

島しょ部大気環境データの解析

2018年12月17日

東京都環境局環境改善部

1. 背景と本調査の目的

光化学オキシダント（Ox）の季節的な特徴を考察するため、暖候期（4～9月）における都内一般環境大気測定局の日内変動を整理した。その結果、春季、夏季共に Ox 濃度が日中に上昇することが確認され、局所的に存在する原因物質が光化学反応により Ox を生成すると考えられた。また、日内変動の下限値や夜間濃度はどの月も上昇傾向にあり、NO タイトレーション効果（NO が Ox と反応して NO₂ となり Ox を減少させる効果）の低下が主な原因であると示唆された。一方、広域的なバックグラウンド濃度の影響も濃度変動の要因である可能性がある。

そこで、都市域における日中の濃度上昇の影響を切り分け、広域的なバックグラウンド濃度の影響等を考察するため、島しょ部等におけるデータ解析を実施した。また、都内バックグラウンドの考察に当たって、関東近隣に位置する八丈島の調査結果を用いて、バックグラウンド濃度等の試算を行った。

2. 解析方法

2.1. 測定地点

東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）における遠隔地点に分類された測定地点 6 地点及び八丈島 1 地点（詳細は表 1 及び図 1 の通り）。

表 1 島しょ部データ解析に用いた測定地点等

調査 No	測定地点	調査機関	地域区分	分類
1	利尻	EANET	北海道	遠隔
2	小笠原	EANET	太平洋側	遠隔
3	佐渡関岬	EANET	本州中北部日本海側	遠隔
4	八方尾根	EANET	本州中北部日本海側	遠隔
5	隠岐	EANET	山陰	遠隔
6	辺戸岬	EANET	南西諸島	遠隔
7	八丈島	東京都環境科学研究所	太平洋側	その他



図 1 島しょ部データ解析に用いた測定地点

2.2. 解析期間

2001 年度～2016 年度（八丈島においては、2014 年度～2016 年度の夏季及び春季）

2.3. 解析方法

O_x について、EANET 測定地点における以下の項目の経年変化及び日内変動を整理するとともに、東京都一般環境大気測定局の平均値との比較を行った。また、八丈島調査期間における日内変動を整理し、バックグラウンド濃度の考察を行った。

- (1) 年平均値（昼間 5-20 時）
- (2) 年間 4 番目に高い日最高 8 時間値の 3 年移動平均
- (3) 日内変動

3. 結果及び考察

3.1. 経年変化

- (1) 年平均値（昼間 5-20 時）

各測定地点の O_x 年平均値（昼間 5-20 時）の経年変化を図 2 に示す。東京都平均値では微増傾向となり、島しょ部等では山陰に位置する隠岐では微増傾向となった一方、八方尾根では低下傾向となった。島しょ部全体でみると、明確な上昇または低下といった共通の傾向は確認されなかった。また、島しょ部等における年平均値は東京都平均よりも高い傾向にあった。

一方、ポテンシャルオゾン（PO）¹の年平均値（昼間 5-20 時）の経年変化では、東京都平均は O_x と異なり微減傾向にあり、島しょ部等では O_x と同様に、山陰に位置する隠岐では微増傾向となった一方、八方尾根では低下傾向を示した。島しょ部全体でみると、明確な上昇または低下といった共通の傾向は確認されなかった。また、島しょ部等と東京都平均の PO は同程度の濃度であり、島しょ部等では O_x と PO は同程度の濃度レベルであった（図 3）。

島しょ部等では近傍に発生源がなく、NO_x 濃度が低濃度となるため、O_x と PO は同程度となる一方、東京都では自動車や工場等の排出により一定程度の NO_x が存在するため、NO のタイトレーション効果により、PO 濃度は O_x 濃度より高い傾向となると考えられる。島しょ部等と東京都における O_x を考察する場合、島しょ部等では O_x、東京都では PO で比較することが妥当であると考え、今後の考察を行った。

¹ ポテンシャルオゾン PO

NO が存在しない場合の実質的なオゾン濃度。NO によるタイトレーション反応の影響を除外して、実質的オゾンに対する光化学オキシダント対策効果の有無を検討するために用いる。NO は、オゾン O₃ と反応して O₃ を減少させる (NO + O₃ → NO₂ + O₂)。O₃ の減少を打ち消すため、次式で定義されるが、α は日本で推定されてきた一般的な値である「0.1」を用いた。

$$PO = [O_3] + [NO_2] - \alpha \times [NO_x]$$

α : 一次排出 NO_x 中の NO₂ の比率

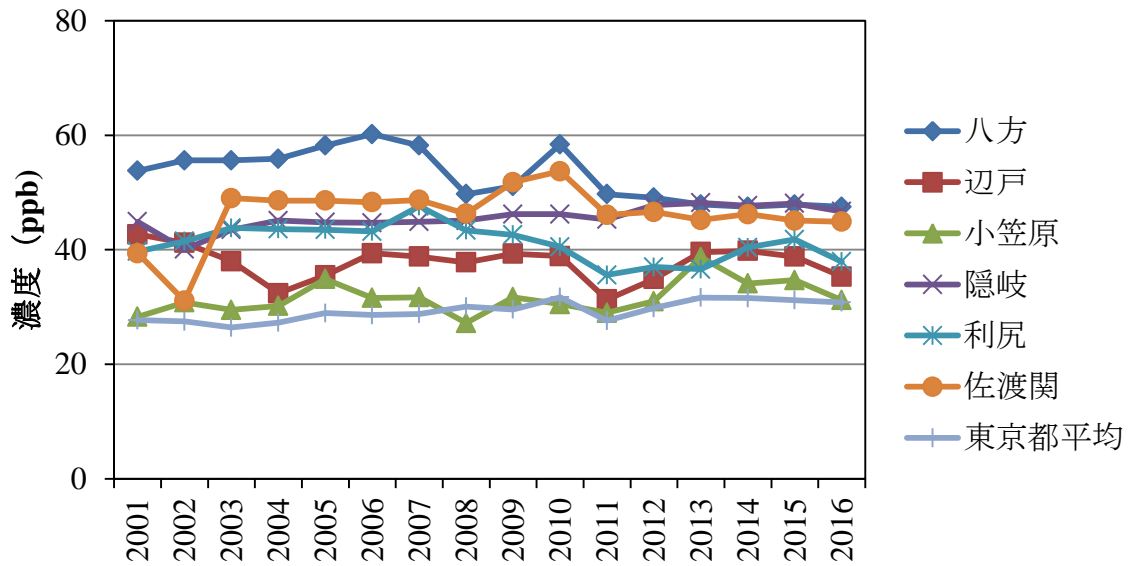


図 2 島しょ部等における Ox 年平均値 (昼間 5-20 時)

