

沖縄島と石垣島における光化学オキシダント濃度の比較

友寄喜貴・嘉手納恒・城間朝彰・與古田尚子・与儀和夫

Comparisons of Photochemical Oxidant Concentrations Observed in Okinawa Island and Ishigaki Island

Nobutaka TOMOYOSE, Hisashi KADENA, Tomoaki SHIROMA, Naoko YOKOTA and Kazuo YOGI

要旨： 沖縄島と石垣島における光化学オキシダント (Ox) の挙動の共通点・相違点を確認することを目的に、2009年度のOx観測データ(日最高値)を基に解析した。その結果、沖縄島および石垣島ともに、春季に大きな高濃度ピークがあり、夏季に低濃度となった後、秋季に再び小さな高濃度ピークがある2山型のOx濃度変動パターンを示し、その濃度レベルも概ね一致していた。春季および秋季には越境大気汚染、夏季には清浄な海洋性気団の影響が示唆された。梅雨入り後の5～6月にかけて、石垣島のOx濃度が沖縄島のそれに比較して20 ppb以上低くなる日が断続的に観測された。これらの日には、沖縄島と石垣島の間に梅雨前線が停滞が確認され、沖縄島は汚染気塊に、石垣島は清浄な海洋性気塊に覆われていることが示唆された。

Key words： 光化学オキシダント, Photochemical oxidant, 沖縄島, Okinawa Island, 石垣島, Ishigaki Island

I はじめに

光化学オキシダント(以下、Ox)による大気汚染が全国的な問題となっている。全国の一般環境大気測定局のOxの環境基準達成率は0.1%であり、その濃度も増加傾向にある¹⁾。2006年度には、九州地方では10年ぶりとなる光化学オキシダント注意報(注意報レベル濃度:120 ppb)が、長崎県(観測史上初)と熊本県(観測史上初)で延べ2日、2007年度は福岡県、長崎県、熊本県、大分県(観測史上初)にて延べ12日発令された²⁾。その後も毎年発令が続いており、2008年度には佐賀県で、2009年度には鹿児島県で、観測史上初の発令となった。九州における高濃度Oxの出現要因として、大陸から汚染大気の移流する越境大気汚染の影響が大きいことが明らかにされている²⁾。なお、九州地方で注意報未発令の県は、宮崎県と沖縄県の2県のみである(2009年度末現在)。しかしながら、沖縄県のOx濃度も近年増加傾向にある。

このような状況の中、2008年度までは沖縄島内の3局(那覇局、沖縄局および与那城局)のみの観測体制であったが、2009年度より沖縄島内の名護局、宮古島の平良局および石垣島の石垣局の3局へオキシダント計が追加整備され、観測体制が強化された(図1)。これにより、沖縄島以外の島においてもOxの観測が可能となった。

沖縄県は、東シナ海上の島嶼県であり、県土の総面積は全国で4番目に小さいものの、海域を含めると、東西約1,000 km、南北約400 kmの広大な県域を持つ。沖縄島から石垣島へは西南西へ400 km以上の距離がある。一方、石垣島—台湾間は約270 kmである。地理的に、

石垣島は沖縄島に比較して、より中国大陸南部に近く位置している。本報では、沖縄島と石垣島におけるOxの挙動(Ox濃度の季節変動、濃度レベルなど)の共通点・相違点を確認することを目的とし、沖縄島と石垣島のOx濃度について比較検討した。

II 方法

本報における解析には、一般環境大気測定局における2009年度(2009年4月1日～2010年3月31日)のOx濃度1時間値の日最高値を用いた。沖縄島のデータとしては、島内の4局(名護局、与那城局、沖縄局、那覇局;以下、沖縄島4局)の平均値を採用し、石垣局との比較を行った。Oxの測定は、全局ともに、紫外線吸収法により実施された。

III 結果

沖縄島4局平均および石垣局におけるOx日最高濃度について、2009年度の1年間の経日変化を図2に示す。両島間は400 km以上の距離があるに関わらず、概ね同様な濃度レベル、変動パターンで推移した。濃度変動の概要は、春季に大きな高濃度ピークがあり、夏季に低濃度となった後、秋季に再び小さな(春季に比較して低い)高濃度ピークがある2山型の変動パターンであった。4月は概ね45～85 ppbの範囲で変動していた。5月は概ね10～100 ppbの幅広い範囲で濃度変動しており、最高濃度は5月8日に与那城局で観測された105 ppbであった。同日の石垣局では最高濃度98 ppbを観測した。6

