

## 8. PM2.5 成分自動測定機 ACSA-14 測定結果の利用

これまでの黄砂実態解明調査では、成分濃度の情報として、自治体による全国の PM2.5 成分分析を利用していたが、自治体による PM2.5 成分分析調査は黄砂飛来時と一致することが少なく、黄砂時の成分に関する情報が不足していた。また、福岡県の自動測定機 (SPA) による PM2.5 中の  $\text{SO}_4^{2-}$  (硫酸イオン) 濃度の 1 時間値を利用して、黄砂と人為起源系汚染物質との混在状況を確認していたが、全国的な混在状況は不明のままであった。

このような中、環境省では、PM2.5 成分自動測定機を全国の複数地点に配置し、2017 年 4 月から継続的な測定を開始しており、このうち、ACSA では、全国 10 地点で PM2.5 や粗大粒子中の  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  (硝酸イオン) などを測定している。PM2.5 中の成分測定結果については、事例解析で前述したとおりであるが、ここでは PM2.5 中の成分のほか、粗大粒子の成分などの利用について検討を行った。

なお、ACSA の詳細は、「4. 2 解析方法 (9) PM2.5 自動測定器 ACSA-14」(12 ページ) に前述したとおりである。本検討では ACSA のデータのうち、PM2.5、PM10、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  を使用するものとし、微小粒子 (PM2.5) と粗大粒子 (PM10-2.5) の成分が区別できるよう、下表に従って表記する。

	硫酸イオン	硝酸イオン
微小粒子側の成分 (PM2.5)	$\text{fSO}_4^{2-}$ (図表中では $\text{fSO}_4$ と表記)	$\text{fNO}_3^-$ (図表中では $\text{fNO}_3$ と表記)
粗大粒子側の成分 (PM10-2.5)	$\text{cSO}_4^{2-}$ (図表中では $\text{cSO}_4$ と表記)	$\text{cNO}_3^-$ (図表中では $\text{cNO}_3$ と表記)

## 8. 1 年平均値

ACSA の測定項目について、黄砂時における PM10 及び、PM2.5 中の成分濃度の高低を評価するにあたり、まず各項目の年平均値を、地点別にまとめた。結果は表 8-1-1 と図 8-1-1 のとおりである。

PM10 は、日本の西側ほど濃度が高い傾向を示し、特に隠岐や五島の離島で高いことが特徴である。

また、fSO<sub>4</sub> も同様に西側ほど濃度が高い傾向を示すが、特異的に赤穂が高く、赤穂は地域的な影響が強い地域であると考えられる。

一方で fNO<sub>3</sub> は、東京、名古屋、大阪、赤穂などの都市部で高い傾向がみられた。

表 8-1-1 年平均値

(単位：μg/m<sup>3</sup>)

	札幌	巻	箕岳	東京	名古屋	大阪	赤穂	隠岐	五島	福岡
PM2.5	10.8	9.6	10.0	13.8	14.2	13.8	11.3	11.9	13.6	12.9
PM10	19.6	20.9	18.5	25.6	23.9	25.1	23.0	30.8	33.4	26.4
fNO <sub>3</sub>	0.9	0.5	0.6	1.7	1.3	1.5	1.4	0.8	0.9	1.1
fSO <sub>4</sub>	2.0	2.0	1.9	2.5	2.8	3.2	4.5	3.3	4.2	4.0



図 8-1-1 年平均値

## 8. 2 黄砂時における粗大粒子の成分濃度

ACSA では、PM2.5 だけでなく、粗大粒子側（PM10-PM2.5）の成分濃度も同時に測定している。黄砂時には、粗大粒子の濃度が高くなることが知られているため、ここでは 2017 年度に気象台で観測された黄砂の 2 事例について、粗大粒子の成分濃度を PM10 と比較した。さらに PM2.5 の成分濃度も併記し、PM2.5 と粗大粒子の成分濃度の比較も行った。

### （1）2017 年 5 月 6 日～8 日

5 月の黄砂事例では、福岡と五島で、5 月 6 日の PM10 が上昇する前の 5 月 5 日に PM2.5 の  $fSO_4^{2-}$  が上昇している。また、巻では 5 月 6 日の PM10 上昇とともに  $fSO_4^{2-}$  が上昇している。これらの地点では、いずれも  $fSO_4^{2-}$  は上昇した後、減少に転じており、5 月 7 日は濃度が低い状況である。なお、粗大粒子の  $cSO_4^{2-}$  で、大きな増加は確認されない。

また、PM2.5 の  $fNO_3$  は、いずれの地点も濃度が低い状況であるものの、粗大粒子の  $cNO_3$  は、特に隠岐や五島で PM10 の変化と同期しており、一時  $10\mu g/m^3$  程度となっていた。

