

平成 26 年度調査の解析結果について

1 はじめに

平成 26 年度光化学オキシダント調査では、シミュレーションモデルの構築・改善、シミュレーションモデルを用いた国内の光化学オキシダント濃度に影響を与えると推測された 3 つの要因の解析の内、越境汚染の影響の解析について実施した。

2 平成 26 年度調査の解析結果について

平成 26 年に実施した以下の内容について、計算要素別(O₃、NO_x、NMHC、VOC 成分、全般、気温風速、雨量および日射量)および調査項目別に結果、課題および対応方針等を整理した(表 2-1 および表 2-2)。

2.1 シミュレーションモデルの構築・改善

(1) 発生源インベントリデータの整理

- ① 東アジア領域の発生源インベントリデータの整理
- ② 国内の発生源インベントリデータの整理

(2) シミュレーションの設定

- ① シミュレーションの条件設定
- ② 東アジア領域の境界条件の設定

(3) モデルのバリデーション

- ① 東アジア領域における遠隔地モニタリングデータを用いたバリデーション
- ② 関東・九州領域における気象モデル(WRF)の精度検証
- ③ 関東・九州領域における大気質モデル(CMAQ)の精度検証

(4) 不確実性の検討

- ① 植物起源 VOC の不確実性の検討
- ② 未把握 VOC の不確実性の検討

2.2 シミュレーションモデルを用いた国内の光化学オキシダント濃度に影響を与えると推測された 3 つの要因の解析

(1) 越境汚染の影響の検討

表 2-1 平成 26 年度光化学オキシダント解析結果の整理(計算要素別)

計算要素	再現性の評価結果		課題	対応方針
	東アジア領域	関東・九州領域		
O ₃	<p>・遠隔地モニタリングデータを対象にした精度評価指標(※1)による評価の結果、利尻、八方尾根は O₃ の再現性が高かった。隠岐は計算値が過大、小笠原は経時変化の再現が不十分であり再現性は低かった。</p>	<p>・大気汚染常時測定データを対象にした、経時変化の比較および精度評価指標による評価結果から、計算値は過大であり、再現性は低かった。</p> <p>・新指標(※2)による長期トレンド(2001～2010 年)の再現性について、10km 格子と 60km 格子の計算結果を比較すると、両者ともに 10～40ppb ほど過大であり再現性は低かった。相対的には 60km 格子の計算値がトレンドを再現していた。</p>	<p>・小笠原の O₃ の再現性が低い理由として境界値の影響が考えられたため、<u>境界条件の設定方法が課題</u>である。</p> <p>・<u>計算値が過大であり再現性が低いことが課題</u>である。</p> <p>・<u>10km、60km 格子ともに長期トレンドの再現性が低いことは課題</u>である。</p>	<p>(2)②ア.東アジア領域における<u>境界値について、より精度が高く、連続性をもったデータの適用について検討</u>する。</p> <p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p>
NO _x NMHC	-	<p>・大気汚染常時測定データを対象にした経時変化の比較および相関係数の評価から、計算値は過小であり、再現性は低かった。</p> <p>・年平均値による長期トレンド(2001～2010 年)の再現性について、NO_x は測定値の 40～50%、NMHC は測定値の 30%程度で過小であったものの、2001～2010 年の濃度の低下傾向は再現していた。</p>	<p>・<u>計算値が過小であり再現性が低いことは、今後の対策の方針を検討する上で課題</u>である。</p>	<p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p>
VOC 成分	-	<p>・環境省 VOC モニタリング調査(※3)結果を対象にした解析で</p>	<p>・<u>VOC 成分濃度の計算値について、大幅に過小である成</u></p>	

