

2006 年 8 月 4 日の首都圏周辺の高濃度オゾンの出現

苗村晶彦^{*}, 渡邊善之^{**}

Appearance of Highly Concentrated Ozone in and around Tokyo Metropolitan Area on August 4, 2006. NAEMURA Akihiko^{*} & WATANABE Yoshinobu^{**} (*Department of General Studies and Liberal Arts, Toita Women's College, 2-21-17 Shiba, Minato-ku, Tokyo, 105-0014 Japan; **Hiraoka Environmental Science Laboratory, 5-15-6 Harajuku, Midori, Sagamihara, Kanagawa, 252-0102 Japan)

On August 4, 2006, an official photochemical smog alert was issued to five prefectures in the Tokyo metropolitan area and further to Fukushima Prefecture. The highest O₃ level that day was 157 ppb, which was recorded in Ibaraki Prefecture and Saitama Prefecture. The highest value was recorded in Gunma Prefecture at 17:00, suggesting possible of advection of the pollution. In addition, analysis of mean-sea-level barometric pressures revealed that, heat lows occurred in Nagano Prefecture and Fukushima Prefecture. Furthermore, heat lows were typical central Japan on clear summer days.

要旨：2006 年 8 月 4 日は、首都圏において光化学スモッグ注意報発令が 1 都 5 県に渡り、更に福島県にも及んだ。この日の O₃ の最高値は茨城県および埼玉県で測定され 157 ppb であった。最高値を記録した時間は群馬県で 17 時と大気汚染物質の輸送の可能性が示唆された。また 15 時の海面補正気圧分布から解析した結果、長野県や福島県で熱的低気圧が形成されていた。かつ中部日本の典型的な夏季静穏日であった。

Keywords

photochemical smog, Tokyo metropolitan area, ozone, heat low, clear summer day
光化学スモッグ, 首都圏, オゾン, 熱的低気圧, 夏季静穏日

1 はじめに

近年、大陸からの大気汚染物質の輸送も報告され¹⁾、光化学スモッグ注意報発令の地域は広範囲にわたっている。大陸からの越境汚染については、例えば、2007 年 5 月 8-9 日にかけて、九州から西日本の広い範囲で高濃度の O₃ (オゾン) が観測された²⁾。この時に光化学スモッグ注意報が発令された地域は、5 月 8 日には福岡、長崎、熊本、山口および広島³⁾の 5 県、5 月 9 日には 22 都府県にのぼり、大分と新潟では観測史上初めて注意報が発令されている²⁾。この要因としては、中国や韓国で排出された O₃ 前駆物質によって生成された光化学 O₃ に起因する越境大気汚染の影響が大きい²⁾。

2006 年 8 月 4 日に、首都圏においても光化学スモッグ注意報の発令が東京、茨城、群馬、埼玉、山梨および栃木と 1 都 5 県に渡ったが、更に光化学スモッグ注意報が首都圏外 (福島県) においても発令されている。渡邊・渡邊は、福島県いわき市 (海岸域) での 120 ppb を超過する高濃度 O₃ の出現について、この要因としては安定層が形成され、中部山岳地帯等に熱的低気圧が形成され関東圏から福島県海岸域沖にかけて南から西系の風系が卓越し、O₃ 等大気汚染物質が輸送されたことなどを原因としている³⁾。

O₃ 等大気汚染物質の輸送については、さまざまな気象学的な要因があるが、その一因として中部山岳地帯等に熱的低気圧が形成されることによって、首都圏の大気汚染気塊がその中心付近にまで達することがある⁴⁾。関東平野の風には夏の太平洋高気圧に伴う総観規模の南寄りの風、海風、谷風、熱的低気圧に吹き込む風が含まれるが、このような風系のときに、京浜工業地帯の大気汚染物質が長野県に輸送されることがあ