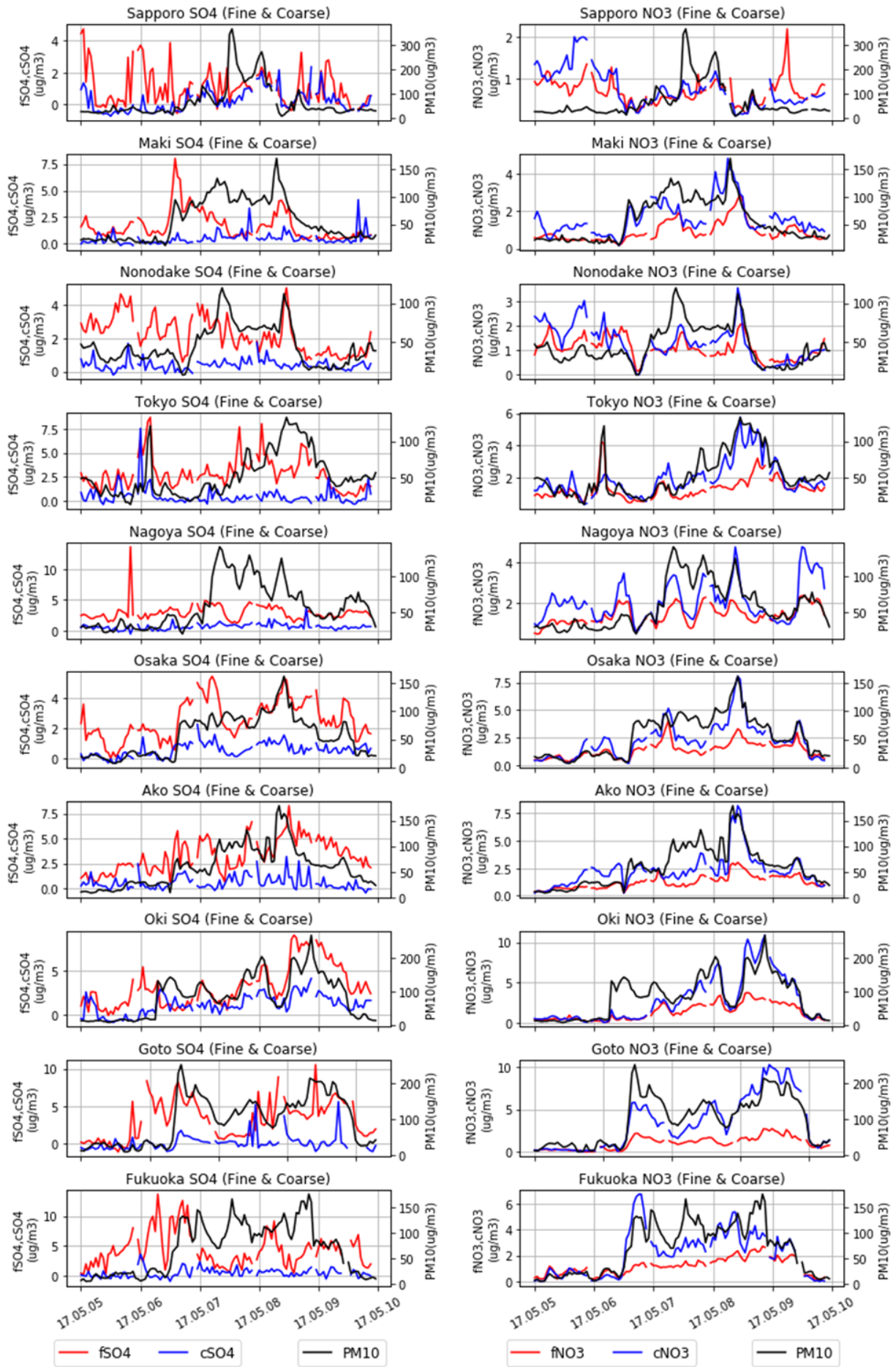


図 8-2-1 PM10 並びに PM2.5 と粗大粒子の成分の経時変化

## (2) 2018年3月28日～29日

3月の事例では、黄砂の観測が札幌と青森のみであるため、北日本のみの濃度推移を示した。

この期間、硫酸イオンは、札幌で欠測となっているが、巻と篔岳で、PM<sub>2.5</sub>のfSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が上昇しており、巻では3月29日にPM<sub>10</sub>が最大値を示す直前に、fSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の最大値がみられた。一方で、巻、篔岳ともに粗大粒子のcSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>では濃度上昇が確認されない。

札幌の硝酸イオンをみると、PM<sub>10</sub>の最大値が観測された3月29日前の3月27日から28日にかけてfSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の極大値が観測された。さらに札幌における粗大粒子のcNO<sub>3</sub>では、PM<sub>10</sub>の変化と同期しており、最大で10μg/m<sup>3</sup>程度の濃度が観測された。

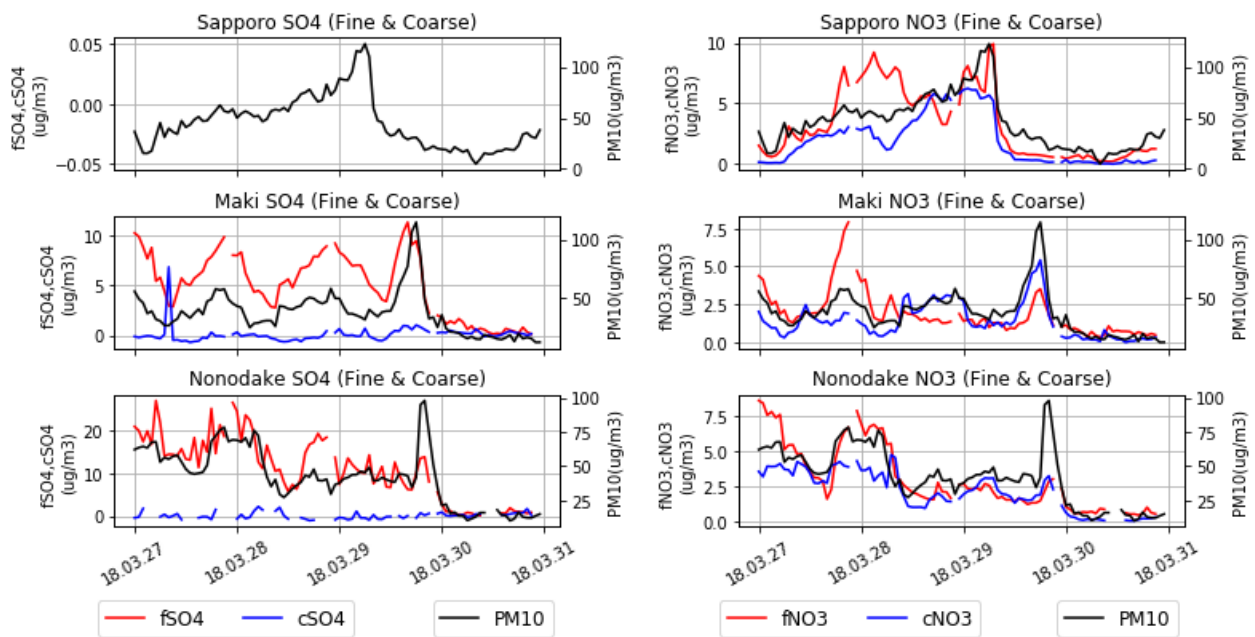


図 8-2-2 PM<sub>10</sub> 並びに PM<sub>2.5</sub> と粗大粒子の成分の経時変化

両黄砂事例ともに、複数地点において、黄砂飛来前に PM<sub>2.5</sub> の成分濃度が上昇する様子が見られた。植松ら (2002) は、長崎でのステップサンプラーを用いた 2 時間毎のエアロゾル測定値から、人為起源の硫酸塩濃度と黄砂粒子の飛来には数時間の時間差が見られる場合があることを指摘している<sup>33)</sup> が、ACSA-14 の測定結果においても、同様の現象が確認された。

また、粗大粒子の成分では、硝酸イオンが PM<sub>10</sub> と同時に上昇する現象がみられ、硝酸イオンが黄砂に付着していた可能性があると考えられる。

### 8. 3 PM2.5 と PM10 の比

これまでの黄砂調査では、気象台で観測された黄砂日と大規模煙霧日について、日別に PM2.5/SPM をとりまとめていた。黄砂時には粗大粒子が多くなる傾向にあるため、比率が低くなり、一方で人為起源系の汚染物質が多くなると、比率は高くなる。

