

## 4. 黄砂と成分濃度

### 4.1. 平成 24(2012)年度の成分分析結果

平成 24(2012)年度の成分分析のための粉じん採取は、平成 24(2012)年 4 月 23～25 日と、平成 25(2013)年 3 月 19～21 日に実施した。

なお、PAHs については、平成 21(2009)年 3 月 17～19 日、6 月 4～6 日、平成 23(2011)年 4 月 27～29 日、5 月 13～15 日、平成 24(2012)年 3 月 23～25 日に採取したサンプルについても追加して分析を行った。

#### 4.1.1. 調査時の状況

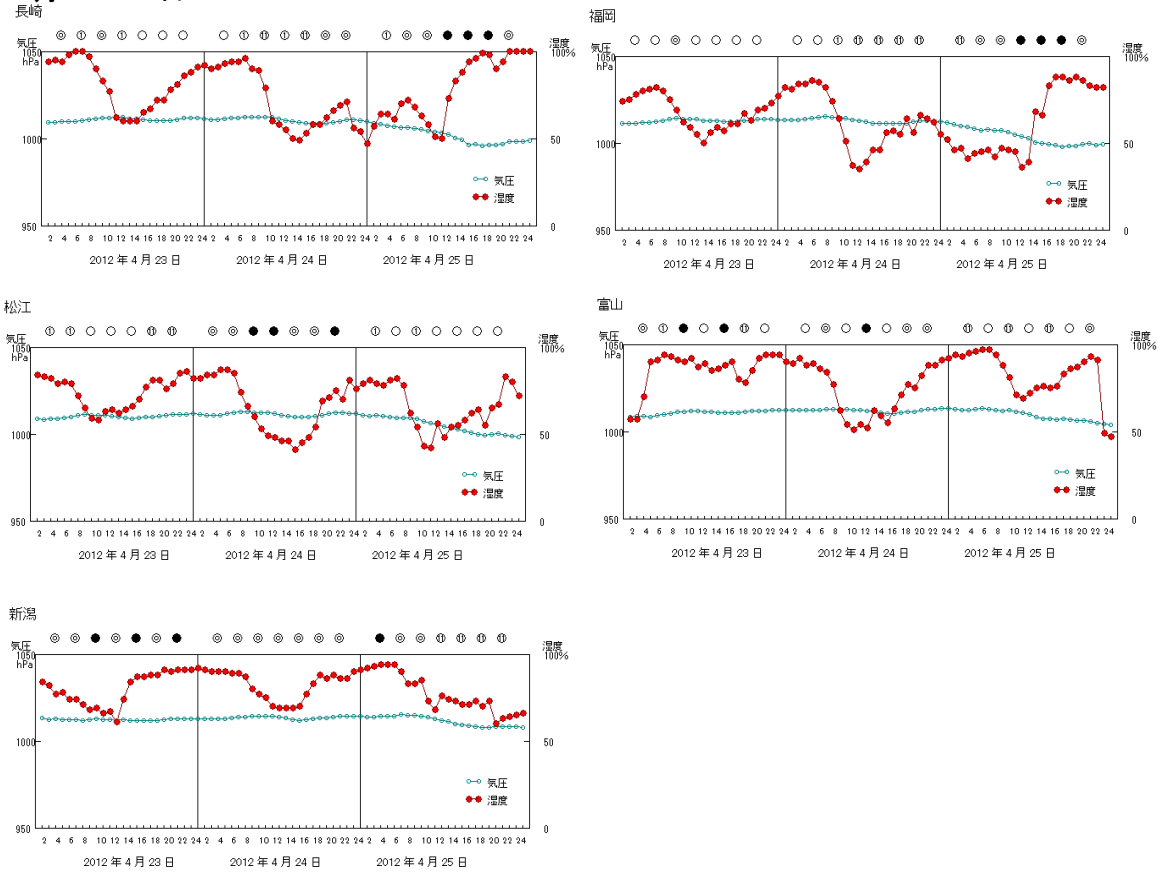
平成 24(2012)年度の 1 回目の採取である平成 24(2012)年 4 月 23～25 日の状況については、「3.4. 平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況 (3) p. 16」に示したとおり、西日本を中心に 20 地点近くで黄砂が観測された日で、煙霧も 15 地点以上で観測されている。西日本の多くの地点で、PM<sub>2.5</sub>濃度も 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超しており、福岡での硫酸イオン濃度の上昇 (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超) も併せて、混在黄砂と考えられる。

2 回目の採取期間の平成 25(2013)年 3 月 19～20 日の状況については、同様に「3.4. 平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況 (10) p. 30」に示したとおりで、黄砂観測地点数としては 1 回目よりも多く、19 日、20 日ともに 25 地点を超しており、地域は西日本から東北にまで及んでいる。煙霧は九州と関東で 6 地点観測されている。松江での後方流跡線、福岡での硫酸イオン濃度の上昇 (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超) など 1 回目と同様、混在黄砂と考えられる。

図 4-1-1 に、採取期間の気象データ (天気、気圧、湿度) を示す。4 月 23～25 日は、長崎、福岡はおおむね晴であるが、松江、富山、新潟は一時雨が降っている。3 月 19～21 日は、全地点で一時雨がみられるもののその時間は短い。

図 4-1-2 に、採取期間の常時監視測定局での SPM、SO<sub>2</sub>、風向ベクトルを示す。4 月 23～25 日、長崎、福岡で SPM 濃度が 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時間が長く続き、富山では 24 日から上昇している。3 月 19～21 日も同様に、長崎、福岡で SPM 濃度が 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時間が継続している。

2012年4月23~25日



2013年3月19~21日

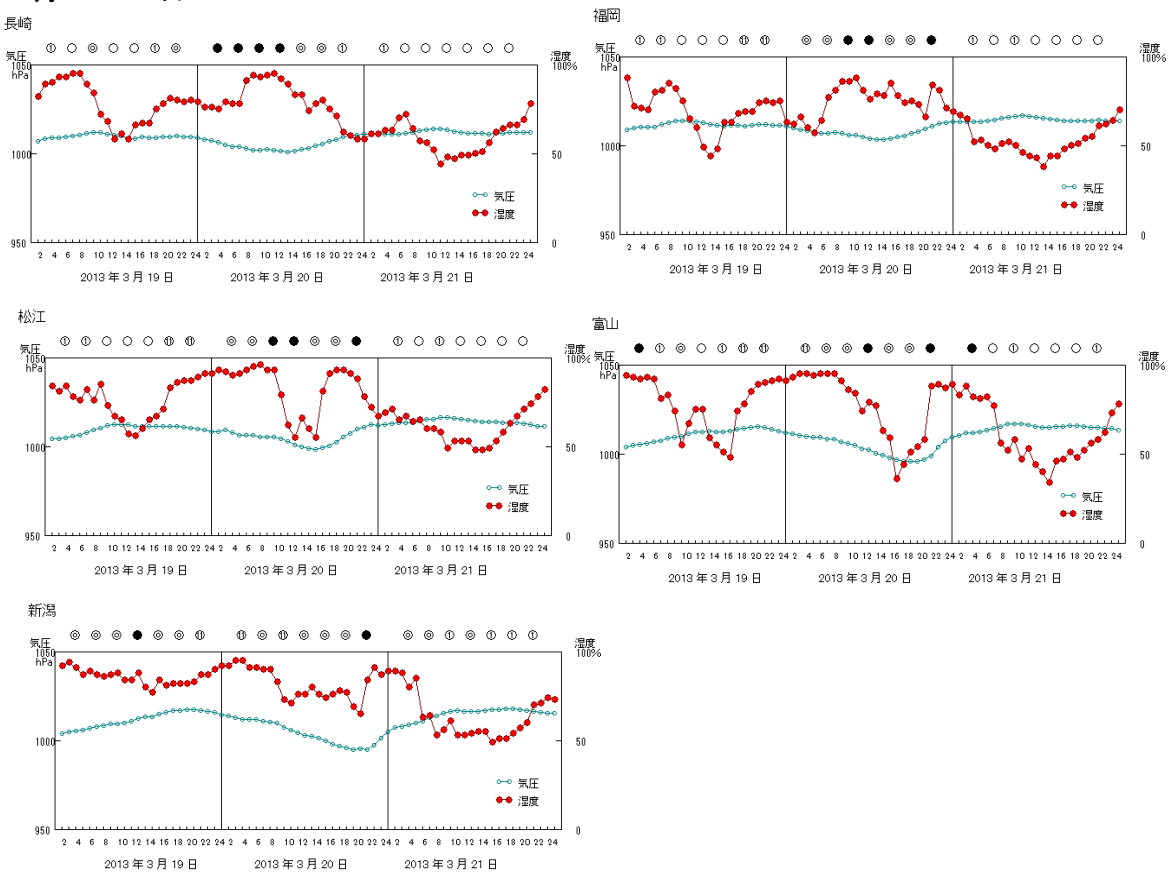
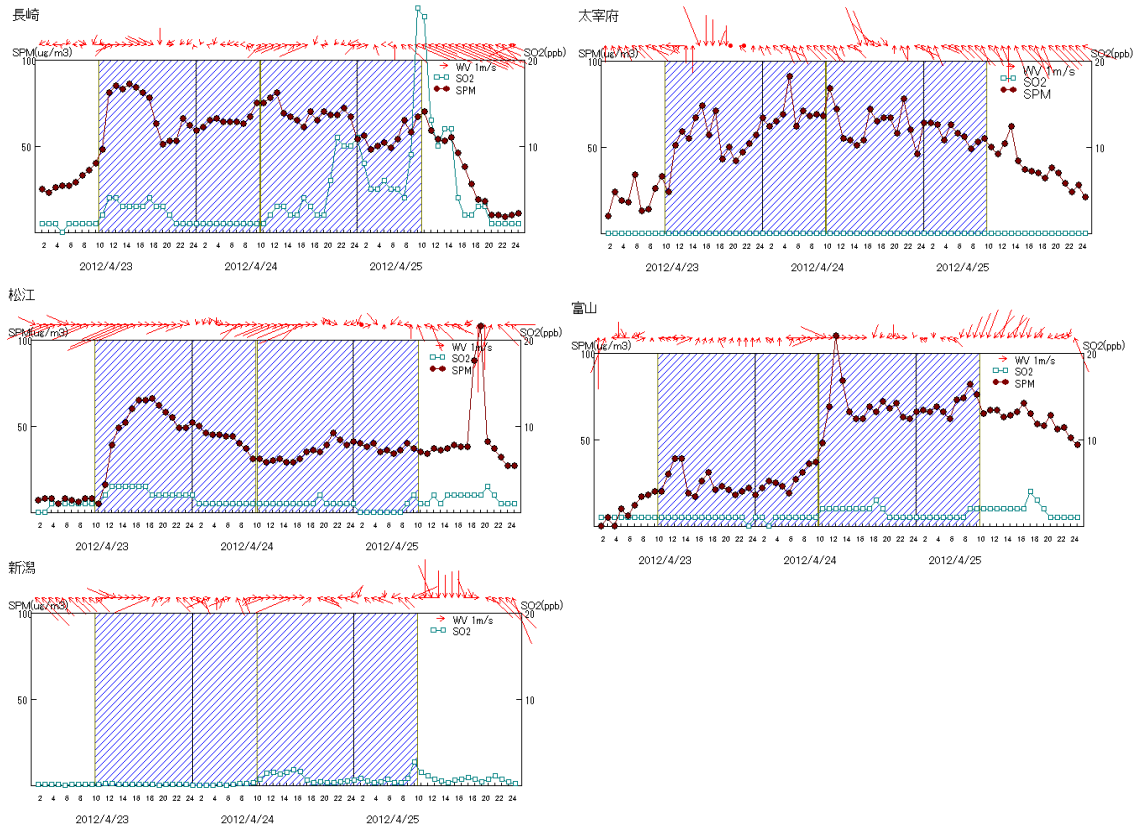


図 4-1-1 粉じん採取時の気象状況

2012年4月23~25日



2013年3月19~21日

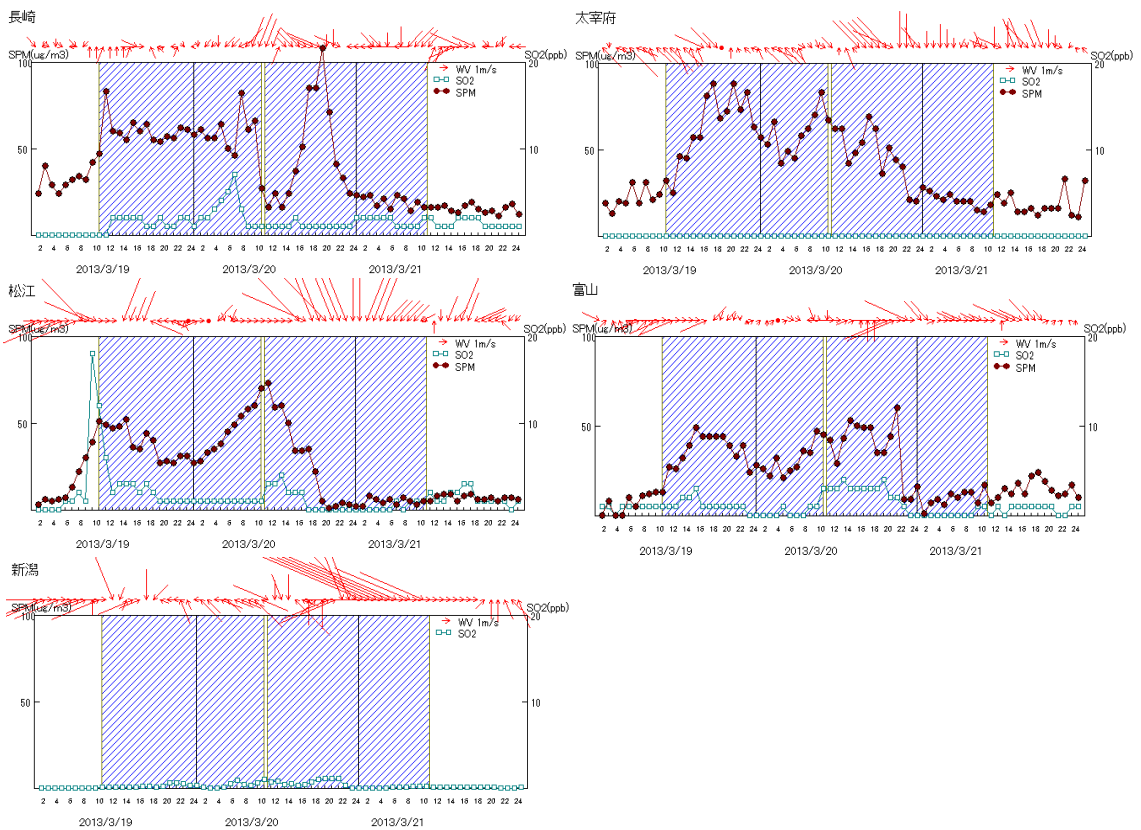


図 4-1-2 粉じん採取時の SPM、SO<sub>2</sub>、風向ベクトル

## 4.1.2. 調査結果

### (1) 浮遊粉じん(TSP)濃度

平成 24 (2012) 年度における調査地点・調査日毎のハイボリウムサンプラー(HV)により採取した TSP 濃度を表 4-1-1 に、日・地点別の濃度グラフを図 4-1-3 にそれぞれ示す。

TSP 濃度は、4 月 24~25 日に長崎と太宰府、3 月 19~20 日に長崎、太宰府、松江で、それぞれ  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。

表 4-1-1 浮遊粉じん (TSP) 濃度

採取地点		開始年月日	開始時	終了年月日	終了時	TSP	黄砂・煙霧の観測
単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
長崎	長崎県環境保健研究センター	2012/4/23	9:30	2012/4/24	9:30	74	煙霧
		2012/4/24	9:34	2012/4/25	9:34	149	煙霧
太宰府	福岡県保健環境研究所	2012/4/23	9:30	2012/4/24	9:20	93	黄砂煙霧
		2012/4/24	9:30	2012/4/25	9:20	109	黄砂煙霧
松江	島根県保健環境科学研究所	2012/4/23	9:30	2012/4/24	9:30	73	黄砂
		2012/4/24	9:40	2012/4/25	9:40	84	黄砂
富山	富山県環境科学センター	2012/4/23	9:30	2012/4/24	9:20	30	煙霧
		2012/4/24	9:30	2012/4/25	9:30	84	煙霧
新潟	新潟県保健環境科学研究所	2012/4/23	9:30	2012/4/24	9:35	15	煙霧
		2012/4/24	9:35	2012/4/25	9:30	70	煙霧

採取地点		開始年月日	時:始	終了年月日	時:終	TSP	黄砂・煙霧の観測
単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
長崎	長崎県環境保健研究センター	2013/3/19	10:00	2013/3/20	10:00	177	黄砂煙霧
		2013/3/20	10:30	2013/3/21	10:30	56	黄砂煙霧
太宰府	福岡県保健環境研究所	2013/3/19	10:00	2013/3/20	10:00	172	黄砂
		2013/3/20	10:30	2013/3/21	10:30	53	黄砂煙霧
松江	島根県保健環境科学研究所	2013/3/19	10:00	2013/3/20	10:10	102	黄砂
		2013/3/20	10:30	2013/3/21	10:30	53	黄砂
富山	富山県環境科学センター	2013/3/19	10:00	2013/3/20	10:00	81	黄砂
		2013/3/20	10:30	2013/3/21	10:30	56	黄砂
新潟	新潟県保健環境科学研究所	2013/3/19	10:00	2013/3/20	10:00	64	黄砂
		2013/3/20	10:30	2013/3/21	10:30	73	黄砂

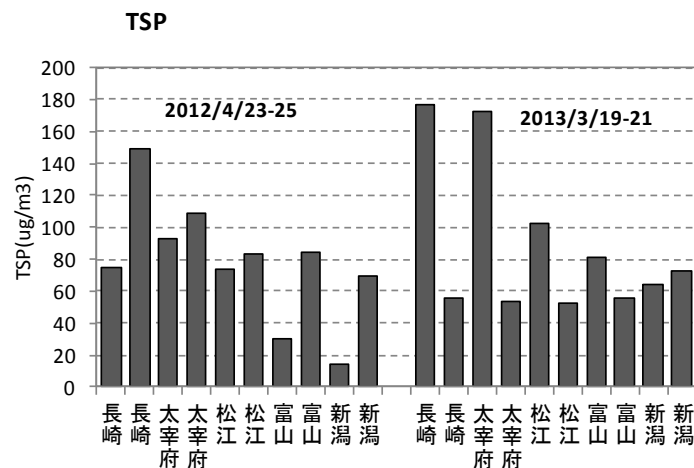


図 4-1-3 TSP 濃度

(2) 金属成分

平成 24(2012)年度における調査日ごとの HV 捕集での金属等の分析結果を表 4-1-2 に、アルミニウム(Al)と鉄(Fe)の日・地点別の濃度グラフを図 4-1-4 にそれぞれ示す。

黄砂が観測され TSP が 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた 4 月 24~25 日の長崎、3 月 19~20 日の長崎、太宰府では、Al の濃度が高く 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超え、併せて Fe の濃度も上昇している。

表 4-1-2 金属成分の分析結果

2012.4.23-25 単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

地点名	開始年月日	Al	Fe	Mg	Ca	Sr	Mn	Ti	Zn
長崎	2012/4/23-24	2.44	1.50	0.66	2.30	0.013	0.050	0.150	0.123
	2012/4/24-25	6.52	4.81	0.51	5.22	0.033	0.115	0.392	0.080
太宰府	2012/4/23-24	3.48	2.54	1.05	1.67	0.017	0.065	0.240	0.090
	2012/4/24-25	1.57	1.12	0.49	3.56	0.009	0.037	0.120	0.113
松江	2012/4/23-24	1.30	0.90	0.44	1.30	0.008	0.034	0.091	0.123
	2012/4/24-25	2.59	1.70	0.90	2.72	0.015	0.047	0.180	0.064
富山	2012/4/23-24	0.53	0.50	0.19	0.49	0.003	0.013	0.045	0.075
	2012/4/24-25	1.48	1.10	0.52	1.49	0.008	0.054	0.099	0.177
新潟	2012/4/23-24	0.19	0.25	0.06	0.18	0.001	0.007	0.022	0.036
	2012/4/24-25	0.41	0.60	0.31	0.82	0.005	0.023	0.065	0.085

2013.3.19-21 単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

地点名	開始年月日	Al	Fe	Mg	Ca	Sr	Mn	Ti	Zn
長崎	2013/3/19-20	6.37	3.70	2.14	4.90	0.032	0.138	0.150	0.082
	2013/3/20-21	0.78	0.53	0.54	0.70	0.006	0.022	0.054	0.042
太宰府	2013/3/19-20	6.39	3.87	2.16	4.81	0.033	0.108	0.240	0.103
	2013/3/20-21	1.40	0.88	0.63	1.02	0.009	0.030	0.120	0.057
松江	2013/3/19-20	3.73	2.10	1.32	2.56	0.018	0.058	0.091	0.103
	2013/3/20-21	1.62	1.00	0.76	1.76	0.010	0.031	0.180	0.044
富山	2013/3/19-20	2.18	1.29	0.93	1.81	0.013	0.039	0.045	0.066
	2013/3/20-21	1.23	0.65	0.53	1.10	0.008	0.024	0.099	0.052
新潟	2013/3/19-20	1.21	0.64	0.57	1.10	0.007	0.019	0.022	0.029
	2013/3/20-21	1.20	0.60	0.61	1.00	0.008	0.030	0.065	0.054

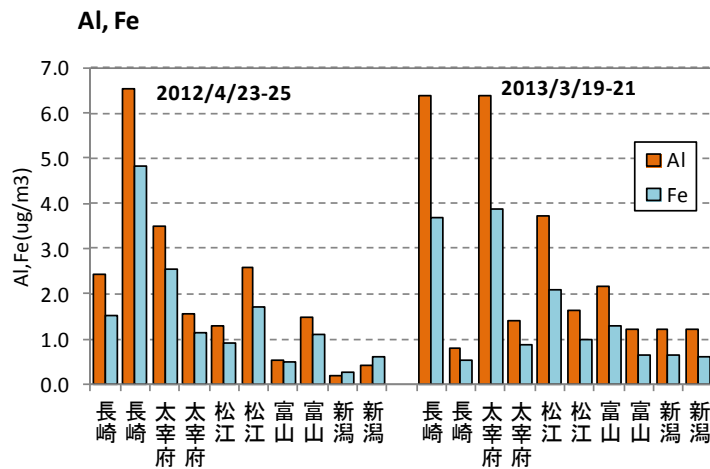


図 4-1-4 TSP 中 Al, Fe 濃度

### (3) イオン成分

二段型ローボリウムサンプラー（LV）により捕集した粒径 2.5 $\mu\text{m}$  以下（微小粒子(PM<sub>2.5</sub>））中のイオン成分等の分析結果を表 4-1-3 に、硝酸イオン、硫酸イオンの日・地点別の濃度グラフを図 4-1-5 にそれぞれ示す。

煙霧も多く地点で観測されている 4 月 23～25 日は硫酸イオン濃度が上昇しており、太宰府、松江、富山、新潟で 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。3 月 19～20 日も硫酸イオン濃度は比較的高く、長崎、太宰府、松江で 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。硝酸イオン濃度は 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  前後の値が多く、硫酸イオン濃度と比べて、地点や日による濃度の違いは小さい。

表 4-1-3 微小粒子 (<2.5 $\mu\text{m}$ ) 中のイオン成分分析結果

2012.4.23-25		単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
地点名	採取期間	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>
太宰府	2012.4.23-24	56	3.90	21.0	0.13	8.90	0.32	0.67	0.04	0.19
	2012.4.24-25	49	1.30	16.0	0.12	5.67	0.55	0.40	0.07	0.06
松江	2012.4.23-24	40	0.35	22.0	0.20	8.40	0.14	0.55	0.04	0.05
	2012.4.24-25	42	0.48	16.0	0.14	5.57	0.63	0.42	0.08	0.07
富山	2012.4.23-24	20	0.92	6.6	0.13	2.60	0.13	0.19	0.04	0.10
	2012.4.24-25	58	4.80	24.0	0.16	10.00	0.23	0.59	0.05	0.31
新潟	2012.4.23-24	9	1.10	1.6	0.03	0.70	0.13	0.08	0.02	0.05
	2012.4.24-25	45	2.65	21.0	0.21	7.90	0.16	0.35	0.04	0.07

