

---

令和元年度黄砂飛来状況調査

報告書

---

令和 3 年 3 月

環 境 省



黄砂問題検討会委員名簿

	氏名	所属・職名
委員	市瀬 孝道	大分県立看護科学大学 人間科学講座生体反応学研究室 教授
委員	植松 光夫	埼玉県環境科学国際センター 総長
委員	鶴野 伊津志	九州大学 応用力学研究所 教授 地球環境力学部門 教授
委員	大黒 俊哉	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生圏システム学専攻生圏管理学講座 教授
委員	清水 厚	国立環境研究所 地域環境研究センター 広域大気環境研究室 主任研究員
座長	西川 雅高	国立環境研究所 客員研究員
委員	眞木 貴史	気象研究所 全球大気海洋研究部 第三研究室 室長
委員	吉川 賢	岡山大学 地域総合研究センター 特任教授

(50 音順)



## 報告書の要旨

### 1. 調査目的

環境省では、2002年度から、我が国に飛来してきた黄砂について、その実態を科学的に把握するために黄砂実態解明調査を実施している。本報告書は、2019年度に飛来してきた黄砂についてその状況をとりまとめたものである。

### 2. 黄砂の飛来状況

#### 2.1 黄砂の観測状況

黄砂の観測日数は2003年度から2006年度まで年々増加していたが、2008、2009年度と減少した。2010年度に一時増加したが、2013年度はここ17年間で最も少ない日数であった。この数年間は少ない状況であるが、2015年度からやや増加し2019年度はやや減少した。

#### 2.2 黄砂日のSPM濃度

黄砂日のSPMの平均濃度は、西日本の方が北・東日本よりも相対的に高濃度であり、2019年度も同様であった。

### 3. 煙霧の観測状況

煙霧の観測日数は2005年度から年々減少の傾向にある。2019年度の煙霧観測日は2020年2月に突出して多いが、これは数日間に渡って全国的に煙霧が観測されたことによる。また、2019年度の観測地点毎の煙霧日数は、例年と異なり、上位は九州が多くなっていた。

### 4. 2019年度における黄砂日の事例解析

#### 4.1 解析方法

黄砂を多角的に把握するため、天気図、砂塵嵐の発生状況、SPM濃度全国分布、後方流跡線、CFORS予測結果、ライダー黄砂消散係数、黄砂消散係数とSPM濃度の関係、ACSA-14による大気汚染物質濃度の時間値、PM<sub>2.5</sub>/SPMの比などのデータを比較して飛来状況を解析した。また、これらの結果から黄砂の状況と大気汚染物質の混在状況についてレーダーチャートにより評価した。黄砂の状況把握には、アジア中央部での黄砂の発生状況、日本南岸に前線が位置する気圧配置、モンゴルからの方向を示す後方流跡線、ライダーでの黄砂消散係数とSPM濃度の同時上昇、PM<sub>2.5</sub>/SPMの比の低下などがその判断として有効と思われた。また、大気汚染物質の混在状況については、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の上昇、中国沿岸部からの方向を示す後方流跡線、PM<sub>2.5</sub>/SPMの比の上昇などをもとに判断した。

#### 4.2 2019年度の黄砂

2019年度に气象台が日本国内のいずれかの地点で黄砂を観測した日は、合計で8日である。連続した日を1つの黄砂現象とすると、4事例になる。黄砂4事例について詳細にその状況を示した。

#### 4.3 黄砂日の解析結果

2019年度の气象台黄砂日4事例について、各事例の概要は以下のとおりである。

### (1) 2019年4月6日～7日

4月6日は名古屋、広島、大阪、高松の4地点で、4月7日は名古屋、広島、大阪の3地点で黄砂が観測された。黄砂観測期間にはSPMが $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の観測地点が多く見られ、PM2.5日平均濃度も上昇し環境基準値を超える地点も見られ、黄砂の影響を強く受けたものと思われる。一方、人為起源系汚染物質は、4月6日の赤穂、福岡、4月7日の名古屋、大阪、赤穂、福岡で $\text{SO}_4^{2-}$ が若干高い程度で、全体的に濃度が低い状況であり、黄砂との混在は少なかった。

### (2) 2019年4月16日

4月16日には大阪のみで黄砂が観測された。大阪でのACSA-14の $\text{SO}_4^{2-}$ は $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった。他のデータも含め、本事例は本解析でのデータに黄砂の特徴があまり見られない事例であった。

### (3) 2019年5月2日

5月2日は鹿児島で黄砂が観測された。この事例では九州地方でSPM濃度が $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える地点もあり、PM2.5濃度が比較的高い地点が多く環境基準値近い値をとる地点もあった。また五島でのACSA-14の $\text{SO}_4^{2-}$ が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える濃度が観測され、人為起源系大気汚染物質が若干見られたものの黄砂との混在は少ないと思われる事例であった。

### (4) 2019年10月30日～11月2日

10月30日は名古屋、広島、大阪、高松で黄砂が観測され、10月31日は大阪、11月1日～2日は福岡で黄砂が観測された。10月30日に九州地方で高い値で合ったSPM濃度が東方に輸送され関東でも高い値が出ている様子が見られ、PM2.5濃度も環境基準を超える地点が多く見られた。また隠岐でのACSA-14の $\text{SO}_4^{2-}$ は $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった。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。

## 5. 2019年度における煙霧日の事例解析

### 5.1 2019年度の煙霧日

2019年度に日本で観測された煙霧のうち、10地点以上で同時に観測された日を解析対象とすると、合計で2日間であった。連続した日を1つの煙霧現象とすると、2事例になる。煙霧2事例について詳細にその状況を示した。

#### (1) 2020年2月6日

北海道、東北、金沢の計11地点で広く煙霧が観測された。本事例は各データに煙霧の特徴があまり現れていない弱い煙霧の事例であると考えられる。

#### (2) 2020年2月9日～11日

2月9日には北海道、東北、新潟の5地点、2月10日には網走、九州全域、2月11日には九州全域で観測された。2月10日には黄土地帯北部でSlight Duststormが発生していた。またPM2.5濃度で環境基準を超える濃度が観測され、五島で $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える $\text{SO}_4^{2-}$ が観測された。本事例は、大陸からのSlight Duststormによる影響と大陸都市部からの汚染の影響が及んだ事例と考えられた。

## 6 黄砂・煙霧日の PM2.5 濃度

### 6.1 黄砂・煙霧時における PM2.5 環境基準超過

2019 年度の黄砂日における PM2.5 平均濃度は  $15.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$  の超過率は 0.31%で、前年度と比較して、平均濃度（前年度： $16.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、環境基準値超過率（前年度：2.0%）ともに減少していた。また、煙霧日における平均濃度  $14.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値  $35\mu\text{g}/\text{m}^3$  の超過率は 4.63%であり、前年度と比較して、平均濃度（前年度： $23.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、環境基準値超過率（前年度：12.1%）ともに減少した。

### 6.2 黄砂時・煙霧時における PM2.5 成分濃度

2019 年度の成分分析調査結果のうち、PM2.5 の重量濃度が  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上であり、かつ黄砂もしくは煙霧が観測された地点を抽出し、成分の項目別に濃度などを調べた。抽出の結果、黄砂時の検体は 45 検体であり、煙霧時の検体は 0 検体であったので黄砂時の検体のみの結果となった。金属成分については煙霧時には、昨年度と同様、Al、Fe が高濃度で、イオン成分については塩化物イオン、カリウムイオン、カルシウムイオンが高くなるほか、アンモニウムイオンがやや高くなる傾向となった。

### 6.3 黄砂時・煙霧時 PM2.5 の PMF 法による発生源寄与推定

PM2.5 成分濃度調査が実施された期間に、黄砂・煙霧が観測された日、地点を選択して PMF 解析を行った。7.2 と同様、煙霧時の検体は 0 検体であったので、黄砂時のみの検体を用いた。因子数を 5 としたところ、それぞれバイオマス燃焼、石油燃焼、鉄鋼工業、海塩、黄砂に関する土壌と思われる因子となった。