PM10 は SPM よりも粗大な粒子の量的指標となるため、黄砂時の PM2.5/PM10 は、PM2.5/SPM よりも顕著に変化が見られる可能性がある。そこで、ここでは PM2.5/PM10 についてのとりまとめを行う。

#### (1) 年平均との比較

まず、年平均の PM2.5/PM10 を算出し、これと黄砂時、煙霧時の比率とを比較した。それぞれの比率を日別に示したものを表 8-3-1 に示す。詳細は下記のとおりであるが、黄砂時の PM2.5/PM10 は、年平均よりも低くなった。一方、大規模煙霧時には、全体的に年平均よりも高くなる傾向にあった。

##### ① 年平均

2017 年度における PM2.5/PM10 は、10 地点平均で 0.52 であり、地点別にみると 0.41~0.61 であった。

##### ② 気象台で黄砂が観測された日

気象台で黄砂が観測された日について、5 月 6 日から 5 月 8 日は、10 地点平均で 0.29~0.42 と年平均の 0.52 よりも低く、地点別でも全国的に低い状況であった。

3 月 28 日から 3 月 29 日は、10 地点平均で 0.52~0.58 と年平均以上であるが、黄砂が観測された札幌をみると、特に 3 月 29 日に 0.41 と低い値で、札幌の年平均 0.59 を大きく下回った。

##### ③ 気象台で大規模煙霧が観測された日

気象台で大規模煙霧が観測された 26 日間をみると、10 地点平均が 0.42~0.67 となり、黄砂時より高い傾向がみられた。このうち最も高い値 (0.67) を示した日は、2018 年 1 月 22 日である。このとき東京の 0.84 をはじめとして、名古屋や札幌で高い値を示した。ただし、煙霧日において PM2.5/PM10 が低い日もみられた。

表 8-3-1 黄砂時、大規模煙霧時における PM2.5/PM10

地点	札幌	巻	箕岳	東京	名古屋	大坂	赤穂	隠岐	五島	福岡	平均	
年平均	0.59	0.49	0.57	0.57	0.61	0.56	0.47	0.41	0.42	0.5	0.52	
気象台黄砂	2017.05.06	0.41	0.38	0.51	0.45	0.57	0.43	0.36	0.32	0.33	0.47	0.42
	2017.05.07	0.2	0.21	0.32	0.45	0.32	0.32	0.3	0.26	0.24	0.28	0.29
	2017.05.08	0.26	0.25	0.34	0.37	0.37	0.38	0.37	0.3	0.26	0.39	0.33
	2018.03.28	0.58	0.64	0.61	0.62	0.67	0.6	0.6	0.46	0.47	0.53	0.58
	2018.03.29	0.41	0.51	0.57	0.58	0.62	-	0.56	0.39	0.51	0.57	0.52
気象台煙霧	2017.05.30	0.48	0.57	0.53	0.51	0.65	0.6	0.54	0.39	0.37	0.57	0.52
	2017.05.31	0.48	0.55	0.57	0.5	0.6	0.58	0.56	0.5	0.52	0.57	0.54
	2017.06.01	0.56	0.48	0.42	0.47	0.66	0.65	0.62	0.5	0.46	0.62	0.54
	2017.06.02	0.46	0.32	0.47	0.44	0.52	0.53	0.39	0.22	0.43	0.43	0.42
	2018.01.16	0.8	0.59	0.51	0.74	0.64	0.63	0.68	0.37	0.21	0.47	0.56
	2018.01.17	0.76	0.55	0.7	0.66	0.58	0.44	0.52	0.24	0.33	0.33	0.51
	2018.01.18	0.72	0.36	0.73	0.73	0.59	0.54	0.26	0.44	0.59	0.51	0.55
	2018.01.19	0.78	0.46	0.62	0.63	0.58	0.49	0.5	0.49	0.55	0.55	0.57
	2018.01.20	0.75	0.54	0.6	0.57	0.62	0.54	0.57	0.41	0.48	0.49	0.56
	2018.01.21	0.72	0.51	0.55	0.66	0.6	0.51	0.54	0.43	0.53	0.49	0.55
	2018.01.22	0.79	0.7	0.63	0.84	0.72	0.65	0.61	0.53	0.58	0.62	0.67
	2018.01.23	0.73	0.59	0.77	0.77	0.7	0.55	0.52	0.46	0.56	0.45	0.61
	2018.02.24	0.68	0.6	0.71	0.65	0.71	0.61	0.6	0.52	0.62	0.58	0.63
	2018.02.25	0.74	0.74	0.81	0.66	0.75	0.61	0.62	0.56	0.52	0.58	0.66
	2018.02.26	0.75	0.72	0.79	0.57	0.65	0.63	0.65	0.49	0.51	0.5	0.63
	2018.02.27	0.81	0.67	0.73	0.56	0.64	0.63	0.59	0.46	0.47	0.5	0.61
	2018.02.28	0.86	0.57	0.76	0.58	0.61	0.59	0.55	0.5	0.27	0.52	0.58
	2018.03.01	0.82	0.54	0.51	0.6	0.49	0.45	0.28	0.35	0.43	0.39	0.49
	2018.03.24	0.41	0.72	0.63	0.6	0.68	0.59	0.56	0.48	0.55	0.51	0.57
	2018.03.25	0.63	0.54	0.62	0.65	0.66	0.64	0.62	0.49	0.49	0.59	0.59
2018.03.26	0.53	0.58	0.63	0.61	0.7	0.67	0.61	0.45	0.46	0.56	0.58	
2018.03.27	0.51	0.67	0.56	0.62	0.66	0.65	0.61	0.5	0.47	0.54	0.58	
2018.03.28	0.58	0.64	0.61	0.62	0.67	0.6	0.6	0.46	0.47	0.53	0.58	
2018.03.29	0.41	0.51	0.57	0.58	0.62	-	0.56	0.39	0.51	0.57	0.52	
2018.03.30	0.46	0.52	0.6	0.39	0.51	0.53	0.45	0.45	0.39	0.39	0.47	
2018.03.31	0.5	0.66	0.66	0.47	0.55	0.46	0.5	0.52	0.36	0.43	0.51	

## (2) PM2.5/SPM との比較

PM2.5/PM10 と PM2.5/SPM との比較は、表 8-3-2~3 に示したとおりである。これまでの調査における PM2.5/SPM は、黄砂が観測された測定地点の平均で示していたため、PM2.5/PM10 も同様に示した。