		は、地点や成分により再現性が異なっており、再現性について明確な傾向はみられなかった。 ・集中観測(※4)結果を対象にした解析では、VOC 成分計算値は、大幅に過小である成分(例えば MEOH で測定値の 5%程度)がみられたが、概ね 50～150%の範囲に収まっていた。	<u>分がみられたことは課題である。</u>	
全般	-	-	・ <u>一地点一地点を対象とした精度検証方法は、地域代表性が不十分であると考えられるため課題である。</u>	・ <u>都県に含まれる測定局の測定値の平均値および測定局を含むメッシュデータの平均値を対象に精度検証を実施する。</u>
気温 風速	-	・精度評価指標(※5)による評価の結果、再現性は高かったが、気温および風速の計算値の傾向として、2007 年以前は過大、2008 年以降は過小であった。	・ <u>2001～2010 年の O₃ のトレンドを把握する上で、気温および風速の計算値の傾向が変化したことは課題である。原因として 2008 年以降の入力データを付加したことが原因と考えられるため入力データの検討が課題である。</u>	(2)①ウ.計算値の傾向が変化することを避けるため、 <u>関東・九州領域における気象モデルの入力データについて検討する。</u>
雨量	-	・短時間強雨が過小に表現されるなど、再現性は低かった。	・O ₃ の算出に間接的な影響を及ぼすと考えられる <u>日射量および雨量の再現性が低いことは課題である。</u>	(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした <u>シミュレーションの設定条件の最適化を図る。</u>
日射量	-	・計算値は全体的に過大であり、再現性は低かった。		

表 2-2 平成 26 年度光化学オキシダント解析結果の整理(調査項目別)

2-1 シミュレーションモデルの構築・改善

※対応方針の欄の番号は資料 3 におけるシミュレーションモデルの改善における調査項目の番号と対応している

(1) 発生源インベントリデータの整理

	作業内容	結果	課題	対応方針
①東アジア領域	<ul style="list-style-type: none"> ■計算対象期間である 2001～2010 年の各年に対して月別・時刻別に整理。 ・人為起源の発生源インベントリデータ:REAS 2.1 ・植物起源 VOC のインベントリデータ:MEGAN 		<ul style="list-style-type: none"> ・植物起源 VOC の時刻別排出量設定を東アジア領域の中心経度を基準経度と定め、東アジア領域全体で一様の時間としたため、再現性が低くなった可能性があることが課題である。 	(1)①ア.東アジア領域における植物起源 VOC 排出量について、気象条件や時間変化を反映させ、より現実に近い排出量を設定する手法について検討する。
②国内の発生源	<ul style="list-style-type: none"> ■日本全国を対象、2 次メッシュ単位(約 10km メッシュ)で整理。 ・船舶からの発生源:海洋政策研究財団作成 DB ・船舶以外の発生源:JEI-DB 		-	-

(2) シミュレーションの設定

	作業内容	結果	課題	対応方針
①シミュレーションの条件設定	<ul style="list-style-type: none"> ■気象モデル:WRFv3.5.1 ■計算領域: 親ドメイン 60km 格子の東アジア領域を覆う領域 子ドメイン 10km 格子の関東および九州領域 ■大気質モデル:CMAQv4.7.1 ■サブモデル:過年度に実施した精度検証の結果及び計算に要する時間等を考慮して選定 		<ul style="list-style-type: none"> ・スピンアップ時間及び連続計算時間について、境界値の影響が残る可能性や前線や降雨域の連続性が途切れる可能性があることが課題である。 	(2)①ア.気象モデルの再現性向上のため、計算方法について検討する。
②東アジア領域の境界条件の設定	<ul style="list-style-type: none"> ■東アジア領域の境界値データとして用いた MOZART(全球モデル)の 	<ul style="list-style-type: none"> ■月平均値の比較の結果、O₃ の再現性は、小笠原で高かった。また、隠岐 	<ul style="list-style-type: none"> ・境界値データとして用いた MOZART の O₃ の再現性が低いこと、また、境界 	(2)②ア.東アジア領域の境界値について、より精度が高く、連続性をもつ

