

長野市における大気中微小粒子状物質の高濃度事例

中込和徳¹・花岡良信¹・細井要一¹

2009～2012年度の長野市における大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）の常時監視データをもとに、日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える高濃度事例を抽出し、その発生状況や要因について検討した。高濃度事例は4年間で15事例抽出され、そのうち3事例は高濃度日が2日連続して観測された。7～9月の夏季には高濃度事例が見られず、他の季節と比較して高濃度日が発生しにくい傾向がうかがわれた。発生要因としては、黄砂の影響が示唆された事例が春を中心に7例、地域内発生源の影響が主な要因と考えられた事例が秋から冬にかけて2例あった。全体としては、15事例中11例で黄砂を含めた大陸からの越境大気汚染の影響がみられ、うち9例で中国都市部の影響が示唆された。

キーワード：長野市、微小粒子状物質、高濃度事例、黄砂、越境大気汚染、地域内発生源

1. はじめに

大気中の微小粒子状物質（PM_{2.5}）については、健康への影響が懸念されるため、2009年9月に環境基準が制定された。この基準は長期基準（1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）と短期基準（1年間の日平均値の低い方から98%に当たる値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下）の2つからなり、両方の基準を達成した場合に環境基準達成と評価される。2011年度の全国における環境基準達成状況¹⁾によると、環境基準達成局の割合は一般局で27.6%、自排局で29.4%と低い状況であった。この基準達成状況をより詳細に見ると、短期基準を達成した測定局のほぼ全てが長期基準も達成しており、長期基準に比べ短期基準の達成がより難しい傾向にあった。本県の2011年度の結果においては、一般局及び自排局の全局で環境基準を達成したものの、特に短期基準については、今後、基準を超過する恐れの高い状況であり²⁾、短期基準に係る高濃度日の発生日数の低減など、効果的な削減対策の検討が急務となっている。

そのためには、PM_{2.5}高濃度日の発生要因解明が重要な課題の一つであると考えられ、近年、多くの取り組みがなされている^{3)~7)}。これらの研究においては、大気常時監視データ、気象観測データ及び後方流跡線等の解析により、その発生原因を推定し、

黄砂を含む大陸からの越境汚染の影響が大きいことが示唆されている。そこで本研究では長野市におけるPM_{2.5}高濃度事例について、既往研究と同様に、大気常時監視データ、気象観測データ及び後方流跡線を用いて、その発生要因について検討した。

2. 調査方法

解析に用いた大気常時監視データの測定地点及び気象台の位置を図1に示した。環境保全研究所局（環保研局）は、長野市内の一般環境大気測定局の一つであり、PM_{2.5}等の大気汚染物質に加えて、風向風速等の気象項目の測定を行っている。大峰山測定点は環保研局の北約5km、標高822mに位置し、気温等の気象項目の測定を行っている。解析に用いた測定項目及び測定方法の概要を表1に示した。逆転層形成状況の指標である気温減率は、環保研局と大峰山測定点の気温差を、両地点の標高差（約460m）で除して求めた。解析対象期間は、環保研局においてPM_{2.5}の常時監視が開始された2009年度から2012年度までの4年間とした。

気象観測データについては気象庁による日々の天気図⁸⁾及び黄砂観測地点の図表⁹⁾を用いた。後方流跡線については、国立環境研究所地球環境研究センターによる気象データの解析及び表示のオンライン

1 長野県環境保全研究所 大気環境部 〒380-0944 長野市安茂里米村1978
(現：長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村1978)