東京都平均は東京都内の一般環境大気測定局の平均値

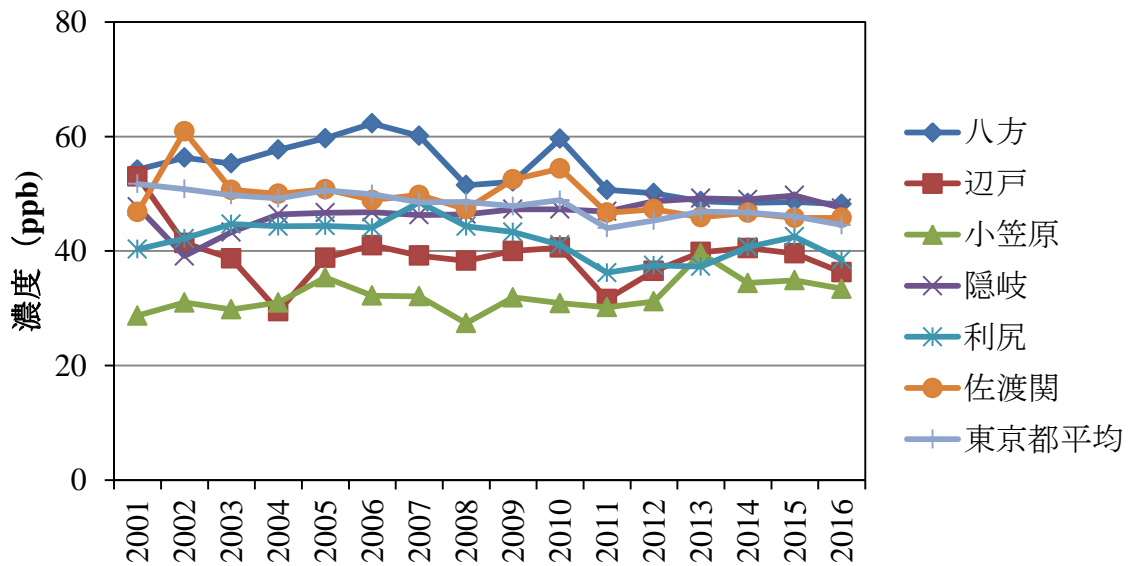


図 3 島しょ部等における PO 年平均値 (昼間 5-20 時)

東京都平均は東京都内の一般環境大気測定局の平均値

(2) 年間4番目に高い日最高8時間値の3年移動平均

年間4番目に高い日最高8時間値の3年移動平均の経年変化では、東京都平均値では低下傾向を示す一方、島しょ部等では明確な上昇または低下傾向は確認されなかった(図4)。

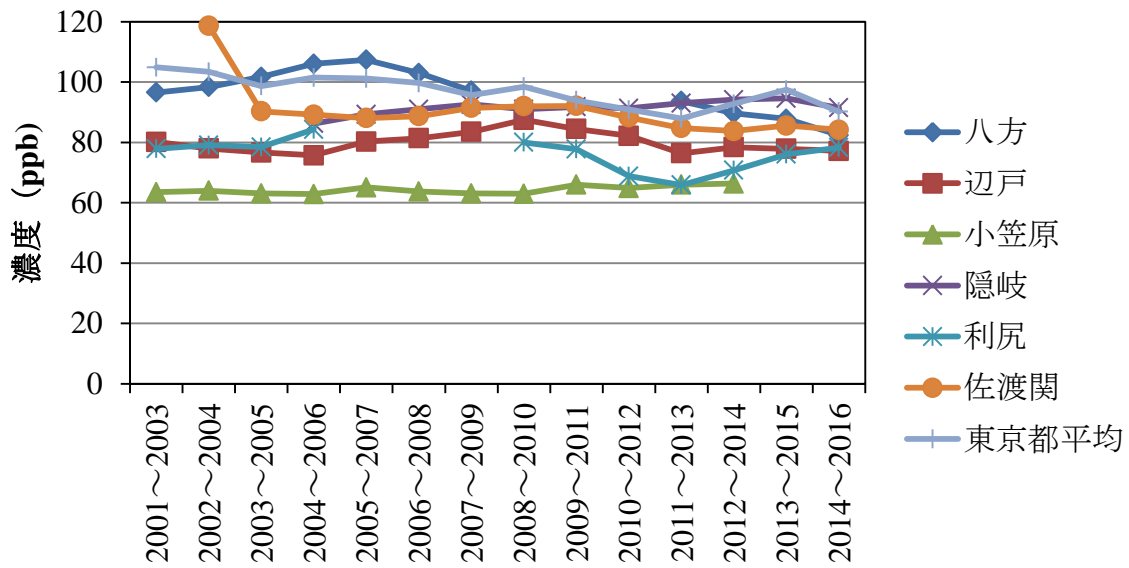


図4 島しょ部等における年間4番目に高い日最高8時間値の3年移動平均の経年変化

東京都平均は東京都内の一般環境大気測定局の平均値

データの空欄は、欠測等により有効日数が足りなかったため。

3.2. 日内変動

各調査地点における Ox の日内変動を図 5～図 6 に示す。小笠原及び隠岐のみ示し、その他の島しょ部等の日内変動は参考図 1～参考図 4 に示した。島しょ部等では、東京都の日内変動で見られた「早朝から 14～15 時まで濃度が上昇し、翌日の明け方にかけて低下する」ような傾向は見られず、一定の濃度推移が確認された。島しょ部等では、都内と異なり近傍に発生源が存在しないため、局所的に存在する原因物質の光化学反応による Ox 生成は見られないと考えられる。

日内変動の最小値（島しょ部等では変動がないため平均値として扱う）では、夏季よりも春季で高くなる傾向は東京の Ox 日内変動の最小値と同様であった。島しょ部等では、太平洋側に位置する辺戸、小笠原における Ox 濃度は低く、日本海側に位置する隠岐、佐渡関、八方等における Ox 濃度は太平洋側よりも高い傾向にあった。日本海側の遠隔測定地点では、国内外を含む何らかの汚染排出による気塊の影響を受けていると考えられる。