2013.3.19-21		単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
地点名	採取期間	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>
長崎	2013.3.19-20	60	2.10	14.0	0.46	4.60	1.07	0.53	0.18	0.37
	2013.3.20-21	-	2.00	6.6	0.28	2.80	0.22	0.18	0.10	0.28
太宰府	2013.3.19-20	64	3.80	12.0	0.35	4.60	0.96	0.48	0.16	0.26
	2013.3.20-21	24	2.10	8.1	0.21	3.55	0.16	0.29	0.04	0.16
松江	2013.3.19-20	43	2.40	13.0	0.54	4.80	0.31	0.48	0.11	0.19
	2013.3.20-21	14	0.37	5.2	0.25	1.70	0.24	0.17	0.08	0.09
富山	2013.3.19-20	31	1.90	7.8	0.34	3.23	0.27	0.23	0.08	0.31
	2013.3.20-21	29	0.49	4.7	0.22	1.43	0.31	0.17	0.08	0.12
新潟	2013.3.19-20	-	3.47	5.5	0.27	3.20	0.11	0.24	0.04	0.47
	2013.3.20-21	-	1.80	5.1	0.31	2.73	0.16	0.20	0.07	0.47

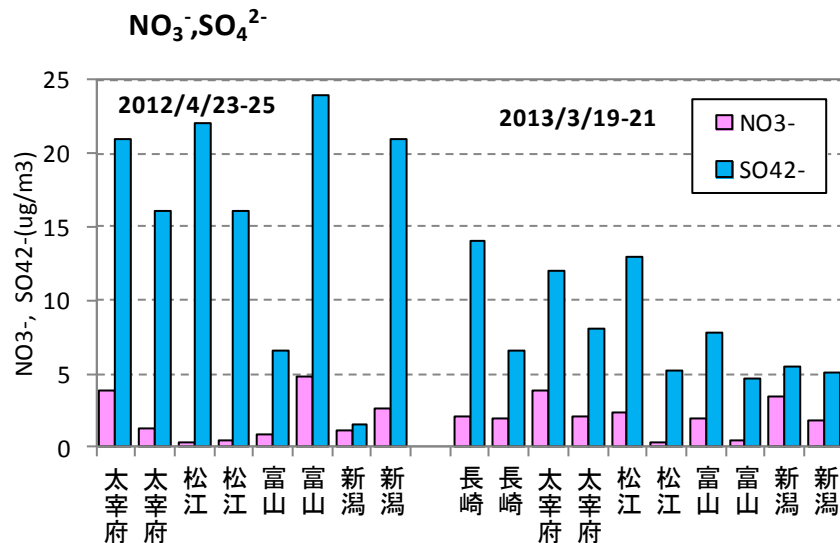


図 4-1-5 微小粒子中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度

(4) 多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 成分

平成 24(2012)年度調査における HV ろ紙に捕集した粉じん中の PAHs 成分の分析結果を表 4-1-4 に、PAHs 各成分の合計量 (PAHs) の日・地点別濃度グラフを図 4-1-6 にそれぞれ示す。本調査期間中は、太宰府、松江で比較的濃度が高くなっている。

なお過年度の追加分析の結果についても、表 4-1-5、図 4-1-7 に示す。採取日の平成 21(2009)年 3 月 17~19 日 (5.2.大規模黄砂の事例(9) K11 p.74 参照)、平成 23(2011)年 5 月 13~15 日 (5.2.大規模黄砂の事例(14) K16 p.82 参照) は、いずれも黄砂が 30 地点以上で観測された大規模黄砂の時である。平成 23(2011)年 4 月 27~29 日は九州を中心にした煙霧のみの観測 (7 地点) で、平成 24(2012)年 3 月 24~25 日は、黄砂が 12 地点、煙霧が 5 地点で観測された混在黄砂時である。また、平成 21(2009)年 6 月 4~6 日は黄砂や煙霧の影響を受けていない期間である。

表4-1-4 PAHs 成分分析結果

単位: pg/m<sup>3</sup>

地点名	採取期間	TSP	Benzo(a)anthracene	Chrysenes	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene	Indeno(1,2,3cd)pyrene	Dibenz(a,h)anthracene	Benzo(ghi)perylene	Coronene	PAHs
長崎	2012.4.23-24	74	60	200	340	130	210	120	6	230	23	220	80	1619
	2012.4.24-25	149	56	200	300	110	180	130	6	200	21	200	75	1478
太宰府	2012.4.23-24	93	100	300	450	180	280	190	11	310	32	320	120	2293
	2012.4.24-25	109	130	360	500	190	310	250	13	360	37	380	140	2670
松江	2012.4.23-24	73	67	240	330	130	210	140	6	220	22	210	69	1644
	2012.4.24-25	84	95	230	390	150	260	210	14	280	34	310	100	2073
富山	2012.4.23-24	30	51	120	190	74	120	87	6	140	15	160	63	1026
	2012.4.24-25	84	53	170	280	100	170	100	6	190	21	200	68	1358
新潟	2012.4.23-24	15	17	47	86	32	54	34	0	66	7	72	27	442
	2012.4.24-25	70	35	110	200	76	120	72	5	140	14	160	63	995

単位: pg/m<sup>3</sup>

地点名	採取期間	TSP	Benzo(a)anthracene	Chrysenes	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene	Indeno(1,2,3cd)pyrene	Dibenz(a,h)anthracene	Benzo(ghi)perylene	Coronene	PAHs
長崎	2013.3.19-20	177	66	260	370	120	230	140	0	180	20	210	72	1668
	2013.3.20-21	56	65	160	240	83	130	110	0	110	15	130	37	1080
太宰府	2013.3.19-20	172	120	360	540	190	350	250	11	280	29	360	120	2610
	2013.3.20-21	53	66	190	240	87	150	120	0	120	12	150	50	1185
松江	2013.3.19-20	102	98	290	440	150	280	210	11	230	30	270	90	2099
	2013.3.20-21	53	64	180	240	90	150	120	0	120	16	130	43	1153
富山	2013.3.19-20	81	110	220	330	140	210	190	10	210	29	230	85	1764
	2013.3.20-21	56	71	180	270	98	160	140	0	150	17	170	56	1312
新潟	2013.3.19-20	64	40	120	180	69	110	110	0	120	0	130	48	927
	2013.3.20-21	73	55	140	230	85	140	130	0	140	11	150	51	1132

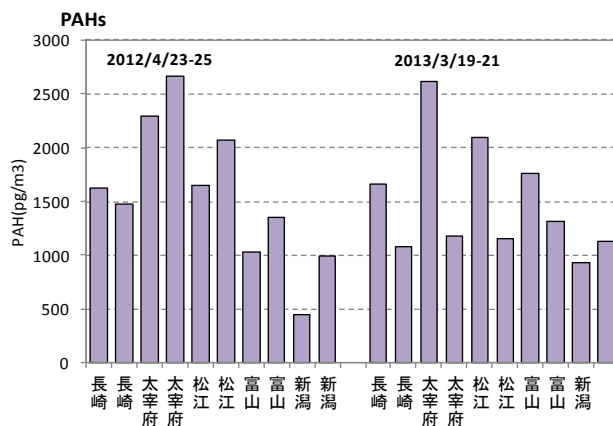


図 4-1-6 TSP 中 PAHs 濃度



表4-1-5 PAHs 成分分析結果 (2012年度以前)

単位: pg/m<sup>3</sup>

地点名	採取期間	TSP	Benzo(a)anthracene	Chrysenes	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene	Indeno(1,2,3cd)pyrene	Dibenz(a,h)anthracene	Benzo(ghi)perylene	Corone	PAHs
長崎	2009 3/17-18	97	27	86	140	51	86	62	0	92	12	99	47	702
	2009 3/18-19	23	0	9.6	17	0	0	10	0	13	0	16		66
太宰府	2009 3/17-18	125	63	160	280	100	180	140	7.3	210	27	250	98	1515
	2009 3/18-19	74	55	110	220	93	160	130	13	220	27	270	110	1408
松江	2009 3/17-18	106	230	540	1100	420	840	570	52	860	110	1100	350	6172
	2009 3/18-19	51	57	110	320	120	260	140	9.1	340	29	490	220	2095
富山	2009 3/17-18	148	210	500	680	270	420	340	17	470	50	530	220	3707
	2009 3/18-19	109	98	310	420	160	270	200	9	260	31	300	110	2168
新潟	2009 3/17-18	106	75	200	350	130	220	170	9.8	250	28	280	120	1833
	2009 3/18-19	72	70	160	250	93	160	160	8	190	27	210	79	1407
長崎	2009 6/4-5	32	18	57	75	31	50	44	0	42	0	51	15	383
	2009 6/5-6	47	29	75	93	39	64	68	0	57	7.3	70	14	516
太宰府	2009 6/4-5	30	120	250	350	150	230	240	10	210	36	240	86	1922
	2009 6/5-6	48	61	110	200	87	140	120	6.9	130	18	160	63	1096
松江	2009 6/4-5	24	48	74	120	56	79	94	0	98	13	110	42	734
	2009 6/5-6	31	31	68	120	50	85	80	0	96	9.3	130	49	718
富山	2009 6/4-5	45	39	91	140	59	100	84	0	120	15	180	91	919
	2009 6/5-6	22	25	55	84	34	57	52	0	70	10	92	40	519
新潟	2009 6/4-5	36	12	44	69	25	44	34	0	48	0	53	20	349
	2009 6/5-6	50	22	49	84	36	62	67	0	87	9.9	100	41	558
松江	2011 4/27-28	41	42	120	180	63	92	92	4.8	150	14	150	57	965
	2011 4/28-29	18	23	59	170	49	99	56	4.4	150	10	180	72	872
富山	2011 4/27-28	34	39	110	120	42	64	71	3.9	91	12	100	38	691
	2011 4/28-29	20	52	130	150	56	68	67	6.5	120	14	120	40	824
新潟	2011 4/27-28	18	18	52	77	28	34	44		51	5.5	55	19	384
	2011 4/28-29	21	11	25	42	13	17	21		29	4	29	13	204
長崎	2011 5/13-14	234	120	390	610	220	360	270	11	360	42	400	150	2933
	2011 5/14-15	149	110	330	500	190	310	230	7.7	300	37	330	120	2465
太宰府	2011 5/13-14	132	64	170	270	100	170	150	0	170	20	200	80	1394
	2011 5/14-15	93	77	210	330	120	200	170	6.3	220	28	240	98	1699
松江	2011 5/13-14	150	52	140	210	80	130	110	0	120	15	140	46	1043
	2011 5/14-15	116	76	210	340	130	220	170	7.8	200	22	250	76	1702
富山	2011 5/13-14	273	52	170	230	84	140	100	0	130	18	150	52	1126
	2011 5/14-15	122	77	220	320	120	200	150	9	200	26	210	66	1598
新潟	2011 5/13-14	295	29	95	150	53	93	69	0	90	9.3	100	36	724
	2011 5/14-15	106	32	120	160	66	96	83	0	100	9.5	100	30	797
長崎	2012 3/23-24	62	90	260	390	130	220	150	0	200	21	200	77	1738
	2012 3/24-25	79	90	240	330	120	180	140	0	160	21	160	62	1503
太宰府	2012 3/23-24	45	99	280	400	140	220	150	6.7	210	23	230	84	1843
	2012 3/24-25	57	120	300	420	160	220	180	7.9	220	28	220	79	1955
松江	2012 3/23-24	11	13	37	67	22	41	15		48	4.2	51	20	318
	2012 3/24-25	31	63	170	220	81	120	91		120	14	120	49	1048
富山	2012 3/23-24	31	42	140	170	62	100	66		120	11	120	50	881
	2012 3/24-25	12	22	70	75	29	45	34		48	3.6	54	23	404
新潟	2012 3/23-24	31	31	79	110	42	65	48		76	7.5	75	29	563
	2012 3/24-25	22	8.9	25	34	13	19	16		24		23		163

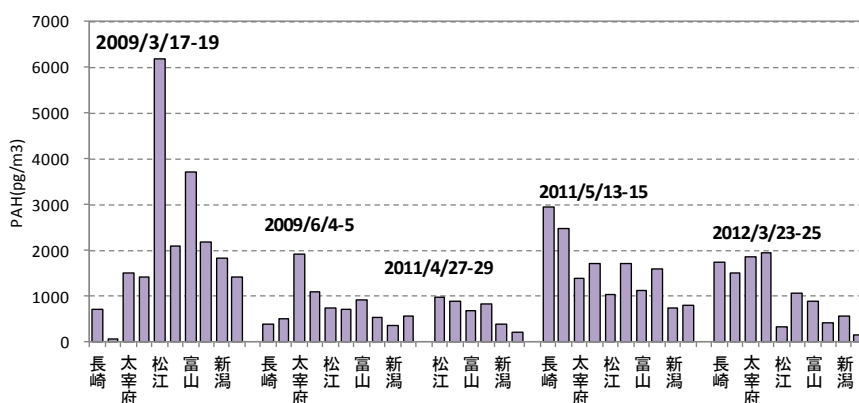


図 4-1-7 TSP 中 PAHs 濃度 (2012 年度以前)



## 4.2. 成分濃度による黄砂の特徴

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度まで、黄砂日を中心に多くの大気試料を集め分析に供した。ハイボリウムエアサンプラー (HV) による TSP の採取と Al などの金属類の分析を行ったサンプルは全部で 423 件ある。ローボリウムエアサンプラー(LV)により微小粒子 (PM<sub>2.5</sub>) として採取し、主にイオン類を分析したものは平成 18(2006)年度～平成 24(2012)年度に 316 件、TSP 中の PAHs を分析したものは平成 21(2009)年度～平成 22(2012)年度に 66 件、ガス状も含めて採取し分析した農薬類は平成 20(2008)年度～平成 22(2010)年度までに 36 件となっている。これらの分析結果について、金属類などの TSP 成分、イオン類、PAHs、農薬類に分けて整理する。

### 4.2.1. TSP 成分

平成 15(2003)～平成 24(2012)年度に採取した TSP 中の金属類、イオン類の多成分を分析した件体を抽出し、黄砂時を含めた浮遊粉じんの成分間の関係を見た。多成分が同時に分析されている平成 15(2003)年 4 月から平成 18(2006)年 4 月の 164 件を対象とした。採取地点は、長崎(17)、太宰府(18)、松江(20)、金沢(12)、新潟(21)、犬山(22)、つくば(12)、札幌(21)、立山(10)の 9 地点で (カッコ内はサンプル数)、成分は TSP、Mg、Al、Ca、Fe、Sr、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>の 14 項目である。

表 4-2-1 に、各成分の平均と最大を示す。また、TSP 濃度について黄砂・煙霧の観測状況とともに図 4-2-1 に示す。大きな黄砂が飛来した平成 16(2004)年 3 月 10～12 日、平成 18(2006)年 4 月 8～9 日、18～19 日は TSP が 150μg/m<sup>3</sup> を超す高濃度を示している。しかし、黄砂観測時でも 150μg/m<sup>3</sup> 以下の低いケースも多くみられる。

表 4-2-1 HV 採取粉じんでの各成分の平均・最大

	TSP	Mg	Al	Ca	Fe	Sr	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
平均	78	0.92	3.65	2.10	1.87	0.014	2.02	2.44	6.03	1.99	0.97	0.25	0.21	1.20
最大	445	7.04	34.62	13.07	18.04	0.090	10.71	16.80	23.58	7.60	6.90	1.00	0.91	10.01

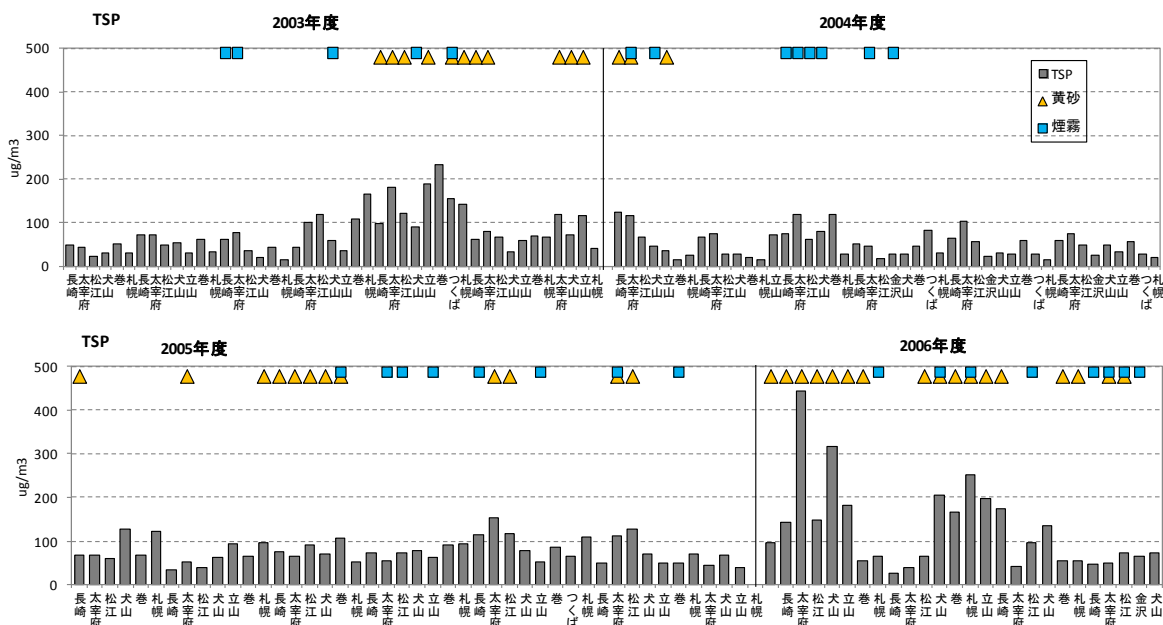


図 4-2-1 多成分分析に供した TSP 濃度と黄砂・煙霧観測状況

黄砂による TSP 高濃度などを含めたデータ群について、成分間の総体的な関係をみるために成分間の相関行列を、表 4-2-2 に示した。この結果から、Mg、Al、Ca、Fe、Sr といった主に土壌起源と思われる金属類が、TSP 濃度と高い相関関係にあることがわかる。また、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  とに比較的高い相関があるが、これらの成分は金属類にみられるような TSP 濃度との強い関係はみられていない。

図 4-2-2 では、さらに黄砂観測時に絞って (80 件)、TSP、Fe、Al 間の散布図で示す。TSP と Al での傾きが 0.08 であること、Fe は Al とほぼ同じような挙動をし、その割合は Al の半分程度であることがわかる。

表 4-2-2 HV 採取粉じんでの成分間相関

	TSP	Mg	Al	Ca	Fe	Sr	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$
TSP	1											
Mg	0.902	1										
Al	0.926	0.939	1									
Ca	0.807	0.858	0.797	1								
Fe	0.945	0.942	0.957	0.791	1							
Sr	0.890	0.947	0.902	0.930	0.901	1						
$\text{Cl}^-$	0.331	0.440	0.372	0.296	0.324	0.361	1					
$\text{NO}_3^-$	0.386	0.312	0.228	0.419	0.289	0.348	-0.059	1				
$\text{SO}_4^{2-}$	0.413	0.321	0.224	0.354	0.274	0.346	-0.128	0.477	1			
$\text{Na}^+$	0.315	0.441	0.326	0.308	0.294	0.382	0.902	0.033	0.012	1		
$\text{NH}_4^+$	0.105	-0.056	-0.078	-0.029	-0.039	-0.059	-0.286	0.549	0.765	-0.273	1	
$\text{K}^+$	0.577	0.497	0.434	0.442	0.471	0.484	0.085	0.502	0.805	0.189	0.607	1

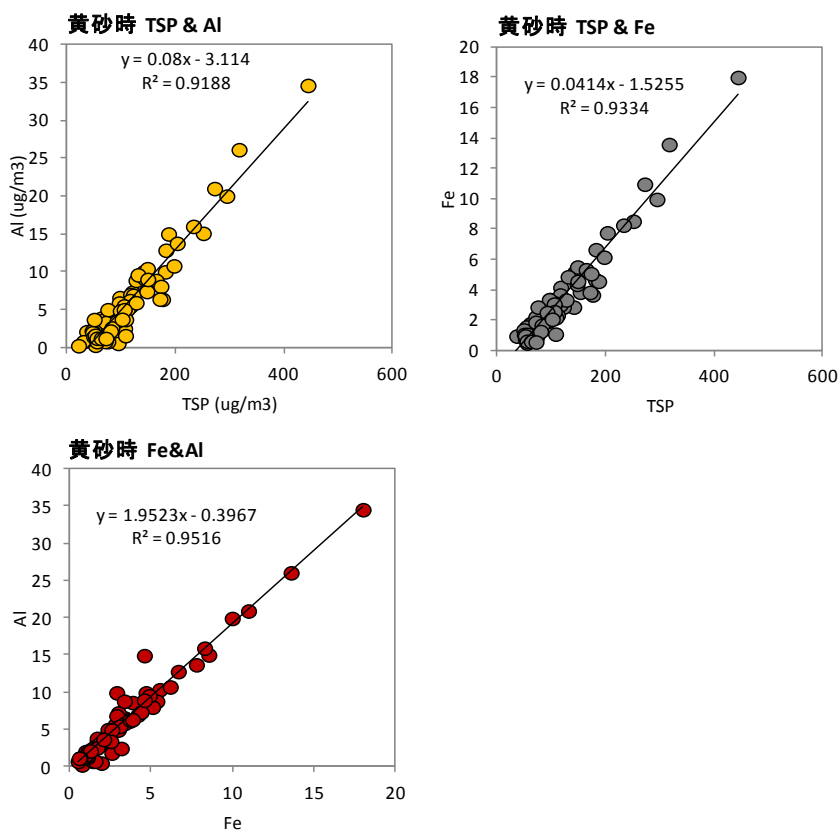


図 4-2-2 TSP と Al、TSP と Fe、Fe と Al の散布図

このデータ群で、黄砂においてAlの存在が重要であることが示されているため、TSP採取時にAlの分析値が存在するものを集めて(279件)、黄砂観測時で且つTSP濃度が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度を示したとき(37件)のAl濃度を抽出し、その時にTSP濃度に占めるAl濃度の割合とともに図4-2-3に示す。TSP濃度の平均は $166\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、Al平均濃度は $9.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。また、TSP濃度に占めるAl濃度の割合は、平均で5.5%となっている。これを、黄砂の観測がなくTSP濃度も $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の状況と比較すると、Al平均濃度 $0.67\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、平均組成2.4%と大きな違いがみられる。

Al濃度が高かった平成18(2006)年4月8~9日は、41地点で黄砂が観測された西日本全体を覆った大きな単純黄砂である(5.2大規模黄砂の事例(4) K05 p.64 参照)。平成23(2011)年5月13~14日も九州から東北まで39地点で黄砂が観測された大きな単純黄砂である(5.2大規模黄砂の事例(14) K16 p.82 参照)。

Alは、黄砂の飛来とともに濃度及びTSPに占める割合が増加することが確認できたことから、黄砂の指標的な成分と考えることができる。

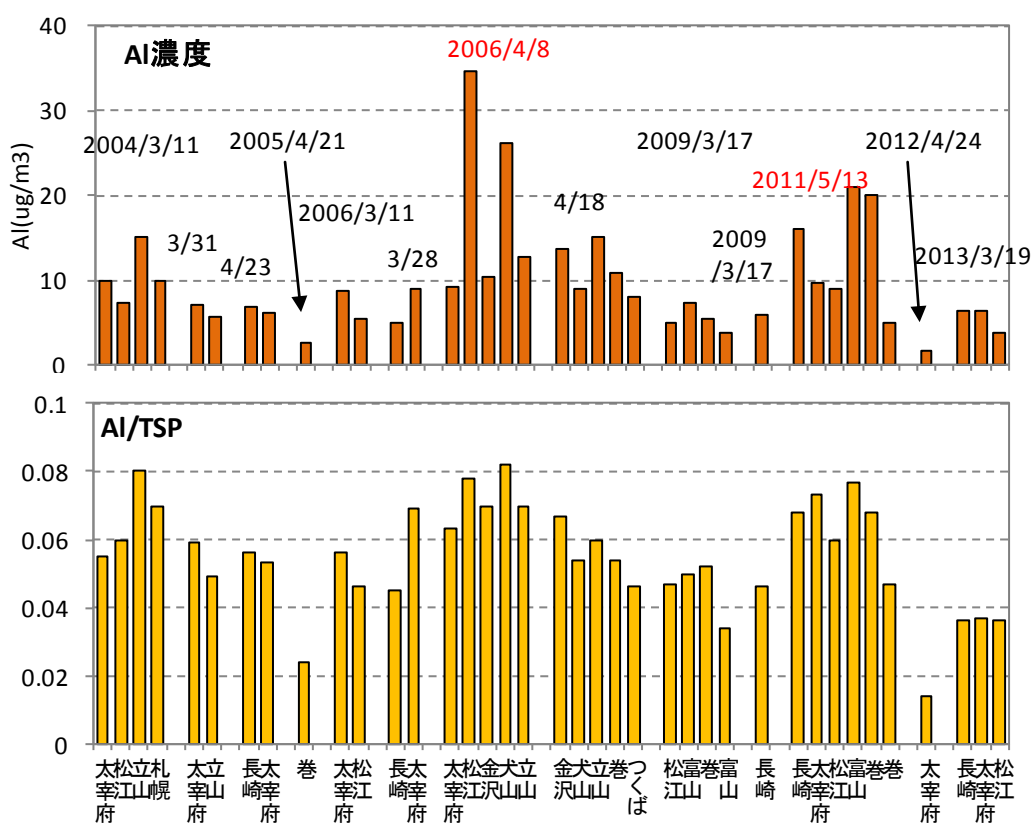


図4-2-3 黄砂でTSP高濃度時 ( $>100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上)のAl濃度とAl/TSP

