	0.297
	26110510	京都府	5.125	17.375	0.295
	28206090	兵庫県	2.417	11.708	0.206
	28641010	兵庫県	3.000	24.042	0.125

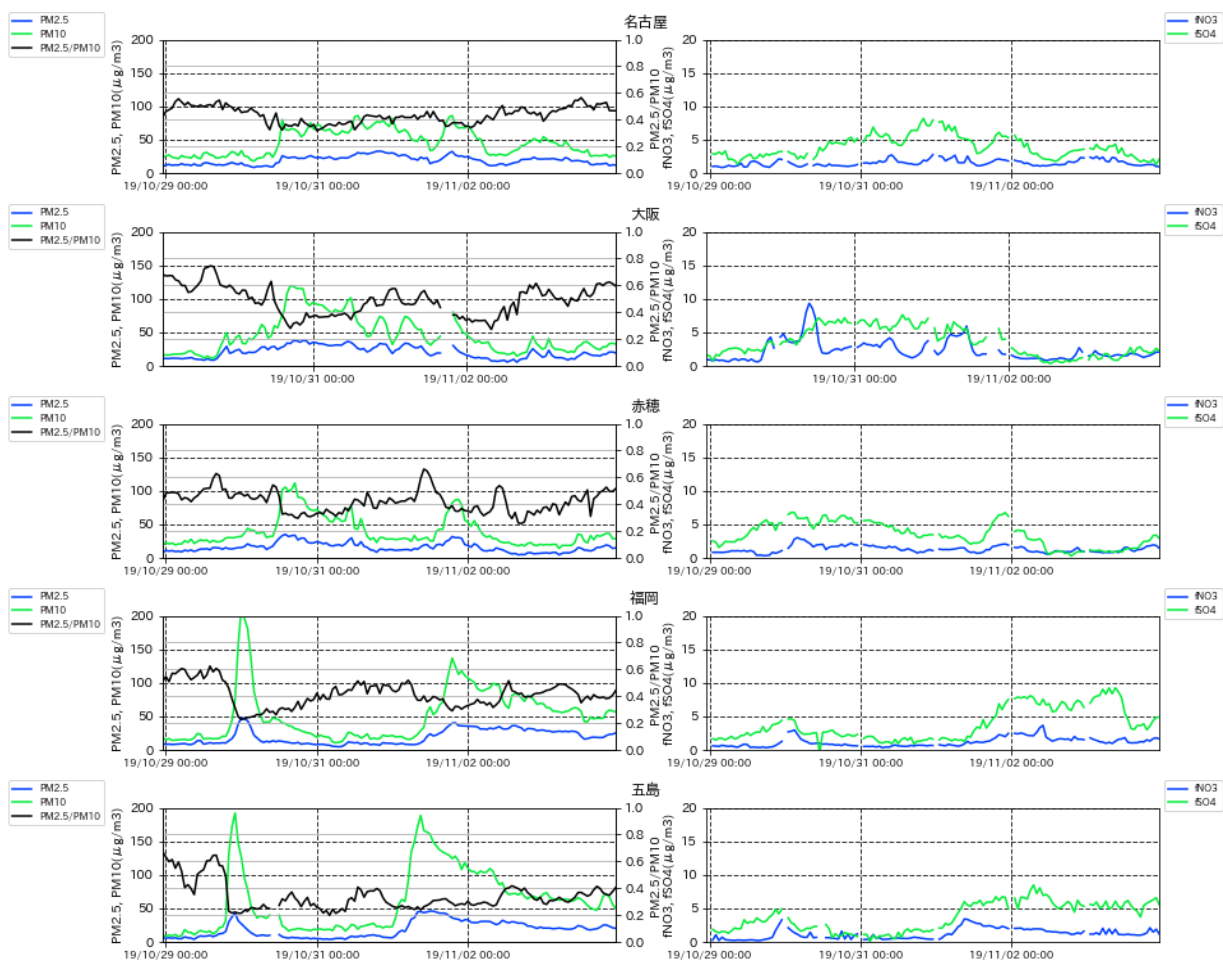


図 4-4-4- 11 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

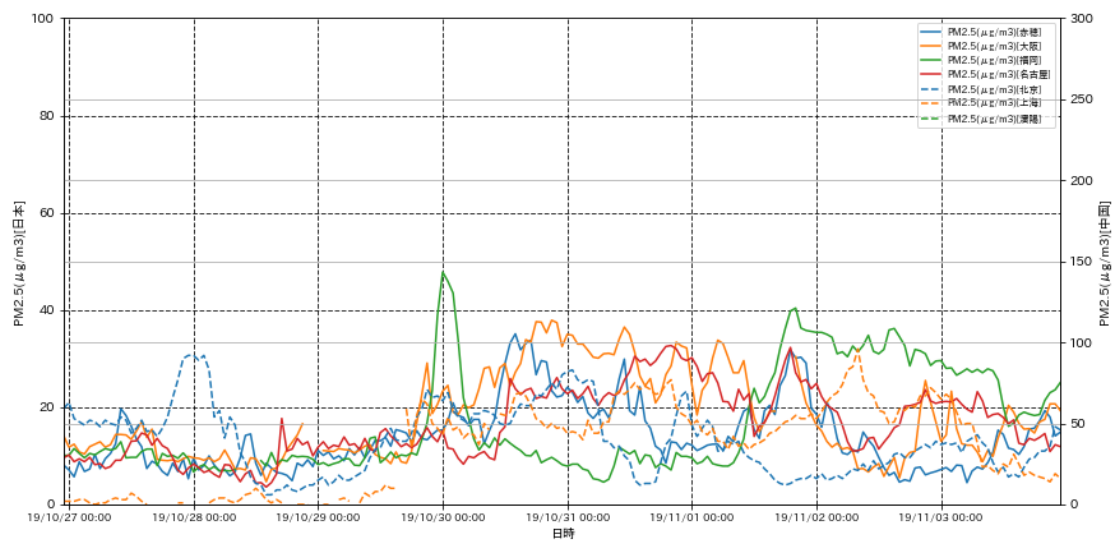


図 4-4-4- 12 日本と中国での PM2.5 濃度

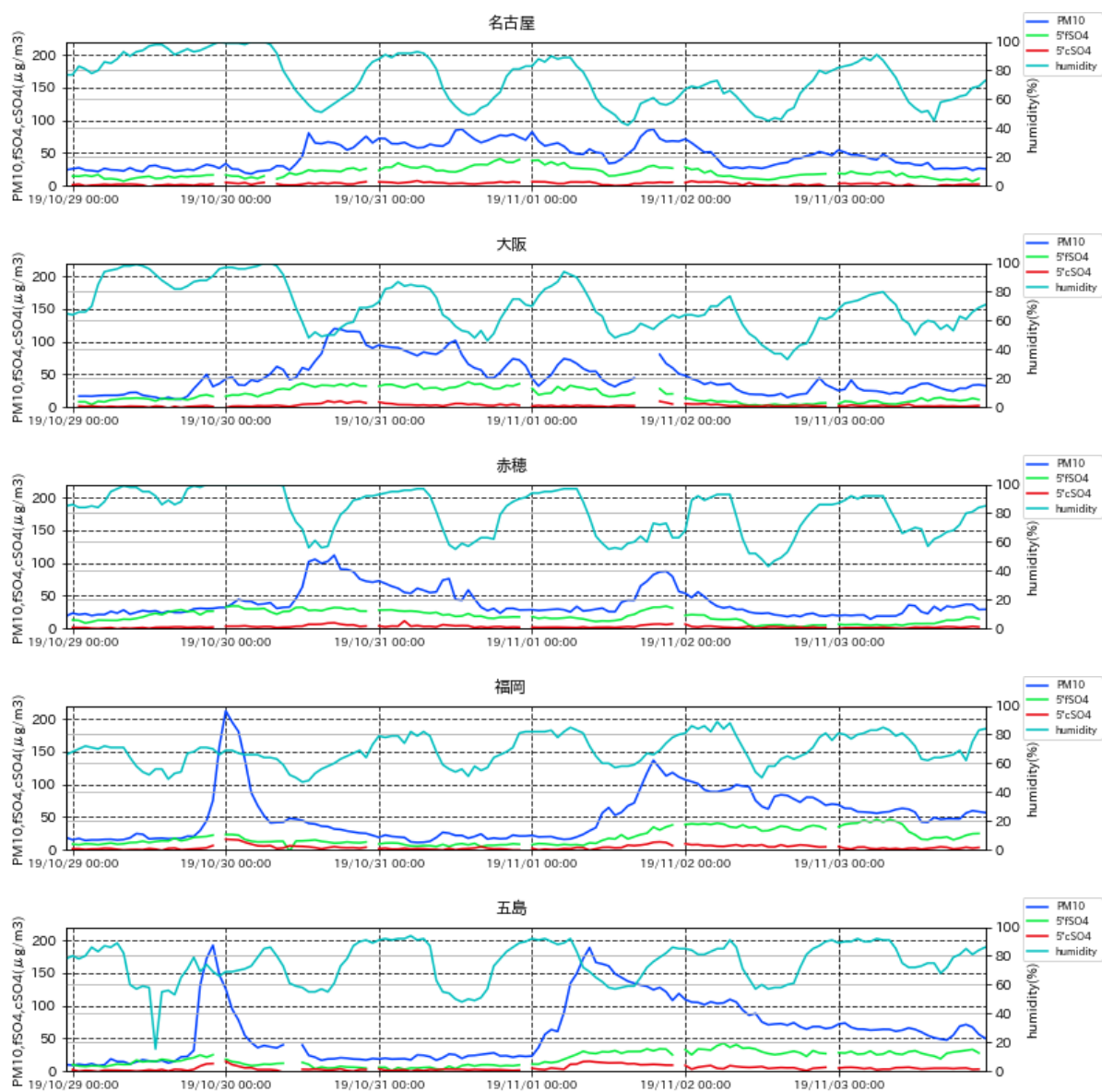


図 4-4-4-13 PM10、fSO₄²⁻、cSO₄²⁻、湿度の経時変化 (fSO₄²⁻、cSO₄²⁻は5倍したものを示す)

5 2019年度における煙霧日の事例解析

5.1 煙霧日の事例解析

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。気象庁における煙霧の定義は、「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」としている。2019年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について、後方流跡線、アジア大陸での砂塵嵐の状況などを確認し解析した。

煙霧は、黄砂時よりも微小粒子状物質（PM2.5）の割合が高くなるような特徴が見られるため、PM2.5による健康影響等も懸念される。

これまでの調査から長距離移流を原因とした煙霧の特徴としては、おおむね次のようなことが考えられる。

- ・後方流跡線が中国沿岸部からの大気の流れを示す
- ・気圧配置で、移動性高気圧が日本を通過している
- ・SO₄²⁻の濃度が上昇する
- ・CFORSの「硝酸塩エアロゾル（大気汚染物質）」（sulfate）の予測分布で、硝酸塩の移流が予測されている
- ・PM2.5/SPMの比が大きい（粗大粒子の割合が小さい）

