

シミュレーションを用いた解析結果

- 1.シミュレーションの条件設定
 - 1.1.シミュレーションの条件設定
 - 1.2.境界条件の設定
- 2.排出インベントリデータの整理
 - 2.1.インベントリデータの整理方法
 - 2.2.東アジアの発生源インベントリデータの整理
 - 2.3.国内の発生源インベントリデータの整理
- 3.モデルのバリデーション
 - 3.1.遠隔地モニタリングデータを用いたバリデーション（東アジア領域対象）
 - 3.2.気象モデルの精度検証（関東地域対象）
 - 3.3.大気質モデルの精度検証（関東地域対象）
 - 3.4.オキシダント濃度の長期トレンドの再現精度の検証（関東地域対象）
- 4.今後の解析について

1. シミュレーションの条件設定

1.1. シミュレーションの条件設定

気象モデルとして WRFv3.5.1 を、化学輸送モデルとして CMAQv4.7.1 を用いた。60km 格子の東アジア領域、10km 格子の関東および九州領域は、図 1-1、図 1-3 および図 1-4 に示すような範囲とした。また、図 1-2 に示すように、設定した領域は、東アジアにおいて排出量の多い地域をカバーしていることが分かる。詳細な設定条件については、参考資料 4 に示した。

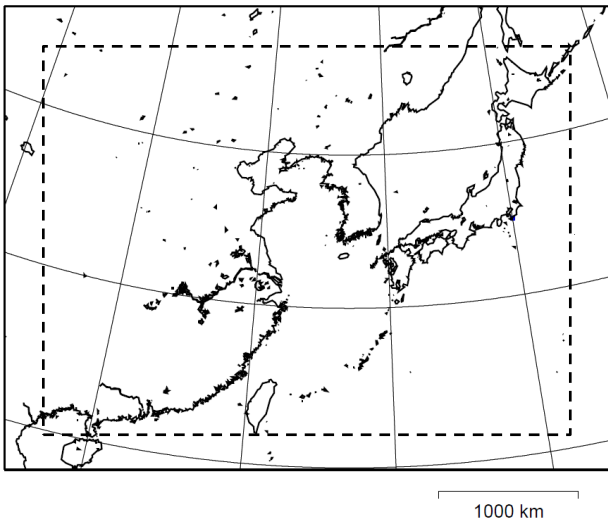


図 1-1 東アジア領域

(実線は WRF 計算領域、破線は CMAQ 計算領域)

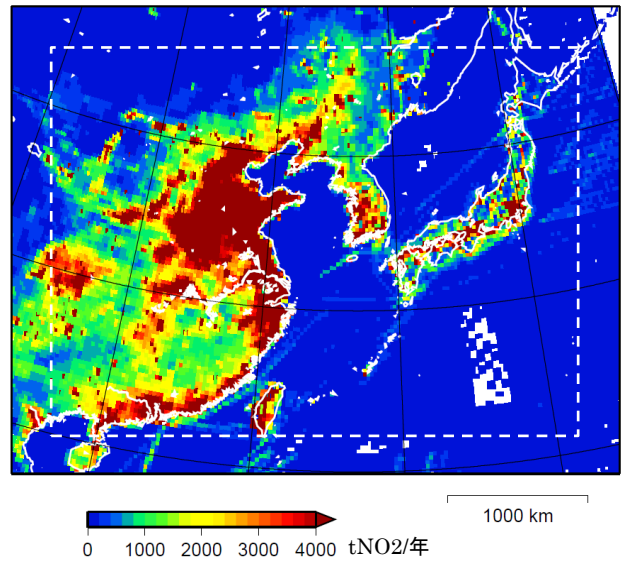


図 1-2 東アジア領域(案)の NOx 排出量分布

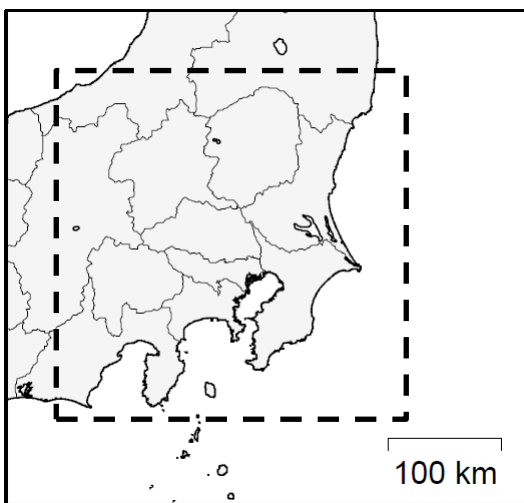


図 1-3 関東領域

(実線は WRF 計算領域、破線は CMAQ 計算領域)

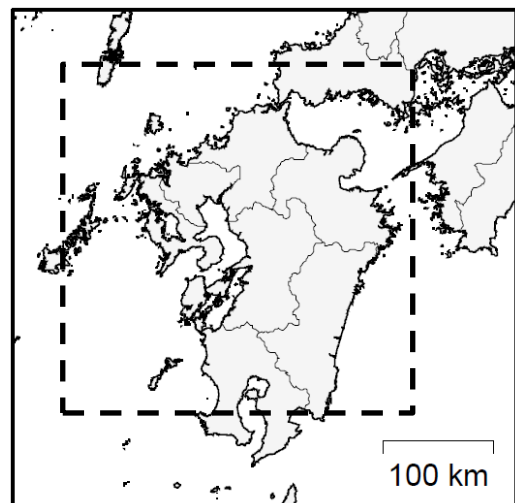


図 1-4 九州領域

(実線は WRF 計算領域、破線は CMAQ 計算領域)

1.2. 境界条件の設定

東アジア領域の境界値として、全球化学輸送モデル MOZART-4 による出力値を用いた。データの整備状況から表 1-1 に示すような方法で境界値を設定した。

表 1-1 MOZART-4 による境界値の設定方法

| 期間 | 設定方法 |
|-------------|--------------------------|
| 2001～2002 年 | 2003 年の各月の平均値を対象期間の各月に適用 |
| 2003～2006 年 | MOZART-4/NCEP による出力値を適用 |
| 2007～2010 年 | MOZART-4/GEOS5 による出力値を適用 |

2. 排出インベントリデータの整理

2.1. インベントリデータの整理方法

インベントリデータは、適切な指標を用いることによって、計算対象期間である 2001～2010 年のそれぞれの年に対して月別・時刻別に整理した。

2.2. 東アジアの発生源インベントリデータの整理

東アジアの人為起源の発生源インベントリデータとして、REAS 2.1 を用いた。REAS 2.1 は 2000～2008 年を対象としているため、2009 年および 2010 年については直近の年である 2008 年の排出量を設定した。また、東アジアの植物起源の発生源インベントリデータとして MEGAN を用いた。使用したインベントリで対象としている物質については参考資料 5 に示した。

2.3. 国内の発生源インベントリデータの整理

国内の排出インベントリについては、日本全国を対象として、2 次メッシュ単位 (約 10km メッシュ) で整理を行った。使用した排出量データベースは表 2-1 に示すとおりである。使用したインベントリで対象としている物質および年ごとのインベントリを作成するのに用いた統計指標については参考資料 5 に示した。

表 2-1 使用した国内排出インベントリのデータベース

| 発生源 | 使用したデータベース | 対象年 |
|------|----------------------------|----------------------|
| 船舶 | 海洋政策研究財団作成 DB ¹ | 2010 年 |
| 自動車 | JEI-DB ² | 2000 年、2005 年、2010 年 |
| 上記以外 | JEI-DB ³ | 2000 年、2005 年、2010 年 |

¹ 海洋政策研究財団「平成 24 年度 排出規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書」

² 石油エネルギー技術センター 自動車・新燃料部「JATOP 技術報告書 大気改善研究自動車排出量推計」(平成 24 年 3 月)

³ 石油エネルギー技術センター 自動車・新燃料部「JATOP 技術報告書 大気改善研究自動車以外排出量推計」(平成 24 年 3 月)

3. モデルのバリデーション

3.1. 遠隔地モニタリングデータを用いたバリデーション（東アジア領域対象）

3.1.1. 解析の目的

人為起源の大気汚染物質の影響が小さい地点を対象に、シミュレーションによる大気汚染物質の再現性について把握することを目的とする。

3.1.2. 解析方法

人為起源の大気汚染物質の影響が小さい EANET モニタリングサイトを含む地点(図 3-1)を対象に、 O_3 、 NO_x を対象物質としてシミュレーションの再現性について検討した。具体的には、バリデーション対象地点の計算値と測定値の経過図および散布図を作成した。また、モデルの性能評価でも多く利用されている NB (Normalized Bias)、NGE (Normalized Gross Error)、MPA (Maximum Prediction Accuracy) および相関係数を算出した。