^{*} 〒 105-0014 東京都港区芝 2-21-17 戸板女子短期大学総合教養センター, E-mail: naemura@toita.ac.jp

^{**} 〒 252-0102 神奈川県相模原市緑区原宿 5-15-6 平岡環境科学研究所

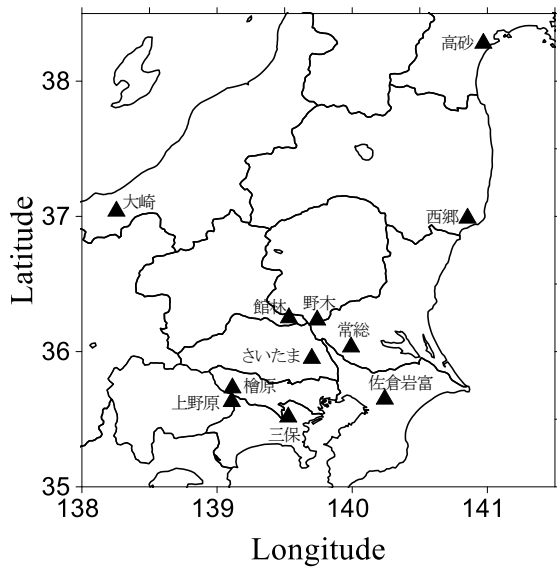


図1 調査地 (▲は各都県における O₃ 濃度の最高地点)

表1 2006年8月4日における都県別のO₃濃度(ppb)の最高値

宮城県	73 ppb	高砂
新潟県	71 ppb	大崎
福島県	127 ppb	西郷
栃木県	146 ppb	野木町役場
群馬県	155 ppb	館林市民センター
茨城県	157 ppb	常総保健所
埼玉県	157 ppb	さいたま市岩槻
山梨県	135 ppb	上野原
東京都	150 ppb	檜原測定所
千葉県	156 ppb	佐倉岩富
神奈川県	113 ppb	緑区三保小学校

る⁵⁾。

本研究では、高濃度 O₃ が広範囲にわたった 2006 年 8 月 4 日の O₃ 濃度の地域別の最高値やその時間変動および O₃ 濃度分布を詳細に解析した。また、2006 年 8 月 4 日における海面補正気圧の分布を調べ、熱的低気圧の位置を解析し考察した。

2 方法

解析の対象とした日は、2006 年 8 月 4 日とした。対象とした O₃ のデータは、首都圏と光化学スモッグ注意報が発令された福島県とした。近年、大陸由来の影響も示唆されるために参考データとして宮城県および新潟県も加えた。データは各自治体や国が設置している大気常時監視測定結果⁶⁻⁸⁾等を使用した。2006 年 8 月 4 日の都県別の O₃ 最高濃度を記録した地点については図 1 に示した。また、気象観測所の海面補正気圧のデータ⁹⁾を使用して、2006 年 8 月 4 日 15 時の海面補正気圧分布を作成した。

3 結果と考察

3・1 都県別におけるオゾン濃度の最高値

2006 年 8 月 4 日における都県別の O₃ 濃度の最高値を表 1 に示す。都県別では、首都圏に加えて、宮城県、新潟県および福島県のデータも示す。最高値は表 1 に示す通り、茨城県および埼玉県で記録した 157 ppb である。

東京都においては、都内で首都圏の中心部から最も遠い測定局である檜原村で最高値を示している。苗村

ら¹⁰⁾は、東京都内における 14 年間 (1992-2005 年) の降水中を解析した結果、NO₃⁻ の降下量が沿岸地域の江東よりも内陸に位置する山間地域の檜原や丘陵地域の多摩のほうが高い為に、非海塩起源の SO₄²⁻ に対する NO₃⁻ の当量濃度の比が高くなっていることから、大気汚染物質の長距離輸送の可能性を指摘している。佐々木ら¹¹⁾は、輸送中における NO_x から HNO₃、NO₃⁻ への酸化は、O₃ の生成とほぼ同時に進行するのに対し、SO₂ から SO₄²⁻ への酸化はこれより遅れて進行しているとしている。従って、檜原村で一時的にも O₃ が高くなったのは NO₃⁻ の降下量と関連していると推測され、こうした二次汚染物質の挙動は今後も詳細な解析が求められる。

2006 年 8 月 4 日の大気常時監視測定結果を見ると、O₃ が 120 ppb (注意報発令レベル) を超過している測定局が多かったのは埼玉県であった。埼玉県は過去 10 年間 (2005-2014 年) においても、最も光化学スモッグ注意報発令が多い都道府県であり、2006 年 8 月 4 日においては 57 観測所の内、39 観測所で O₃ の日最高値が 120 ppb を越えている。近年は大陸由来の汚染も注目されるが¹²⁾、この日は日本海側の新潟県等で高濃度の O₃ が観測されていないことから、大陸由来の O₃ の影響はほとんどないものと考えられる。