	<p>O₃ について、遠隔地モニタリングデータを対象に精度検証を実施。</p> <p>■O₃ を対象にデータの連続性について確認。</p>	<p>は過大であり再現性は低かった。</p> <p>■日本が位置する北緯 30～40 度付近において、2003～2006 年と 2007～2010 年でデータの連続性の欠如が確認された。</p>	<p>値データに<u>連続性がない</u>ことが課題である。</p>	<p><u>たデータの適用について</u>検討する。</p>
--	---	---	------------------------------------	--------------------------------

(3) モデルのバリデーション

	作業内容	結果	課題	対応方針
①東アジア領域	<p>■遠隔地モニタリングデータについて O₃ の月平均値を対象にモデルのバリデーションを実施 (60km 格子)。</p>	<p>■精度評価指標(※1)による評価の結果、利尻、八幡尾根は O₃ の再現性が高かった。隠岐は計算値が過大、小笠原は経時変化の再現が不十分であり再現性は低かった。</p> <p>■夏季(7～9月)の計算値が過大となることは、全地点に共通してみられる傾向であった。</p>	<p>■小笠原の O₃ の再現性が低い理由として境界値の影響が考えられたため、<u>境界条件の設定方法が課題</u>である。</p> <p>■大気質モデルの O₃ の<u>再現性が低い</u>ことが課題である。</p>	<p>(2)②ア.東アジア領域における<u>境界値について</u>、より精度が高く、<u>連続性をもったデータの適用について</u>検討する。</p> <p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p>
②関東・九州領域における気象モデル(WRF)の精度検証	<p>■気象庁のデータを対象に、気温、風向風速、日射量および雨量の精度検証を実施(10km 格子)。</p>	<p>■気温および風向風速・精度評価指標(※5)による評価の結果、再現性は高かったが、気温および風速の計算値の傾向として、2007 年以前は過大、2008 年以降は過小であった。</p>	<p>■O₃ の算出に間接的な影響を及ぼすと考えられる<u>日射量および雨量の再現性が低い</u>ことは課題である。</p> <p>■2001～2010 年の O₃ のトレンドを把握する上で、</p>	<p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p> <p>(2)①ウ.計算値の傾向が変化することを避けるた</p>

		<p>■日射量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計算値が全体的に過大であった。 <p>■雨量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・短時間強雨が過小に表現されるなど、再現性は低かった。 	<p>気温および風速の計算値の傾向が変化したことは課題である。原因として2008年以降の入力データを付加したことが原因と考えられるため入力データの検討が課題である。</p>	<p>め、関東・九州領域における気象モデルの入力データについて検討する。</p>
③ 関東・九州領域における大気質モデル(CMAQ)の精度検証	<p>■O₃</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大気汚染常時測定局を対象に精度検証を実施(関東・九州領域)。 	<p>■O₃</p> <ul style="list-style-type: none"> ・経時変化の比較および精度評価指標(※1)による評価結果から、計算値は過大であった。 	<p>■O₃</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計算値が過大であり再現性が低いことは課題である。 ・一地点一地点を対象とした精度検証は地域の状況を代表していないと考えられるため課題である。 	<p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的としたシミュレーションの設定条件の最適化を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都県に含まれる測定局の測定値の平均値および測定局を含むメッシュデータの平均値を対象に精度検証を実施する。
	<ul style="list-style-type: none"> ・平日休日別に再現性について確認(関東・九州領域)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・関東では、計算値は過大であったが、平日よりも休日に高くなるという測定値と同様の傾向を示した。 ・九州では平日休日別のO₃濃度差が測定値で認められなかったが、計算値は平日よりも休日に高くなる傾向を示した。 	<p>—</p>	

