

---

# 黄砂実態解明調査報告書

## (平成 15～24 年度)

---

平成 26 年 3 月

環 境 省



## 黄砂問題検討会委員名簿

(50音順)

	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
座長	岩坂 泰信	滋賀県立大学 理事
委員	植松 光夫	東京大学 大気海洋研究所 附属国際連携研究センター センター長・教授
委員	鶴野 伊津志	九州大学 応用力学研究所 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 緑地創成学研究室 教授
委員	西川 雅高	東京理科大学 環境安全センター センター長
委員	三上 正男	気象庁 気象研究所 研究総括官
委員	吉川 賢	岡山大学 大学院環境生命科学研究科 森林生態学 研究科長・教授

## 黄砂実態解明調査解析ワーキンググループ委員名簿

	氏名	所属・職名
委員	清水 厚	独立行政法人 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
委員	高菅 卓三	株式会社 島津テクノリサーチ 執行役員 環境事業部長
座長	西川 雅高	東京理科大学 環境安全センター センター長
委員	早崎 将光	筑波大学 生命環境系持続環境学専攻 研究員
委員	森 育子	公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 研究員



## 報告書の要旨

### 1. 調査目的

環境省では、黄砂の飛来実態を科学的に把握するため、黄砂飛来時に国内の複数地点で一斉にエアロゾルを捕集し化学成分の分析を行うなど黄砂実態解明調査を実施している。本報告書は、平成 24(2012)年度の結果を整理するとともに、平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度の黄砂について、その状況を取りまとめたものである。

### 2. 調査方法

#### 2.1. 黄砂の飛来状況

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度の気象台発表の黄砂日について、経年変化、観測地点別の飛来回数などを整理した。また、平成 15(2003)年から平成 24(2012)年の黄砂観測日の都道府県における SPM 平均濃度に黄砂日数を乗じたものについても整理した。

#### 2.2. 平成 24(2012)年度の成分分析

##### 2.2.1. 調査期間と調査地点

平成 24(2012)年度の黄砂飛来シーズンで日本に黄砂の飛来が予想される日を中心に採取された。調査地点は以下の 5 地点である。

国設新潟巻酸性雨測定所	(新潟県)	富山県環境科学センター	(富山県)
国設松江大気環境測定所	(島根県)	福岡県保健環境研究所	(福岡県)
長崎県環境保健研究センター	(長崎県)		計 5 地点

##### 2.2.2. エアロゾル捕集方法

以下の 2 方法により、基本的に 24 時間単位で 2 日間連続捕集を行った。

- 1) ハイボリウムサンプラー (HV) 浮遊粉じん濃度、金属成分、PAHs の捕集
- 2) 二段型ローボリウムサンプラー (LV) 2.5 $\mu$ m 以下のイオン成分の捕集

##### 2.2.3. 分析項目

エアロゾルの重量(浮遊粉じん濃度)及び微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)重量濃度を測定したほか、金属成分 8 項目、イオン成分 8 項目、PAHs 成分 11 項目を分析した。

#### 2.3. 黄砂の把握方法

黄砂の特徴を解析するため、各黄砂事例を対象に、黄砂観測地点、気象概況(天気図、大陸での砂塵嵐の発生)、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS (Chemical weather FORecasting System) の予測結果、ライダー観測結果、PM<sub>2.5</sub>日平均値分布、PM<sub>2.5</sub>/SPM 比、硫酸イオン濃度などについて整理した。

### 3. 黄砂の飛来状況

#### 3.1. 気象台発表の黄砂日

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの気象台発表黄砂日数は、平成 15(2003)年度から平成 17(2005)年度まで年々増加していたが、平成 20(2008)、平成 21(2009)年度と減少し、平成 22(2010)年度に再び増加した。しかし、平成 23(2011)、平成 24(2012)年度は再び減少している。観測地点毎の黄砂日数では、上位は九州、中国地方が占めており、九州、中国地方への黄砂の影響の大きさを示している。

#### 3.2. 黄砂日の SPM 濃度

黄砂観測日における都道府県ごとの SPM 平均濃度、及び都道府県ごとの同平均濃度に気象台の黄砂観測日数を乗じたものを地図上に示した。この図から、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ることがわかる。

#### 3.3. 気象台煙霧の観測状況

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの 10 年間について、気象台観測の煙霧日の年間延べ日数を示した。煙霧は平成 17(2005)年度を最高に、それ以降は減少の傾向が続いている。煙霧延べ日数の経月変化は、全国では 4~7 月が多く、12、1 月が少なくなっている。地域別では、関東では 7、8 月に九州と比較して多くなっている。観測地点毎の煙霧日数では、関東・関西の都市が多くなっている。

### 3. 4. 平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況

平成 24(2012)年度に気象台が観測した黄砂は 21 日で、連続した日をまとめると 10 事例となった。観測地点が最も多かったのは、平成 24(2012)年 3 月 9 日で 31 地点、続いて 3 月 20 日の 29 地点である。この 10 事例について、SPM 濃度分布、後方流跡線、CFORS、ライダー黄砂消散係数、硫酸イオン濃度などのデータを整理して分類したところ、単純黄砂 4 事例、混在黄砂 6 事例となった。なお、単純黄砂は硫酸塩エアロゾルの存在が少ない黄砂、混在黄砂は硫酸イオン濃度の上昇があり、硫酸塩エアロゾルが黄砂に混在しているものとした。

## 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。4 月 23～25 日は 22 地点、3 月 19～20 日は 29 地点と大きな黄砂が観測されていた。浮遊粉じん(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  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えていた。アルミニウム(Al)と鉄(Fe)は、黄砂が観測された 4 月 24～25 日の長崎、3 月 19～20 日の長崎、太宰府で高く、Al の濃度が  $6\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えたものもあった。微小粒子( $\text{PM}_{2.5}$ )中のイオン成分では、煙霧も多地点で観測された 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、富山で  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えていた。PAHs 成分では、その合計量が太宰府、松江で高くなっていた。

### 4. 2. 成分濃度による黄砂の特徴

平成 15(2003)年～平成 24(2012)年度に黄砂実態解明調査で採取・分析された項目について、成分ごとに整理した。

#### 4. 2. 1. TSP 成分

ハイボリウムエアサンプラー(HV)で採取された TSP とその分析項目について、相関行列を算出した。その結果、TSP 濃度とは Al、Fe などの金属類との関係が大きかった。そこで、TSP と Al の関係をみると、黄砂時に Al 濃度が上昇し、さらに成分組成も増加していることが分かった。

#### 4. 2. 2. イオン成分

微小粒子のイオン成分の相関行列では、 $\text{SO}_4^{2-}$ と  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ と  $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ と  $\text{Ca}^{2+}$ などに高い相関関係がみられていた。 $\text{SO}_4^{2-}$ 当量濃度と  $\text{NH}_4^+$ 当量濃度との関係では、相関係数が高く回帰式の傾きもほぼ 1 であることから、黄砂時は  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  として存在していることが推測された。微小粒子中の  $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度が  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超しているのは、平成 19(2007)年 5 月 8～10 日、平成 19(2007)年 5 月 26～28 日、平成 24(2012)年 4 月 23～25 日の 3 事例であり、いずれも中国沿岸部からの気塊の流れがみられた。

#### 4. 2. 3. PAHs 成分

PAHs は、ベンゾ[a]ピレンなど 11 種類の分析が行われている。PAHs の成分として最も高いのはベンゾ[b]フルオランテンであった。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と、黄砂非観測時で TSP 濃度が  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  以下の濃度のときを比較すると、黄砂時には濃度の上昇が観測されていた。黄砂観測時(かつ TSP 濃度  $>100\mu\text{g}/\text{m}^3$ )について単純黄砂と混在黄砂に分けて、各成分の濃度を比較すると、混在黄砂時がおおむね 1.5 倍程度高くなっていた。PAHs(合計量)が相対的に高い日( $2000\text{pg}/\text{m}^3$  超)の後方流跡線を集約すると、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、韓国を経由してきているものが多く、また中国沿岸部からの流れもみられた。

#### 4. 2. 4. 農薬成分

農薬類はガス類も含めて採取されており、ジクロロボスなど 17 種が分析された。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が、黄砂による顕著な濃度上昇はみられず、国内での平均的な濃度との差も明確ではなかった。

#### 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。因子数を 5 として計算した時の因子プロファイルは、 $\text{NO}_3^-$  で高い硝酸塩系の二次粒子、Al、Fe、Mg、Ca、Sr の金属類で土壌系（主に黄砂）、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  で高い硫酸塩系の二次粒子、 $\text{Na}^+$ 、Cl の海塩粒子、 $\text{K}^+$  のバイオ燃焼と想定された。最も大きな割合を示しているのは、土壌系（黄砂）で、続いて硫酸塩系二次粒子、硝酸塩系二次粒子となっていた。

### 5. 大規模な黄砂・煙霧の事例解析

#### 5.1. 平成 15(2003)～平成 24(2010)年度の黄砂観測日

平成 15(2003)年度から 24(2012)年度の 10 年間に気象台が観測した全ての黄砂は 254 日で、連続した日を 1 事例とすると 85 事例となる。この中から大規模な黄砂を抽出し詳細に解析した。大規模の基準としては黄砂を観測した地点が 31 地点以上とした。併せて、この 10 年間に観測された煙霧についても、31 地点以上で観測された日を選び解析した。

#### 5.2. 大規模黄砂の事例

大規模な黄砂としては 17 事例が抽出された。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 事例のみであった。

大規模黄砂は、多くの場合西日本から関東までの広がりであることが多いが、一部、北海道、東北まで及ぶケースもみられた。大規模な黄砂の場合も、硫酸イオン濃度が  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えるような高濃度になることは多く、人為起源の大気汚染物質を多く含む混在黄砂か否かは、日本への気流の経路に大きく関係していると思われた。黄砂の分類では、単純黄砂が 8 事例、混在黄砂が 9 事例とほぼ同数となった。

#### 5.3. 大規模煙霧の事例

大規模煙霧は 9 事例であり、黄砂に比べ、多地点で同時に観測される煙霧の事例は少なかった。時期も黄砂とは異なり、年間を通して出現していた。

#### 5.4. 黄砂・煙霧の特徴

大規模黄砂・大規模煙霧時の後方流跡線の経路について整理したところ、黄砂が主にモンゴル及び中国内陸部を通過するものが中心であり、大規模煙霧は中国沿岸部及び韓国を通過するケースが多くみられた。さらに、通過位置を緯度  $5^\circ$  × 経度  $10^\circ$  のメッシュに分けて算出すると、黄砂が主に内陸部から沿岸部を経由していること、一方、煙霧は中国沿岸部と韓国経由がほとんどであることが分かった。黄砂を単純と混在に分類したときの通過割合では、主な経路地域は似たようなものであるが、混在においては中国沿岸部の工業地帯である地域が加わっていた。

大規模黄砂が日本で観測された時に、それ以前、どの地域で砂塵嵐が発生したかをまとめたところ、砂塵嵐の発生地域は、モンゴル全域、ゴビ砂漠を含めた内モンゴル高原地域など中国大陸の内陸部を広く占めていた。大規模煙霧が日本で観測された時の東アジア地域で観測された Haze（煙霧）は、韓国、中国沿岸部で同時期に Haze（煙霧）が観測された事例が多くみられた。

大規模黄砂時と大規模煙霧時の  $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$  比をみると黄砂時は平均で 0.50 であるが、規模が大きいものでは 0.3 近くまで下がっていた。また、単純黄砂は混在黄砂と比べて低い傾向がみられた。なお、煙霧は平均で 0.79 あり、黄砂時とは大きな差がみられた。

ライダーの黄砂消散係数と SPM 濃度の相関関係を集計した。相関係数はいずれも高く、傾きは平均 307 で比較的似通った値となっていた。これは、大規模黄砂の場合、黄砂消散係数と SPM 濃度の関係がおおむね均一で、ライダー消散係数によって SPM 濃度の予測がある程度可能であることを示している。

### 6. 黄砂・煙霧時の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度

黄砂は、 $\text{PM}_{2.5}$  の環境基準達成に大きな影響を与えており、また、越境による煙霧も、黄砂と同程度かそれ以上に大きな影響を与える可能性があると考えられる。そこで、平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの黄砂、煙霧の観測から、黄砂・煙霧と  $\text{PM}_{2.5}$  濃度との関係を検討した。

## 6.1. 黄砂・煙霧時における PM<sub>2.5</sub> 日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の超過

平成 15(2003)～平成 21(2009)年度までは環境省による 13 地点、平成 22(2010)年度から平成 24(2012)年度は自治体による測定局から各県 1 局を選び集計した。全体での PM<sub>2.5</sub> の日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  の超過率は 4.1%であったが、黄砂時は 40.1%、煙霧時は 28.1%と高くなっていった。また、日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた日数の経年変化をみると、黄砂時の超過日数は大きく変わっていないが、煙霧時の超過日数の減少とともに、日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた全体の日数も減っていた。地点別では、黄砂は西日本で多いこと、黄砂日のうち PM<sub>2.5</sub> 日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  の超過日が 50%を超える地点も多いことが分かる。煙霧については、多くの県で観測日数が減っており、西日本では東日本に比べて煙霧時に日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える頻度が高いことが特徴となっていた。

## 6.2. 黄砂・煙霧時の PM<sub>2.5</sub> 成分濃度による発生要因の検討

### (1) 使用データ

環境省が実施してきた PM<sub>2.5</sub> 成分濃度全国調査の結果をもとに、黄砂・煙霧時の PM<sub>2.5</sub> 環境基準超過の要因を検討した。対象としたデータは、全国 14 地点で平成 15(2003)年から平成 22(2010)年までの 8 年間、四季に採取したもので、このうち黄砂・煙霧日を抽出したものである。

### (2) 成分濃度について

平均成分組成は黄砂・煙霧で違いがみられ、黄砂時は主に金属類で構成されていると思われる成分の割合が増えていた。また、関東と九州の煙霧時においては、九州では SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が多くなっているのに比べ、関東では NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、OC、EC が多いというように組成の違いが出ていた。

### (3) PMF 法による計算結果 [試算]

PMF 法で発生源数を 4 とした時の因子の結果は、OC、EC で高い炭素系粒子、金属類や Ca<sup>2+</sup>で高い土壌系(黄砂)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>で高い硝酸塩系二次粒子、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NH<sub>3</sub><sup>+</sup>で高い硫酸塩系二次粒子とそれぞれみなすことができた。全体での発生源寄与は、最も寄与が大きいのが硫酸塩系二次粒子で 37%、続いて炭素系粒子と土壌系(黄砂)が同程度で 23%と 22%、硝酸系二次粒子が 18%となっていた。黄砂・煙霧時で PM<sub>2.5</sub> 濃度が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた日について各因子平均濃度の経年変化をみると、炭素系粒子、は年々減少傾向にあること、硫酸塩系二次粒子は平成 19(2007)年以降上昇していること、土壌系(黄砂)は年によって濃度が大きく変わることなどが表われていた。また、複数地点もしくは複数日に黄砂・煙霧時で PM<sub>2.5</sub> の重量濃度が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えた 29 事例について、PMF 法による寄与推定を加えて分類を行ったところ、単純黄砂 2 事例、混在黄砂 6 事例、硫酸塩系二次粒子 7 事例、硝酸塩系二次粒子 10 事例、地点によって硫酸塩系二次粒子と硝酸塩系二次粒子が混じっているもの 4 事例と推定された。

## 7. ライダー黄砂・球形消散係数と SPM・PM<sub>2.5</sub> 濃度の関係

### 7.1. ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度

ライダーによる観測では、気象台が観測した黄砂日でない日にも黄砂粒子の飛来を示唆するデータが見られることから、ライダー観測での黄砂消散係数と SPM 時間値との関係を使って黄砂の飛来を検出する方法について検討した。黄砂の飛来によって、黄砂消散係数と SPM 濃度には、相関関係の存在が予想されることから、毎日の黄砂消散係数 1 時間平均値と SPM 時間値との相関係数、SPM 最高濃度、黄砂消散係数最高値などの条件を設定し、抽出した。その結果、平成 20(2008)～平成 22(2010)年度の 3 年間で長崎 61 日、松江 29 日、富山 26 日が抽出され、このうち、当該地域も含めて、全国のどの地点でも黄砂は観測されていない日に抽出されたのは、長崎で 33 日、松江で 15 日、富山で 13 日とおおよそ 5 割を占めていた。

### 7.2. ライダー球形消散係数と PM<sub>2.5</sub> 濃度

ライダーによって算出される球形消散係数は、大気汚染性のエアロゾルとの関連が深いと思われるため、PM<sub>2.5</sub> 濃度との関係について検討した。使用したのは、大阪に設置されているライダーデータと国設大阪局の PM<sub>2.5</sub>、SPM データである。平成 22(2010)年 11 月 11～15 日は、西日本全体を黄砂が覆っていたが、黄砂による SPM の上昇と、PM<sub>2.5</sub> の挙動が異なることが球形消散係数との対応でみることができた。また、大阪で黄砂が観測された平成 24(2012)年 4 月 22～25 日は、煙霧も多くの地点で観測されており、大阪では黄砂のみの観測にもかかわらず黄砂による SPM の上昇は少なく、球形消散係数と PM<sub>2.5</sub> の上昇が顕著であり、むしろ大気汚染によるエアロゾルの影響が大きいと思われた。

## 目 次

1. 調査目的	1
2. 調査方法	1
2.1. 黄砂の飛来状況把握	1
2.2. 平成 24(2012)年度の成分分析	1
2.2.1. 調査期間と調査地点	1
2.2.2. エアロゾル捕集方法	3
2.2.3. 分析項目	4
2.3. 黄砂の把握方法	5
3. 黄砂の観測状況	6
3.1. 気象台黄砂の観測状況	6
3.2. 黄砂日の SPM 濃度	7
3.3. 気象台煙霧の観測状況	10
3.4. 平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況	11
4. 黄砂と成分濃度	33
4.1. 平成 24(2012)年度の成分分析結果	33
4.1.1. 調査時の状況	33
4.1.2. 調査結果	36
4.2. 成分濃度による黄砂の特徴	41
4.2.1. TSP 成分	41
4.2.2. イオン成分	44
4.2.3. PAHs 成分	47
4.2.4. 農薬成分	51
4.3. 成分濃度による黄砂の分類 [試算]	52
5. 大規模な黄砂・煙霧の事例解析	55
5.1. 平成 15(2003)～平成 24(2012)年度の黄砂観測日	55
5.2. 大規模黄砂の事例	57
5.3. 大規模煙霧の事例	91
5.4. 黄砂・煙霧の特徴	110
6. 黄砂・煙霧時の PM <sub>2.5</sub>	115
6.1. 黄砂・煙霧時における PM <sub>2.5</sub> 日平均値 35 $\mu$ g/m <sup>3</sup> の超過	115
6.2. 黄砂・煙霧時の PM <sub>2.5</sub> 成分濃度による発生要因の検討	119
7. ライダー黄砂・球形消散係数と SPM・PM <sub>2.5</sub> 濃度の関係	130
7.1. ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度	130
7.2. ライダー球形消散係数と PM <sub>2.5</sub> 濃度	133
8. 今後の課題	134
参考文献リスト	135
資料編	137