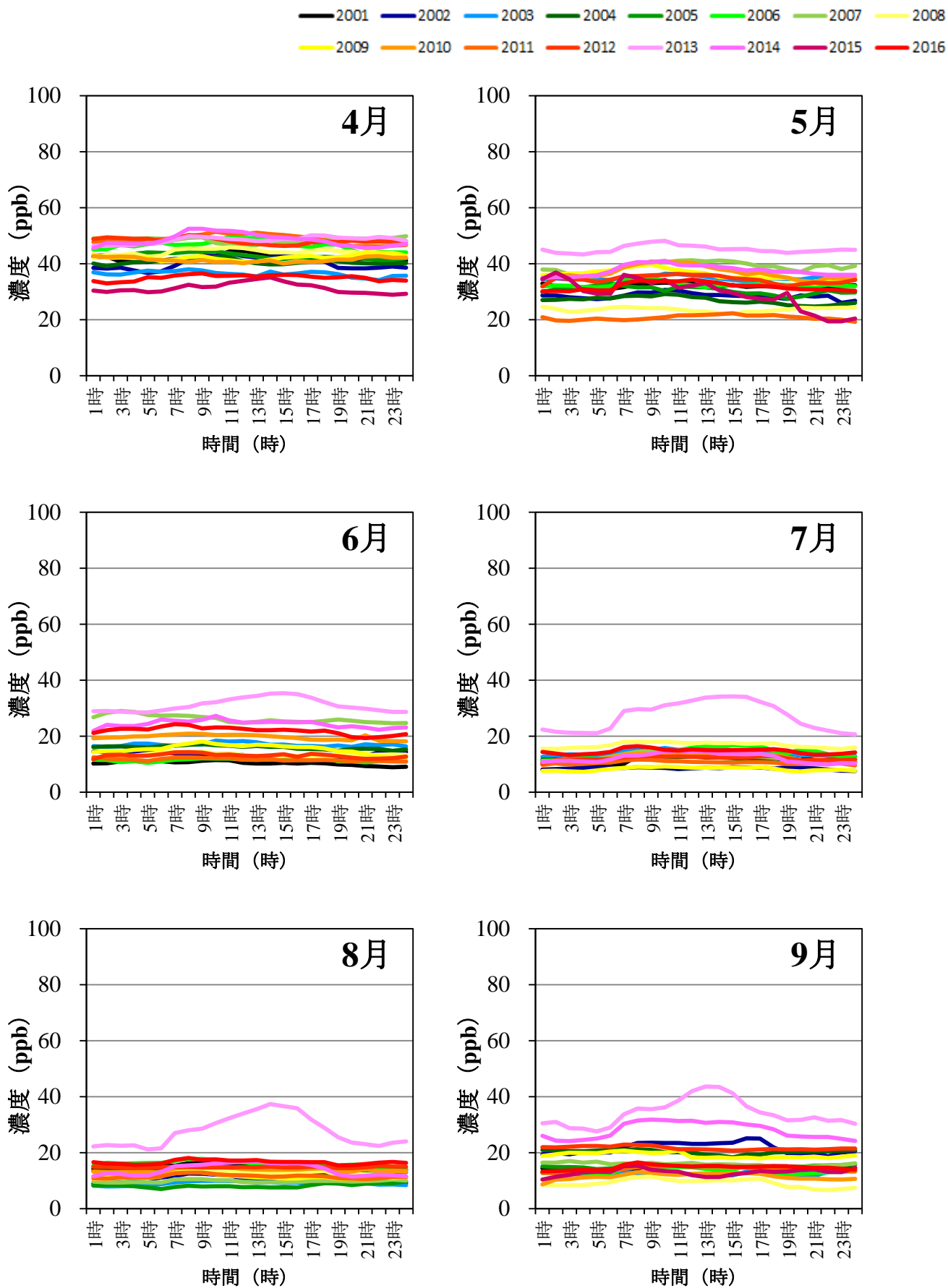


図 5 島しょ部等における O_x 日内変動 (4-9月) 小笠原

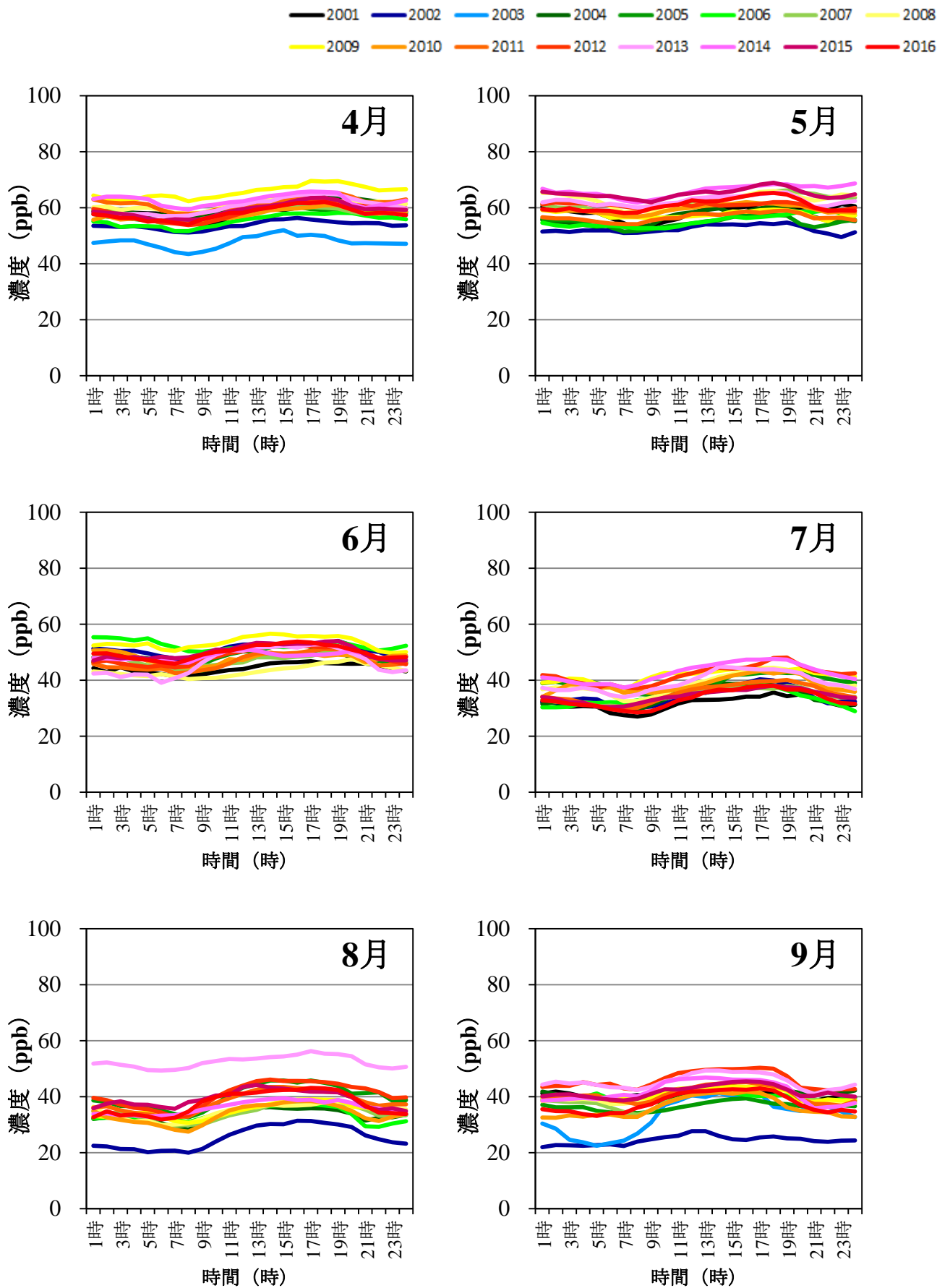


図 6 島しょ部等における Ox 日内変動 (4-9月) 隠岐

3.3. 八丈島における O_x

(1) 概要

上記解析では、日本海側の島しょ部等における O_x は太平洋側の島しょ部等よりも濃度が高い傾向にあり、小笠原等の測定地点は全球的なバックグラウンド濃度の影響考察には適していると考えられる。しかし、都内バックグラウンド濃度を考察するには、地点間の距離が離れすぎている点に注意が必要である。

そこで、広域移流の影響は関東地域と同様に受けるが、都市域での排出、生成の影響を受けにくい東京都八丈島における観測結果を用いて、東京都内濃度との比較やバックグラウンド濃度の考察を行った。

