

7. まとめ

- 平成 15 (2003) 年度から 22 (2010) 年度までの黄砂日観測数は、2003 年度まで年々増加していたが、2008、2009 年度と減少し、2010 年度に再び増加した。この間の観測延べ日数 (地点数×日数) の経月変化では 3~5 月の飛来が顕著であった。地域別の黄砂日数では、九州、山陰が上位を占めていた。黄砂日の SPM 濃度は、2008 年から 2010 年の 3 年間では、2009 年に低い傾向がみられたが 2010 年には西日本で高くなっていた。黄砂飛来日の黄砂の規模を、観測された都道府県での SPM 平均濃度に観測地点都道府県数を乗じて算出すると、1000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \times \text{都道府県数}$) 以上の大きな黄砂は、2003 年度から 2010 年度で 14% (全黄砂日数に占める割合) を占めていた。
- 平成 20 (2008) 年度~平成 22 (2010) 年度における黄砂飛来時の成分分析調査結果において、アルミニウム (Al) は、黄砂の影響が見られる試料では (黄砂が観測されかつ TSP が $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上とした) $3.7 \sim 7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあり、平均は $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (組成 4.6%) であった。これは、黄砂の影響がみられない件体の平均 $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (組成 2.5%) と比べると大きな値となっていた。粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以下 (微小粒子 ($\text{PM}_{2.5}$)) 中のイオン成分分析結果では、黄砂の影響が見られる試料において、硫酸イオン濃度は、 $3.0 \sim 7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で平均 $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっていた。農薬の分析結果は、各物質とも大気管理参考濃度よりもかなり低い値であった。検出された農薬は日本でも使用されており、大陸からの飛来の影響を明確に確認することはできなかった。
- 黄砂を多角的に把握するため、気圧配置、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、硫酸イオン濃度時間値、 $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$ 比などを集約した。これらのデータをもとに各黄砂事例の特徴を明らかにし、単純黄砂、硫酸塩エアロゾル、混在黄砂の大きく 3 つのパターンに分類することを試みた。黄砂飛来の把握には、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、小さな $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$ 比などがその判断として有効と思われた。また、硫酸塩エアロゾルを主体とする煙霧の飛来については、硫酸イオン濃度の上昇、中国沿岸部からの方向を示す後方流跡線、大きな $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$ 比などをもとに判断した。
- 2008~2010 年度の 3 年間の黄砂日など合計 30 事例について、単純黄砂、硫酸塩エアロゾル、混在黄砂の 3 つに分類を行った。その中で、特徴がある程度明確であった単純黄砂 4 事例、混在黄砂 8 事例、硫酸塩エアロゾル 3 事例を抽出した。混在黄砂については、硫酸塩エアロゾルが黄砂と同時に飛来しているケース、硫酸塩エアロゾルが先に飛来しその後黄砂が来るケース、更に、南に硫酸塩エアロゾル北に黄砂と地域で分離されるケースに分かれるような特徴がみられた。
- 気象台の黄砂の観測は主に目視によって行われているが、黄砂飛来の判定方法として、ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の時間変動から、黄砂を検出する方法について検討した。気象台黄砂日でのライダー消散係数と SPM 濃度の相関係数などを参考に、相関係数 (0.6 以上)、SPM 濃度 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上) などの条件を設定した。それをもとに、3 年間の黄砂飛来の可能性がある日を抽出した。抽出された日で気象台黄砂日でない 28 日について、黄砂飛来の可能性を、天気図、後方流跡線などのデータをもとに検証したところ、概ね黄砂の飛来を確認できた。気象台の黄砂日でなく検出された黄砂は、夜間に飛来していることが多く全体的な黄砂飛来把握の方法として有効と思われる。

8. 今後の課題

- 黄砂の飛来は気象条件や発生源の状況によって大きくその態様が異なるため、特徴や影響を把握することが難しい。本報告書においては、単純黄砂・硫酸塩エアロゾル・混在黄砂の3つに分けて3年間の黄砂事例の分類を試みた。今後、影響把握や対策検討など目的に応じた分類の種類、方法について更に考察を進める必要がある。
- 汚染物質の大陸からの飛来を検証する際に、硫酸イオン濃度はその生成過程からも重要な指標になると考えられる。汚染物質を含む混在黄砂の把握には、国内複数点での高い時間分解能の硫酸イオン濃度データの取得が有効と思われる。
- 汚染物質飛来の明確な指標となる物質（例えばPAH等）を特定し、調査・検証し、汚染物質の飛来状況についての的確な把握をすることが必要である。
- 現在、日本・中国・韓国でのモニタリング・予測などの共同研究が進行しているが、これらの研究の更なる進展により、発生源対策や国内での影響の未然防止への寄与が期待される。

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」2009：黄砂実態解明調査報告書
3. 「環境省」2010：黄砂飛来状況報告書
4. 「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/>
5. 「環境省」HP（POPs モニタリング結果）, : <http://www.env.go.jp/chemi/pops/index.html>
6. 「気象庁」HP（日々の天気図）, : <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
7. 「気象庁」HP（過去の気象データ）, : <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
8. 「国立環境研究所」HP（ライダー（レーザーライダー））, : <http://www-lidar.nies.go.jp/>
9. 「国立環境研究所」HP（東アジア域の黄砂・大気汚染物質分布予測（CFORS））
<http://www-cfors.nies.go.jp/~cfors/index-j.html>
10. 「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>
11. 早崎将光, 菅田誠治, 大原利真, 若松伸司, 宮下七重, 2007：1992-2004 年度のSPM 環境基準達成率に対する黄砂現象の影響, 大気環境学会誌, 42(3), 188-199.
12. 溝口俊明, 川崎清人, 清水厚, 佐竹洋：富山県における乾性沈着調査とライダーを用いた高SPM 時の解析, 大気環境学会誌, 44 (3) 155-165 (2009)
13. 西川雅高, 溝口次夫, 笹野泰弘, 金森悟, 金森暢子：黄砂エアロゾルの降下量分布—一般大気測定局の利用—, 天気, 38 (4) 204-228 (1991)
14. 全浩, 松本光弘, 溝口次夫： β 線吸収法による浮遊粒子状物質の解析から黄砂飛来の評価, エアロゾル研究, 10 (1) 41-50 (1995)
15. 的場澄人, 森育子, 早狩進, 西川雅高：SPM を利用した黄砂検出の新たな試み, エアロゾル研究, 20, (3) 225-230 (2005)
16. 岩本真二, 大石興弘, 田上四郎, 力寿雄, 山本重一：福岡県における光化学オキシダントの高濃度要因の分類, 大気環境学会誌, 43 (3) 173-179 (2008)
17. 板橋秀一, 弓本桂也, 鶴野伊津志, 大原利真, 黒川純一, 清水厚, 山本重一, 大石興弘, 岩本真二：2007 年春季に発生した東アジア域スケールの広域的越境汚染の化学輸送モデル CMAQ による解析, 大気環境学会誌, 44(4) 175-185 (2009)
18. 早崎将光：近年の黄砂・汚染気体の混合状況—常時監視局SPM・SO₂データによる区分—, 第51回大気環境学会講演要旨集, 74-77 (2010)
19. 清水厚, 松井一郎, 杉本伸夫：日本国内における黄砂重量濃度とライダー観測による黄砂消散係数との関係, 日本気象学会 2009 年秋季大会要旨集, P351, 2009
20. 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, Vol17A, 1-4 , 2011
21. 岩本真二：越境汚染—東アジア大気汚染の実態と今後の課題, 資源環境対策, 47 (13) 32-39 (2011)