## 1. 調査目的

近年、北東アジア地域（モンゴル、中国、韓国、日本等）では黄砂現象が頻発しており、その影響等に対する関心が高まっている。わが国でも黄砂が観測されることが多くなっているが、年々変動が大きく長期的な傾向は明確でない。

黄砂は従来から黄河流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、近年急速に拡大しつつある過放牧や農地転換などによる耕地の拡大も原因とされ、人為的影響により、その規模が拡大してい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が、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、黄砂の飛来と同時に、中国大陸における産業活動に伴う人為的発生源からの影響も懸念される。

環境省では、平成 14(2002)年度から、黄砂の飛来実態を科学的に把握するために、黄砂飛来時に国内の複数地点で一斉にエアロゾルを捕集し化学成分の分析を行うなど黄砂実態解明調査を実施してきた。

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、昨年度の黄砂の状況を整理するとともに、平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度に飛来してきた黄砂を中心にその状況をまとめたものである。

## 2. 調査方法

### 2.1. 黄砂の飛来状況

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度の気象台発表の黄砂日について経年変化、黄砂地点別の飛来回数などを整理した。

また、浮遊粒子状物質（SPM）濃度と黄砂現象の関係を比較検討するために、平成 15(2003)年から平成 24(2012)年における気象台が発表している黄砂観測日について、都道府県ごとの SPM 平均濃度、及び都道府県ごとの同平均濃度に気象台の黄砂観測日数を乗じて算出した各都道府県における黄砂現象を被る概略的な量的指標の推移を示した。

### 2.2. 平成 24(2012)年度の成分分析

#### 2.2.1. 調査期間と調査地点

平成 24(2012)年度における黄砂成分調査は、以下のとおり、黄砂飛来シーズンの 2 月中旬から 6 月頃までの間で、日本に黄砂の飛来が予想される日に実施した。

サンプリングは、地方公共団体の協力を得て、全国 5 地点で行った。

調査地点は、図 2-1 のとおり、国設新潟巻酸性雨測定所（新潟県；以下、巻と略）、富山県環境科学センター（富山県；以下、富山と略）、国設松江大気環境測定所（島根県；以下、松江と略）、福岡県保健環境研究所（福岡県；以下、太宰府と略）、長崎県環境保健研究センター（長崎県；以下、長崎と略）の計 5 地点であり、測定地点の緯度、経度、標高を始め、気象条件、周辺の地勢・土地利用状況等を表 2-1 に示す。



図 2-1 調査地点配置 (5 地点)

表 2-1 黄砂調査地点一覧

地点名	長崎 (長崎県)	太宰府 (福岡県)	松江 (島根県)	富山 (富山県)	巻 (新潟県)
サプリング地点	長崎県環境保健研究センター	福岡県保健環境研究所	国設松江大気環境測定所	富山県環境科学センター	国設新潟巻酸性雨測定所
住所	大村市池田 2-1306-11	太宰府市大字向佐野 39	松江市西浜佐陀町 582-1	射水市中太閤山 17-1	新潟市西蒲区越前浜字向谷地 5597-1
緯度	32°56' 21"	33°30' 32"	35°28' 31"	36°41' 51"	37°48' 22"
経度	129°58' 40"	130°30' 09"	133°00' 45"	137°06' 10"	138°51' 21"
標高	160m	27m	5m	20m	50m
気象条件	対馬海流の影響により全体的に温暖である。冬期の降雪は年間 5 日程度であり積雪はほとんどない。	冬季には曇天が多く、また北西の季節風が多い。年数回の積雪がみられる。	曇天の日が多い。北西～西風が強い。降雪は 1 シーズンに約 10～15 日程度、積雪は多い時に 10～20cm、通常は 5cm 程度	西高東低の冬型の気圧配置で降雪・積雪能登半島から南へ連なる山の影響で季節風がやや弱められる。	秋冬期は海からの季節風が強い。降雪・積雪
地勢・土地利用等	長崎県のほぼ中央部、琴平岳 (標高 330m) 中腹にあり、周囲約 1km は工業団地として開発され、規模は小さいが固定発生源 (ボイラー等) が 4 件ある。南西約 1km に長崎自動車道大村 IC、西方約 3km に大村湾、西方約 5km の大村湾内に空港がある。	周辺は田畑が多い。西側 230m (九州自動車道)、北東側 450m (国道 3 号線) 西側 1km 及び南東側 750m に住宅団地、南東側 2.5km に市街地、北側 16km に福岡市の中心部	0～3km : 田畑が広がり、南側に小山、宍道湖、民家が点在するが大気汚染の発生源はない。 3km 以遠 : 東に松枝市街、西側に合板工場があるが、規模は小さい。	富山平野の中西部、周囲は住宅地及び農地、周辺に固定発生源なし、海岸部に火力発電所、化学工場等がある。海岸 (富山湾) より約 8km 富山市より西約 10km 南方約 1km に北陸自動車道	日本海から 1.3km の丘陵地南東～南西に松林、丘陵地の下は広大な畑地北～東は果樹園海岸沿いに国道
特記事項		建築物屋上	H14 は建築物屋上、H15 以降は測定所		
ライダー観測	サプリング地点で観測	なし	島根県保健環境科学研究所 (松江市) で観測	サプリング地点で観測	アジア大気汚染研究センター (新潟市) で観測

採取日：平成 24(2012)年 4 月 23～25 日

(長崎、富山、巻で煙霧、大宰府で黄砂と煙霧、松江で黄砂を観測)、  
平成 25(2012)年 3 月 19～21 日

(長崎と太宰府で黄砂と煙霧、松江、富山、巻で黄砂を観測)、

## 2.2.2. エアロゾル捕集方法

本調査では、黄砂の飛来が予想される日において、基本的に 24 時間単位の 2 日間連続で、以下の 2 つの方法で大気中のエアロゾル等を捕集した。

1) ハイボリウムサンプラー (HV)

浮遊粉じん濃度、エアロゾル中の金属成分及び PAHs 成分の捕集を目的とする。

2) 二段型ローボリウムサンプラー (LV)

2.5 $\mu$ m で粗大粒子及び微小粒子に分級したエアロゾル中の主にイオン成分の捕集を目的とする。

### エアロゾル捕集実施要領

ア. ハイボリウムサンプラー (HV)

- 1) 石英ろ紙 (Pallflex 2500QAT-UP) を 550°C で 10 分間加熱処理した後に秤量する。
- 2) ハイボリウムサンプラーの流量設定は、約 1,000L/分程度とし、所定時間エアロゾルを捕集する (気圧、気温補正はしない)。
- 3) サンプルング終了後、速やかにろ紙を実験室に持ち帰り、1 昼夜清浄な室内 (湿度 50 $\pm$ 5%) に放置した後、秤量する。
- 4) 試料の保存に際しては、試料の捕集面を内側で合わせ 2 つ折りにし、清浄な和紙 (半紙) で包み、その上を更にアルミ箔で覆い、それをビニール袋に入れて密閉する。保存場所は冷蔵庫内など 5°C 冷暗所である。
- 5) 分析等に際しては、低温宅配便にて所定の機関へ送付する。
- 6) ブランクは、トラベルブランクとする。

イ. 二段型ローボリウムサンプラー (LV)

- 1) 石英ろ紙 (Pallflex 2500QAT-UP) を 550°C で 10 分間加熱処理した後に秤量する。
- 2) 二段型ローボリウムサンプラー (分離粒径は 2.5 $\mu$ m) の流量設定は 20L/分とし、所定時間エアロゾルを捕集する。
- 3) サンプルング終了後、速やかにろ紙を実験室に持ち帰り、1 昼夜清浄な室内 (湿度 50 $\pm$ 5%) に放置した後、秤量する。
- 4) 試料の保存に際しては、あらかじめ紙製ワイパーで拭いたペトリスライド ((独) 国立環境研究所指定の容器、47mm、ミリポア社製) にろ紙を入れ、更に、粗大粒子を捕集したろ紙が入ったペトリスライドと微小粒子を捕集したペトリスライド 2 個を 1 組にして、ファスナー付きビニール袋に入れる。保存場所は冷蔵庫内など 5°C 冷暗所である。
- 5) 分析等に際しては、低温宅配便にて所定の機関へ送付する。
- 6) ブランクは、トラベルブランクとする。

### 2.2.3. 分析項目

捕集したエアロゾルの重量（浮遊粉じん濃度）及び微小粒子(PM<sub>2.5</sub>)重量濃度を測定したほか、金属成分8項目、イオン成分8項目、多環芳香族炭化水素類（PAHs）成分11項目を分析した。

本調査の分析項目を表2-2に示す。

表 2-2 分析項目

分類	対象物質	分析方法
金属	アルミニウム (Al)	ICP 質量分析法
	鉄 (Fe)	
	マグネシウム (Mg)	
	カルシウム (Ca)	
	ストロンチウム (Sr)	
	マンガン (Mn)	
	チタン (Ti)	
	亜鉛 (Zn)	
イオン	硝酸イオン (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	イオンクロマトグラフ法
	硫酸イオン (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	
	ナトリウムイオン (Na <sup>+</sup> )	
	カルシウムイオン (Ca <sup>2+</sup> )	
	アンモニウムイオン (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	
	カリウムイオン (K <sup>+</sup> )	
	マグネシウムイオン (Mg <sup>2+</sup> )	
	塩素イオン (Cl <sup>-</sup> )	
多環芳香族炭化水素類 (PAHs)	ベンゾ[a]アントラセン	GC-MS 法
	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[a]ピレン	
	ベンゾ[e]ピレン	
	ジベンゾ[a, h]アントラセン	
	インデノ[1, 2, 3-cd]ピレン	
	ジベンゾ[a, c]アントラセン	
	ベンゾ[g, h, i]ペリレン	
	コロネン	

## 2.3. 黄砂の把握方法

黄砂の特徴を把握するために、各黄砂事例を対象に、黄砂観測地点、気象概況（天気図・大陸における砂塵嵐の発生）、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS（Chemical weather FORecasting System）の予測結果、ライダー観測結果、PM<sub>2.5</sub>日平均値全国分布、PM<sub>2.5</sub>/SPM 比、硫酸イオン濃度などについて整理した。

黄砂観測地点は、気象台が黄砂を観測したと発表<sup>9)</sup>した地点を示した。また、黄砂現象の規模の相対的な比較の目安とするために、黄砂を観測した都道府県の全測定局のSPM 濃度日平均値を平均した値に、観測した都道府県数を乗じた積算値（以下「黄砂規模」）を算出した。また、気象台から煙霧の観測が記録されている地点も同時に記載した。併せて、地図上に黄砂・煙霧観測地点を表示した。

気象概況（天気図）は、気象庁のホームページ<sup>10)</sup>から天気図と天気概況を引用した。また、世界気象資料<sup>11)</sup>をもとに、東アジアでの砂塵嵐の発生について地図上に表示した。気象コード 33, 34, 35 を Severe duststorm、30, 31, 32 を Slight duststorm、07, 08, 09 を Dust、05 を Haze として分類した。

SPM 濃度全国分布は、全国で行われている常時監視局の SPM 測定データから地域的に高濃度になっている時間の値を地図上に示した。

後方流跡線は、アメリカ NOAA のホームページ<sup>15)</sup>により表示できる HYSPLIT を使用した。計算の起点は、SPM 濃度が高くなった時間、地点を考慮して決め、概ね後方 72 時間とした。出発高度は、SPM 濃度との関連を評価するため地表面に近い 500m とした<sup>\*</sup>。

CFORS は、九州大学応用力学研究所の鶴野らによって開発された化学物質輸送領域数値モデルである。本報告書内の図は、国立環境研究所で定常運用を行っているバージョン（RIAM/NIES-CFORS）<sup>14)</sup>による黄砂イベント当時に予測された黄砂等土壌性ダストと硫酸塩の高度 0~1km における平均重量濃度の推定分布を表示している。

ライダー観測結果は、国立環境研究所公開のライダー観測結果<sup>13)</sup>でみることができる。国立環境研究所ではライダー観測結果から消散係数を算出し、そのデータと画像を公開している。数値データとして示されている消散係数 (/m) は、光が物質に衝突し物質への吸収や散乱によって単位長さ当たりに消失する割合を示したものである。この非球形粒子の消散係数（以下、「黄砂消散係数」）のうち、下層である 150m~270m のデータを 1 時間毎に平均したものを経時変化グラフとして示した。さらに、下層での黄砂消散係数と SPM 時間値を経時変化グラフで表し、その類似性を検討した。また、黄砂の高度分布をみるために、必要に応じ 150m~3000m の黄砂消散係数 1 時間平均値を算出し、グラフにした。

硫酸イオン等の大気汚染物質の飛来を観察するために、硫酸イオンの 1 時間値を随時使用した。硫酸イオンの 1 時間値は、福岡県が太宰府市（福岡県保健環境研究所）で測定しているデータを提供していただいた（機種：SPA 5020i Thermo Fisher Scientific 社）。また、この測定値が得られていない場合は、福岡県や各自治体、環境省で行ったフィルター法による調査での日値を使用した。

PM<sub>2.5</sub>日平均値濃度による評価は全国分布図を作成し、微小粒子による汚染の広がりを見た。PM<sub>2.5</sub>濃度は、全国の常時監視局で測定しているものを使用した。また、PM<sub>2.5</sub>濃度、SPM 濃度及び PM<sub>2.5</sub>/SPM 比の経時変化をグラフで表し黄砂の影響を観察した。

<sup>\*</sup> 表示した計算結果のうち、地表付近のみを経由する流跡線については、解析に用いなかった。

### 3. 黄砂の観測状況

#### 3.1. 気象台黄砂の観測状況

平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの 10 年間について、気象台発表の黄砂日の年間延べ日数を図 3-1-1 に示す。平成 15(2003)年度から 18(2006)年度まで増加傾向がみられ、その後平成 20(2008)年度、平成 21(2009)年度一旦減少し、平成 22(2010)年度には再び増加した。その後、平成 23(2011)年度、平成 24(2012)年度は減少している。

図 3-1-2 に、平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの黄砂日数の経月変化を示す。3～5 月に圧倒的に多いことが分かる。

図 3-1-3 には平成 15(2003)～24(2012)年度の観測地点毎の黄砂日数を、多い順で並べている。九州・中国地方が上位を占めており、黄砂の影響の大きさを示している。

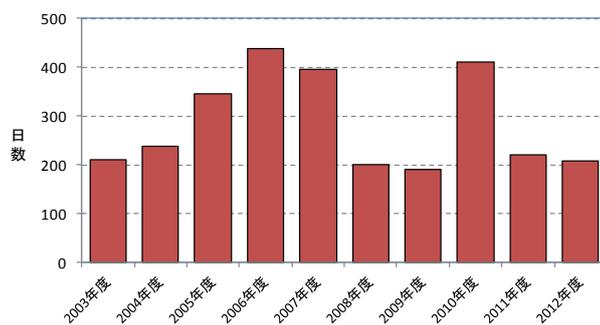


図 3-1-1 黄砂観測日数の経年変化

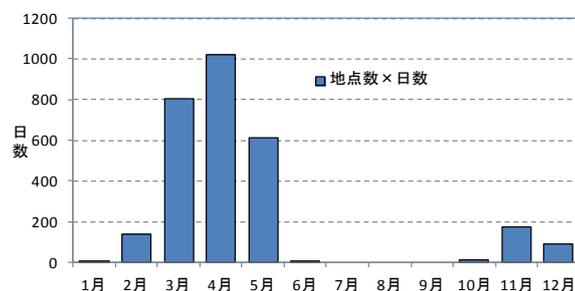


図 3-1-2 黄砂観測日数の経月変化

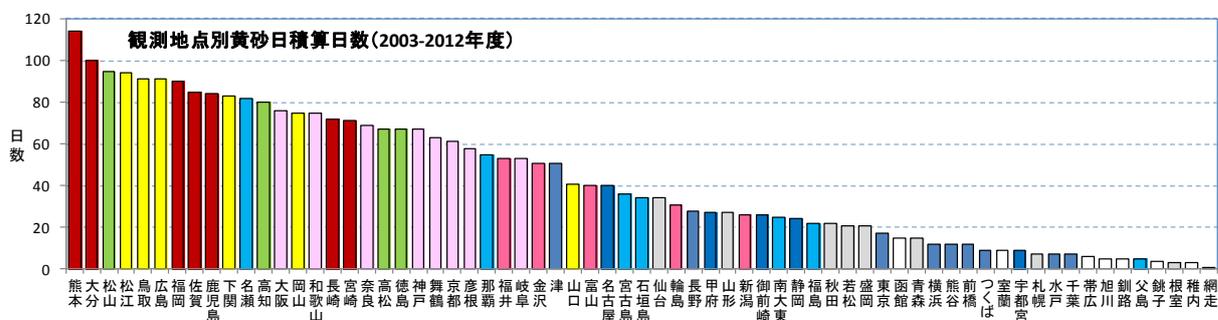


図 3-1-3 黄砂日の地点別日数

### 3.2. 黄砂日のSPM濃度

SPM濃度と黄砂現象の関係を比較検討するために、平成15(2003)年から平成24(2012)年について、気象台が発表している黄砂観測日における都道府県ごとのSPM平均濃度、及び都道府県ごとの同平均濃度に気象台の黄砂観測日数を乗じたものを図3-2-1(1)～(3)に示す。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、また、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現象を被る概略的な量的指標を示すと考えられる。