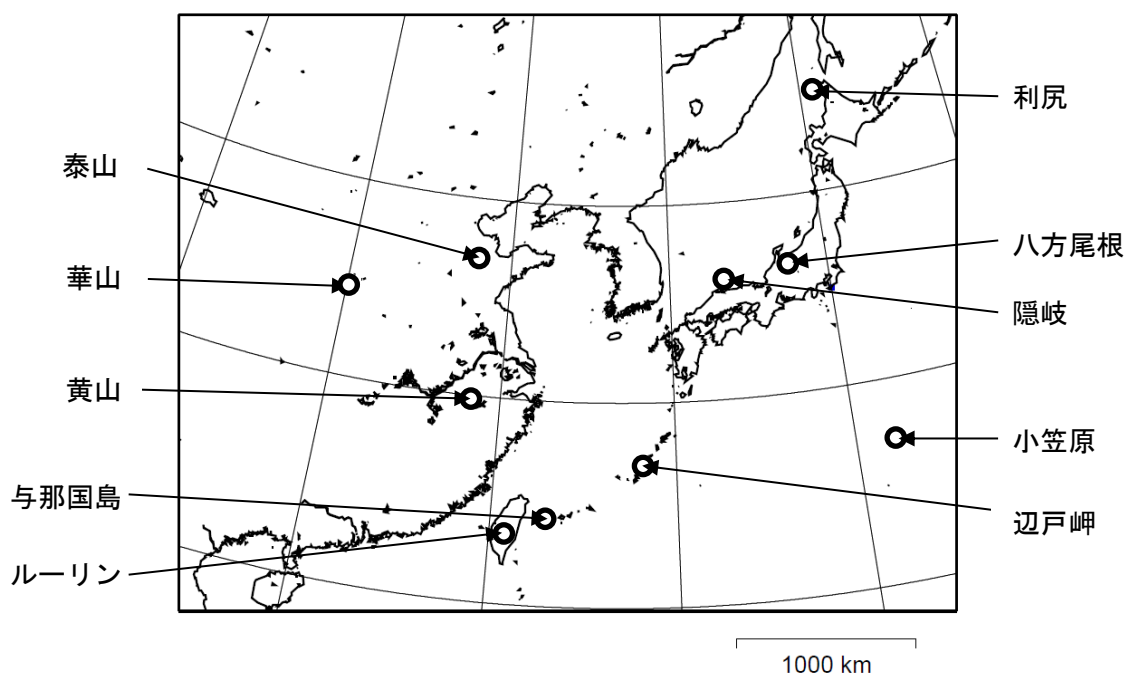


図 3-1 バリデーション対象地点の位置

3.1.3. 解析結果

バリデーション対象地点の計算値と測定値の経過図および NB、NGE、MPA および相関係数について参考資料 6 に示した。

図 3-2～図 3-5 に 2008 年の辺戸、隠岐、小笠原および 2001 年の小笠原の経過図を示す。また、表 3-1 に辺戸および隠岐における計算値および測定値の月平均値を比較した図を示す。また、表 3-2 に 2008 年の精度評価指標による統計値の一覧を示す。

図 3-2 の辺戸は比較的再現性の良好な地点である。一方、図 3-3 の隠岐は期間を通じて計算値が大きい傾向がみられる。図 3-4 と図 3-5 に示した小笠原では、図 3-4 (2008 年) に比べ、図 3-5 (2001 年) の再現性が良くない。これは、2001 および 2002 年の各月の境

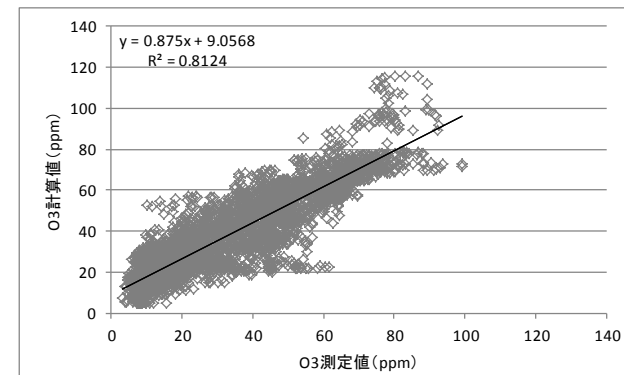
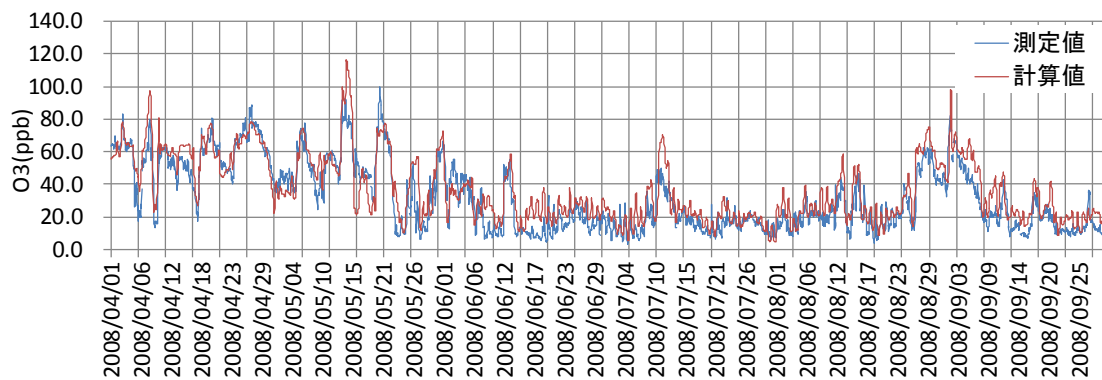
界値データを 2003 年の月平均値としたこと、また、小笠原が境界値に最も近い場所に位置していることが原因であると考えられる。

表 3-1 より、辺戸は 2004 年を除くと、暖候期において平均濃度が高くなる 4～5 月の平均値の再現性は比較的高い。一方、隠岐は、2001～2008 年にかけて計算値の再現性が良くない。全体的に計算値が過大になっており、トレンドを捉えていない。

図 3-6 に、4～6 月、7～9 月および 4～9 月の測定値と平均値について整理したものを示す。図 3-6 から、利尻、小笠原、辺戸岬および与那国の地点については、高濃度となる 4～6 月の O₃ 濃度の再現性は比較的良好であることが分かる。夏季（7～9 月）において O₃ 濃度を過大評価している点、隠岐において計算値が過大になっている点などは、既存の調査結果と同様の傾向である。

表 3-2 より、NB、NGE および MPA といった評価指標による評価では、地点および月ごとに評価結果に差がみられた。評価指標の値が悪くなるのは主にオゾン濃度が低くなる夏季であり、高濃度となる 4～5 月の精度は比較的良好であった。

辺戸 2008年 暖候期 O₃



辺戸 2008年 暖候期 NO_x

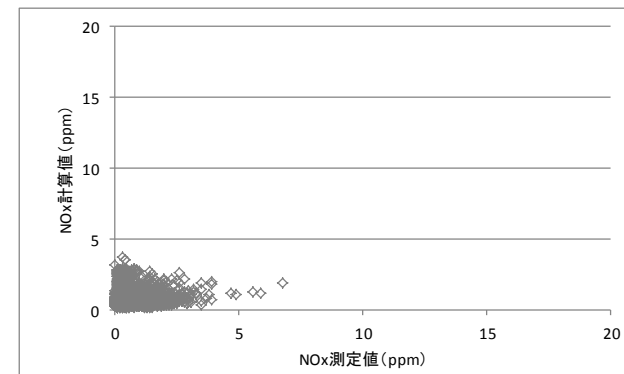
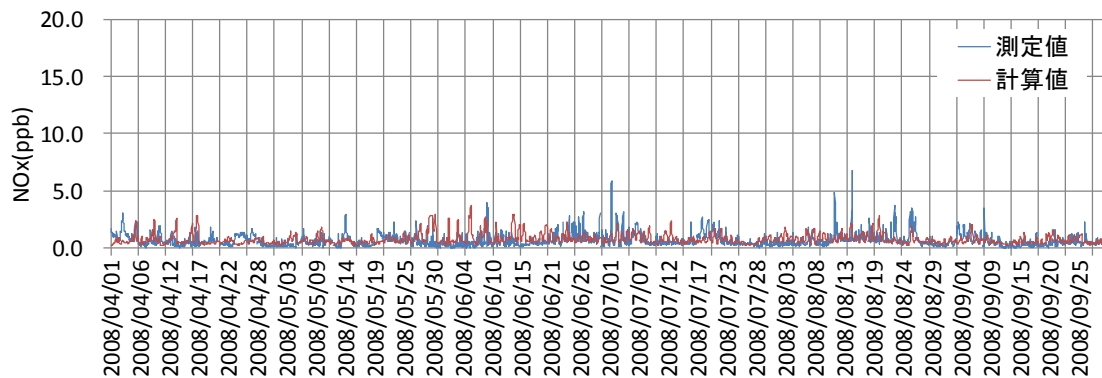
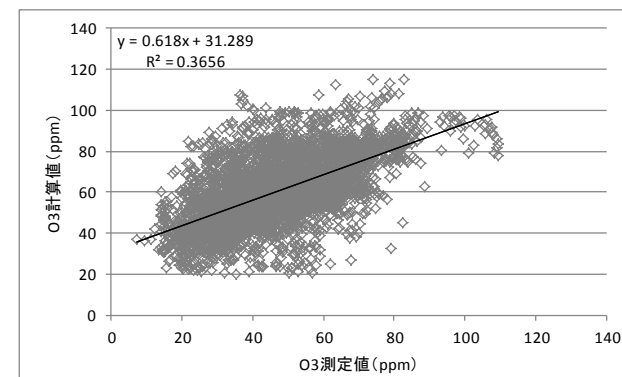
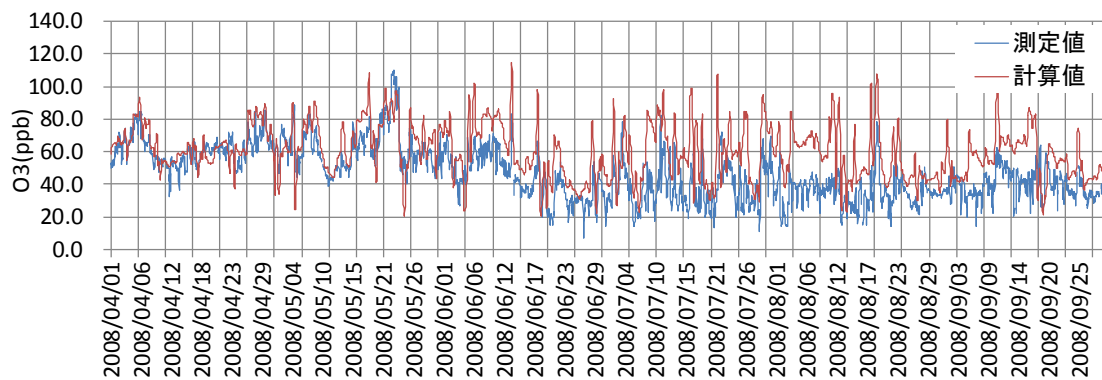


図 3-2 計算結果(2008年暖候期 辺戸)