## 7. 2019 年度を対象とした黄砂判定手法の検討

### 7.1 ライダーデータを用いた黄砂検出とその状況

ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度のデータ解析により、黄砂日の検出を行った。検出方法としては、ライダー黄砂消散係数の最大値が  $0.05 /\text{km}$  以上、かつ SPM 濃度の最大値が  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  という条件の下で、相関係数が一定以上の値であるような日を黄砂と判定するものである。本方法により、2019 年度の黄砂飛来の可能性がある日を抽出したところ、大阪・松江・東京の 3 地点において、計 2 日が抽出された。このうち 1 日は福岡で黄砂が観測された日であった。

### 7.2 PM2.5/SPM 比による黄砂日検出の検討

7.1 により抽出された 3 地点について、PM2.5 濃度、SPM 濃度ならびに PM2.5/SPM 濃度比の経時変化を調査し、定量的な黄砂検出の指標の可能性について検討した。

### 7.3 地球観測衛星

7.1、7.2 のような黄砂検出手法に加えて、より直接的な黄砂飛来状況把握の手段として、地球観測衛星による発生源域周辺を対象とした観測データ活用の可能性について検討した。

### 7.4 自動測定機による黄砂の把握

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いる。ここでは PM2.5 成分自動測定機のうち、ACSA-14、PX-375 など測定されたデータを、

常時監視局で測定されているデータ、自治体が測定を実施する 4 季の PM2.5 成分分析データ、ライダー黄砂消散係数などと比較し、自動測定機データの黄砂判定の可能性を検討した。

#### 7.4.1 PM2.5 自動成分分析装置 PX-375 とその他のデータの比較による黄砂検出の可能性

2019 年度の各黄砂日について PX-375 による測定結果をライダーによる黄砂消散係数、SPM 濃度データなどと比較し黄砂検出の可能性を検討した。

SPM データは黄砂飛来時に増加傾向にあった。また、自治体により測定されているデータと PX-375 によるデータの比較により、黄砂時における各種金属元素の濃度の傾向は一致していた。それぞれの黄砂事例で、経時変化の濃度の増減などの傾向が、各金属元素、PM10、粗大粒子の硝酸イオン成分で同様な変化をしていることが分かった。

#### 7.4.2 黄砂及び煙霧時における PM2.5 と PM10 の濃度比の特徴

黄砂及び煙霧時における PM2.5 と PM10 濃度比を算出し、その特徴について解析した。

それぞれの黄砂、煙霧事例で、PM2.5/PM10 比の経時変化で黄砂日の期間に減少傾向となることが示された。またこれは、PM2.5 の減少によるものでなく、PM10 の増加によることがわかった。粗大粒子の硝酸イオン成分で同様な変化をしていることが分かった。

#### 7.4.3 黄砂時における微小粒子、粗大粒子の成分濃度

2019 年度に气象台で観測された黄砂の 4 事例について、粗大粒子、微小粒子の硫酸塩、硝酸塩と PM10 の成分濃度を比較した。

硫酸塩については黄砂観測期間において、 $fSO_4^{2-}$ 濃度の増減は PM10 濃度、PM2.5 濃度の増減とほぼ同期する傾向であった。また、硝酸塩については粗大粒子も微小粒子も PM10、PM2.5 と同期し経時的に変化している地点が多かった。また、粗大粒子と微小粒子の比 ( $cNO_3/fNO_3$ ) も一時的に減少するときもあるが、高い傾向を示している。このことは黄砂の PM10 に人為起源の粗大粒子が付着して飛来したことを示唆するものである。

#### 7.4.4 海塩粒子の影響の検討

ここでは、海塩粒子の影響を検討するために  $Na^+$ 濃度、 $cNO_3$ 、 $cSO_4^{2-}$ 、PM10、PM2.5 の濃度を比較により、その硝酸塩濃度への影響の検討を試みた。

## 8 2010 年度を対象とした黄砂検出手法の検討

### 8.1 黄砂観測地点数減少により、未観測となった黄砂日

直近 10 年で最も黄砂が観測された 2010 年度を対象に、59 地点時と 11 地点時の黄砂観測日の比較をした結果、計 7 日間が 11 地点への減少に伴い黄砂として観測されないこととなった。わが国に飛来する黄砂を正確に把握するためには、観測地点の大幅な減少を補い、黄砂として検出手法が必要であると考えられる。本解析では、2010 年度の黄砂日ではなくなった 7 日間を対象にライダーデータ、PM2.5/SPM 比、SPM 濃度頻度分布を用いて、黄砂日としての検出が可能かどうかの検証を行った。

### 8.2 ライダーデータを用いた黄砂検出手法の検討



ライダーデータを用いた検出手法では、条件④を満たす、ライダー黄砂消散係数が  $0.05/\text{km}$  以上となるような事例が 9 事例あり、そのうち条件②を満たすものとして、測定時間が 16 時間以上ある場合が 2 事例、測定時間が 12～15 時間のものがそれぞれ 2 事例存在したが、そのすべてにおいて、SPM 日最大値が  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上という条件③を満たされなかった。唯一、富山における 5 月 6 日の事例は、SPM 最大値を  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$  以上  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  未満という条件に緩和した場合に、黄砂日と判定された。

### 8.3 PM<sub>2.5</sub>/SPM の濃度比利用した黄砂観測手法の検出

PM<sub>2.5</sub>/SPM 比を用いた検出手法では、2010 年に黄砂日であった 4 月 30 日と黄砂が観測されていない 5 月 9 日を対象に PM<sub>2.5</sub>、SPM 濃度の時間値及び PM<sub>2.5</sub>/SPM 比の変化を確認した。これより、黄砂観測時には PM<sub>2.5</sub>/SPM 比の減少と PM<sub>2.5</sub>、SPM 濃度の上昇する様子が確認でき、この変動が黄砂時の傾向であると考えた。次に黄砂観測地点減少時に黄砂日でなくなった 7 日間を対象に同様の解析を行った。その結果、7 日間のうち 5 日間は黄砂観測時に見られる PM<sub>2.5</sub>/SPM 比の減少と PM<sub>2.5</sub>、SPM 濃度の上昇が見られなかったが、5 月 12 日と 20 日はその傾向が確認でき、黄砂が飛来している可能性が示唆された。

### 8.4 SPM 濃度頻度分布を用いた黄砂検出手法の検討

SPM 濃度頻度分布を用いた結果、2010 年度は合計 7 日間を SPM 黄砂日として検出した。7 日間のうち、3 日間は気象庁で黄砂と観測されており、黄砂観測地点の減少とともに、黄砂日ではなくなった 5 月 20 日の検出をすることに成功した。残りの 3 日間においては、気圧配置及び後方流跡線解析を用いた結果、中国からの気塊の流入が考えられた。



## 目次

1	調査目的	1
2	黄砂の観測状況	1
2.1	黄砂の観測状況	1
2.2	黄砂の SPM 濃度	3
2.3	黄砂時間を考慮した SPM 濃度	6
2.4	過去の黄砂事例と比較した 2019 年度の黄砂強度	7
3	煙霧の観測状況	12
4	2019 年度における黄砂日の事例解析	13
4.1	黄砂日の事例解析	13
4.2	解析手法	13
	(1) 黄砂観測地点	13
	(2) 気象概況	13
	(3) SPM 濃度全国分布	13
	(4) アジア域における気象状況	14
	(5) 後方流跡線	14
	(6) CFORS	14
	(7) ライダー	14
	(8) PM2.5 日平均濃度	14
	(9) 硫酸・硝酸イオン等の大気汚染物質	14
	(10) PM2.5 自動測定器 ACSA-14 の活用	14
	(11) レーダーチャートによる評価	15
4.3	黄砂の観測事例	16
4.4	黄砂日の解析結果	18
	(1) 黄砂事例 1 2019 年 4 月 6 日～7 日	18
	(2) 黄砂事例 2 2019 年 4 月 16 日	29
	(3) 黄砂事例 3 2019 年 5 月 2 日	38
	(4) 黄砂事例 4 2019 年 10 月 30 日～11 月 2 日	48
5	2019 年度における煙霧日の事例解析	65
5.1	煙霧日の事例解析	65
5.2	2019 年度の煙霧日	65
5.3	煙霧日の解析結果	66
	(1) 煙霧事例 1 2020 年 2 月 6 日	66
	(2) 煙霧事例 2 2020 年 2 月 9 日～11 日	73
6	黄砂および煙霧時の PM2.5 濃度のデータ整理と解析	82
6.1	黄砂・煙霧時における PM2.5 環境基準超過	82