最高値を記録した O₃ 濃度の日中の時間変動 (7-18 時) を図 2 に示す。ここでは、120 ppb を越えた 1 都 7 県に、首都圏に入る神奈川県で最高値が測定されたデータも加えている。最初にピークに達したのは千葉県の佐倉岩富で 13 時に 156 ppb となった。その後の濃度は 14-16 時に急低下した。千葉県の佐倉岩富と神奈川県の緑区三保小学校とを比較すると、

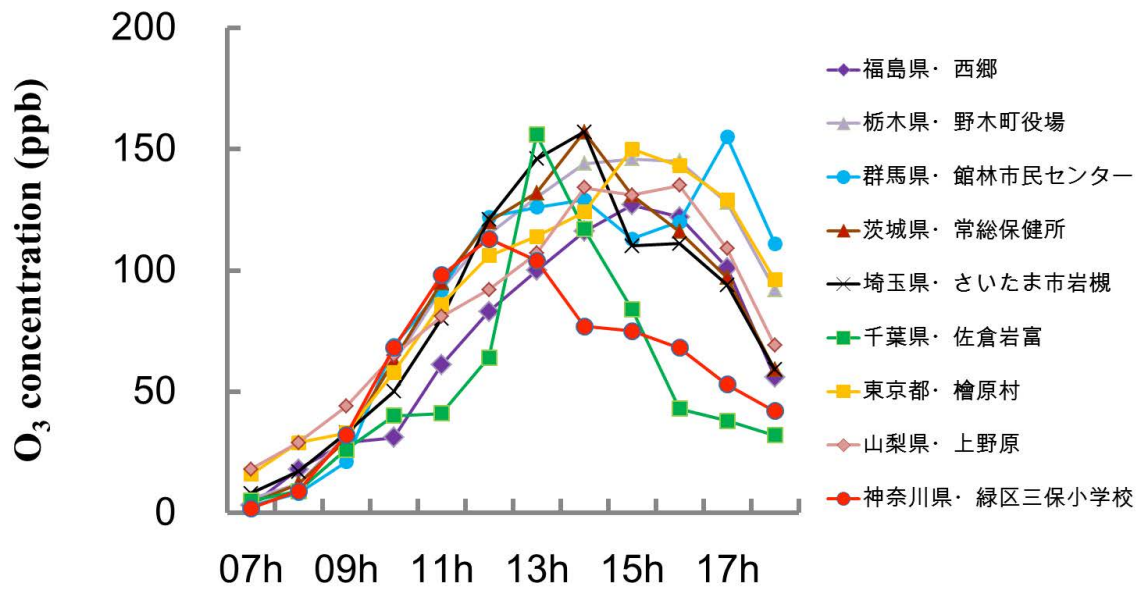


図2 2006年8月4日における都県別のO₃濃度の日中の時間変動（測定局は表1と同じである）
（データは大気常時監視測定結果⁸⁾等より）

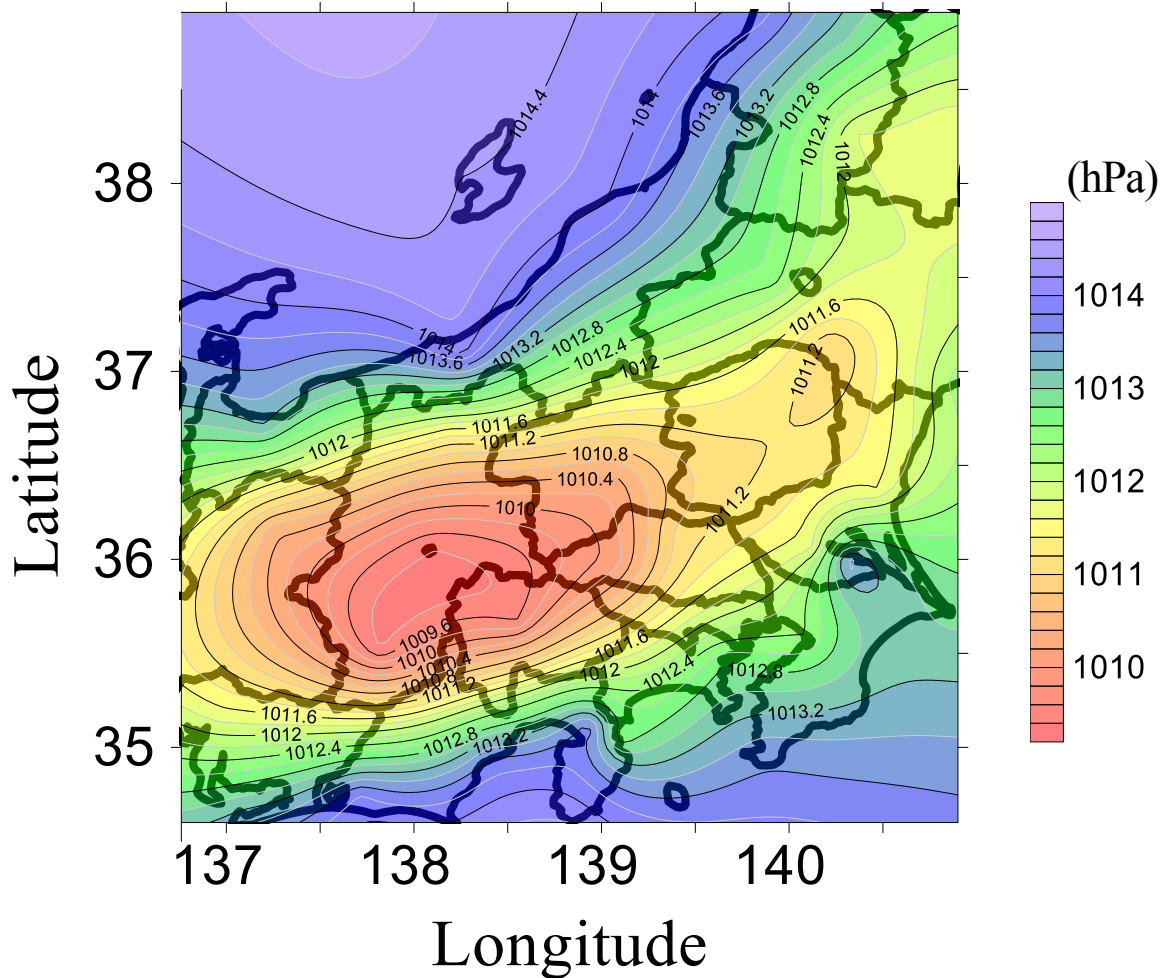


図3 2006年8月4日15時における海面補正気圧分布（データは気象庁⁹⁾より）

