

シミュレーションモデルの構築・改善

1. 平成 26 年度のシミュレーションの課題、対応方法および改善結果

1.1. シミュレーションモデルの再現性の目標水準

第一回検討会において、オキシダント対策の検討に用いることのできるシミュレーションモデルのおおよその再現性の目標水準として、以下の 4 項目を設定した。シミュレーションモデルには様々な不確実性が含まれるため、実測との差が生じることは避けられない。これらのことを考慮し、シミュレーションモデルの改善は、当目標水準を達成することを目指して実施した。

- ① O_x、NO_x、NMHC の過去のトレンドの再現
- ② O_x 新指標（日最高 8 時間値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値）での再現性が数十パーセント以内
- ③ NO₂ の日平均値の再現性が数十パーセント以内
- ④ 主要 VOC 成分の再現性が 50～200 パーセント

1.2. 新指標統計値について

新指標の定義は、「日最高 8 時間値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値」である。暖候期（4～9 月）を対象とした計算値の場合、新指標「日最高 8 時間値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値」と「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」の値が概ね一致することが、平成 25 年度における解析結果で明らかになっている。このことから、本解析においては、暖候期（4～9 月）を対象にシミュレーションの計算を実施することから、測定値と計算値を比較するにあたっては、新指標相当値として、「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」で比較することとする。

1.3. 平成 26 年度のシミュレーションの課題、対応方法および結果

平成 26 年度は、2001～2010 年の暖候期（4～9 月）を対象に、東アジア領域（60km）および関東・九州領域（10km）を対象にシミュレーションを実施した。ここでは、平成 26 年度のシミュレーションの課題、対応方法および結果について整理した。まず、平成 26 年度に実施したシミュレーションの主な課題を以下に示す。

課題(A)： 東アジア領域（60km）の計算結果について

- ・ 遠隔地モニタリングサイト（隠岐、小笠原）における O_3 の再現性が低い（参考資料 4 p.2～24 参照）。

課題(B)： 東アジア領域（60km）の計算結果について、

- ・ O_3 の月平均濃度は、関東・九州地域ともに過大（参考資料 4 p.46～47 参照）。
- ・ O_3 新指標相当値¹のトレンドの再現性は、関東・九州地域ともに低い（図 1-7 参照）。
- ・ NO_2 の月平均濃度は、関東・九州地域ともに過小（参考資料 4 p.48～49 参照）。
- ・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分について、再現性の低い成分がみられた²（参考資料 4 p.59～60 参照）。

課題(C)： 関東・九州領域（10km）の計算結果について

- ・ O_3 の月平均濃度および日最高濃度は、過大（参考資料 4 p.70～73 参照）。
- ・ O_3 新指標相当値のトレンドの再現性が低い（昨年度報告書 p.88～89 参照）。
- ・ NO_2 の月平均濃度は、過小（参考資料 4 p.74～77 参照）。
- ・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分について、再現性の低い成分がみられた³（参考資料 4 p.81 参照）。

それぞれの課題ごとに、対応方法、目的、平成 26・27 年度における設定方法

¹ 新指標は「日最高 8 時間値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値」であるが、本解析における、暖候期（4～9 月）を対象とした計算値の場合、測定値の新指標に対応する統計値は、「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」である。

² 60km 計算値を対象とした主要 VOC 成分の再現性の検証は 2009 年、2010 年の関東のみ実施。

³ 10km 計算値を対象とした主要 VOC 成分の再現性の検証は 2009 年の関東のみ実施。

および結果について表 1-1～表 1-3 に整理した。なお、平成 27 年度は、格子間隔 60km の計算については、過去 10 年間のトレンドの再現性を含む再現性評価を行うために 2001～2010 年の暖候期（4～9 月）を対象とした。また、格子間隔 10km の計算については、 O_3 や O_3 の前駆物質の再現性評価を行うために、気象的に異常年ではなく、非メタン炭化水素（NMHC）の測定データが存在する 2009 年の暖候期（4～9 月）を対象とした。