6.2	黄砂・煙霧時における PM2.5 成分濃度の解析	85
6.3	黄砂・煙霧時における PMF 法を利用した PM2.5 の発生源寄与解析	87
7	2019 年度を対象とした黄砂判定手法の検討	91
7.1	ライダーデータを用いた黄砂検出とその状況	91
7.2	PM2.5/SPM の濃度比を利用した黄砂観測手法の検出	94
	(1) 事例 1 : 2019 年 5 月 24 日 (大阪)	94
	(2) 事例 2 : 2019 年 11 月 1 日 (松江)	94
	(3) 事例 3 : 2019 年 11 月 1 日 (東京)	95
7.3	地球観測衛星	96
7.3.1	気象衛星ひまわりの観測データを用いた黄砂検出	96
7.3.2	気象衛星 GEMS の観測データを用いた黄砂検出	96
7.4	自動測定機による黄砂の把握	97
7.4.1	PM2.5 自動成分分析装置 PX-375 とその他のデータの比較による黄砂検出の可能性	97
	① 2019 年度の黄砂日における各金属元素の挙動	97
	(1) 黄砂事例 1 : 2019 年 4 月 6 日～7 日	97
	(2) 黄砂事例 2 : 2019 年 4 月 16 日	100
	(3) 黄砂事例 3 : 2019 年 5 月 2 日	104
	(4) 黄砂事例 4 : 2019 年 10 月 30 日～11 月 2 日	106
	② 2019 年度の黄砂日における各金属元素の相関	109
	③ 自治体データとの比較	111
7.4.2	黄砂及び煙霧時における PM2.5 と PM10 の濃度比の特徴	111
	(1) 黄砂事例 1 2019 年 4 月 6 日～7 日	112
	(2) 黄砂事例 2 2019 年 4 月 16 日	112
	(3) 黄砂事例 3 2019 年 5 月 2 日	113
	(4) 黄砂事例 4 2019 年 10 月 30 日～11 月 2 日	113
	(5) 煙霧事例 1 2020 年 2 月 6 日	114
	(6) 煙霧事例 2 2020 年 2 月 9 日～11 日	115
7.4.3	黄砂時における粗大粒子と微小粒子の成分濃度	116
	(1) 黄砂事例 1 2019 年 4 月 6 日～7 日	116
	(2) 黄砂事例 2 2019 年 4 月 16 日	118
	(3) 黄砂事例 3 2019 年 5 月 2 日	119
	(4) 黄砂事例 4 2019 年 10 月 30 日～11 月 2 日	120
7.4.4	海塩粒子の影響の検討	123
	(1) 黄砂事例 1 2019 年 4 月 6 日～7 日	123
	(2) 黄砂事例 3 2019 年 5 月 2 日	123
8	2010 年度を対象とした黄砂検出手法の検討	124
8.1	黄砂観測地点数減少により、未観測となった黄砂日	124
8.2	ライダーデータを用いた黄砂検出手法の検討	125
8.3	PM2.5/SPM の濃度比利用した黄砂観測手法の検出	125

8.4	SPM 濃度頻度分布を用いた黄砂検出手法の検討.....	128
8.5	2010 年度を対象とした黄砂検出手法の検討結果のまとめ.....	131
9	今後の課題.....	133



## 1 調査目的

黄砂は、黄河地域や既存の砂漠等から発生する自然現象としてとらえられてきたが、近年では過放牧や農地転換などによる耕地の拡大も原因とされ、人為的影響による環境問題として再認識されつつある。黄砂は、植物や交通機関に影響を与えるほか、呼吸器疾患等の健康影響の可能性が指摘されている。しかし、飛来した黄砂の物理的、化学的な実態については必ずしも解明されていない。また、黄砂が中国大陸から飛来する際に混在する人為的発生源からの汚染物質の影響も懸念される。

本報告書は、わが国における黄砂エアロゾルの飛来状況を科学的に把握するとともに、わが国に飛来した黄砂の実態解明に資することを目的として、2019 年度に飛来した黄砂の状況についてまとめたものである。

## 2 黄砂の観測状況

### 2.1 黄砂の観測状況

黄砂の観測日数について経年変化、経月変化、地点別日数などの整理を行った。黄砂観測地点は、2020年2月3日に11地点（札幌、仙台、東京、新潟、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、鹿児島、那覇）となったため、経年変化のグラフは11地点における黄砂観測日数を整理した。地点別日数については観測地点の県毎に、観測日数の多い順に整理した。

#### ① 経年変化

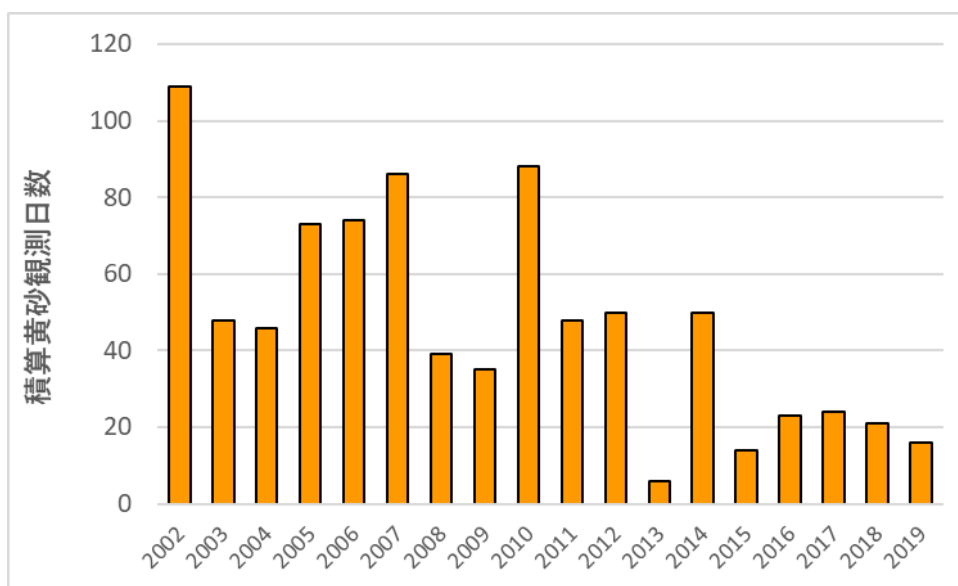


図 2-1-1 積算黄砂観測日数の経年変化

② 経月変化

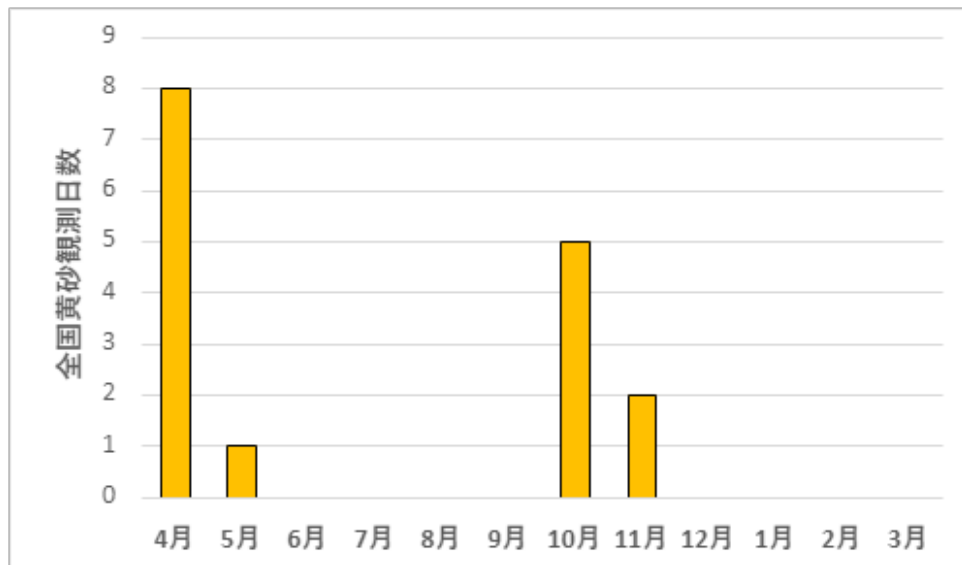


図 2-1-2 黄砂観測日の経月変化 (2019 年度)

