世界の幸せをカタチにする。
Creating Peace & Happiness for the World
Musashino University
武蔵野大学 学術機関リポジトリ
Musashino University Academic Institutional Repository

有明周辺のオゾン濃度：初期解析結果

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-03-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田所, 裕康 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/398

有明周辺のオゾン濃度

～初期解析結果～

Variation of ozone concentrations in Ariake area
—Initial results—

田　所　裕　康*
Hiroyasu Tadokoro

概要

武蔵野大学有明キャンパス4号館付近のオゾン濃度の測定を2016年8月～10月において実施した。本研究では観測期間におけるオゾン濃度の時間変動の初期解析結果を示す。結果として、［A］日中（12 － 18JST）付近にオゾン濃度のピークの検出、［B］8月よりも9，10月の方がオゾンが高濃度、［C］オゾン濃度と日照時間（気象庁江戸川臨海観測所）との関係性は不明瞭、［D］オゾン濃度の曜日依存性は見られず、といった4点が明らかになった。［C］，［D］の結果に関しては、日射量、NOxなどの同地点・同時観測が必要であることを示唆した。今後も引き続き常観測を続け有明周辺の環境汚染大気のモニタリングを実施する。

1.　はじめに

オゾンは酸素原子3個が結合している分子である。オゾンそのものは、紫外域の日射を吸収するのみならず、赤外域にも吸収帯があり重要な温室効果ガスの一つである。さらに、光化学スモッグにも関与しているため、オゾン濃度の変動の理解は非常に重要である。

オゾン層として知られる領域は高度25km付近にピーク密度を持ち10 － 50kmの成層圏にほとんどが分布している。成層圏オゾンはフロンによる破壊が有名であるが、近年では太陽フレアを発端としたプロトンイベントと呼ばれるものによっても減少することが言われている。プロトンイベントによって上層大気が電離を起こし、窒素酸化物（NOx）の形成と降下によって成層圏オゾンが破壊されるというシナリオである［参考文献1］。

本研究で注目するオゾンは成層圏ではなく対流圏オゾンである。対流圏オゾンは、成層圏の変動の影響をうけるとともに、一次汚染物質であるNOx（NO，NO_2）や炭化水素類（HC）に太陽光が加わることによって大きく影響をうける。対流圏オゾンの生成に重要なNOxはNO_2であり、太陽光（$h\nu$）が当たることによって以下のような反応になる。

*工学部講師（環境システム学科）

$$NO_2 + h\nu \rightarrow O(3P) + NO \qquad (1)$$

$$O(3P) + O_2 \rightarrow O_3 \qquad (2)$$

O(3P)は基底状態の酸素原子である。（1）式で生成したNOは（2）式で生成したオゾンと以下のように反応する。

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2 \qquad (3)$$

つまりNOxはオゾンの生成・消滅どちらにも働くため、清浄な大気中ではオゾン濃度は平衡状態となる。しかし、大気中に炭化水素類が存在するため、$HO_2\cdot$や$RO_2\cdot$といった過酸化ラジカルが生成される。これらがNOと以下のような反応をする。

$$NO + HO_2\cdot \rightarrow NO_2 + \cdot OH \qquad (4)$$

$$NO + RO_2\cdot \rightarrow NO_2 + RO\cdot \qquad (5)$$

Rはアルキル基等炭化水素由来のグループである。（4）（5）式で生成されたNO_2が（1）（2）式を経てオゾンを生成するため、正味では太陽光が強い条件下ではオゾンが高濃度になる。

一方で太陽光、つまり光化学反応によるオゾンの消失は以下のような反応を示す。

$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O(1D) \qquad (6)$$

$$O(1D) + H_2O \rightarrow 2\cdot OH \qquad (7)$$

以上のようにオゾンは温室効果ガスであるとともに、光化学スモッグの原因ともなるため長期定常観測をすることは非常に重要である。本研究ではその第一歩として、武蔵野大学有明キャンパスのある東京都江東区有明地区のオゾン濃度の変動に着目し、その初期結果を示すことを目的とする。具体的には観測期間における以下の点を明らかにする。