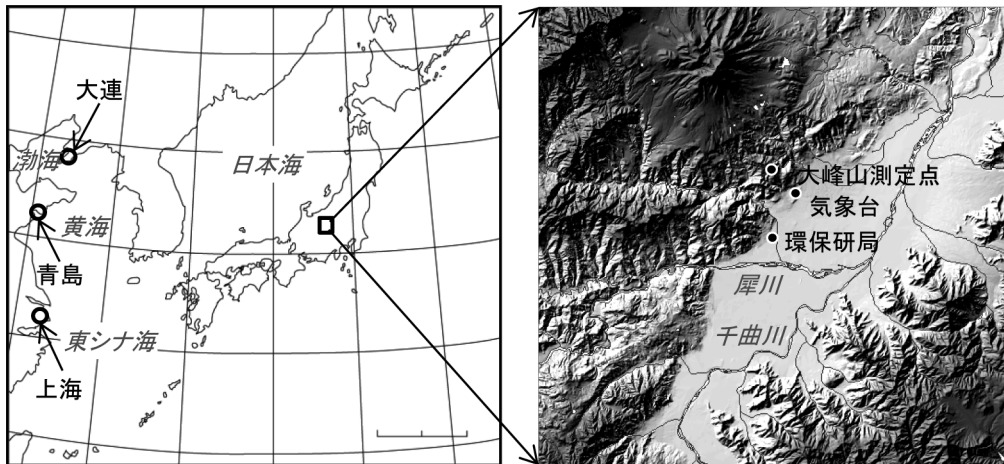


図1 測定地点（国土地理院 色別標高図及び小縮尺図(1000000)を使用）

表1 各測定地点における解析に用いた測定項目と測定方法

測定地点	測定項目	測定方法
環保研局	微小粒子状物質	光散乱法とβ線吸収法のハイブリッド方式
	浮遊粒子状物質	β線吸収法
	一酸化窒素, 二酸化窒素	ザルツマン試薬による吸光度法
	非メタン炭化水素	水素炎イオン化検出式ガスクロマトグラフ法
	光化学オキシダント	紫外線吸収法
	二酸化硫黄	溶液導電率法
	風速	風車-磁気パルス式
	全天日射量	熱電対式エプリー日射量計
	気温	白金抵抗式隔測温度計
	大峰山測定点	気温

システム (CGER METEX) を利用し, 環保研局 (東経 138.18°, 北緯 36.64°, 標高 360m) の上空 1000m において, 高濃度の PM_{2.5} が観測された時刻を基点とし, 三次元法により 72 時間計算した。

3. 結果および考察

3.1 高濃度事例の抽出及び発生状況

解析対象期間のうち, PM_{2.5} 濃度の日平均値が環境基準値である 35μg/m³ を超えた日を PM_{2.5} 高濃度日として, 4 年間で 18 日抽出した. このうち PM_{2.5} 高濃度日が 2 日連続して観測された 3 例 (事例 9, 10, 14) については, その期間を 1 事例とし, 合計 15 事例を抽出した. 抽出した事例の一覧を大気常時監視データ, 気象観測データ, 後方流跡線解析結果,

及び発生要因の推定結果とともに表 2 に示した.

図 2 に, 春 (4~6 月), 夏 (7~9 月), 秋 (10~12 月) 及び冬 (1~3 月) の各季節における高濃度日発生頻度を示した. 春については約 2 日/年, 秋及び冬については, とともに約 1 日/年ずつ高濃度日の発生が認められたが, 夏については高濃度日の発生が見られず, 他の季節と比較して PM_{2.5} 高濃度日が発生しにくい傾向がうかがわれた.

3.2 高濃度事例の発生要因

3.2.1 黄砂の影響事例

表 2 に示した PM_{2.5} 高濃度事例のうち, 事例 7, 11 及び 12 については, 長野市 (長野地方気象台) を含む広い範囲で黄砂が観測されたことから, これらの事例における PM_{2.5} 高濃度化の主な要因は, 黄砂