月は高濃度期間から低濃度期間への移行期にあった。7～8月は概ね10～40 ppbの低濃度で推移した。9月から10月にかけて概ね10～70 ppbの範囲で大きな変動を伴いながら高濃度へ移行し、10月には80 ppbを超えるような高濃度日もみられた。11～1月は概ね30～60 ppbの範囲で濃度変動は小さく、10月に比較して低濃度であった。2～3月は概ね20～80 ppbで変動しながら、徐々に春季の高濃度へと移行していた。

IV 考察

1. 季節変動

沖縄島における、春季および秋季に高濃度ピークがある2山型のOx変動パターンは、例年と同様である³⁾。

この春季に大ピーク、秋季に小ピークを持つ2山型パターンは関西以西に多くみられる²⁾。この季節変動パターンの要因として、次のような光化学反応と移流の影響が推測されている。春季および夏季は、気温が高く、太陽光も強いいため、光化学反応が活発であり、オゾン発生が多くなる。このうち春季は、大陸側からの汚染大気が移流しやすく、高濃度オゾンが観測される。しかしながら、夏季はオゾン濃度の低い海洋性気団の影響が強くなり、低濃度となる。秋季は、春季と同様の移流がみられるが、太陽光が弱いため、春季ほどオゾン濃度が上昇しない。冬季は、大陸側からの移流がみられるが、太陽光が弱く、気温も低いので、オゾン濃度は高くない⁴⁾。九州地方の各自治体においても、同様の2山型パターンを示し