## 4.2.2. イオン成分

平成 18(2006)～平成 24(2012)年度に微小粒子中のイオン類が分析されているサンプルを抽出し、黄砂時を含めた成分間の関係性をみた。微小粒子のイオンが分析されている試料は、この間に 253 件ある。採取地点は、長崎(28)、太宰府(36)、松江(42)、金沢(16)、富山(36)、新潟(40)、犬山(16)、つくば(15)、札幌(16)、立山(8) (カッコ内はサンプル数) の 10 地点で、成分は、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  の 8 項目である。

表 4-2-3 に、各成分の平均と最大を示す。イオン類の中で最も平均濃度が高いのは  $\text{SO}_4^{2-}$  で、次いで  $\text{NH}_4^+$  となっている。 $\text{NO}_3^-$  の濃度は低く、 $\text{SO}_4^{2-}$  の 1/5 程度である。このデータ群について相関行列を表 4-2-4 に示した。 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  などに高い相関関係がみられている。図 4-2-4 に黄砂日を抜き出して、 $\text{SO}_4^{2-}$  当量濃度と  $\text{NH}_4^+$  当量濃度、 $\text{NO}_3^-$  当量濃度と  $\text{NH}_4^+$  当量濃度の散布図と回帰式を示す。 $\text{SO}_4^{2-}$  当量濃度と  $\text{NH}_4^+$  当量濃度の関係で、相関係数が高く回帰式の傾きもほぼ 1 であることから、黄砂時の  $\text{SO}_4^{2-}$  は 主に  $\text{NH}_4^+$  と結合し  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  として存在していることが推測できる。

表 4-2-3 LV 採取微小粒子での各成分の平均・最大

	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$
平均	28	0.98	5.76	0.004	0.27	1.97	0.26	0.22	0.064
最大	126	5.90	24.00	0.034	1.08	10.00	1.80	0.92	0.300

表 4-2-4 LV 採取粉じん微小粒子の成分間相関

	$\text{PM}_{2.5}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$
$\text{PM}_{2.5}$	1								
$\text{NO}_3^-$	0.456	1							
$\text{SO}_4^{2+}$	0.470	0.355	1						
$\text{Cl}^-$	0.440	0.341	-0.160	1					
$\text{Na}^+$	0.571	0.194	0.119	0.630	1				
$\text{NH}_4^+$	0.371	0.437	0.970	-0.169	-0.009	1			
$\text{Ca}^{2+}$	0.829	0.353	0.202	0.470	0.630	0.064	1		
$\text{K}^+$	0.614	0.289	0.863	-0.052	0.281	0.793	0.382	1	
$\text{Mg}^{2+}$	0.753	0.354	0.268	0.457	0.779	0.112	0.882	0.444	1

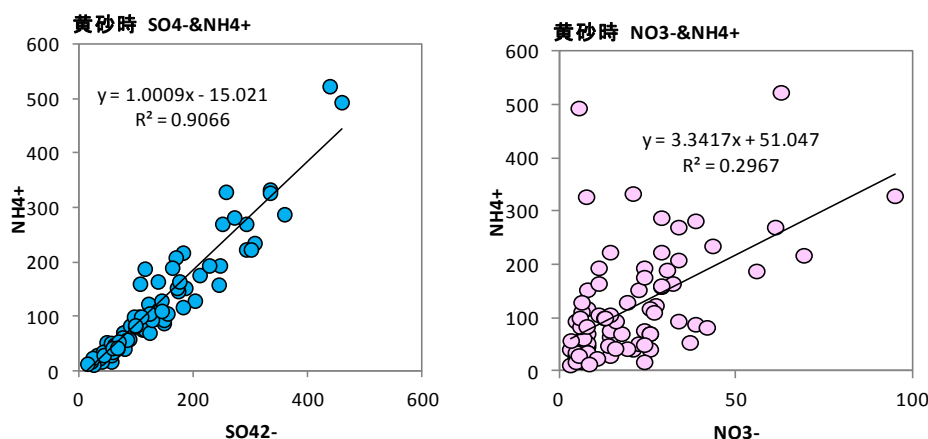


図 4-2-4 黄砂時の  $\text{SO}_4^{2-}$  当量濃度及び  $\text{NO}_3^-$  当量濃度と  $\text{NH}_4^+$  当量濃度の散布図

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が黄砂の飛来における汚染物質の混在を見分ける一つの指標になっているため、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>についてその濃度を棒グラフで、黄砂・煙霧の飛来状況とともに図4-2-5に示す。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度が15μg/m<sup>3</sup>を超しているのは平成19(2007)年5月8~10日、5月26~28日、平成24(2012)年4月23~25日の3事例である(図中赤字)。

2007年5月8~10日は松江や新潟で煙霧が観測されており、黄砂はつくばの1地点のみである。この時に、九州ではオキシダント注意報が10年ぶりに発令され越境汚染が全国的に話題になっている。

平成19(2007)年5月26~28日は全国50地点で観測された大きな黄砂で、硫酸イオンの高濃度から混在黄砂と考えられる(5.2.大規模黄砂の事例(6) K09 p.68 参照)。

平成24(2012)年4月23~25日は、22地点で黄砂が観測され、PM<sub>2.5</sub>の広域的な上昇や、福岡での硫酸イオン時間値の25μg/m<sup>3</sup>を超す高濃度などもみられており、混在黄砂と考えられる(3.4.平成24年度の黄砂飛来状況(3) p.16 参照)。

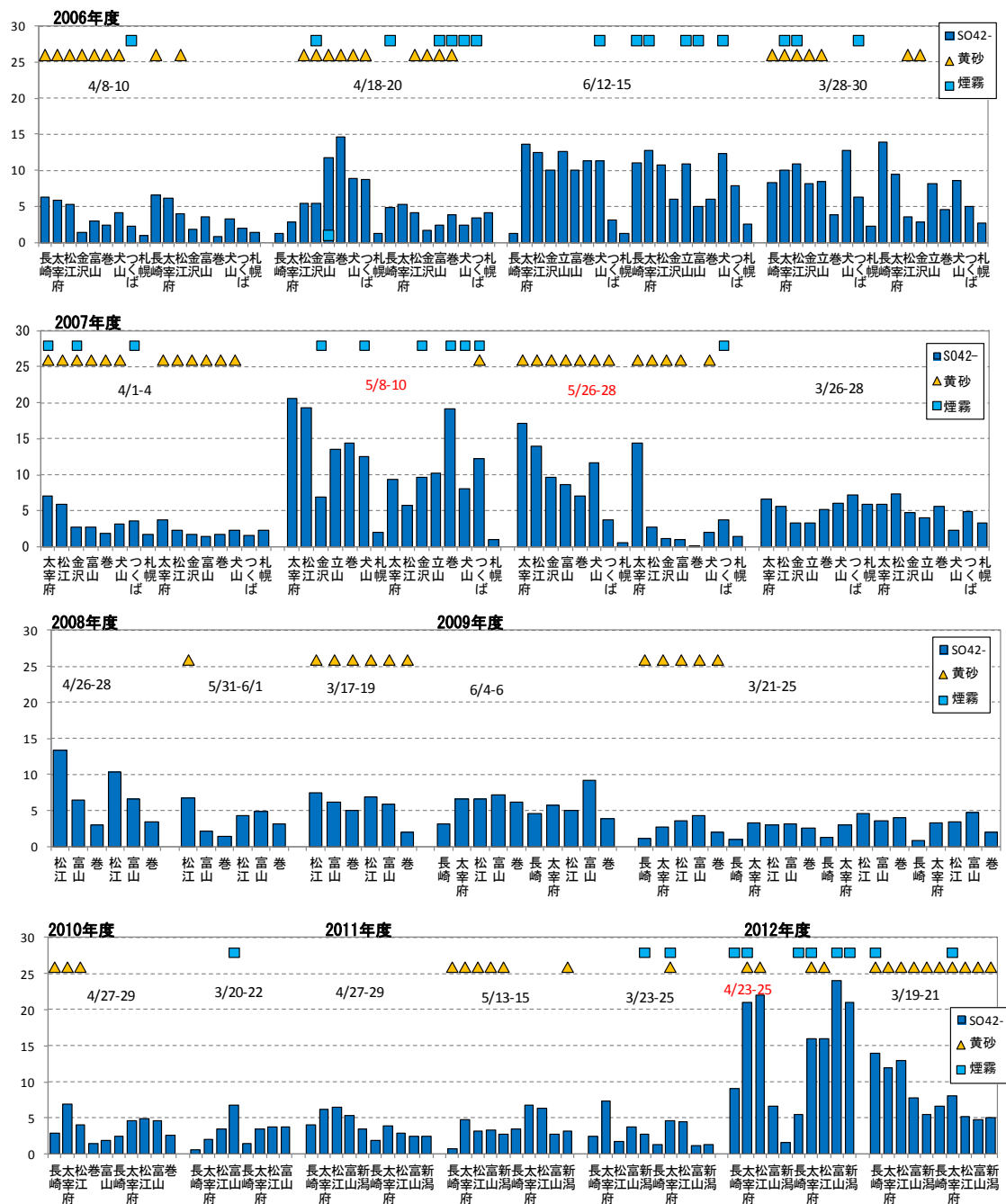


図4-2-5 微小粒子中SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度一覧

図 4-2-6 に、HV で採取した TSP 中の  $\text{SO}_4^{2-}$  と LV で採取した微小粒子中の  $\text{SO}_4^{2-}$  のデータが同時に得られた日を抽出して示す。 $\text{SO}_4^{2-}$  は平均で 73%程度が微小粒子に含まれている。

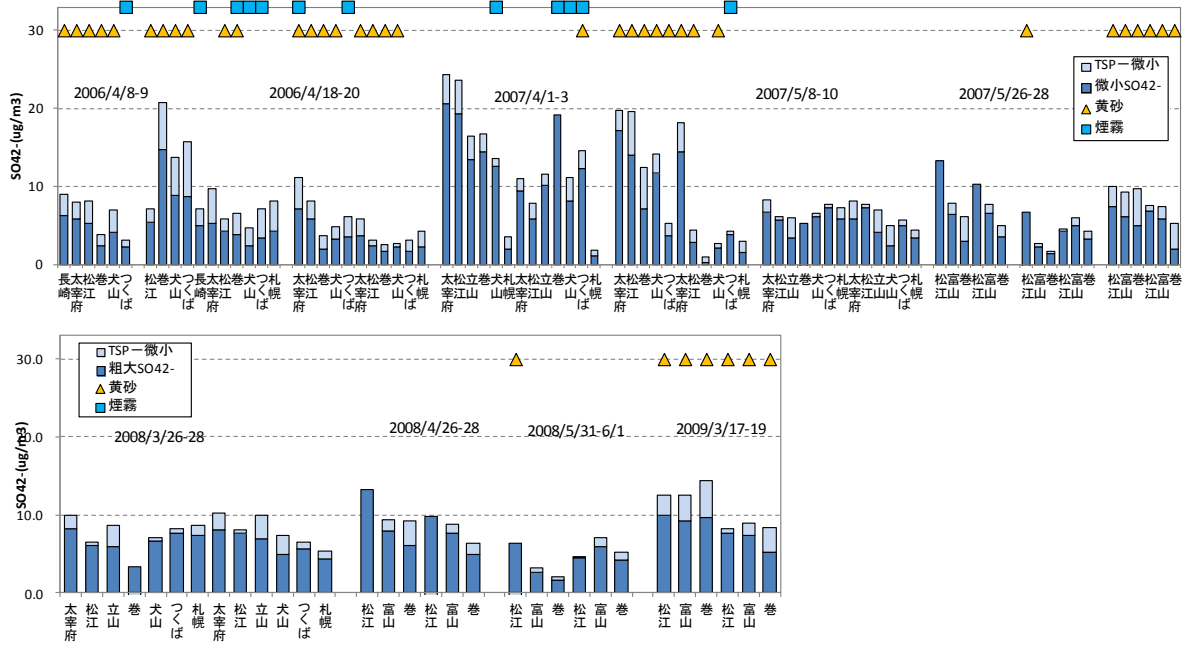


図 4-2-6 HV、LV 同時採取の  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度

### 4.2.3. PAHs 成分

平成 21(2009)～平成 24(2012)年度には、ハイボリウムエアサンプラーで採取した粉じん中の PAHs の分析を行っている。分析成分は、ベンゾ[a]アントラセン、クリセン、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[e]ピレン、ベンゾ[a]ピレン、ジベンゾ[a, c]アントラセン、インデノ[123cd]ピレン、ジベンゾ[a, h]アントラセン、ベンゾ[ghi]ピセン、コロネンの 11 種類である。サンプルは、黄砂日を中心に 66 件である。

表 4-2-5 に、PAHs 各成分の平均と最大を示す。また、全データの成分別濃度グラフを採取日順に、図 4-2-7 に成分の構成グラフとともに示す。成分として平均で最も多いのはベンゾ[b]フルオランテンである。

PAHs として濃度が高かった事例は、平成 21(2009)年 3 月 17～19 日の松江、富山、平成 23(2011)年 5 月 13～15 日の長崎、平成 24(2012)年 4 月 23～25 日の太宰府、松江、平成 25(2013)年 3 月 19～20 日の太宰府、松江などである（図中の赤字）。

表 4-2-5 PAHs 各成分の平均と最大

	pg/m <sup>3</sup>												
	TSP	Benzo(a)anthracene	Chrysene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene	Indeno(1,2,3cd)pyrene	Dibenz(a,h)anthracene	Benzo(ghi)perylene	Coronene	PAHs
平均	78	63	170	260	99	160	130	5.6	170	20	200	74	1400
最大	295	230	540	1100	420	840	570	52	860	110	1100	350	6200

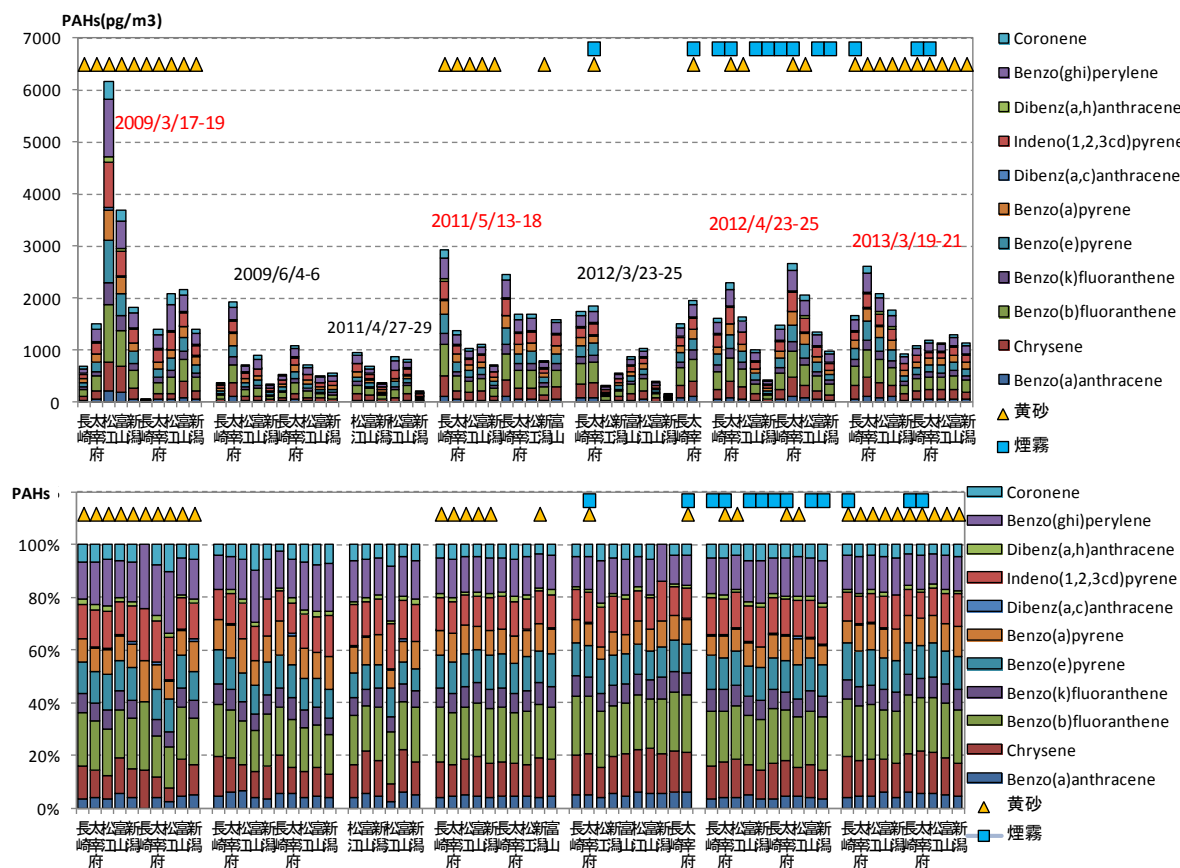


図 4-2-7 PAHs 成分別濃度と組成



平成 21(2009)年 3 月 17～19 日は、黄砂観測が 40 地点以上で全国規模の黄砂である (5.2. 大規模黄砂の事例(9)K11 p. 74 参照)。PAHs 濃度は松江で非常に高く、次に富山で高い。後方流跡線は、松江はモンゴル方面、富山、福岡は沿岸部からの流れになっており、また、硫酸イオンの上昇もやや高く、混在黄砂と考えられる。

平成 23(2011)年 5 月 13～15 日は、九州から東北まで 39 地点で黄砂が観測され、大宰府で硫酸イオン濃度があまり上昇していないので単純黄砂と考えているが (5.2. 大規模黄砂の事例 (14)K16p. 82 参照)、PAHs の高濃度から黄砂が沿岸部を通過する過程で混在黄砂となった可能性も考えられる。

平成 24(2012)年 4 月 23～24 日の状況は、黄砂は西日本を中心に 20 地点以上で観測されているが、煙霧も 15 地点以上で観測され、太宰府での硫酸イオン濃度の上昇、PM<sub>2.5</sub> の高濃度などから混在黄砂と考えられる (3.4. 平成 24 年度の黄砂飛来状況 (3) p. 16 参照)。

平成 25(2013)年 3 月 19～20 日は、30 地点近くで黄砂が観測されており、北陸での後方流跡線のモンゴルの通過、福岡での沿岸部からの流れ、硫酸イオン濃度の上昇などから、混在黄砂と考えられる (3.4. 平成 24 年度の黄砂飛来状況 (10) p. 30 参照)。

表 4-2-6 に PAHs の分析項目について成分間の相関行列を示す。いずれの項目もお互いに高い相関係数を示しており、成分による挙動の大きな違いはみられていない。

表 4-2-6 PAHs 成分の成分間相関

	TSP	Benzo(a)anthracene	Chrysene	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(k)fluoranthene	Benzo(e)pyrene	Benzo(a)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene	Indeno(1,2,3cd)pyrene	Dibenz(a,h)anthracene	Benzo(ghi)perylene	Coronene	PAHs
TSP	1												
Benzo(a)anthracene	0.285	1											
Chrysene	0.419	0.954	1										
Benzo(b)fluoranthene	0.383	0.943	0.957	1									
Benzo(k)fluoranthene	0.354	0.957	0.950	0.993	1								
Benzo(e)pyrene	0.345	0.910	0.900	0.983	0.984	1							
Benzo(a)pyrene	0.321	0.953	0.910	0.964	0.977	0.972	1						
Dibenz(a,c)anthracene	0.135	0.782	0.702	0.835	0.857	0.889	0.873	1					
Indeno(1,2,3cd)pyrene	0.281	0.878	0.843	0.949	0.957	0.974	0.944	0.926	1				
Dibenz(a,h)anthracene	0.279	0.889	0.832	0.931	0.946	0.960	0.954	0.934	0.967	1			
Benzo(ghi)perylene	0.255	0.835	0.782	0.915	0.924	0.962	0.924	0.927	0.987	0.956	1		
Coronene	0.244	0.804	0.743	0.871	0.883	0.914	0.875	0.872	0.963	0.913	0.978	1	
PAHs	0.335	0.938	0.919	0.988	0.992	0.993	0.979	0.889	0.982	0.964	0.962	0.927	1

黄砂観測時で且つ TSP 濃度が 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の高濃度を示したとき (14 件) と、黄砂非観測時で且つ TSP 濃度が 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下の濃度のとき (24 件) のそれぞれの PAHs 各成分の濃度について、濃度範囲を含めて図 4-2-8 に示す。黄砂時には濃度のばらつきは大きいものの、非黄砂時に比較して濃度の上昇がみられている。成分では、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[ghi]ピレンの濃度が高くなっている。

また、黄砂観測時で且つ TSP 濃度が 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上の高濃度を示したときを、単純黄砂 (5 件) と混在黄砂 (9 件) に分けて、各成分の濃度を比較して、図 4-2-9 に示す。混在黄砂がおおむね 1.5 倍程度高くなっている。

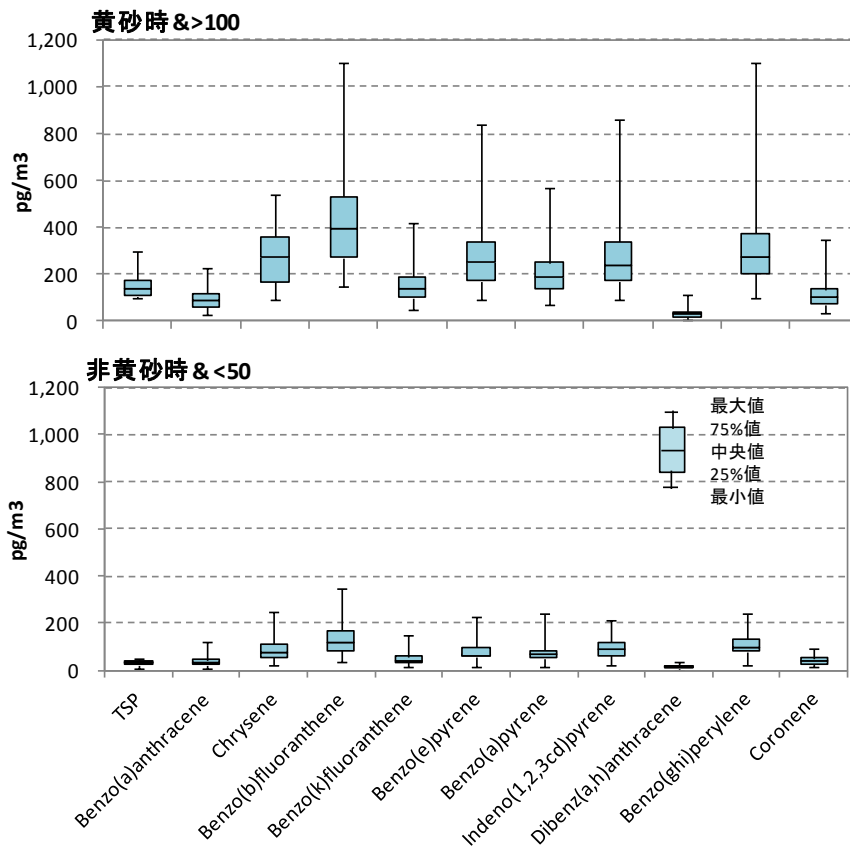


図 4-2-8 黄砂時&TSP>100µg/m<sup>3</sup> と非黄砂時&TSP<50µg/m<sup>3</sup> での PAHs 各成分の比較

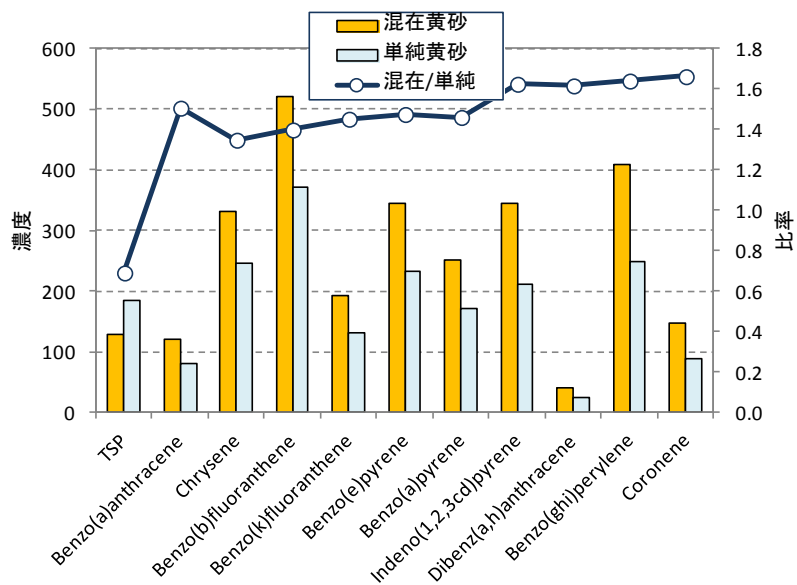


図 4-2-9 黄砂時&TSP>100µg/m<sup>3</sup> で単純黄砂と混在黄砂での PAHs 各成分の比較

PAHs（合計量）が相対的に高い日（ $2000\text{pg}/\text{m}^3$  超の 11 件）の後方流跡線をまとめて図 4-2-10 に示している。黄砂時特有のモンゴル方向からの流れが主なものであるが、北京、遼東半島、韓国を經由してきているものが多い。また、中国沿岸部からの流れも数例みられている。