［A］オゾン濃度の日内変動

［B］オゾン濃度の数ヶ月変動

［C］オゾン濃度と日照時間との関係性

［D］オゾン濃度の曜日依存性

2.　観測

2.1.　オゾン濃度測定装置

本研究で使用するオゾン濃度測定装置に関して述べる。オゾン濃度測定装置（APOA-3700R）は株式会社堀場製作所製である。非分散型紫外線吸収法（NDUV）を原理として、大気中のオゾン濃度を測定する［詳細は、参考文献2］。

測定されるデータは、平均値（1分値、1時間値、24時間値）と積算値（1時間値）である。平均値は1秒ごとの測定値（瞬時値）を積算しデータ数で割ることによって算出する。積算値は1秒ごとの測定値（瞬時値）を3600で割ったデータを積算するものである。本研究では主に1時間平均値と24時間平均値を用いる。また測定されたオゾン濃度は［ppm］として小数点以下4桁までの表示をもって出力される。

また、安定して正確なオゾン濃度を測定するため、定期的にキャリブレーションをおこなう必要がある。本研究では校正の時間帯を下記の時刻に設定して毎日自動的にキャリブレーションを実施する。

キャリブレーション時刻：23：00JST開始

キャリブレーション所要時間：約35分間

上記キャリブレーションの制約のため、23：00～24：00JSTの1時間平均値は本研究において議論の対象外とする。

定常観測を実施する際に、フィルタエレメントの交換が必要である。フィルタエレメントはオゾン濃度を測定するためのサンプルガスの清浄化、分析計の保護のために使用されている。長期間フィルタエレメントの交換をしていない場合、サンプル流量が減少する。オペレーションマニュアルには2週間程度での交換を推奨している。

2.2. 観測場所と観測期間

オゾン濃度の測定場所は、武蔵野大学有明キャンパス（東京都江東区有明三丁目3番3号）4号館4階の406研究室の窓からテフロンチューブを外に出す形式で実施した（有明キャンパス4号館所在地の参考URL：http://www.musashino-u.ac.jp/guide/campus/ariake_campus.html）。テフロンチューブから入った外気中のオゾン濃度を測定することになる。

本研究で用いる観測データを取得した期間は以下の3期間である。測定場所は全て同じである。

・2016年08月01日18時～2016年08月08日22時

・2016年08月18日19時～2016年08月30日18時

・2016年09月22日14時～2016年10月20日21時

またフィルタエレメントの交換を2016年8月30日と2016年10月20日に実施した。

3. 結果・考察

3.1. 日内変動

図1に観測期間中に得られたオゾン濃度の日内変化を示す。縦軸は1時間平均値を用いたオゾン濃度［ppm］、横軸は日本時間（JST）である。ただし、測定器の内部時刻であることに留意するとともに、以降JSTと記述している場合は内部時刻を示すこととする。内部時刻とGPSなどを用いて得られる時刻とのずれは、本研究で議論する最小の時間スケールである1時間に比べて非常に小さいため無視できるものとする。

図1を見ると日中（12 － 18JST）付近にオゾン濃度はピークを示していることがわかる。これらをより明示的にするため、図2に時系列プロットを示す。日中にピークがあるのがはっきりしているが、8月よりも9，10月が高濃度であったことがわかる。2.2節で述べたように10月20日のフィルタエレメントの交換がオペレーションマニュアル推奨の2週間より遅かったにも関わらず、10月中旬も8月に比べて高濃度であることがわかる。

3.2. 数ヶ月変動

図3の上図は1日時間平均値を用いたオゾン濃度の時系列プロットである。オゾン濃度の日変動を理解するため、日照時間（実線）と降水量（点線）のデータ（気象庁より取得、http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php）を図3下図として示す。日照時間［hr.］と降