PM2.5/SPM は、黄砂時に 0.66~0.81、煙霧時に 0.69~0.98 が示された。

一方、PM2.5/PM10 は、黄砂時に 0.29~0.58、煙霧時に 0.42~0.67 であった。

PM2.5/SPM では黄砂時と煙霧時の最小値の差が 0.03、最大値の差が 0.17 であったが、PM2.5/PM10 では黄砂時と煙霧時の最小値の差が 0.13、最大値の差が 0.09 となり、最小値で差が大きくなった。このように黄砂時においては、PM2.5/SPM より PM2.5/PM10 で顕著な差が見られた。ただし、その一方で、煙霧時においては、PM2.5/SPM で顕著な差があることから、黄砂と煙霧を検討する場合には、PM2.5/SPM と PM2.5/PM10 の両者を集計することが有効と考えられる。

表 8-3-2 2017 年度の黄砂日一覧

事例	年	月	日	PM2.5/SPM	PM2.5/PM10
1	2017	5	6	0.66	0.42
	2017	5	7	0.67	0.29
	2017	5	8	0.70	0.33
2	2018	3	28	0.81	0.58
	2018	3	29	0.79	0.41

※「PM2.5/SPM」は測定局毎に PM2.5/SPM を算出し、それを平均したものであり、表中の「SPM 平均濃度」と「PM2.5 平均濃度」から算出したものではない。

表 8-3-3 2017 年度の煙霧日一覧

事例	年	月	日	PM2.5/SPM	PM2.5/PM10
1	2017	5	30	0.80	0.52
			31	0.75	0.54
		6	1	0.77	0.54
			2	0.77	0.42
2	2018	1	16	0.98	0.56
			17	0.72	0.51
			18	0.82	0.55
			19	0.85	0.57
			20	0.91	0.56
			21	0.93	0.55
			22	0.87	0.67
			23	0.91	0.61
3	2018	2	24	0.90	0.63
			25	0.88	0.66
			26	0.86	0.63
			27	0.74	0.61
			28	0.82	0.58
		3	1	0.77	0.49
4	2018	3	24	0.80	0.57
			25	0.86	0.59
			26	0.85	0.58
			27	0.83	0.58
			28	0.78	0.58
			29	0.79	0.52
			30	0.74	0.47
31	0.69	0.51			

※「PM2.5/SPM」は測定局毎に PM2.5/SPM を算出し、それ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。



## 9. 人工衛星データの利用

黄砂は、大陸で発生した砂塵嵐が偏西風によって日本へ飛来することが知られている。黄砂は、日本へ飛来する際に様々な経路をとり、その経路によって黄砂に混在する大気汚染物質の質や量が異なることが考えられる。黄砂の飛来経路については、現状では CFORS によるモデル計算や、後方流跡線による気流の流れで評価しているが、実際の黄砂の経路は不明である。そこで、ここでは地球観測用の人工衛星のデータを活用し、黄砂の捕捉について検討を行う。

### 9. 1 国内外における地球観測人工衛星の概要

黄砂の捕捉に適用できる可能性がある国内外の地球観測用の人工衛星について、ひまわり 8 号、CALIPSO、MODIS の 3 機種を取り上げ、その概要をまとめた。

#### (1) ひまわり 8 号

ひまわり 8 号は日本の気象衛星であり、気象庁で運用されている。ひまわり 8 号では、16 の観測バンドによる観測を実施しており、それらのバンドを利用した RGB 合成による黄砂の検出について検討を行った。気象庁によると、ひまわり 8 号の衛星データを黄砂の検出に利用する場合、バンド 1 からバンド 3 を使った True Color RGB か、バンド 3 からバンド 5 を使った Natural Color RGB などが有用であることが紹介されている。

2017 年 5 月 6 日～8 日で観測された黄砂事例について、5 月 7 日と 8 日のデータを Natural Color RGB で画像処理したものを図 9-1-1 に示すが、本黄砂事例においては、黄砂の範囲は不明瞭であった。また、True Color RGB で画像処理も実施したが、Natural Color RGB と同様の結果であった。

なお、宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センターでは、このようなカラー画像を表示できるウェブサイト「JAXA ひまわりモニタ」を一般公開しており、2015 年から現在までの状況について、比較的容易に確認することができる。

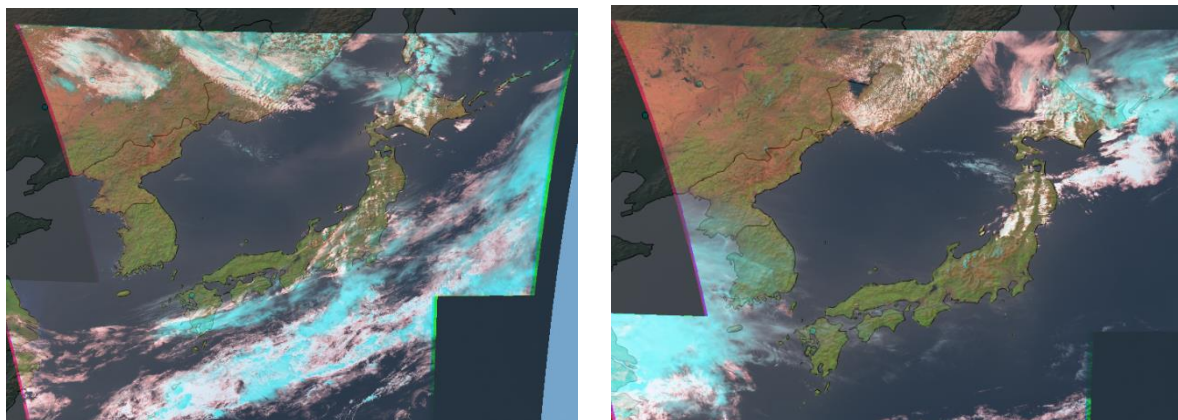


図 9-1-1 Natural Color RGB (左 : 2017. 05. 07 右 : 2017. 05. 08)

上記の方法以外では、各バンドの差分を用いた RGB 合成もある。特にバンド 11 からバンド 15 を使って差分した Dust RGB では、黄砂を識別する方法として有効とされている。図 9-1-2 は、気象庁のホームページで、人工衛星で黄砂を捉えたとして紹介された画像である。このように Dust RGB では、黄砂などの砂塵が赤系色で示される。

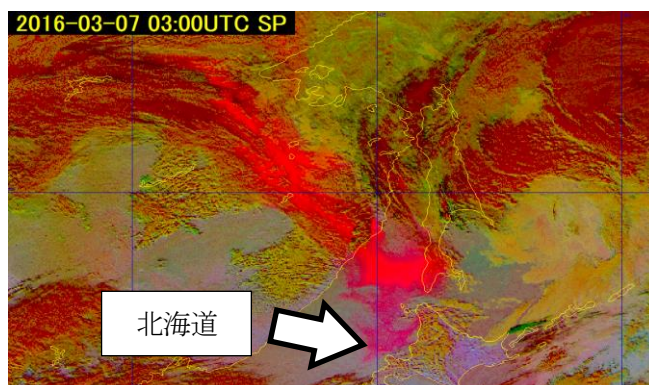


図 9-1-2 Dust RGB (気象庁HPで紹介された2016.3.7の黄砂)