隱岐 2008年 暖候期 O₃



隱岐 2008年 暖候期 NO_x

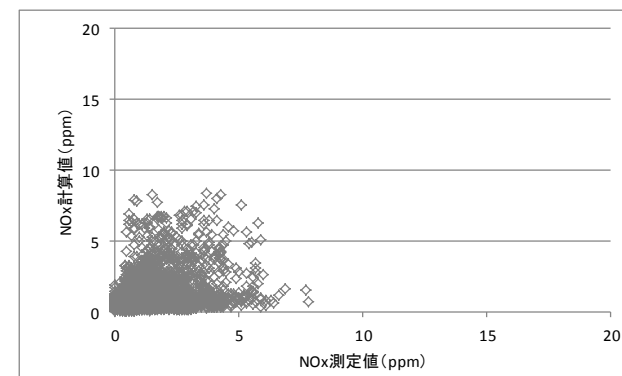
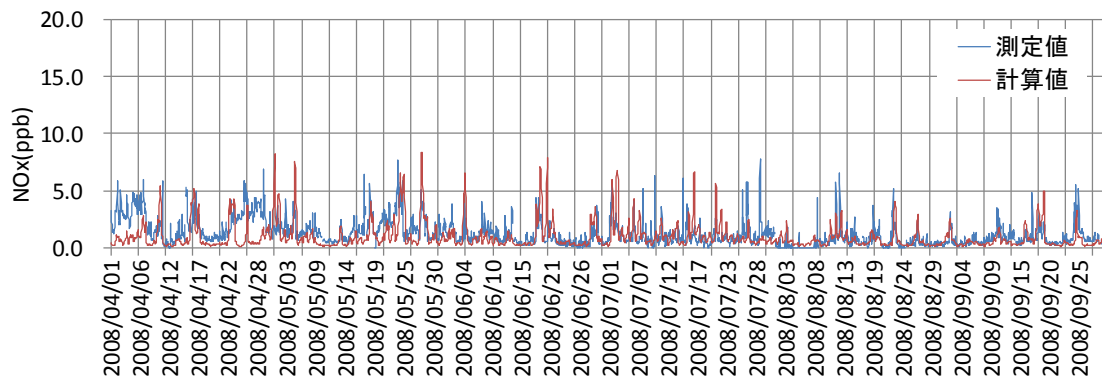
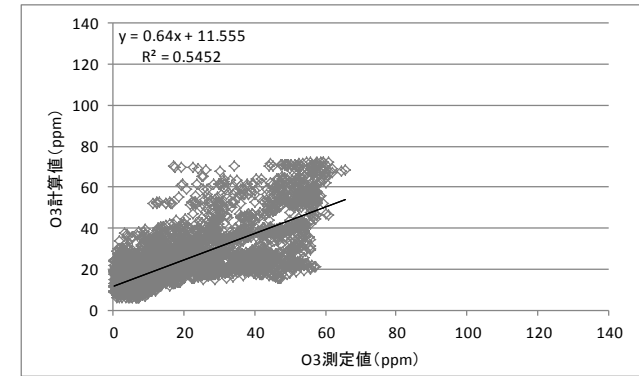
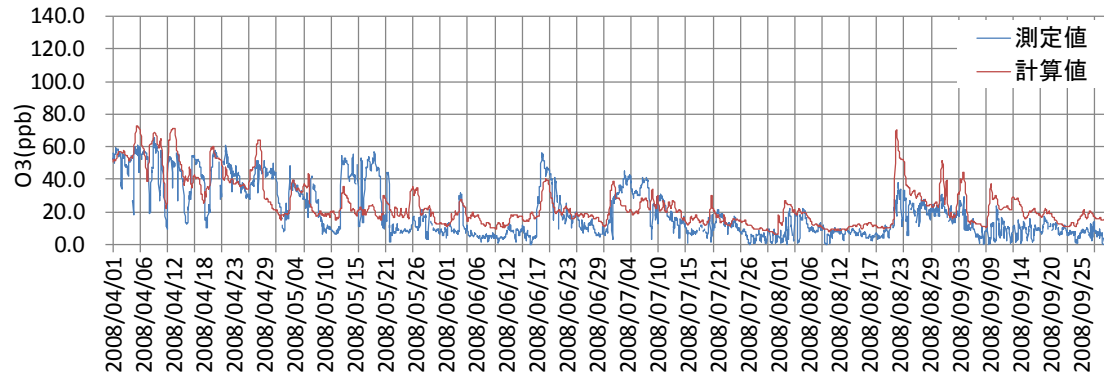


図 3-3 計算結果(2008年暖候期 隱岐)

小笠原 2008年 暖候期 O₃



小笠原 2008年 暖候期 NO_x

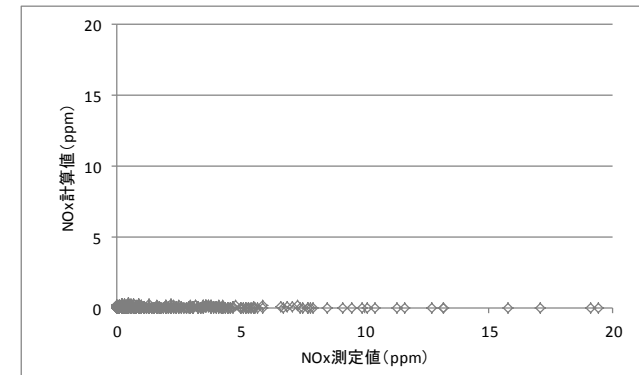
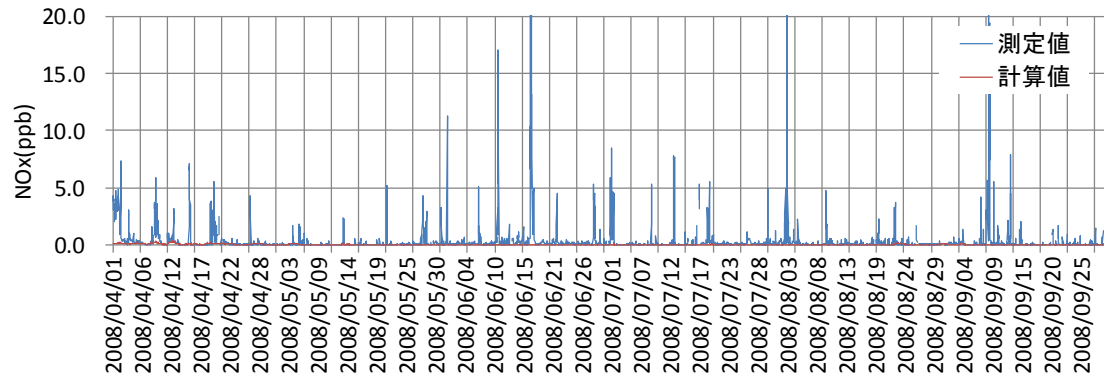
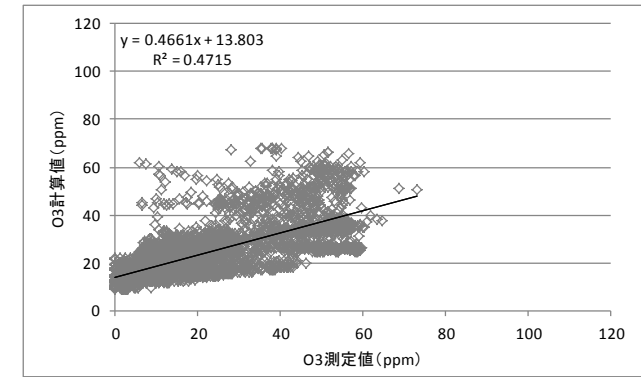
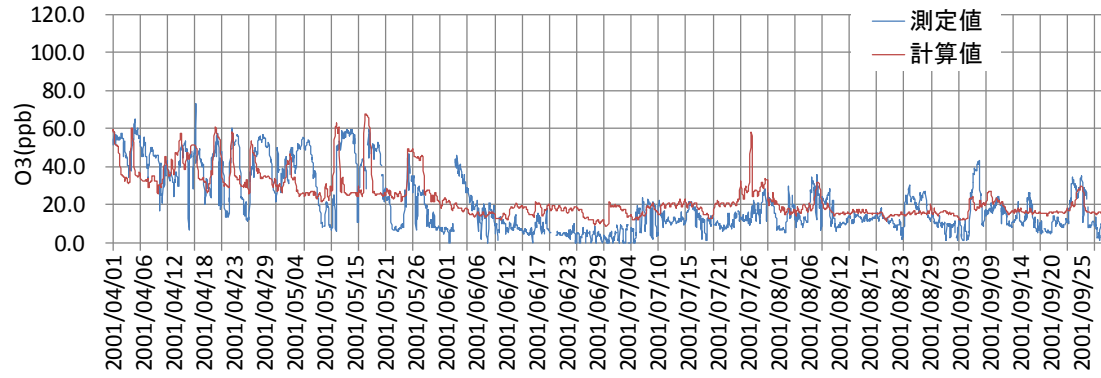


図 3-4 計算結果(2008年暖候期 小笠原)