この図から、黄砂日の影響は、西日本の方が北・東日本よりも相対的に大きいことがわかる。

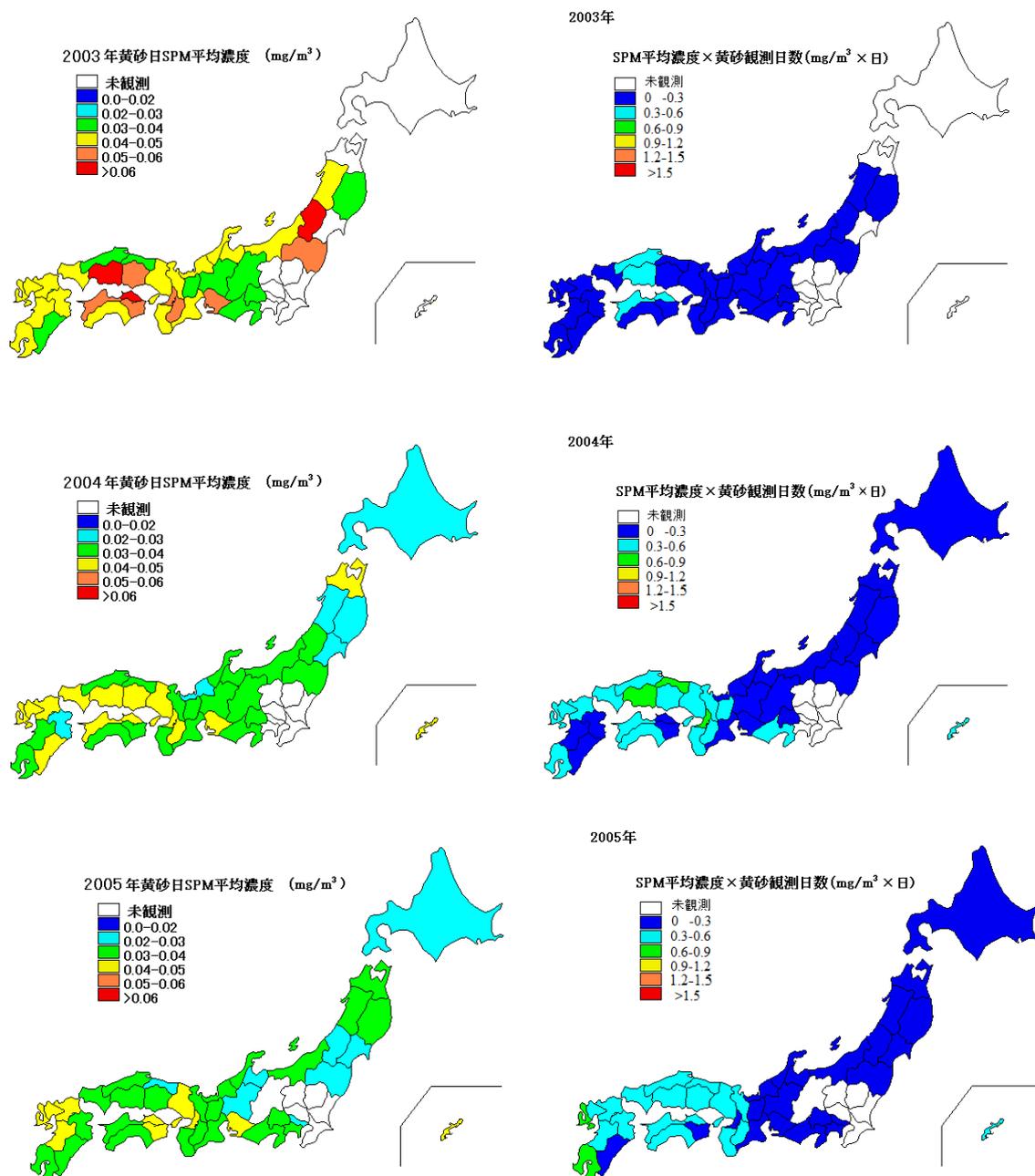


図3-2-1(1) 黄砂日のSPM平均濃度(左)と観測日数との積算値(右)

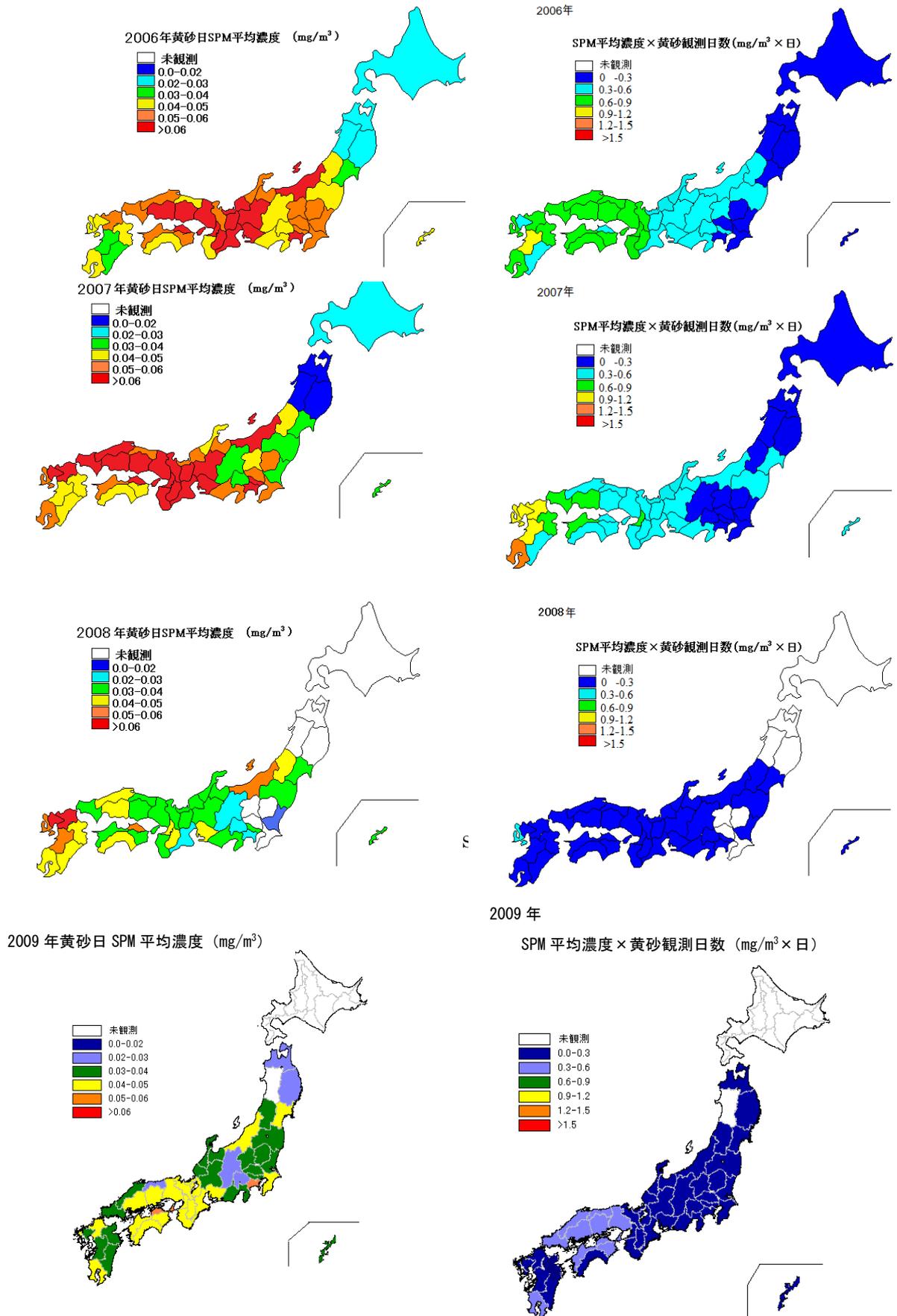


図 3-2-1 (2) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

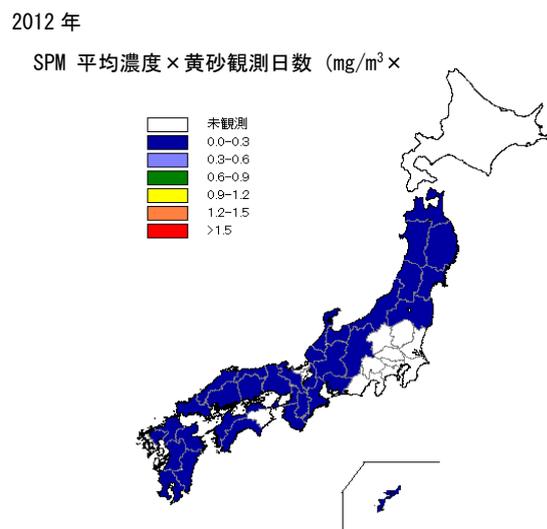
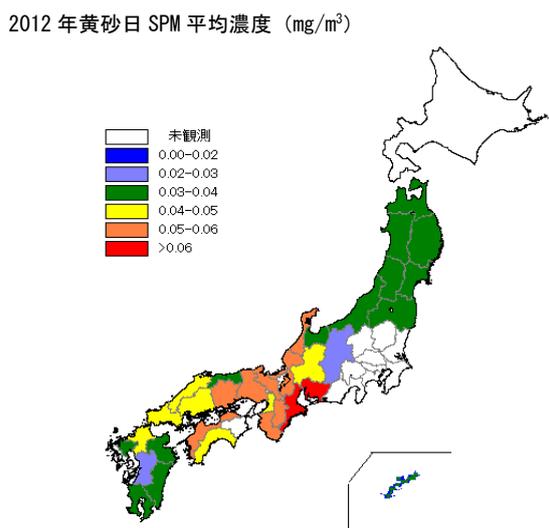
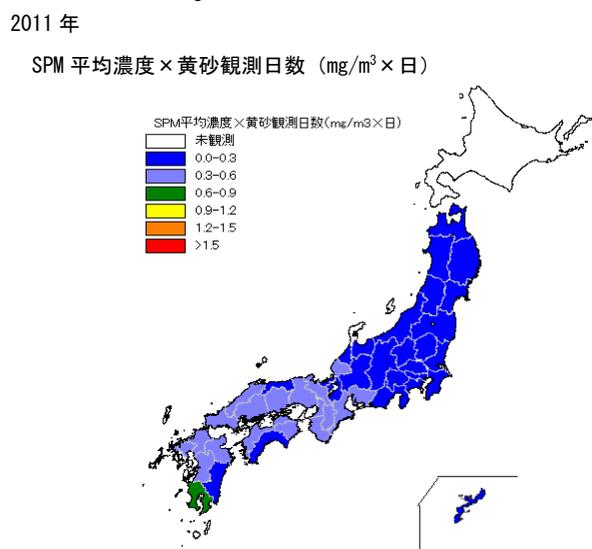
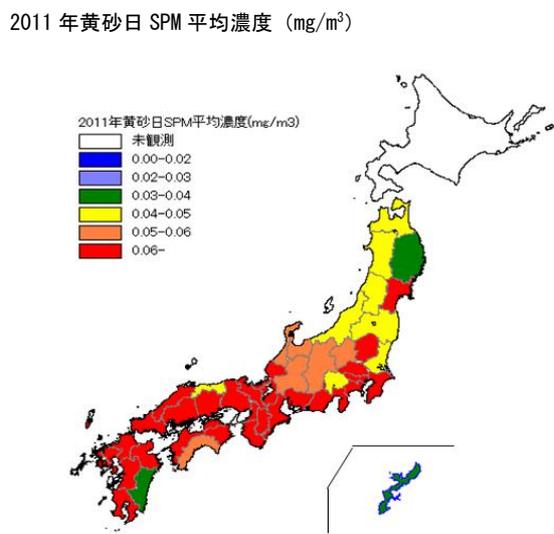
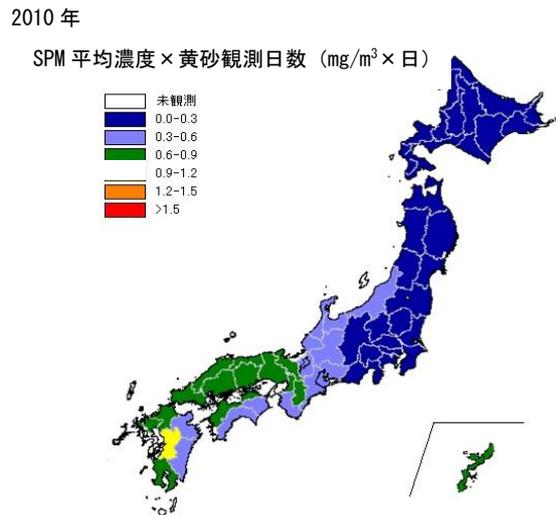
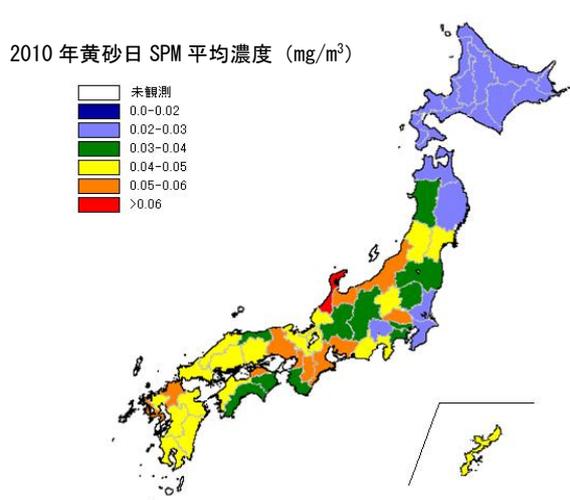


図 3-2-1 (3) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

### 3.3. 気象台煙霧の観測状況

黄砂と同様に、平成 15(2003)年度から平成 24(2012)年度までの 10 年間について、気象台観測の煙霧日の年間延べ日数を図 3-3-1 に示す。平成 17(2005)年度を最高に、それ以降は減少の傾向が続いている。

図 3-3-2 に、この期間の全国での煙霧延べ日数の経月変化と、関東地方と九州地方に分けた経月変化を示す。全国では 4~7 月が多く 12~1 月が少なくなっている。地域別では、関東では 7、8 月に九州と比較して多くなっている様子がみられる。

平成 15(2003)~24(2012)年度の観測地点毎の煙霧日数を、図 3-3-3 に多い順に示す。関東・関西の都市が多く、上位 10 地点の内訳は関東 5、関西 2、東海 2、九州 1 である。

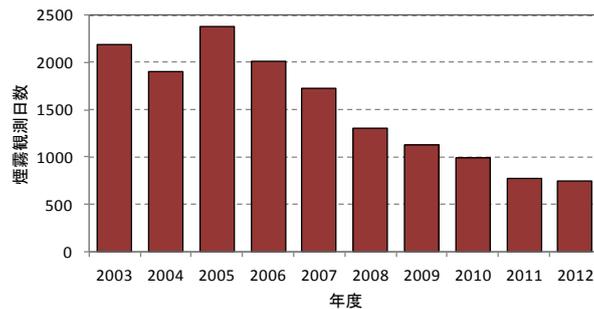


図 3-3-1 煙霧日の経年変化

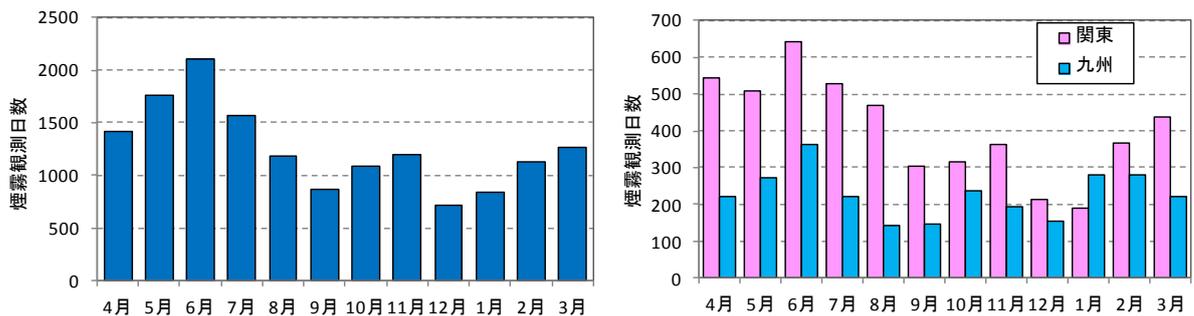


図 3-3-2 煙霧日の全国での経月変化と関東・九州での経月変化

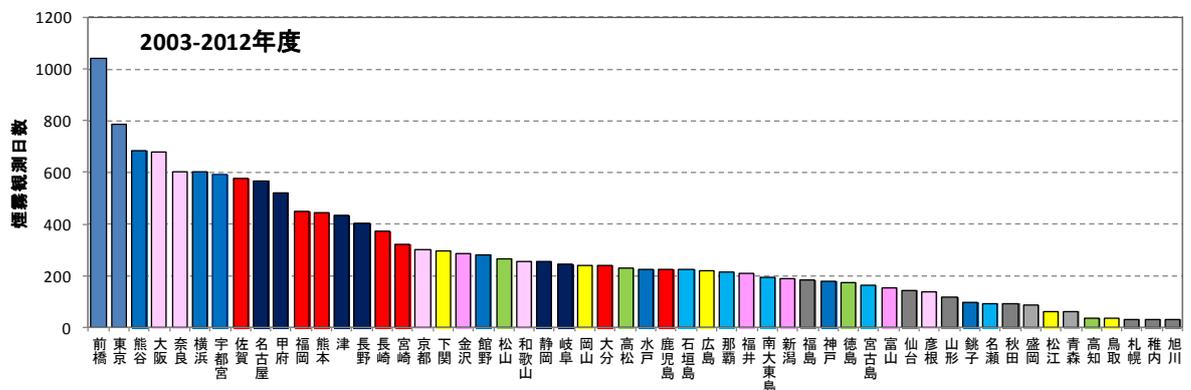


図 3-3-3 煙霧日の地点別日数

### 3.4. 平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況

平成 24(2012)年度に気象台が観測した黄砂を、観測地点数、黄砂の規模とともに、表 3-4-1 に示す。平成 24(2012)年度に黄砂は 21 日観測され、連続した日をまとめると 10 事例となる。観測地点が最も多かったのは、平成 25(2013)年 3 月 9 日で 31 地点、続いて 3 月 20 日の 29 地点である。

なお、煙霧については、平成 24(2012)年度に全国のいずれかの地点で 212 日観測され、最も多くの地点で観測されたのは平成 25(2013)年 3 月 8 日の 22 地点であった。

以下、平成 24(2012)年度の黄砂飛来状況を事例別にまとめる。

「黄砂実態解明調査中間報告書—平成 20～22 年度—」<sup>5)</sup>に基づき、各黄砂事例の分類も行った。

単純黄砂：硫酸塩エアロゾルの存在が少ない黄砂の飛来とした。硫酸イオン濃度が低いことから人為起源からの影響は小さく、自然起源による黄砂の飛来が主であると判断されるものである。

混在黄砂：硫酸イオン濃度の上昇があり、硫酸塩エアロゾルが黄砂に混在しているものとした。硫酸イオンの増加から、人為的な汚染物質を含む微小粒子も同時に飛来してきていると想定される。

表 3-4-1 平成 24 年度の黄砂日一覧

事例番号	通算日数	観測日			観測地点数	黄砂の規模			
		年	月	日		SPM平均	県数	SPM積算	SPM積算合計
1	1	2012	4	1	3	42	1	42	461
	2	2012	4	2	1	17	1	17	
	3	2012	4	3	7	24	3	72	
2	4	2012	4	9	11	33	10	330	364
	5	2012	4	10	1	34	1	34	
3	6	2012	4	23	10	34	10	340	2659
	7	2012	4	24	22	59	21	1239	
	8	2012	4	25	19	60	18	1080	
4	9	2012	5	16	1	37	1	37	160
	10	2012	5	17	3	41	3	123	
5	11	2012	12	4	1	35	2	70	70
6	12	2013	1	2	2	33	2	66	79
	13	2013	1	3	1	13	1	13	
7	14	2013	3	1	1	9.6	1	9.6	9.6
8	15	2013	3	8	18	46	18	828	3197
	16	2013	3	9	31	57	30	1710	
	17	2013	3	10	19	33	19	627	
	18	2013	3	11	1	32	1	32	
9	19	2013	3	16	1	27	1	27	27
10	20	2013	3	19	26	36	25	900	1992
	21	2013	3	20	29	39	28	1092	

