

野焼きに伴う大気汚染物質濃度の急上昇事例について

Jump case of the air pollutant density with the open burning

坂本 功*1 高橋 正人*2 佐久間 隆 安藤 孝志

Isao SAKAMOTO, Masato TAKAHASHI, Takashi SAKUMA, Takashi ANDO

平成 27 年 11 月 13 日に迫一般環境大気測定局（宮城県登米市迫町。以下「迫局」という。）で日中から夕方にかけて、大気汚染物質（窒素酸化物（NO・NO₂・NO_x）・浮遊粒子状物質（SPM）・光化学オキシダント（O_x））の濃度が急上昇した。急上昇した原因は自動測定器のデータ及び周囲の状況などから、迫局周辺での稲わらの野焼きによる影響によるものと考えられた。

キーワード：野焼き；大気汚染物質；窒素酸化物；浮遊粒子状物質；光化学オキシダント

Key words : open burning ; air pollutant ; nitrogen oxides ;
suspended particulate matter ; photochemical oxidant

1 はじめに

平成 27 年 11 月 13 日 迫局（図 1）で 14 時から 17 時にかけて、大気汚染物質（NO・NO₂・NO_x、SPM、O_x）の濃度が急上昇する事例が発生した。今回、急上昇した原因について自動測定器のデータを用いて要因の解析を試みたので報告する。



図 1 迫局周辺の地図 1)

2 当日の状況

2.1 H27.11.13 11 時頃

センター職員が迫局の東側で野焼きが行われていることを確認した。

2.2 H27.11.13 14 時

SPM が 219 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の高い値を示すとともに、NO・NO₂・NO_x・O_x も高濃度を示した。風向が北から東南東～東に変化した。

2.3 H27.11.13 17 時

O_x 268ppb, SPM 1442 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ とさらに高い値を示した。また、NO・NO₂・NO_x (NO+NO₂) も同様に高濃度を示した。（図 2,3,4）。

2.4 H27.11.13 19 時頃

測定局保守業者を通じて、近隣住民に確認したところ、野焼きの煙が迫局の東側から広範囲に広がっていたとの証言を得た。また、実際に付近の水田で野焼きの痕跡を確認した（図 5）。

*1 現 気仙沼保健福祉事務所

*2 現 環境放射線監視センター

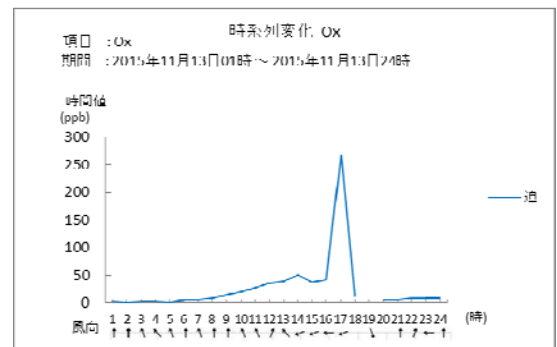


図 2 H27.11.13 迫局の O_x と風向の推移

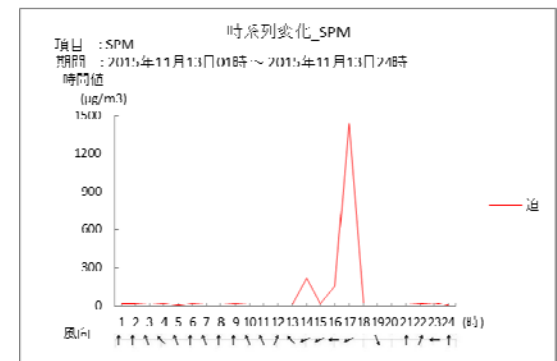


図 3 H27.11.13 迫局の SPM と風向の推移

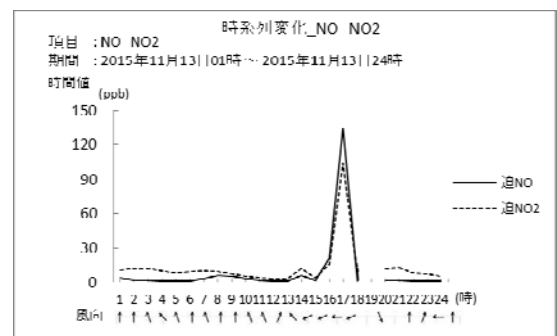


図 4 H27.11.13 迫局の NO・NO₂ と風向の推移



図5 迫局周辺での野焼き後の様子
(グリーンブルー（株）東北支店提供)