5.2 2019年度の煙霧日

解析対象は、令和元年度における、3.1で述べた方法で決定した2事例（計4日）である（表5-2-1）。煙霧時のPM2.5/SPMの値はおおむね0.80から0.96程度で、黄砂時（0.65から0.78）と比較し若干高い値であった。また、ACSA-14のPM2.5/PM10は黄砂時（0.32から0.44）と比較し、煙霧時は0.61から0.66と高い値であった。

表5-2-1 2019年度の煙霧日一覧（SPMおよびPM2.5濃度：μg/m³）

事例	No.	期日			黄砂の規模				SPM 平均濃度	PM2.5/SPM	PM2.5/ PM10
		年	月	日	地点数	PM2.5 平均濃度	県数	PM2.5 積算 PM2.5 積算合計			
1	1	2020	2	6	11	3.74	5	18.68	5.05	0.80	0.61
2	2	2020	2	9	5	3.85	4	15.40	5.27	0.85	0.64
	3	2020	2	10	11	25.25	10	252.50	26.72	0.96	0.66
	4	2020	2	11	7	34.50	7	241.52	36.44	0.95	0.63

※「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。

2020年2月6日：金沢、福島、北海道7地点、山形、青森での観測のため札幌、簗岳、東京、巻の平均

2020年2月9日：北海道2地点、仙台、新潟、秋田での観測のため札幌、簗岳、巻

2020年2月10日：北海道2地点、九州全域、下関での観測のため札幌、福岡、五島の値

2020年2月11日：九州全域での観測のため五島、福岡の平均

5.3 煙霧日の解析結果

(1) 煙霧事例 1 2020 年 2 月 6 日

本事例は、2020 年 2 月 6 日のみ観測されたもので、全国に計 11 地点で煙霧が観測された（表 5-3-1-1、図 5-3-1-1）。

この期間の大陸の状況を見ると（図 5-3-1-3）、2 月 6 日にゴビ砂漠周辺でダストが発生している様子が見られる。このときの気流を後方流跡線で確認（図 5-3-1-4）したところ、からの発生域からの気流を示していなかった。さらに CFORS（図 5-3-1-5）においても、Sulfate が中国東部から日本へ影響を及ぼしている様子が示されていなかった。

PM2.5 濃度は、全国的には $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下で低い値であった（図 5-3-1-7）。

ACSA-14 の測定では、PM2.5 の上昇はほぼ見られなかった。このとき煙霧観測地点周辺での fSO_4^{2-} は、 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった。（図 5-3-1-8）。

なお、瀋陽では、日本での煙霧が観測された日に一時、約 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度の PM2.5 を観測している（図 5-3-1-9）。

以上から、本事例は、大陸からのダストの影響及んだ弱い煙霧事例と考えられる。

表 5-3-1-1 煙霧観測地点

日付	地点数	観測地点名									
2020/2/6	11	金沢	福島	網走	稚内	山形	函館	帯広	室蘭	札幌	青森
		旭川									

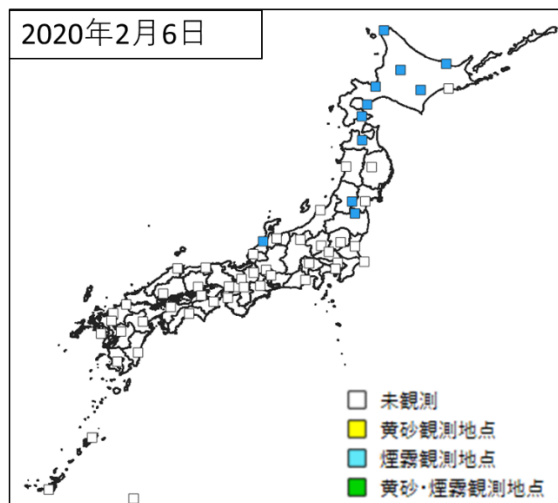
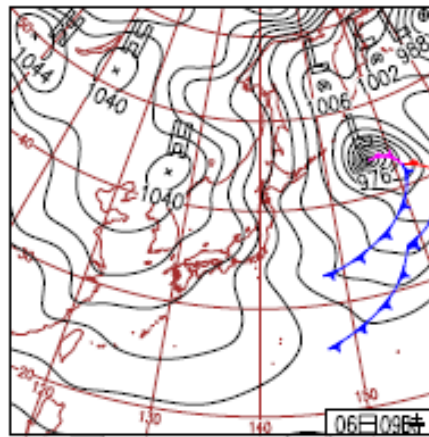


図 5-3-1-1 煙霧観測地点



6日(木)今冬初めて -30°C 以下に
強い冬型の気圧配置で日本海側は雪。
全国的に冷え込み、北海道江丹別の
最低気温 -31.6°C は、全国で今冬の
 -30°C 以下。広島など西日本の5地点
で初雪。東京は最も遅い初氷。

図 5-3-1-2 天気図

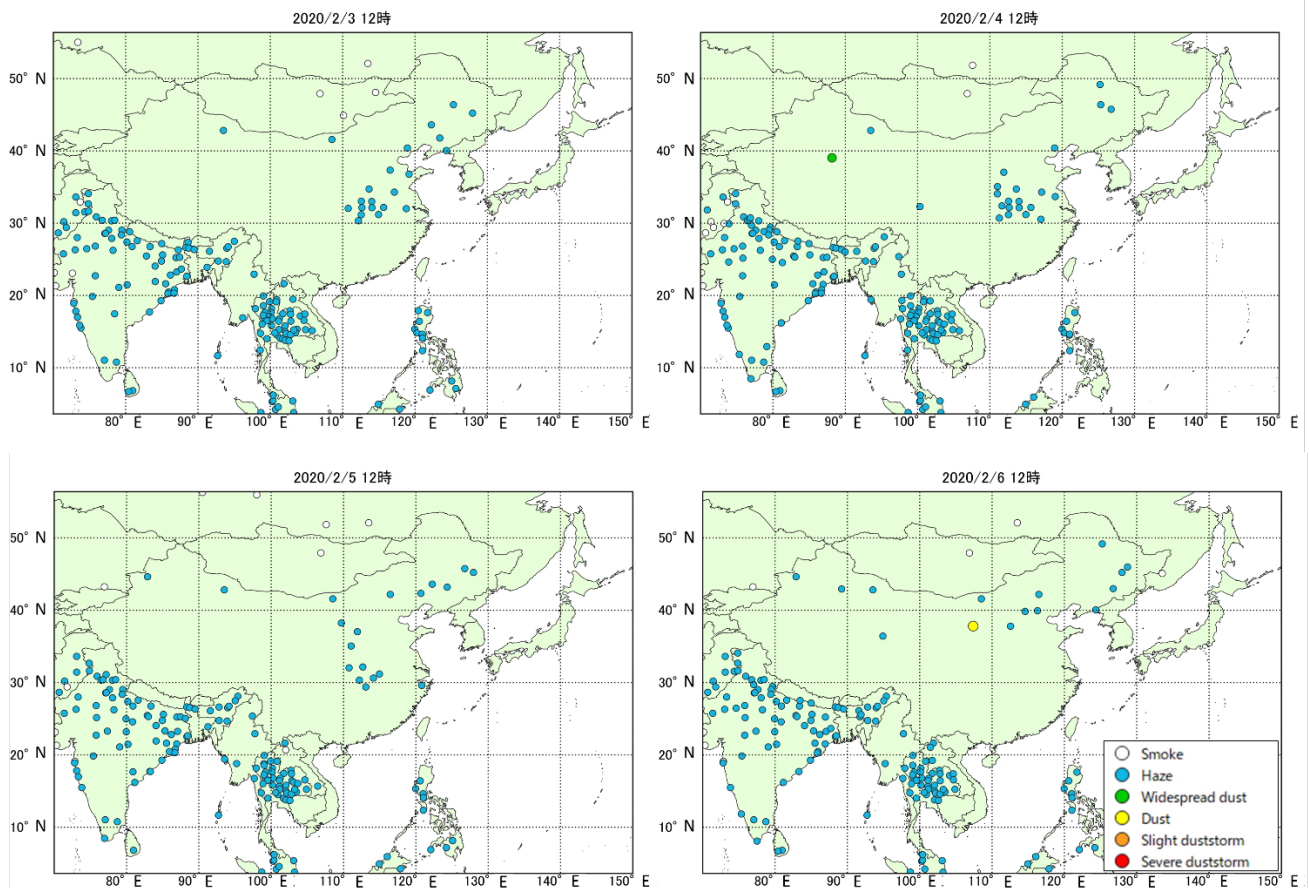


図 5-3-1-3 砂塵嵐発生状況

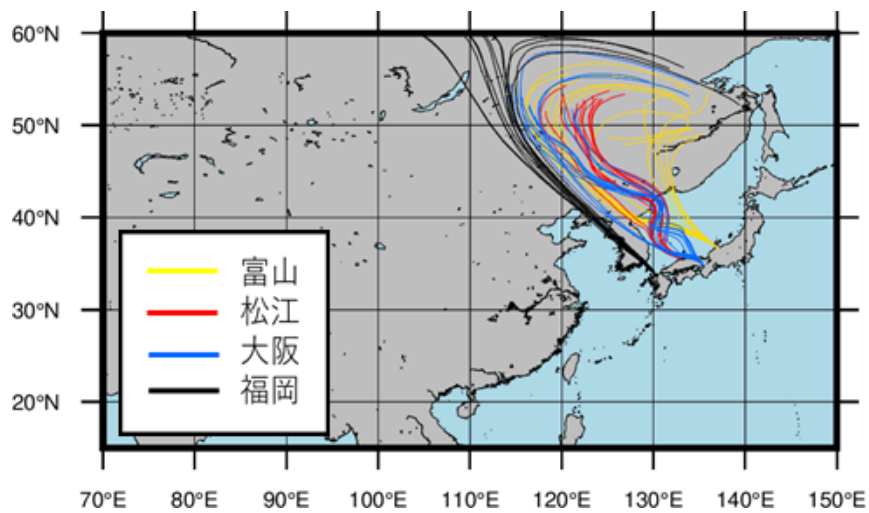
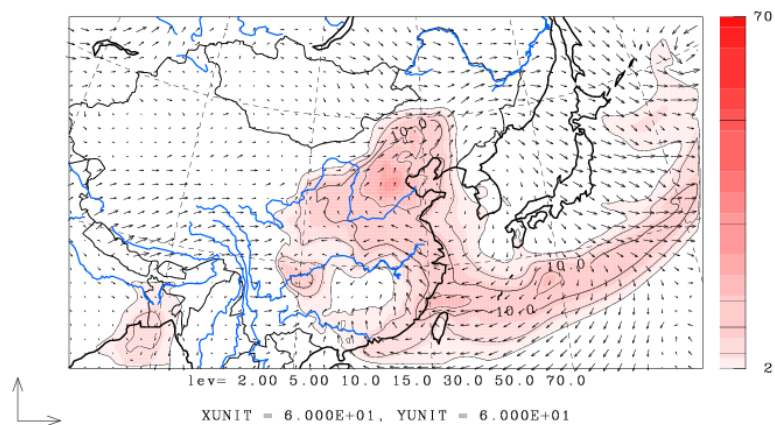