小笠原 2001年 暖候期 O₃



小笠原 2001年 暖候期 NO_x

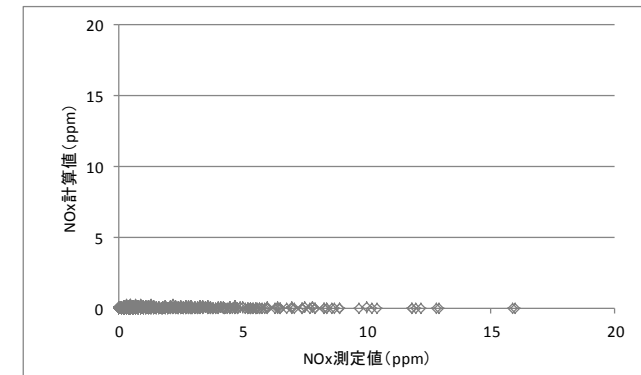
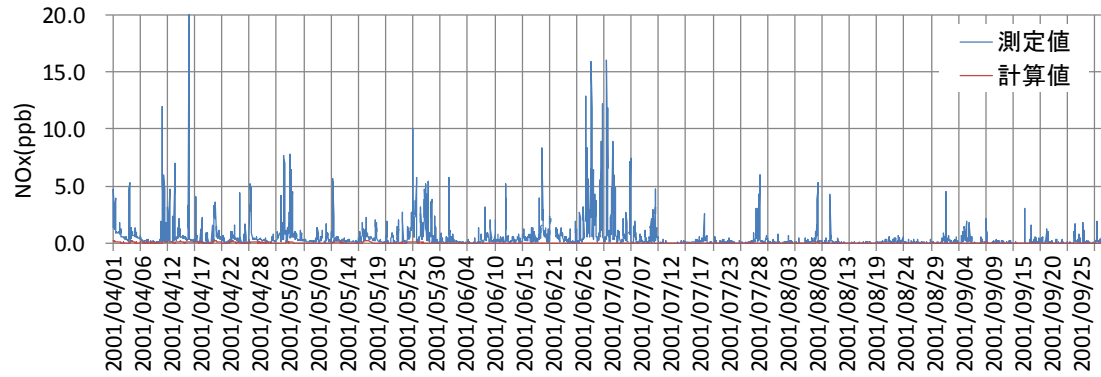
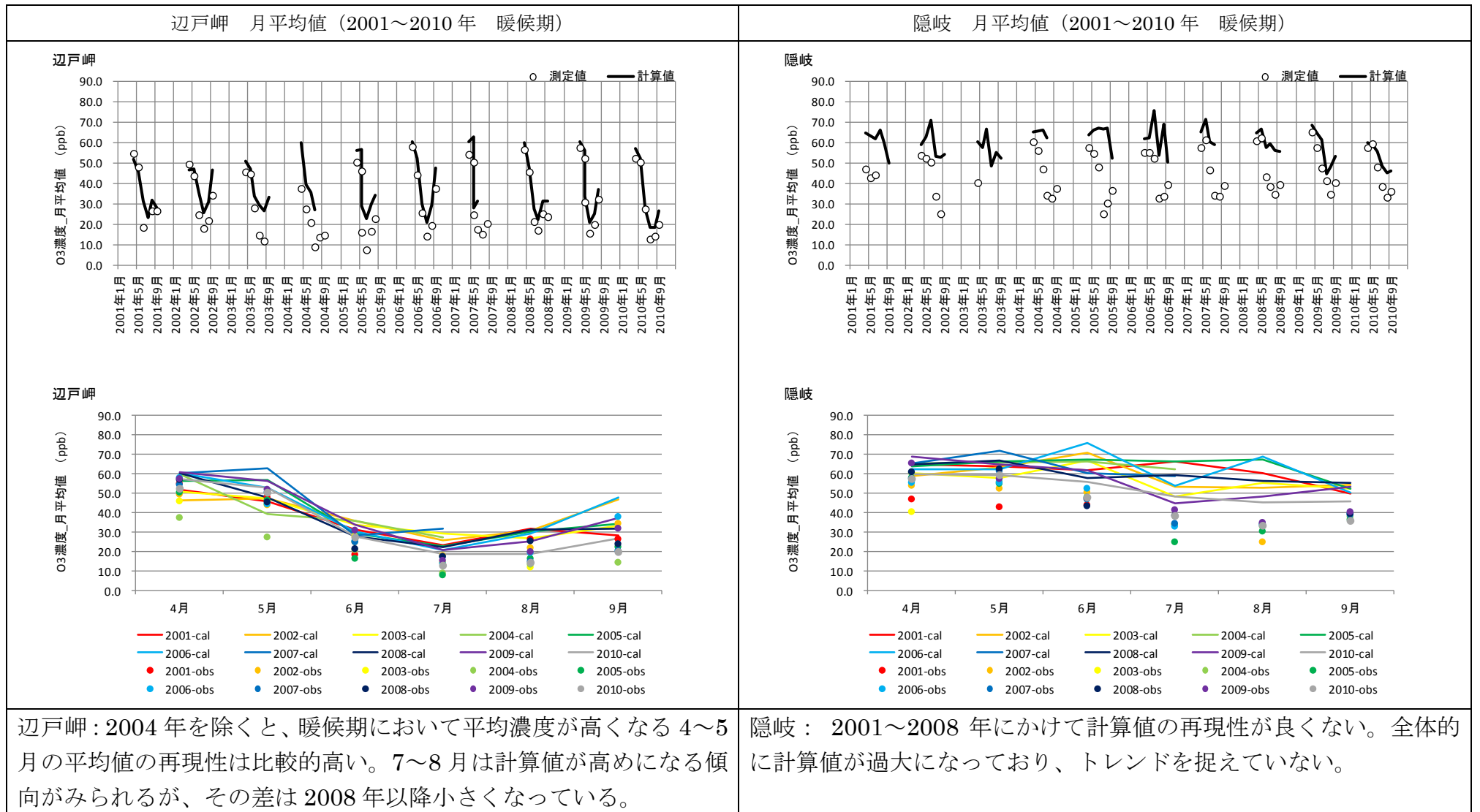
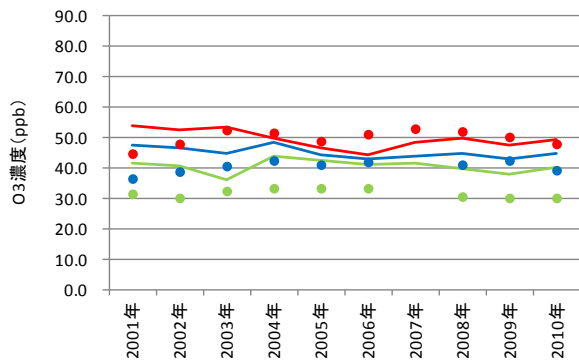


図 3-5 計算結果(2001年暖候期 小笠原)

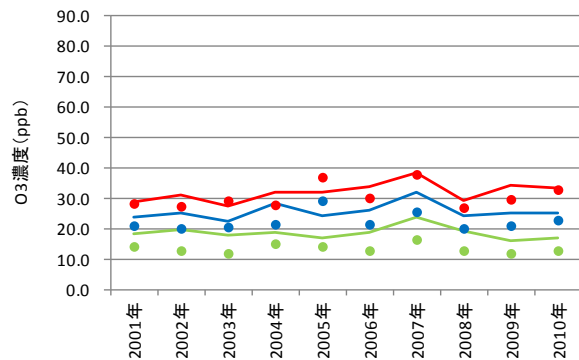
表 3-1 計算値および測定値の月平均値の比較 (辺戸および隠岐)



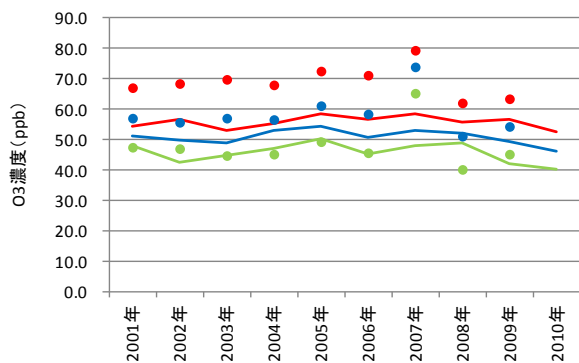
利尻



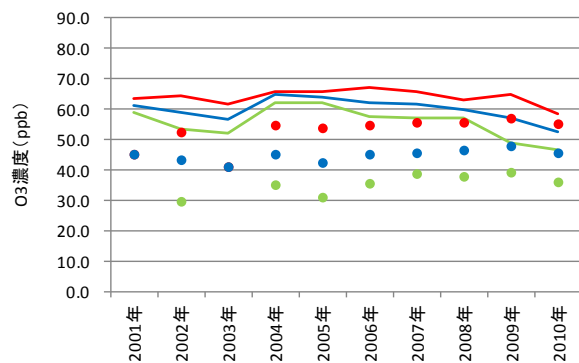
小笠原



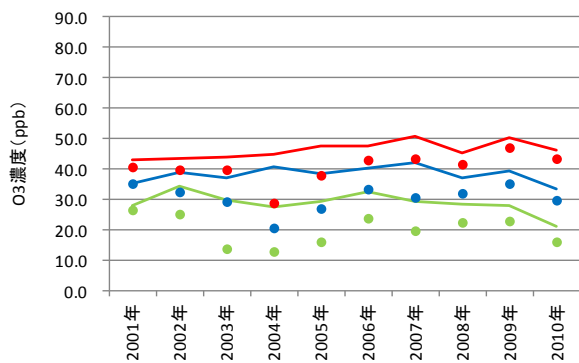
八方尾根



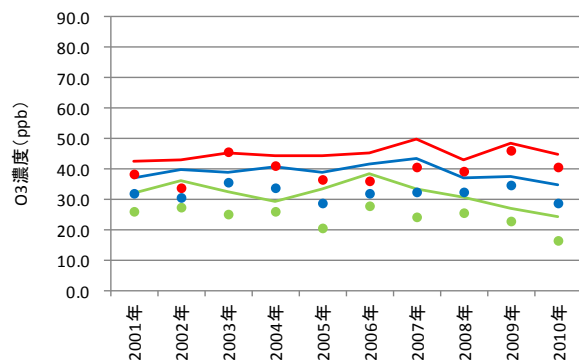
鹽岐



辺戸岬



与那国



| | | | |
|----|-------------|-------------|-------------|
| 凡例 | ●: 4~6月の測定値 | ●: 7~9月の測定値 | ●: 4~9月の測定値 |
| | —: 4~6月の計算値 | —: 7~9月の計算値 | —: 4~9月の計算値 |