表 2 長野市における 2009 年度から 2012 年度の PM_{2.5} 高濃度事例

事例通番	大気常時監視データ(日平均値)													気象観測データ			発生要因							
	年	月	日	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SPM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} /SPM	NO (ppb)	NO ₂ (ppb)	NMHC (ppbC)	Ox (ppb)	SO ₂ (ppb)	風速 (m/s)	全天日射量 (kWh/m^2)	気温 減率 ($^{\circ}\text{C}$) /100m)	黄砂観測 ^{*1}	天気概況	最低視程 (km)	後方流跡線	黄砂地域内	国内都市部	中国都市部	判定		
1	2009	4	7	39	38	1.02	2	6	42	5	2.3	0.28	0.42	無し	高低気圧の通過。晴れて気温上昇。	7	渤海周辺の中国都市部から、朝鮮半島及び日本海を經由。				中国	○	中国	
2	2009	6	28	36	40	0.92	1	3	180	57	4	2.8	0.22	0.80	無し	本州南海上に中心を持つ高気圧に覆われ、晴れて気温高い。	8	九州南部から中京都市部を通過。			○	国内	○	国内
3	2009	10	31	36	31	1.18	1	4	170	36	4	3.2	0.16	0.55	無し	高低気圧の通過。晴れて気温上昇。	10	朝鮮半島南部から日本海を經由し、中京都市部を通過。			○	中国	○	中国
4	2010	1	12	43	50	0.87	40	31	300	5	0.7	0.03	0.15	無し	日本海海上に中心を持つ低気圧の下。日照無く風弱く気温低い。	5	中国東北部より日本海を經由。		○				地域内	
5	2010	2	24	37	35	1.05	6	16	190	30	7	1.3	0.19	0.18	無し	高低気圧の通過。晴れて気温上昇。	6	渤海周辺の中国都市部から、朝鮮半島及び日本海を經由。			○	中国	○	中国
6	2010	3	20	37	38	0.98	3	7	130	46	6	2.6	0.23	0.36	全国	移動性高気圧後縁に於いて、南西風流入し気温高い。等圧線は比較的密。	8	上海付近から国内を經由。	△		○	○	○	黄砂等
7	2010	5	5	43	53	0.81	1	4	140	55	10	1.9	0.28	0.42	長野	移動性高気圧の後縁に覆われ、晴れて気温高い。	12	東シナ海海上から朝鮮半島及び日本海を經由。			○			黄砂
8	2010	5	21	39	42	0.93	2	4	120	60	7	2.8	0.33	0.69	全国	高低気圧の通過。晴れて気温上昇。	12	砂漠地帯から渤海周辺の中国都市部及び日本海を經由。	△		○	○	○	黄砂等
9	2010	11	13	39	52	0.76	4	8	170	19	3	1.8	0.08	0.29	全国	高低気圧の通過。気温上昇。	6	砂漠地帯から渤海周辺の中国都市部、朝鮮半島及び日本海を經由。	△		○	○	○	黄砂等
10	2011	2	5	41	53	0.79	5	22	200	34	5	1.9	0.14	0.39	無し	高低気圧の通過。晴れて気温上昇。	5	渤海周辺の中国都市部から、朝鮮半島及び日本海を經由。			○	中国	○	中国
11	2011	5	2	45	84	0.53	0	2	60	51	4	4.2	0.24	0.83	長野	低気圧の接近に伴う、南西風により気温上昇。	10	朝鮮半島から中国東北部及び日本海を經由。	○					黄砂
12	2011	5	13	36	61	0.59	1	5	130	39	5	3.3	0.28	0.67	長野	低気圧の通過後、北西風の配下。晴れ。	10	砂漠地帯から、渤海周辺の中国都市部、朝鮮半島及び日本海を經由。	○		○	○	○	黄砂
13	2011	6	5	37	50	0.74	0	3	130	49	6	2.0	0.19	0.85	無し	太平洋上に中心を持つ高気圧の後縁。寒気が通過し雨等。	6	国内都市部を通過。			○	○	○	国内
14	2011	11	28	38	47	0.80	39	25	400	5	4	0.8	0.05	-0.36	無し	移動性高気圧の後縁に覆われ気温高め。日射及び風が弱い。	7	黄海海上から日本海を經由。		○				地域内
15	2012	5	17	41	52	0.78	1	4	120	56	5	1.9	0.18	0.52	全国	低気圧の通過後、等圧線の間隔ゆるく、風弱め。大気不安定。	7	渤海周辺の中国都市部から、朝鮮半島及び西日本都市部を經由。	△		○	○	○	黄砂等

*1 長野：長野地方気象台で黄砂を観測した事例、全国：長野地方気象台では黄砂を観測しなかったが、全国的には複数地点で黄砂が観測された事例

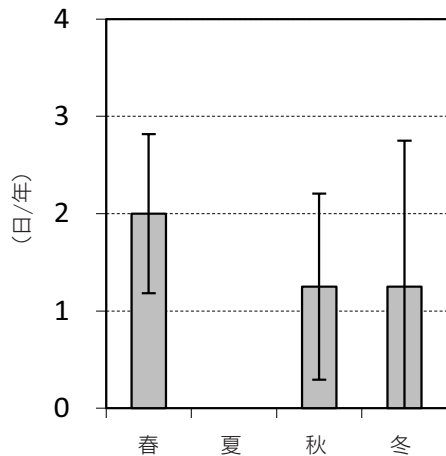


図2 高濃度日発生回数の季節変化
図中の誤差範囲は4年間の標準偏差を表す。

であったと考えられた。このうち事例 12 では、後方流跡線が渤海周辺の中国都市部を通過しており、その影響も示唆された。PM_{2.5}と浮遊粒子状物質 (SPM) の比は、事例 11 及び 12 で、0.6 未満の低い値を示し、日下部ら³⁾が黄砂の影響事例の特徴として報告している値 (約 0.5) と概ね一致した。

一方、事例 6,8,9 及び 15 については、長野市 (長野地方气象台) では黄砂が観測されなかったが、全国的に見ると、複数の地点で黄砂が観測されたことから、これらの事例における PM_{2.5} 高濃度化の要因の一つとして、黄砂が寄与していた可能性があると考えられた。これらの事例における後方流跡線は、何れも上海又は渤海周辺の中国都市部を通過するとともに、事例 6 及び 15 では国内都市部 (中京を含む西日本) も通過しており、それらの影響も示唆された。

これら黄砂の影響が示唆される 7 事例については、そのうちの 5 事例が春季 (5 月) に発生していた。また、気象概況の特徴としては、高・低気圧の通過とともに、晴れて気温が上昇する傾向が見られた。