③ 地点別日数

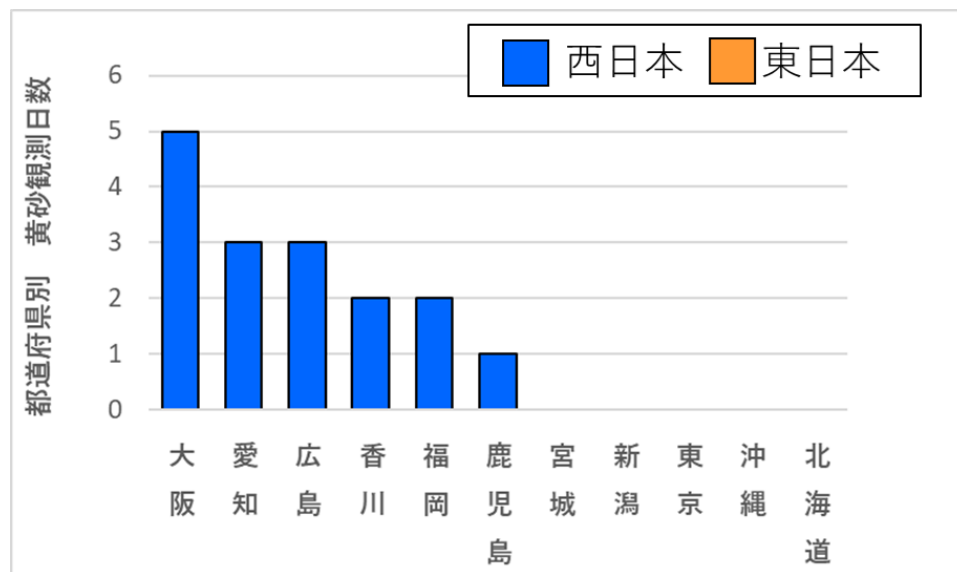


図 2-1-3 黄砂日の地点別日数 (2019 年度)

気象台発表の黄砂日における年間積算黄砂観測日数について、2002 年度から 2019 年度までの 18 年間で、図 2-1-1 にまとめた。2019 年度は 2018 年度に比べやや減少していた。また、図 2-1-2 には、2019 年度の黄砂観測日数の経月変化を示す。黄砂観測日は 2019 年 4 月と 10 月に多くなっているが、これは西日本の広い範囲で黄砂が観測されたことによる。

図 2-1-3 に都道府県別の黄砂日延べ日数を、黄砂日の多い順に示す。例年通りでは地域別に色分けをしたグラフを示していたが、11 地点に減少したことにより、今年度は西日本と東日本で色分けしたグラフを示している。これより、2019 年度は例年通り西日本で多く観測されており、2019 年度において東日本では黄砂が観測されなかった。



## 2.2 黄砂の SPM 濃度

気象台黄砂観測日における SPM 平均濃度は、各都道府県における黄砂の強度を、その値に当該年の黄砂観測日数を乗じたものは、各年の各都道府県における黄砂時の概略的な量的指標を示すと考えられる。昨年度までは、気象庁黄砂観測日における SPM 濃度及び SPM 平均濃度に黄砂観測日数を乗じたものを県別にプロットした図を示したが、黄砂観測地点が減少したため同様の図を作成することが困難となった。そのため、今年度からは黄砂観測地点を対象に同様のデータをグラフ化し、11 地点別に整理した結果を図 2-2-1 と図 2-2-2 に示した。

図 2-2-1 より近年東日本では黄砂が観測されない年が多くなっていることがわかる。また、2019 年度は例年に比べ濃度が低くなる傾向にあったが、黄砂日における SPM 平均濃度は、例年通り九州が高くなる傾向が見られた。

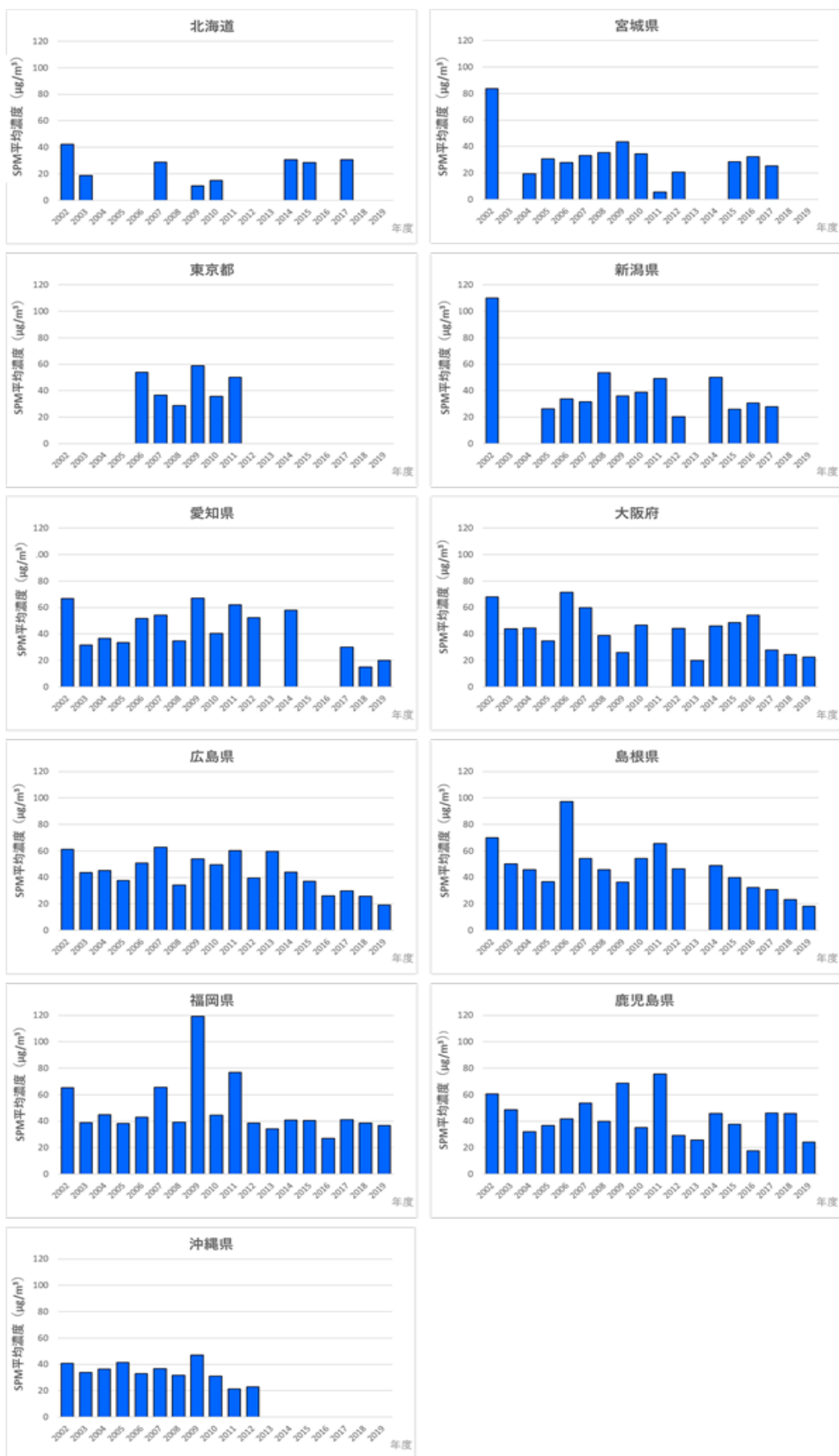


図 2-2-1 2002～2019 年度に観測された黄砂日における SPM 濃度平均値 (µg/m<sup>3</sup>)