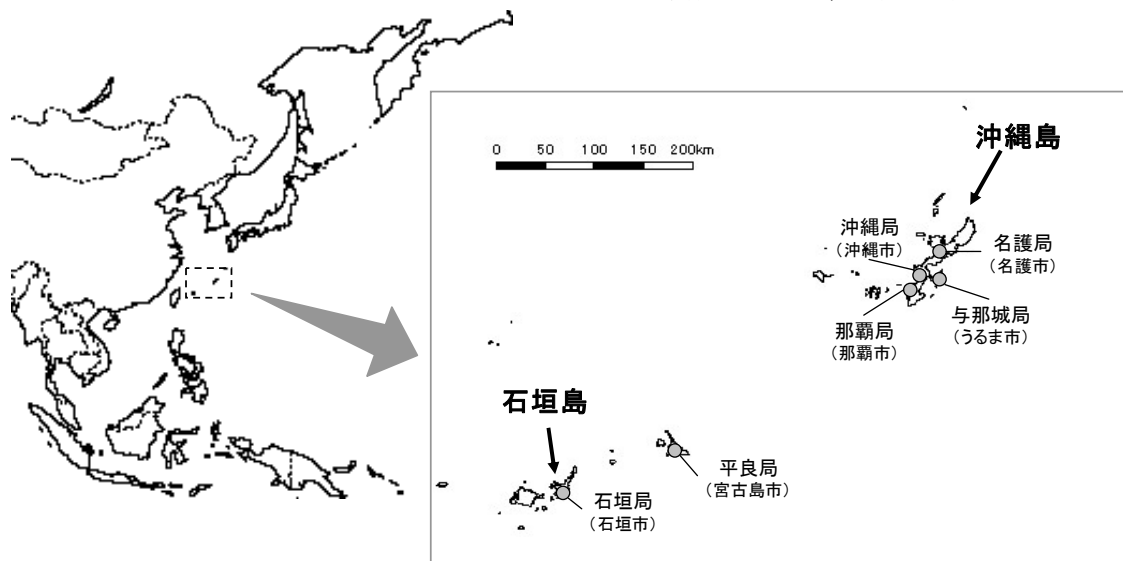


図1. 沖縄県における光化学オキシダント(Ox)の調査地点。

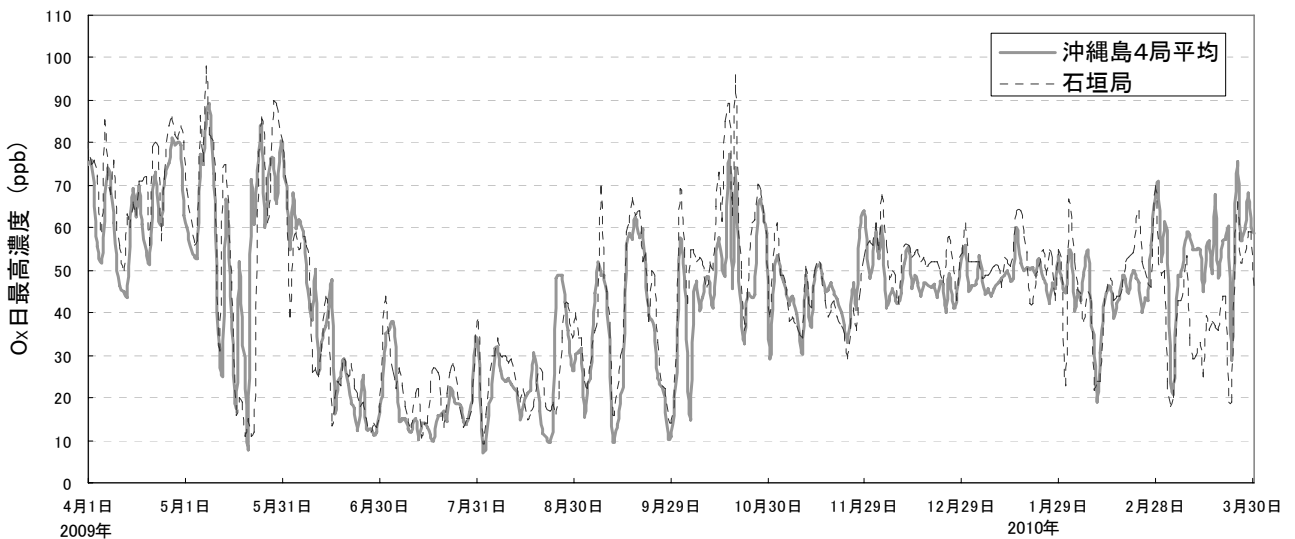


図2. 沖縄島4局(名護局, 与那城局, 沖縄局, 那覇局)の平均および石垣局における光化学オキシダント(Ox)の日最高濃度の経日変化(2009年4月1日～2010年3月31日)。

ているが、沖縄県では、秋季のピークの後、冬季の落ち込みがほとんどなく翌春の上昇につながっていること、春季のピーク出現が約1ヶ月早いこと、最低濃度も本土より1ヶ月早い7月に出現し、濃度もかなり低いことが特徴として挙げられている²⁾。夏季の低濃度の要因としては、梅雨明けが早く、清浄な海洋性気団に長期間覆われることがその要因として推察されている²⁾。また、秋季のピークの後、冬季の落ち込みがほとんどないことの要因としては、九州と比較すると、冬季においても、沖縄の太陽光は強く、気温も高いことが一因であると推測される。

2. 沖縄島に比較して石垣島でOx低濃度となる事象

今回の解析の結果、沖縄島および石垣島では、400 km以上の距離があるにもかかわらず、概ね同様な濃度レベル、季節変動パターンで推移することが確認された。しかしながら、詳細にみると、沖縄島に比較して、石垣島での測定値が低い期間がみられた。以下、沖縄島4局平均に比較して石垣局で20 ppb以上低く、その状況がある期間に集中した事象(事象①：5～6月、事象②：3月)について考察した。

(1) 事象①：5～6月

2009年5月18～23日、6月3～4日、10～11日および16日にかけて、沖縄島4局平均に比較して石垣局で20 ppb以上低い状況が集中した。このとき、沖縄地方は梅雨の最中であつた。5月18日、21日および22日の天気図を図3に示す。5月18日には梅雨前線が沖縄島と石垣島の間に停滞していた。このときのオゾン濃度は沖縄島4局平均で52 ppb、石垣局で20 ppbであつた。前線北側の沖縄島では大陸側からの大気が移流し、前線南側の石垣島では清浄な海洋性の大気が移流したと考えられた。5月21日のオゾン濃度は沖縄島4局平均で9 ppb、石垣局で15 ppbであつた。このときは、梅雨