3 考察

3.1 NO・NO₂・NO_x

迫局周辺には大規模な固定発生源はなく、かつ自動車交通量も少ない地域（図1）であること及び当日の風向が迫局周辺で野焼きが行われていた東側の風下となる東南東から東風の時に濃度上昇したことを踏まえると、窒素酸化物の上昇は野焼きによる一時的な濃度上昇であったと考えられる。

3.2 SPM及びPM_{2.5}

SPMについても周辺状況等から窒素酸化物と同様に野焼きによる一時的な濃度上昇であったと考えられる。迫局にはPM_{2.5}の自動測定器を設置していないため、他の局の測定結果からPM_{2.5}濃度を推定することとした。平成27年4月から11月までの県管轄一般局におけるSPMとPM_{2.5}との相関を求めたところ、おおむね直線関係を示した（図6）。当該回帰式から迫局のPM_{2.5}の濃度を推計したところ11/13 17時頃は834 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の非常に高濃度のPM_{2.5}が存在していたと推定され、近隣住民の証言とも合致するものであった。

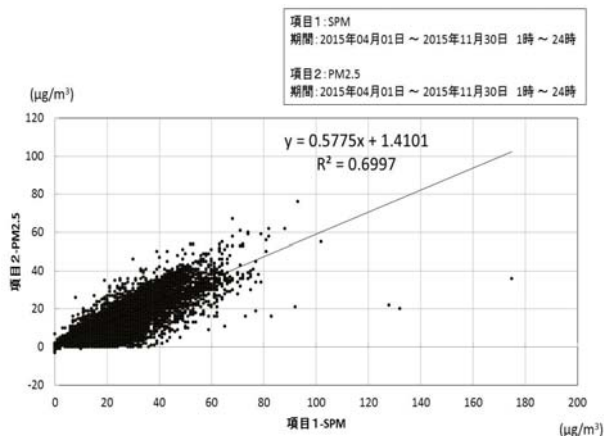


図6 県管轄一般局におけるSPM-PM_{2.5}の相関図
(平成27年4月から平成27年11月まで)

3.3 O_x

野焼きで発生する煙中には前に述べたNO_xやSPMをはじめとする粒子状物質（PM）の他に硫酸酸化物（SO_x）、非メタン炭化水素（NMHC）を含む揮発性有機化合物（VOC）、アンモニア（NH₃）など多くの物質が大気中に放出されることが知られている²⁾。NO_x・SPMともに11/13 17時をピークに上昇しており、かつ、推計ではあるがPM_{2.5}も高濃度に存在していた可能性があったことを踏まえると、野焼きによってNO_xやSPM以外にもNMHCが多量に放出されていたと考えられる。このことから、以下に示す要因が複合的に発生し、結果としてO_xの濃度が高指示となったと考えられる。

3.3.1 野焼き由来の高濃度のPM_{2.5}

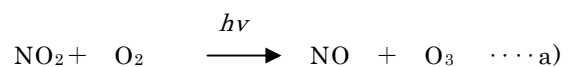
迫局のO_x計は紫外線吸収方式を採用しているが、紫外線吸収方式のO_x計は、環境大気が試料セルに導入される前に、0.3 μm 以下の粒子を95%カットするフィルターで一定の粒子が除去される。³⁾しかし、先に述べたとおりPM_{2.5}も非常に高濃度であったと考えられる状況下では、微小なPM_{2.5}がフィルター内を通過し、結果としてO_x計の試料セル中に侵入し、紫外線吸収を妨げることにより見かけ上、O_xが高い値を示した可能性があると考えられる。

3.3.2 野焼き由来の紫外線吸収をもつ芳香族炭化水素（AH）等の生成による干渉

野焼きによって生じたPM_{2.5}中には多環芳香族炭化水素（PAHs）をはじめとする芳香族炭化水素が発生することが知られている^{4) 5)}。本事例においても前述のとおりPM_{2.5}が非常に高濃度であったと考えられる状況下であることを踏まえると、野焼きにより生じた紫外線吸収を持つPAHsをはじめとするAH等が、O_x計の試料セルに混入し、紫外線を吸収した結果、見かけ上、O_xが高い値を示した可能性があると考えられる。