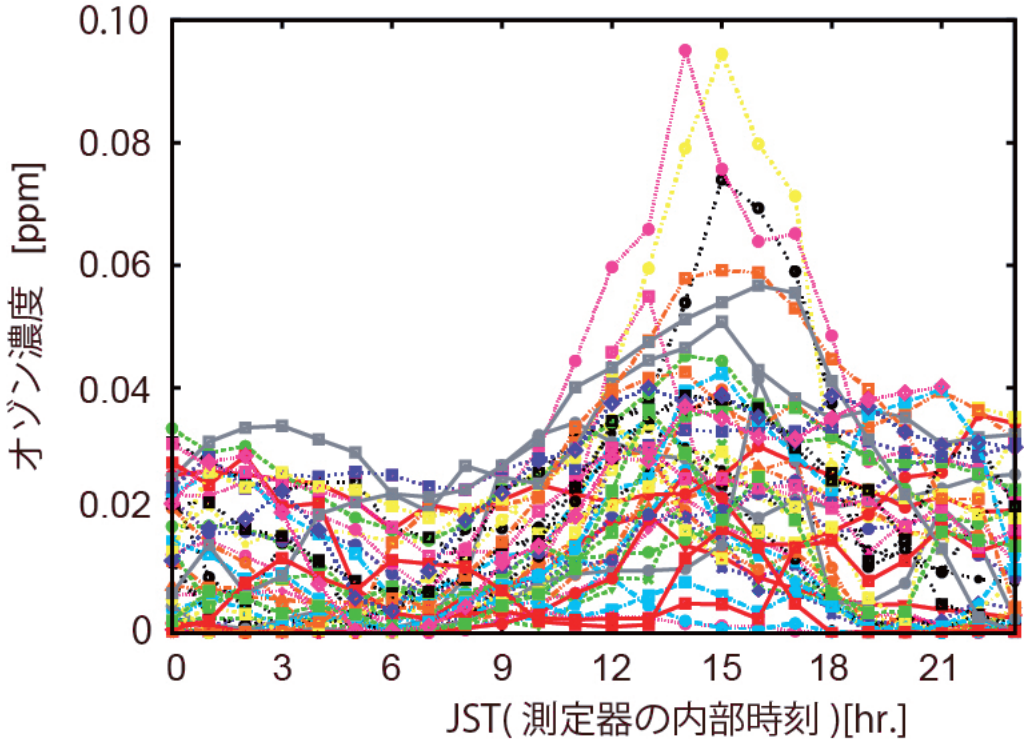

図 1.　観測期間中（2016 年 08 月 01 日～ 2016 年 10 月 20 日）のオゾン濃度の日変動のラインプロット

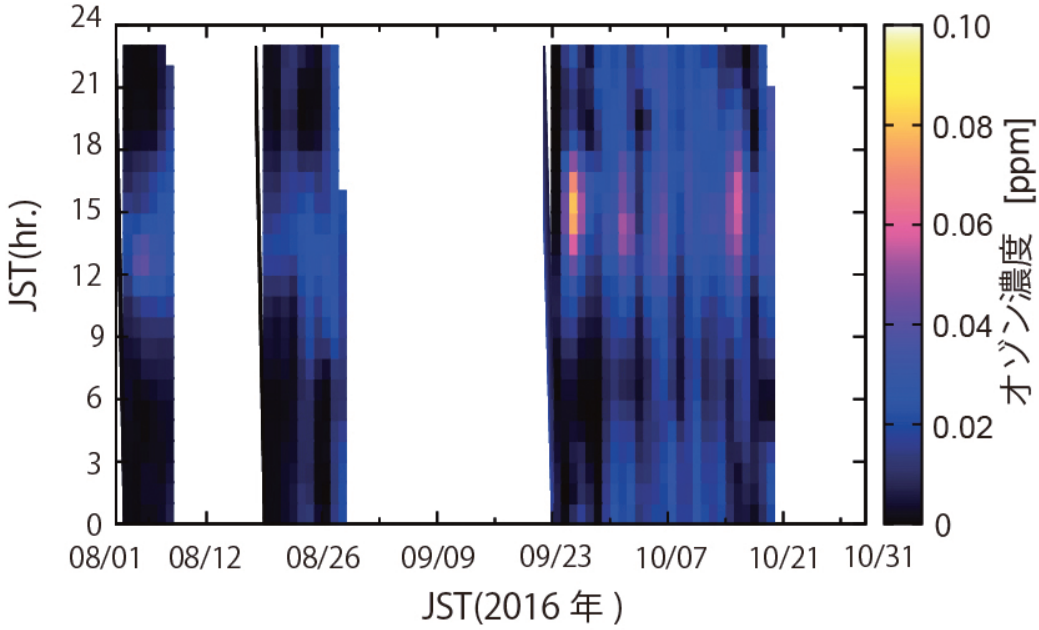

図 2.　観測期間中（2016 年 08 月 01 日～ 2016 年 10 月 20 日）のオゾン濃度の日変動のカラー図

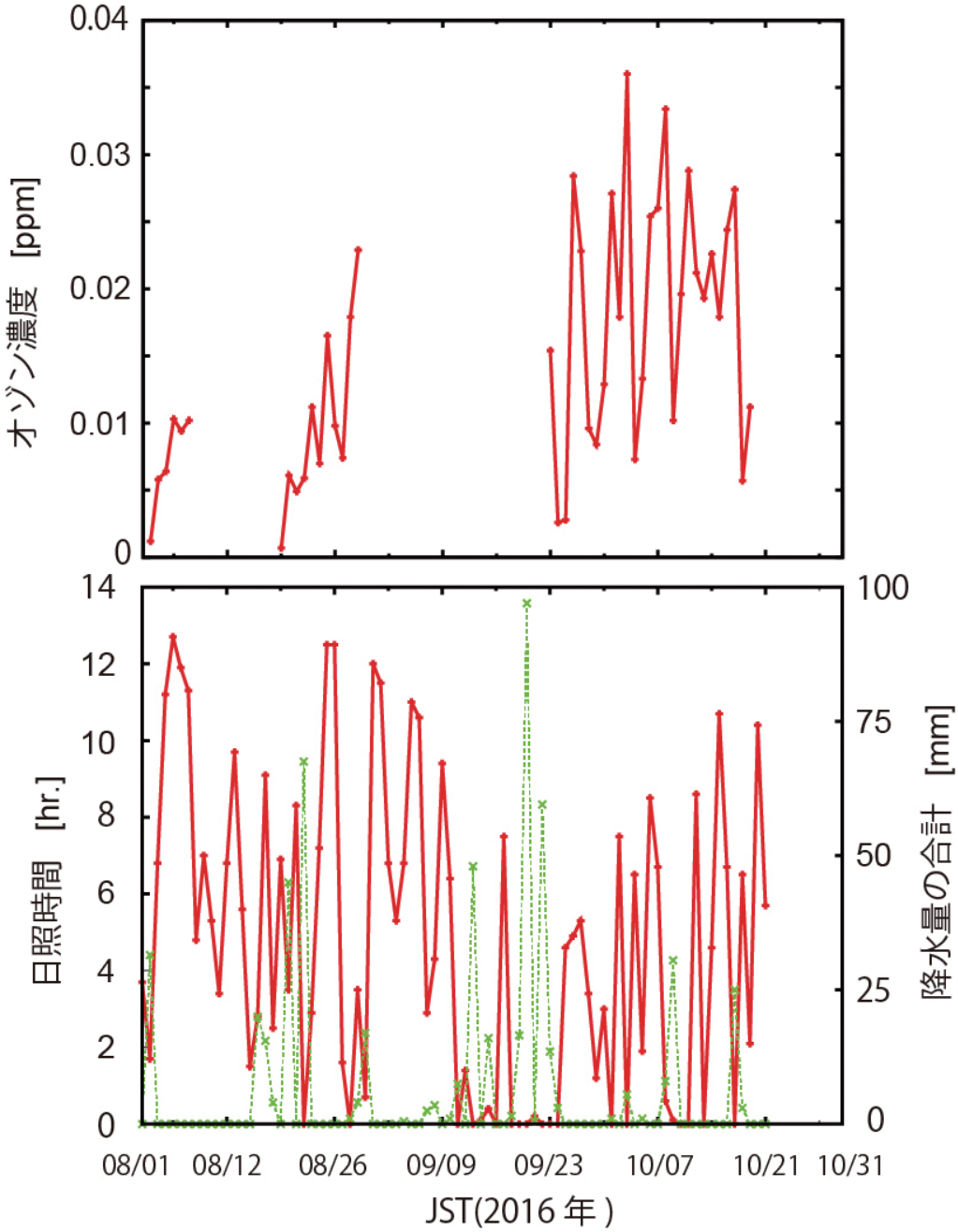

図 3.　オゾン濃度の変動と日照時間、降水量（気象庁江戸川臨海観測所 , 気象庁より）との比較