気象庁では、2019年1月29日から気象庁ホームページにおいて、「ひまわり黄砂監視画像」として、Dust RGB 画像の公開を開始している。公開の目的は、画像をタイムリーに確認することによって、地方自治体や住民の方が効果的に黄砂対策をとることができることとしており、1時間ごとに画像を提供している。しかしながら、「ひまわり黄砂監視画像」は、直近3日間分の画像が確認できるものの、それ以前についての画像は公開されておらず、過去の黄砂事例を確認する場合には、別途画像処理を実施する必要がある。

## (2) CALIPSO

CALIPSO は、アメリカ航空宇宙局とフランス国立宇宙研究センター共同による地球観測衛星であり、大きな特徴はライダーを搭載していることである。

CALIPSO は地球上全体を把握するような軌道を描いていることから、常に日本付近の状況を見ることは難しいが、搭載しているライダーによって黄砂の判別が容易であり、黄砂の飛来高度も判定できる。図 9-1-3 は、2017 年 5 月に日本で観測された黄砂事例であるが、モンゴル・ゴビ砂漠付近において広範囲で発生した黄砂が、韓国付近を経由し、日本へ飛来している様子がわかる。なお、CALIPSO は、すでに耐用年数を過ぎており、データ提供の停止が懸念される。

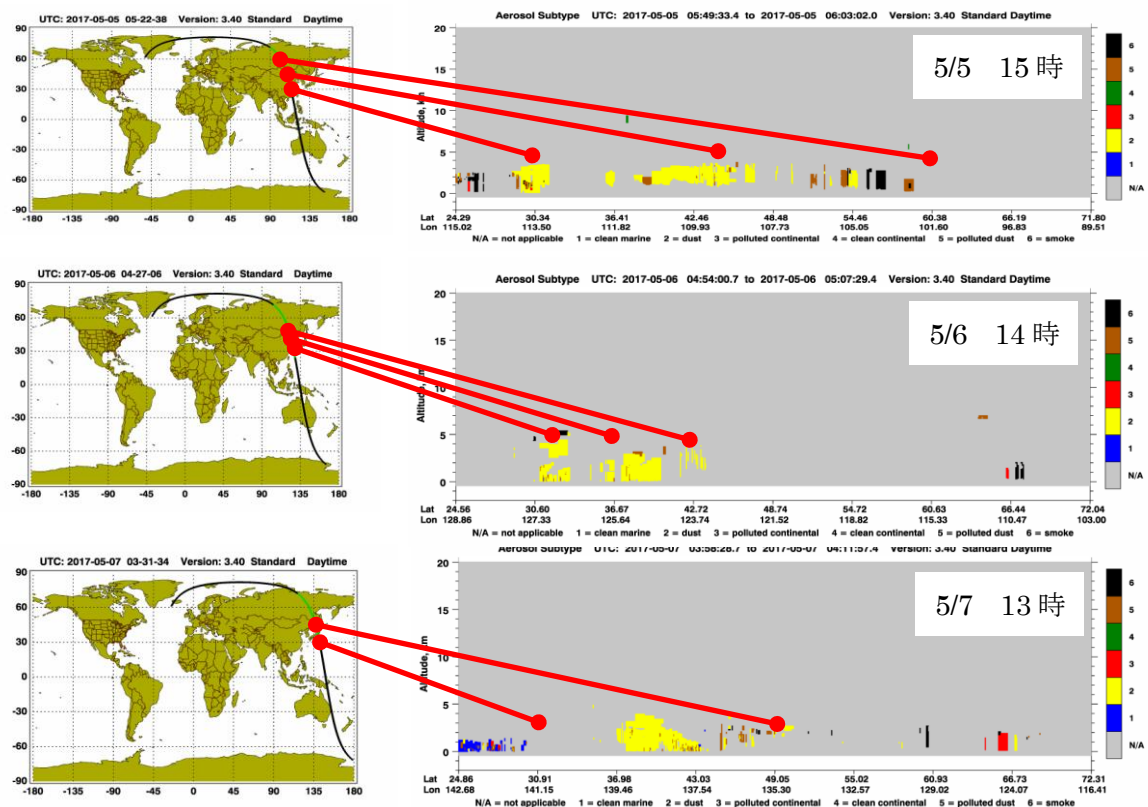


図 9-1-3 CALIPSO のデータ (左 : CALIPSO の軌道、右 : ライダーデータ (黄 : dust))

## (3) MODIS

MODIS はアメリカ航空宇宙局で開発されたセンサーで、地球観測軌道衛星の Terra と Aqua に搭載されている。観測波長帯は  $0.4\mu\text{m}$  から  $14.4\mu\text{m}$  の範囲に 36 のバンドを有しており、汚染物質を判別する手段として利用されているものの、黄砂への適用はみられない。MODIS を搭載した Terra と Aqua も CALIPSO と同様に、耐用年数を大きく超えており、データ提供の停止が懸念される。

ここで取り上げた地球観測人工衛星3機種について、表9-1-1に特徴をまとめた。このうち、CALIPSOはライダーを搭載しており、黄砂の判別が可能であることから、最も有効性が高いと思われる。しかしながら、CALIPSOは打ち上げ年が2006年で、すでに耐用年数を大きく過ぎている。また、Terra、Aqua (MODIS)もCALIPSOと同様にすでに耐用年数を過ぎている。したがって、これらの人工衛星は、近くデータの提供が停止されることも懸念されるため、ここでは詳細な検討は実施しないものとした。

一方、ひまわり8号は、耐用年数に問題はない。加えて、ひまわり8号のDust RGBは、比較的、黄砂の識別が容易と考えられることから、詳細を検討することとする。

表9-1-1 国内外の地球観測人工衛星

人工衛星	(1)ひまわり8号		(2) CALIPSO	(3)Terra,Aqua (MODIS)
国籍	日本		米・仏	米
衛星の種類	静止衛星		極軌道衛星	極軌道衛星
打ち上げ年	2014		2006	1999,2002
耐用年	≥2022		≥2018	≥2018
データ	Natural RGB	Dust RGB	消散係数	AOT
空間解像度	1000~2000m	1000~2000m	333m	250~1000m
特徴	■画像による定性評価	■黄砂の判別が容易 ■画像による定性評価	■ライダー搭載で黄砂判別可能。	■汚染物質の判断で使用可能。
課題	■雲などのノイズも含んでおり、現状において明確な黄砂の判定は難しい。 ■可視バンドのため日中のみ利用可能。	■直近3日間より過去の衛星画像が公開されておらず、データから画像処理する必要がある。	■軌道衛星のため、黄砂の発生と経路がわかりにくい。 ■衛星の耐用年数が過ぎている。	■衛星の耐用年数が過ぎている。 ■黄砂検出の適用について報告が見当たらず検討が必要。