図 3-6 計算値および測定値の3か月平均値および暖候期平均値の比較

表 3-2 統計値および精度評価(2008年)

| 2008年 | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|------|------|------------------|------|-------|------|-------|--|--|--|
| 利尻 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 59.3 | 57.6 | -1.8 | 67.9 | 63.0 | 0.02 | 0.09 | 0.06 | | | |
| 2008年5月 | 53.8 | 49.9 | -3.9 | 64.8 | 55.8 | 0.07 | 0.12 | 0.13 | | | |
| 2008年6月 | 42.0 | 42.7 | 0.7 | 50.6 | 48.1 | -0.02 | 0.19 | 0.05 | | | |
| 2008年7月 | 31.1 | 39.1 | 8.0 | 40.5 | 45.4 | -0.31 | 0.42 | -0.12 | | | |
| 2008年8月 | 27.1 | 36.8 | 9.7 | 34.5 | 41.7 | -0.37 | 0.42 | -0.22 | | | |
| 2008年9月 | 33.5 | 44.2 | 10.7 | 42.6 | 50.8 | -0.33 | 0.34 | -0.21 | | | |
| 小笠原 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 44.2 | 47.9 | 3.6 | 53.4 | 53.3 | -0.11 | 0.23 | 0.00 | | | |
| 2008年5月 | 23.4 | 22.5 | -0.9 | 31.3 | 26.4 | -0.33 | 0.63 | -0.17 | | | |
| 2008年6月 | 13.3 | 17.8 | 4.5 | 18.5 | 20.5 | -0.94 | 1.01 | -0.52 | | | |
| 2008年7月 | 16.6 | 18.2 | 1.6 | 21.2 | 21.6 | -0.42 | 0.57 | -0.16 | | | |
| 2008年8月 | 12.3 | 20.0 | 7.6 | 17.5 | 24.0 | -0.73 | 0.73 | -0.35 | | | |
| 2008年9月 | 9.4 | 19.4 | 10.0 | 14.5 | 22.6 | -1.30 | 1.30 | -0.61 | | | |
| 八方尾根 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 62.8 | 57.9 | -4.9 | 70.7 | 66.5 | 0.07 | 0.13 | 0.05 | | | |
| 2008年5月 | 65.3 | 58.1 | -7.2 | 76.6 | 71.4 | 0.11 | 0.14 | 0.06 | | | |
| 2008年6月 | 58.0 | 51.0 | -7.0 | 70.9 | 63.5 | 0.13 | 0.16 | 0.10 | | | |
| 2008年7月 | 40.4 | 49.8 | 9.4 | 49.9 | 62.9 | -0.12 | 0.17 | -0.16 | | | |
| 2008年8月 | 37.8 | 50.3 | 12.5 | 46.0 | 62.8 | -0.20 | 0.26 | -0.23 | | | |
| 2008年9月 | 42.4 | 46.2 | 3.8 | 51.8 | 57.2 | -0.09 | 0.16 | -0.12 | | | |
| 隠岐 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 61.0 | 64.7 | 3.7 | 68.0 | 70.1 | -0.06 | 0.09 | -0.03 | | | |
| 2008年5月 | 62.6 | 66.8 | 4.1 | 73.1 | 77.5 | -0.07 | 0.14 | -0.08 | | | |
| 2008年6月 | 43.4 | 57.7 | 14.3 | 54.0 | 70.3 | -0.35 | 0.36 | -0.30 | | | |
| 2008年7月 | 38.5 | 59.5 | 21.0 | 54.9 | 73.7 | -0.58 | 0.58 | -0.37 | | | |
| 2008年8月 | 34.7 | 56.1 | 21.4 | 45.9 | 68.2 | -0.63 | 0.63 | -0.49 | | | |
| 2008年9月 | 39.7 | 55.6 | 15.9 | 47.4 | 63.3 | -0.41 | 0.43 | -0.35 | | | |
| 辺戸岬 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 56.9 | 60.2 | 3.3 | 66.7 | 67.7 | -0.09 | 0.14 | -0.03 | | | |
| 2008年5月 | 45.6 | 47.8 | 2.2 | 57.1 | 57.1 | -0.13 | 0.27 | -0.03 | | | |
| 2008年6月 | 21.6 | 27.6 | 6.0 | 30.9 | 34.8 | -0.51 | 0.55 | -0.31 | | | |
| 2008年7月 | 17.4 | 22.5 | 5.1 | 24.7 | 29.2 | -0.32 | 0.34 | -0.20 | | | |
| 2008年8月 | 25.4 | 31.5 | 6.2 | 34.1 | 39.3 | -0.28 | 0.29 | -0.17 | | | |
| 2008年9月 | 24.1 | 31.7 | 7.6 | 31.7 | 39.3 | -0.42 | 0.44 | -0.36 | | | |
| 与那国 O3 | 月平均値 (ppb) | | | 日最高値の平均 (ppb) | | 精度評価 | | | | | |
| | 測定値 | 計算値 | 差 | 測定値 | 計算値 | NB | NGE | MPA | | | |
| 2008年4月 | 47.8 | 54.1 | 6.3 | 57.5 | 61.1 | -0.23 | 0.27 | -0.13 | | | |
| 2008年5月 | 44.1 | 47.2 | 3.1 | 54.2 | 56.6 | -0.17 | 0.33 | -0.12 | | | |
| 2008年6月 | 25.3 | 28.3 | 3.0 | 32.5 | 32.3 | -0.27 | 0.36 | -0.08 | | | |
| 2008年7月 | 21.7 | 25.9 | 4.1 | 30.4 | 30.9 | -0.23 | 0.27 | -0.07 | | | |
| 2008年8月 | 20.8 | 27.5 | 6.7 | 30.5 | 32.9 | -0.37 | 0.38 | -0.16 | | | |
| 2008年9月 | 33.7 | 39.1 | 5.3 | 43.0 | 46.5 | -0.16 | 0.20 | -0.08 | | | |

3.2. 気象モデルの精度検証（関東地域対象）

3.2.1. 解析の目的

大気汚染物質は気流によって移動、拡散するため、気象場の再現性について把握することが必要である。気象官署を対象に、測定値と計算値を比較し、シミュレーションによる気象要素の再現性について把握することを目的とする。

3.2.2. 解析方法

東京、宇都宮および前橋を対象に、風速および気温の計算値と測定値の経過図および散布図を作成した。また、モデルの性能評価でも多く利用されている BIAS、RMSE を算出した（BIAS および RMSE とも値が小さいほど再現性が高いことを意味する）。

3.2.3. 結果

経過図および散布図、BIAS および RMSE の統計値については参考資料 7 に示した。例として図 3-7～図 3-9 に東京、宇都宮および前橋における BIAS および RMSE（月別統計値）を示す。2008 年以降、BIAS や RMSE の傾向は変化しているが、両指標とも、既存の調査と比較して同等もしくはそれ以下の値である。

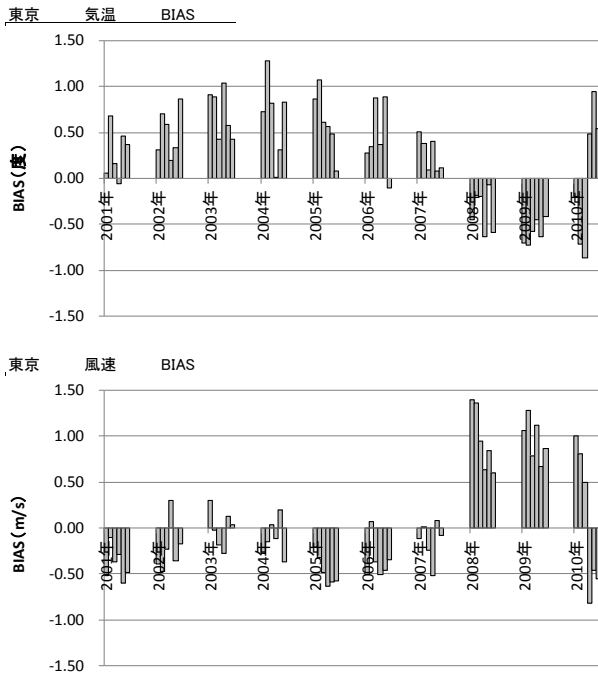


図 3-7 東京における BIAS および RMSE (月別統計値)

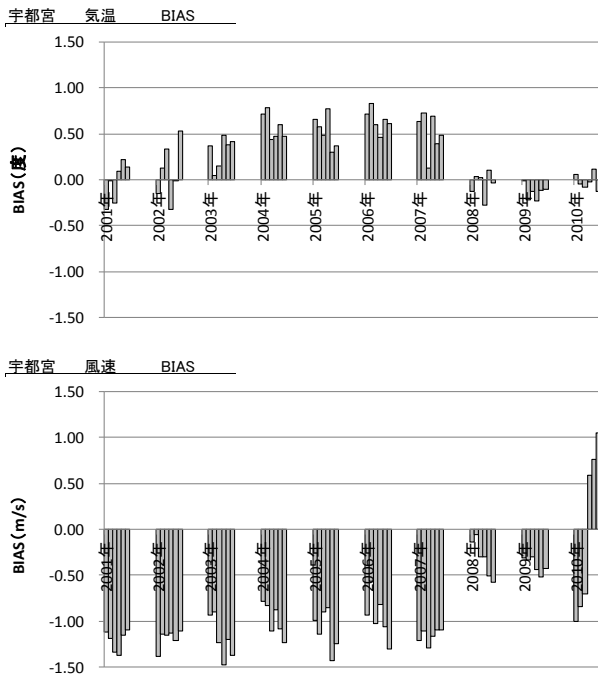


図 3-8 宇都宮における気温と風速の月別統計値 (BIAS および RMSE)