(1)平成 24 (2012) 年 4 月 1 日～3 日

沖縄、鹿児島など日本南部のみで観測された黄砂である。砂塵嵐の発生は観測されているが規模は小さい。3 日には煙霧も観測されているが、地点は散在している。後方流跡線はモンゴル上空を通過しており黄砂の飛来を示している。福岡における硫酸イオンの濃度は  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  未満で低く、規模の小さな単純黄砂と考えられる。

表 3-4-1-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名							黄砂の規模			
				1	2	3	4	5	6	7	SPM平均	県数	SPM積算	
2012	4	1	3	名瀬	那覇	南大東						42	1	42
2012	4	2	1	熊本								17	1	17
2012	4	3	7	熊本	鹿児島	名瀬	石垣島	宮古島	那覇	南大東		24	3	72

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名		
				1	2	3
2012	4	3	3	前橋	下関	松山

黄砂・煙霧観測地点：2012年4月3日

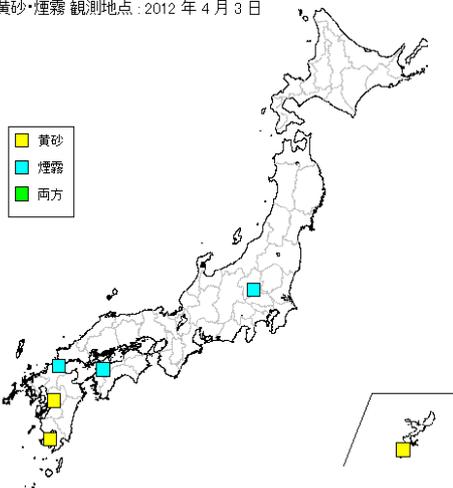
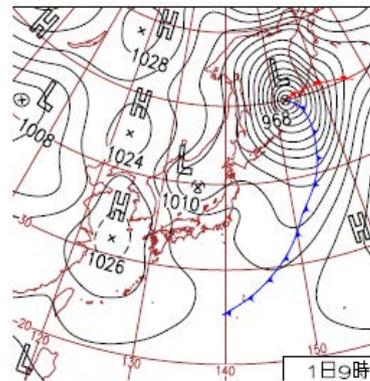


図 3-4-1-1 黄砂・煙霧観測地点



1日(日)寒の戻り  
上空に寒気を伴った低気圧が東北を通過。山陰・北陸・東北を中心に雨や雪。気温は平年より低い所が多い。徳島市・甲府市でサクラ開花、福岡市・静岡市で満開。那覇市等で黄砂。

図 3-4-1-2 天気図

SPM Date: 2012年4月3日6時

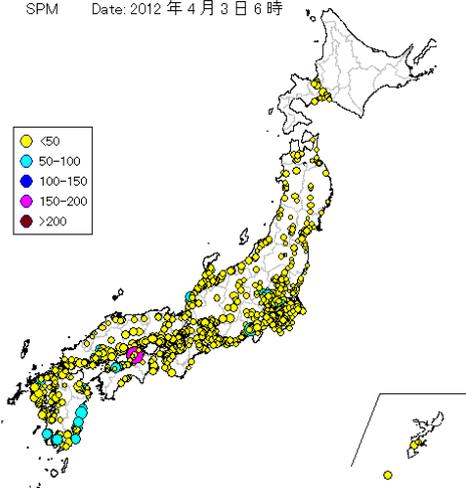


図 3-4-1-3 SPM 濃度全国分布

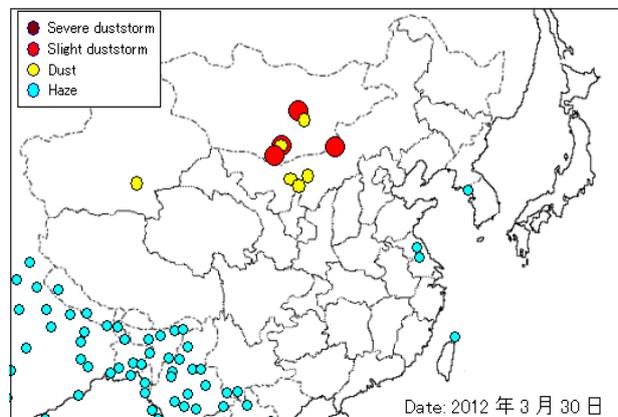


図 3-4-1-4 砂塵嵐発生状況

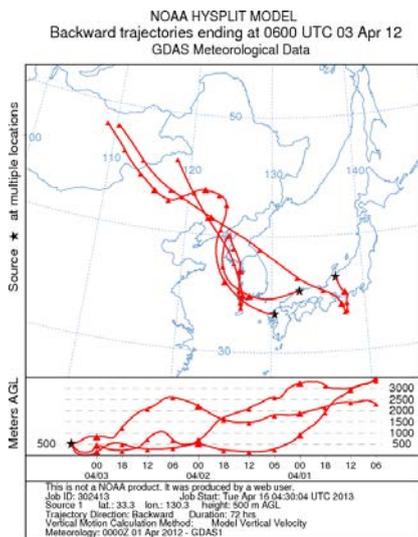
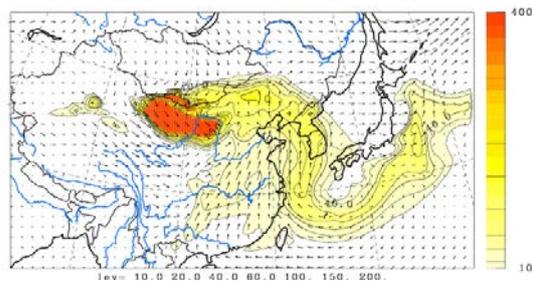


図 3-4-1-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2012/04/02.00:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2012/04/02.00:00:00

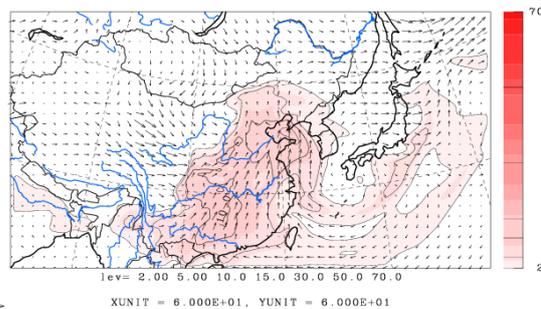


図 3-4-1-6 CFORS 予測結果

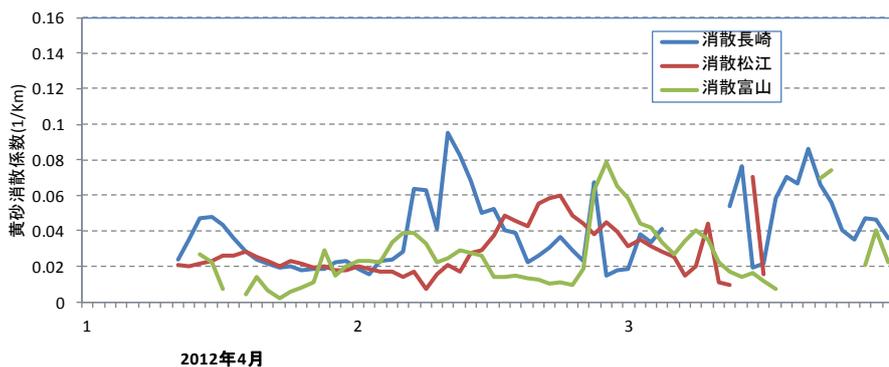


図 3-4-1-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

PM<sub>2.5</sub> Date: 2012年4月2日平均

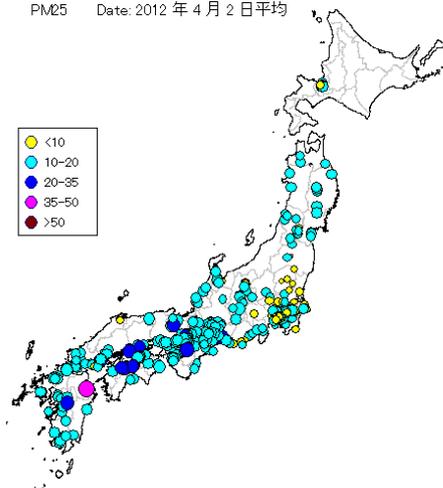


図 3-4-1-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

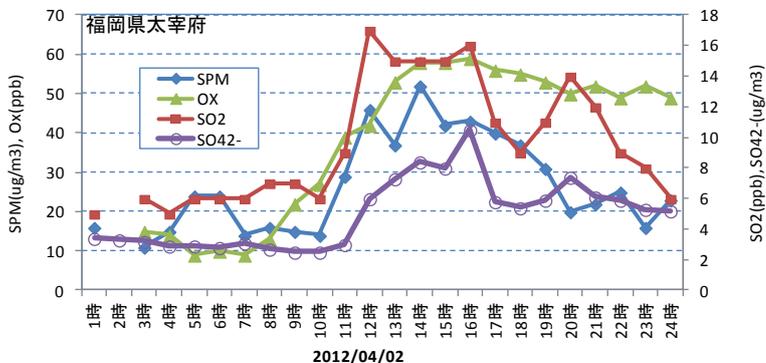


図 3-4-1-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(2)平成 24 (2012) 年 4 月 9 日～10 日

9 日は北海道、東北・北陸を中心に 11 地点で黄砂が観測されている。モンゴルで砂塵嵐の発生もみられ、東北での後方流跡線とも重なっている。SPM 濃度は高くないが、PM<sub>2.5</sub> 濃度は中国・四国で高い。福岡での硫酸イオン濃度は 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えており、CFORS の予測を含めると、北日本で黄砂、西日本で硫酸塩が飛来した混在黄砂と考えられる。

表 3-4-2-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名										黄砂の規模		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SPM平均	県数	SPM積算
2012	4	9	11	室蘭	函館	青森	秋田	盛岡	山形	仙台	福島	新潟	金沢	33	10	330
2012	4	10	1	富山										34	1	34

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2012	4	9	2	函館	大阪									
2012	4	10	9	新潟	長野	熊谷	津	京都	岡山	神戸	大阪	奈良		

黄砂・煙霧観測地点：2012年4月9日

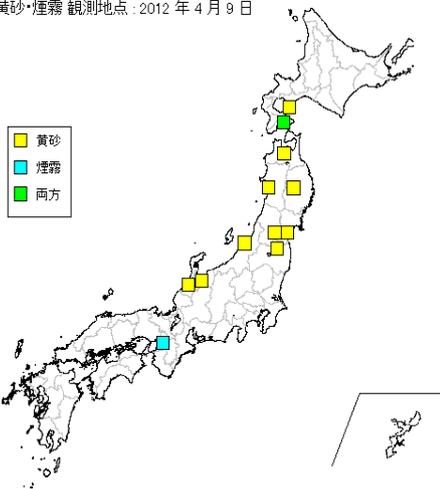
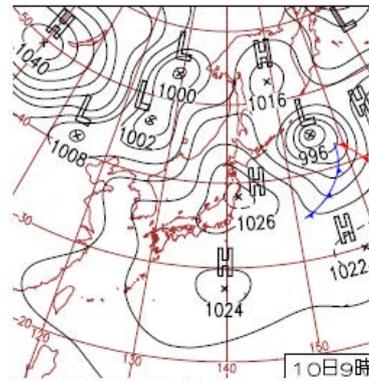


図 3-4-2-1 黄砂・煙霧観測地点



10日(火)西日本から雨  
高気圧に覆われて、東～北日本は晴れたが、午後は高気圧が東へ移動し、九州で雨、夜には近畿まで雨。福井市・金沢市でサクラ開花、松江市・鳥取市・埼玉県熊谷市で満開。

図 3-4-2-2 天気図

SPM Date: 2012年4月10日9時

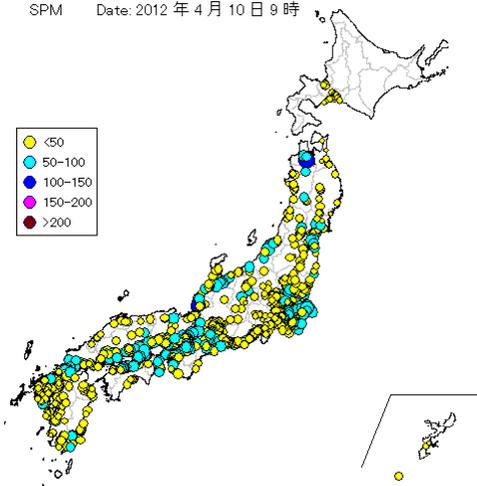


図 3-4-2-3 SPM 濃度全国分布

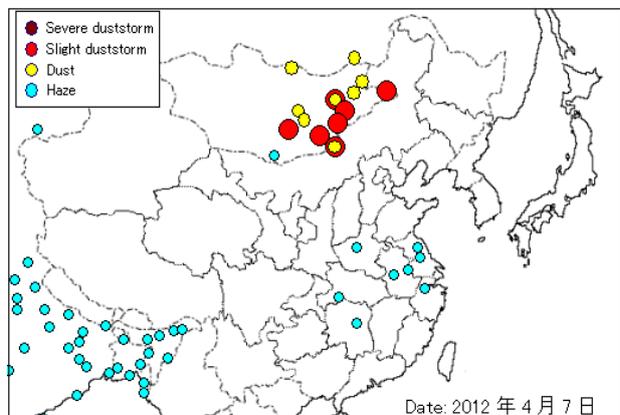


図 3-4-2-4 砂塵嵐発生状況

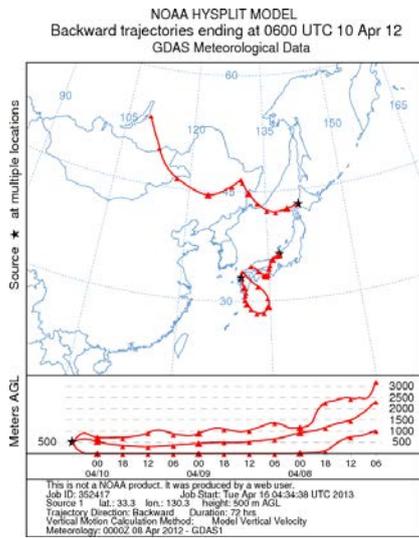
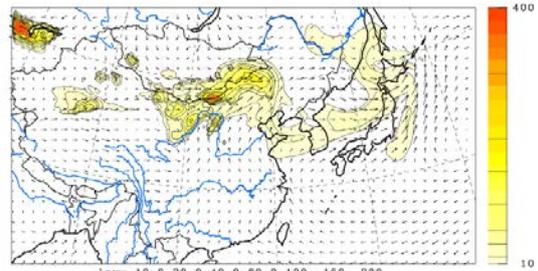
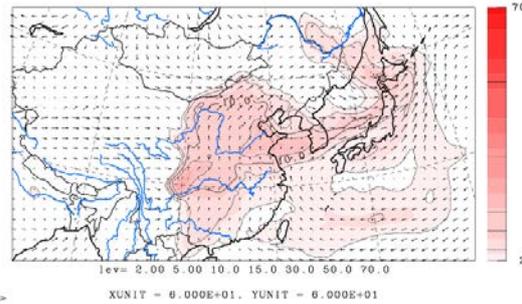


図 3-4-2-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2012/04/09.12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2012/04/09.12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 3-4-2-6 CFORS 予測結果

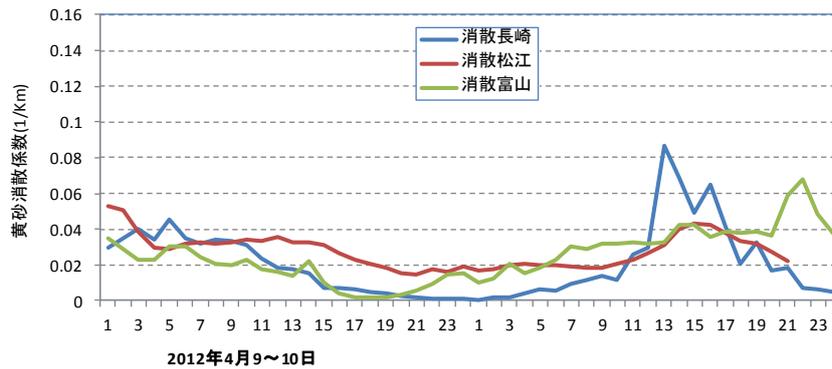


図 3-4-2-7 ライタ<sup>®</sup>-黄砂消散係数の経時変化

PM2.5 Date: 2012年4月10日平均

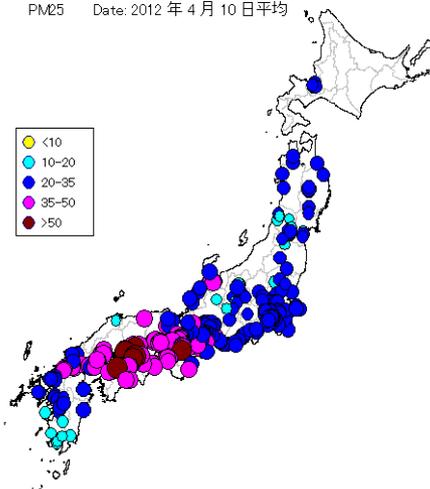


図 3-4-2-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

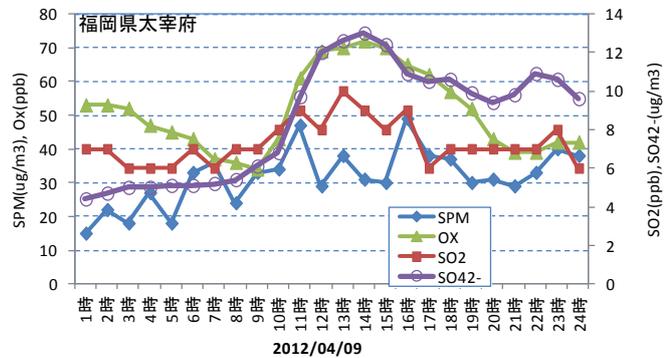


図 3-4-2-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(3)平成 24 (2012) 年 4 月 23 日～25 日

前日の 22 日にモンゴル南部で大きな砂塵嵐が発生しており、それが西日本に飛来し、24 日には 22 地点で黄砂が観測されている。同時に煙霧も 17 地点で観測されており、西日本での PM<sub>2.5</sub> 濃度は高く、福岡での硫酸イオンも 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。比較的大きな黄砂と、硫酸塩エアロゾルが同時に飛来した混在黄砂と考えられる。