3.2.2 地域内発生源の影響事例

表 2 に示した PM_{2.5} 高濃度事例のうち、事例 4 及び 14 については、一酸化窒素 (NO)、二酸化窒素 (NO₂) 及び非メタン炭化水素 (NMHC) の濃度が、他の事例と比較して高く、逆に光化学オキシダント (O_x) の濃度が低い特徴が見られた。これらの事例は何れも秋から冬にかけて発生しており、両事例における気温減率を見ると、事例 4 では 0.15°C/100m と、中緯度における湿潤断熱減率の代表的な値である 0.5°C/100m¹⁰⁾ より小さく、また事例 14 では -0.3°C/100m 前後と、逆転層の形成が認められ、ともに大

気が安定な状況であった。更に、風速が 1m/s 未満、全日日射量も 0.1kW/m² 以下と小さかったことから、両事例においては、大気が非常に安定した気象状況であったために、地域内で発生した窒素酸化物 (NO_x) 等の大気汚染物質濃度が地表付近で高濃度化したものと考えられた。

3.2.3 その他の事例

表 2 に示した PM_{2.5} 高濃度事例のうち、上述の 9 事例を除く 6 事例については、後方流跡線解析結果から、中国都市部の影響が示唆された事例が 3 例 (事例 1, 5, 10)、国内都市部の影響が示唆された事例が 2 例 (事例 2, 13)、中国と国内の両方の影響が示唆された事例が 1 例 (事例 3) であった。これらの事例における気象概況の特徴としては、3.2.1 節の黄砂の影響事例同様、高・低気圧の通過とともに、晴れて気温が上昇する傾向が見られた。

4. まとめ

長野市における 2009~2012 年度の PM_{2.5} 常時監視データをもとに、高濃度事例の発生状況や要因について検討し、以下の結果を得た。

- (1) 高濃度事例は 4 年間で 15 事例抽出され、うち 3 事例は高濃度日が 2 日連続して観測された。
- (2) 夏は高濃度事例が見られず、他の季節と比較して高濃度日が発生しにくい傾向がうかがわれた。
- (3) 黄砂の影響事例は春を中心に 7 例あり、うち 5 例で中国都市部の影響が示唆された。
- (4) 地域内発生源の影響事例が秋~冬に 2 例あった。
- (5) 全体として、15 事例中 11 例 (約 7 割) で黄砂を含めた大陸からの越境大気汚染の影響がみられ、うち 9 例で中国都市部の影響が示唆された。

今後は、上述のように PM_{2.5} 濃度が高濃度化した際に、その成分組成の調査を行い、各発生源の寄与割合を解明し、その効果的な低減対策に結びつけて行く必要があると考えられた。

謝 辞

環境保全研究所局における PM_{2.5} 常時監視データについては、環境省の平成 20 年度微小粒子状物質 (PM_{2.5}) モニタリング試行事業により設置した機器のデータを使用させていただきました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- 1) 環境省, 大気汚染状況について :
<http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>
(2013 年 11 月確認).
- 2) 長野県環境部水大気環境課, 平成 23 年度大気汚染等測定結果 (平成 24 年 10 月).
- 3) 日下部正和・平岡誠・宇都宮彬・岩本眞二 (2011) 福岡市における PM_{2.5} 高濃度事例に対する原因推定の検討, 日本環境衛生センター所報, 38:91-98.
- 4) 高倉尚枝・谷口延子・平澤幸代・日置 正・藤波直人 (2012) 京都府における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 質量濃度, 京都府保健環境研究所年報, 57:76-85.
- 5) 辻 昭博・日置 正 (2012) 2010 年 12 月 3 日における黄砂現象の 1 時間毎の化学特性解析, 京都府保健環境研究所年報, 57:86-93.
- 6) 山田克則・泉 宏導・松永浩美・谷口佳文 (2010) 福井県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の挙動 (第 1 報) - 自動測定機による平成 22 年度測定結果の解析 -, 福井県衛生環境研究センター年報, 9:64-68.
- 7) 泉 宏導・酒井忠彰・谷口佳文・山田克則 (2011) 福井県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の挙動 (第 2 報) - 平成 22~23 年度の調査結果から -, 福井県衛生環境研究センター年報, 10:112-115.
- 8) 気象庁, 日々の天気図 :
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html> (2013 年 11 月確認).
- 9) 気象庁, [地球環境のデータバンク] 黄砂 (黄砂観測日および観測地点の表と観測地点の図) :
http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_data_index.html (2013 年 11 月確認).
- 10) 長倉三郎・井口洋夫・江沢 洋・岩村 秀・佐藤文隆・久保亮五編 (1998) 理化学辞典第 5 版, 岩波書店, pp821.

High concentration episodes of ambient fine particulate matter in Nagano City

Kazunori NAKAGOMI¹, Yoshinobu HANAOKA¹ and Youichi HOSOI¹

- 1 *Nagano Environmental Conservation Research Institute, Atmospheric Environment Division, 1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan*
(Present: *Nagano Environmental Conservation Research Institute, Recycling Society Division, 1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan*)