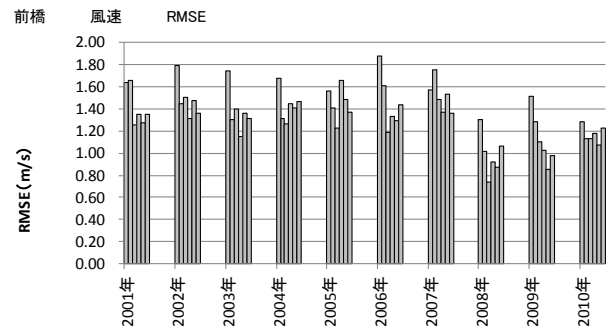
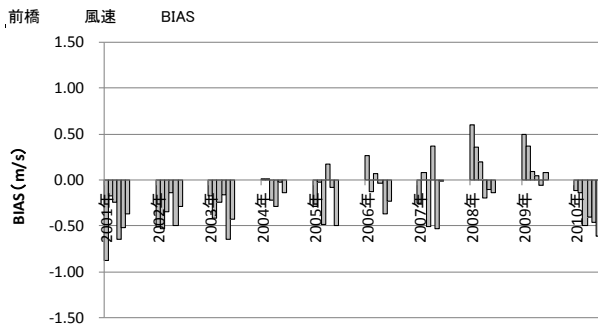
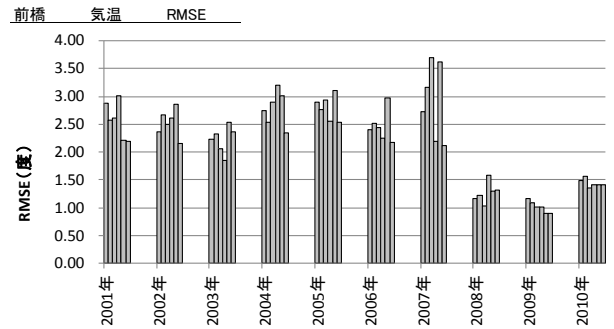
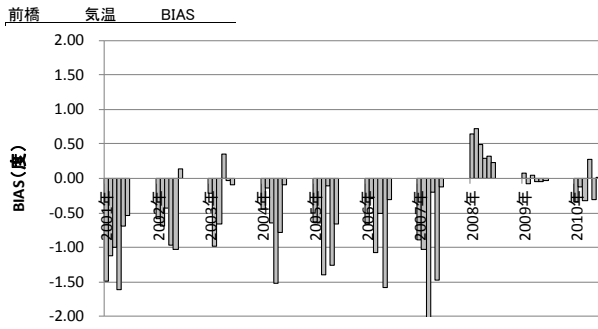


図 3-9 前橋における気温と風速の月別統計値(BIAS および RMSE)

3.3. 大気質モデルの精度検証（関東地域対象）

3.3.1. 解析の目的

大気汚染常時監視測定局を対象に、大気汚染物質の測定値と計算値を比較し、シミュレーションによる大気汚染物質の再現性について把握することを目的とする。

3.3.2. 解析方法

2001年、2005年および2010年の3年を対象に、東京都杉並区久我山、埼玉県さいたま市衛生研究所および群馬県太田市立中央小学校について、 O_3 、 PO 、 NO 、 NO_2 、 $NMHC$ の計算値と測定値の経過図および散布図を作成した。また、4～9月を対象とした時間別平均値を作成した。これらの解析結果は参考資料8に示した。

3.3.3. 結果

図3-10および図3-11に、計算結果の一例として2005年の杉並区久我山における測定値と計算値の経過図（ O_3 、 PO 、 NO 、 NO_2 、 $NMHC$ ）を示す。

相関係数は、 O_3 、 PO ともに0.5～0.7の範囲にあった。また、 PO の方が O_3 より相関係数が良い傾向がみられた。

図3-12に杉並区久我山における O_3 および PO の時間別平均値の統計結果を示す。 O_3 、 PO ともにそれぞれの年で計算値が過大になっていることが分かる。また、2001年、2005年、2010年の順で計算値と測定値の差が小さくなる傾向がみられる。

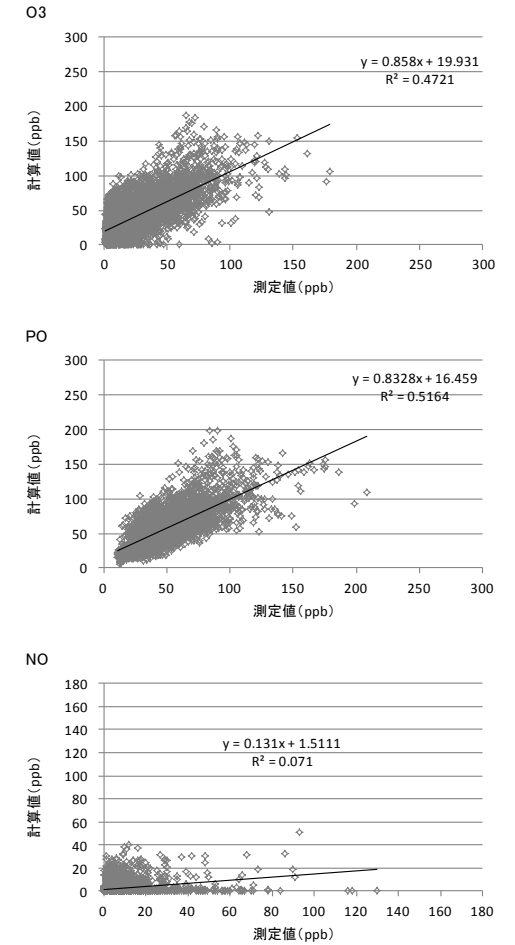
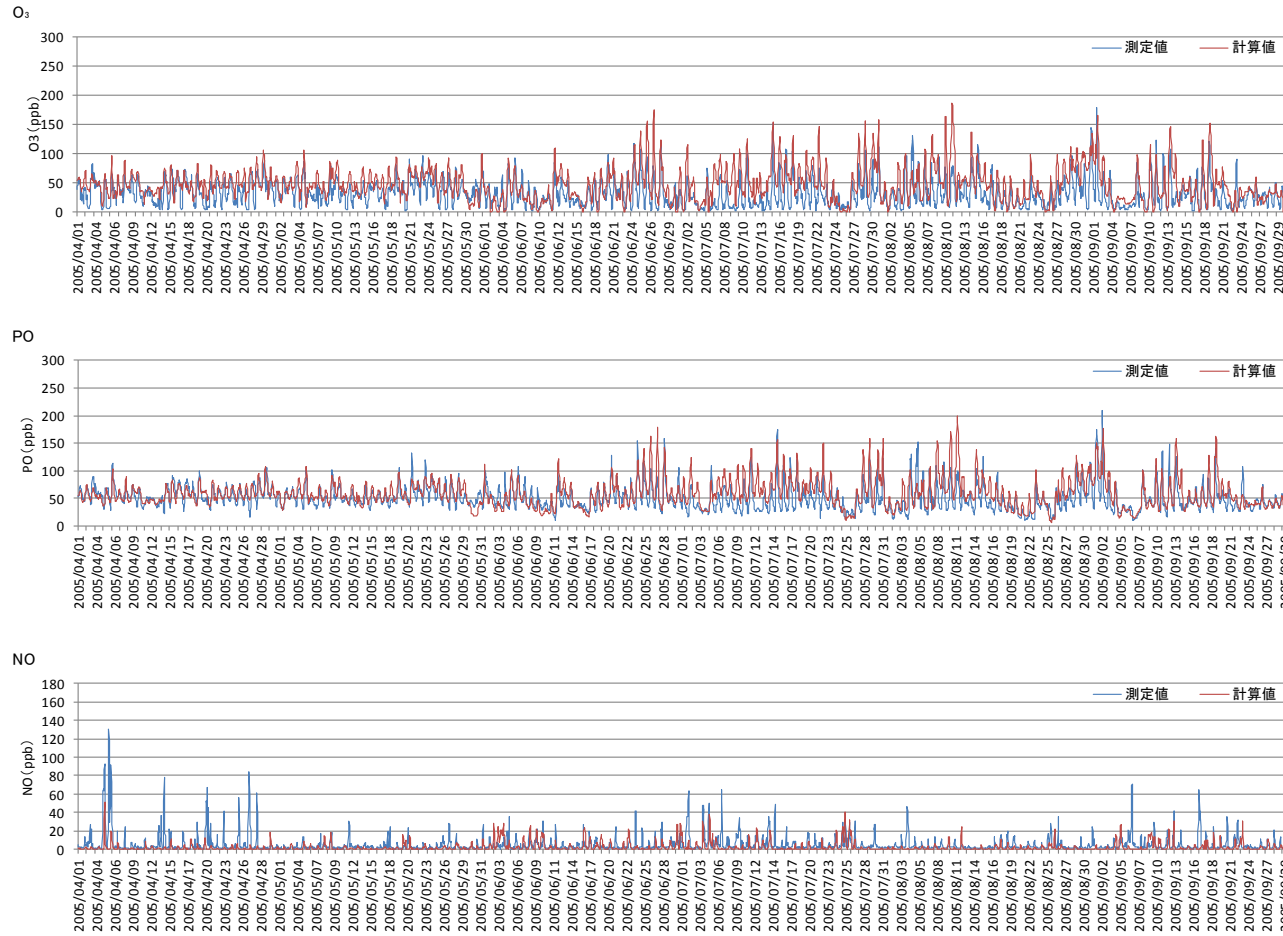


図 3-10 CMAQ 関東領域の計算結果(2005年暖候期 杉並区久我山 その1)