## 9. 2 ひまわり 8 号 Dust RGB による黄砂事例の検証

ここでは、2017 年度に観測された黄砂について、ひまわり 8 号の衛星データから Dust RGB 処理をした画像から検証を行う。前述したとおり、Dust RGB は、ひまわり 8 号の 16 の観測バンドのうち、バンド 11 からバンド 15 を使って差分したデータから画像処理したものである。

Dust RGB は、2019 年 1 月 29 日から気象庁ホームページにおいて、「ひまわり黄砂監視画像」として公開が開始されているものの、タイムリーに画像を確認して効果的に黄砂対策を実施できることを主な目的としているため、直近 3 日分を超える過去の画像は確認することができない。そこで、ここでは、別途、情報通信研究機構（NICT）の「ひまわり衛星データアーカイブ」から衛星データをダウンロードし、画像処理を行った。

Dust RGB の画像処理は、気象庁の処理方法に従って行った。具体的には、ひまわり 8 号の観測バンド B15 と B13 の差分、B13 と B11 の差分、B13 画像を赤色、緑色、青色に割り当て、RGB 合成をおこなった。

次に、2017 年度に観測された黄砂 2 事例（2017 年 5 月 6～8 日、2018 年 3 月 28～29）について、ACSA の PM10 の経時変化と Dust RGB 画像（日本時間の 12 時の画像）をまとめた。



### (1) 2017年5月6日～8日

2017年5月6日～8日は、全国的に黄砂が観測された。本事例のPM10の経時変化とDust RGBを図9-2-1～2に示す。

Dust RGBでは、いずれも黄砂と思われる赤い帯が日本全土を覆っている様子がみられる。なお、ACSAのPM10は、5月7日に札幌で突出して高いが、Dust RGBでは赤の濃淡はみられず、本方法で、黄砂の濃淡の判定することは難しいと思われる。

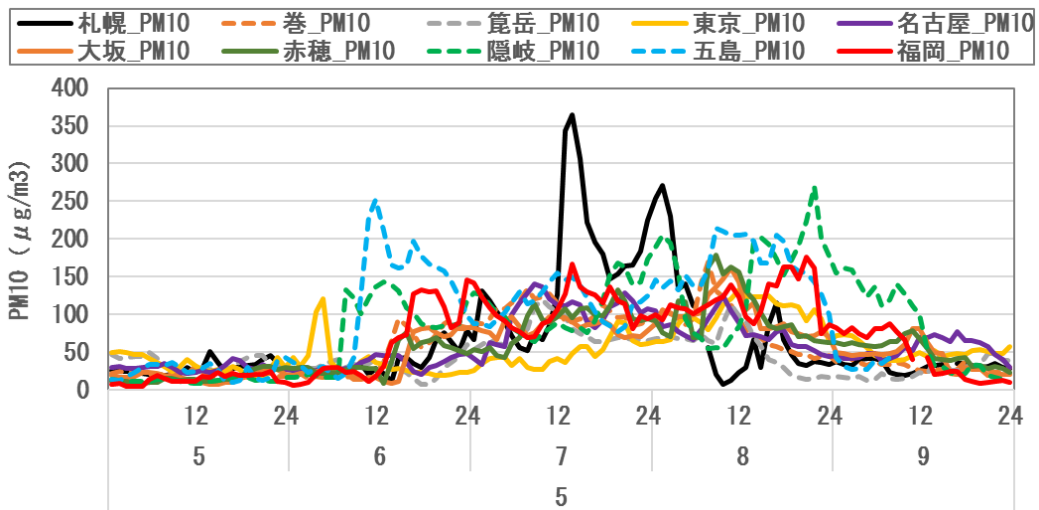


図9-2-1 PM10の経時変化

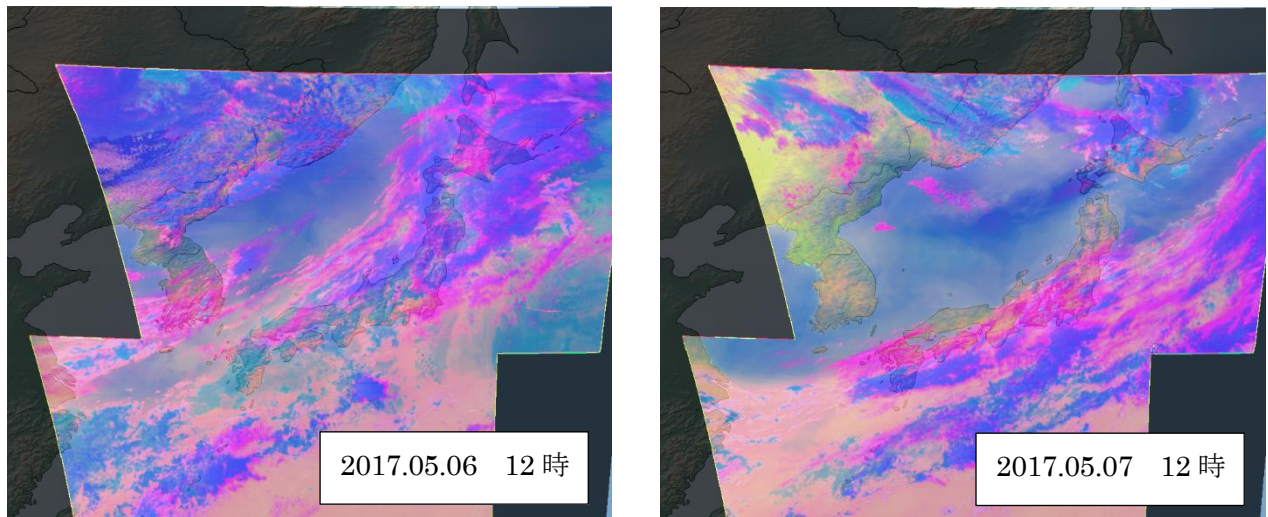


図9-2-2 (1) Dust RGB

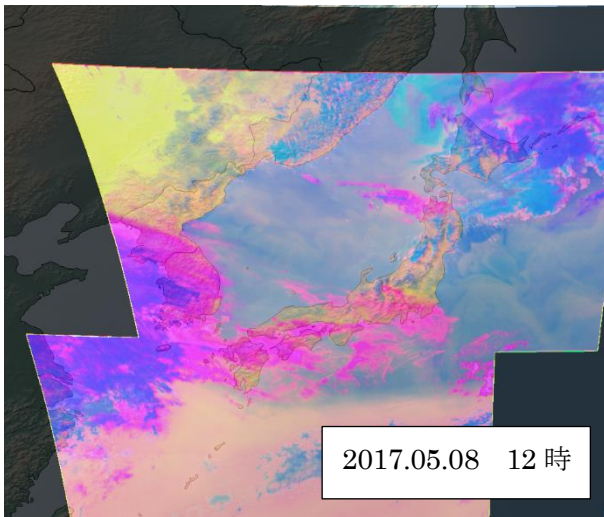


図 9-2-2 (2) Dust RGB

## (2) 2018年3月28日～29日

2018年3月28日～29日では、札幌と青森で黄砂が観測された。また、同期間は全国的に煙霧が観測されている。本事例のPM10の経時変化とDust RGBは、図9-2-3～4に示すとおりである。