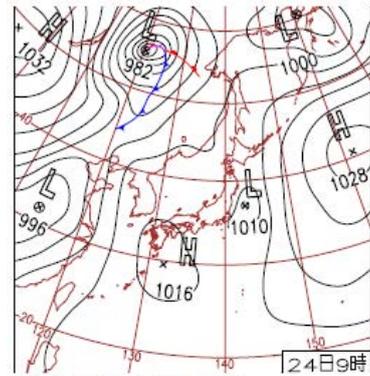
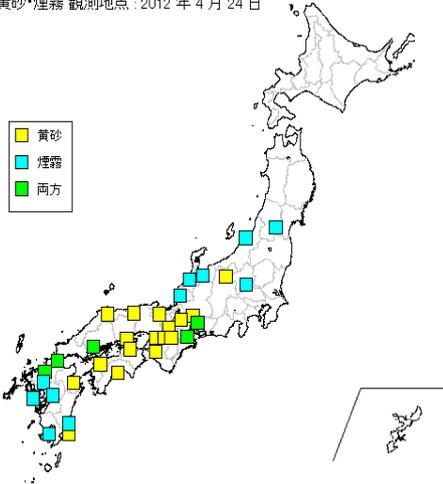
表 3-4-3-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名										黄砂の規模		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SPM平均	観測数	SPM積算
2012	4	23	10	松江	鳥取	下関	広島	岡山	大阪	福岡	大分	松山	高松	34	10	340
2012	4	24	22	長野	岐阜	名古屋	津	松江	鳥取	舞鶴	京都	彦根	下関	59	21	1239
				広島	岡山	神戸	大阪	和歌山	奈良	福岡	大分	松山	高松			
2012	4	25	19	金沢	福井	岐阜	名古屋	津	鳥取	舞鶴	京都	彦根	岡山	60	18	1080
				神戸	大阪	和歌山	奈良	大分	松山	高松	高知	徳島				

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
2012	4	23	9	下関	福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	宮崎	名瀬	南大東島				
2012	4	24	17	山形	新潟	金沢	富山	福井	前橋	名古屋	津	下関	広島			
				福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	宮崎	名瀬						
2012	4	25	15	山形	仙台	新潟	金沢	富山	長野	福井	前橋	熊谷	津			
				東京	横浜	下関	奈良	佐賀								

黄砂・煙霧観測地点：2012年4月24日



24日(火)今年初の真夏日

低気圧の影響で北日本は雲多く所々で雨  
東～西日本は高気圧の圏内で晴れて気温  
が上昇、大分・高知県で真夏日。黄砂、  
西日本～東海、長野県で観測、奈良市で  
視程6km。

図 3-4-3-1 黄砂・煙霧観測地点

図 3-4-3-2 天気図

SPM Date: 2012年4月24日 21時

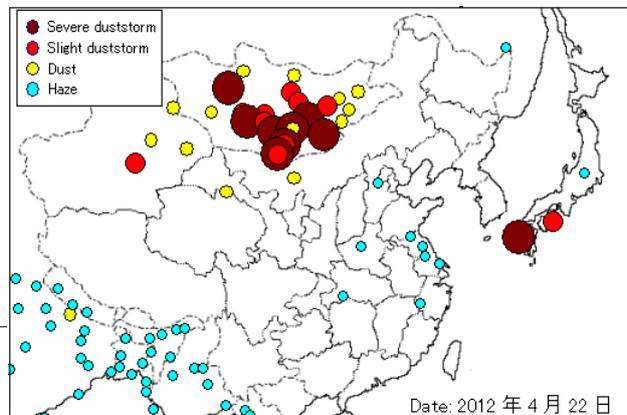
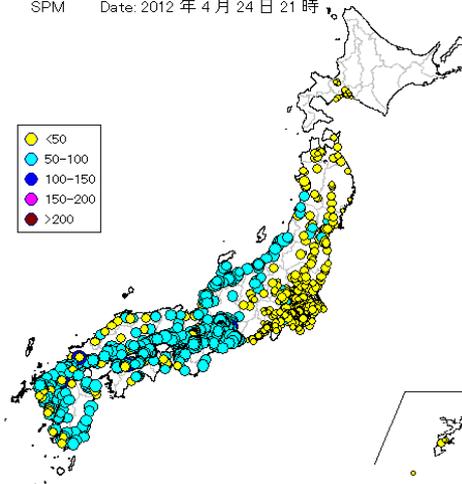


図 3-4-3-3 SPM 濃度全国分布

図 3-4-3-4 砂塵嵐発生状況

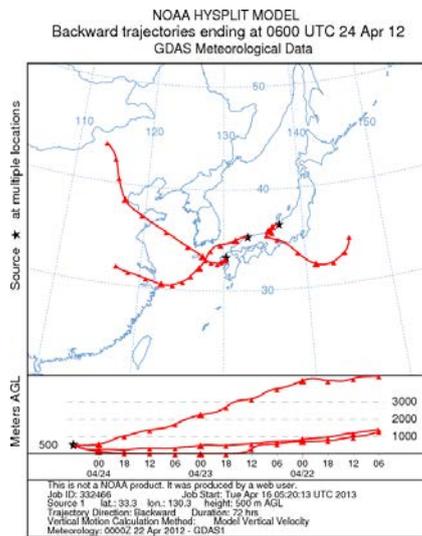


図 3-4-3-5 後方流跡線

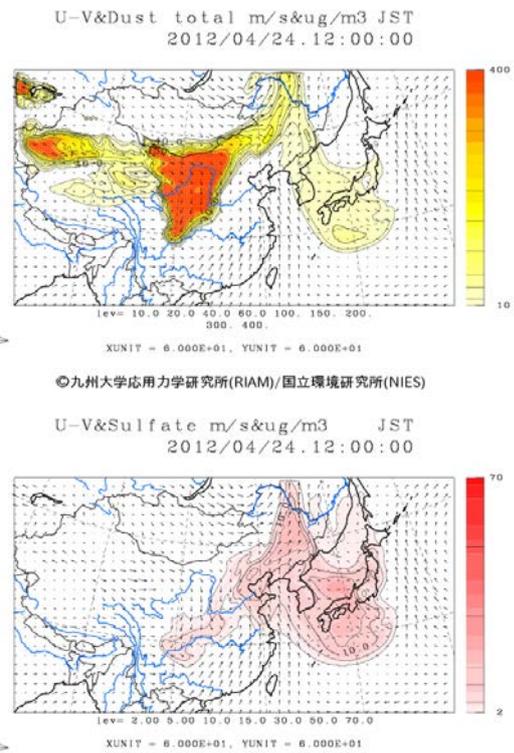


図 3-4-3-6 CFORS 予測結果

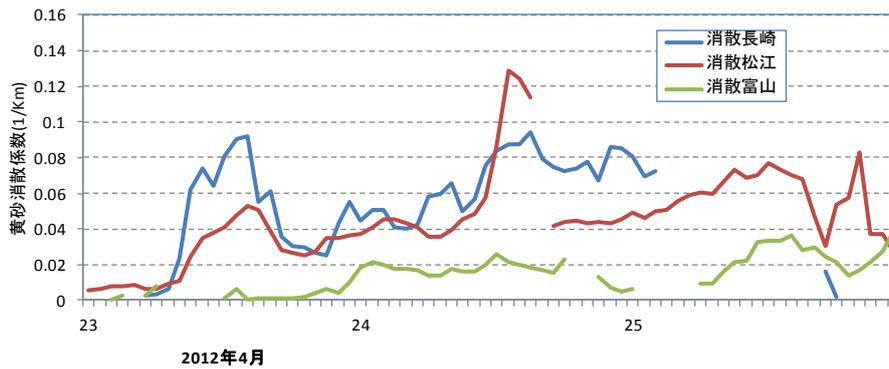


図 3-4-3-7 5日<sup>レ</sup>-黄砂消散係数の経時変化

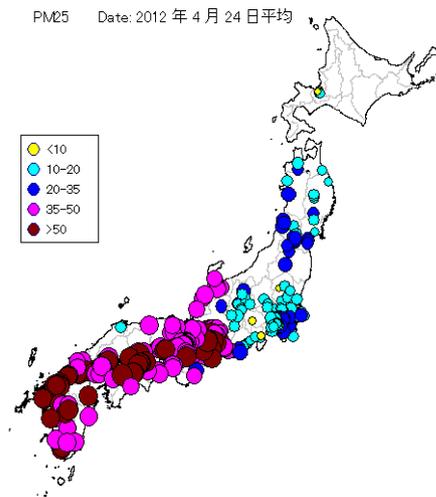


図 3-4-3-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

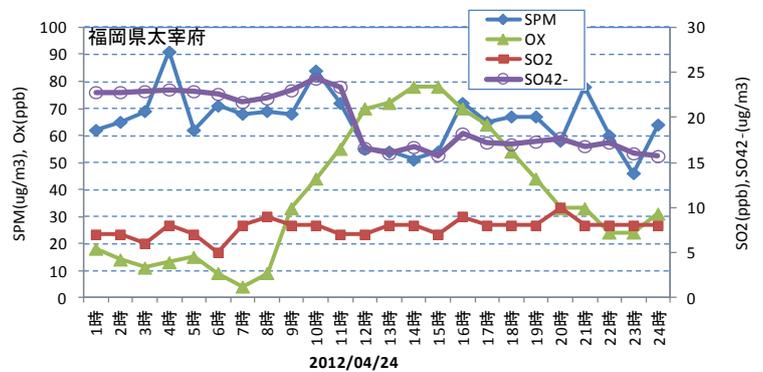


図 3-4-3-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(4)平成 24 (2012) 年 5 月 16 日～17 日

中国大陸での砂塵嵐の発生は顕著でなく、黄砂の観測は九州、四国に散在している。九州では煙霧も観測されている。後方流跡線も黄砂特有のモンゴル方向ではなく、煙霧時に多い中国沿岸部方向を示している。福岡での硫酸イオン濃度は  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超しており、小規模の黄砂と硫酸塩エアロゾルの混在黄砂と考えられる。

表 3-4-4-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名			黄砂の規模		
				1	2	3	SPM平均	県数	SPM積算
2012	5	16	1	鹿児島			37	1	37
2012	5	17	3	京都	鹿児島	高知	41	3	123

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名			
				1	2	3	4
2012	5	16	2	福岡	佐賀		
2012	5	17	4	福岡	佐賀	長崎	宮崎

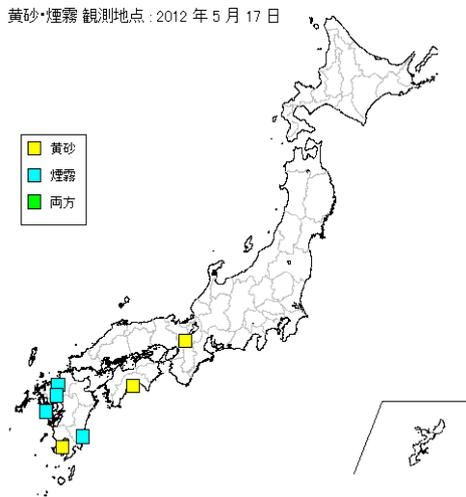
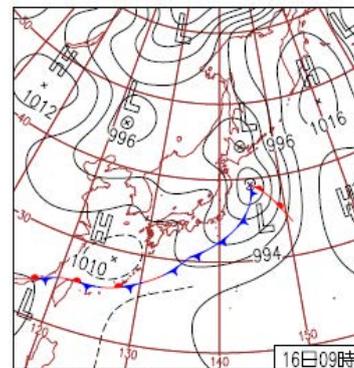


図 3-4-4-1 黄砂・煙霧観測地点



16日(水)関東以西で夏日  
低気圧の影響により東北～北海道は雨。梅雨前線近傍の沖縄市胡屋で53mm/1hの非常に激しい雨。東北南部と関東以西では気温上昇し、夏日多数。宮城県で震度4。

図 3-4-4-2 天気図

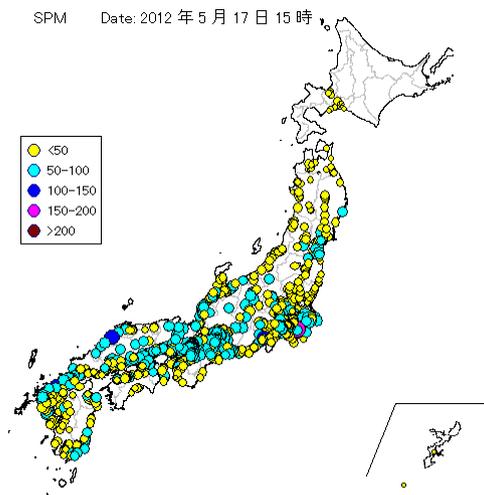


図 3-4-4-3 SPM 濃度全国分布

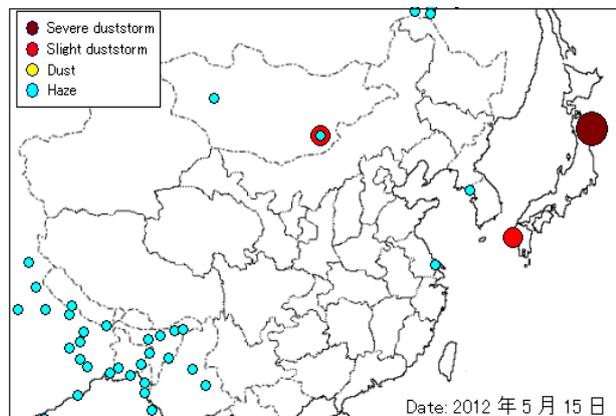


図 3-4-4-4 砂塵嵐発生状況

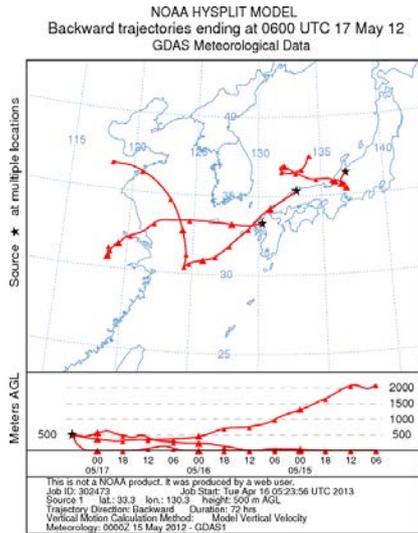
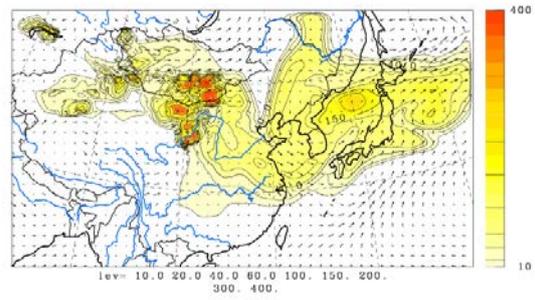


図 3-4-4-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2012/05/17. 12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2012/05/17. 00:00:00

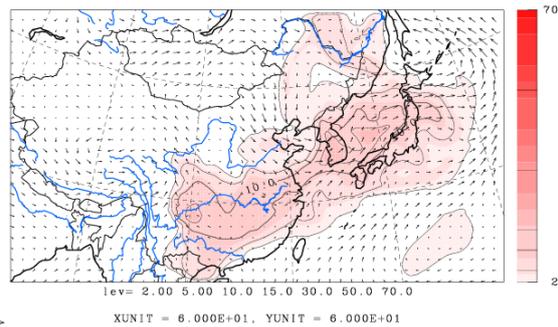


図 3-4-4-6 CFORS 予測結果

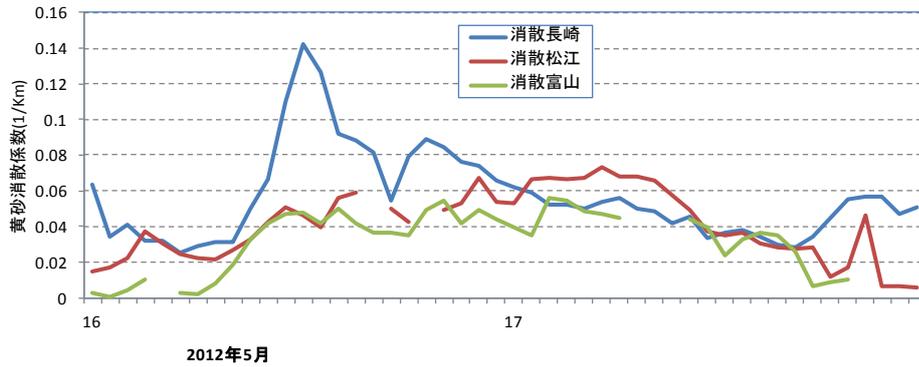


図 3-4-4-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

PM<sub>2.5</sub> Date: 2012年5月17日平均

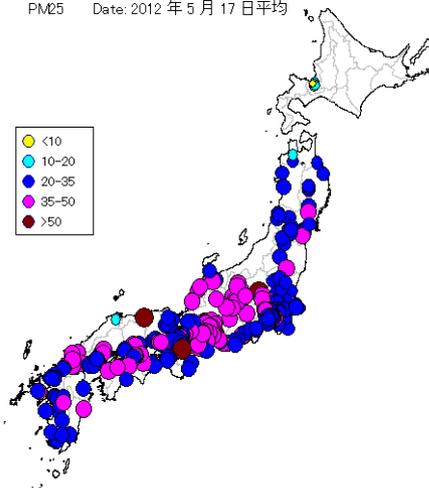


図 3-4-4-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

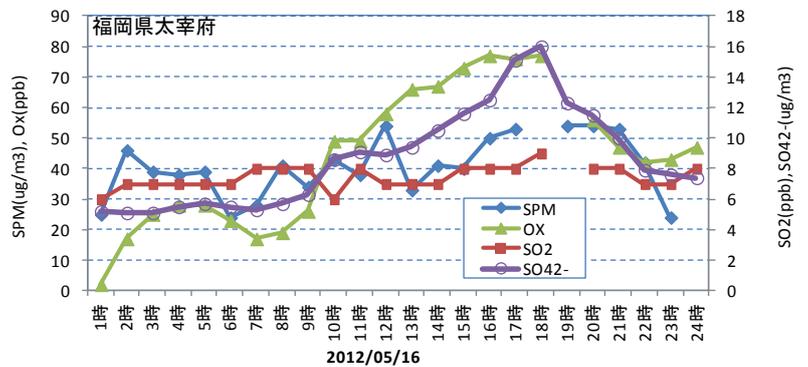


図 3-4-4-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(5)平成 24 (2012) 年 12 月 4 日

中国内陸部での砂塵嵐の発生規模も小さく、沖縄のみで観測された小さな黄砂である。佐賀と宮古島では煙霧が観測されている。本土での黄砂の様子はみられていない小規模の単純黄砂と考えられる。

表 3-4-5-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点数	黄砂の規模		
				1	SPM平均	県数	SPM積算
2012	12	4	1	那覇	35	1	35

年	月	日	地点数	煙霧観測地点数	
				1	2
2012	12	4	2	佐賀	宮古島

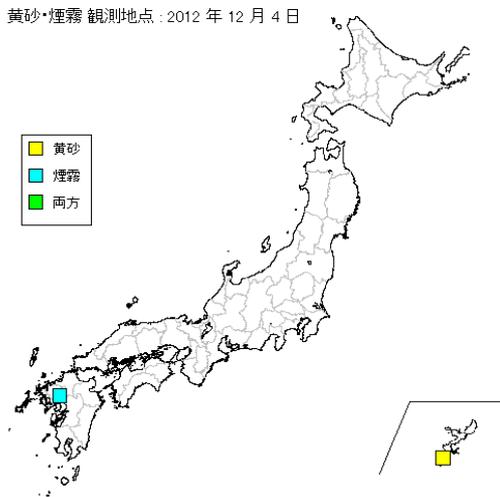
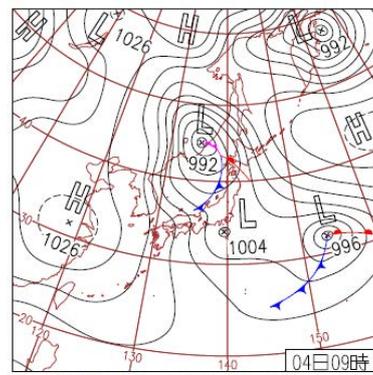