図 5-3-1-4 後方流跡線 (72 時間前より)

U-V&Sulfate m/s&ug/m³ JST
2020/02/06.12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-1-5 CFORS 予測結果

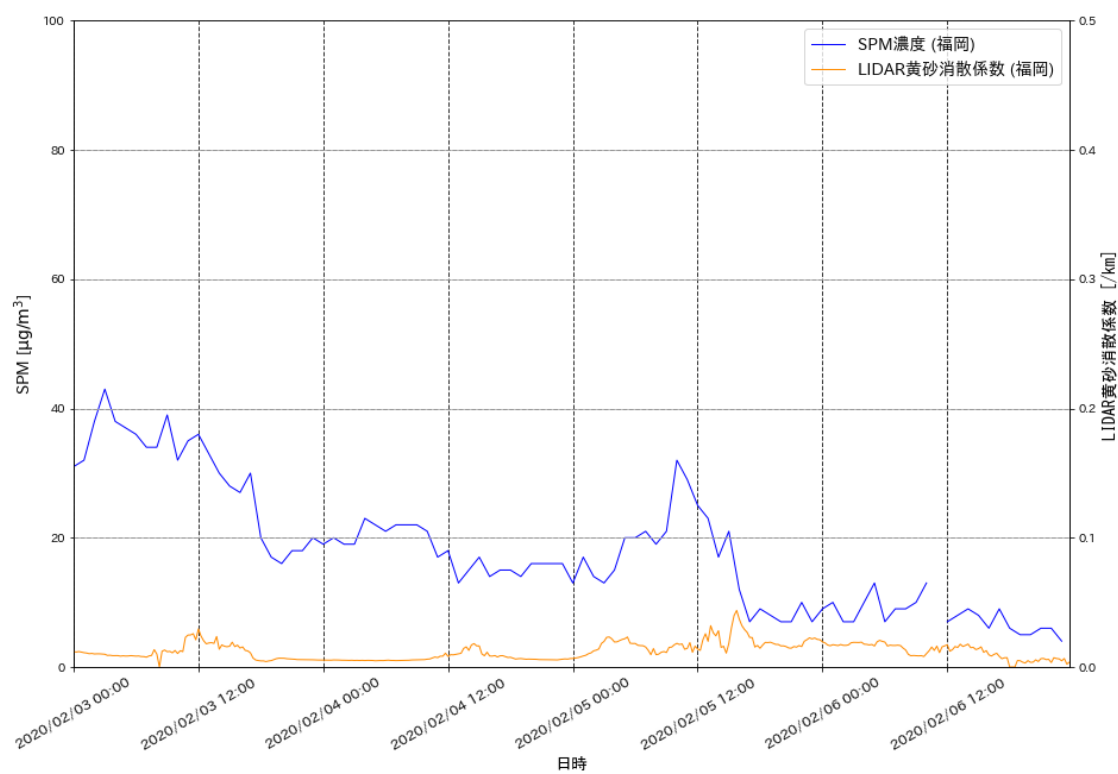


図 5-3-1-6(1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (福岡)

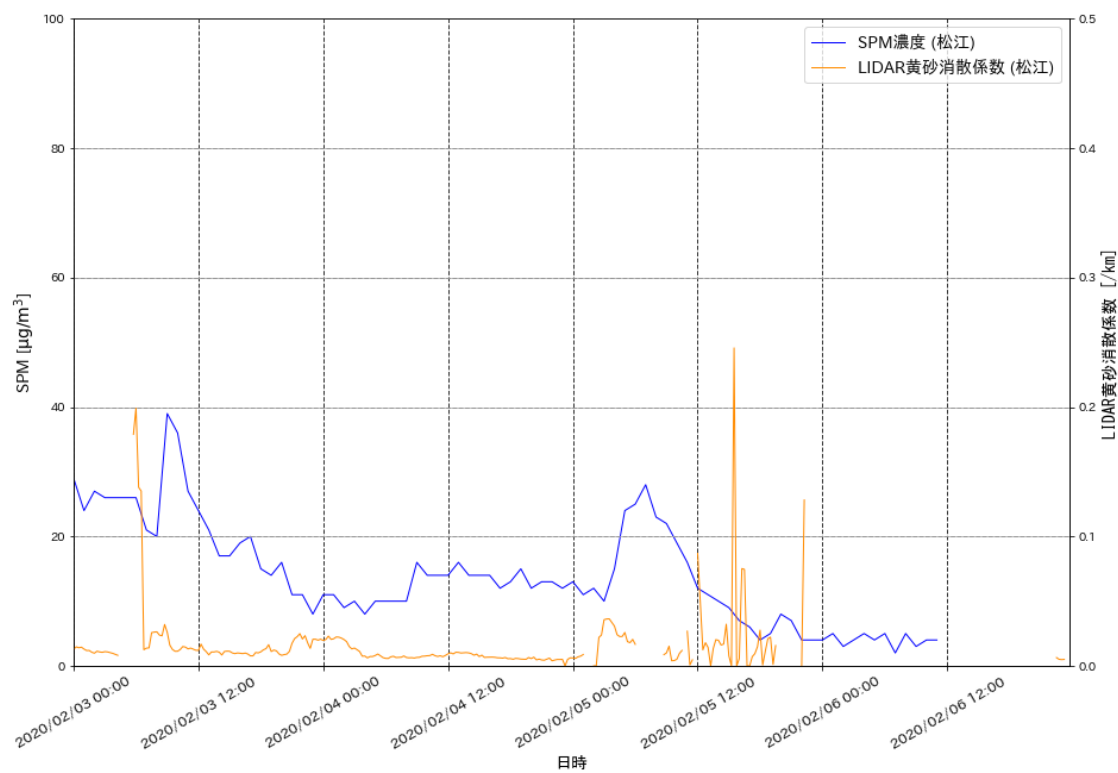


図 5-3-1-6(2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (松江)

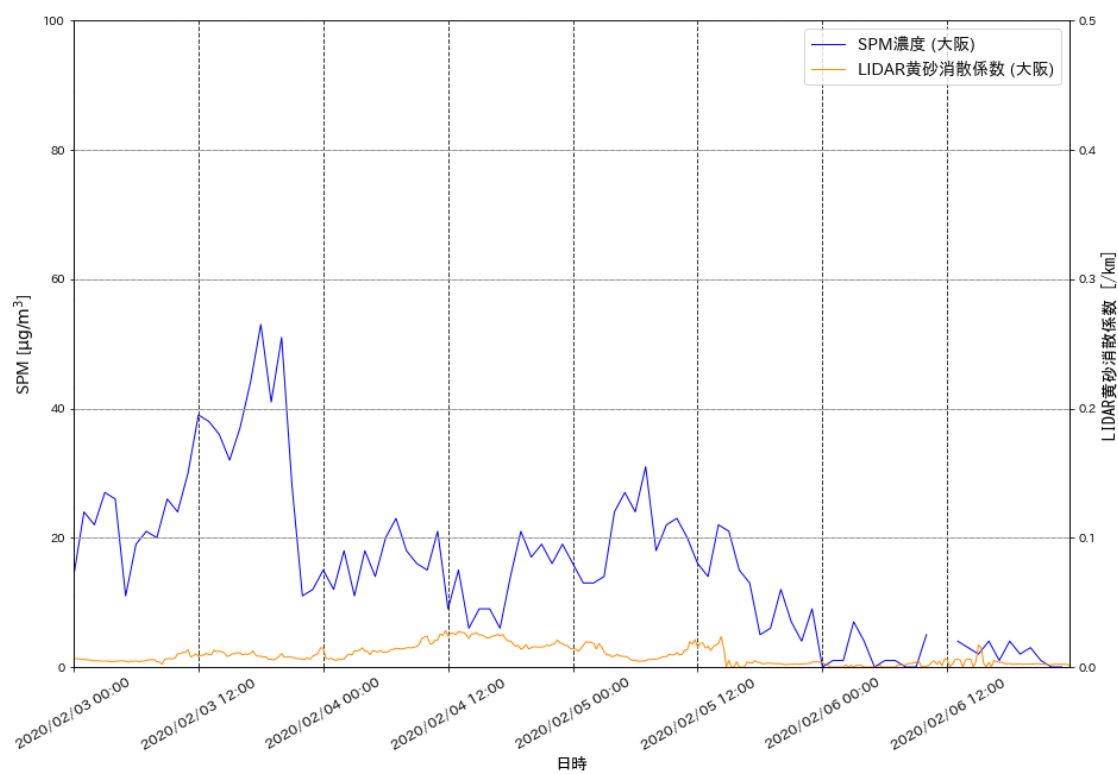


図 5-3-1-6(3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪)