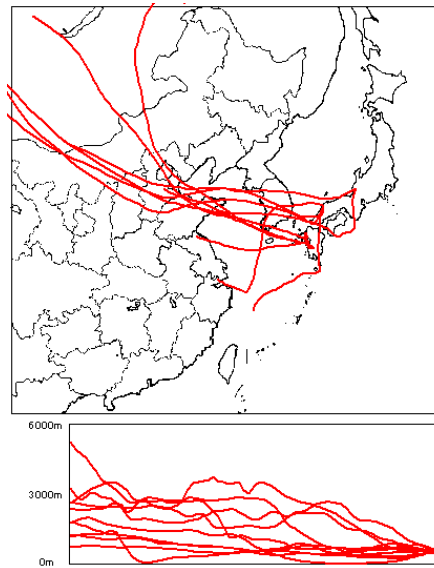


図 4-2-10 PAHs が  $2000\text{pg}/\text{m}^3$  を超えた日の後方流跡線

PAHs の日本での平均的な濃度と比較するために、全国で毎月実施されている有害大気汚染物質調査によるベンゾ(a)ピレンのデータを引用した。平成 19(2007)～平成 23(2011)年度の 5 年間平均値を、黄砂調査での採取地点別に図 4-2-11 に示す。福岡で最も高く  $200\text{pg}/\text{m}^3$  を超えているが、その他の地点は  $100\text{pg}/\text{m}^3$  以下であり、黄砂飛来時に PAHs の濃度が高くなるのが分かる。

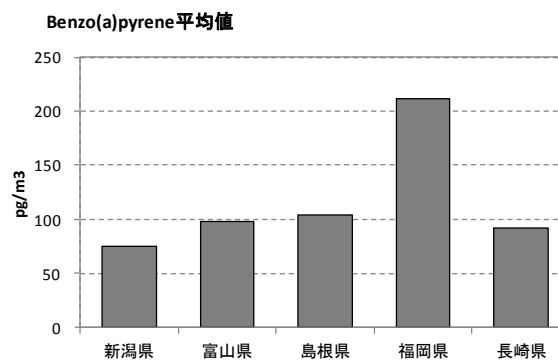


図 4-2-11 全国有害大気汚染物質調査によるベンゾ(a)ピレンの地点別平均濃度（2007～2011 年度）

#### 4.2.4. 農薬成分

農薬類は、平成 20(2008)～平成 22(2010)年度にハイボリウムエアサンプラーにポリウレタンフォーム及び活性炭繊維フェルトをろ紙の後段に装着した装置で採取した。この間、計 36 件採取し、ジクロロボス、 $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH、 $\gamma$ -HCH、 $\delta$ -HCH、ダイアジノン、クロロタロニル、フェニトロチオン、クロルピリホス、プロチオホス、エンドリン、 $o,p'$ DDE、 $p,p'$ DDE、 $o,p'$ DDD、 $p,p'$ DDD、 $o,p'$ DDT、 $p,p'$ DDT の 17 種について分析を行った。

表 4-2-7 に成分ごとの平均値と最大値を示す。濃度が高いのは、ジクロロボス、フェニトロチオン、ダイアジノンである。

表 4-7-8 には、成分間の相関行列を示す。

表 4-2-9 に平成 22 年度の POPs モニタリング調査での結果を示しているが、今回の農薬類の結果では、黄砂による顕著な濃度上昇は観測されず、国内での平均的な濃度との差もみられなかった。

表 4-2-7 農薬各成分の平均と最大

	dicrolboss	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	daiajinon	clorotanitu	fenitoro	clorpirihos	$op'$ -DDE	$pp'$ -DDE	burotiohos	endrin	$op'$ -DDD	$pp'$ -DDD	$op'$ -DDT	$pp'$ -DDT
平均	150	28	1.7	7.3	0.54	86	43	130	5.1	0.39	2.80	12	1.0	0.058	0.056	0.90	1.4
最大	3700	61	3.9	16	1.5	2300	560	1300	32	1.9	9.90	330	17	0.50	0.60	3.1	7.3

表 4-2-8 農薬類の成分間相関

	dicrolboss	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	daiajinon	clorotanitu	fenitoro	clorpirihos	$op'$ -DDE	$pp'$ -DDE	burotiohos	endrin	$op'$ -DDD	$pp'$ -DDD	$op'$ -DDT	$pp'$ -DDT
dicrolboss	1																
$\alpha$ -HCH	0.364	1															
$\beta$ -HCH	0.469	0.864	1														
$\gamma$ -HCH	0.338	0.951	0.808	1													
$\delta$ -HCH	0.388	0.820	0.813	0.866	1												
daiajinon	0.105	0.284	0.430	0.198	0.302	1											
clorotanitu	0.354	0.446	0.390	0.296	0.386	0.491	1										
fenitoro	0.868	0.359	0.533	0.318	0.378	0.145	0.120	1									
clorpirihos	0.267	0.407	0.455	0.520	0.574	0.340	0.168	0.223	1								
$op'$ -DDE	-0.059	0.109	0.154	0.149	0.121	0.130	0.053	-0.033	0.042	1							
$pp'$ -DDE	0.296	0.649	0.825	0.555	0.635	0.705	0.405	0.429	0.447	0.212	1						
burotiohos	0.040	0.344	0.361	0.244	0.353	0.005	0.178	0.302	0.140	-0.041	0.316	1					
endrin	-0.077	-0.153	-0.107	-0.178	-0.101	-0.019	-0.078	-0.065	-0.127	-0.096	0.132	-0.025	1				
$op'$ -DDD	0.096	0.607	0.633	0.516	0.614	0.737	0.470	0.173	0.311	0.276	0.764	0.259	-0.098	1			
$pp'$ -DDD	-0.048	0.486	0.582	0.439	0.528	0.747	0.330	-0.012	0.408	0.210	0.704	0.078	-0.071	0.891	1		
$op'$ -DDT	0.218	0.725	0.832	0.678	0.757	0.714	0.488	0.279	0.503	0.344	0.916	0.251	-0.051	0.844	0.777	1	
$pp'$ -DDT	0.134	0.637	0.771	0.531	0.589	0.776	0.506	0.202	0.451	0.173	0.867	0.283	-0.073	0.872	0.904	0.883	1

表 4-2-9 平成 22 年度環境省 POPs モニタリング調査（大気）の結果

	dicrolboss	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\delta$ -HCH	daiajinon	clorotanitu	fenitoro	clorpirihos	$op'$ -DDE	$pp'$ -DDE	burotiohos	endrin	$op'$ -DDD	$pp'$ -DDD	$op'$ -DDT	$pp'$ -DDT
平均	-	46	5.6	14	1.4	-	-	-	-	0.49	4.9	-	-	0.21	0.20	2.2	3.5
最大	-	280	34	66	25	-	-	-	-	9	200	-	-	1.8	1.7	26	56

### 4.3. 成分濃度による黄砂の分類 [試算]

過去に TSP 中の成分として分析した金属類、イオン類を用い、PMF 法によって発生源の寄与を推定する方法について検討した。PMF (Positive Matrix Factorization)法は、発生源寄与濃度の推定に用いられる多変量モデルで、環境成分濃度データを統計解析処理することによって、発生源に關与する因子のプロファイルと寄与を導き出すことができる。

使用データは、HV 採取による分析データで、TSP、Mg、Al、Ca、Fe、Sr、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup> の 12 種である。解析対象は、平成 15(2003)年 3 月～18(2006)年 4 月の計 205 件で、計算ソフトは、EPA-PMF3.0<sup>26)</sup>を使用した。

因子数を 5 として計算した時の因子プロファイルを図 4-3-1 に示す。この結果から、各プロファイルの発生源種類を推定すると、Factor1 は NO<sub>3</sub><sup>-</sup> で高く硝酸塩系の二次粒子、Factor2 は Al、Fe、Mg、Ca、Sr の金属類で土壌系 (主に黄砂)、Factor3 は NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> で高く硫酸塩系の二次粒子、Factor4 は Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> で海塩粒子、Factor5 は K<sup>+</sup> でバイオ燃焼と想定される。

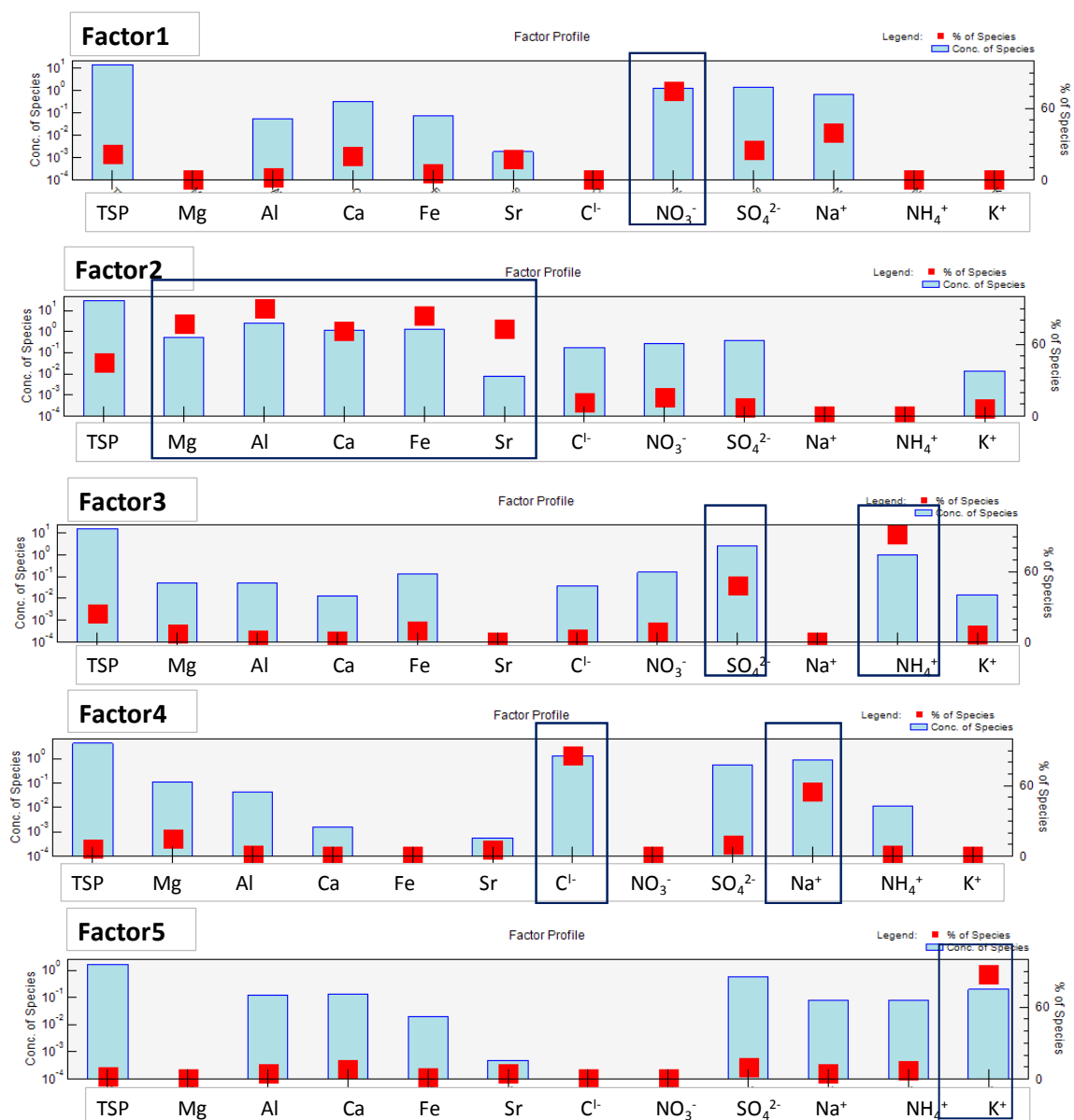


図 4-3-1 PMF 法による発生源プロファイル

図 4-3-2 は、全体での推定寄与割合を示したものである。最も大きな割合を示している因子は、Factor2 の土壌系（黄砂）で、続いて Factor3 の硫酸塩系二次粒子、Factor1 の硝酸塩系二次粒子となっている。

各サンプルごとの寄与濃度合計と TSP 実測濃度との散布図を図 4-3-3 に示す。おおむね実測濃度に対応した濃度が得られている。

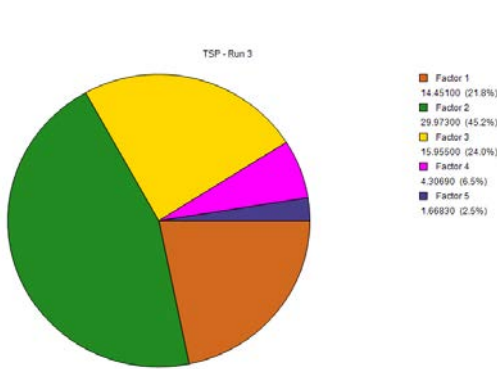


図 4-3-2 全体での推定寄与割合

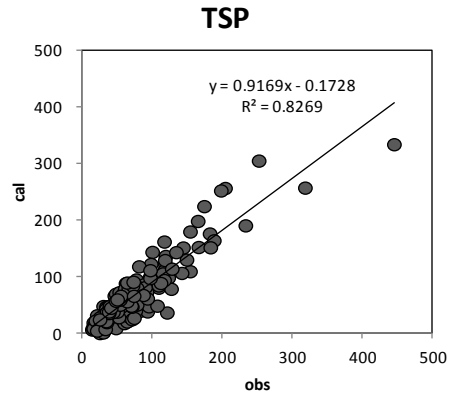


図 4-3-3 TSP 濃度実測値と計算値の相関

各サンプルごとの寄与濃度は、図 4-3-4 のようになる。この中で、TSP 濃度が高い 3 つのケース（図中赤字）についてその状況を整理した。

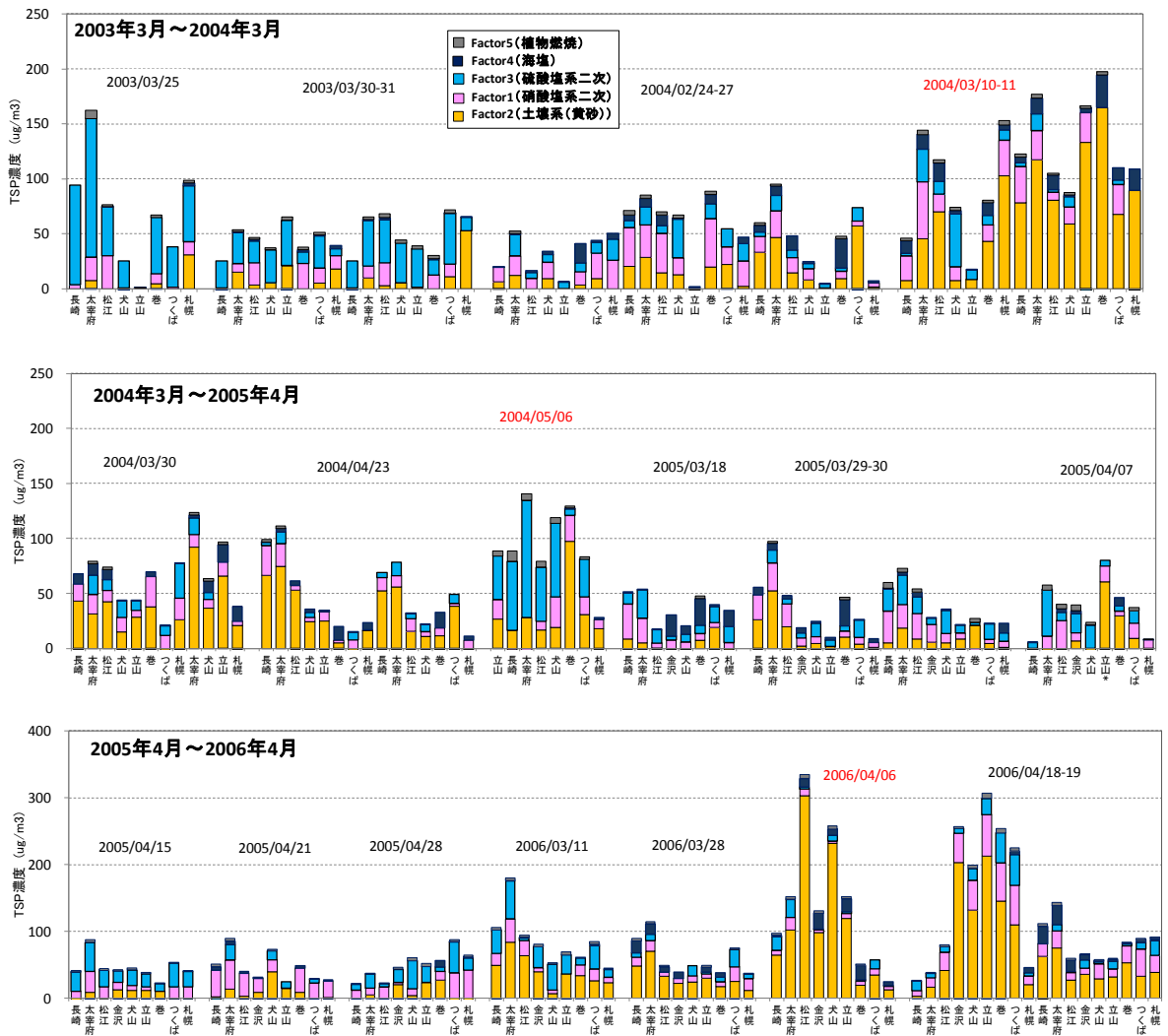


図 4-3-4 サンプルごとの発生源寄与推定

平成 16(2004)年 3 月 10～11 日は、北海道を含めた全国 35 か所で黄砂が観測され、SPM も  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超す地点が多く存在する比較的大きな黄砂である (5.2. 大規模黄砂の事例 (17)K02 p. 88 参照)。硫酸イオン濃度もあまり高くなく、全体として単純黄砂と考えられる。PMF 法での寄与推定では、TSP 濃度が  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超した巻 (新潟) や立山 (富山) で 70%以上が土壌系 (黄砂) 寄与と考えられる。

同様に、平成 18(2006)年 4 月 6～7 日も観測が 40 地点を超し、SPM 濃度も  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$  と高い地点がみられる非常に大きな黄砂である (5.2. 大規模黄砂の事例 (4)K05 p. 64 参照)。この事例は、硫酸イオン濃度や後方流跡線を含めて、前例と同じように単純黄砂と考えられる。PMF 法での発生源寄与では TSP が  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超した松江 (島根)、犬山 (愛知) で 70%近くが土壌系 (黄砂) 寄与と考えられる。

一方、平成 16(2004)年 5 月 6～8 日は西日本で硫酸塩系二次粒子の割合が大きくなっている。この時の黄砂・煙霧観測状況と後方流跡線を図 4-3-5 に示した。黄砂の観測は 14 地点で、併せて煙霧も関東から東北を中心に 22 地点で観測されている。また、後方流跡線も新潟でモンゴル方向、西日本で沿岸部からの流れがみられている。PMF 法での寄与推定では、西日本で硫酸塩系二次粒子の寄与が 80%以上と高い割合となり、巻 (新潟) では土壌系 (黄砂) が 80%以上となり、地域で分かれた様相であることがうかがえる。

このように、成分濃度を元にした PMF 法の解析を行うことによって、黄砂における汚染質混在の様子について、ある程度、定量的な判断を加味することが期待できる。

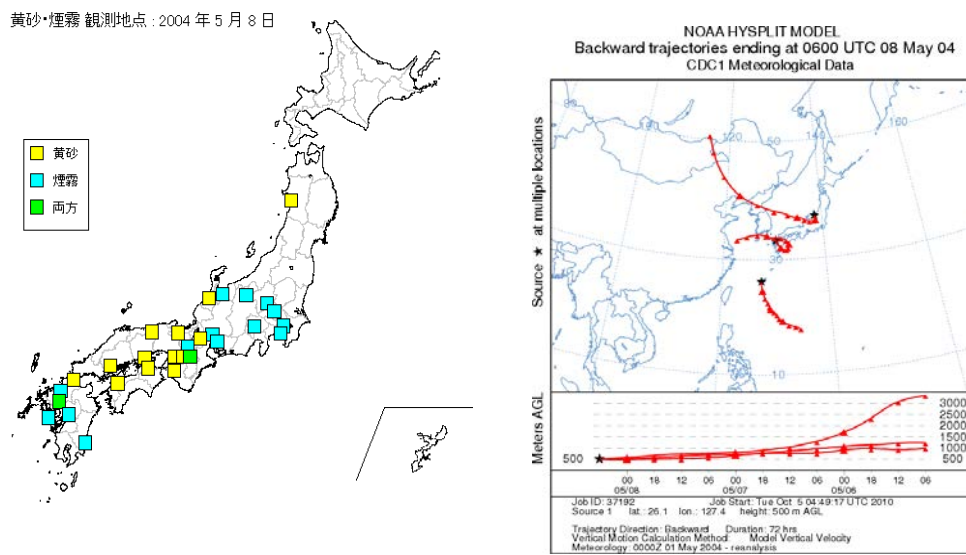


図 4-3-5 2004 年 5 月 6～8 日の黄砂・煙霧観測状況と後方流跡線



## 5. 大規模な黄砂・煙霧の事例解析

黄砂は、個々の事例によって、発生位置、経路、広がり、濃さ、成分など様々な形態がある。これらはそれぞれ異なった様相を呈しており特徴にも違いがみられる。そこで、一度発生すると環境への影響が大きくなると考えられる大規模な黄砂・大規模な煙霧について、共通性の抽出を試みた。日本全体での黄砂観測地点が約 60 地点であることから、その過半である 31 地点以上で観測された事象を大規模黄砂・煙霧として取り扱うこととした。

### 5.1. 平成 15 (2003)～24 (2012) 年度の黄砂観測日

平成 15 (2003) 年度から平成 24 (2012) 年度の 10 年間に気象台が観測した全ての黄砂を表 5-1-1 に示す。10 年間で 254 日観測されており、連続した日を 1 事例とすると、85 事例となる。

このうち、31 地点以上観測した日の事例は 17 事例である (表中の黄色)。

表 5-1-1(1) 10 年間の気象台黄砂観測日 (2003 年度～2005 年度)