水量［mm］の観測地点はオゾン濃度観測地点から一番近い気象庁の江戸川臨海観測所（東京都江戸川区臨海町）のデータである。日照時間は1日の日照時間の合計時間であり、降水量は1日の合計降水量である。図3を見る限り、明確な傾向は見えない。

オゾン濃度と太陽光には関連があると期待されるため、オゾン濃度と日照時間の散布図を図4として示す。両者の相関係数は-0.22と相関は見られなかった。これは予想される結果と異なる結果になったが、以下の点が原因と考えられる。

（a）オゾン濃度と日照時間の観測地点が離れている

（b）NOxが少なかった可能性

（a）に関して、日照時間は局所的にかなり変わってくると考えられる。これらを調査するためには、同じ観測地点における日射量の観測が必要である。日照に関しては局地データが重要である一方、雨が降る場合はより広範囲に渡って同条件（日照が無い）と考えられる。図3を見ると、降水量が多い時は比較的低濃度のオゾンが観測されているように見える。

（b）に関して、日射量があったとしてもNOxやラジカルが少なかった可能性がある。これらを明らかにするためには同時にNOxやラジカルを観測する必要がある。NOxは車などの交通量と関連すると考えられる。また、交通量の曜日依存性の可能性を考えると、オゾン濃度にも曜日依存性がある可能性が考えられる。オゾン濃度の曜日依存性を図5に示す。曜日依存性は明らかではないことがわかるが、より長期連続観測をすることで傾向が見られる可能性もあると考える。