(2) 解析期間（八丈島調査年度）

2014年7月23日14時～9月24日14時

2015年7月3日11時～10月9日10時

2016年3月17日12時～2016年9月22日10時

(3) 日内変動

各月の八丈島及び EANET 測定地点の O_x 、東京都平均 PO の日内変動を図 7～図 8 に示す。八丈島においても、EANET 遠隔測定地点と同様に日中での濃度上昇は確認されず、局所的な O_x 生成の影響は小さいと考えられる。東京都における日内変動 PO 濃度の最小値は、春季、夏季共に小笠原、辺戸、八丈島の O_x 日平均値と同程度の濃度であり、八丈島における日内変動の O_x 平均値は夏季よりも春季で高かった。

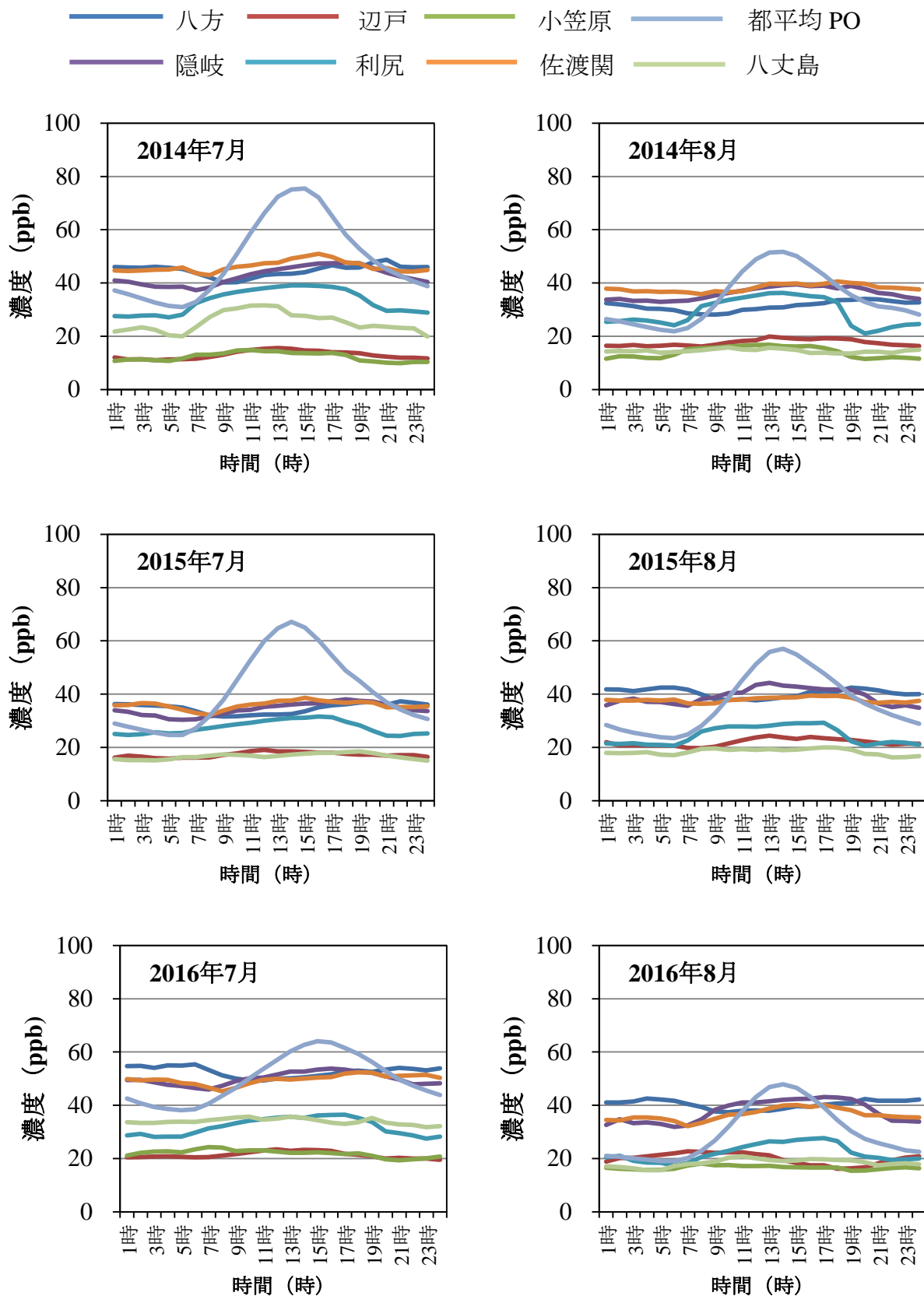


図 7 八丈島調査年度における八丈島 Ox、EANET 測定地点 Ox、東京都平均 PO の日内変動 (7 月、8 月 (2014-2016))