年度	No.	期日			黄砂観測点数	黄砂の規模				煙霧観測点数
		年	月	日		SPM平均濃度	県数	SPM積算	SPM積算合計	
2003	1	2003	4	1	1	32.6	1	33		10
	2	2003	4	12	1			0		1
	3	2003	4	13	31	49.8	28	1394		19
	4	2003	4	14	18	52.7	17	896	2868	12
	5	2003	4	15	10	44.7	9	402		9
	6	2003	4	16	2	45.6	2	91		13
	7	2003	4	17	2	42.3	2	85		13
	8	2004	2	26	8	27.9	8	223		12
	9	2004	2	27	2	73.3	1	73		1
	10	2004	2	28	2	52	1	52	348	3
	11	2004	2	29	1			0		7
	12	2004	3	11	24	45.2	13	588		9
	13	2004	3	12	35	32.8	26	853		3
	14	2004	3	13	9	26.7	8	214		5
	15	2004	3	14	9	38.2	8	306	3186	1
	16	2004	3	15	13	52.3	11	575		4
	17	2004	3	16	10	49.9	10	499		7
	18	2004	3	17	4	37.8	4	151		14
	19	2004	3	30	3	22.5	3	68		4
	20	2004	3	31	26	29.2	22	642	710	4
2004	21	2004	4	1	5	29	5	145		1
	22	2004	4	2	2	31.2	2	62	1277	4
	23	2004	4	3	23	46.1	21	968		3
	24	2004	4	4	5	20.2	5	101		5
	25	2004	4	16	1	19.2	1	19		4
	26	2004	4	17	19	47.5	18	855		6
	27	2004	4	18	16	47.7	16	763		4
	28	2004	4	19	2	39.5	2	79		11
	29	2004	4	20	2	55.6	1	56	4971	6
	30	2004	4	21	23	43.1	20	862		5
	31	2004	4	22	34	58.5	29	1697		11
	32	2004	4	23	17	41.4	15	621		15
	33	2004	4	24	1	19.3	1	19		2
	34	2004	5	7	14	50.7	14	710		22
	35	2004	5	8	15	53.4	15	801	1532	16
	36	2004	5	9	1	21	1	21		14
	37	2004	5	11	2	29.1	2	58	58	8
	38	2005	2	23	24	40.2	23	925	1600	4
	39	2005	2	24	16	45	15	675		6
	40	2005	3	18	11	32.3	7	226		10
	41	2005	3	19	2	21.9	1	22	248	1
	42	2005	3	24	2	17.5	1	18	18	8
	43	2005	3	29	2	26.3	1	26	26	1
2005	44	2005	4	1	4	46.8	3	140		1
	45	2005	4	2	1	45.8	1	46		6
	46	2005	4	3	6	30.8	2	62		13
	47	2005	4	4	2			0	400	1
	48	2005	4	5	1	23.4	1	23		3
	49	2005	4	6	7	44	2	88		11
	50	2005	4	7	1	41.1	1	41		3
	51	2005	4	11	1			0		0
	52	2005	4	12	1			0		0
	53	2005	4	13	3	39.3	3	118		2
	54	2005	4	14	13	39.9	8	319		5
	55	2005	4	15	28	44	19	836	2374	10
	56	2005	4	16	21	48.9	18	880		25
	57	2005	4	17	8	30.9	6	185		14
	58	2005	4	18	1	34.8	1	35		4
	59	2005	4	20	9	27.6	8	221		1
	60	2005	4	21	38	34.7	32	1110	2038	3
	61	2005	4	22	25	27.7	22	609		2
	62	2005	4	23	4	24.3	4	97		0
	63	2005	4	29	2	23.8	1	24		14
	64	2005	4	30	3	37.6	3	113		11
	65	2005	5	1	2	29.1	2	58		10
	66	2005	5	12	7	53	7	371		7
	67	2005	5	13	7	35	6	210	581	1
	68	2005	6	2	1			0		15
	69	2005	11	7	24	47.8	16	765		11
	70	2005	11	8	29	35.5	22	781		1
	71	2005	11	9	12	29.4	8	233	1825	1
	72	2005	11	10	1	45.9	1	46		4
	73	2006	3	11	3	44.1	3	132		12
	74	2006	3	12	4	48.1	4	192	325	7
	75	2006	3	17	1			0		4
	76	2006	3	18	1			0	135	4
	77	2006	3	19	10	26.9	5	135		9
78	2006	3	21	3	23.2	2	46		1	
79	2006	3	23	21	40.5	18	729		4	
80	2006	3	24	11	26.4	10	264		1	
81	2006	3	25	1	28.7	1	29		0	
82	2006	3	26	1	26.1	1	26		6	
83	2006	3	27	1	29.3	1	29	1717	10	
84	2006	3	28	15	54.2	9	488		15	
85	2006	3	29	8	16.3	4	65		5	
86	2006	3	30	4	28.8	3	86		0	
87	2006	3	31	1			0		1	

表 5-1-1 (2) 10 年間の気象台黄砂観測日 (2006 年度～2012 年度)

年度	No.	期日			黄砂観測 観測点数	黄砂の規模				煙霧 観測点数
		年	月	日		SPM平均 濃度	果数	SPM積算	SPM積 算合計	
2006	K05	2006	4	1	1			0		3
		2006	4	2	1			0		15
		2006	4	3	14	33.7	12	404	7	84
		2006	4	4	14	45.1	14	631	12	28
		2006	4	5	1	26	1	26	2	1
	K06	2006	4	6	1	34.8	1	35	1	3
		2006	4	7	1	26	1	26	3	3
		2006	4	8	41	94.3	35	3301	8	8
		2006	4	9	29	69.9	26	1817	3	3
		2006	4	10	9	52	9	468	3	3
	K07	2006	4	17	3	24	3	72	1	1
		2006	4	18	43	52.3	36	1883	8	8
		2006	4	19	32	48.4	24	1162	18	3
		2006	4	20	2	27.1	2	54	5	3
		2006	4	21	1	26.3	1	26	1	3
	2006	4	24	42	86.1	37	3186	12	12	
	2006	4	25	44	50.3	37	1861	8	8	
	2006	4	26	3	33.6	2	67	1	1	
	2006	4	27	4	37.3	1	37	6	6	
	2006	4	29	9	39.8	8	318	9	9	
	2006	4	30	25	44.8	23	1030	6	6	
2006	5	1	24	51.4	22	1131	7	7		
2006	5	2	6	36	6	216	4	4		
2006	5	3	2	17.1	2	34	3	3		
2006	5	5	1	28.8	1	29	29	2		
2006	5	23	5	35.4	5	177	3	3		
2006	5	24	3	21.2	3	64	0	0		
2006	5	25	1			0	6	6		
2006	5	26	7	40.5	6	243	6	6		
2006	5	27	11	36.7	9	330	6	6		
2006	5	28	30	40.6	27	1096	12	12		
2006	5	29	17	43.3	17	736	4	4		
2006	5	30	8	36.2	8	290	3	3		
2006	5	31	3	34.9	3	105	4	4		
2007	K08	2007	4	1	43	69.3	37	2564	15	15
		2007	4	2	53	110.1	43	4734	10	10
		2007	4	3	29	21.9	25	548	13	13
	2007	4	9	2	38	1	38	38	13	
	2007	4	16	7	35	5	175	7	7	
	2007	4	17	4	44.7	1	45	175	3	
	2007	4	18	1		1		1	1	
	2007	4	21	2	32.9	1	33	66	2	
	2007	4	22	3	33.4	3	33	3	3	
	2007	4	26	3	49	3	147	19	19	
	2007	4	27	2	79.1	2	158	305	9	
	2007	5	9	1	53.2	1	53	28	28	
	2007	5	14	7	41.9	7	293	2	2	
	2007	5	15	7	66.8	7	468	3	3	
	2007	5	16	6	59.7	6	358	4	4	
	2007	5	17	10	45.4	8	363	3	3	
	2007	5	18	6	49.3	4	197	0	0	
	2007	5	19	4	38.4	2	77	2	2	
	2007	5	26	50	67.2	40	2688	1	1	
	2007	5	27	46	62.1	39	2422	1	1	
	2007	5	28	12	33.7	12	404	5665	0	0
2007	5	29	2	38.8	2	78	4	4		
2007	5	30	3	36.4	2	73	5	5		
2007	5	31	1			0	1	1		
2007	5	31	1	32	1	32	2	2		
2007	3	3	44	47.7	35	1670	2164	2	2	
2007	3	4	25	23.1	20	462	3	3		
2007	3	17	8	43.3	7	303	663	7	7	
2007	3	18	10	45	8	360	11	11		
2007	3	23	1	24.3	1	24	69	3	3	
2007	3	24	2	44.4	1	44	4	4		
2008	2008	4	26	2	41	2	82	82	5	5
	2008	5	31	3	56.9	3	171	3	3	3
	2008	6	1	2	39.6	2	79	250	0	0
	2009	2	11	13	37.1	10	371	1670	10	10
	2009	2	12	19	58.7	18	1057	6	6	
	2009	2	13	5	48.4	5	242	12	12	
	2009	2	15	3	18.2	3	55	55	4	4
	2009	2	20	11	26.5	10	265	2	2	
	2009	2	21	23	33.4	20	668	933	2	2
	2009	2	22	1	32.9	1	33	2	2	
	2009	3	10	1	24.9	1	25	25	1	1
2009	3	16	27	29.8	20	596	1	1		
2009	3	17	46	46.8	40	1872	4134	3	3	
2009	3	18	41	42.1	36	1516	2	2		
2009	3	19	4	37.6	4	150	4	4		

年度	No.	期日			黄砂観測 観測点数	黄砂の規模				煙霧 観測点数
		年	月	日		SPM平均 濃度	果数	SPM積算	SPM積 算合計	
2009	168	2009	4	25	9	18.8	6	113	2	2
	169	2009	4	26	2	21.3	1	21	134	0
	170	2009	5	8	2	41.8	2	84	84	3
	171	2009	5	19	1	27.6	1	28	28	3
	172	2009	10	19	6	31.1	5	156	1	1
	173	2009	10	20	3	38.8	1	39	294	3
	174	2009	10	21	2	25	2	50	0	0
	175	2009	10	22	2	25	2	50	1	1
	176	2009	12	26	29	48.4	24	1162	1188	16
	177	2009	12	27	1	26.6	1	27	3	3
	178	2010	3	13	14	32.6	13	424	558	2
	179	2010	3	14	5	26.9	5	135	3	3
	180	2010	3	16	27	32.8	25	820	876	2
	181	2010	3	17	3	18.8	3	56	3	3
	182	2010	3	20	5	66	5	330	13	13
	183	2010	3	21	63	98.7	47	4639	10	10
	184	2010	3	22	6	58.9	2	118	5198	0
185	2010	3	23	6	88.8	1	89	2	2	
186	2010	3	24	4	22.8	1	23	0	0	
2010	187	2010	4	2	9	34	3	102	218	1
	188	2010	4	3	5	29	4	116	0	0
	189	2010	4	27	13	26	12	312	0	0
	190	2010	4	28	5	27	3	81	0	0
	191	2010	4	29	6	26	3	78	3	3
	192	2010	4	30	23	34	21	714	1592	0
	193	2010	5	1	11	37	10	370	1	1
	194	2010	5	2	1	37	1	37	0	0
	195	2010	5	3	11	47	10	470	1	1
	196	2010	5	4	32	51	31	1581	3743	5
	197	2010	5	5	27	57	26	1482	1	1
	198	2010	5	6	6	35	6	210	1	1
	199	2010	5	9	2	27	2	54	54	0
	200	2010	5	11	1	19	1	19	1	1
	201	2010	5	12	3	26	3	78	97	1
	202	2010	5	20	2	73	2	146	7	7
	203	2010	5	21	24	61	23	1403	2620	15
	204	2010	5	22	22	51	21	1071	9	9
	205	2010	5	24	4	47	3	141	3	3
	206	2010	5	25	21	42	20	840	1023	11
	207	2010	5	26	3	21	2	42	4	4
208	2010	11	12	37	63	36	2268	8	8	
209	2010	11	13	30	88	29	2552	9	9	
210	2010	11	14	29	65	28	1820	6934	10	
211	2010	11	15	14	21	14	294	4	4	
212	2010	12	3	30	23	25	575	0	0	
213	2010	12	4	5	21	1	21	611	1	
214	2010	12	5	1	15	1	15	1	1	
215	2010	12	11	13	35	13	455	484	1	
216	2010	12	12	1	29	1	29	0	0	
217	2010	12	23	6	31	6	186	255	2	
218	2010	12	24	3	23	3	69	4	4	
219	2011	3	20	2	69	2	138	138	7	
220	2011	3	22	10	22	10	220	220	0	
2011	221	2011	4	10	1	27	1	27	2	2
	222	2011	4	11	7	40	3	120	167	11
	223	2011	4	12	4	20	1	20	1	1
	224	2011	5	1	14	56	14	784	10	10
	225	2011	5	2	43	96	40	3840	6	6
	226	2011	5	3	38	95	37	3515	10499	0
	227	2011	5	4	29	65	28	1820	3	3
	228	2011	5	5	16	36	15	540	0	0
	229	2011	5	13	39	47	33	1551	2058	2
	230	2011	5	14	14	39	13	507	2	2
	231	2011	5	16	1	21	1	21	21	3
232	2011	6	4	2	37	2	74	74	14	
233	2012	3	24	12	30	8	240	240	5	
2012	234	2012	4	1	3	42	1	42	0	0
	235	2012	4	2	1	17	1	17	131	0
	236	2012	4	3	7	24	3	72	3	3
	237	2012	4	9	11	33	10	330	364	2
	238	2012	4	10	1	34	1	34	9	9
	239	2012	4	23	10	34	10	340	9	9
	240	2012	4	24	22	59	21	1239	2659	17
	241	2012	4	25	19	60	18	1080	15	15
	242	2012	5	16	1	37	1	37	2	2
	243	2012	5	17	3	41	3	123	4	4
	244	2012	12	4	1	35	1	35	35	2
245	2013	1	2	2	33	2	66	79	2	
246	2013	1	3	1	13	1	13	1	1	
247	2013	3	1	1	9.6	1	9.6	10	6	
248	2013	3	8	18	46	18	828	22		

## 5.2. 大規模黄砂の事例

気象台観測で31地点以上観測された大規模黄砂として抽出された17事例について、黄砂日のSPM平均濃度と観測都道府県数を乗じて算出した黄砂の規模を示す指標で大きな順に並べると表5-2-1のようになる。大規模黄砂の時期は、3月5事例、4月7事例、5月4事例と春がほとんどで、秋は1事例のみである。

以下、この順序に従って事例ごとにその概要を示す

表 5-2-1 2003～2012 年度の大規模黄砂事例

No.	事例番号	年	月	日	日数	黄砂地点数	煙霧地点数	黄砂の規模		
								SPM平均濃度	観測都道府県数	積算値
1	K08	2007	4	1-3	3	43	15	110	43	4734
2	K12	2010	3	20-24	5	63	13	99	47	4639
3	K15	2011	5	1-5	5	43	10	96	40	3840
4	K05	2006	4	1-10	10	41	15	94	35	3301
5	K07	2006	4	24-27	4	44	12	86	37	3186
6	K09	2007	5	26-31	6	50	5	67	40	2688
7	K14	2010	11	12-15	4	37	10	63	36	2268
8	K06	2006	4	17-21	5	43	18	52	36	1883
9	K11	2009	3	16-19	4	46	4	47	40	1872
10	K17	2013	3	8-11	4	31	8	57	30	1710
11	K03	2004	4	16-24	9	34	15	59	29	1697
12	K10	2008	3	2-3	2	44	3	48	35	1670
13	K13	2010	5	3-6	4	32	5	51	31	1581
14	K16	2011	5	13-14	2	39	2	47	33	1551
15	K01	2003	4	12-17	6	31	19	50	28	1394
16	K04	2005	4	20-23	4	38	3	35	32	1110
17	K02	2004	3	10-17	8	35	14	33	26	853

(1)平成 19 (2007) 年 4 月 1 日～3 日 (事例 K08)

西日本から東北まで 53 地点での広域的な黄砂の観測、全体での SPM 濃度の上昇など、過去 10 年間で最も規模が大きい黄砂といえる。SPM 濃度は九州で最高  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超している。モンゴル南部、内モンゴルで大きな砂塵嵐が発生しており、後方流跡線からも気流がこの地域を通過してきているのがわかる。CFORS の dust 予測でも日本全体を覆ったものになっている。福岡で硫酸イオン濃度が  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  を少し超しているものの全体としては低い状況であり、大きな単純黄砂と考えられる。

黄砂・煙霧 観測地点 : 2007 年 4 月 2 日

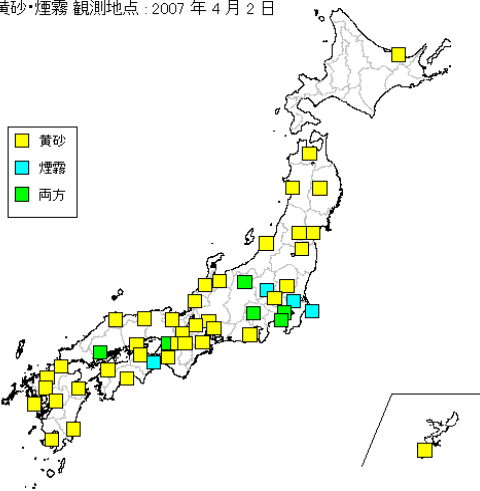
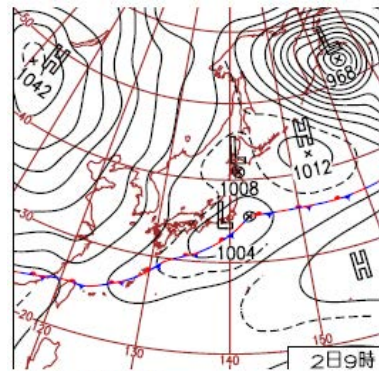


図 5-2-1-1 黄砂・煙霧観測地点



2日(月)黄砂続く

低気圧が東北部と関東の東海上にあり前線が南岸に停滞。北海道や東北で雨。前日に続き東北～九州の広範囲で黄砂観測。熊本、広島、水戸など7官署でサクラ満開。

図 5-2-1-2 天気図

SPM Date: 2007 年 4 月 2 日 15 時

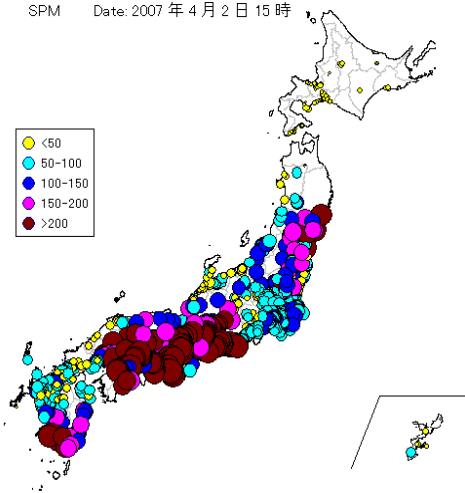


図 5-2-1-3 SPM 濃度全国分布

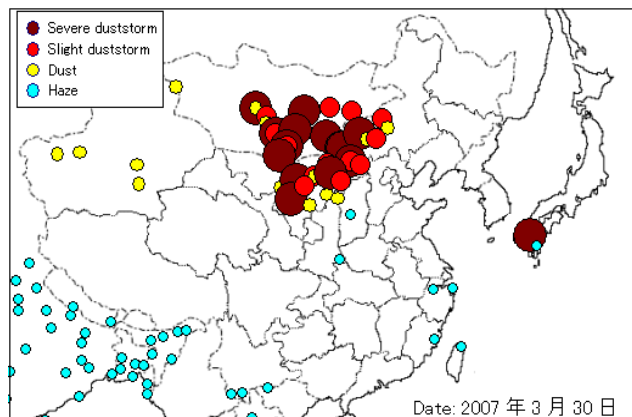


図 5-2-1-4 砂塵嵐発生状況

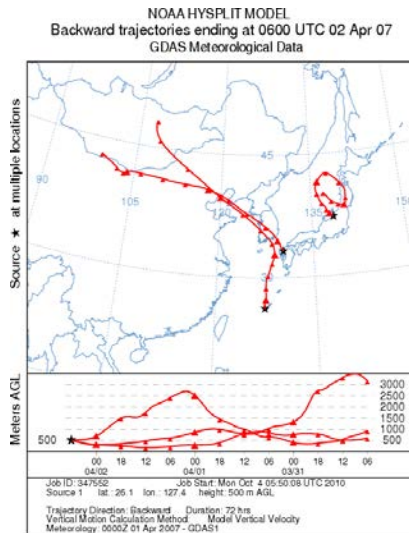


図 5-2-1-5 後方流跡線

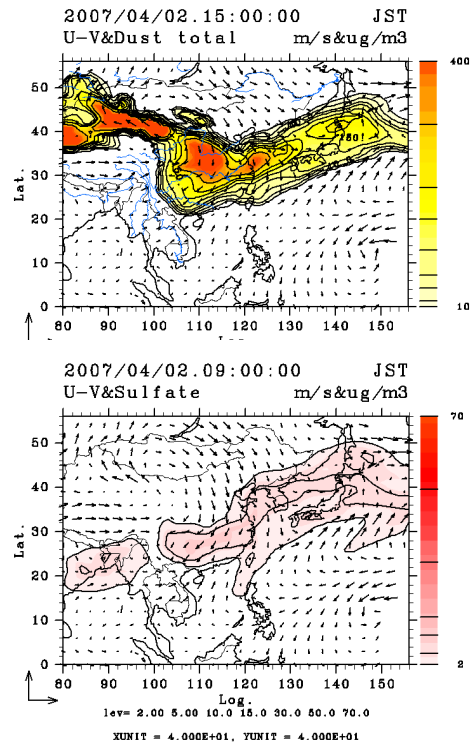


図 5-2-1-6 CFORS 予測結果

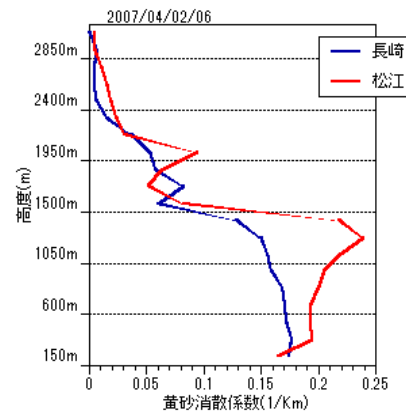
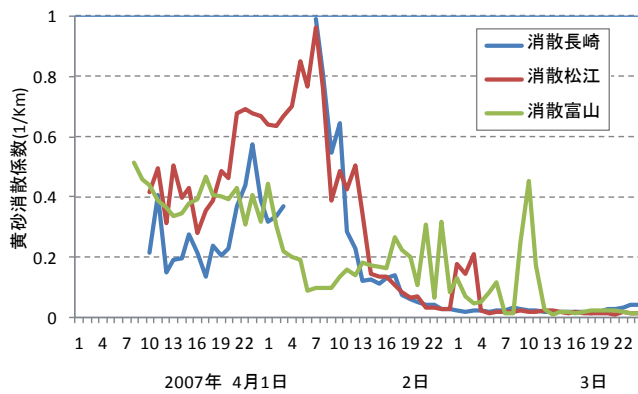


図 5-2-1-7 日平均-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

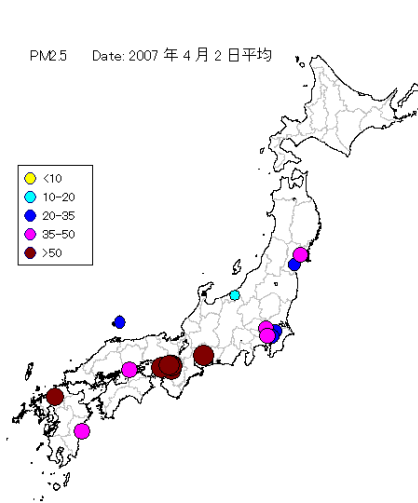


図 5-2-1-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

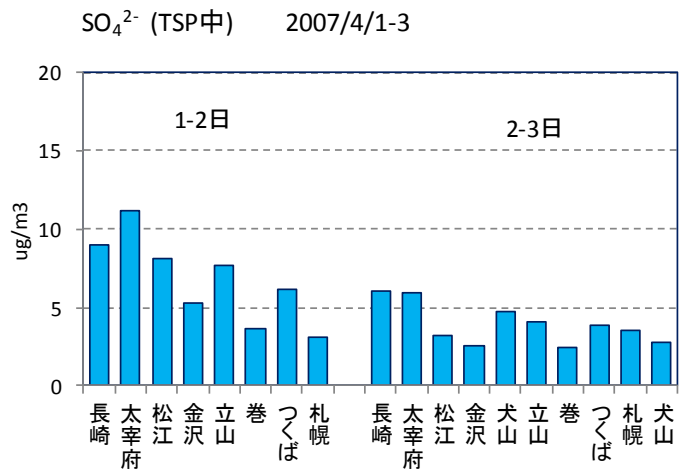


図 5-2-1-9 TSP 中硫酸イオン濃度(日値)