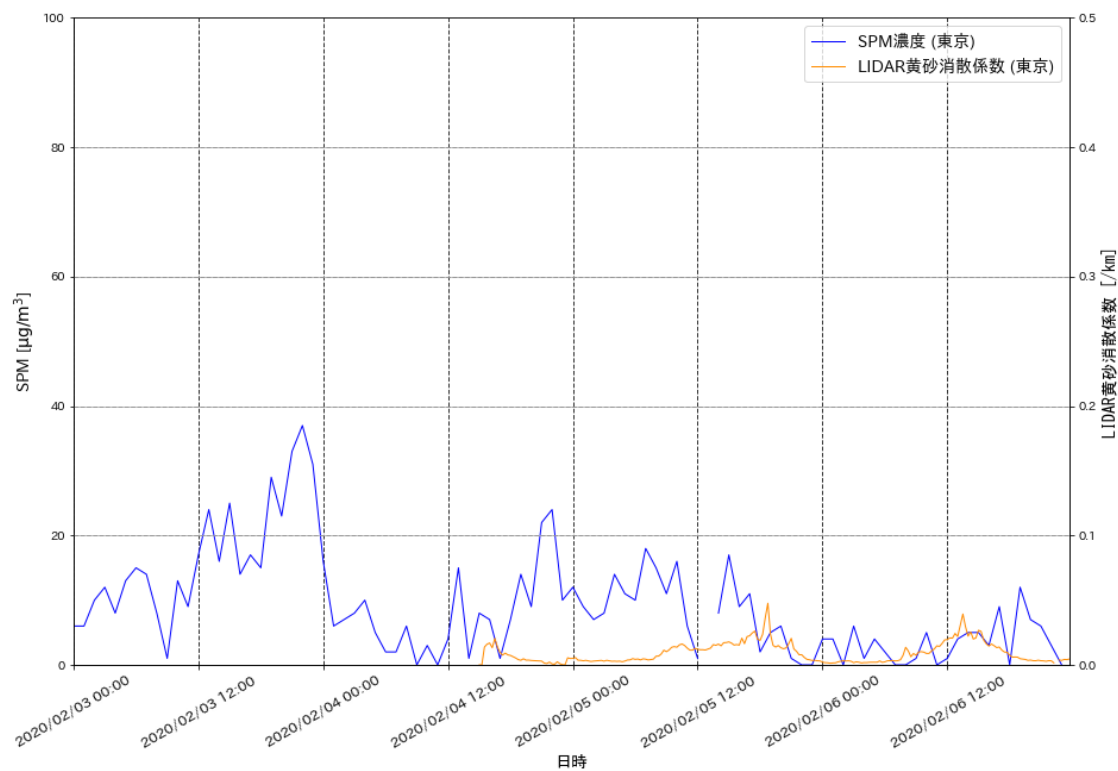


図 5-3-1-6(4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (東京)

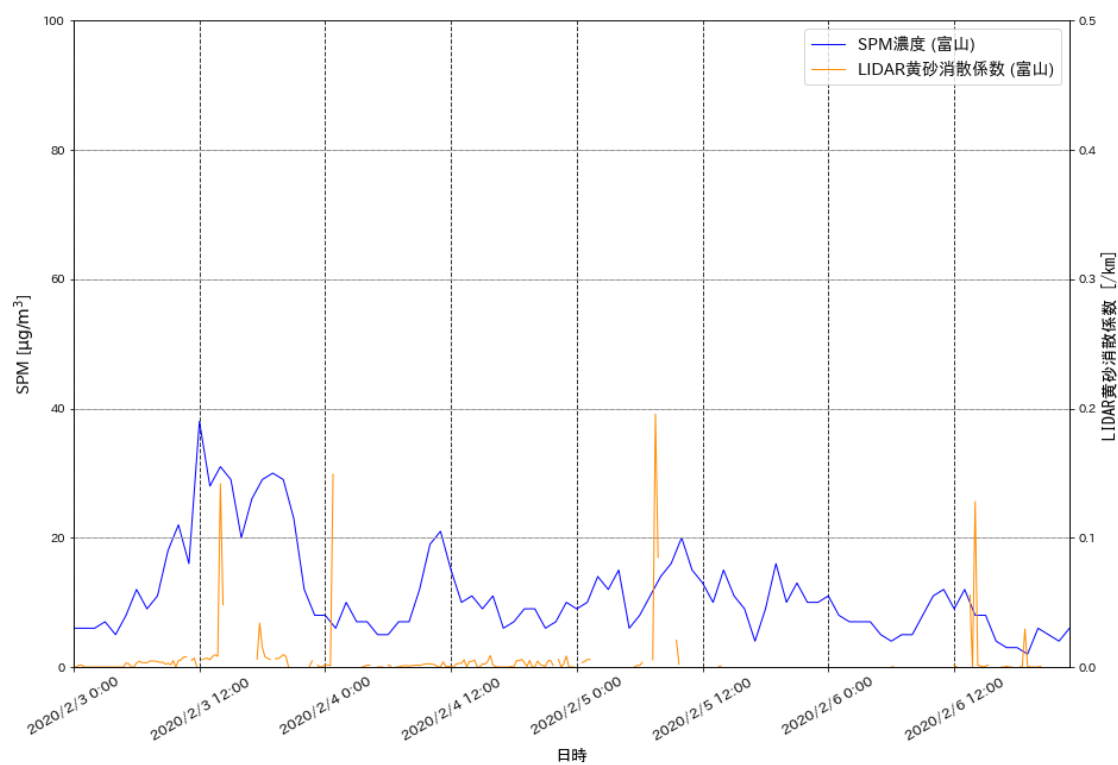


図 5-3-1- 6 (5) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化（富山）

2020年2月6日

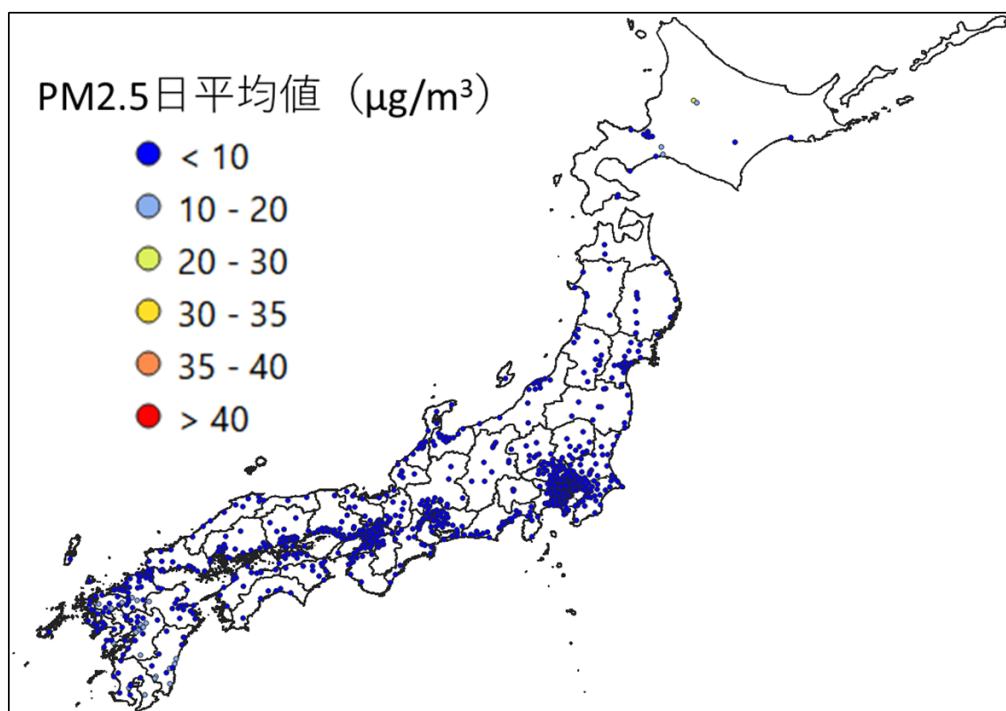


図 5-3-1- 7 PM2.5 日平均値全国分布

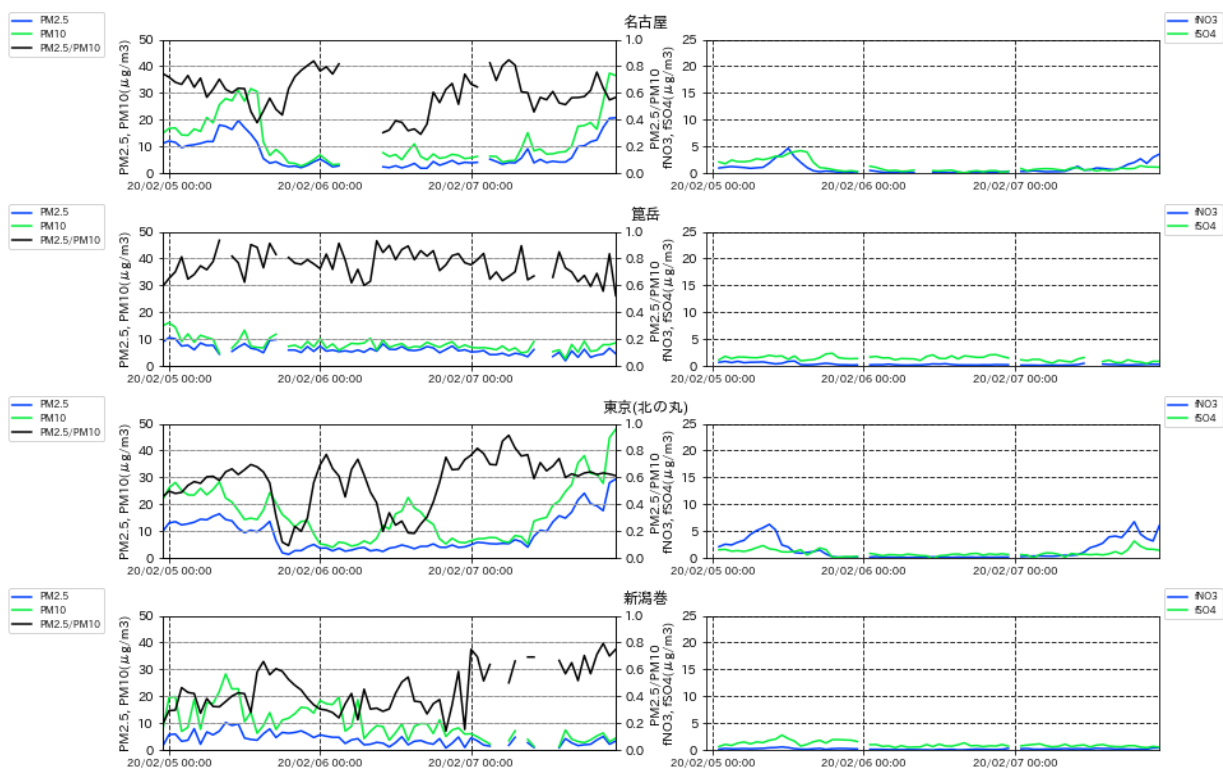


図 5-3-1-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

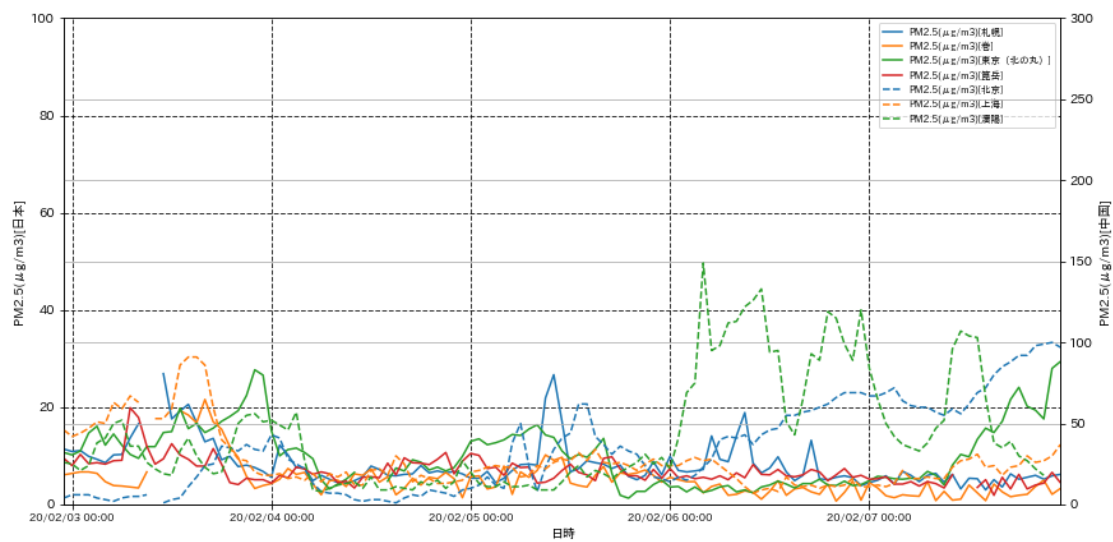


図 5-3-1-9 日本・中国での PM2.5 濃度

(2) 煙霧事例 2 2020 年 2 月 9 日～11 日

本事例は、2020 年 2 月 9 日から 2 月 11 日の 3 日間で観測されたもので、特に 2 月 10 日においては北海道の一部と九州全域の計 11 地点で煙霧が観測された（表 5-3-2-1、図 5-3-2-1）。