図 3-4-5-1 黄砂・煙霧観測地点



4日(火)北日本 大荒れの天気  
 発達した低気圧の影響で北海道を中心に天気は大荒れ。北海道各地で12月の1・3時間及び日降水量の1位記録を更新。北海道斜里町宇登呂で最大瞬間風速33.8m/s。松江など初雪。

図 3-4-5-2 天気図

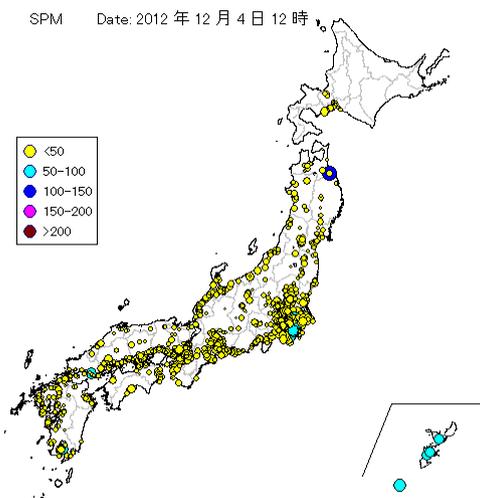


図 3-4-5-3 SPM 濃度全国分布

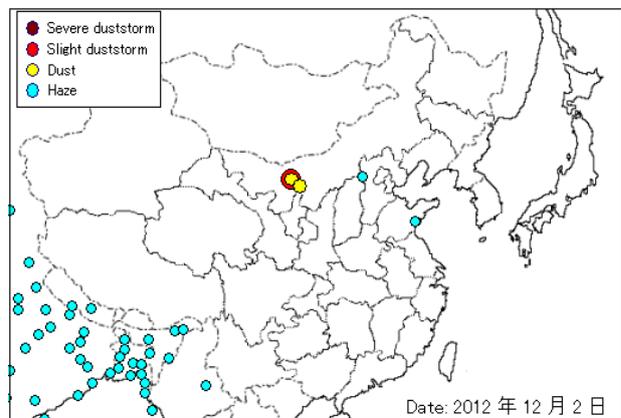


図 3-4-5-4 砂塵嵐発生状況

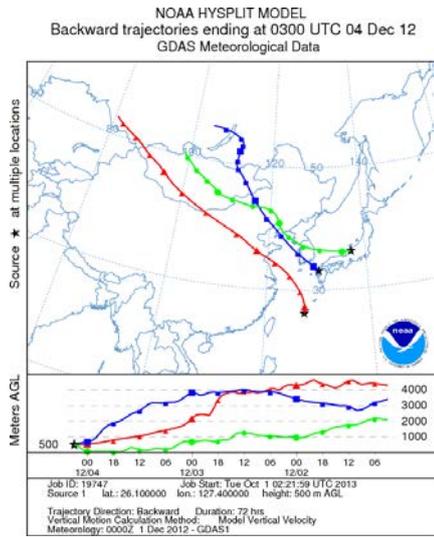
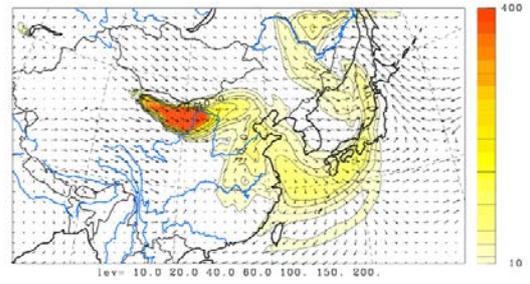


図 3-4-5-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2012/12/04.12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2012/12/04.12:00:00

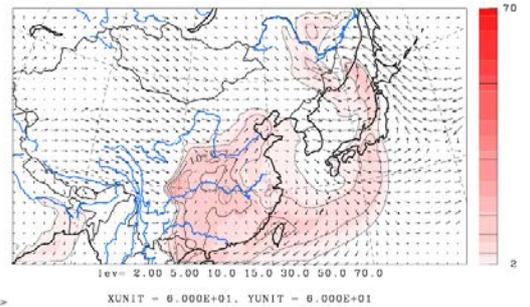


図 3-4-5-6 CFORS 予測結果

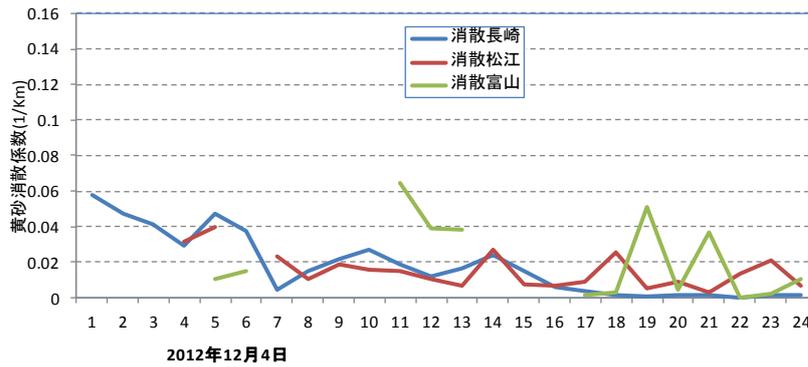


図 3-4-5-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

PM2.5 Date: 2012 年 12 月 4 日平均

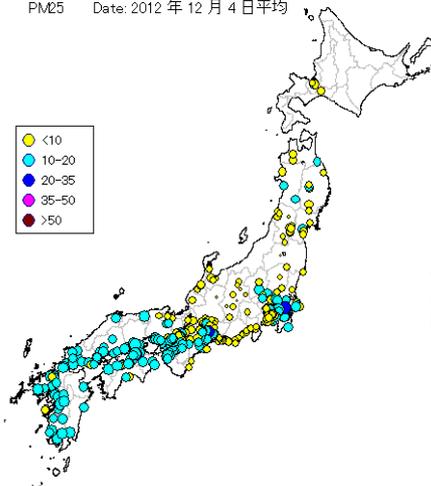


図 3-4-5-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

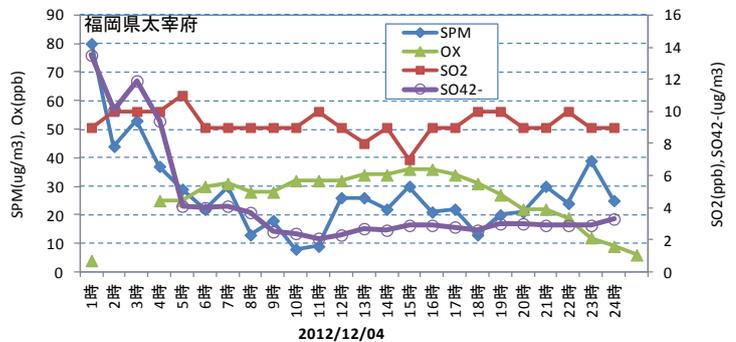


図 3-4-5-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(6)平成 25 (2013) 年 1 月 2 日～3 日

松江と鹿児島でのみ観測された黄砂である。九州では煙霧も観測されている。中国大陸での大きな砂塵嵐はみられないが、後方流跡線はモンゴル上空を通過してきている。硫酸イオン濃度も低く、九州付近にきた小さな単純黄砂と考えられる。

表 3-4-6-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点		黄砂の規模		
				1	2	SPM平均	県数	SPM積算
2013	1	2	2	松江	鹿児島	33	2	66
2013	1	3	1	鹿児島		13	1	13

年	月	日	地点数	煙霧観測地点	
				1	2
2013	1	2	2	福岡	佐賀
2013	1	3	1	南大東島	

黄砂・煙霧観測地点：2013年1月2日

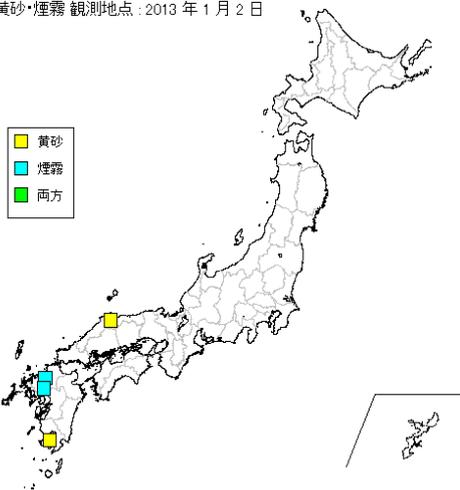
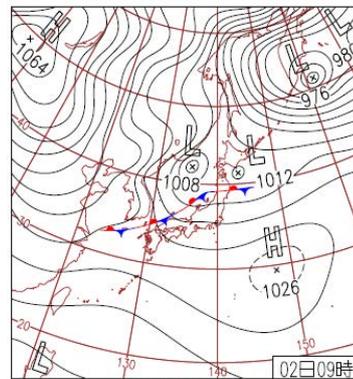


図 3-4-6-1 黄砂・煙霧観測地点



2日(水)太平洋側も強い風  
冬型の気圧配置が強まり、日本海側は雪や雨に加えて暴風も。北海道石狩市浜益で最大瞬間風速37.1m/s。太平洋側も前線の通過に伴う強風。千葉県勝浦で最大瞬間風速25.6m/s。

図 3-4-6-2 天気図

SPM Date: 2013年1月2日 12時

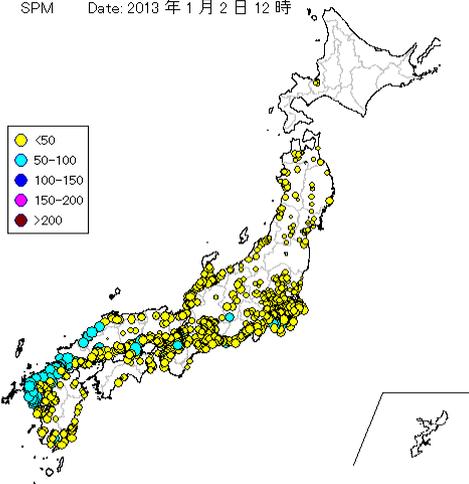


図 3-4-6-3 SPM 濃度全国分布

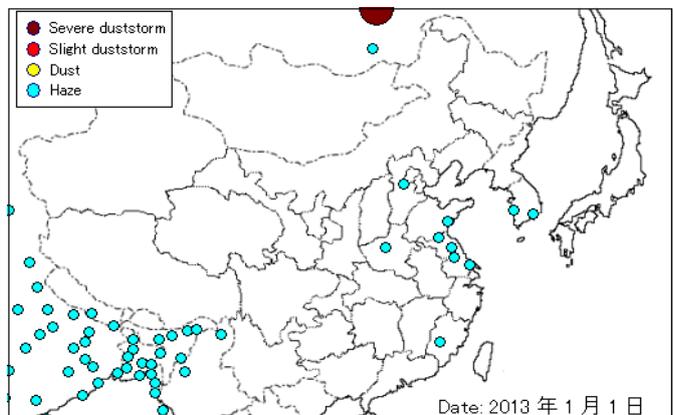


図 3-4-6-4 砂塵嵐発生状況

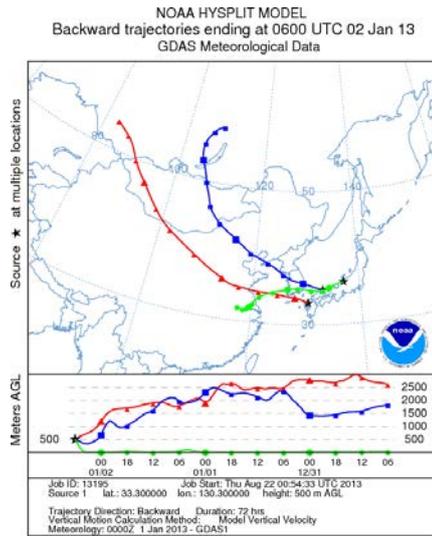


図 3-4-6-5 後方流跡線

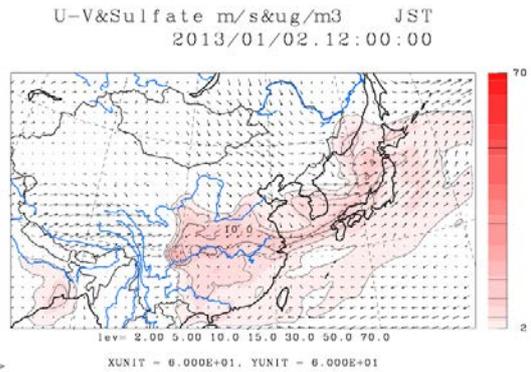
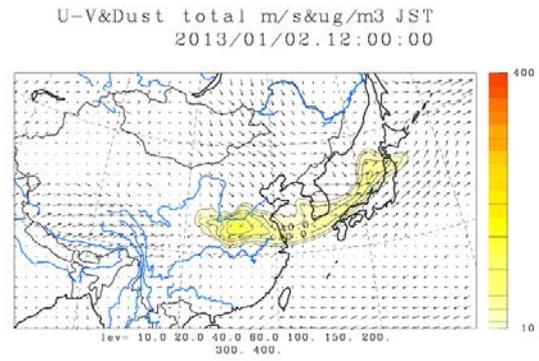


図 3-4-6-6 CFORS 予測結果

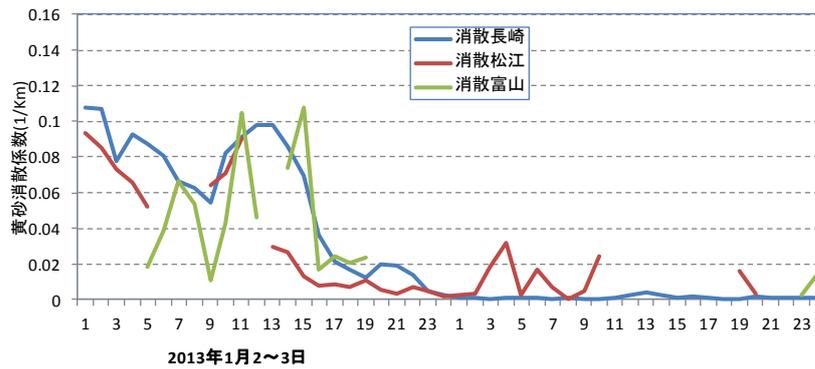


図 3-4-6-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

PM2.5 Date: 2013年1月2日平均

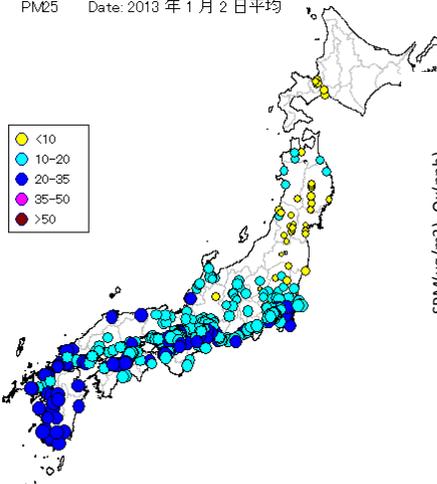


図 3-4-6-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

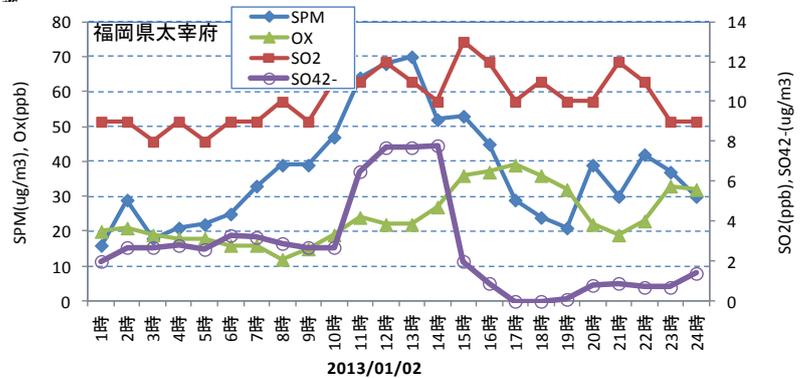


図 3-4-6-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(7)平成 25 (2013) 年 3 月 1 日

モンゴルで砂塵嵐の発生は観測されているが、黄砂の観測は北海道のみである。煙霧が、東北・関東で観測されている。福岡での硫酸イオン濃度は低いが、東北での PM<sub>2.5</sub> 濃度は高くなっている。北日本へ影響を与えた単純黄砂と考えられる。

表 3-4-7-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点	黄砂の規模		
				1	SPM平均	県数	SPM積算
2013	3	1	1	室蘭	9.6	1	9.6

年	月	日	地点数	煙霧観測地点					
				1	2	3	4	5	6
2013	3	1	6	仙台	宇都宮	前橋	熊谷	館野	津

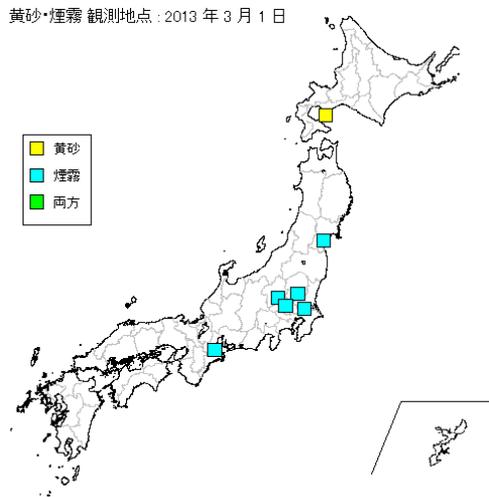
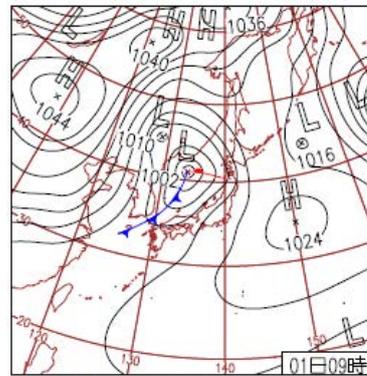


図 3-4-7-1 黄砂・煙霧観測地点



1日(金)各地で春一番  
日本海を低気圧が発達しながら通ったため南風が強まり、九州北部・四国・中国・関東地方で春一番。前線の通過に伴い全国的に雨。東京都大島元町で最大瞬間風速32.2m/s。