(2)平成 22 (2010) 年 3 月 20 日~24 日 (事例 K12)

日本の全観測地点 (63 地点) で黄砂が観測され、SPM 濃度も最大で  $800\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超すなど、事例 K08 と匹敵する大きな規模の黄砂である。しかし、継続時間は短く、ほぼ 1 日で日本を通過している。モンゴル中央部での大規模な砂塵嵐の発生と、そこを通過する後方流跡線が得られている。SPM 濃度が急上昇する直前に硫酸イオン濃度が  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  まで上昇しており、硫酸塩エアロゾルが先行して、その後大きな黄砂が飛来してきたものと考えられる。

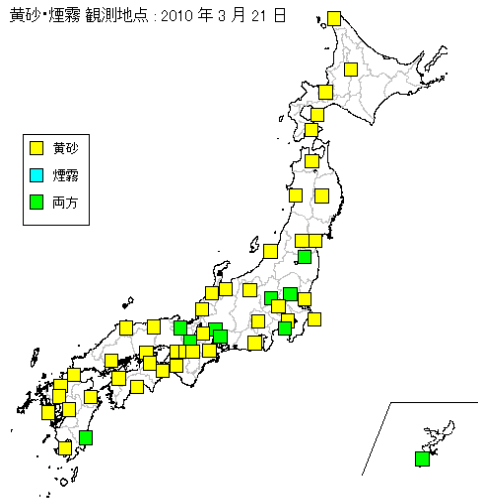
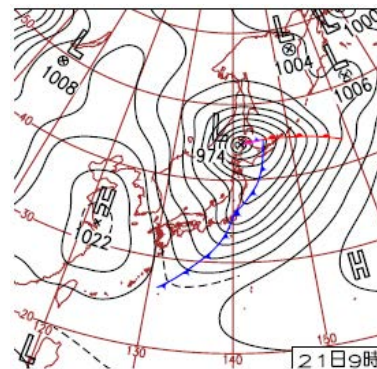


図 5-2-2-1 黄砂・煙霧観測地点



発達した低気圧の通過と寒冷前線の南下により広い範囲で暴風や短時間の大雨。千葉市中央区で最大瞬間風速38.1m/s、神奈川県箱根町箱根67.0 mm/1h。また、全国で黄砂を観測。

図 5-2-2-2 天気図

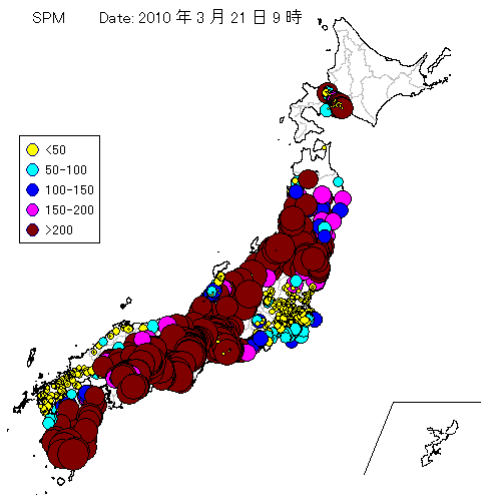


図 5-2-2-3 4 SPM 濃度全国分

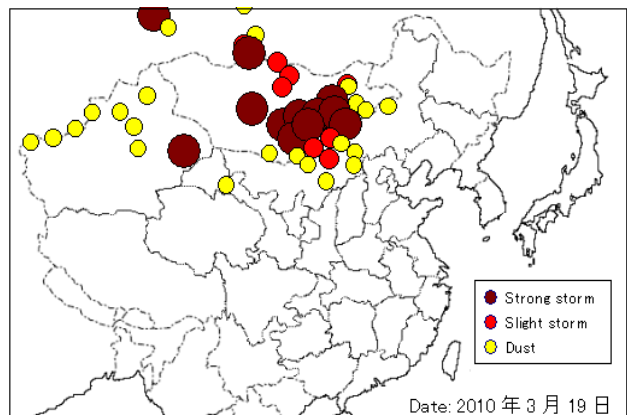


図 5-2-2-4 砂塵嵐発生状況



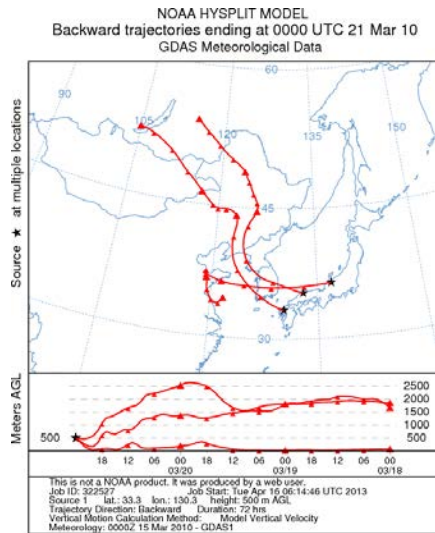
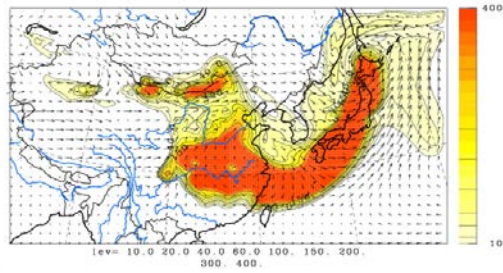


図 5-2-2-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2010/03/21.09:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2010/03/20.21:00:00

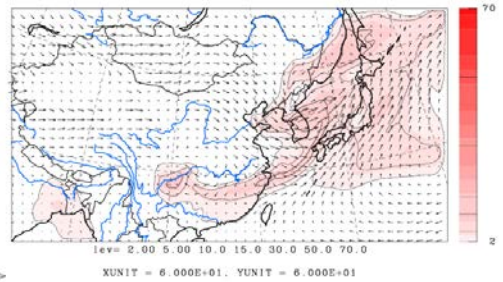


図 5-2-2-6 CFORS 予測結果

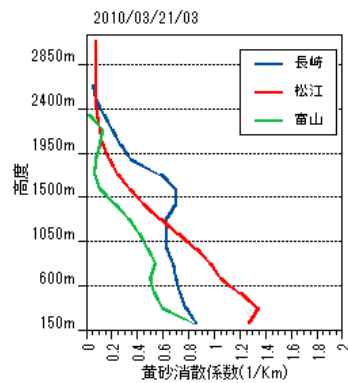
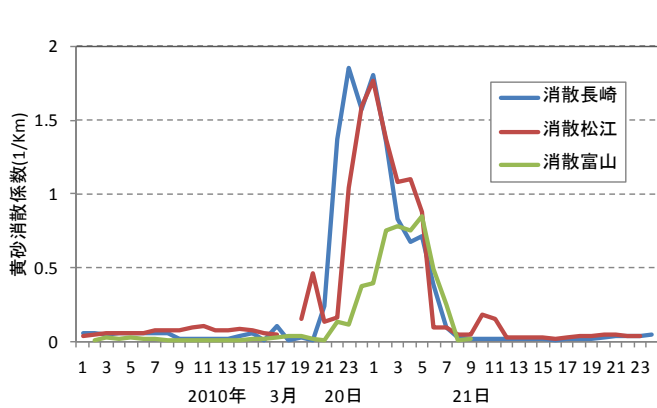


図 5-2-2-7 ライター-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

PM<sub>2.5</sub> Date: 2010年3月21日平均

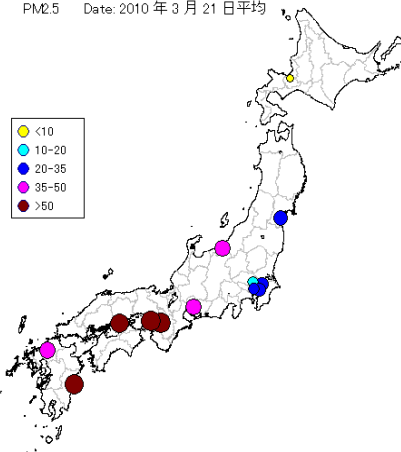


図 5-2-2-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

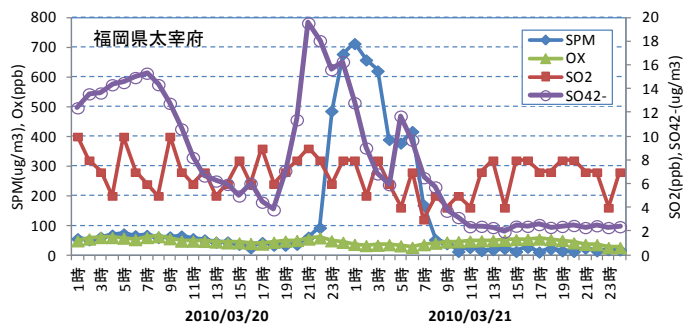


図 5-2-2-9 硫酸イオン濃度(時間値)



(3)平成 23 (2011) 年 5 月 1 日～5 日 (事例 K15)

西日本を中心に 43 地点と広範囲で黄砂が観測されており、SPM 濃度も最高では  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。中部から東北では、煙霧の観測もあるが地点数は少ない。モンゴル東部から内モンゴルで大きな砂塵嵐の発生がみられ、後方流跡線もこの方向からの気塊を示している。CFORS の dust は、中国中部からの流れが西日本を中心に濃く覆う状況を予測している。ライダーによる黄砂消散係数は 3 地点同時上昇で値も高く、3 地点とも黄砂消散係数と SPM の変化はよく一致していた。PM<sub>2.5</sub> 日平均値は高い状態が広範囲に広がっているが、九州での硫酸イオン濃度は、ほぼ  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下と低い。以上から、西日本を広く覆った単純黄砂と考えられる。

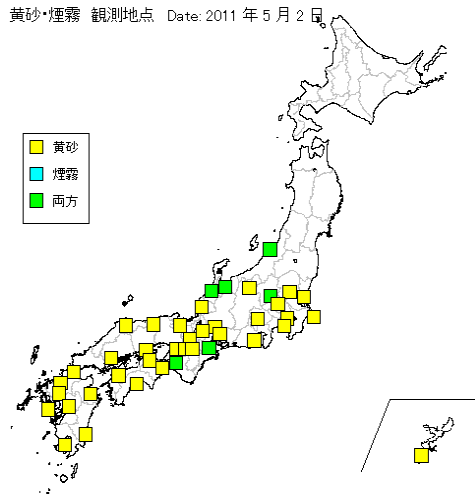


図 5-2-3-1 黄砂・煙霧観測地点

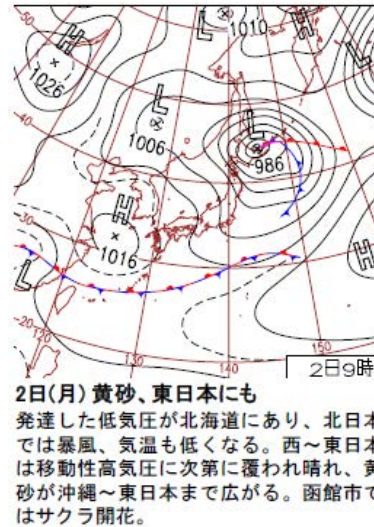


図 5-2-3-2 天気図

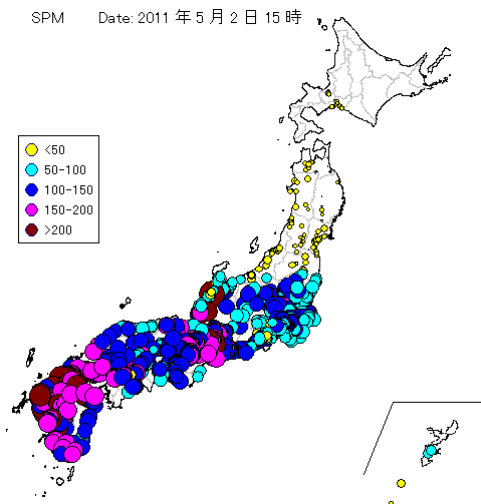


図 5-2-3-3 SPM 濃度全国分布

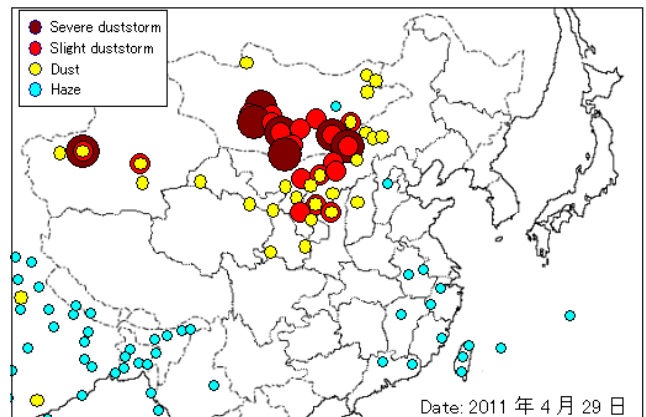


図 5-2-3-4 砂塵嵐発生状況

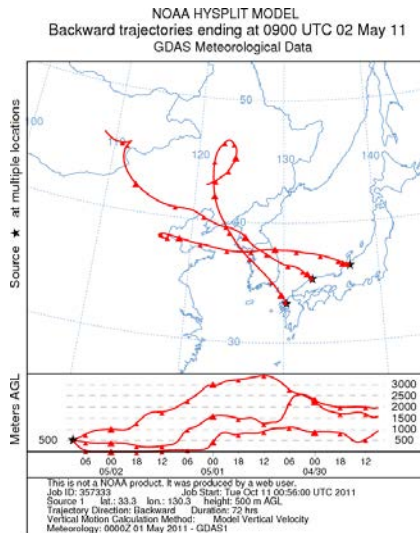
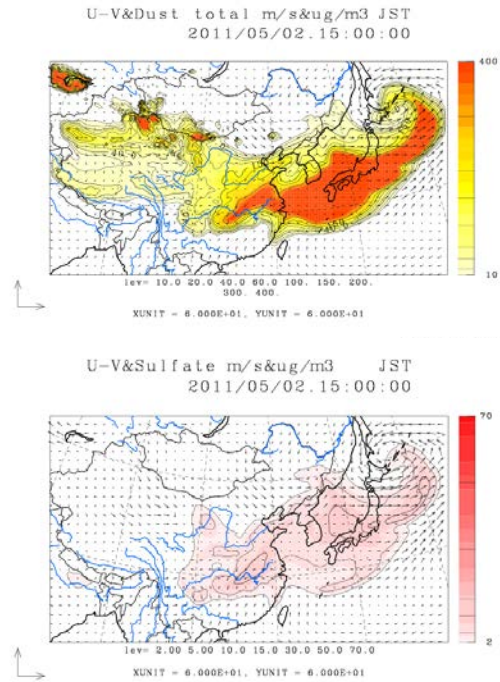


図 5-2-3-5 後方流跡線



©RIAM/NIES

図 5-2-3-6 CFORS (dust) 予測結果

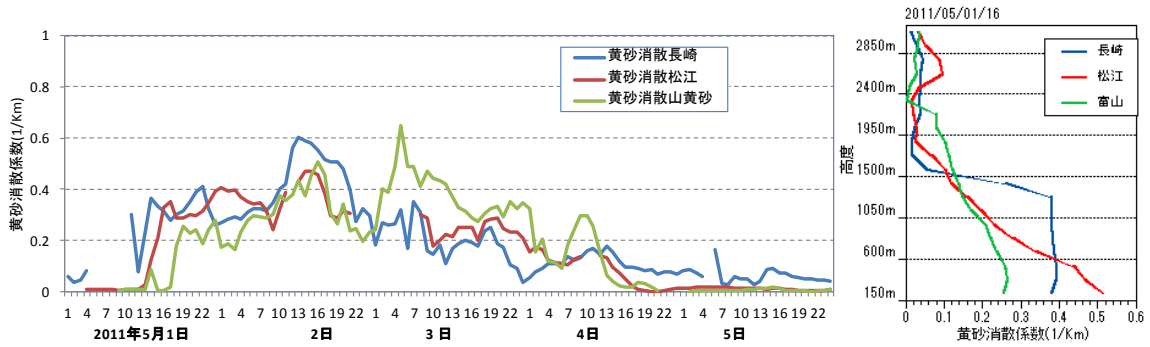


図 5-2-3-7 ライダ-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

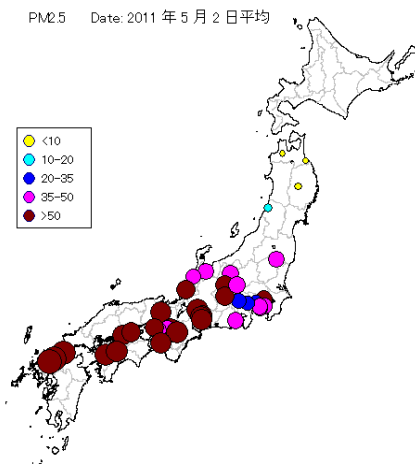


図 5-2-3-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

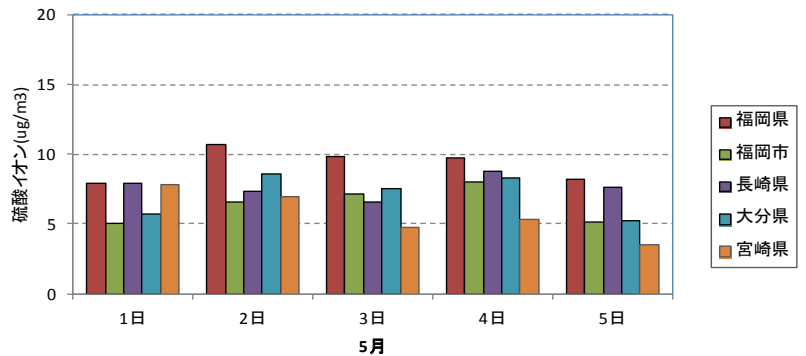
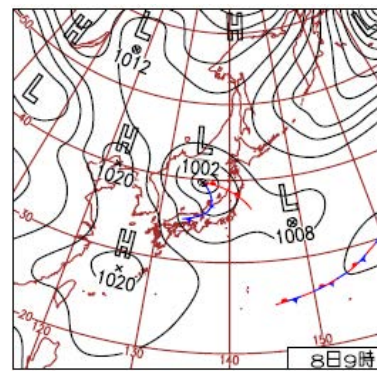
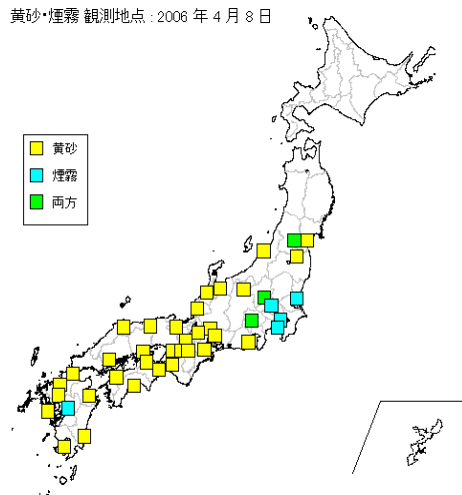


図 5-2-3-9 硫酸イオン濃度(日値)

(4)平成 18 (2006) 年 4 月 1 日～10 日 (事例 K05)

黄砂は、東北から西日本まで 41 地点で観測している。関東では煙霧も観測されている。中国、近畿、東海、関東まで、高い SPM の値が広がっており、最大は大阪で  $400\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超している。モンゴル東部および内モンゴルで大きな砂塵嵐が発生しており、後方流跡線の方と重なっている。ライダー消散係数は松江で顕著なピークを持ち、高度 1000m に高い値がみられる。PM<sub>2.5</sub> は西日本で高くなっているが、各地で測定されている TSP 中の硫酸イオン濃度はいずれも  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下であり、大きな単純黄砂と考えられる。



8日(土)広範囲に黄砂  
低気圧が日本海から東北を東に抜け、寒冷前線が本州を南下。東日本～東北は雨、雷を伴う。その他は概ね晴れ。西・東日本や東北の一部など広い範囲で黄砂、視界の悪い所も。

図 5-2-4-1 黄砂・煙霧観測地点

図 5-2-4-2 天気図

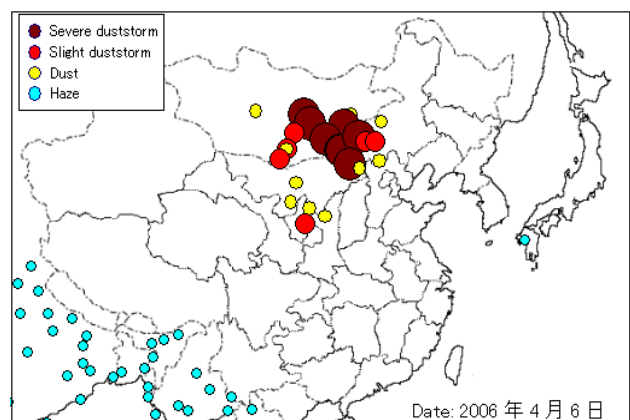
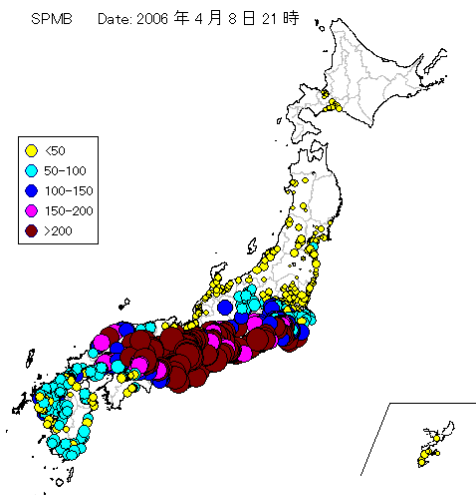