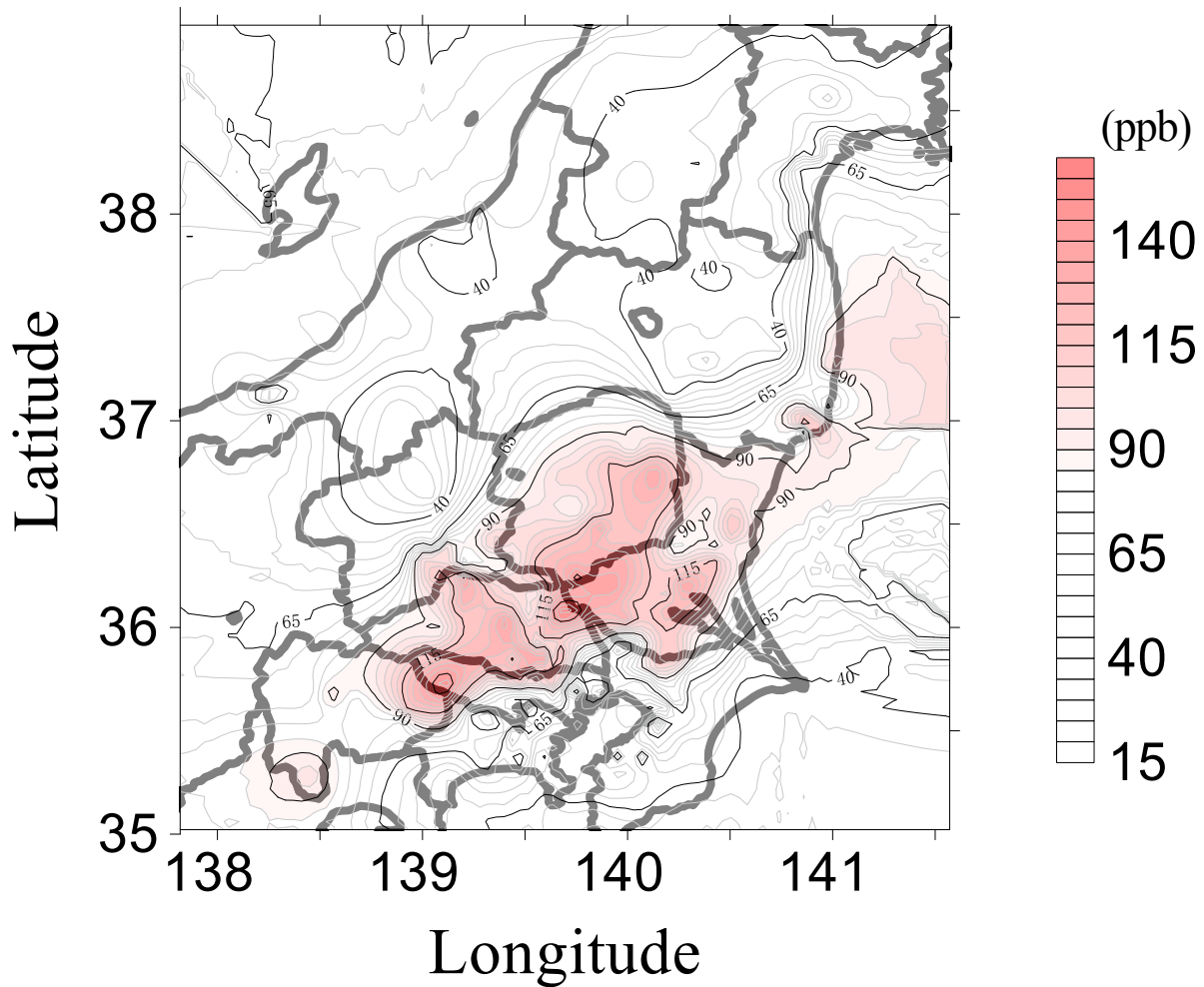


図4 2006年8月4日15時における O_3 濃度分布(データは大気常時監視測定結果^{7,8)}等より)

9-18時の10時間中に千葉が神奈川を越えた時間は3時間に過ぎない。ただ、その3時間の内に千葉では156 ppbに達し、光化学スモッグ注意報が発令された。一方、神奈川では12時を境に濃度が通減していったことがわかる。続いて、14時に埼玉県のみたま市岩槻および茨城県の常総保健所で157 ppbに達している。埼玉と茨城では比較的同じ時間変動を示している。15時には東京都の檜原村で150 ppbに達した。埼玉、茨城および東京は14-15時にピークを迎え、これは1999-2003年度の関東1都6県の大気常時監視測定局のピークである14-15時の時間帯と一致している¹³⁾。群馬県の館林市民センターでは17時に155 ppbに達した。 O_3 濃度のピークは前述した通り、14-15時なのでこれは大気汚染気塊の移流の可能性が高い。

3・2 15時における海面補正気圧分布および O_3 濃度分布

栗田・植田⁴⁾を参考に、2006年8月4日における

Kriging法¹⁴⁾による海面補正気圧の分布図を図3に示した。この日の本州は高気圧に覆われて概ね晴れ、群馬県伊勢崎市、館林市で共に最高気温38.6度を記録し太平洋高気圧に覆われた日であった^{3,9)}。この図によると、熱的低気圧の中心が長野県南部の諏訪周辺に形成されている。また、栃木県、茨城県および福島県の県境近辺においても、その地域を中心とする熱的低気圧が形成されている。また、長野県諏訪から東北東にかけて気圧傾度が緩くなっていることがわかる。