前線が北上しており、両島ともに海洋性気団の影響が強かったと推察された。翌22日には前線は南下し、沖縄島付近に停滞した。このときのオゾン濃度は沖縄島4局平均で70 ppb、石垣局で11 ppbであつた。このような梅雨前線の位置が原因と推測される両島間の測定値の差異の出現は、同前線が沖縄島の北側に常に位置するようになった6月17日頃まで続いた。

(2) 事象②：3月

2010年3月11～23日にかけて、沖縄島4局平均に比較して石垣局での測定値が20 ppb以上低い状況が集中した。5～6月の事象では、両島で濃度差のある日とない日が断続的に繰り返されたが、3月の事象では、連続的に石垣局で低濃度であつた。この期間の沖縄島および石垣島への移流を確認するため、NOAAのHYSPLITモデル⁶⁾を用いて後方流跡線解析を実施した。その典型的な例として、3月13日、18日および19日の後方流跡線を図4に示す。3例とも、沖縄島と石垣島では流跡線の起点が全く異なり、沖縄島では大陸北部から、石垣島では大陸南部または石垣島近辺からの移流があつたことが示された。このように流跡線の起点方向が異なる日が、期間内において数日みられた。移流方向の異なる日には、沖縄島と石垣島では異なるOx濃度を持つ気塊に覆われていたために、石垣島で低濃度となつたと推察された。しかしながら、同期間内においても両地点ともに大陸北部に起点方向を持つような日もあり、連続的に石垣島で低濃度となつた要因は他にもあると考えられる。なお、石垣局から緯度的に近い宮古島の平良局における同時期のOxは、濃度レベルおよび変動ともに石垣局に類似していた。よって、観測機器の異常により低濃度の数値を示したとは考え難い。石垣島で3月に低濃度となる現象が単年度のものであるか、この時期に毎年みられる季節的特徴であるかについては、今後の検証が必要である。