	<p>・10km 格子と60km 格子の計算値の精度検証を実施し、精度を比較（関東領域）。</p>	<p>・精度評価指標(※1)による評価の結果、10km 格子と60km 格子の計算値ともに過大であり、再現性は低かった。両者の比較では、60km 格子の計算値の再現性が相対的に高かった。</p> <p>・都心域は 10km 格子と比較すると相対的に 60km 格子の計算結果の再現性が高かった。一方、郊外では明らかな差は見られなかった。</p> <p>・10km 格子と比較して 60km 格子の計算値は夜間の低下が顕著であった。</p>	<p>・メッシュの大きな <u>60km 格子</u>では、<u>計算値が夜間に大きく低下するような極端な結果にはならないと推測されることから、計算結果の妥当性について確認することが課題である。</u></p>	
	<p>・5km 格子と 10km 格子計算値の精度検証を実施し、O₃ 計算値の精度およびNO タイトレーションの再現性について比較した。</p>	<p>・精度評価指標(※1)による評価の結果、5km 格子と 10km 格子計算値の再現性について大きな差はみられなかった。また、NO タイトレーションの再現性についても大きな差はみられなかった。</p>		
	<p>・新指標(※)による長期トレンド(2001～2010 年)の再現性について 10km 格子と</p>	<p>・関東・九州領域ともに、10km および 60km 格子ともに 10～40ppb ほど過大で</p>	<p>・<u>10km および 60km 格子ともに長期トレンドの再現性が低いことは課題である。</u></p>	

	60km 格子の計算値を対象に確認(関東・九州領域)。	あった。相対的には 60km 格子の計算値がトレンドを再現していた。		
	<p>■NOx(関東・九州領域)</p> <p>・大気汚染常時測定局の測定データを対象に精度検証を実施。</p>	<p>■NOx</p> <p>・経時変化の比較および相関係数の評価から、計算値は過小であった。</p>	<p>■NOx</p> <p>・<u>計算値が過小であり再現性が低い</u>ことは課題である。</p>	(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的としたシミュレーションの設定条件の最適化を図る。
	<p>・平日休日別に精度検証を実施。</p>	<p>・関東、九州とも計算値は過小であったが、平日よりも休日の濃度が低くなる測定値と同様の傾向を示した。</p>		
	<p>・年平均値による長期トレンド(2001～2010 年)の再現性について確認。</p>	<p>・計算値は測定値の 40～50%で過小であったが、2001～2010 年の濃度の低下傾向は再現していた。</p>		
	<p>■VOC(NMHC)</p> <p>・環境省 VOC モニタリング調査結果(※1)を対象に個別成分の精度検証を実施(関東・九州領域)。</p>	<p>■VOC(NMHC)</p> <p>・環境省 VOC モニタリング調査結果を対象にした場合、地点や成分により再現性が異っており、再現性について明確な傾向は得られなかった。</p>	<p>■VOC(NMHC)</p> <p>・<u>適切な VOC 排出量を反映したインベントリ</u>の設定が課題である。</p>	(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的としたシミュレーションの設定条件の最適化を図る。
	<p>・年平均値による長期トレンドの再現性について確認。</p>	<p>・計算値は測定値の 30%程度で過小であったが、2001～2010 年の濃度の低下傾向は再現していた。</p>	<p>・<u>NMHC 計算値が過小</u>であることは課題である。</p>	