この期間の大陸の状況（図 5-3-2-3）を見ると、多くの地点で煙霧が観測された 2 月 10 日に黄土地帯北部で Slight Duststorm が、2 月 11 日にはモンゴル西部で Severe Duststorm が発生している様子が見られる。また、日本で煙霧が観測される前の 2 月 8 日から中国東部、北東部で煙霧が観測されている。このときの気流を後方流跡線（図 5-3-2-4）で確認したところ、2 月 10 日の一部の後方流跡線で Slight Duststorm が発生した地域周辺からの気流を示していた。さらに CFORS（図 5-3-2-5）においても、Sulfate が中国東岸から九州へ影響を及ぼしている様子が示されていた。

PM_{2.5} は、2 月 10 日、2 月 11 日に九州の西部で 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた環境基準値以上の地点が多く見られた（図 5-3-2-7）。

ACSA-14 の測定では、福岡、五島において PM_{2.5} が 2 月 10 日に上昇し、50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高い値が見られた。このとき、fSO₄²⁻では、2 月 10 日に福岡、五島で 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後の高い濃度を観測した（図 5-3-2-8）。

なお、北京、上海、瀋陽では、多くの地点で煙霧が観測された 2 月 10 日以前から当日に 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超え最大で 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度の PM_{2.5} を観測している（図 5-3-2-9）。

以上から、本事例は、大陸からの Slight DustStorm の影響と汚染の影響が及んだ事例と考えられる。

表 5-3-2-1 煙霧観測日

日付	地点数	観測地点名									
2020/2/9	5	稚内	網走	仙台	新潟	秋田					
2020/2/10	11	稚内	網走	下関	長崎	佐賀	熊本	福岡	鹿児島	宮崎	熊本
		大分									
2020/2/11	7	大分	福岡	長崎	佐賀	熊本	宮崎	鹿児島			