2006年8月4日15時における O_3 濃度分布を図4に示す。 O_3 高濃度地域は主に2箇所あり東京都および山梨県の都県境近辺と、埼玉県、茨城県および千葉県のみたま市岩槻となつている。また、 O_3 濃度は山梨県から東北東へ延び、福島県南東部のいわき付近にかけてベルト状に高濃度になっていることがわかる。渡邊・渡邊は、福島県の海岸沿いの浜通り地域(いわき市)において O_3 が高濃度になった現象を詳細に解析し、その原因として高気圧圏下における日射による気圧傾度が生み出す風系により関東圏から大気汚染物質

が当該地域に輸送されることを指摘している³⁾。濃度の時間変動については、東京都の檜原、山梨県の上野原および福島県の西郷においてO₃濃度の時間推移が同じ傾向にあった。いずれも熱的低気圧が形成された周辺において、O₃が高濃度となり、15時にピークを迎え、16時以降は下降している。

今回解析した事例のようにO₃が広範囲に高濃度となるのは日射量が多い晴天日であり、そのような日には本州中部山岳周辺で顕著な熱的局地循環が生じ、海陸風循環や山谷風循環が卓越する夏季静穏日となる¹⁵⁾。2000-2009年の10年間において、①晴天日の抽出、②一般風が強い日の排除、③中部日本周辺に総観規模攪乱が存在する日の削除、の3つの条件を満たす夏季静穏日は全部で17日であり、2006年8月4日はこの中に含まれる¹⁵⁾。この夏季静穏日は1年間に換算すると2日弱となり、決して多い訳ではない。2006年8月4日は様々な気象要因が重なり、広範囲なO₃高濃度現象へと繋がったと推測された。熱的低気圧の形成や夏季静穏日の詳細な気象と高濃度O₃現象の関係等を広範囲かつ詳細に解析することによって、光化学オキシダントの原因が大陸からの影響なのか、首都圏由来の影響なのか等を解析していく一助になっていくことが期待される。

引用文献

- 1) Uno, I., Ohara, T., Yamaji, K., & Kurokawa, J.: Journal of Disaster Research, 2, 163-172 (2007).
- 2) 大原利眞, 鶴野伊津志, 黒川純一, 早崎将光, 清水厚: 大気環境学会誌, 43, 198-208 (2008).
- 3) 渡邊善之, 渡邊明: 大気環境学会誌, 47, 145-154 (2012).
- 4) 栗田秀實, 植田洋: 大気汚染学会誌, 20, 251-260

- (1985).
- 5) 小倉義光: “一般気象学” 第2版 (1999), (東京大学出版会).
- 6) 山形県環境科学研究センター: 山形県の環境大気常時監視測定結果について. http://www.pref.yamagata.jp/ou/kankyoenergy/053001/joho/kankyo_taiki.html (参照 2015年5月31日)
- 7) 宮城県保健環境センター大気環境部: 大気汚染常時監視情報. <http://www.ihe.pref.miyagi.jp/telem/index.html> (参照 2015年5月31日)
- 8) 福島県環境センター: 大気常時監視. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16110a/takiosenjojikanshi.html> (参照 2015年5月31日)
- 9) 気象庁: 各種データ・資料. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (参照 2015年5月31日)
- 10) 苗村晶彦, 渡邊善之, 吉川尚志: 自然環境科学研究, 27, 23-30 (2014).
- 11) 佐々木一敏, 栗田秀實, 村野健太郎, 水落元之, 植田洋: 大気汚染学会誌, 21, 216-225 (1986).
- 12) 秋元肇: 資源環境対策, 39, 90-96 (2003).
- 13) 中西準子, 篠崎裕哉, 井上和也: “オゾン-光化学オキシダント” (2009), (丸善).
- 14) 間瀬茂, 武田純: “空間データモデリング-空間統計学の応用” (2001), (共立出版).
- 15) 遠藤文倫, 早崎将光, 川村隆一: 大気環境学会誌 48, 234-242 (2013).

大気汚染物質測定結果の入手にあたり、独立行政法人国立環境研究所の首都圏のデータの大气環境時間値データ貸出しを使用しました。新潟県及び新潟市の大気汚染物質測定結果は、関係部局から御協力を戴きました。

(2015年7月20日受付, 2015年11月8日受理)