(4) 不確実性の検討

	作業内容	結果	課題	対応方針
①植物起源 VOC	<p>■東アジア領域および関東領域の植物起源 VOC 排出量を 2.0 倍および 0.5 倍にした条件でシミュレーションを実施。</p>	<p>■植物起源 VOC 排出量が増えると O₃ 計算値が上昇し、排出量が減ると O₃ 計算値が低下した。O₃ 計算値の変化の幅は ±40ppb 程度であった。</p> <p>■植物起源 VOC 排出量の変化に対する O₃ の感度は、都市域と郊外で異なることが示唆された。</p>	<p>■現況再現や対策を検討するにあたって、<u>適切な植物起源 VOC 排出量を反映したインベントリ</u>の設定が課題である。</p>	<p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p>
②未把握 VOC	<p>■集中観測結果(※2)における測定値と計算値の比較により、シミュレーションによって把握しきれない VOC の個別成分濃度の不足分をモデルの初期条件に反映させ、VOC 個別成分の初期濃度が測定値と等しくなるよう設定し、シミュレーションを実施した。</p>	<p>■VOC 成分計算値は、大幅に過小である成分がみられたが、概ね 50～150% の範囲に収まっていた。</p> <p>■VOC の個別成分濃度不足分をモデルの初期条件に反映させ計算を行った場合、O₃ 計算値は最大で 100ppb 程度上昇する結果となった。</p>	<p>■VOC 成分濃度の計算値について、<u>大幅に過小である成分がみられた(例えば MEOH で測定値の 5%程度)</u>ことが課題である。</p> <p>■現況再現や対策を検討するにあたって、<u>適切な植物起源 VOC 排出量を反映したインベントリ</u>の設定が課題である。</p>	<p>(2)①イ.気象および大気質モデルの再現性向上を目的とした<u>シミュレーションの設定条件の最適化</u>を図る。</p>

2-2 シミュレーションモデルを用いた国内の光化学オキシダント濃度に影響を与えると推測された3つの要因の解析

(1) 越境汚染の影響の検討

	作業内容	結果	課題	対応方針
越境汚染の影響の検討	・東アジア大陸の大気汚染物質排出量を2001年または2009年に設定した2ケースについて東アジア領域(60km 格子)の計算を実施し、九州、阪神、東海および関東地域でO ₃ 計算値について比較した。	・東アジア大陸に近い西に位置する地点ほど、2009年と2001年のO ₃ 計算値の差が大きく、越境汚染の影響が大きいと考えられた。	・O ₃ 濃度の上昇に対する越境汚染の影響とNOタイトレーションの効果の低下の影響のどちらが大きいについての検討が課題である。	・シミュレーションを用いた解析において、O ₃ 濃度の上昇に対する越境汚染の影響とNOタイトレーションの効果の低下の影響について検討する。

(※1) 精度評価指標

指標	算出式	備考
NB	$NB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_{calc,i} - C_{obs,i}}{C_{obs,i}}$	<ul style="list-style-type: none"> 測定値と計算値の差を測定値で標準化した値の和 モデルの系統的な誤差を表わし、値が 0 に近ければ、平均的にみて計算値は正にも負にも偏っていないと考えられる
NGE	$NGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{ C_{calc,i} - C_{obs,i} }{C_{obs,i}}$	<ul style="list-style-type: none"> 測定値と計算値の差の絶対値を測定値で標準化した値 値が 0 に近ければ、測定値と計算値の差は小さく、精度がよいと考えられる
MPA	$MPA = \frac{C_{calc,max} - C_{obs,max}}{C_{obs,max}}$	<ul style="list-style-type: none"> 最高値に関して測定値と計算値の差を測定値で標準化した値 値が 0 に近ければ、測定値と計算値の差は小さく、精度がよいと考えられる

(※2) 新指標

日最高 8 時間平均値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値

(※3) 環境省 VOC モニタリング調査

実施機関	環境省
調査期間	2006～2010 年
測定地点	<p>全国 54 の測定地点のうち、関東領域および九州領域に含まれる以下の地点を評価対象とした。</p> <p>関東領域: 大袋局(埼玉県越谷市)、南千住局(東京都荒川区)、足利市役所局(栃木県足利市)</p> <p>九州領域: 下関長府東局(山口県下関市)、福岡県黒崎局(福岡県北九州市八幡西区)、八本(はちほん)局(福岡県大牟田市)</p>
測定物質	20 物質

(※4) 集中観測調査

実施機関	首都大学東京、東京都環境科学研究所、石油産業活性化センター、National Center for Atmospheric Research
調査目的	都市域における OH ラジカル寿命および大気微量成分濃度の測定
調査期間	2007 年 8 月 21～24 日および 26～27 日の延べ 5 日間
測定地点	東京都環境科学研究所(東京都江東区新砂町)
測定物質	72 物質