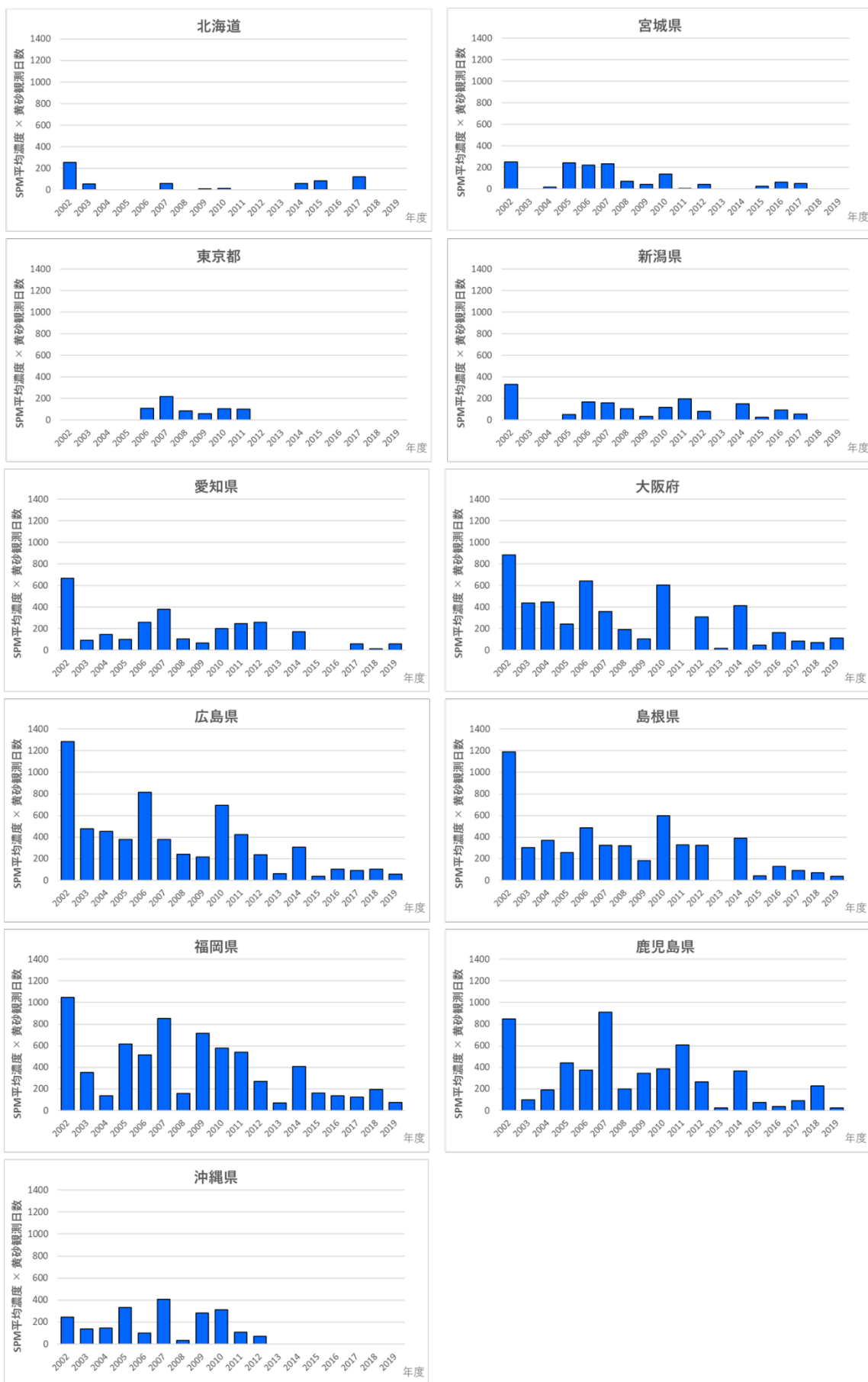


図 2-2-2 2002～2019 年度に観測された黄砂日における SPM 濃度平均値と黄砂観測日数の積

## 2.3 黄砂時間を考慮した SPM 濃度

例年では、黄砂日における SPM 濃度の平均値を求める際、1 日のデータ（24 時間）を使用して平均値をとっているが、より詳細な黄砂の実態を把握するために、黄砂観測時間における平均値を整理した。例年多くの黄砂が観測されている福岡と、黄砂が飛来しやすい日本海側である新潟を対象に、2002～2019 年度における黄砂時間を考慮した SPM 濃度と、24 時間平均値との比較をグラフ化し、図 2-3-1 に示した。また、黄砂観測時間を考慮した平均を計算する際には、黄砂観測時間を含むように設定しており、表 2-3-1 に 2019 年度の黄砂観測日における黄砂観測時間及び平均時間、黄砂観測時間における平均値をまとめた。平均化する時間の設定は、例えば 2018 年 4 月 6 日に福岡で 20 時 50 分から翌日 14 時まで黄砂が観測された場合は、4 月 6 日 20 時～24 時、4 月 7 日 1 時～14 時として平均した。