図 3-4-7-2 天気図

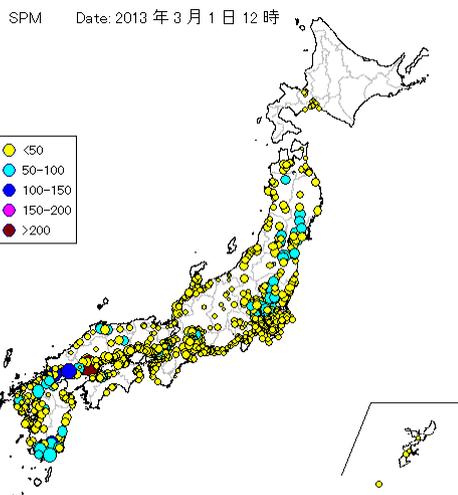


図 3-4-7-3 SPM 濃度全国分布

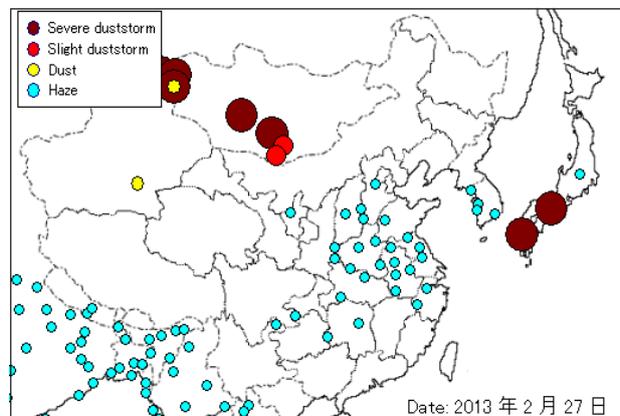


図 3-4-7-4 砂塵嵐発生状況

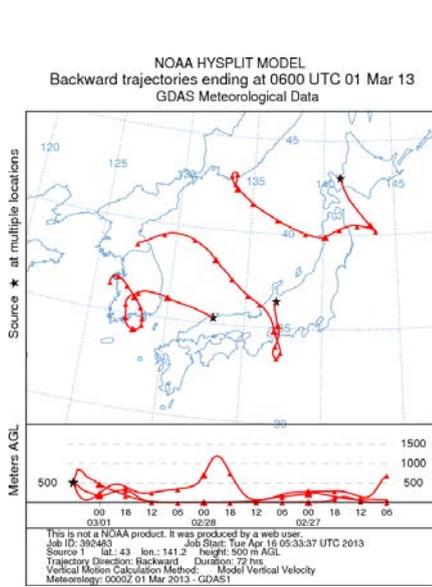
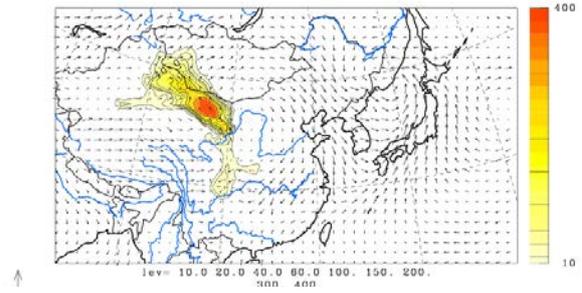


図 3-4-7-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2013/03/01.12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2013/03/01.12:00:00

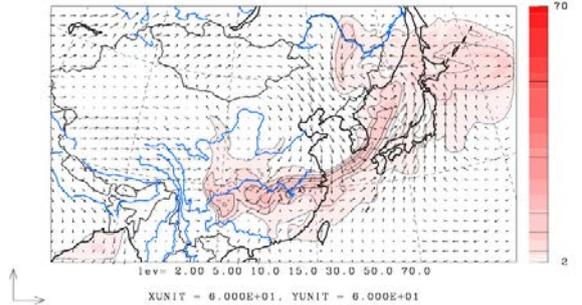


図 3-4-7-6 CFORS 予測結果

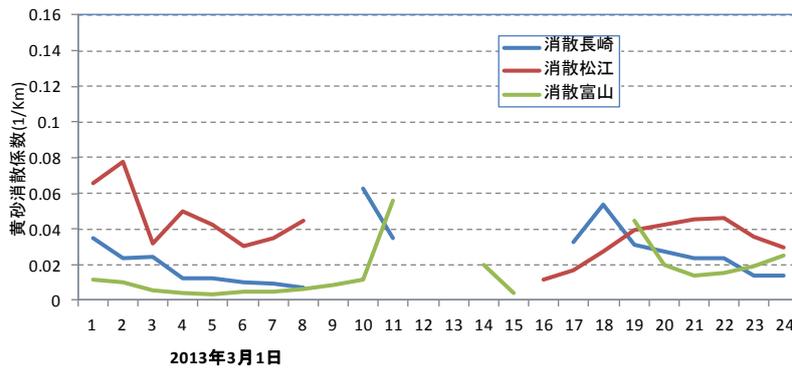


図 3-4-7-7 ライター-黄砂消散係数の経時変化

PM25 Date: 2013年3月1日平均

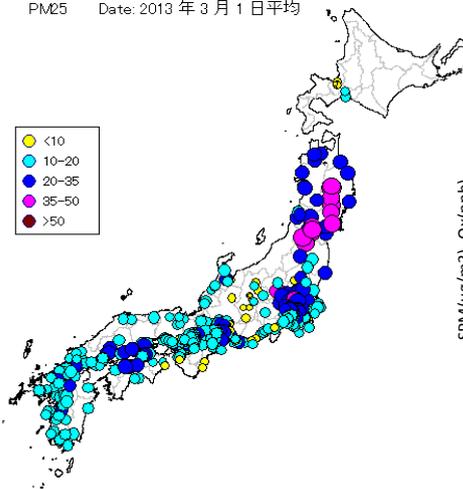


図 3-4-7-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

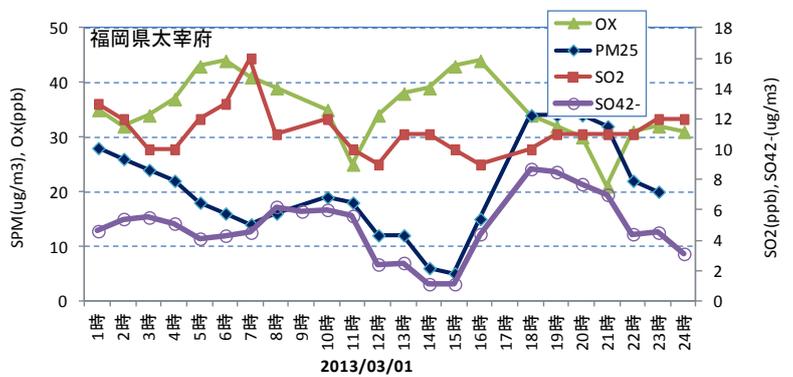


図 3-4-7-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(8)平成 25 (2013) 年 3 月 8 日～11 日

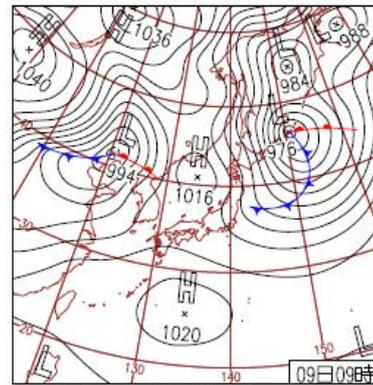
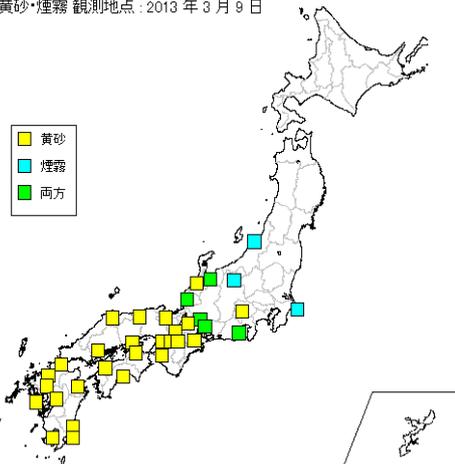
黄砂が 9 日 31 地点、煙霧が 8 日 22 地点と、ともに観測地点が多く規模が大きな黄砂である。モンゴルで砂塵嵐も観測されており、後方流跡線も気流がこの地域を通過してきていることを示している。一方、9 日には後方流跡線も中国沿岸部からのものがみられ、福岡での硫酸イオン濃度も高くなっている。大きな黄砂と沿岸部からの硫酸塩エアロゾルが飛来した混在黄砂と考えられる。

表 3-4-8-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名										黄砂の規模		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SPM平均	県数	SPM積算
2013	3	8	18	松江 長崎	鳥取 熊本	下関 鹿児島	広島 宮崎	岡山 松山	和歌山 高松	奈良 高知	福岡 徳島	佐賀 大分	46	18	828	
2013	3	9	31	金沢 舞鶴 福岡 徳島	富山 京都 佐賀	福井 彦根 大分	岐阜 下関 長崎	名古屋 広島 熊本	甲府 岡山 鹿児島	津 神戸 宮崎	静岡 大阪 松山 高松	松江 和歌山 奈良 高知	鳥取 奈良 高知	57	30	1710
2013	3	10	19	新潟 大阪	金沢 奈良	福井 福岡	岐阜 佐賀	名古屋 大分	津 長崎	静岡 熊本	松江 鹿児島	彦根 宮崎	神戸	33	19	627
2013	3	11	1	名瀬										32	1	32

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	3	8	22	仙台 銚子 宮崎	新潟 津 松山	富山 東京	福井 松江	前橋 彦根	熊谷 下関	水戸 佐賀	岐阜 長崎	名古屋 熊本	館野 鹿児島
2013	3	9	8		新潟 富山	長野	福井	岐阜	名古屋	銚子	静岡		
2013	3	10	5		前橋 水戸	銚子	東京						
2013	3	11	3		鹿児島 石垣島	那覇							

黄砂・煙霧観測地点：2013年3月9日



9日(土)西～東日本で黄砂  
千島近海の低気圧の発達により北日本を中心に強風、北海道えりも岬で最大瞬間風速32.5m/s。西～東日本の広い範囲で黄砂を観測し、松江と佐賀では視程5km。

図 3-4-8-1 黄砂・煙霧観測地点

図 3-4-8-2 天気図

SPM Date: 2013年3月9日 15時

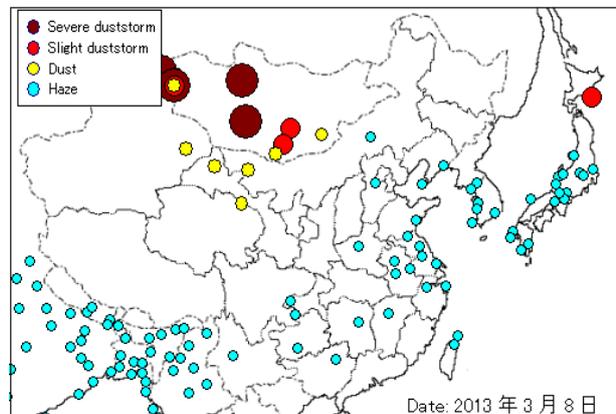
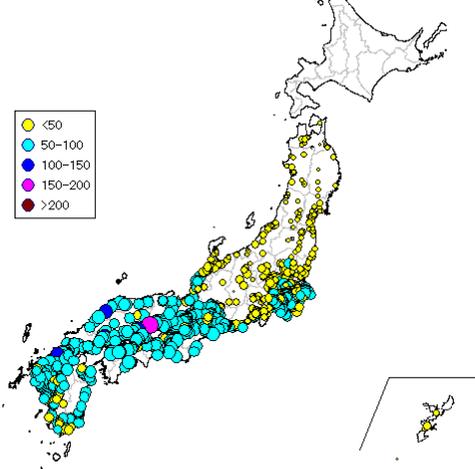


図 3-4-8-3 SPM 濃度全国分布

図 3-4-8-4 砂塵嵐発生状況

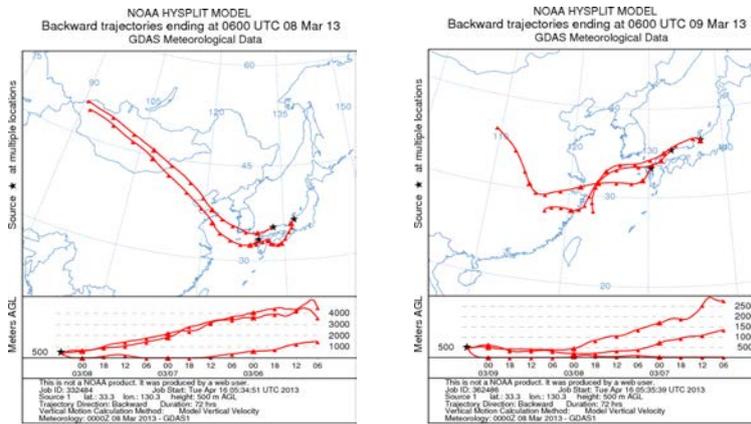


図 3-4-8-5 後方流跡線

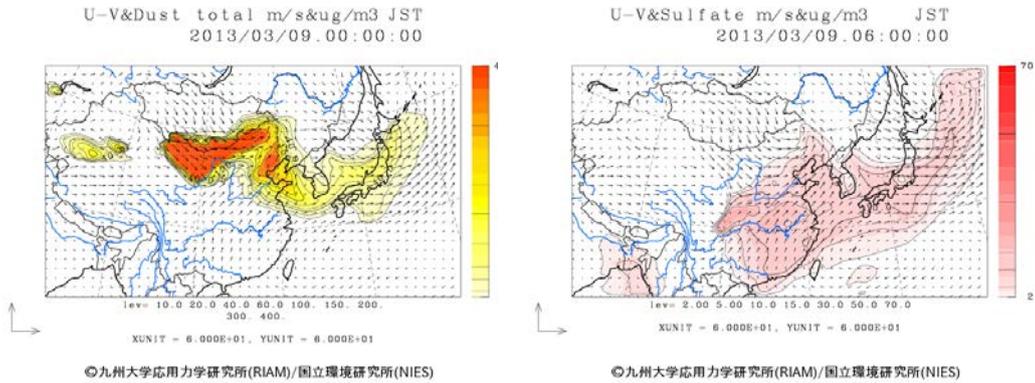


図 3-4-8-6 CFORS 予測結果

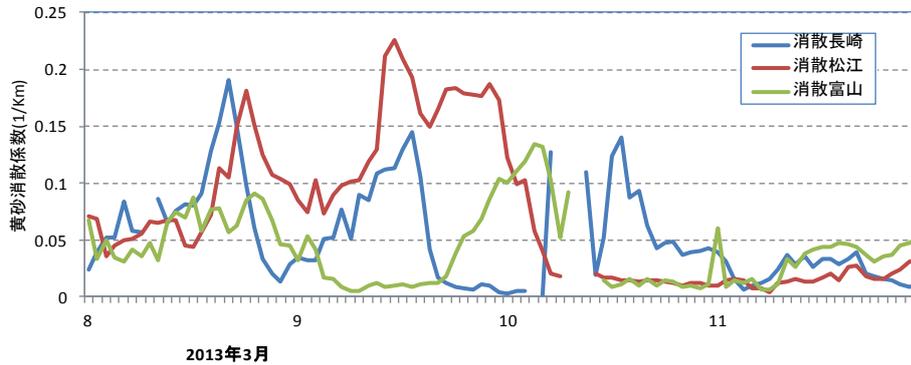


図 3-4-8-7 ライタ - 黄砂消散係数の経時変化

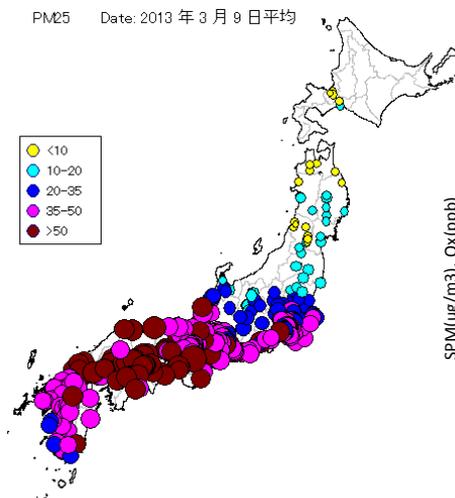


図 3-4-8-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

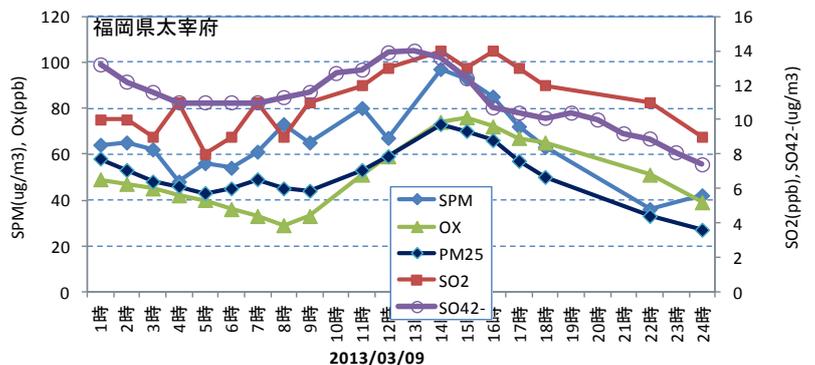


図 3-4-8-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(9)平成 25 (2013) 年 3 月 16 日

黄砂の観測は松江の 1ヶ所のみで、北陸、東北では 5 地点で煙霧が観測されている。モンゴルで小さな砂塵嵐が観測されている。後方流跡線はこの方向からの通過を明確には示していない。福岡での硫酸イオン濃度は高くないが、CFORS での sulfate の予測などから東日本に飛来してきた煙霧が中心と考えられる。

表 3-4-9-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点	黄砂の規模		
				1	SPM平均	県数	SPM積算
2013	3	16	1	松江	27	1	27

年	月	日	地点数	煙霧観測地点				
				1	2	3	4	5
2013	3	16	5	山形	新潟	長野	福井	銚子

黄砂・煙霧 観測地点 : 2013 年 3 月 16 日

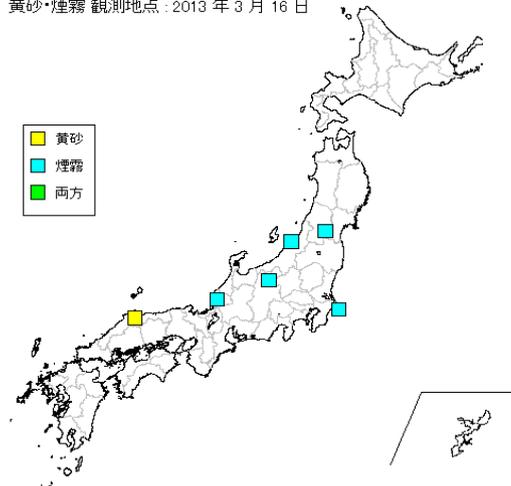
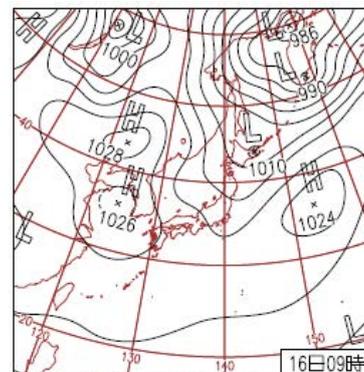