(※5) 精度評価指標

指標	算出式	備考
BIAS	$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_{cal} - C_{obs})$	<ul style="list-style-type: none"> 測定値と計算値の差を測定データ数で乗じた値 モデルの系統的な誤差を表わし、値が 0 に近ければ、平均的にみて計算値は正にも負にも偏っていないと考えられる
RMSE	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (C_{cal} - C_{obs})^2}$	<ul style="list-style-type: none"> 測定値と計算値の差の標準的な大きさを表す 値が 0 に近ければ、測定値と計算値の差は小さく、精度がよいと考えられる

2.3 10km 格子と 60km 格子の O₃ 濃度再現性の比較について

平成 26 年度調査においては、10km 格子と 60km 格子の O₃ 濃度再現性について、(1)長期トレンドの再現性の比較および(2)昼間平均値の月平均値の再現性の比較を実施した。結果について以下に整理した。

平成 26 年度調査では、(1)と(2)の結果から 60km 格子の O₃ 濃度再現性が高い傾向がみられた。

(1)O₃ の長期トレンドの再現性の比較

(日最高 8 時間値平均値の暖候期 98 パーセンタイル値の 3 年平均値の比較)

	関東領域	九州領域
O ₃ 測定値	(2001～2003 年)～(2004～2006 年)にかけて上昇、(2004～2006 年)以降は低下。	(2001～2003 年)～(2007～2009 年)にかけて上昇、(2007～2009 年)以降は低下。
O ₃ 濃度 計算値 (10km)	(2001～2003 年)～(2008～2010 年)にかけて低下。	(2001～2003 年)～(2004～2006 年)にかけて低下、(2004～2006 年)～(2005～2007 年)にかけて上昇、(2005～2007 年)以降再び低下。
O ₃ 濃度 計算値 (60km)	(2001～2003 年)～(2003～2005 年)にかけて低下、(2003～2005 年)～(2006～2008 年)にかけて横ばい、(2006～2008 年)以降低下。	(2001～2003 年)～(2003～2005 年)にかけて低下、(2003～2005 年)～(2005～2007 年)にかけて上昇、(2005～2007 年)以降低下。
結果 (図 2-1 参照)	図 2-1 より、60km 格子の O ₃ 濃度計算値は、時間のずれがあるものの 10km 格子の O ₃ 濃度計算値よりも再現性が高いと考えられる。	

(2)O₃ の昼間平均値の月平均値の比較(関東領域)

精度評価指標	結果(図 2-2 参照)
NGE(計算値と測定値の差の絶対値を測定値で正規化したもの、小さいほど再現性が高い)	<ul style="list-style-type: none"> ・都心域の検証地点では、6～8 月にかけて 60km 格子計算値の方が小さい⇒60km 格子計算値の再現性が高い ・郊外の検証地点では、10km 格子と 60km 格子計算値で大きな差はない
MPA(最高値に関して、計算値と測定値の差を測定値で正規化したもの、小さいほど再現性が高い)	<ul style="list-style-type: none"> ・都心域の検証地点では、60km 格子計算値の方が小さい⇒60km 格子計算値の再現性が高い ・郊外の検証地点では、10km 格子計算値の方が小さい⇒10km 格子計算値の再現性が高い