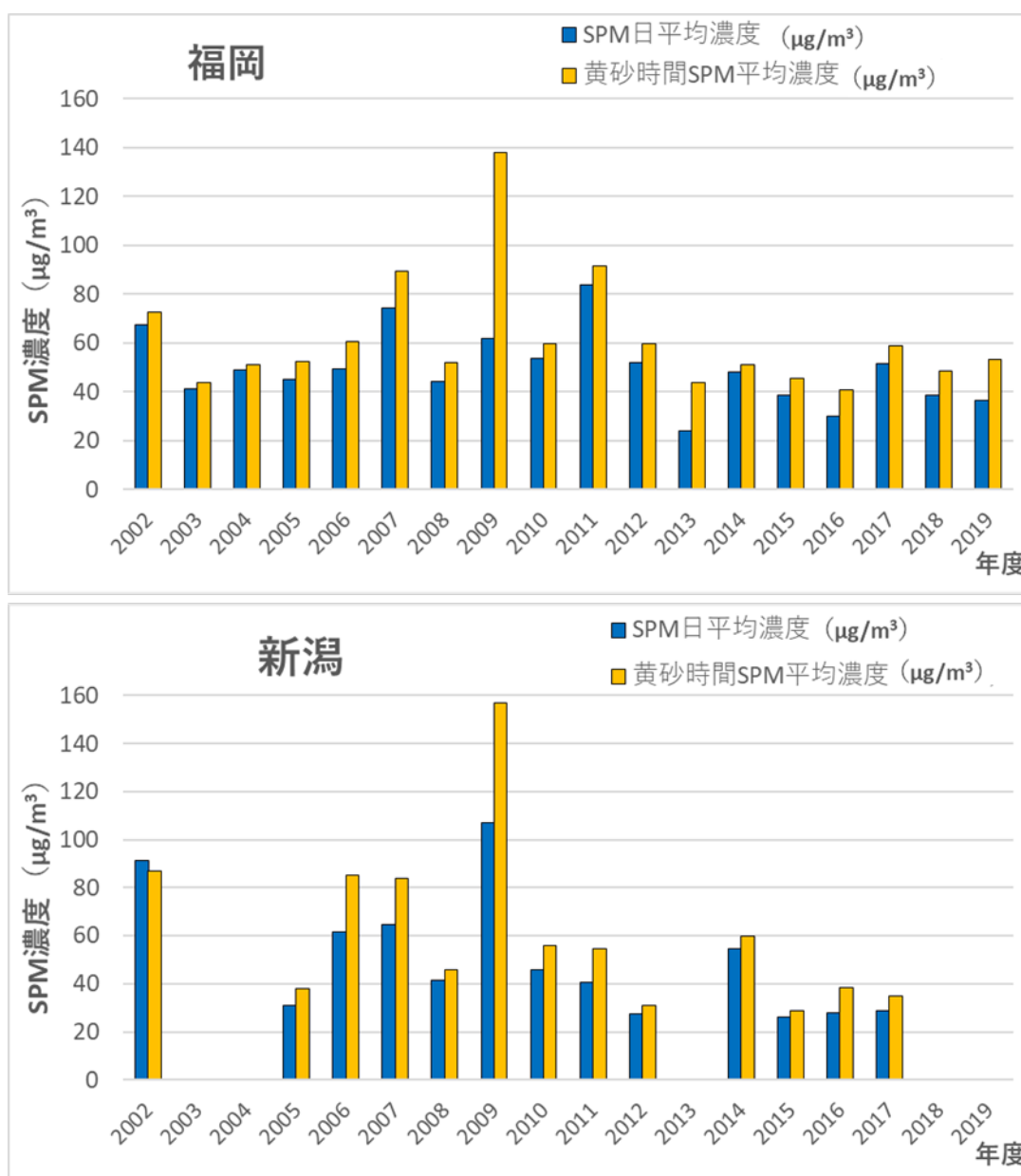


図 2-3-1 福岡及び新潟における黄砂日の SPM 濃度日平均値と黄砂観測時間平均値の比較 (µg/m³)

表 2-3-1 2019 年度における黄砂観測時間及び SPM 平均値

日付	地点数	観測地点	24 時間平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	観測時間	SPM 濃度 平均時間	平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2019/4/6	4	名古屋	22.23	10:10~17:50	10:00~18:00	24.51
		広島	15.37	8:30~23:00	8:00~23:00	35.76
		大阪	16.43	9:30~17:00	9:00~17:00	35.38
		高松	15.86	8:30~17:00	8:00~17:00	35.55
2019/4/7	3	名古屋	20.02	14:00~18:30	14:00~19:00	31.94
		広島	22.30	11:00~20:00	11:00~20:00	38.96
		大阪	25.76	12:10~20:50	12:00~21:00	45.79
2019/4/16	1	大阪	14.79	17:50~23:00	17:00~23:00	19.51
2019/5/2	1	鹿児島	24.18	9:10~20:50	9:00~21:00	42.59
2019/10/30	4	名古屋	18.66	15:10~17:30	15:00~18:00	30.10
		広島	18.96	10:30~17:00	10:00~17:00	47.94
		大阪	15.78	15:30~24:00	15:00~24:00	39.12
		高松	20.52	11:00~23:00	11:00~23:00	43.22
2019/10/31	1	大阪	44.57	1:00~5:30	1:00~6:00	42.82
2019/11/1	1	福岡	15.98	16:30~24:00	16:00~24:00	54.94
2019/11/2	1	福岡	56.83	1:00~11:00	1:00~11:00	51.65

黄砂観測時間のみで SPM 平均濃度を求めた結果、24 時間平均より高くなる傾向が見られ、最も差が大きくなったのは、2009 年度の福岡で  $76\mu\text{g}/\text{m}^3$  の差が見られた。2009 年度は、福岡で 3 月 20 日 22 時から 21 日 7 時 20 分まで黄砂が観測され、21 日 1 時には福岡県内で  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える高濃度の SPM が観測されていた。図 2-1-1 の経年変化でもわかるように、日平均値で見た場合、2009 年度は他の年と変わらないように見えるが、実際には黄砂が観測された時間に SPM が高濃度となっており、非常に強い黄砂が飛来していたことが読み取れる。このように黄砂時間を考慮した SPM 濃度を求めることで、より実現象に近い黄砂時の SPM 濃度を表すことができる。

## 2.4 過去の黄砂事例と比較した 2019 年度の黄砂強度

2019 年度は計 8 日間の黄砂が観測されており、図 2-1-1 から読み取れるように、近年黄砂日数は減少傾向にあることが読み取れる。黄砂日数は減少傾向にあるものの、2019 年度に観測された黄砂が過去の黄砂事例と比較し、どの程度の強度であったかを確認するため、2002~2019 年度における年度別の黄砂強度の散布図を作成した(図 2-4-1~図 2-4-3)。横軸に黄砂日が観測された日毎の SPM 日平均値、縦軸に横軸の値に黄砂観測地点数(全 11 地点)を乗じたものを取っており、横軸で黄砂強度、縦軸で日本における黄砂の広がりを読み取ることができる。また、2002~2019 年度までの散布図をまとめたものを図 2-4-4 に示した。