表 1-1 課題(A)の解決のための対応方法および結果

課題(A)	
東アジア領域（60km）の計算結果について ・遠隔地モニタリングサイト（隠岐、小笠原）における O_3 の再現性が低い。	
対応方法（対応方法の番号は、資料 1 の図 2-1 における番号と対応している）	
対応②ア：境界値データを MOZART から CHASER へ変更	
目的	
対応②ア：データの不連続性を解消すること	
平成 26 年度設定内容（対応②ア）	平成 27 年度設定内容（対応②ア）
<u>MOZART を適用</u> ・2003～2010 年のデータが入手可能だが、2003～2006 年と 2007～2010 年でデータが不連続。 ・2001～2002 年は 2003 年のデータを適用。	<u>CHASER を適用</u> ・2001～2010 年で連続したデータを利用
結果	
<ul style="list-style-type: none"> 境界値データを CHASER に変更するにあたって CHASER の再現性を把握することを目的として、遠隔地モニタリングサイトを対象に CHASER と MOZART について O_3 の再現性の比較を行った。その結果、隠岐においては CHASER の方が MOZART よりも再現性が高いことが明らかとなった。他の地点については大きな差はみられなかった（参考資料 4 の 5 章参照）。このことから、CHASER の方が MOZART よりも O_3 再現性が高いことが確認できたため、CHASER を境界値データとして用いることとした。 境界値データを CHASER に変更した結果、遠隔地モニタリングサイトのうち、測定値と計算値の時間値を対象とした相関係数の評価では、隠岐については、特に夏季（7～9 月）における O_3 の再現性が向上した（図 1-3）。このことから日本付近の O_3 の再現性が向上していることが示唆された。一方、小笠原については、O_3 の再現性に改善は見られなかった（図 1-1～図 1-3）。また、昼間（5～20 時）の月平均濃度については、隠岐および小笠原ともに顕著な改善はみられなかった（図 1-4 および図 1-5）。 	

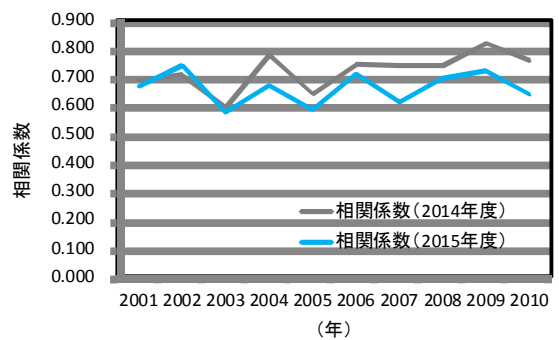
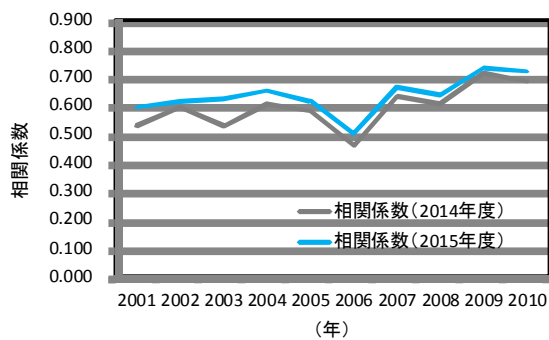


図 1-1 O_3 の測定値と計算値の相関係数（暖候期）（左図：隠岐 右図：小笠原）

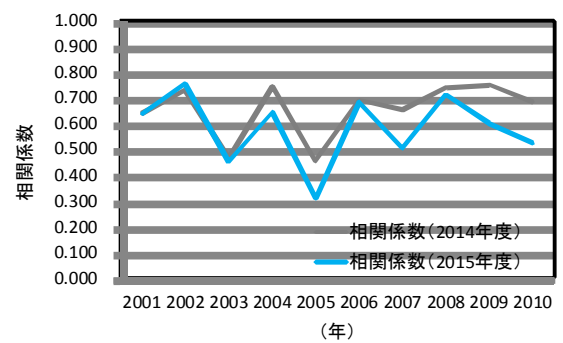
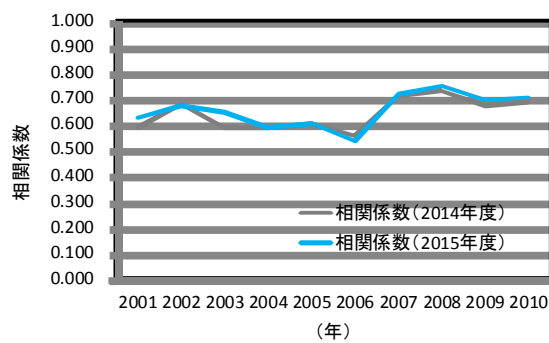