3.3.3 野焼きによる二次的なO₃の生成の加速

通常、オゾン（O₃）はNO₂に紫外線が当たることにより生成し、a式に示すとおり、NOとO₃を生成する。



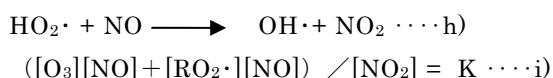
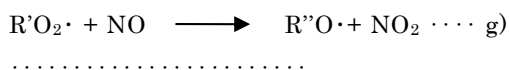
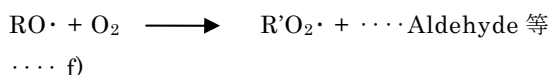
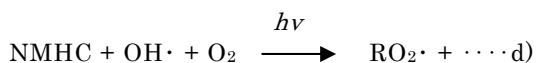
生成したO₃はNOと反応してb式に示すとおり再びNO₂を生成する。



NO₂, NO, O₃の3物質はc式で表される速い平衡状態にあり, NO₂に紫外線があたる状態では, 常にこの3物質が存在する。Kは平衡定数である。

$$[\text{O}_3][\text{NO}]/[\text{NO}_2] = K \cdots \text{c)}$$

しかし, NMHCが存在すると, 大気中の紫外線により発生したOHラジカル(OH \cdot)とNMHCがd式のように反応し, 反応性の高い過酸化ラジカル(RO₂ \cdot)を生成する。RO₂ \cdot はNOを酸化しNO₂を生成する一方, 自身はアルコキシラジカル(RO \cdot)となる(e式)。RO \cdot はO₂と反応して炭素数の少ない別の過酸化ラジカルR'O₂ \cdot となる(f式)。このようにして過酸化ラジカルが再生され, OH \cdot も最終的に再生されるので, 連鎖的にNOはNO₂に酸化されていく(g, h式)。生成したNO₂は, 紫外線によりNOとO₃を生成する。このようにしてa \cdot b式に示したNO₂によるO₃の発生に関する光化学平衡をずらしながら(i式), NOが減少し, O₃生成が加速されていくことが知られている。⁶⁾



今回の事例においてもNO_x・SPMの挙動から考えると, 稲わらの野焼きにより一時的ではあるが大

量のNMHCが発生し, 同じく野焼きで生成したNOが, O₃ではなくNMHCの酸化によって生じた過酸化ラジカルと反応してNO₂に戻りO₃が消滅しにくい条件が重なったため, 結果としてO_xが高濃度となった可能性があると考えられる。

4 まとめ

平成27年11月13日迫局で, NO \cdot NO₂・NO_x, SPM及びO_xの濃度が急上昇した原因を自動測定器データ等を用いて解析したところ, NO \cdot NO₂・NO_x及びSPMについては野焼きが直接的な要因によるもの, O_xについては野焼きによって生じたPMやAH等の混入, 野焼き由来のNMHCの存在によるO₃の二次生成反応の加速などの複合的な要因によるものと考えられた。

参考文献

- 1) この地図の作成に当たっては, 国土地理院長の承認を得て, 同院発行の基盤地図情報を使用したものである。(承認番号平24情使, 第794号)
- 2) 第2回光化学オキシダント調査検討会資料(環境省:平成23年度)
https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa.html
- 3) 環境大気常時監視実務推進マニュアル 第3版(公益社団法人日本環境技術協会:平成25年)
- 4) 野崎一伸, 串田光祥, 本木伸吾, 鈴木佳代子, 大気中微小粒子(PM_{2.5})に含まれる多環芳香族炭化水素類濃度に関する研究, 香川県環境保健研究センター所報, **6**, 2007
- 5) 山崎大, 梶原英貴, 切井仁崇, 大平慎一, 戸田敬, 加熱脱着-GC/MSによるPM_{2.5}中多環芳香族炭化水素類の直接分析と熊本における日内変動・季節変動や野焼きの解析, 分析化学, **64** (8), 2015
- 6) 光化学オキシダント対策検討会報告(光化学オキシダント対策検討会:平成17年2月)