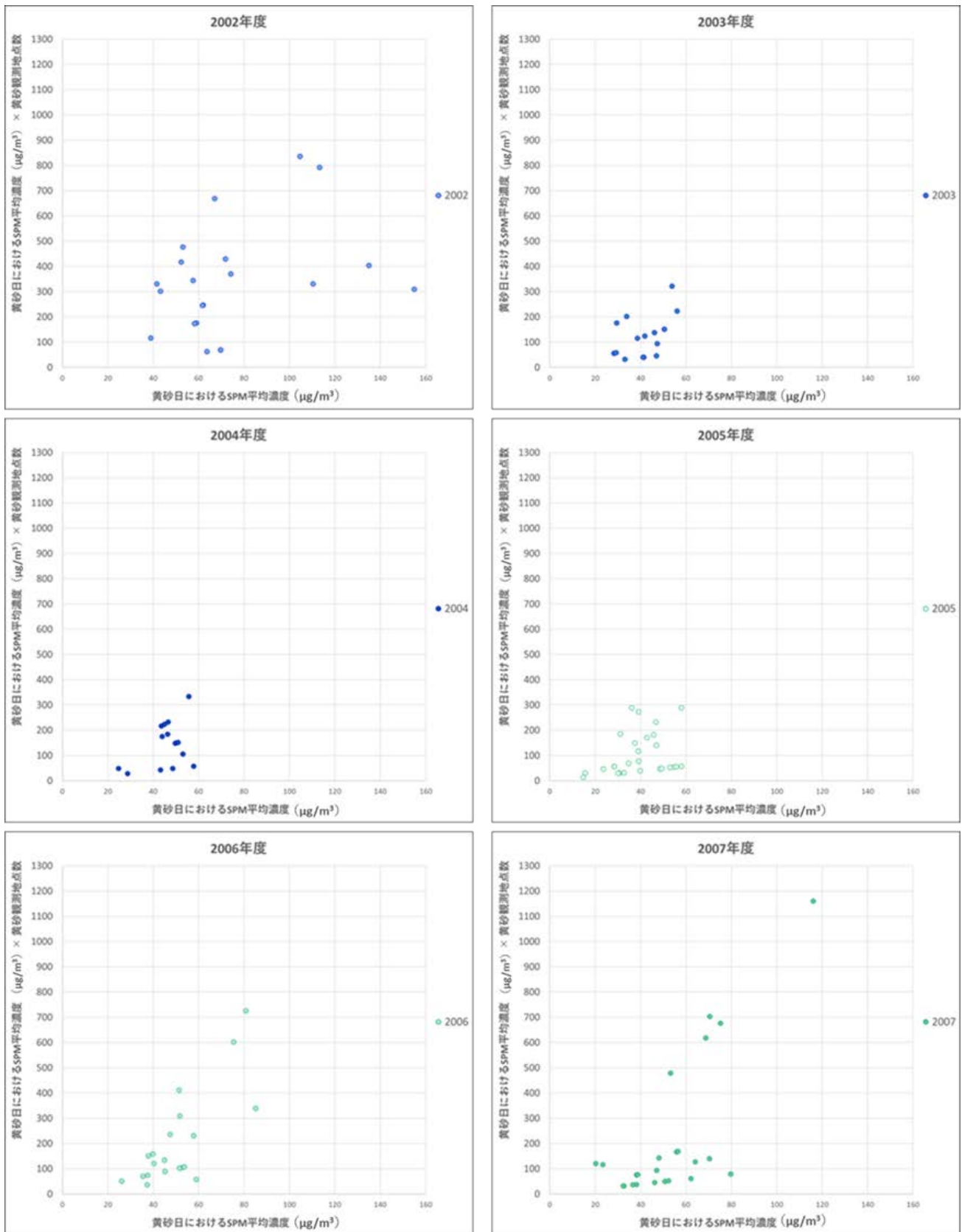


図 2-4-1 過去の事例を含む黄砂強度の年度別散布図 (2002~2007 年度)

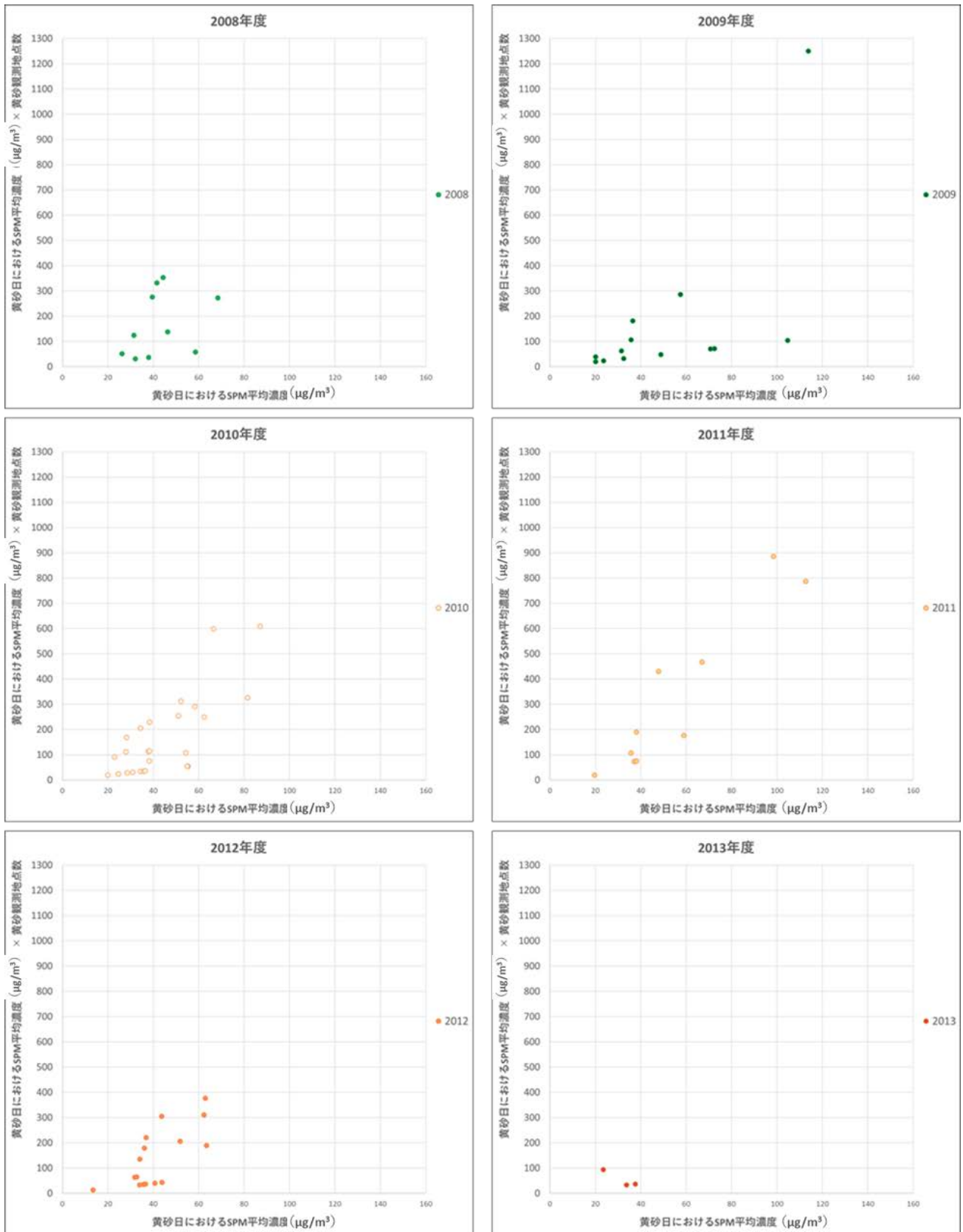


図 2-4-2 過去の事例を含む黄砂強度の年度別散布図 (2008~2013 年度)

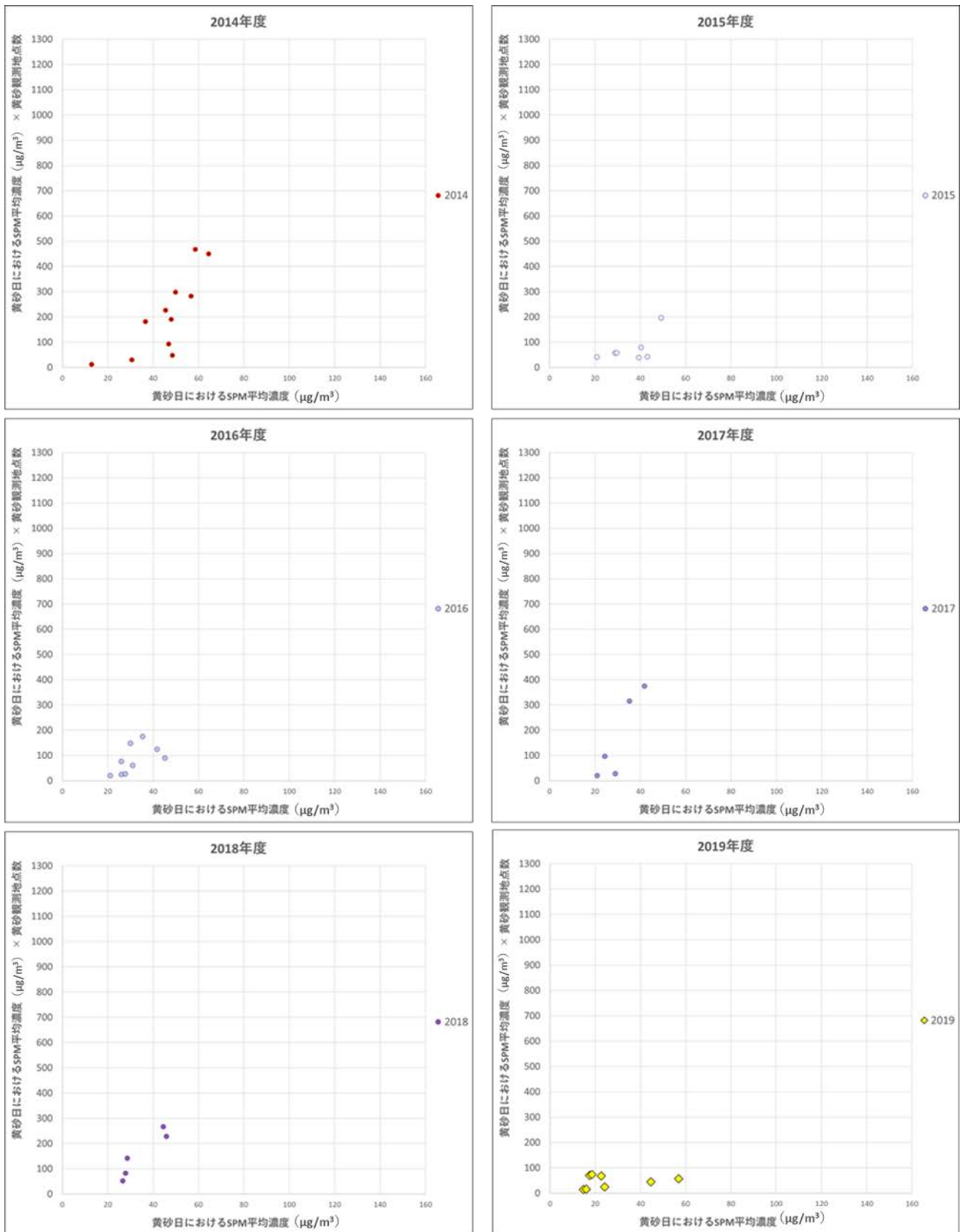


図 2-4-3 過去の事例を含む黄砂強度の年度別散布図 (2014~2019 年度)