左図：7 月、右図：8 月

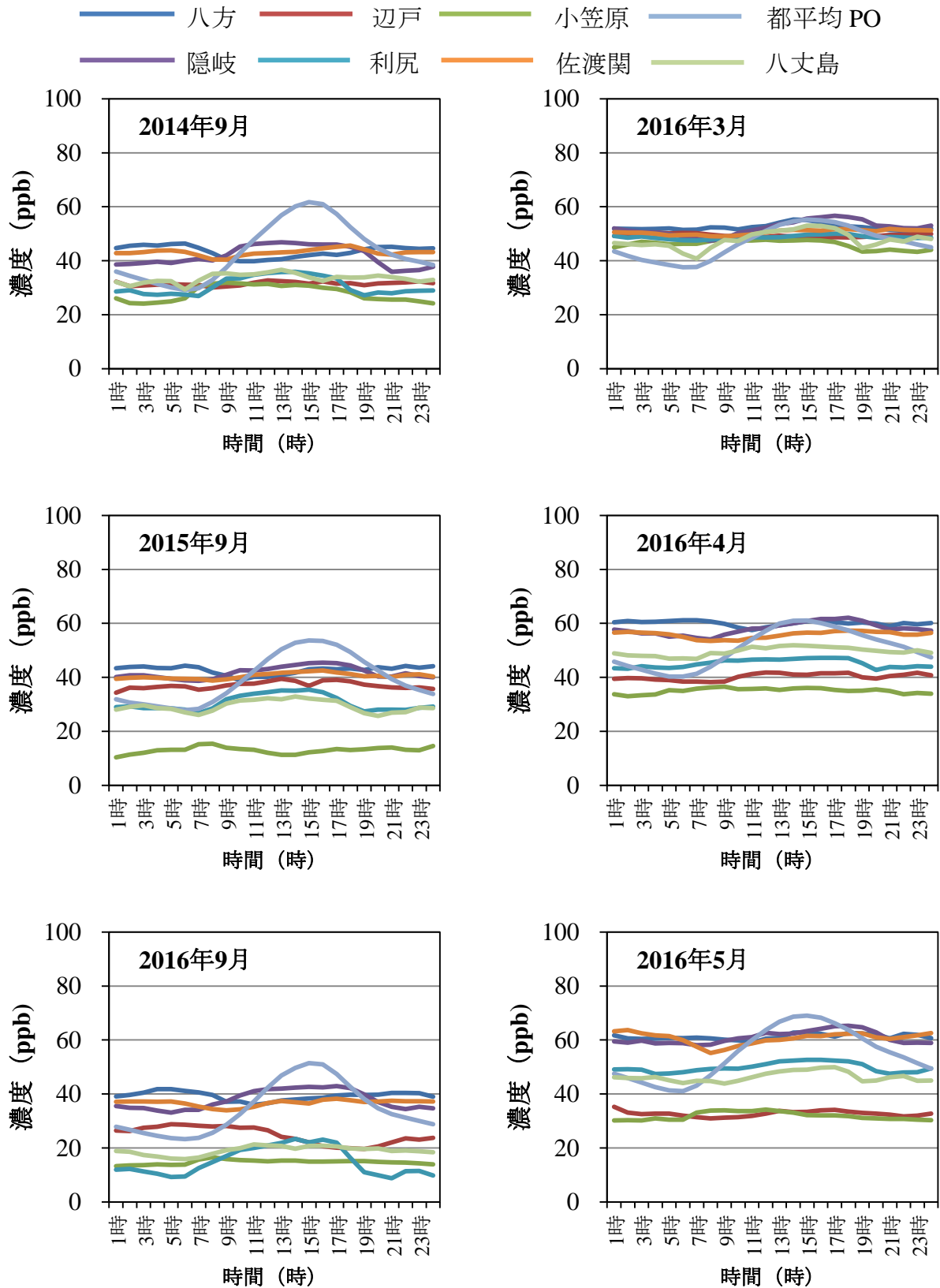


図 8 八丈島調査年度における八丈島 Ox、EANET 測定地点 Ox、東京都平均 PO の日内変動 (9月 (2014-2015)、春季 (2016年 3,4,5月))
 左図: 9月、右図 3,4,5月 (2016年)

(1) バックグラウンド濃度の推定

東京都における日内変動の PO 濃度の最小値が八丈島の日平均値と同程度であったことから、東京都平均 PO 濃度と八丈島の Ox 濃度変動の結果から都内 Ox バックグラウンド濃度の推計を試みた。推計に当たっては、バックグラウンド濃度、域内生成濃度を以下のように仮定して算出した (図 9)。

- ・ バックグラウンド濃度 : [八丈島 Ox 日平均値]
- ・ 域内生成濃度 : [都内日内変動 PO 最大値] - [八丈島 Ox 日平均値]

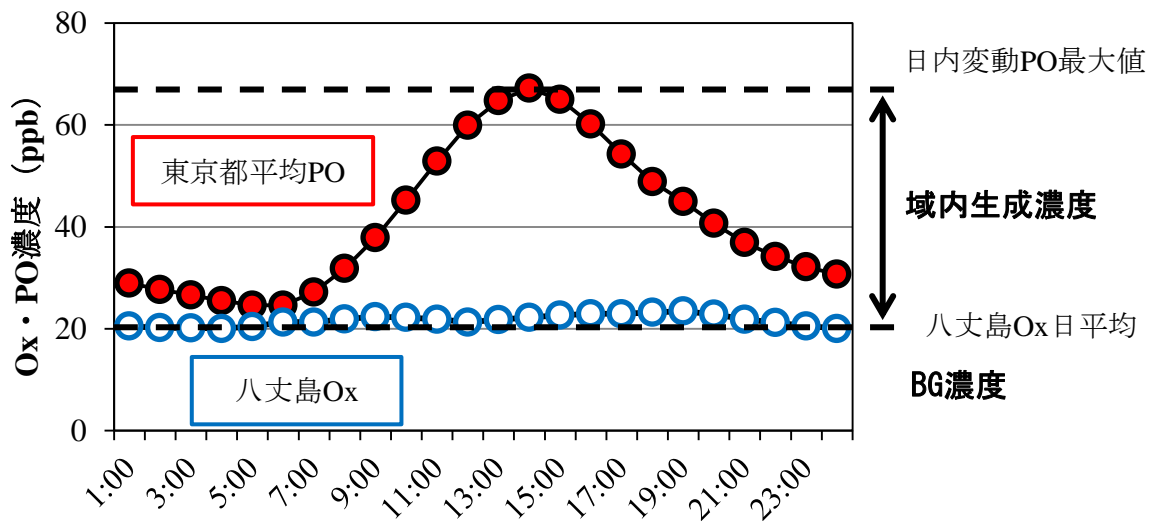


図 9 都内 Ox バックグラウンド濃度、域内生成濃度の算出イメージ

バックグラウンド濃度、域内生成濃度を図 10 に示す。各月のバックグラウンド濃度の経年の変動は小さく、夏季では約 20 ppb、春季では約 50 ppb となり、季節によってバックグラウンド濃度の違いがみられた。また、光化学スモッグ注意報発令日が確認されるような夏季では生成濃度が高くなる傾向が見られた。Ox 高濃度時では、バックグラウンド濃度の影響も一定程度あるものの、域内の生成濃度の影響が大きいと考えられる。