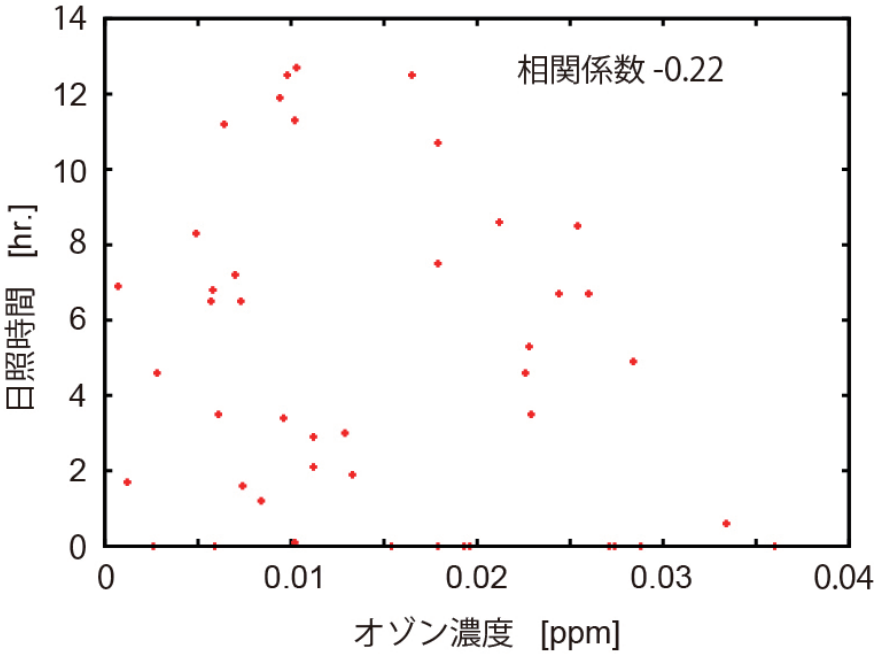

図4.　オゾン濃度と日照時間（気象庁江戸川臨海観測所）の散布図

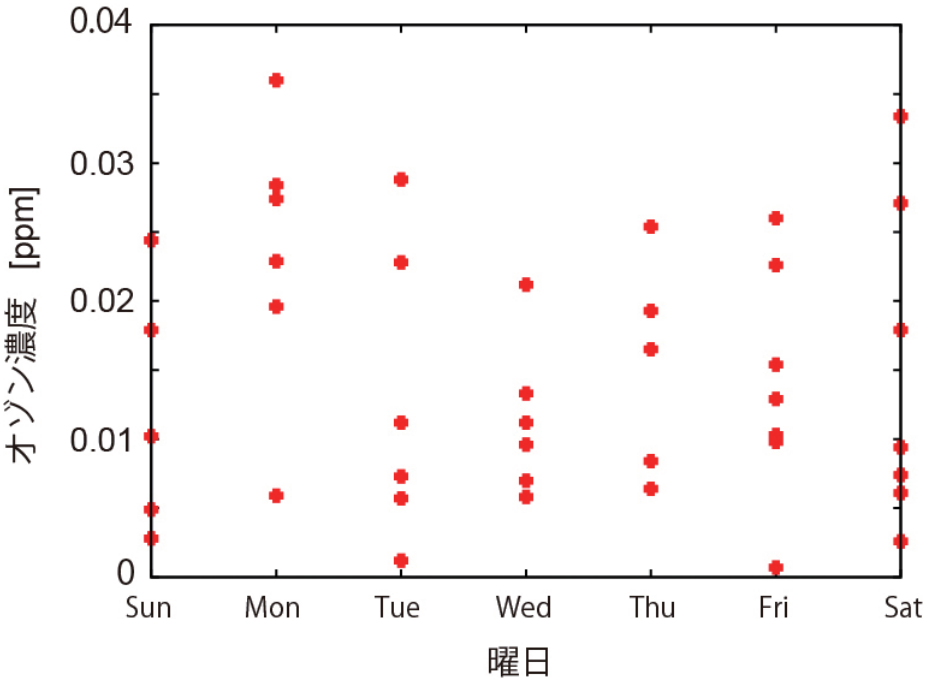

図 5.　オゾン濃度の曜日依存性

4.　まとめ

武蔵野大学有明キャンパス4号館付近のオゾン濃度の測定（観測期間は2016年8～10月）をおこない、その時間変動の初期解析結果を示した。以下の項目を明らかにすることを目的に掲げた。

［A］オゾン濃度の日内変動
［B］オゾン濃度の数ヶ月変動
［C］オゾン濃度と日照時間との関係性
［D］オゾン濃度の曜日依存性

これらに対応する結果は以下の通りである。

［A］日中（12 － 18JST）付近にオゾン濃度のピークが検出された。
［B］8月よりも9,10月の方がオゾン濃度が高かった。
［C］オゾン濃度と日照時間との関係性は明確ではなかった。
［D］オゾン濃度の曜日依存性は見られなかった。

［C］［D］に関しては、日射量、NOxなどの同地点・同時観測が必要であること、またこれらを長期間連続観測する必要性を示唆した。さらにオゾン濃度は季節依存性もあると考えられるため、環境汚染大気のモニタリングという意味でも引き続き定常観測を続ける必要がある。

また、本研究で注目したオゾン濃度の観測は、有明周辺の汚染大気のモニタリングという意義

のみならず、学生教育という側面においても重要であると考える。具体的には、観測体験・解析手法・環境問題への意識向上、などが考えられる。

謝辞

江戸川臨海観測所の日照時間と降水量のデータは気象庁（http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php）より取得した。

参考文献

［1］A. SeppäLä, C.E. Randall, M.A. Clilverd, E. Rozanov, and C. J. Rodger, Geomagnetic activity and polar surface air temperature variability, J. Geophys. Res., doi: 10.1029/2008JA014029, 2009.

［2］大気汚染監視用オゾン濃度測定装置 APOA-370 オペレーションマニュアル，堀場製作所，Dec., 2015.