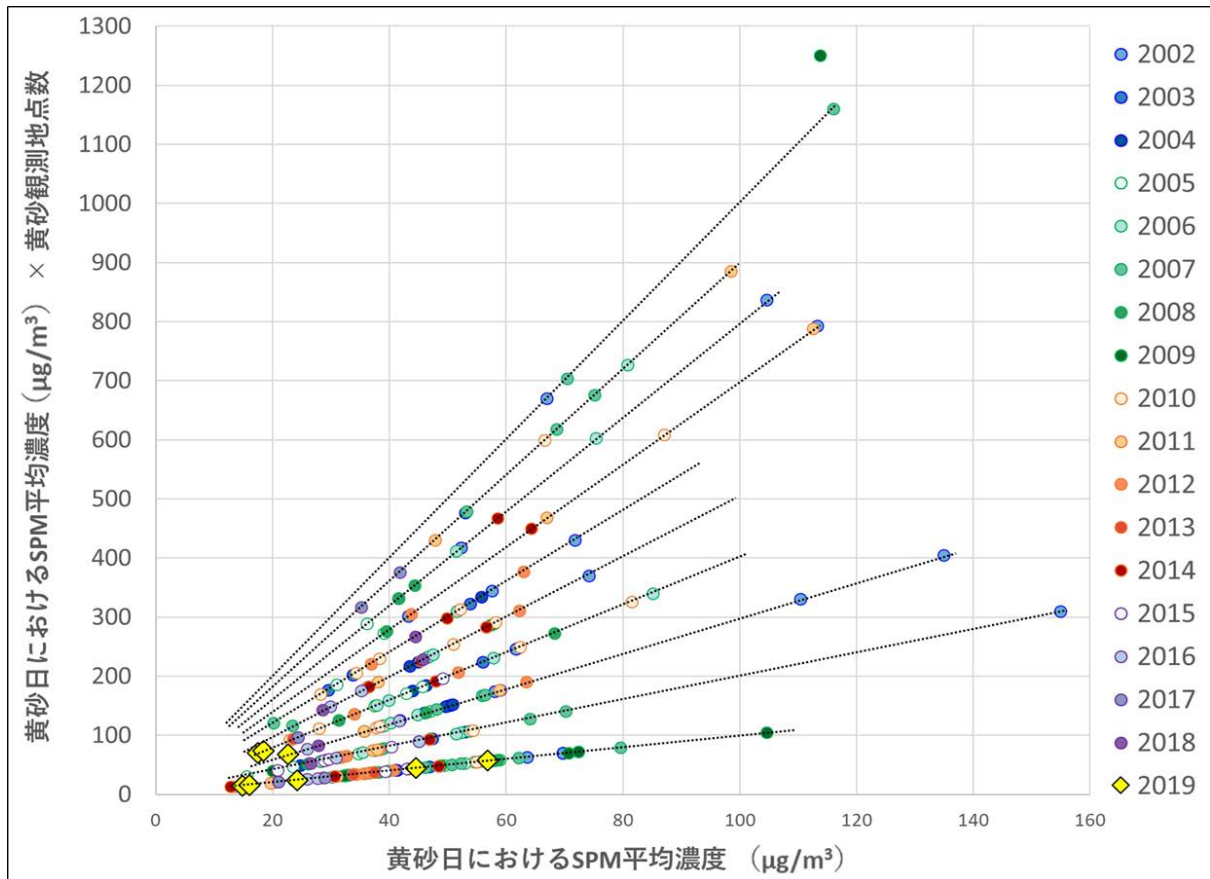


図 2-4-4 2002～2019 年度における黄砂強度の散布図

図 2-4-1～図 2-4-4 に示した散布図は、縦軸に横軸の値に黄砂観測地点数を乗じたものを取っているため、黄砂が観測された地点数（全 11 地点）をかけた点が線上に並ぶようにプロットされている。図 2-4-4 には点線を引いているが、これは傾きが小さい方から順に黄砂観測地点数が 1 地点、2 地点…であることを示している。この線上のうち、どの線に乗っているかによって、観測された黄砂が局所的なものであったか、または広域的なものであったかが読み取れる。また、横軸が大きくなる程 SPM 濃度が高くなるため、右側に位置する点ほど強い黄砂であったことが読み取れる。

2019 年度では、傾きが小さい線上に 5 点、傾きが大きくなるものの、SPM 濃度が低い場所に 3 点乗っていることが図 2-4-4 から読み取れる。このことから、2019 年度は局所的に観測された黄砂が多く、広域で観測された黄砂は弱い黄砂であったと考えられる。

### 3 煙霧の観測状況

煙霧は、2003年度から2019年度までの17年間について、煙霧日の年間延べ日数を図3-1に示した。2019年度は煙霧の観測が非常に少なく、年間を通じて延べ日数が119日であった。

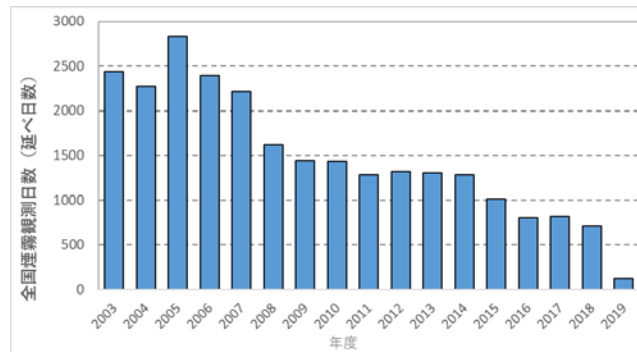


図3-1 煙霧の経年変化

図3-2に、2019年度の煙霧延べ日数の経月変化を示した。煙霧観測日は2020年2月に突出して多くなっており、全国的に煙霧が観測された。2019年度の観測地点毎の煙霧日数は、煙霧の多い地点順で図3-3に示している。2018年度は北海道・東北地方で多く観測されていたが、2019年度は九州地方で煙霧が多く観測された。

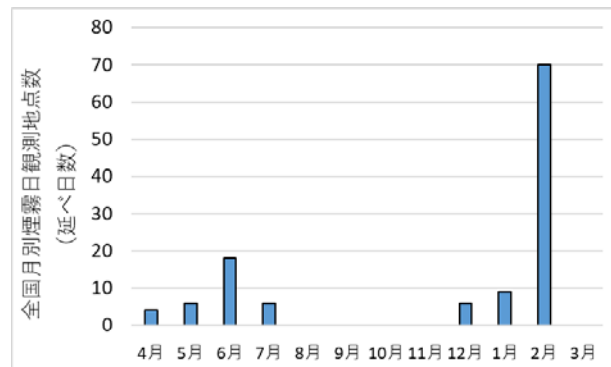


図3-2 2019年度における煙霧の経月変化