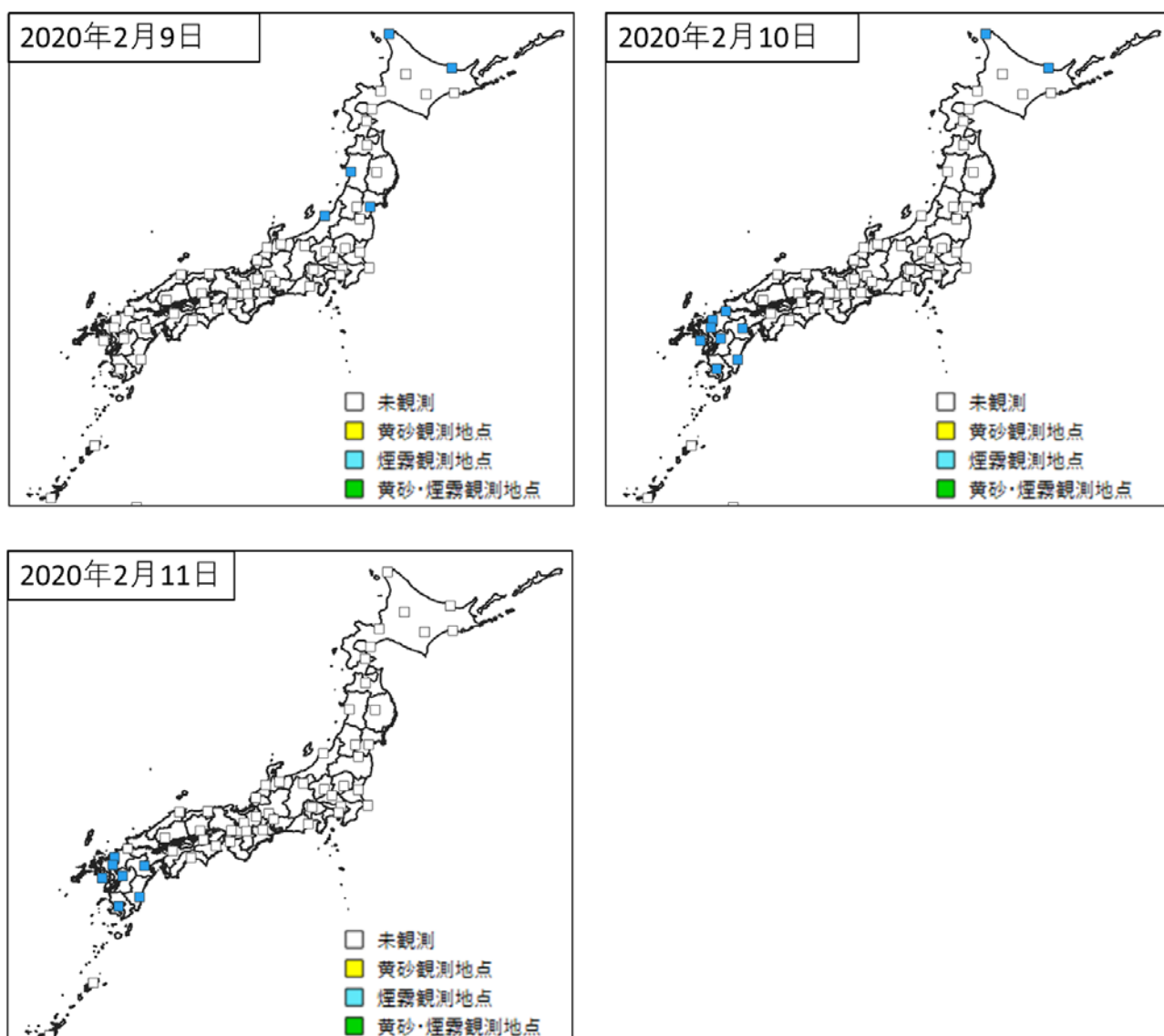


図 5-3-2-1 煙霧観測地点

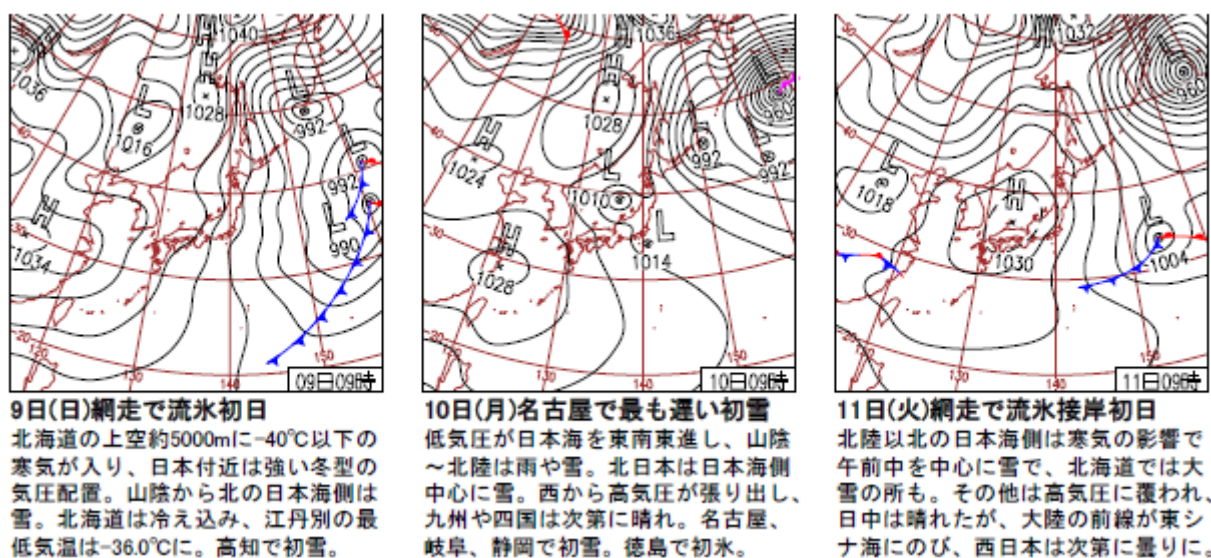


図 5-3-2-2 天気図

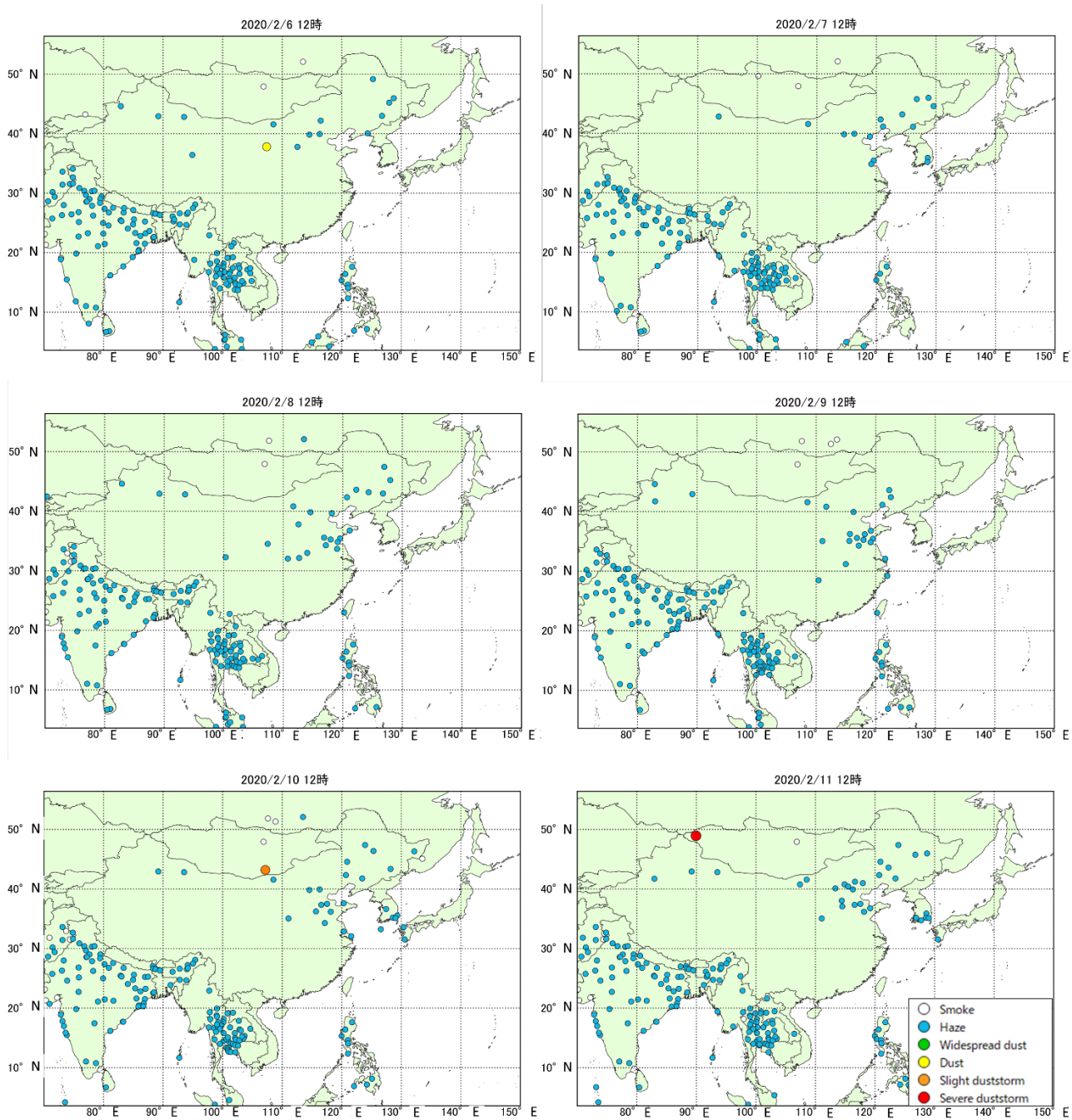


图 5-3-2-3 砂塵嵐発生状況

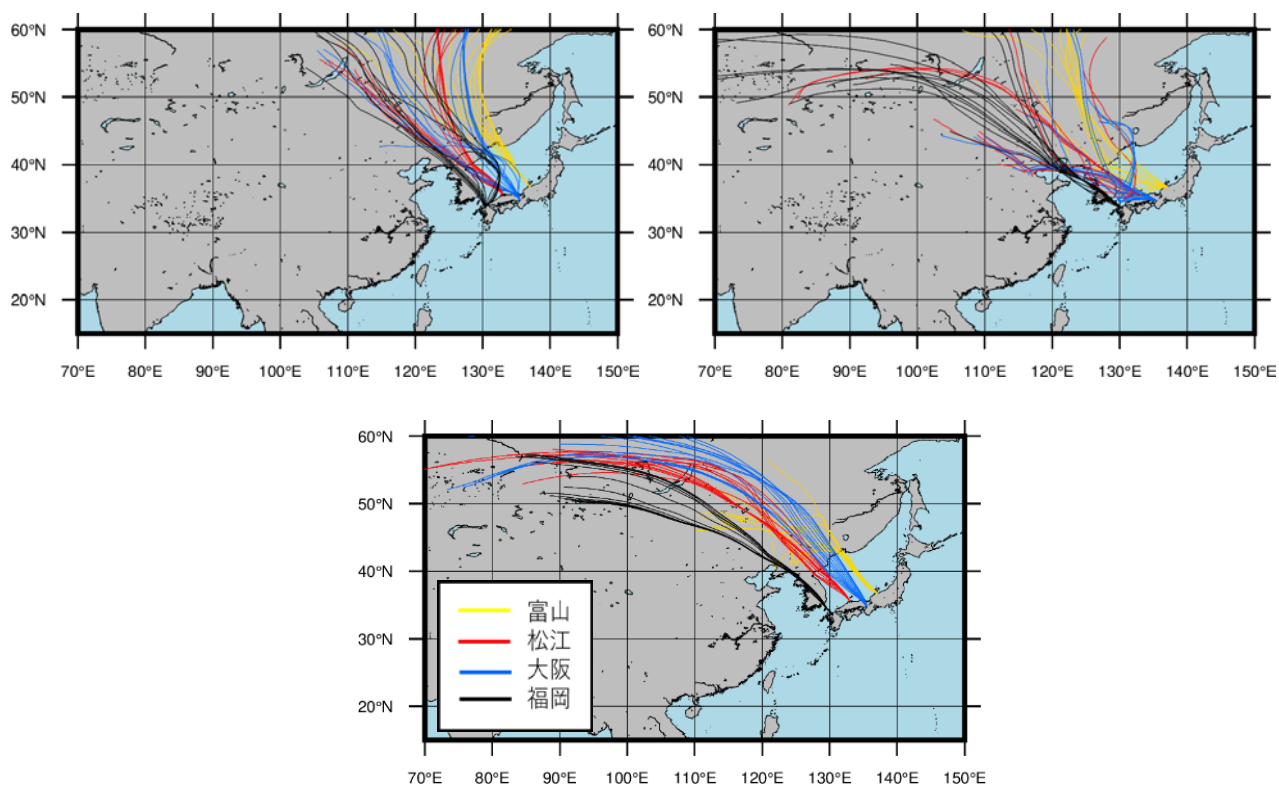


図 5-3-2-4 後方流跡線（左上：2月9日、右上：2月10日、下：2月11日、いずれも72時間前より）

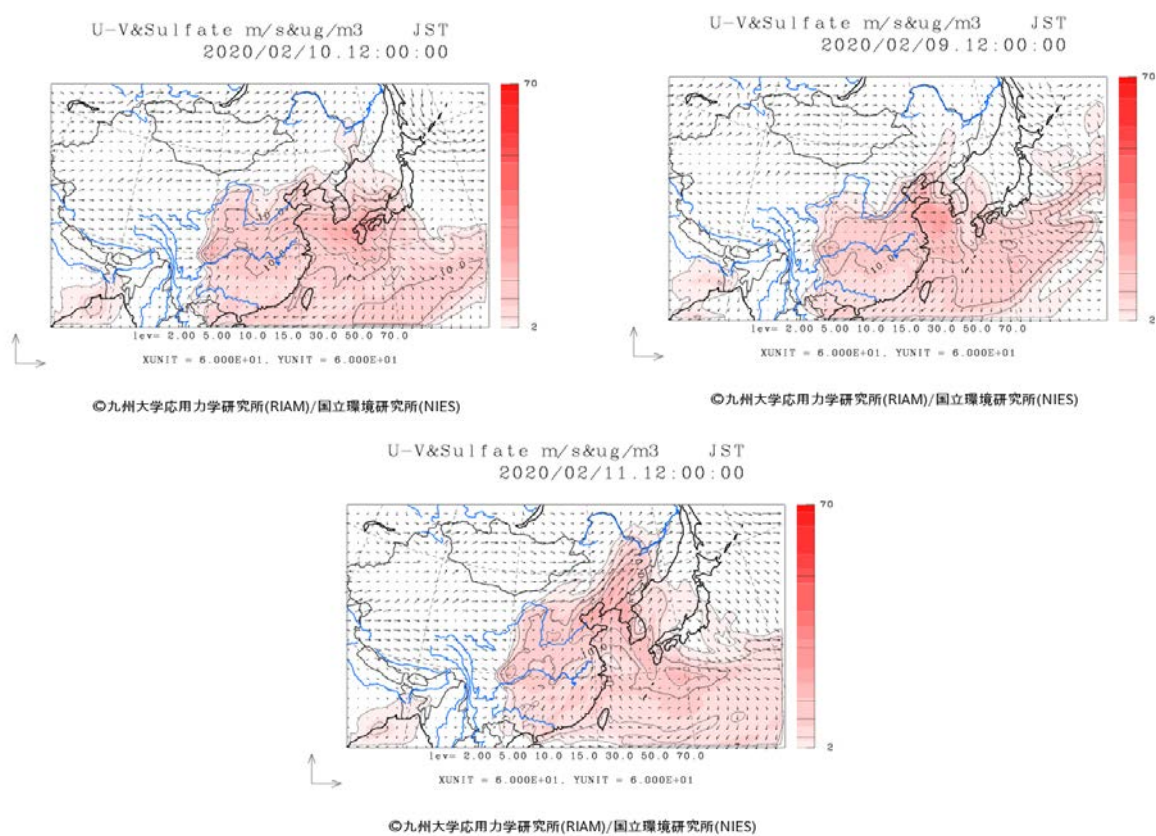


図 5-3-2-5 CFORS 予測結果

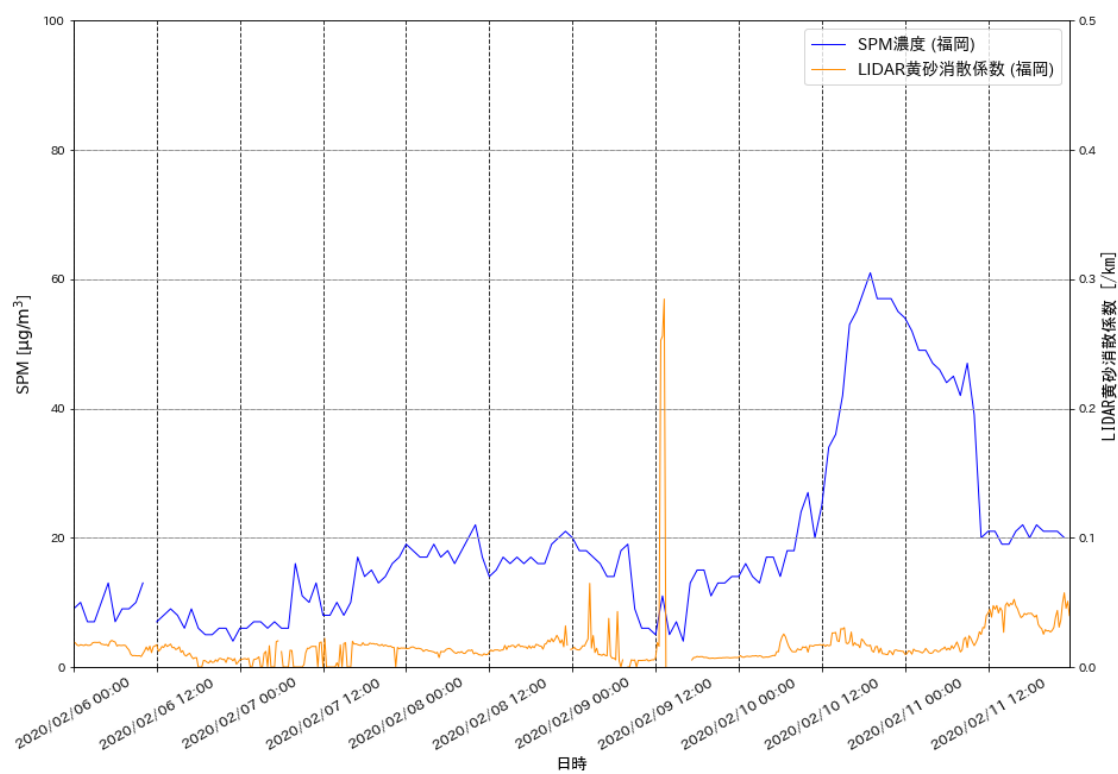


図 5-3-2-6(1) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (福岡)