図 1-2 O_3 の測定値と計算値の相関係数（4～6月）（左図：隠岐 右図：小笠原）

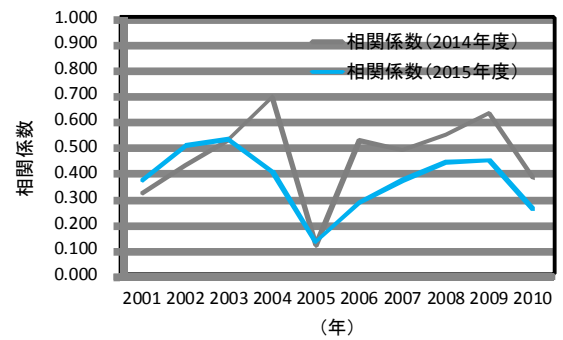
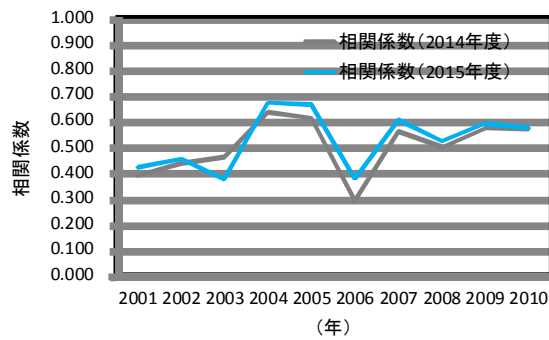


図 1-3 O_3 の測定値と計算値の相関係数（7～9月）（左図：隠岐 右図：小笠原）

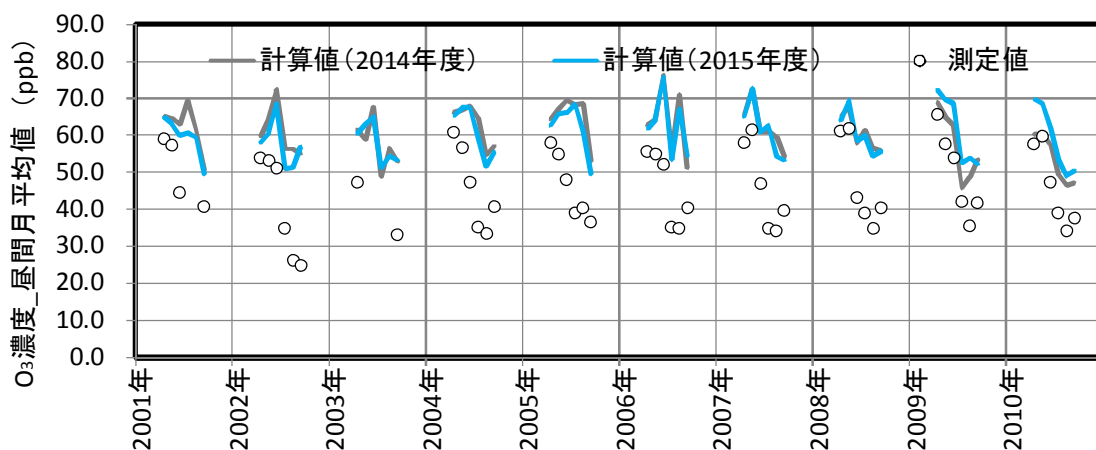


図 1-4 O_3 の昼間の日平均値の月平均値 (隠岐)