PM10をみると、札幌で3月28日昼過ぎから濃度が上昇している様子がみられる。一方、東京などでも札幌と同程度のPM10が観測されており、他の地点も高い状況である。

これに対して、3月28日12時のDust RGBをみると、赤い帯が北海道を覆っている様子がみられ、各地点のPM10の上昇について、札幌は黄砂の影響で、東北以南は黄砂以外による影響であることが示唆される。また、翌日の3月29日12時では、北海道の南側から、北陸や東海でも影響が示唆された。

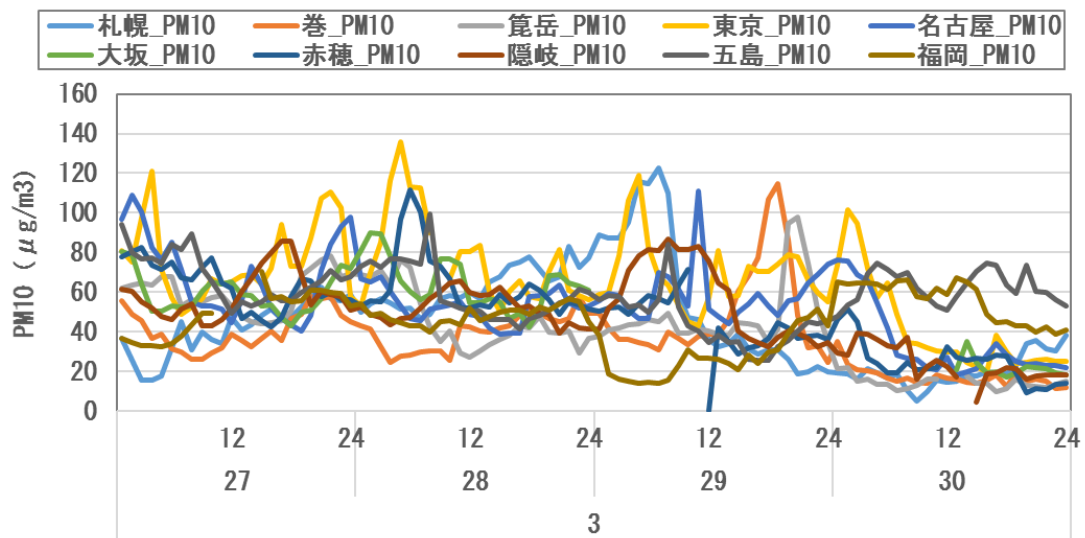


図 9-2-3 PM10 の経時変化

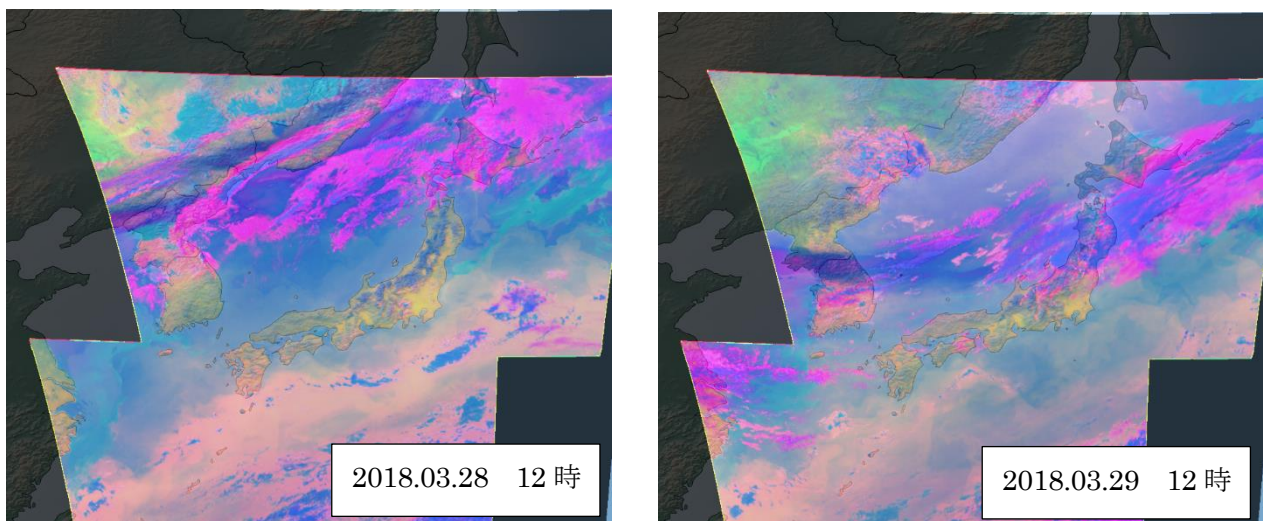


図 9-2-4 Dust RGB

このように、ひまわり 8 号のデータを利用することによって、黄砂と示唆されるものが、大陸から日本へ飛来している様子を見ることができ、その範囲をある程度特定することができる。ここでは、日本時間の 12 時のみで評価を行ったが、他の時間帯も検討することによって、黄砂飛来の経路の判断に役立つと考えられる。加えて、日本各地に設置されているライダーとあわせて解析することによって、黄砂の飛来高度も含めて、飛来の状況がさらに明らかになることも期待される。



## 10. 今後の課題

本報告書では、PM2.5成分自動測定機のうち、ACSAのデータを用いて、全国10地点におけるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>のデータなどから、黄砂と汚染物質との混在について、全国的な状況を確認した。また、ひまわり8号のデータを利用することによって、黄砂の飛来状況について、視覚的に把握できることがわかった。