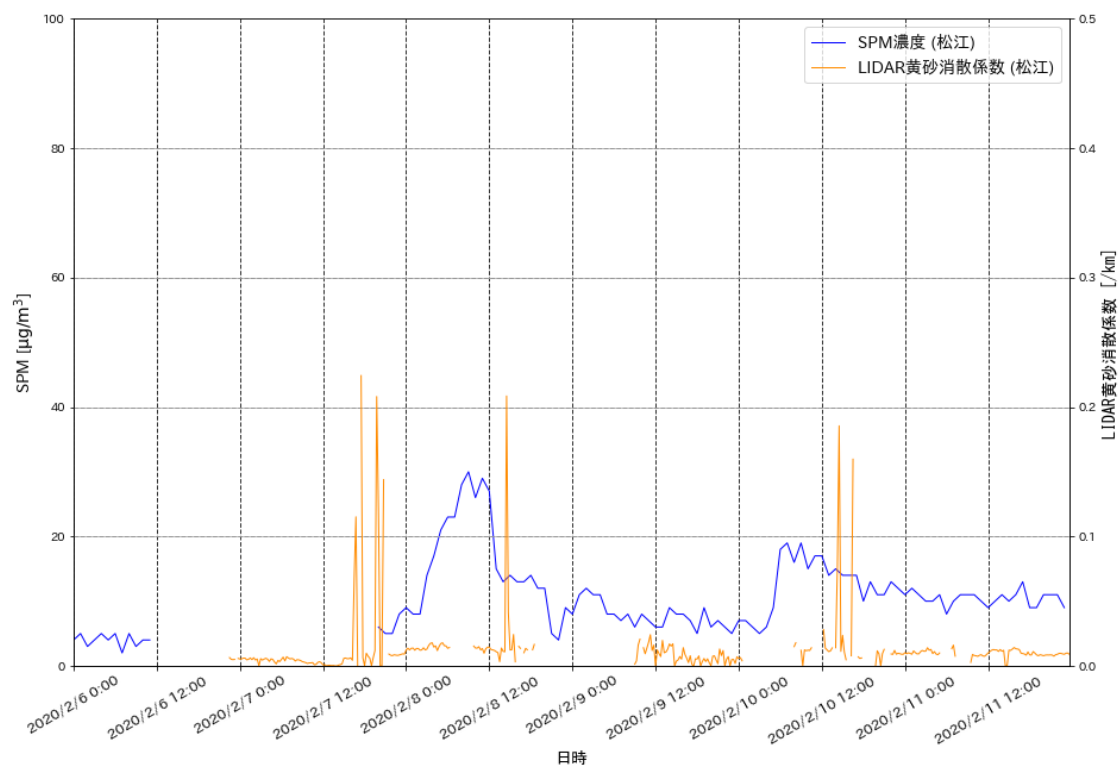


図 5-3-2-6(2) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (松江)

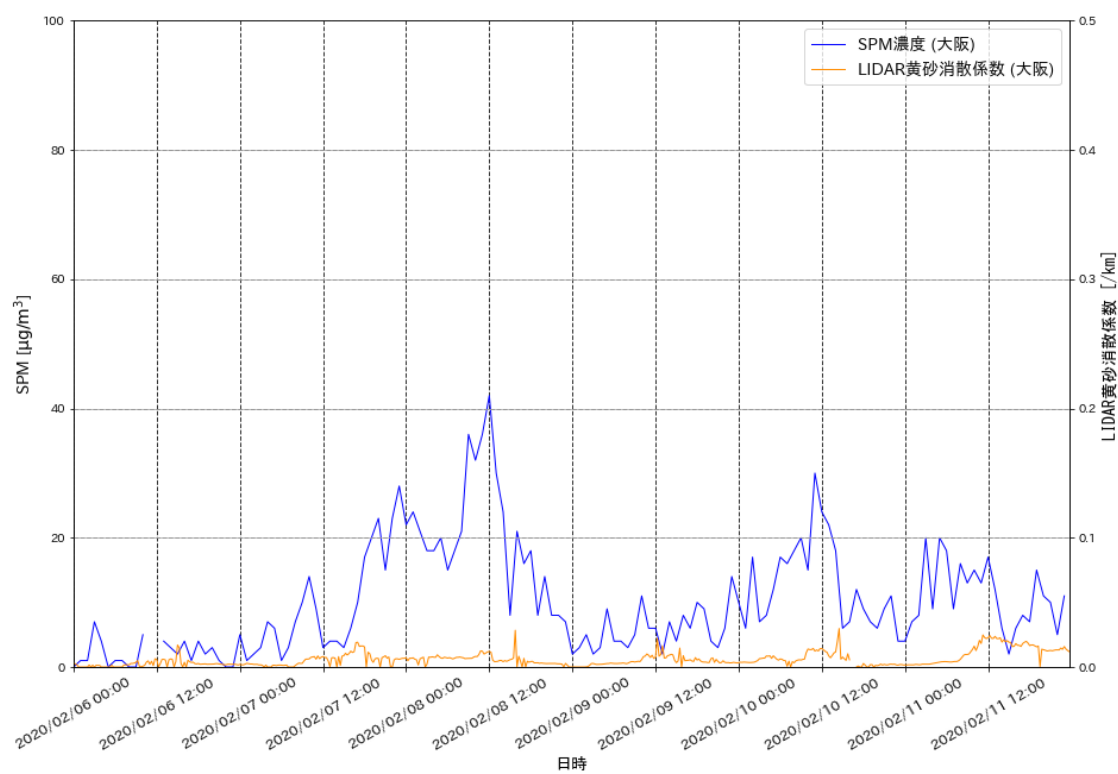


図 5-3-2-6(3) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (大阪)

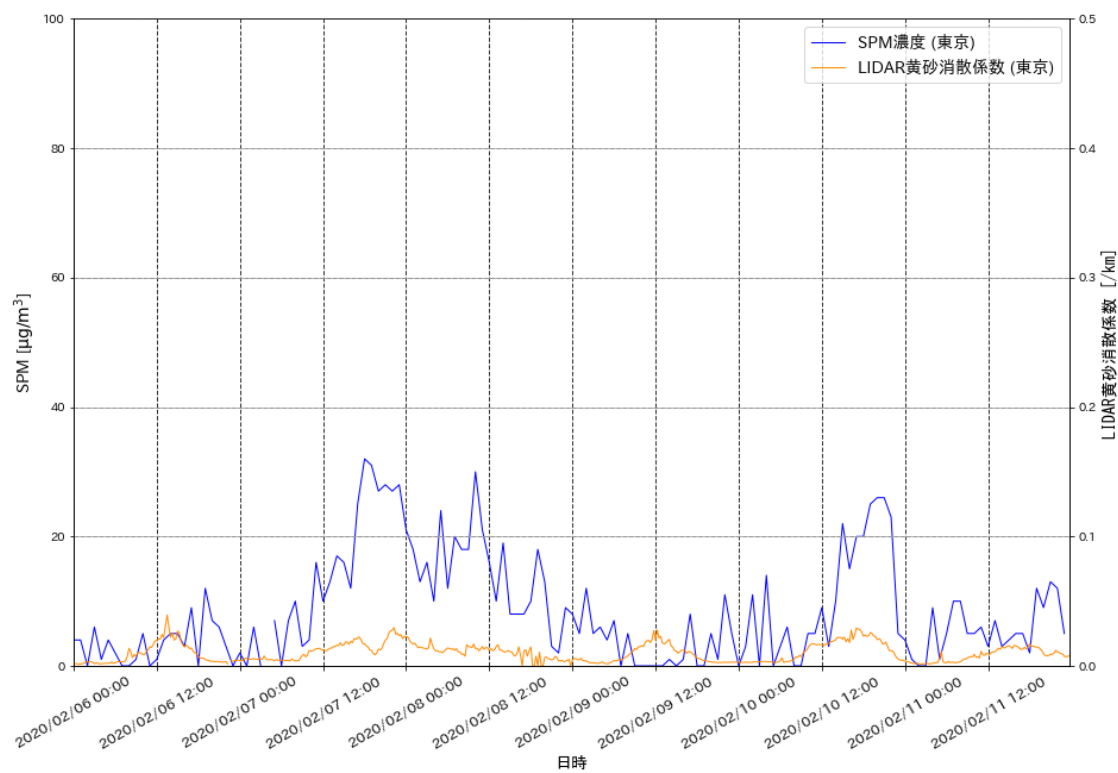


図 5-3-2-6(4) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (東京)