図 3-4-9-1 黄砂・煙霧観測地点



16日(土)東京でサクラ開花

北日本は気圧の谷の影響で曇りや雨、西～東日本は高気圧圏内で概ね晴れ。山形県酒田市飛鳥で最大瞬間風速30.1m/s。東京のサクラ開花は最早記録。長崎市・熊本市でもサクラ開花。

図 3-4-9-2 天気図

SPM Date: 2013 年 3 月 16 日 18 時

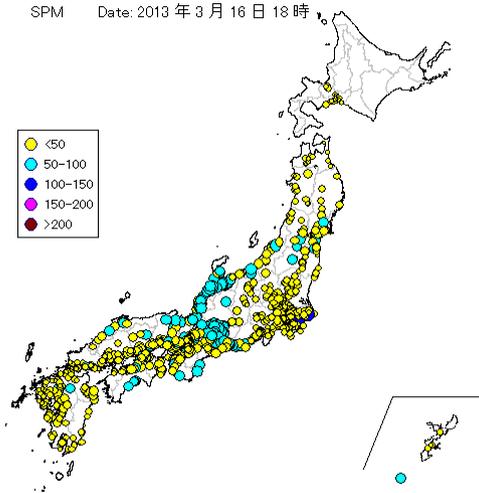


図 3-4-9-3 SPM 濃度全国分布

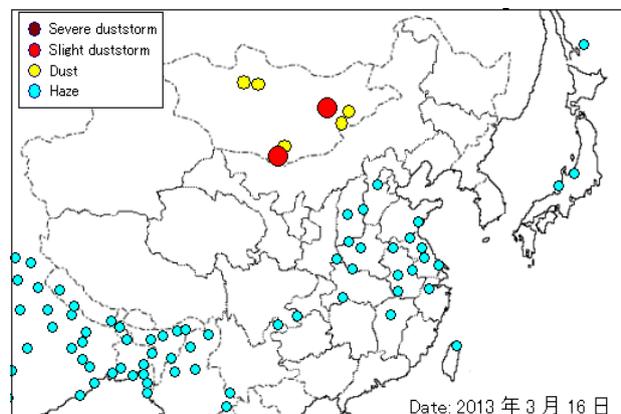


図 3-4-9-4 砂塵嵐発生状況

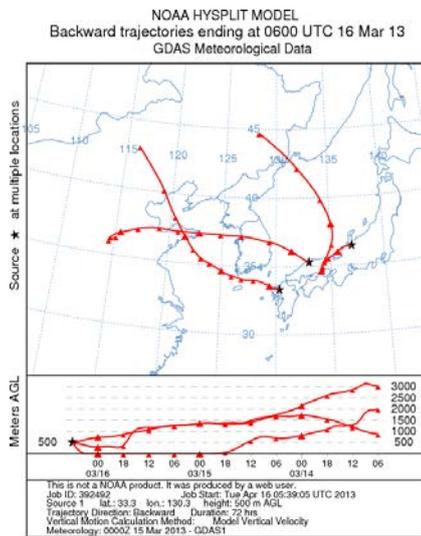
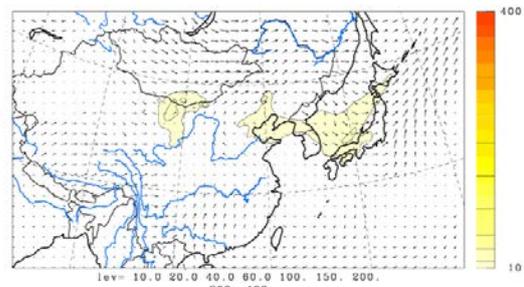
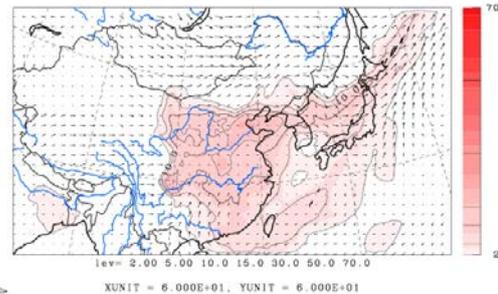


図 3-4-9-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2013/03/16.12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2013/03/16.12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 3-4-9-6 CFORS 予測結果

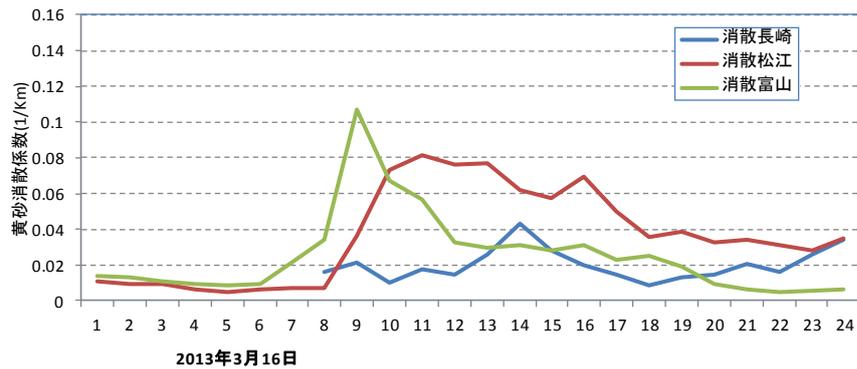


図 3-4-9-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

PM25 Date: 2013 年 3 月 16 日平均

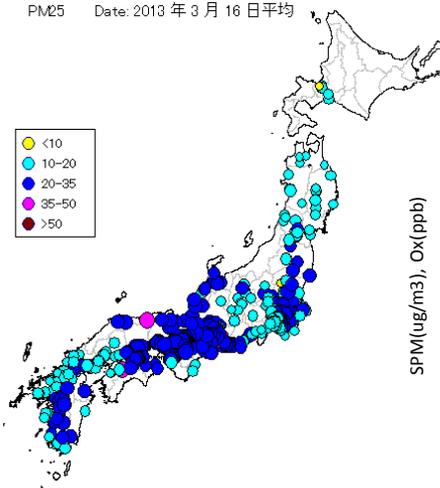


図 3-4-9-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

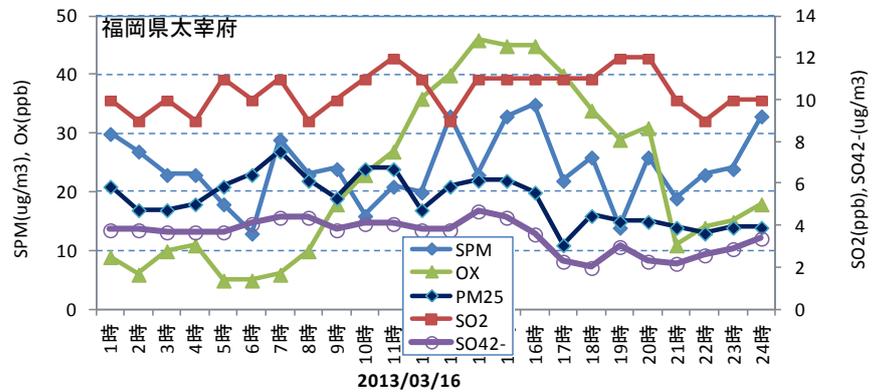


図 3-4-9-9 硫酸イオン濃度(時間値)

(10)平成 25 (2013) 年 3 月 19 日～20 日

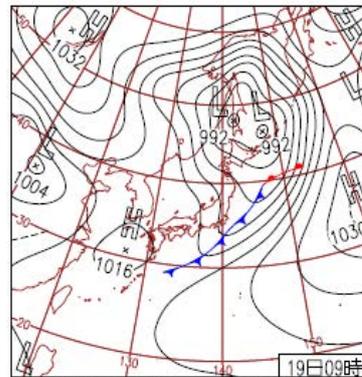
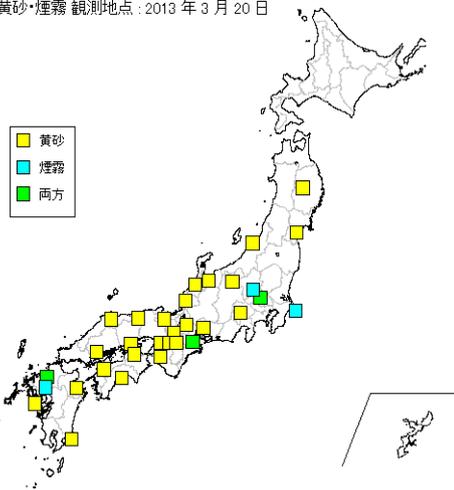
東北までの全国に広がる黄砂であるが、SPM は低く黄砂の影響は小さい。ゴビ砂漠付近で砂塵嵐の発生がみられ、後方流跡線もこの地域からの流れを示している。中国、四国でPM<sub>2.5</sub>濃度が上昇し、福岡での硫酸イオン濃度も15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近くになっている。比較的大きな混在黄砂と考えられる。

表 3-4-10-1 黄砂・煙霧観測

年	月	日	地点数	黄砂観測地点名										黄砂の規模		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SPM平均	県数	SPM積算
2013	3	19	26	新潟	金沢	富山	福井	松江	鳥取	舞鶴	京都	彦根	下関	36	25	900
				広島	岡山	神戸	大阪	和歌山	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本			
				鹿児島	宮崎	松山	高松	高知	徳島							
2013	3	20	29	盛岡	仙台	新潟	金沢	富山	長野	福井	熊谷	名古屋	甲府	39	28	1092
				津	松江	鳥取	舞鶴	京都	彦根	広島	岡山	神戸	大阪			
				和歌山	奈良	福岡	大分	長崎	松山	高松	高知	徳島				

年	月	日	地点数	煙霧観測地点名						
				1	2	3	4	5	6	
2013	3	19	3	長野	下関	長崎				
2013	3	20	6	前橋	熊谷	銚子	津	福岡	佐賀	

黄砂・煙霧観測地点：2013年3月20日



19日(火)東日本で気温上昇顕著  
寒気の影響で曇った北日本日本海側を除き、高気圧に覆われて晴れた所が多く気温が上昇。特に東日本太平洋側の広い範囲で最高気温の3月の1位を更新。西日本と北陸で黄砂。

図 3-4-10-1 黄砂・煙霧観測地点

図 3-4-10-2 天気図

SPM Date: 2013年3月20日 15時

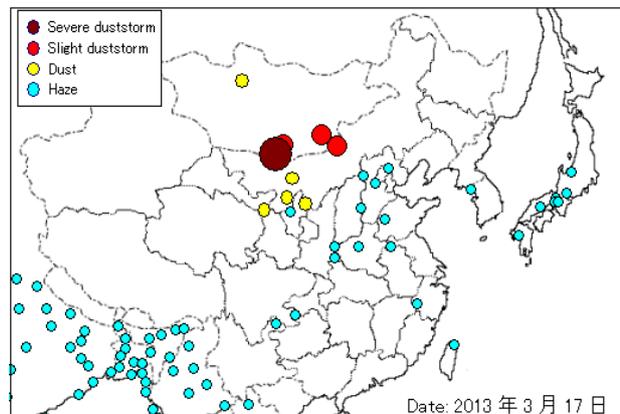
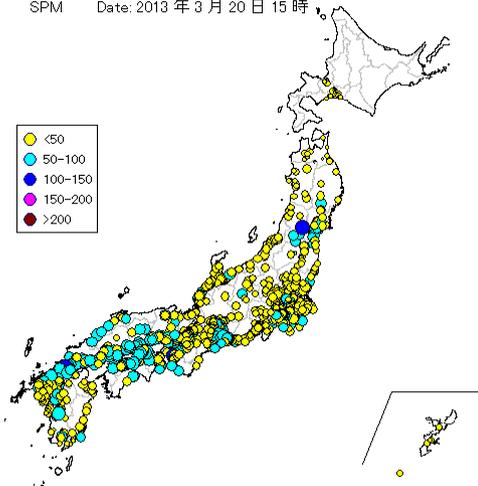


図 3-4-10-3 SPM 濃度全国分布

図 3-4-10-4 砂塵嵐発生状況

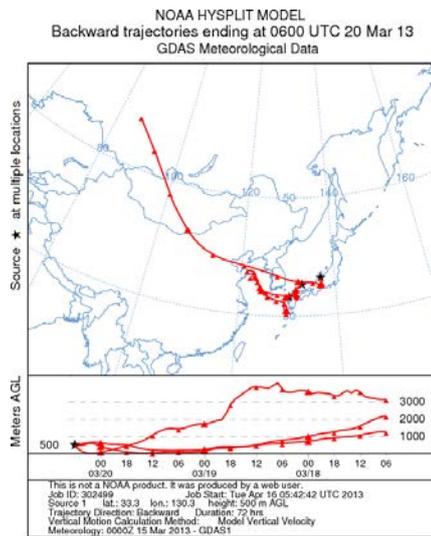
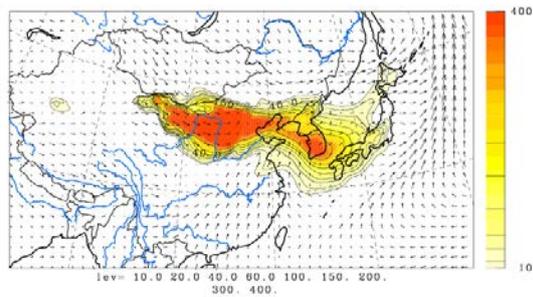
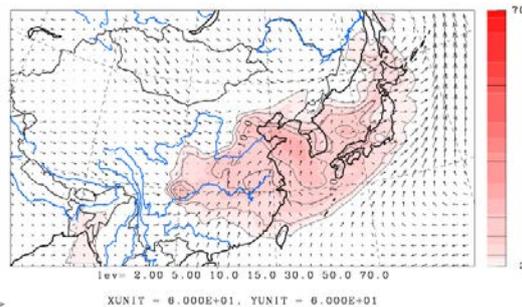


図 3-4-10-5 後方流跡

U-V&Dust total m/s&ug/m3 JST  
2013/03/19.12:00:00



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST  
2013/03/19.12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 3-4-10-6 CFORS 予測結果

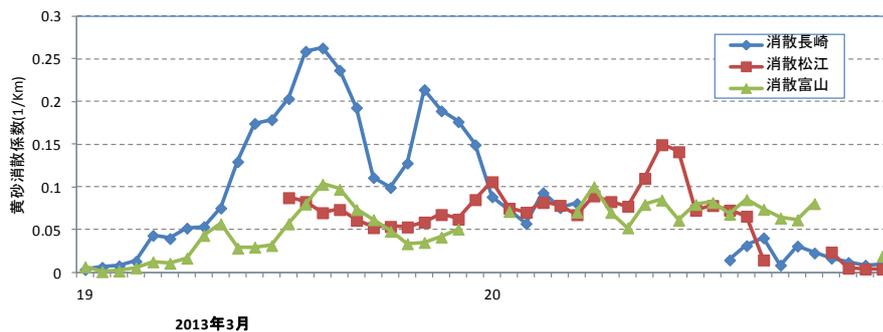


図 3-4-10-7 ライタ<sup>®</sup>-黄砂消散係数の経時変化

PM25 Date: 2013年3月19日平均

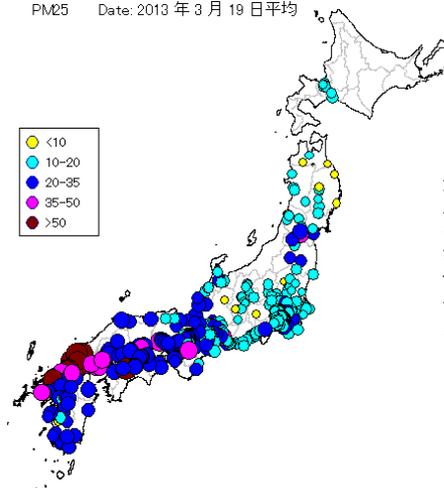


図 3-4-10-8 PM<sub>2.5</sub> 日平均値全国分布

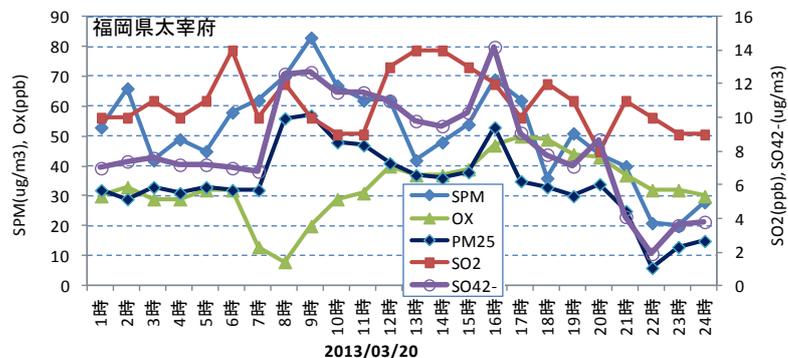


図 3-4-10-9 硫酸イオン濃度(時間値)

各事例の解析からの分類結果は表 3-4-2 の通りである。

平成 24(2012)年度の規模が大きかった黄砂は 4 月 23～25 日、3 月 8～11 日、3 月 19～20 日の 3 回である。いずれも観測地点が 20 地点以上で全国的に広がっているが、SPM 濃度は最高でも 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度でそれほど高濃度にはなっていない。同時に硫酸イオン濃度の上昇もみられており、この 3 つのケースは混在黄砂と考えられる。単純黄砂とした 4 月 1～3 日、12 月 4 日、1 月 2～3 日、3 月 1 日は、いずれも規模の小さなものであった。

表 3-4-2 平成 24(2012)年度の黄砂日の分類

事例番号	通算日数	観測地点			観測地点数	黄砂の規模				分類
		年	月	日		SPM平均	県数	SPM積算	SPM積算合計	
1	1	2012	4	1	3	42	1	42	461	単純黄砂
	2	2012	4	2	1	17	1	17		
	3	2012	4	3	7	24	3	72		
2	4	2012	4	9	11	33	10	330	364	混在黄砂
	5	2012	4	10	1	34	1	34		
3	6	2012	4	23	10	34	10	340	2659	混在黄砂
	7	2012	4	24	22	59	21	1239		
	8	2012	4	25	19	60	18	1080		
4	9	2012	5	16	1	37	1	37	160	混在黄砂
	10	2012	5	17	3	41	3	123		
5	11	2012	12	4	1	35	2	70	70	単純黄砂
6	12	2013	1	2	2	33	2	66	79	単純黄砂
	13	2013	1	3	1	13	1	13		
7	14	2013	3	1	1	9.6	1	9.6	9.6	単純黄砂
8	15	2013	3	8	18	46	18	828	3197	混在黄砂
	16	2013	3	9	31	57	30	1710		
	17	2013	3	10	19	33	19	627		
	18	2013	3	11	1	32	1	32		
9	19	2013	3	16	1	27	1	27	27	混在黄砂
10	20	2013	3	19	26	36	25	900	1992	混在黄砂
	21	2013	3	20	29	39	28	1092		