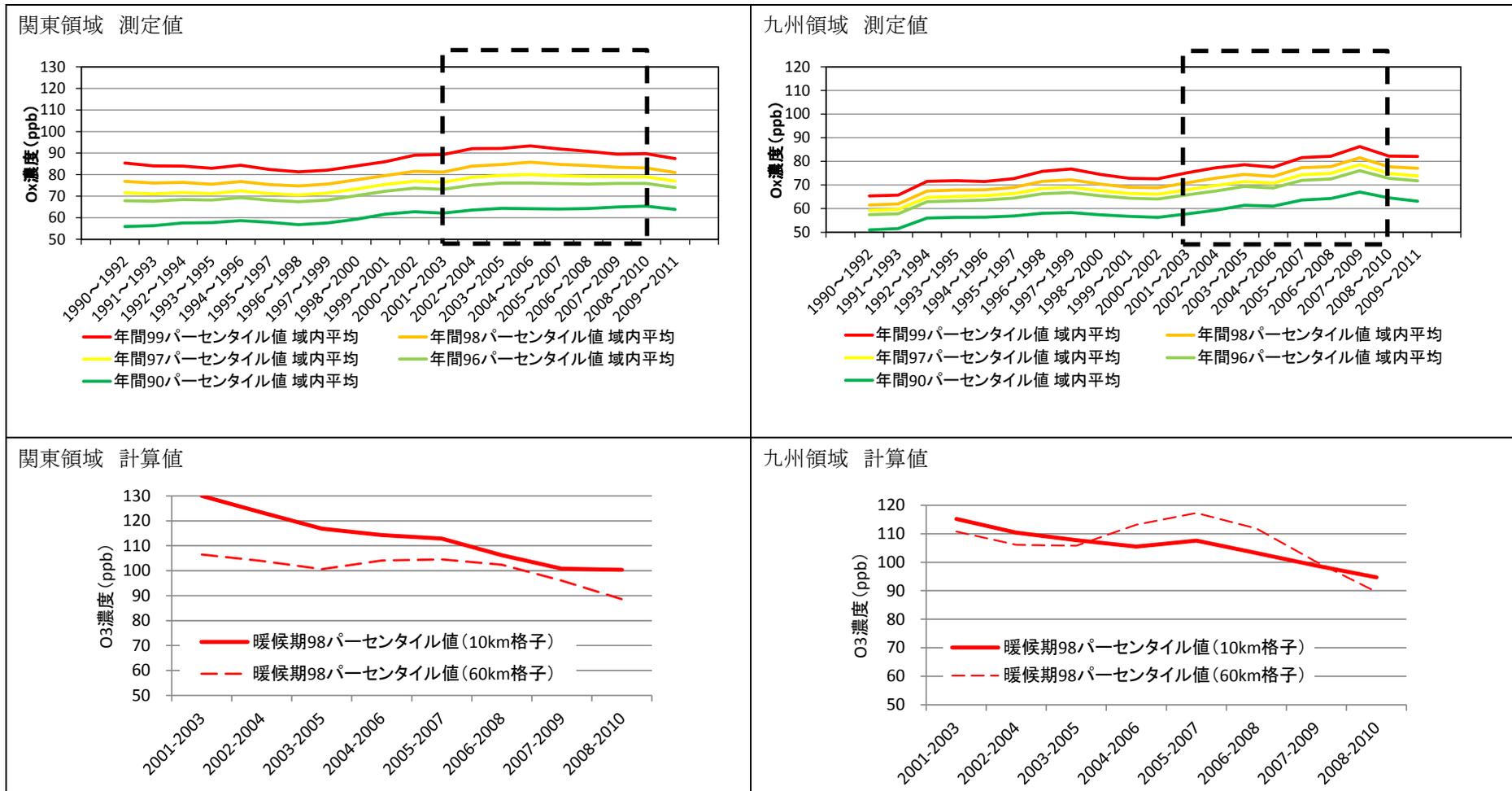


図 2-1 新指標による O₃ の長期トレンドの再現性の比較 (上図:測定値 下図:計算値)

精度評価指標	東京都杉並区久我山	埼玉県さいたま市衛生研究所	群馬県太田市中央小学校
NGE (計算値と測定値の差の絶対値を測定値で正規化したもの、小さいほど再現性が高い)			
MPA (最高値に関して、計算値と測定値の差を測定値で正規化したもの、小さいほど再現性が高い)			

図 2-2 精度評価指標による O₃ の再現性の比較