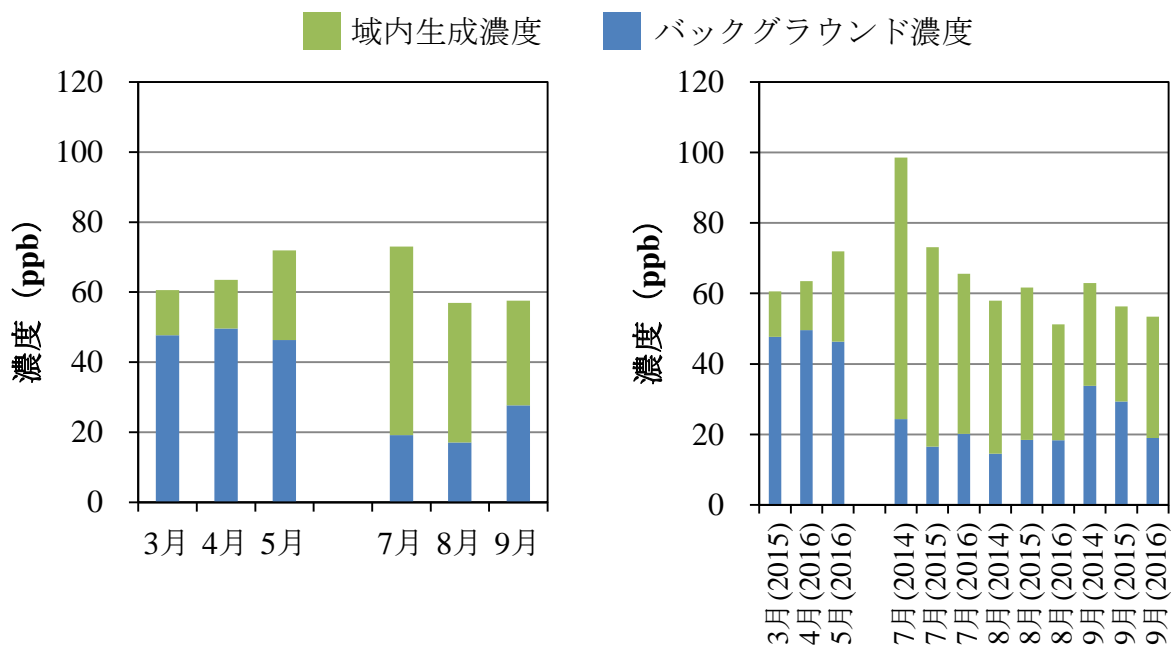
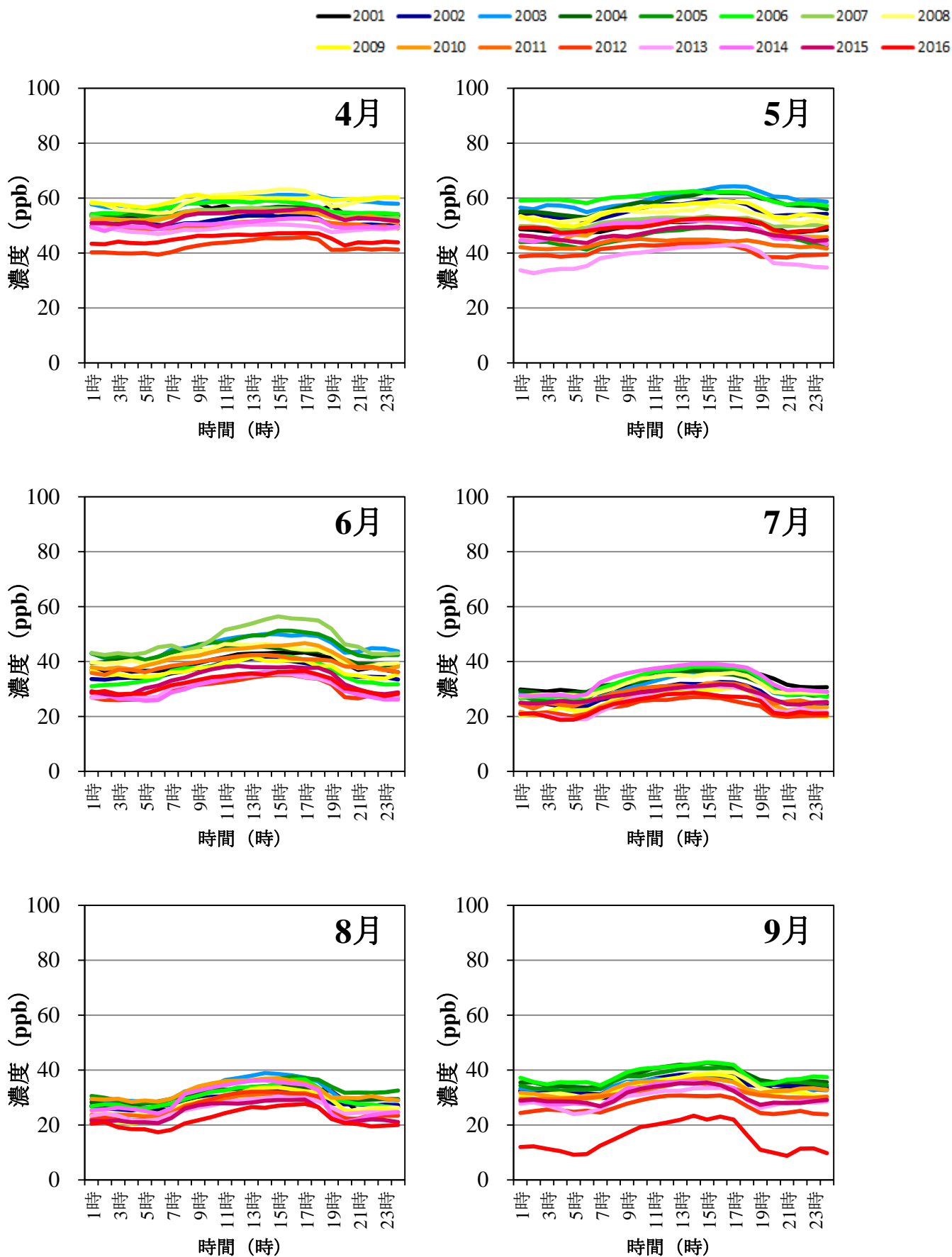