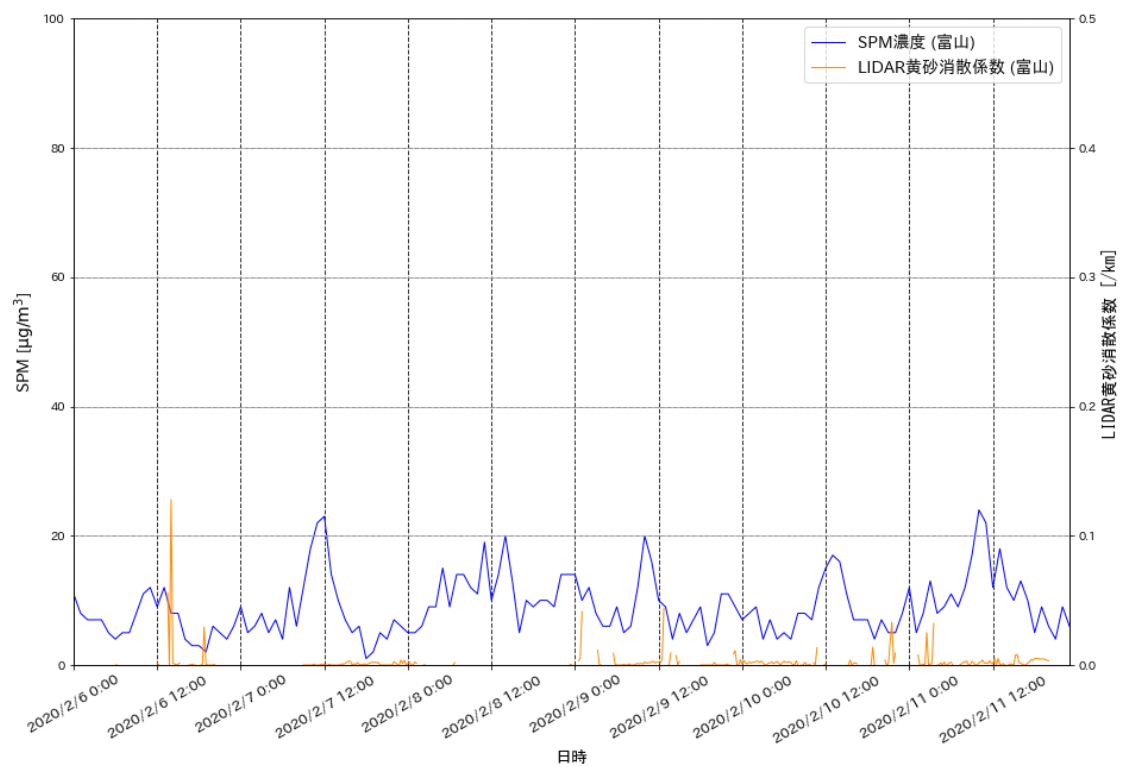
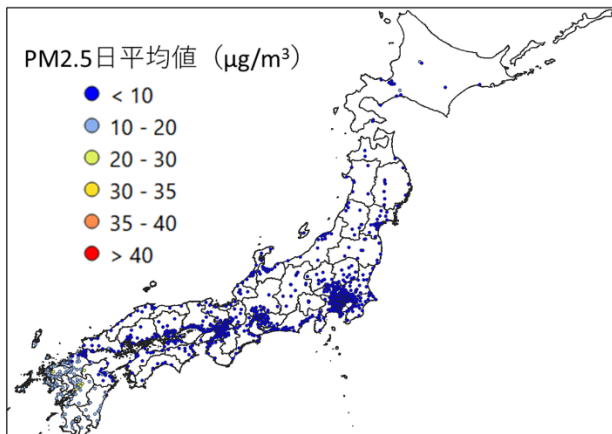
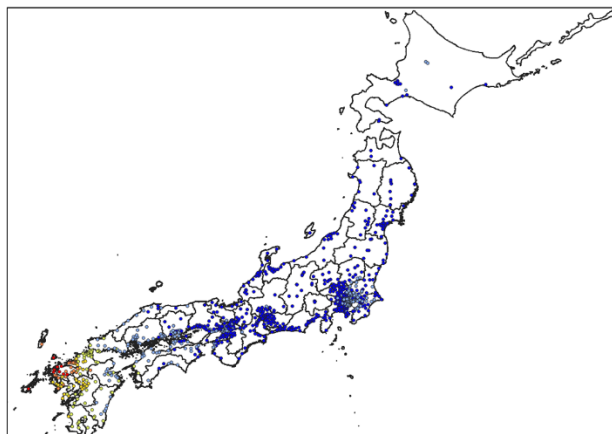


図 5-3-2- 6 (5) ライダー黄砂消散係数と SPM の経時変化 (富山)

2020年2月9日



2019年2月10日



2020年2月11日

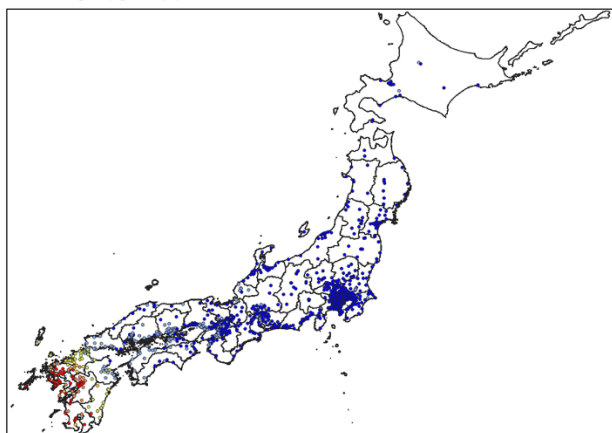


図 5-3-2- 7 PM2.5 日平均值全国分布

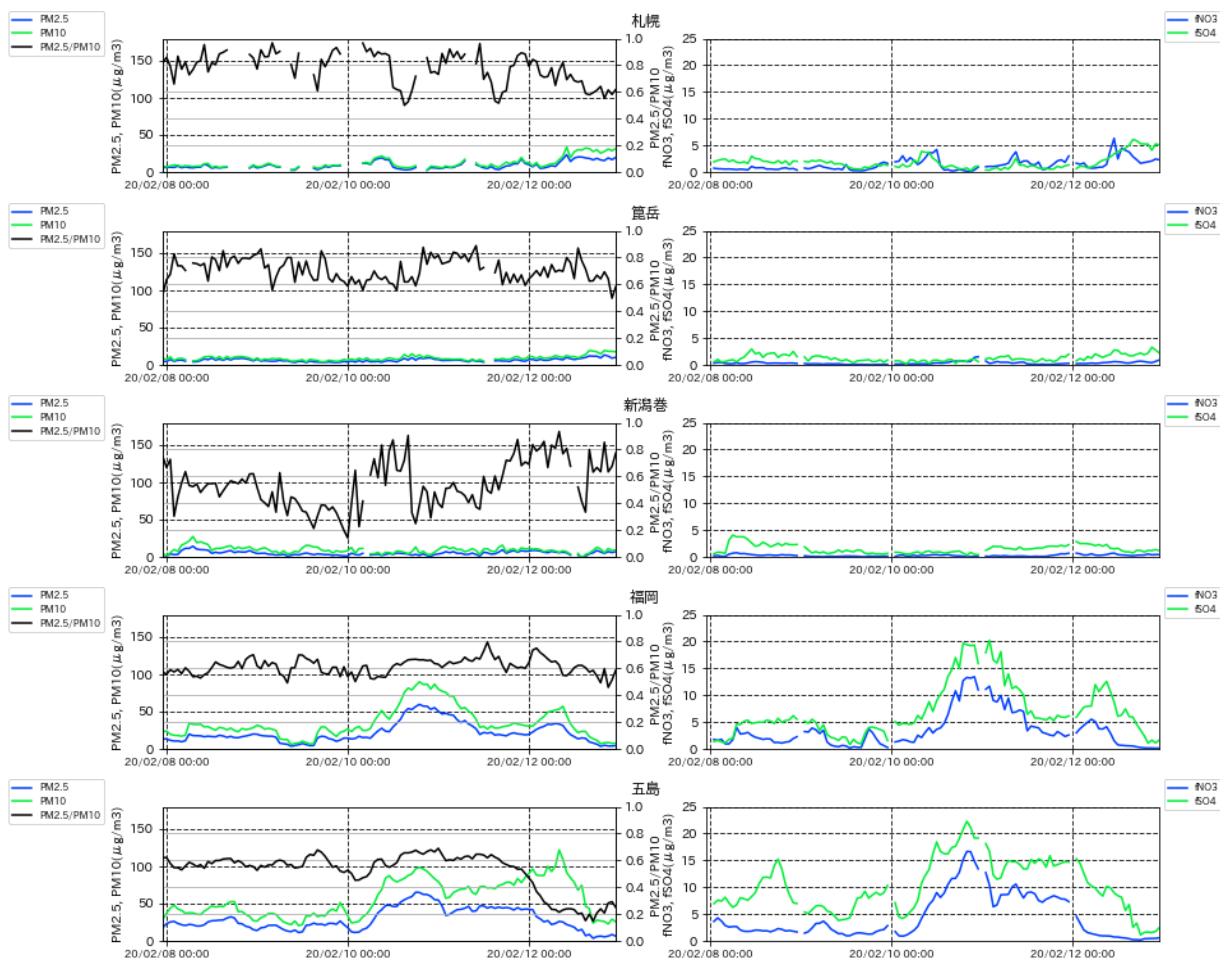


図 5-3-2-8 PM10 および PM2.5 とその成分の経時変化

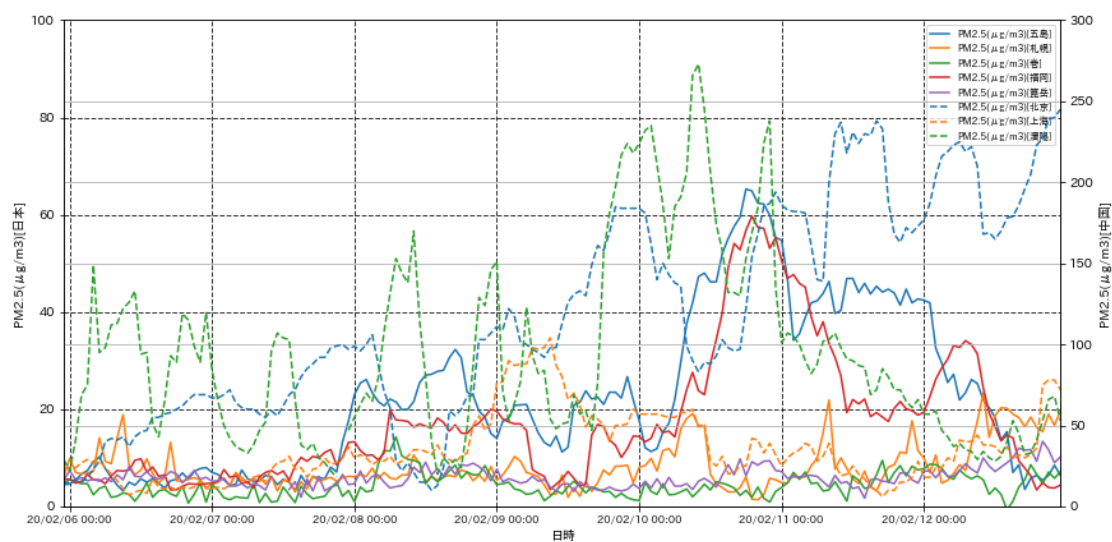


図 5-3-2-9 日本と中国での PM2.5 濃度