今後の課題として、次のような事項があげられる。

- 大黃砂に比べ我が国への飛来頻度が多い弱黄砂による影響が懸念されており、そのような黄砂がいつどこで発生しているのかを把握する高感度検出手法の確立が必要である。また、黄砂に付着して飛来する化学物質やバイオエアロゾルによる複合的な影響も指摘されており、黄砂とともに飛来する化学物質の状況を継続して把握していく必要がある。
- 黄砂現象や煙霧現象時にPM2.5濃度が上昇し、環境基準値である日平均値35μg/m<sup>3</sup>を超過する観測事例が例年報告されている。PM2.5の化学成分分析データの蓄積を進めることにより、PM2.5の組成成分に対する黄砂や煙霧の寄与を解明していく必要がある。
- 環境省が配備したPM2.5成分自動測定機のうち、ACSAではPM2.5の成分だけではなく、PM10の濃度と粗大粒子の成分も同時に測定されており、今後、これらのデータを集約していくことが重要である。また、PM2.5成分自動測定機に加え、ライダーの黄砂消散係数やひまわり8号のDust RGBなども含め、データの利用方法をさらに検討することにより、黄砂についてより有効な解析ができることも期待される。
- 日本・中国・韓国でのモニタリング・予測、発生源対策に関する黄砂共同研究について、黄砂問題検討会と日中韓三カ国黄砂共同研究(ワーキンググループ1)との連携を深め、海外情報の取り込みや、日本の状況の反映など情報共有を進める必要がある。このような研究が、アジア地域全体の黄砂発生源対策、さらには大気汚染物質との混在型黄砂の飛来率を低減化できるような公害防止型の技術協力に寄与することも期待される。
- 黄砂は、これまで全国59ヶ所の気象台において目視観測で判定されていたが、平成31年2月から関東甲信地方における9ヶ所のうち8ヶ所が目視観測をやめることとなり、現在、全国51ヶ所で黄砂判定を行っている。過去の黄砂観測結果との継続性の確保に留意するとともに、データ解析の品質をさらに向上させていくことが重要である。

## 参考文献リスト

1. 「環境省」 2007：黄砂実態解明調査中間報告書
2. 「環境省」 2008：黄砂実態解明調査報告書
3. 「環境省」 2009：黄砂飛来状況報告書
4. 「環境省」 2010：平成 22 年度黄砂 飛来状況報告書－平成 21 年度における黄砂実態解明調査
5. 「環境省」 2011：黄砂実態解明調査中間報告書－平成 20～22 年度－
6. 「環境省」 2012：平成 23 年度黄砂飛来状況調査報告書
7. 「環境省」 2013：黄砂実態解明調査報告書（平成 15～24 年度）
8. 「環境省」 2014：平成 25 年度黄砂飛来状況調査報告書
9. 「環境省」 2015：平成 26 年度黄砂飛来状況調査報告書
10. 「環境省」 2016：平成 27 年度黄砂飛来状況調査報告書
11. 「環境省」 2017：平成 28 年度黄砂飛来状況調査報告書
12. 「環境省」 HP（環境省大気汚染物質広域監視システム）：<http://soramame.taiki.go.jp/>
13. 「気象庁」 HP(地球環境のデータバンク黄砂) [http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa\\_data\\_index.html](http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_data_index.html)
14. 「気象庁」 HP（日々の天気図）：<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
15. 「気象業務支援センター」：世界気象資料、気象庁月報
16. 「気象庁」 HP(過去の気象データ)：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
17. 「国立環境研究所」 HP（ライダー（レーザーレーダー））：<http://www.lidar.nies.go.jp/>
18. 「国立環境研究所」 HP(東アジア域黄砂・大気汚染物質分布予測(CFORS)):  
<http://www-cfors.nies.go.jp/~cfors/index-j.html>
19. 「アメリカ海洋大気圏局 NOAA」 HP ARL HYSPLIT（後方流跡線）<http://ready.arl.noaa.gov/hysplit-bin/trajasrc.pl>
20. 「アメリカ国務省 Mission China」 <http://www.stateair.net/web/historical/1/1.html>
21. 日下部正和他：日本における黄砂飛来の影響－平成 25 年度黄砂実態解明調査結果概要（10 年間のまとめ一、第 55 回大気環境学会年会講演要旨集、475（2014）
22. 後藤隆久、岩本真二、日下部正和：日本に飛来する黄砂の分類について、第 53 回大気環境学会年会講演要旨集、487（2012）
23. A. Shimizu, N. Sugimoto, I. Matsui, I. Mori, M. Nishikawa, M. Kido：Relationship between Lidar-derived Dust Extinction Coefficients and Mass Concentration in Japan, SOLA, Vol7A, 1-4 ,2011
24. 日下部正和、後藤隆久、岩本真二：ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂検出の検討、第 53 回大気環境学会年会講演要旨集、488（2012）
25. 原由香里、佐竹晋輔、鶴野伊津志、竹村俊彦：領域ダスト輸送モデルを用いた黄砂現象の年々変動シミュレーション、天気、51（10）719-728（2004）

26. 日下部正和、岩本真二：黄砂・煙霧時における PM2.5 の環境基準超過について、第 54 回大気環境学会年会講演要旨集、491 (2013)
27. Cohen, D., David, Crawford, Jagoda., Stelcer, Eduard., Atanacio, J., Armand. (2012) Application of positive matrix factorization, multi-linear engine and back trajectory techniques to the quantification of coal-fired power station pollution in metropolitan Sydney, *Atmospheric Environment* 61, 204-211.
28. 辻昭博：大気エアロゾル中のイオン成分および無機元素成分の粒径別高時間分解能観測による黄砂と人為起源物質の越境汚染輸送の詳細解析、大気環境学会誌、48 (2) 82-91(2013)
29. Bressi, M., Sciare, J., Gherzi, V., Mihalopoulos, N., Petit, J.-E., Nicolas, J. B., Moukhtar, S., Rosso, A., Féron, A., Bonnaire, N. Poulakis, E., Theodosi, C. Sources and geographical origins of fine aerosols in Paris (France), *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 8813–8839. (2014)
30. 岩本真二他：日本に飛来する黄砂の分類方法、第 57 回大気環境学会年会講演要旨集、2B0930 (2016)
31. 西川雅高他：日本で捕集した典型的な黄砂エアロゾルの化学組成、大気環境学会誌、51(5)218-229 (2016)
32. 鶴野伊津志他：九州北部で 2014 年 5 月下旬から 1 週間継続した黄砂期間の硝酸塩の越境輸送のモデル解析、大気環境学会誌、51(4) 181-189 (2016)
33. Uematsu, M., A. Yoshikawa, H. Muraki, K. Arao and I. Uno: Transport of mineral and anthropogenic aerosols during a Kosa event over East Asia, *J. Geophys. Res.*, 107, No.D7, 10.1029/2001JD000333 (2002).