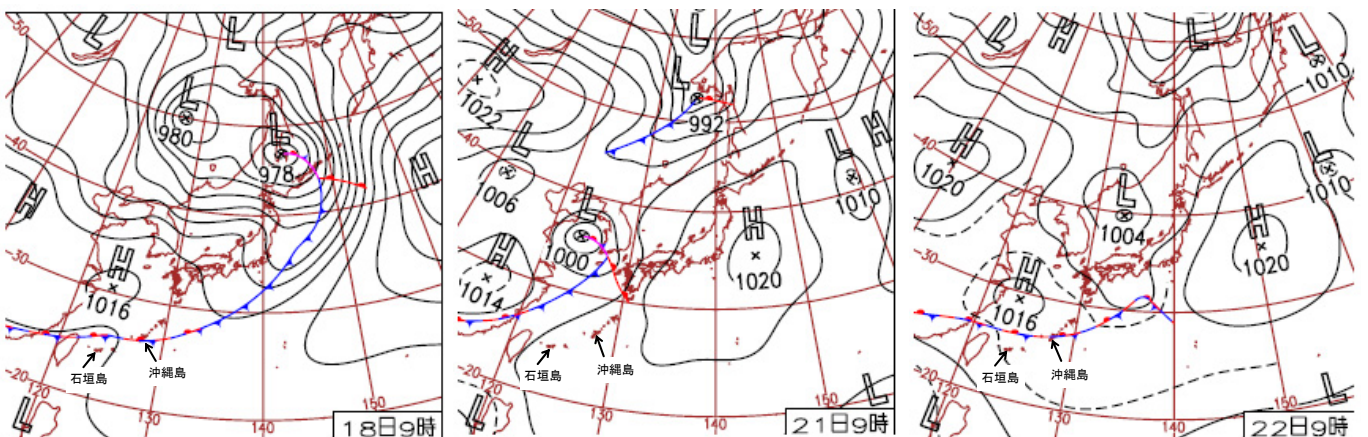


図3. 2009年5月18日、21日および22日の天気図⁵⁾。18日および22日には沖縄島-石垣島間に梅雨前線が停滞。

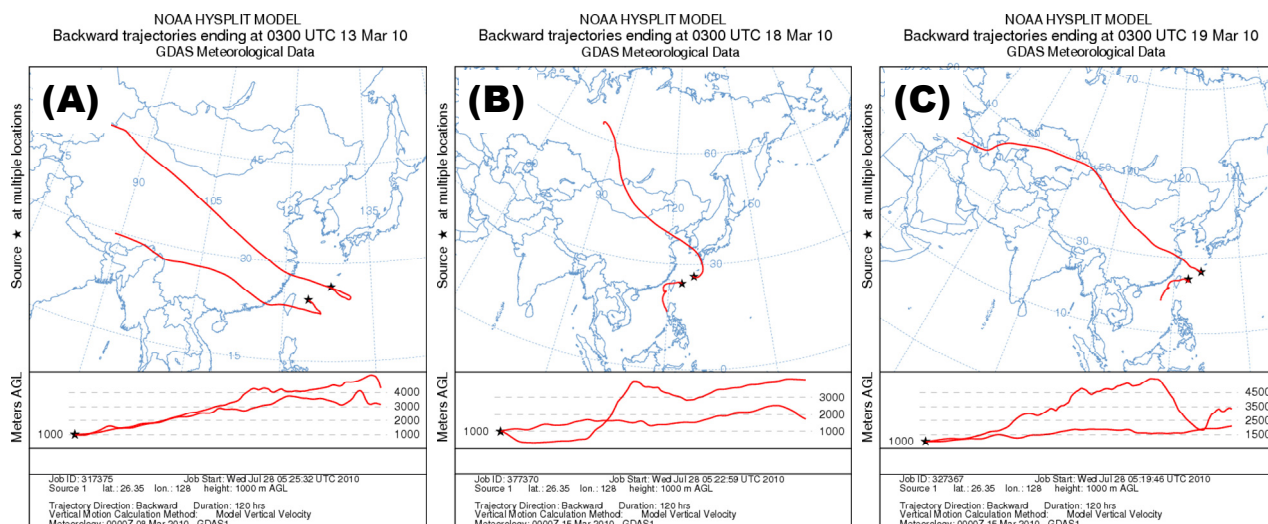


図4. NOAA HYSPLIT Model⁶⁾による(A)2010年3月13日、(B)18日および(C)19日の後方流跡線(起点高度:1,000m, 遡及時間:120時間). 沖縄島へは中国大陸北部から、石垣島へは中国大陸南部または石垣島近辺からの移流がみられた。

V まとめ

沖縄島と石垣島との間は、400 km 以上の距離があり、石垣島は沖縄島に比較して、より中国大陸南部に近い地理を有する。沖縄島と石垣島における Ox の挙動の共通点・相違点を確認することを目的とし、2009年度の Ox 観測データ(日最高値)を基に解析した結果、以下のことが明らかになった。

1. 沖縄島および石垣島ともに、春季に大きな高濃度ピークがあり、夏季に低濃度となった後、秋季に再び小さな高濃度ピークがある2山型の Ox 濃度変動パターンがみられた。その濃度レベルも概ね一致していた。春季および秋季には越境大気汚染、夏季には清浄な海洋性気団の影響が示唆された。
2. 梅雨入り後の5~6月にかけて、石垣島が沖縄島に比較して20 ppb以上低くなる日が断続的に観測された。これらの日には、沖縄島と石垣島との間に梅雨前線が停滞しており、沖縄島は汚染気塊に、石垣島は清浄な海洋性気塊に覆われていることが示唆された。
3. 3月11~23日にかけて、石垣島が沖縄島に比較して20 ppb以上低くなる日が連続的に観測された。後方流跡線解析から、期間内の数日は、沖縄島では大陸北部から、石垣島では大陸南部または石垣島近

辺からの移流があったことが示され、沖縄島と石垣島で異なる Ox 濃度を持つ気塊に覆われる日があったことが、石垣島での低濃度の一因であると推察された。

VI 参考文献

- 1) 環境省 水・大気環境局(2009)光化学オキシダント. 平成20年度大気汚染状況報告書, pp.55-65.
- 2) 国立環境研究所(2010)光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究, 国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究 平成19~21年度 最終報告, pp.27-61.
- 3) 嘉手納恒・与儀和夫・友寄喜貴・渡具知美希子(2006)沖縄県における光化学オキシダントの現況と傾向. 沖縄県衛生環境研究所報, 40: 99-102.
- 4) 国立環境研究所(2009)越境大気汚染の日本への影響 光化学オキシダント増加の謎. 環境儀, 33: 1-15.
- 5) 気象庁(2010)日々の天気図. <<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>>. 2010年8月アクセス.
- 6) NOAA(2010)HYSPLIT-WEB. <<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>>. 2010年8月アクセス.