図 5-2-4-3 SPM 濃度全国分布

図 5-2-4-4 砂塵嵐発生状況

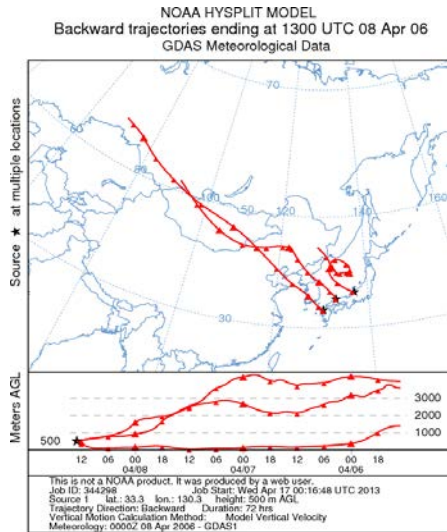


図 5-2-4-5 後方流跡線

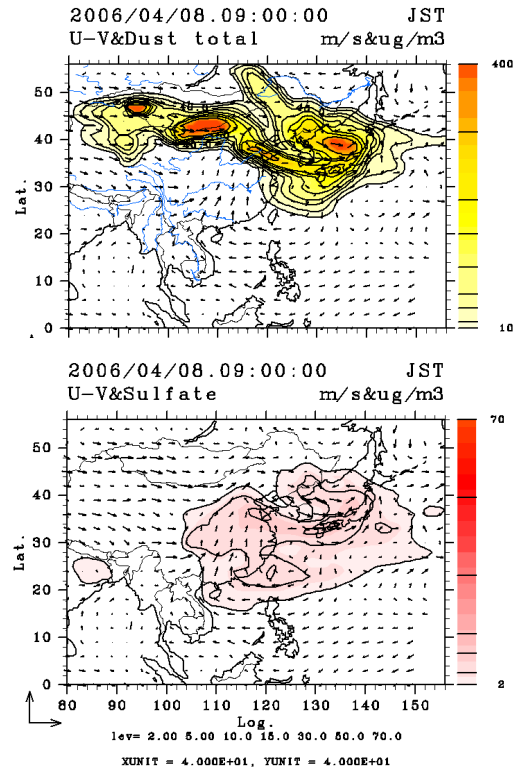


図 5-2-4-6 CFORS (dust) 予測結果

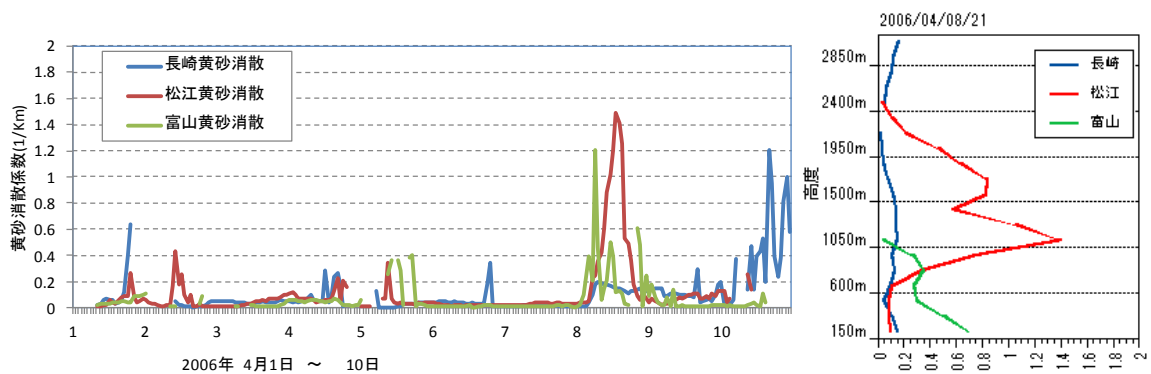


図 5-2-4-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

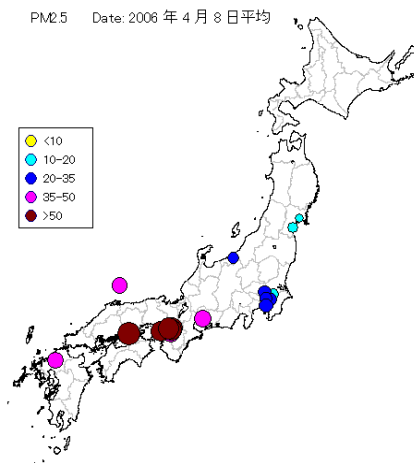


図 5-2-4-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

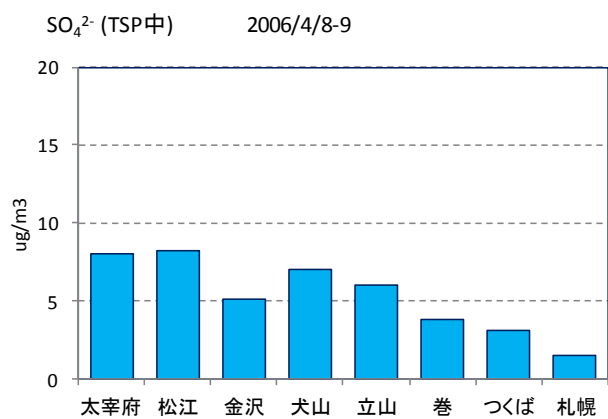


図 5-2-4-9 TSP 中硫酸イオン濃度(日値)



(5)平成 18 (2006) 年 4 月 24 日～27 日 (事例 K07)

北海道を除いたほぼ全国の 44 地点で黄砂を観測している。関東では煙霧が観測されている。SPM は山陰、北陸の日本海側で高く、新潟では  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超している、モンゴルで砂塵嵐の発生がみられ、後方流跡線もこの地域を通過してきている。ライダー黄砂消散係数は 3 地点で上昇している。PM<sub>2.5</sub> 組成では others (金属類) の割合が高く、硫酸イオンの濃度は全国  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下と低くなっており、全国に広がった単純黄砂と考えられる。

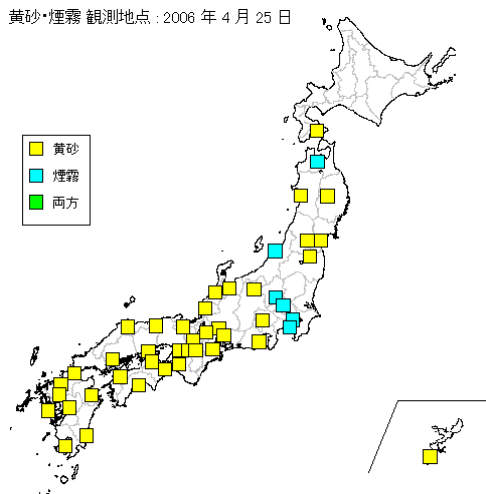


図 5-2-5-1 黄砂・煙霧観測地点

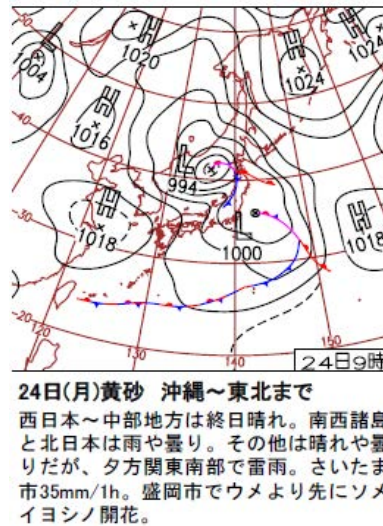


図 5-2-5-2 天気図

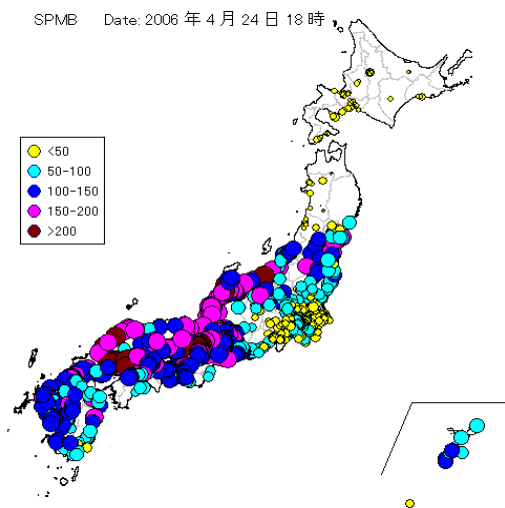


図 5-2-5-3 SPM 濃度全国分布

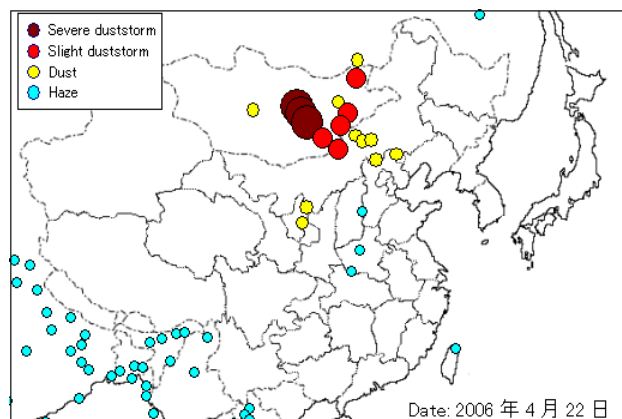


図 5-2-5-4 砂塵嵐発生状況

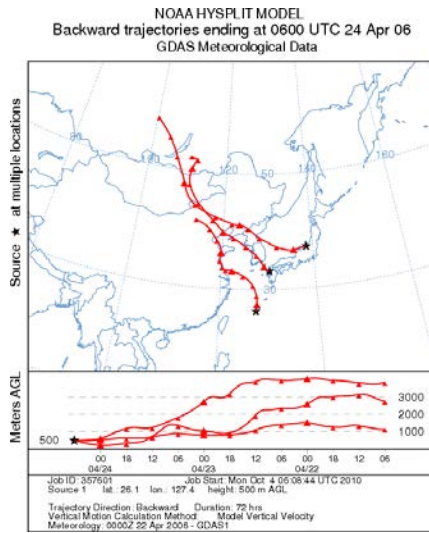


図 5-2-5-5 後方流跡線

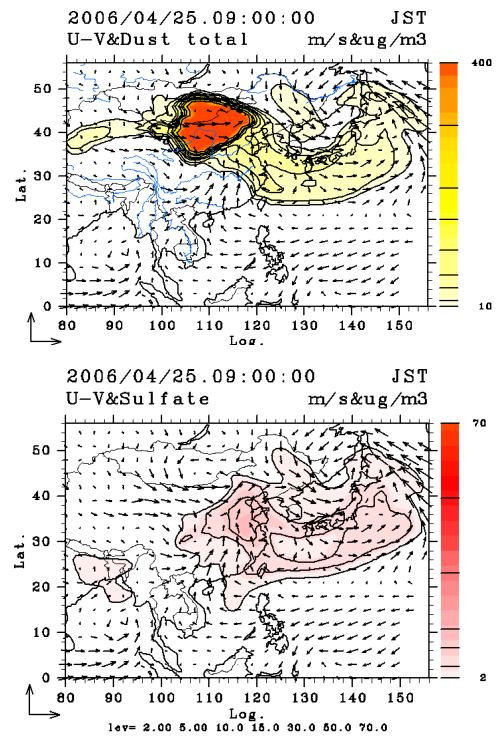


図 5-2-5-6 CFORS 予測結果

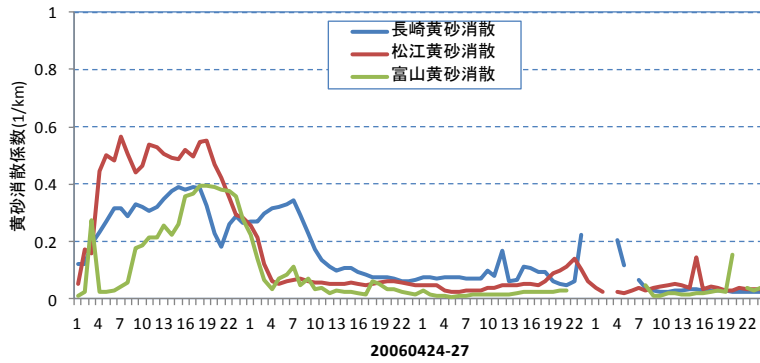


図 5-2-5-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

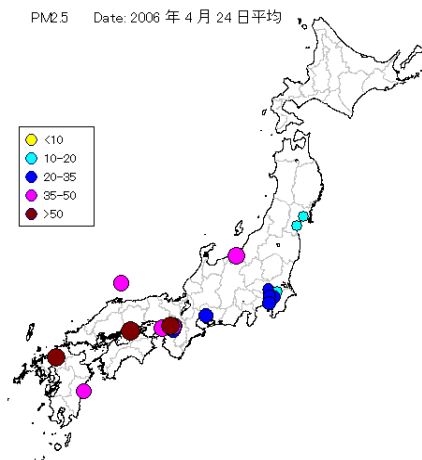
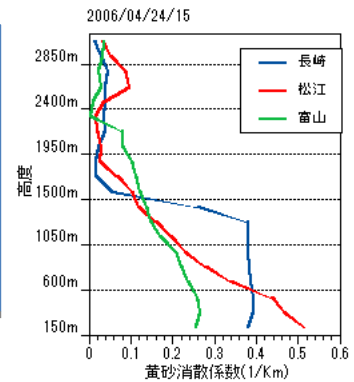


図 5-2-5-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

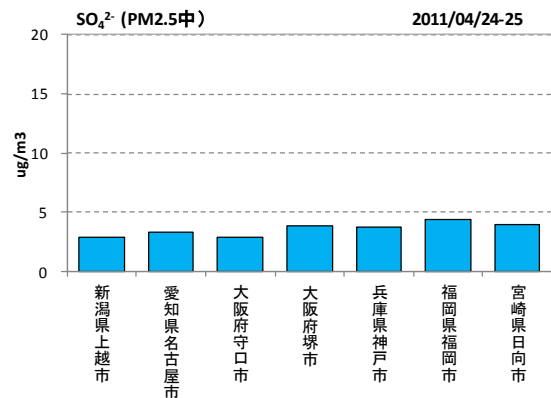
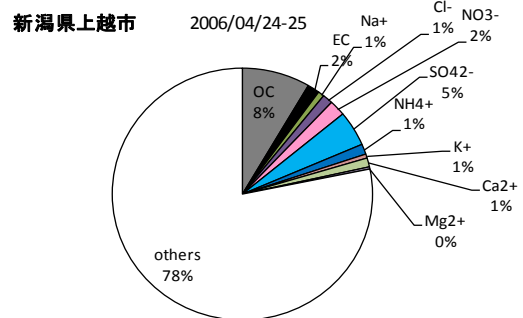


図 5-2-5-9 PM<sub>2.5</sub> 成分組成と PM<sub>2.5</sub> 中硫酸イオン濃度

(6)平成 19 (2007) 年 5 月 26 日～31 日 (事例 K09)

北海道を除く全国 50 地点で黄砂を観測している。SPM は西日本で上昇しているが、濃度は  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度でそれほど高くない。モンゴル南部で砂塵嵐が発生しており、後方流跡線は黄土地帯から青島付近を経る経路になっている。CFORS は強い黄砂の影響を示している。PM<sub>2.5</sub> は西日本で高濃度になっており、硫酸イオン濃度も全国で高い。煙霧の観測はないが、全国的に広がった混在黄砂と考えられる。

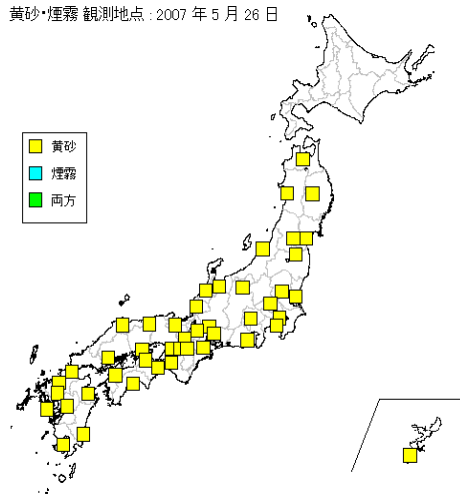


図 5-2-6-1 黄砂・煙霧観測地点

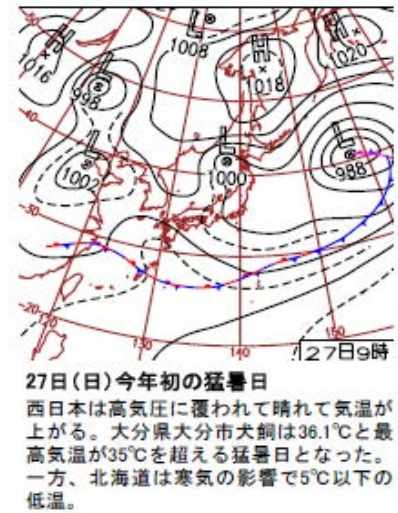


図 5-2-6-2 天気図

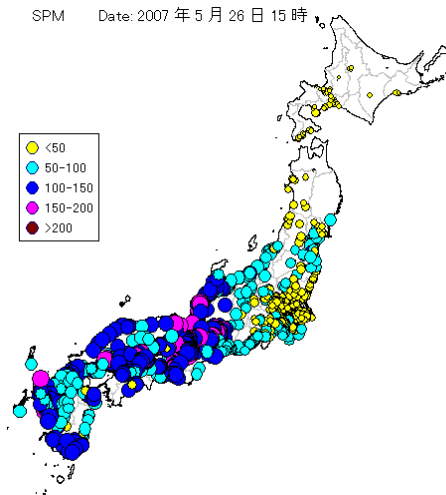


図 5-2-6-3 SPM 濃度全国分布

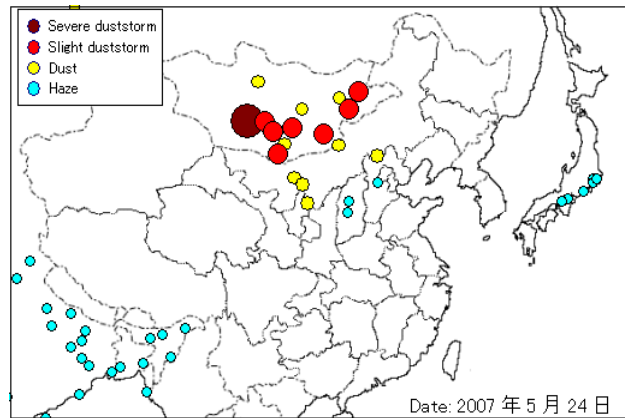


図 5-2-6-4 砂塵嵐発生状況



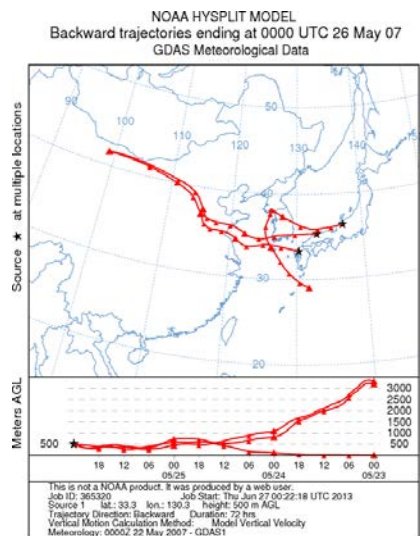


図 5-2-6-5 後方流跡線

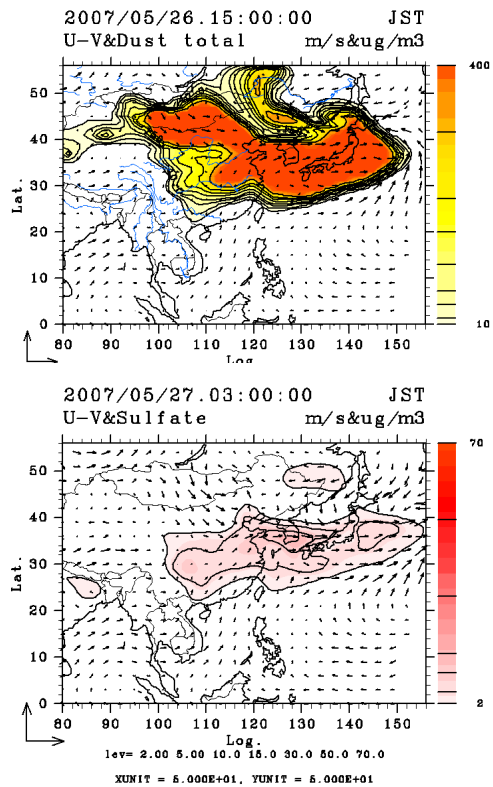


図 5-2-6-6 CFORS 予測結果

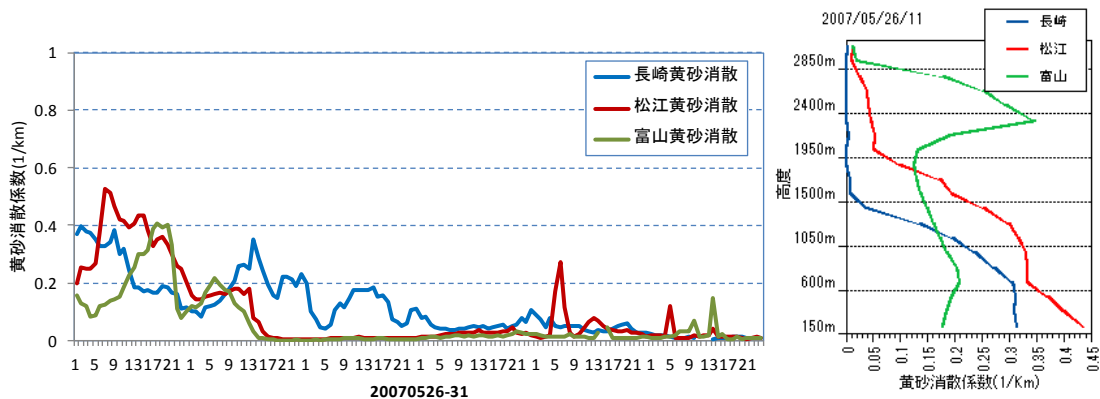


図 5-2-6-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

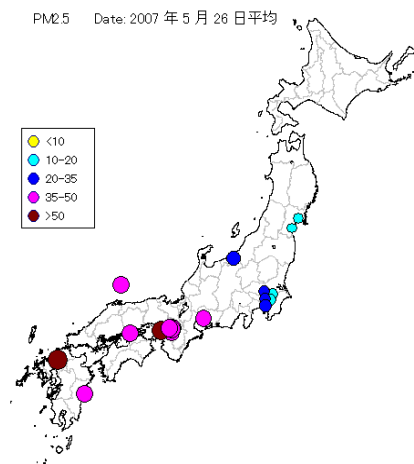


図 5-2-6-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

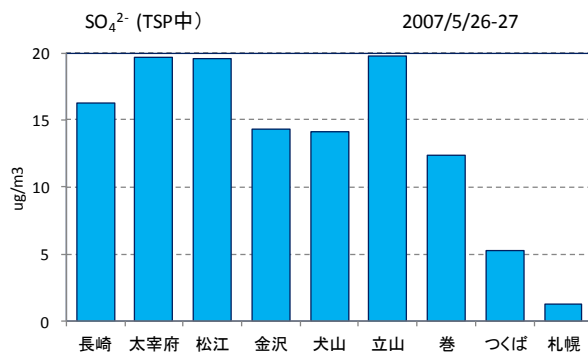


図 5-2-6-9 TSP 中硫酸イオン濃度(日値)

(7)平成 22 (2010) 年 11 月 12 日～15 日 (事例 K14)

秋に、全国的規模で観測された大規模な黄砂で珍しいケースである。北海道、関東、九州などで煙霧が観測されている。2 日前にモンゴル南部で砂塵嵐が観測され、後方流跡線は中国内陸部砂漠地帯上空から遼東半島を通過してきている。CFORS は日本海沿岸を南から北へ通過する予測になっている。ライダーでは、3 地点で黄砂消散係数が上昇しており長崎が最も高い。松江では高度 1500m にピークがみられている。西日本で PM<sub>2.5</sub> 濃度が高く、宮崎で硫酸イオンが 14μg/m<sup>3</sup> まで上がっている。全国に影響を及ぼしている黄砂で西日本には硫酸塩エアロゾルが飛来してきた混在黄砂と思われる。

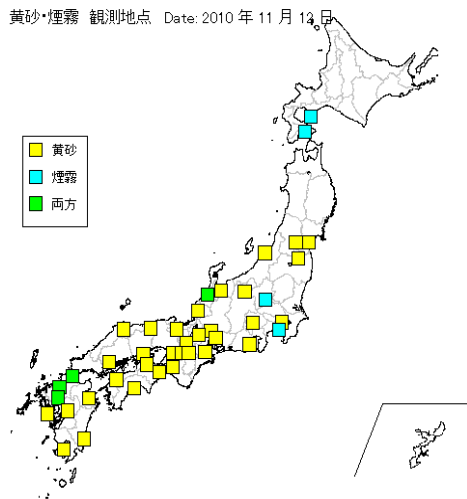
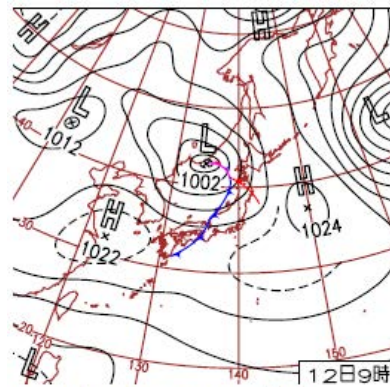


図 5-2-7-1 黄砂・煙霧観測地点



12日(金) 5年ぶり 11月に黄砂  
 低気圧が北日本に接近。寒冷前線の影響で北日本を中心に雨や雷、強風となった所も。国内36都府県で黄砂観測。最小視程4km。東京では1967年以来初。