図 10 八丈島調査結果から求めたバックグラウンド濃度、域内生成濃度
域内生成濃度は、都内 PO 濃度から算出していること留意する必要がある。

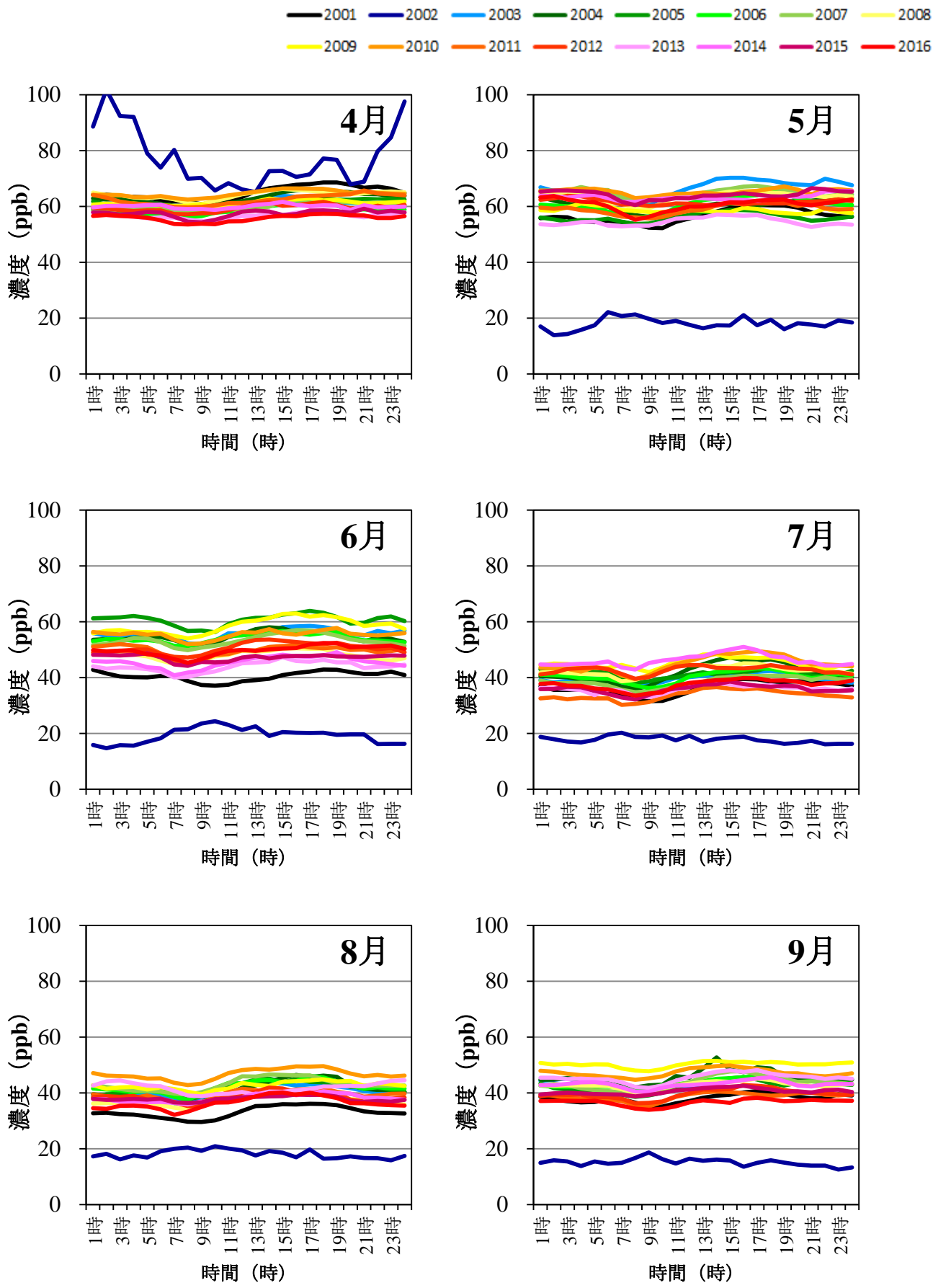
4. まとめ

島しょ部等における本データ解析結果のまとめを以下に示す。

- ・ 島しょ部等との Ox 濃度の考察に当たっては、都内では PO 濃度での評価が妥当であると考えられた。
- ・ 日本海側に位置する隠岐等の Ox 濃度は、太平洋側に位置する小笠原等の Ox 濃度よりも高い傾向にあり、日本海側に位置する島しょ部等では、ローカル発生源以外の影響が考えられた。
- ・ 都内日内変動 PO の最小値は八丈島と同程度であった。
- ・ 八丈島 Ox と都内 PO を用いた都内バックグラウンド濃度の考察を行ったところ、都内バックグラウンド濃度の試算では、夏季で約 20 ppb、春季で約 50 ppb となり、季節間で違いがみられた。
- ・ Ox 高濃度時が確認される夏季において、域内生成濃度の影響が大きくなったことから、都内における Ox 高濃度時は、関東域内における局所的な生成の影響が示唆された。

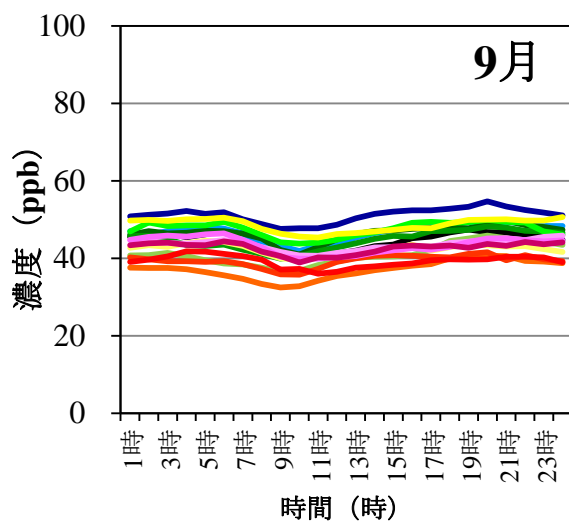
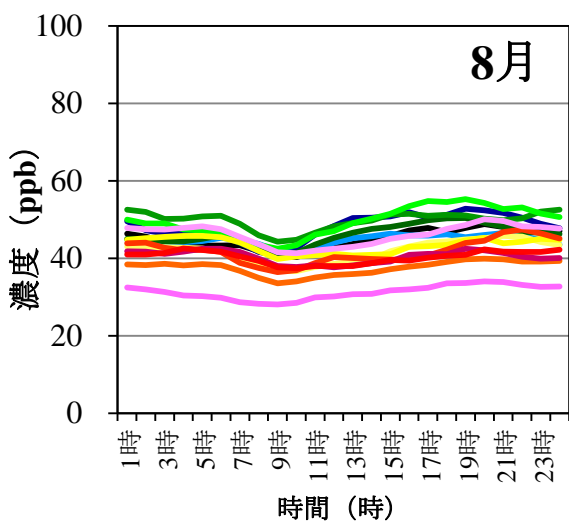
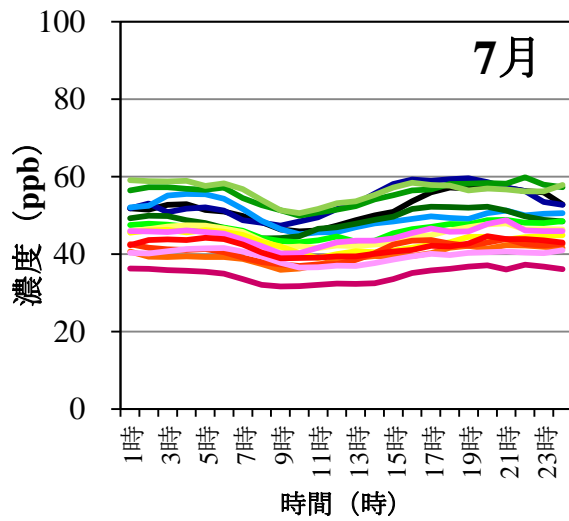
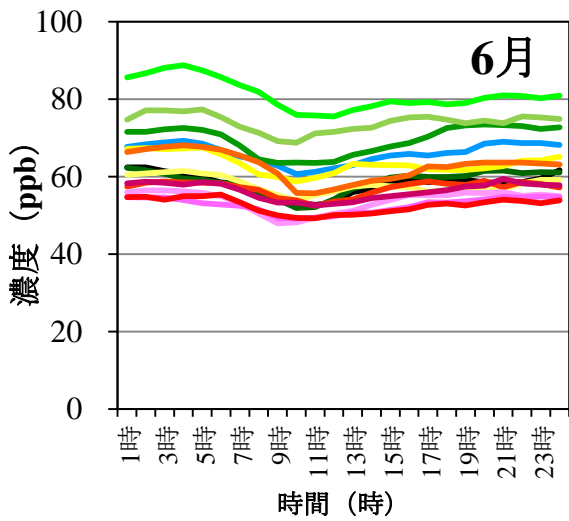
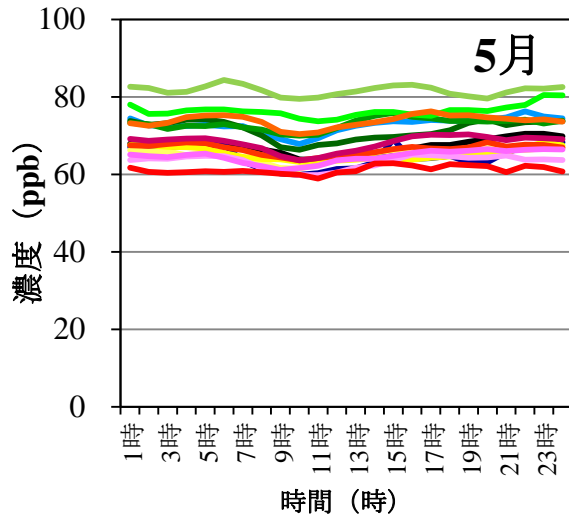
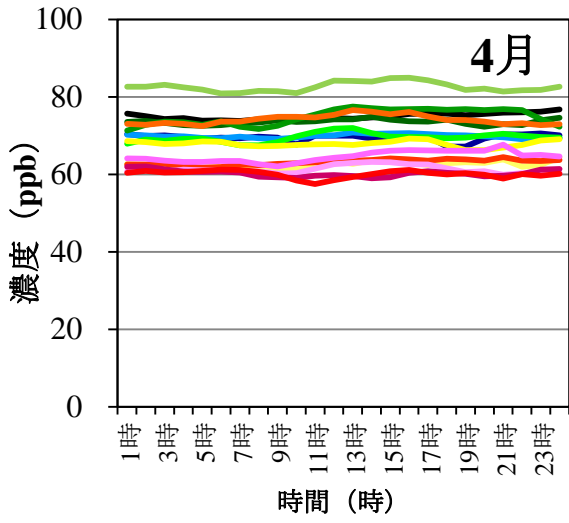