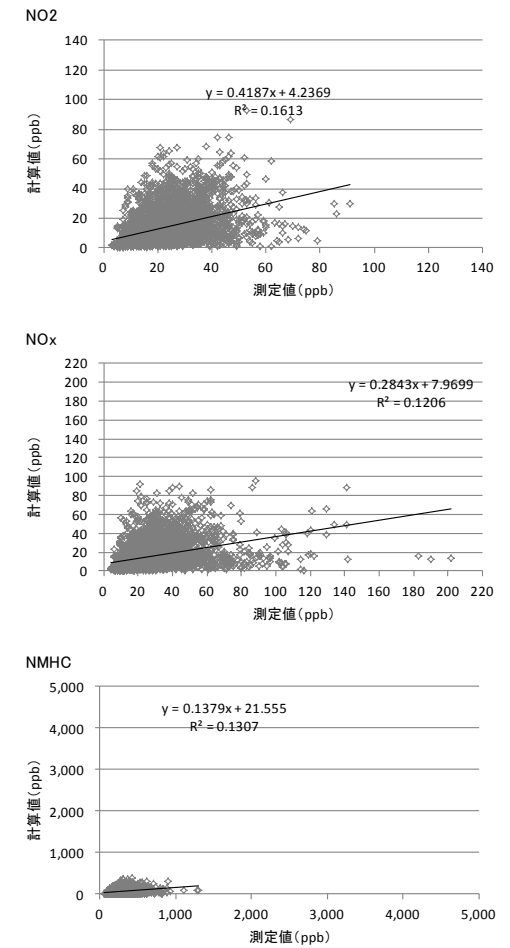
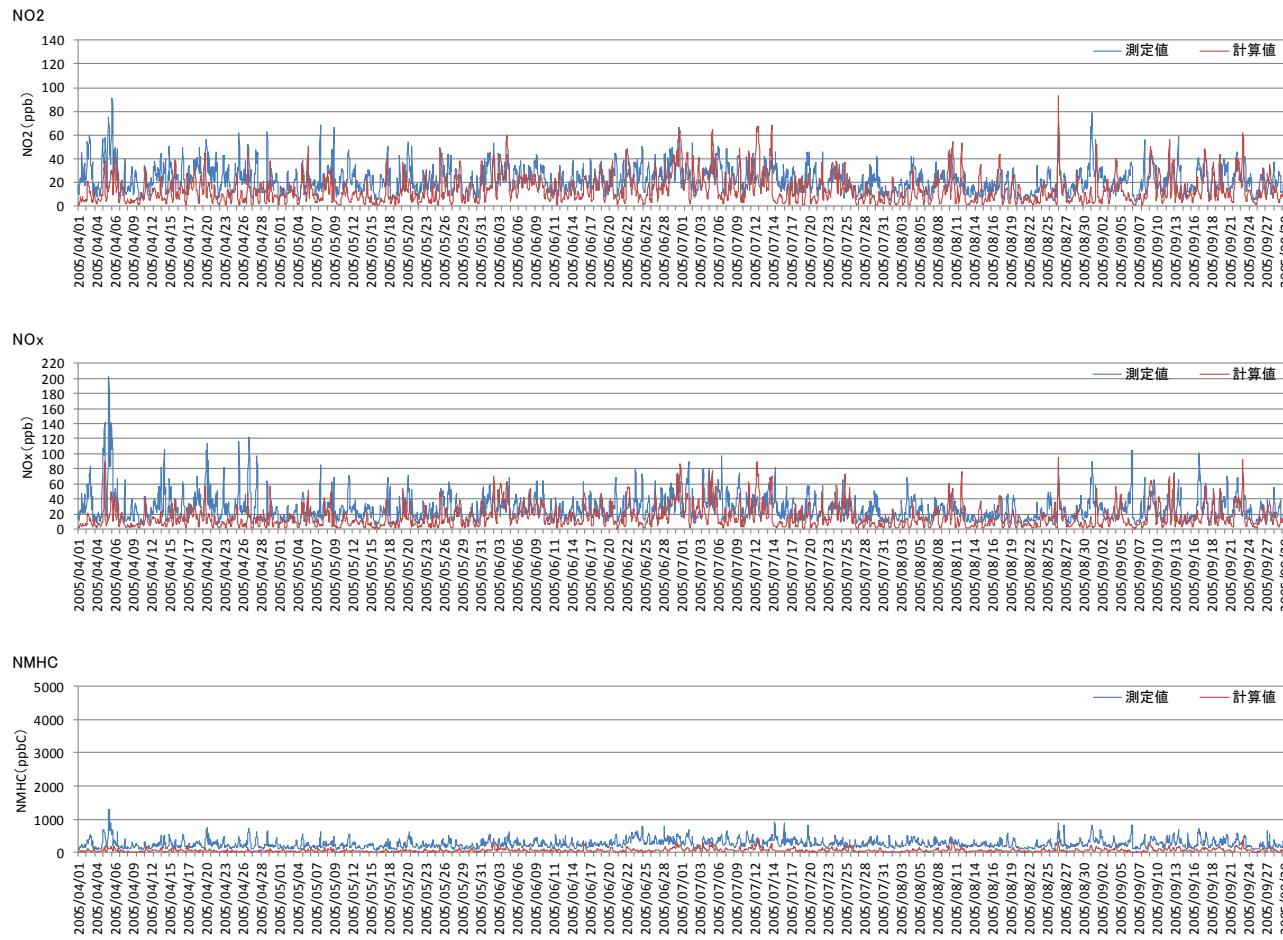


図 3-11 CMAQ 関東領域の計算結果(2005年暖候期 杉並区久我山 その2)

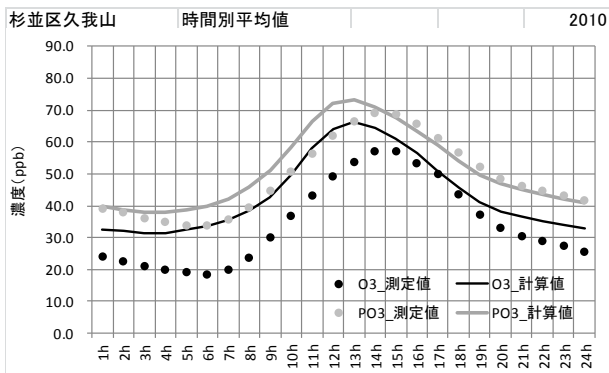
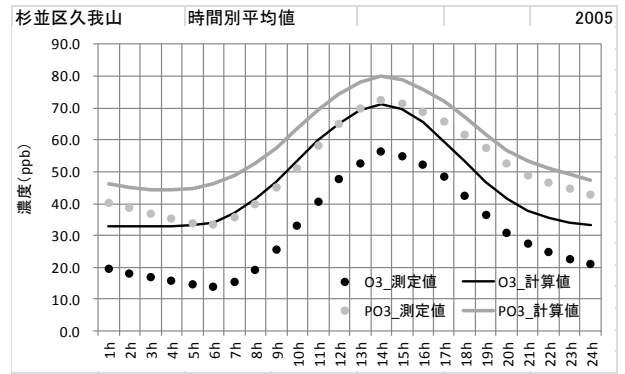
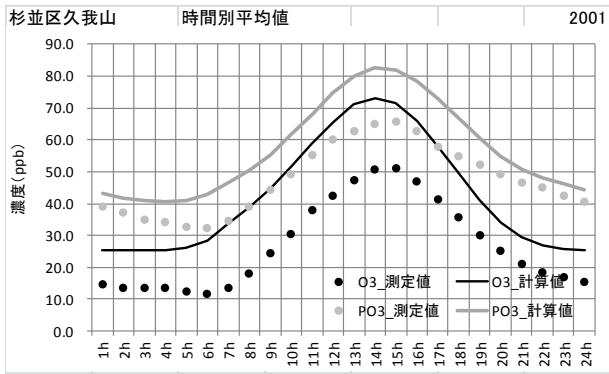


図 3-12 O₃ および PO の時間別平均値 (杉並区久我山)

3.4. オキシダント濃度の長期トレンドの再現精度の検証（関東地域対象）

3.4.1. 解析の目的

昨年調査検討会で検討した新指標（日最高8時間平均値の暖候期98パーセンタイル値の3年平均値）による統計値を用いて、シミュレーションによるO₃濃度の長期トレンドの再現性について確認することを目的とする。

3.4.2. 解析方法

大気汚染常時監視測定局は、新指標による2001～2010年のO₃濃度測定値の評価によって、①上昇傾向、②低下傾向、③横ばい、④その他の傾向の局に分類される。長期トレンドの再現精度を確認するにあたって、①～④の傾向に該当する地点を1地点ずつ選定した。具体的な測定地点を表3-3に示す。なお、日最高8時間平均値の暖候期98パーセンタイル値の3年平均値は、昨年度の解析と同様に、表3-4に示す手順に従って算出した。

表 3-3 精度検証に使用した地点

新指標による長期トレンド別に設定

- ①上昇傾向の地点：埼玉県戸田・蕨
- ②低下傾向の地点：川口市新郷
- ③横ばいの地点：東京都杉並区久我山
- ④その他の傾向（低下傾向の後上昇）の地点：群馬県太田市中央小学校

表 3-4 日最高8時間平均値の暖候期98パーセンタイル値の3年平均値の算出方法

8時間値の算出

- ・8時間値は、前8時間のデータを対象とし、平均値を求めた。
- ・8時間値を求めるにあたっては、8時間のうち6時間以上のデータがある場合有効とした。

↓

日最高8時間値の算出

- ・日最高8時間値を求めるにあたっては、24時間のうち、一つでもデータがある場合を対象とした。

↓

暖候期代表値（日最高8時間値の暖候期98パーセンタイル値）の算出

- ・日最高8時間値の暖候期98パーセンタイル値を求めるにあたっては、183日のうち、146日分以上（8割以上）のデータがある場合対象とした。

↓

暖候期代表値（日最高8時間値の暖候期98パーセンタイル値）の3年平均値の算出

- ・暖候期代表値の3年平均値を求めるにあたっては、3年分のデータがある場合を対象とした。

3.4.3. 結果

シミュレーションによる O₃ 濃度の計算値は、測定地点における O₃ 濃度の長期トレンドに関わらず 2003 年以降、概ね低下傾向がみられる。

関東地域といった広域の O₃ 濃度の長期トレンドを把握するためには、広域の O₃ 濃度を代表するような統計処理を実施した測定値を対象に検討することが必要だと考えられる。