図 5-2-7-2 天気図

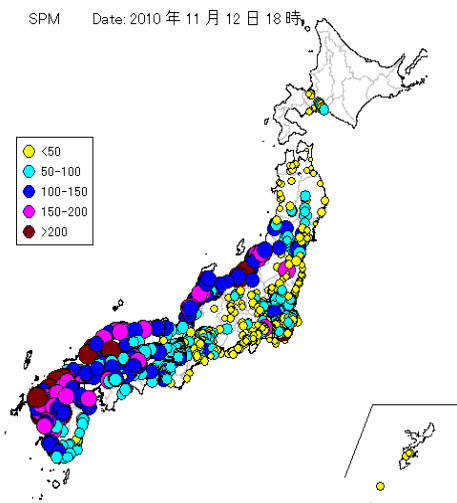


図 5-2-7-3 SPM 濃度全国分布

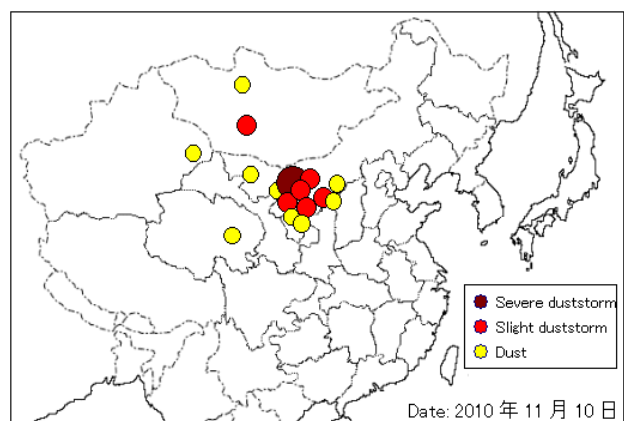


図 5-2-7-4 砂塵嵐発生状況

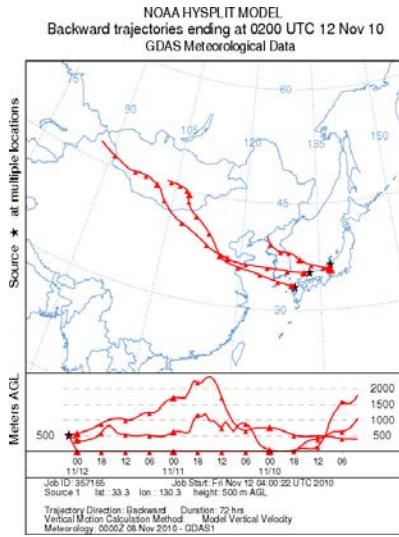


図 5-2-7-5 後方流跡線

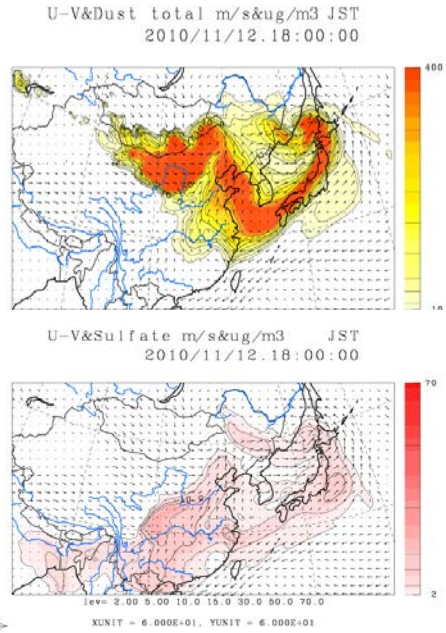


図 5-2-7-6 CFORS 予測結果

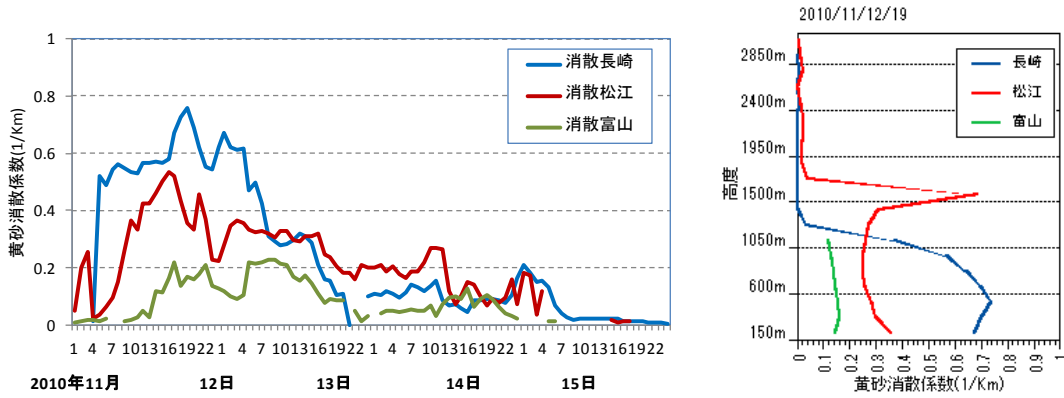


図 5-2-7-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

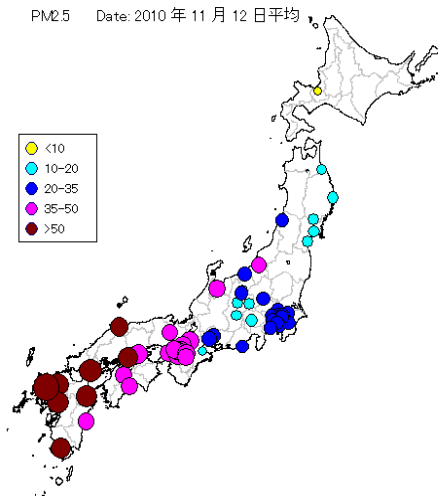


図 5-2-7-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

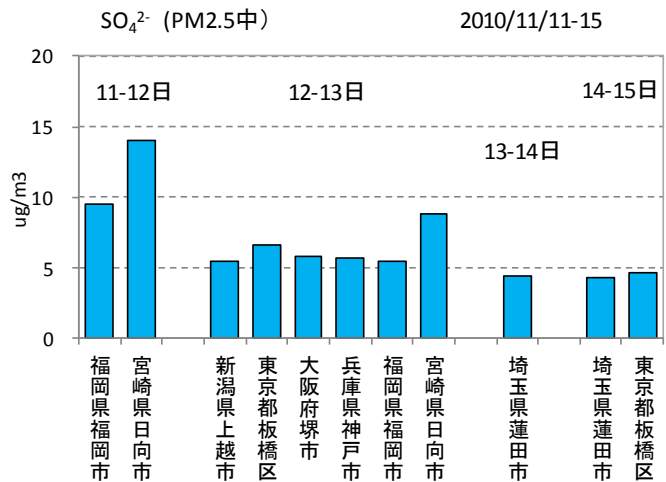


図 5-2-7-9 PM<sub>2.5</sub> 成分組成と硫酸イオン濃度

(8)平成 18 (2006) 年 4 月 17 日～21 日 (事例 K06)

北海道を除く全国 43 地点で黄砂を観測し、また、関東を中心に煙霧を 18 地点で観測している。内モンゴルでの砂塵嵐の発生が確認されており、後方流跡線もその上空を通過してきている。SPM 濃度は本州中央部で上昇しているが、あまり高くなく  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度である。CFORS は日本北部への飛来を予測している。ライダー黄砂消散係数の上昇はあまり大きくない。立山、巻などの北陸を中心に硫酸イオンが  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超す高い濃度を示しており、混在黄砂と判断できる。

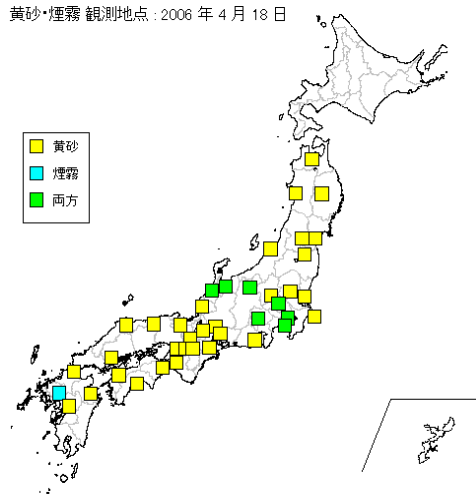
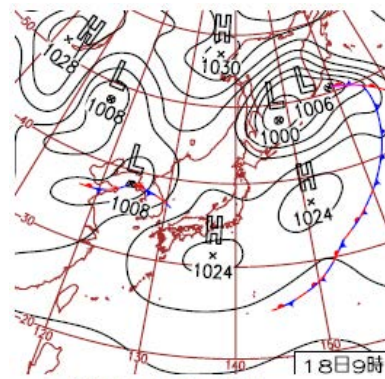


図 5-2-8-1 黄砂・煙霧観測地点



18日(火)東・西日本で黄砂  
南高北低の気圧配置。北海道や東北北部は一時雨や雪。東北南部から南は晴れ。山陰や東日本で5月上旬～下旬の最高気温。東京大手町は平成12年4月14日以来の黄砂。

図 5-2-8-2 天気図

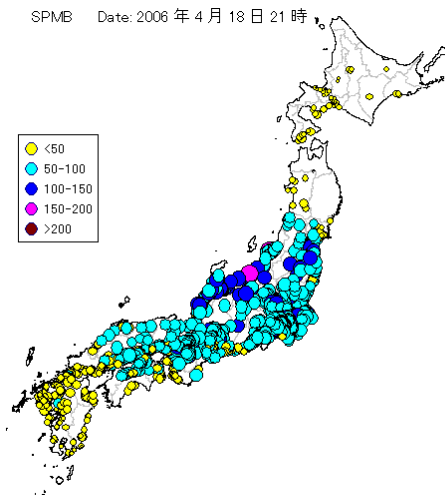


図 5-2-8-3 SPM 濃度全国分布

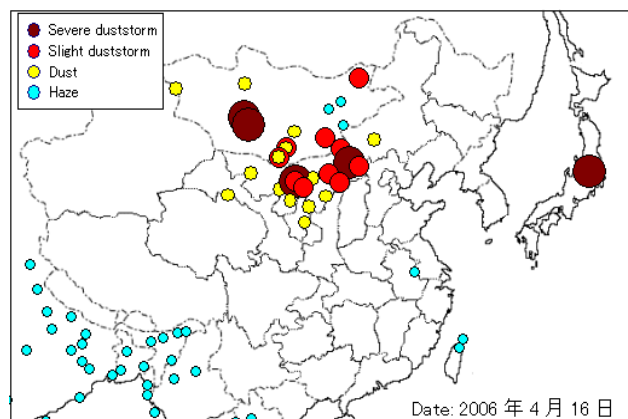


図 5-2-8-4 砂塵嵐発生状況

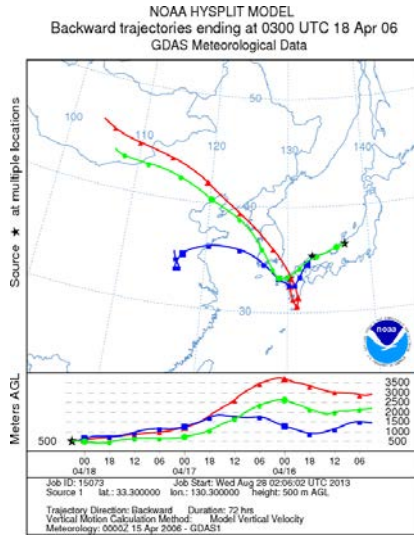


図 5-2-8-5 後方流跡線

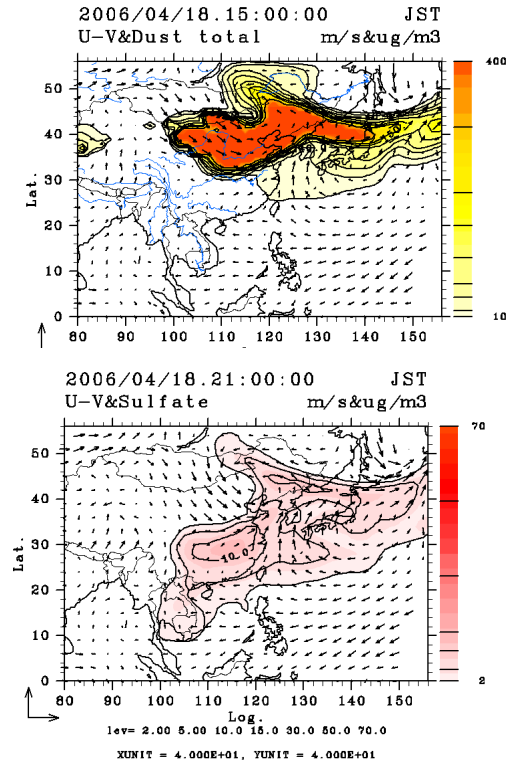


図 5-2-8-6 CFORS 予測結果

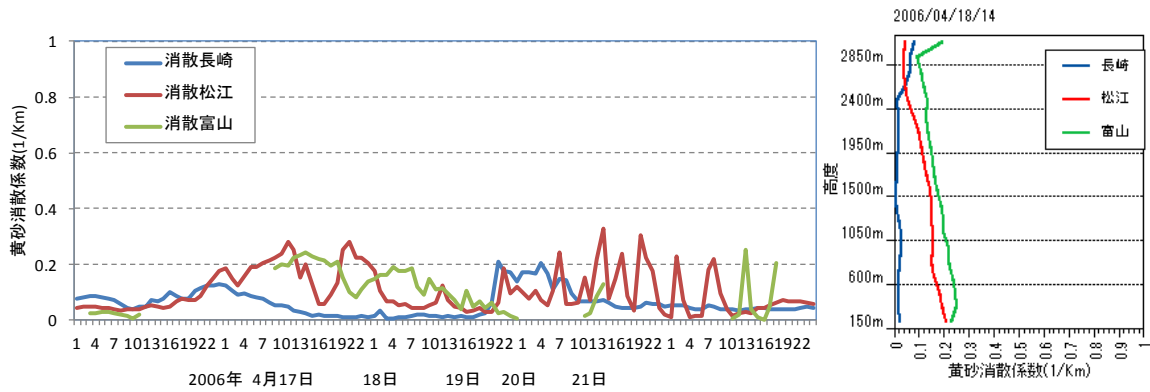


図 5-2-8-7  $\lambda_{\text{黄砂}}$ -黄砂消散係数の経時変化と高度分布

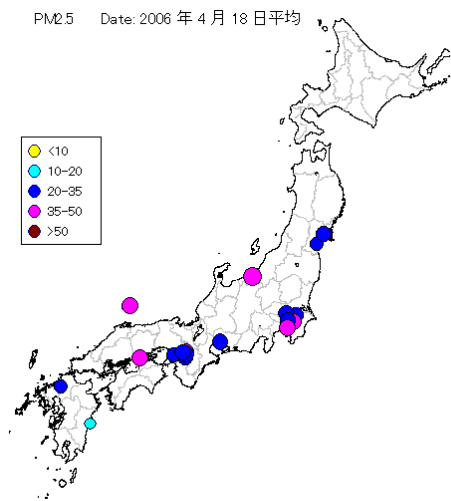


図 5-2-8-8  $\text{PM}_{2.5}$  日平均値全国分布

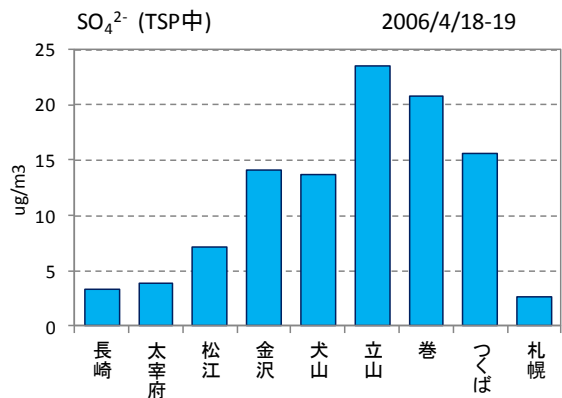


図 5-2-8-9 TSP 中硫酸イオン濃度(日値)



(9)平成 21 (2009) 年 3 月 16 日～19 日 (事例 K11)

黄砂は、東北を含め 40 地点以上と広範囲に観測されている。SPM 濃度も中国・関西・北陸・関東と広い範囲で上昇しているが、最高でも  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度とあまり高くない。モンゴル西部で砂塵嵐の発生がみられ、松江での後方流跡線はこの上空からになっている。一方、福岡、新潟での後方流跡線は中国沿岸部上空を経由してきている。ライダーの消散係数は松江で高く、富山、長崎ではそれほど上がっていない。福岡での硫酸イオン時間値は  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  程度であり、弱い混在黄砂と思われる。

黄砂・煙霧 観測地点 : 2009 年 3 月 17 日

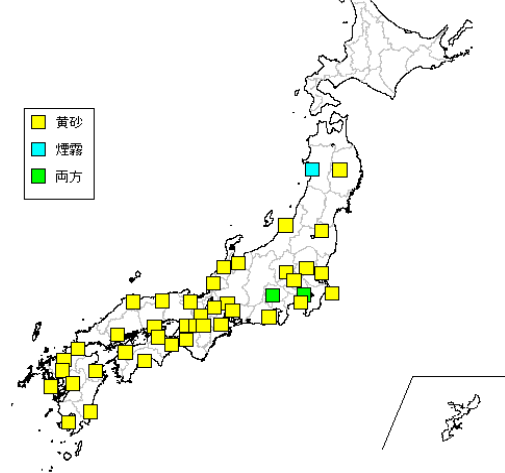
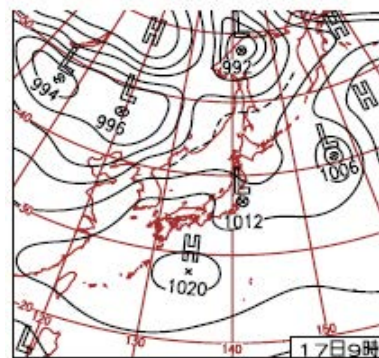


図 5-2-9-1 黄砂・煙霧観測地点



17日(火)東北～九州で広く黄砂  
上空に寒気を伴った気圧の谷が通過。北日本～北陸は曇りや雨で、雷雨となった所も。未明に石川県輪島市で直径10mmのひょうを観測。松山市と大分市でサクラ開花。

図 5-2-9-2 天気図

SPM Date: 2009 年 3 月 17 日 18 時

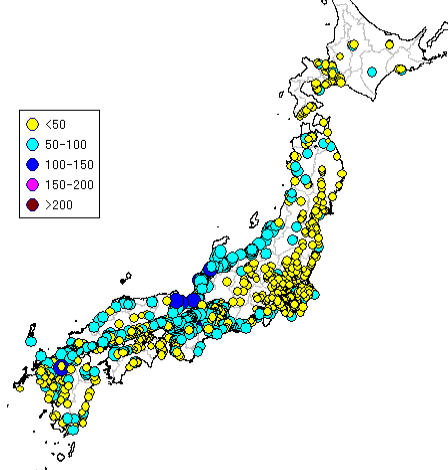


図 5-2-9-3 SPM 濃度全国分布

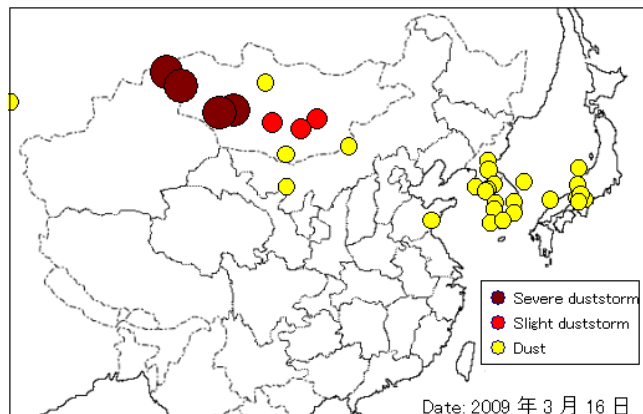


図 5-2-9-4 砂塵嵐発生状況

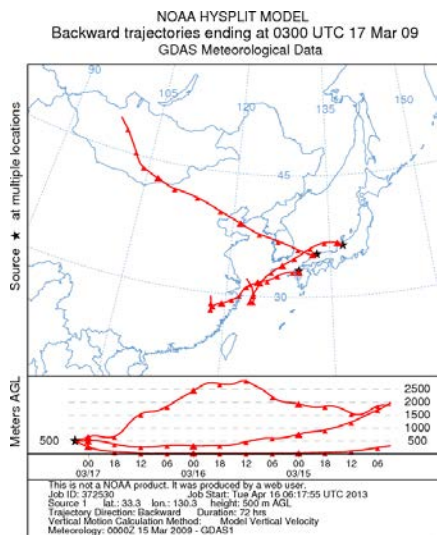


図 5-2-9-5 後方流跡線

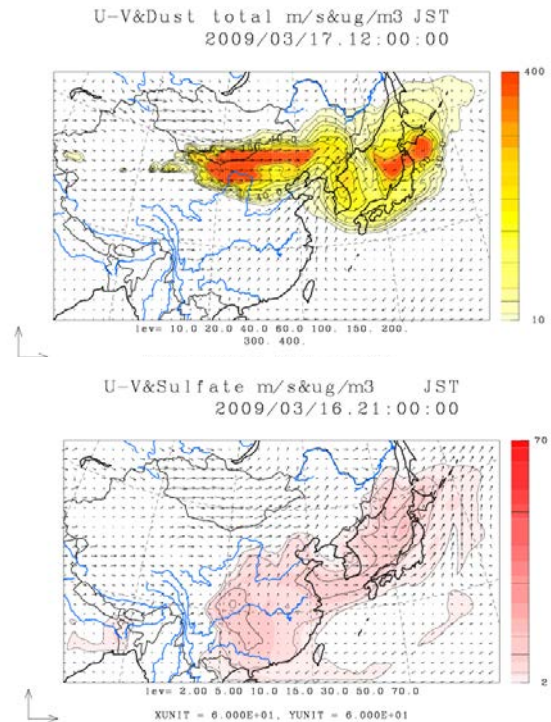


図 5-2-9-6 CFORS 予測結果

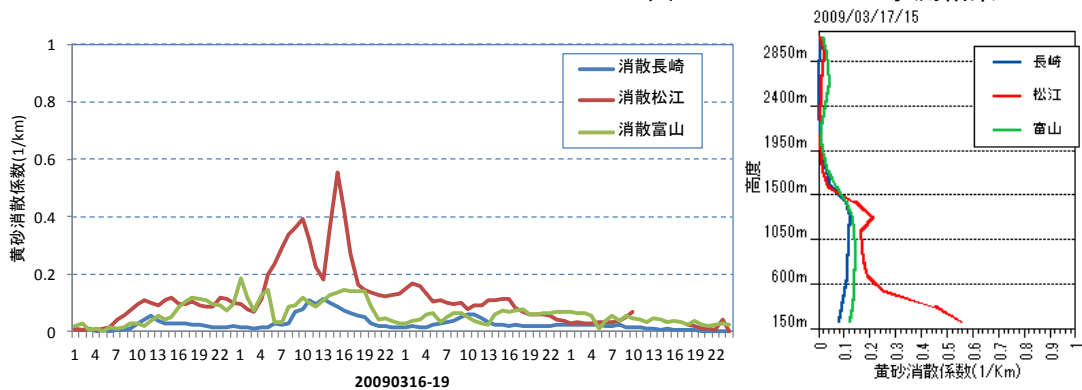


図 5-2-9-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化と高度分布

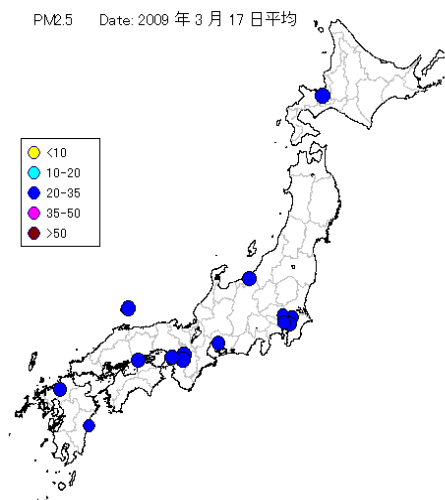


図 5-2-9-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

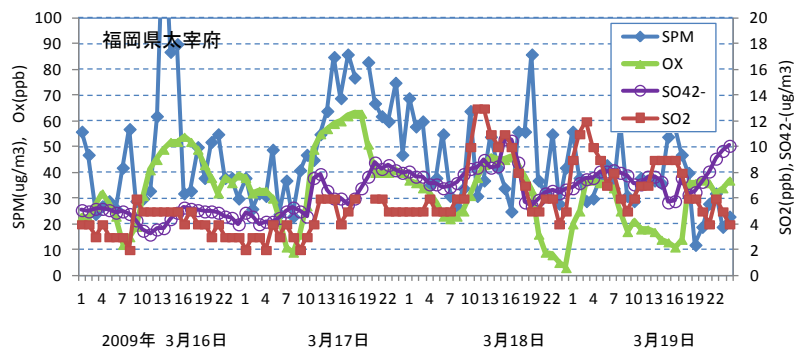


図 5-2-9-9 硫酸イオン濃度(時間値)