参考図 1 島しょ部等における Ox 日内変動 (4-9月) 利尻

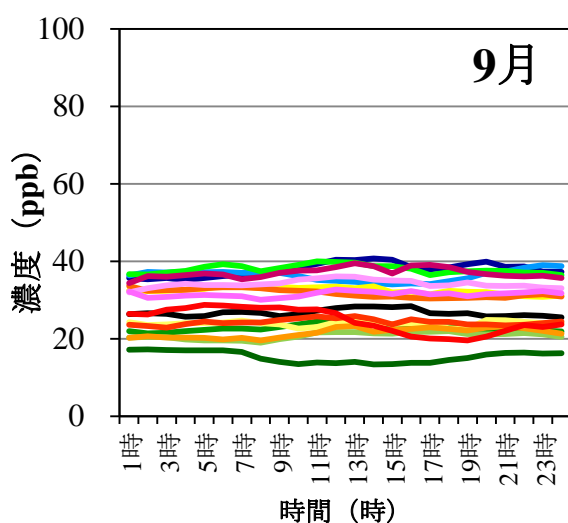
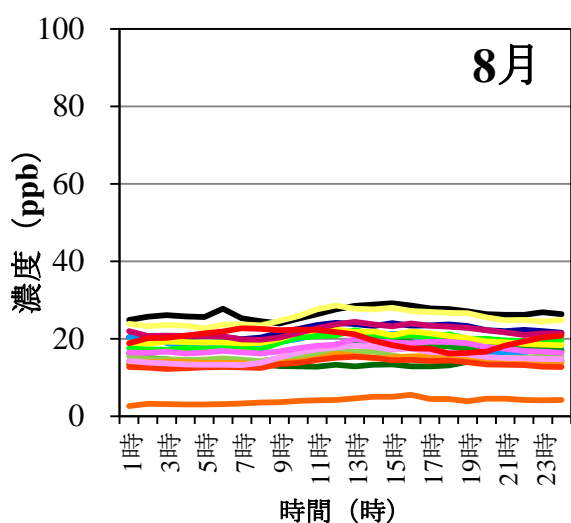
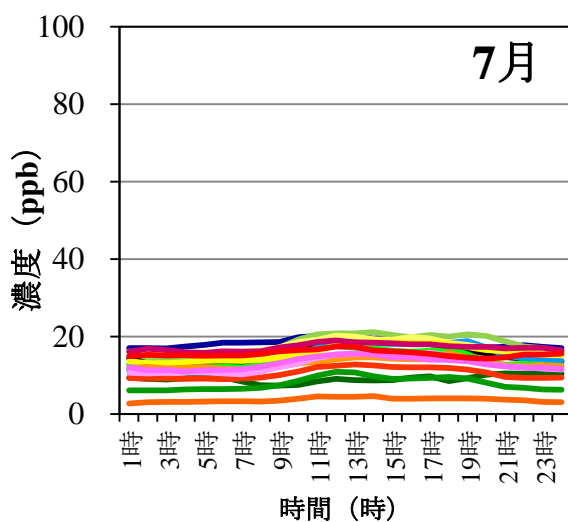
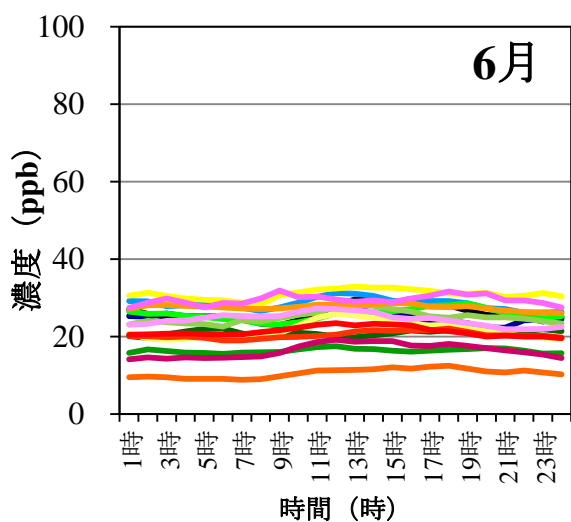
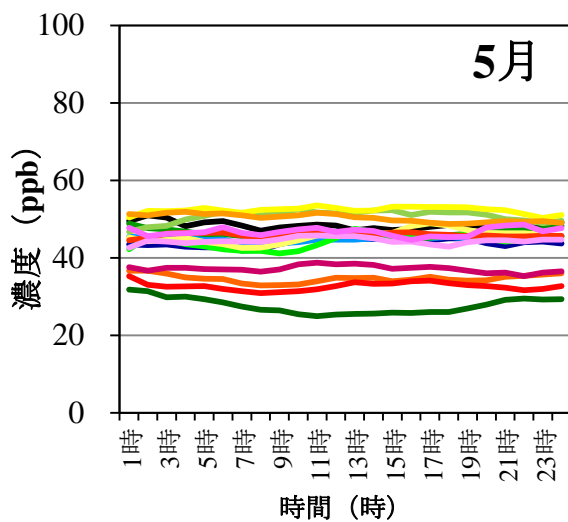
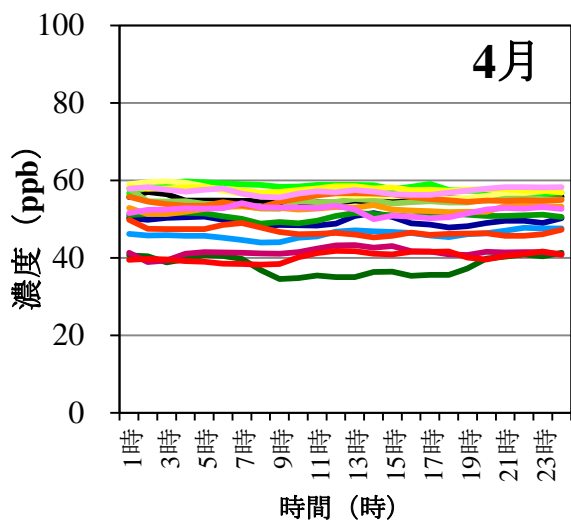


参考図 2 島しょ部等におけるOx日内変動(4-9月)佐渡関岬

— 2001 — 2002 — 2003 — 2004 — 2005 — 2006 — 2007 — 2008
 — 2009 — 2010 — 2011 — 2012 — 2013 — 2014 — 2015 — 2016



参考図 3 島しょ部等における O₃ 日内変動 (4-9月) 八方尾根



参考図 4 島しょ部等における O₃ 日内変動 (4-9月) 辺戸岬