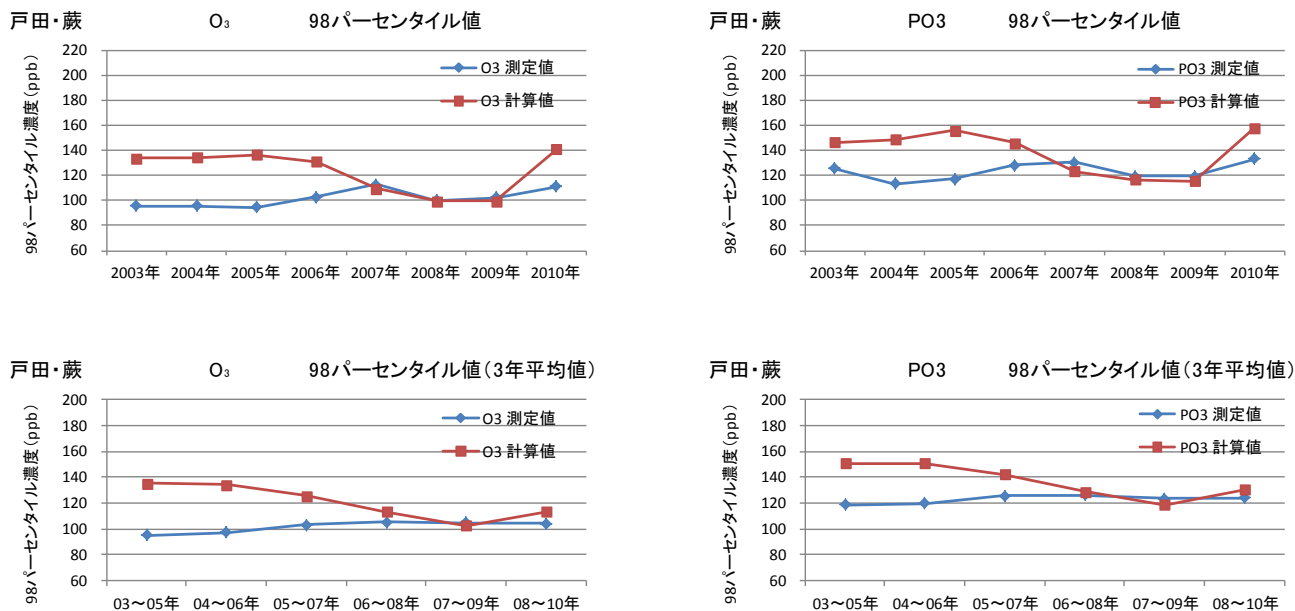


図 3-5 戸田・蕨(長期トレンドが上昇傾向の地点)

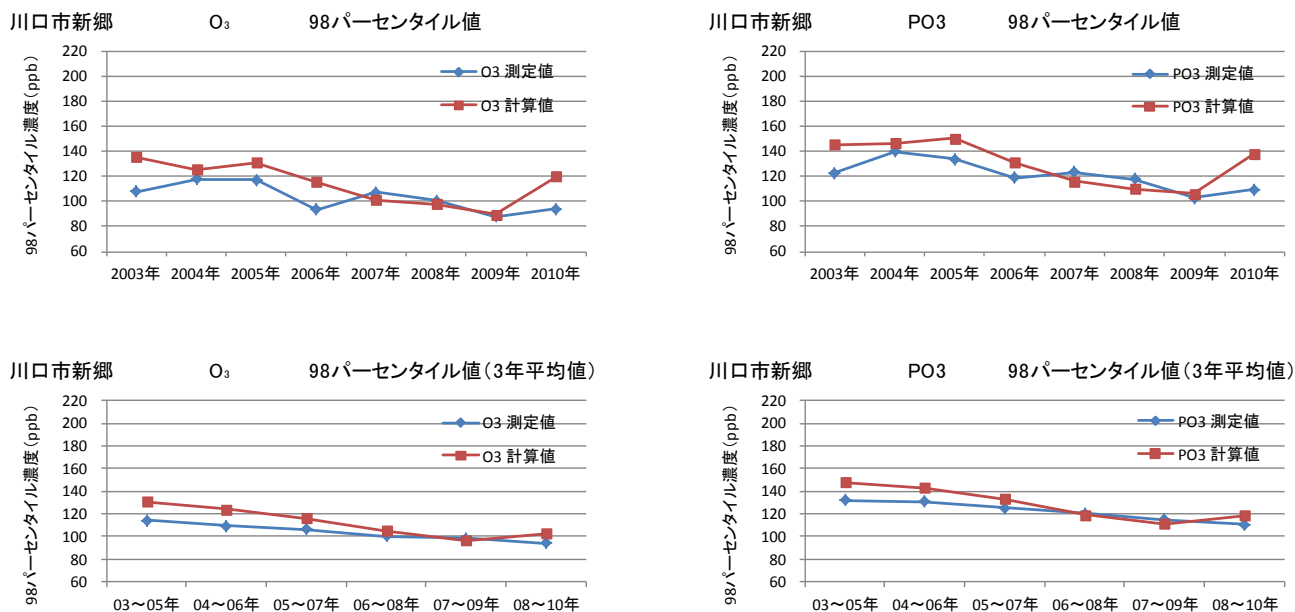


図 3-6 川口市新郷(長期トレンドが低下傾向の地点)

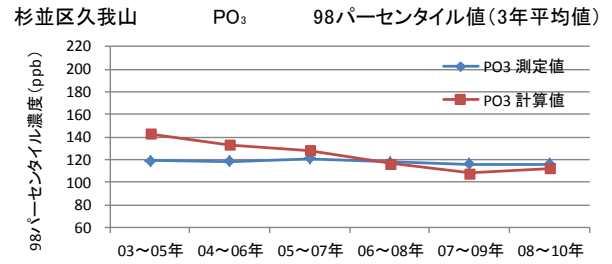
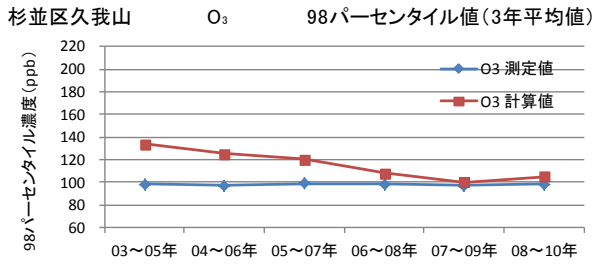
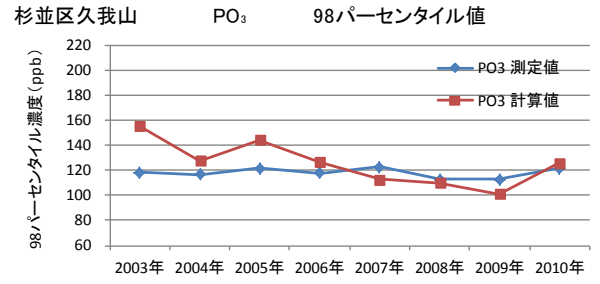
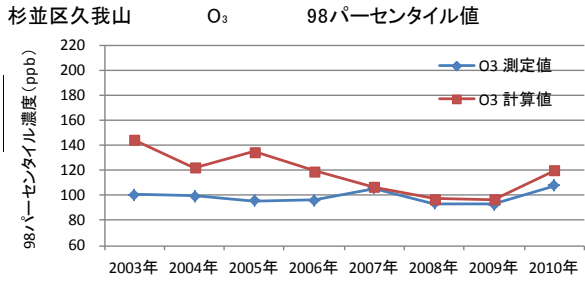


図 3-7 杉並区久我山(長期トレンドが横ばいの地点)

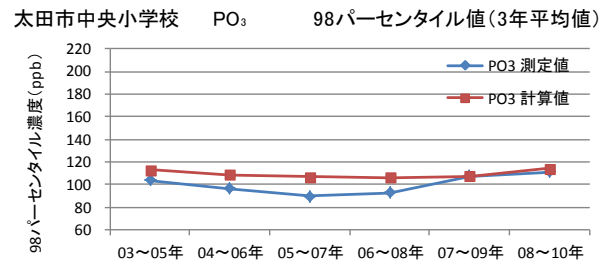
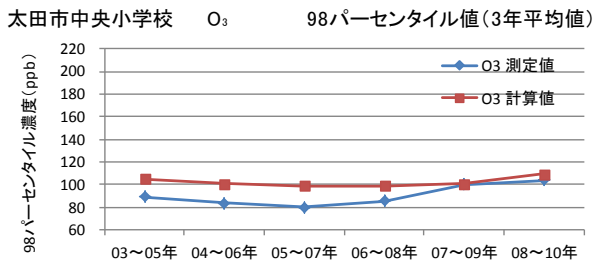
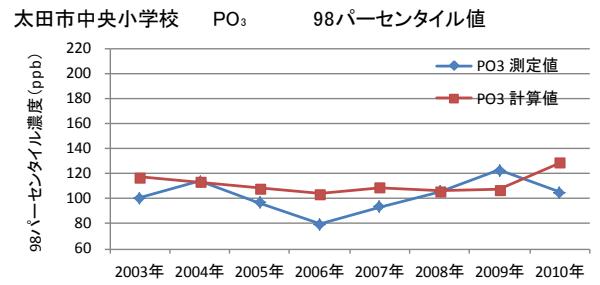
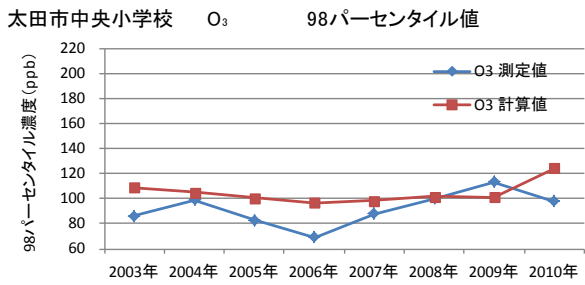


図 3-8 太田市立中央小学校(長期トレンドが低下後上昇した地点)

4. 今後の解析について

当初、計画していた解析の他に、検討会および作業部会で提示された以下の解析について実施する。また、本検討会は関東領域までの解析を実施したが、九州領域についても解析を行う。

<境界条件の設定>

- ・境界値として用いた MOZART のデータについて精度確認を行う。また、2007 年にモデルを変更したことによるデータの不連続性がないか確認する。

<国内の発生源インベントリデータの整理>

- ・インベントリデータにおける BVOC の濃度の経年変化について確認する。

<モデルのバリデーション（遠隔地モニタリングデータを用いたバリデーション）>

- ・海外の精度検証地点による解析を実施する。
- ・10km 格子と 60km 格子による計算結果を比較する。

<モデルのバリデーション（気象モデルの精度検証）>

- ・気象モデルの精度検証項目として、風向、日射量および混合層高さについて検討を行う。

<モデルのバリデーション（大気質モデルの精度検証）>

- ・大気質モデルの精度評価について、VOC の成分についても検討する。
- ・評価指標（NB、NGE、MPA）による評価を行う。
- ・週末効果について検討する。