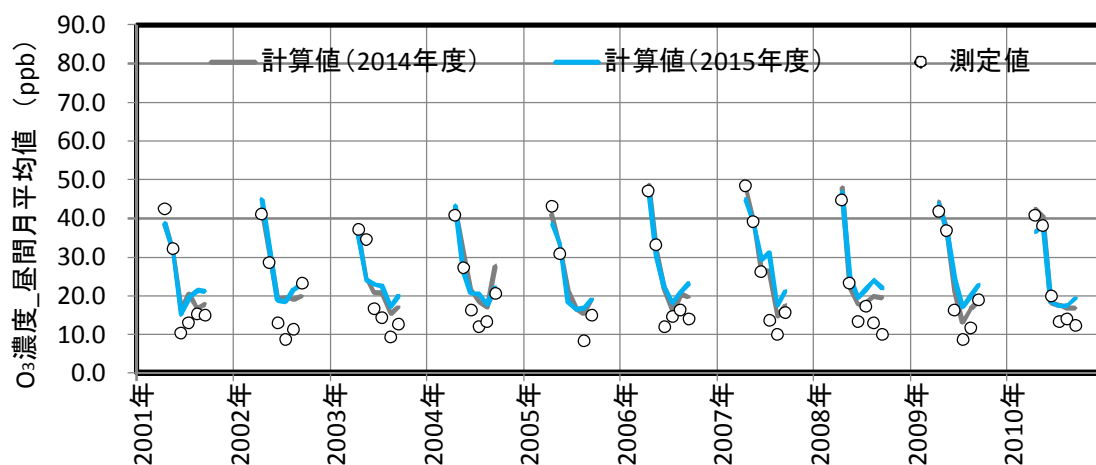


図 1-5 O_3 の昼間の日平均値の月平均値 (小笠原)

表 1-2 課題(B)の解決のための対応方法および結果

課題(B)	
<p>東アジア領域（60km）の計算結果について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ O_3 の月平均濃度は、精度評価指標 NB^4 の評価により、関東・九州地域ともに過大。 ・ O_3 新指標相当値のトレンドの再現性は、関東・九州地域ともに低い。 ・ NO_2 の月平均濃度は、精度評価指標 NB の評価により、関東・九州地域ともに過小。 ・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分について再現性の低い成分がみられた。 	
対応方法（対応方法の番号は、資料 1 の図 2-1 における番号と対応している）	
対応①ア：植物起源 VOC について気象条件を反映した MEGAN による計算値を適用	
対応①イ：東アジア領域の日本付近のインベントリを REAS2.1 から JEI-DB に変更	
目的	
<p>対応①ア：気象条件や昼夜によって変化する植物起源 VOC 排出量をより正確にモデルに反映させること</p> <p>対応①イ：日本国内の人為起源排出量について、時間変動を含めより正確な排出量をモデルに反映させること</p>	
平成 26 年度設定内容（対応①ア）	平成 27 年度設定内容（対応①ア）
MEGAN によって算出した既存の月別排出量統計値を使用した。	MEGAN の計算過程において、WRF（気象モデル）の計算値をとりこむことで、日々の気象条件を反映させた。
平成 26 年度設定内容（対応①イ）	平成 27 年度設定内容（対応①イ）
<u>REAS2.1（東アジア領域全域）を適用</u> ・時間変動が反映されていない	<u>日本付近：JEI-DB を適用</u> <u>その他の地域は：REAS2.1 を適用</u> ・JEI-DB は、時間変動が反映されている。
結果	
<ul style="list-style-type: none"> ・ O_3 の月平均濃度の再現性は、関東・九州地域ともに向上はみられなかった。O_3 の月平均濃度が過大である主な理由としては、夜間の濃度低下を再現できていないこと（NO タイトレーション効果の再現が十分でないこと）があげられる。 ・ O_3 新指標相当値のトレンドの再現性は、特に 2007～2009 年以降、関東・九州地域において向上し、期間を通してトレンドの再現性が向上した（図 1-7）。 ・ O_3 は、NO によるタイトレーション反応により一時的に消失することが知られており、O_3 のみの解析ではその特性を十分理解することはできない。タイトレーション反応による O_3 の減少を打ち消すために、ポテンシャルオゾン（PO）を対象に新指標相当値を算出した。PO の算出には、$PO = [O_3] + [NO_2] - \alpha \times [NO_x]$ の式を用い、「平成 23 年度検討会報告書」と同様に「$\alpha = 0.1$」とした。 	

⁴ 測定値と計算値の差を測定値で標準化した値の和。本解析では日平均値を対象とした。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。

- ・ PO 新指標相当値と PO 測定値との差は、O₃ 新指標相当値と O₃ 測定値との差と比較すると小さくなった。新指標相当値については、O₃ よりも PO を対象とした方が精度が良い結果となった。また、PO 新指標相当値トレンドの再現性は、O₃ と同様 2007～2009 年以降、関東・九州地域において向上し、期間を通してトレンドの再現性が向上した。（図 1-8）。
- ・ NO₂ の月平均濃度の再現性は、関東・九州地域ともに向上はみられなかった（参考資料 4 p.52 参照）。
- ・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分の再現性⁵は、関東地域において向上した（図 1-9）。

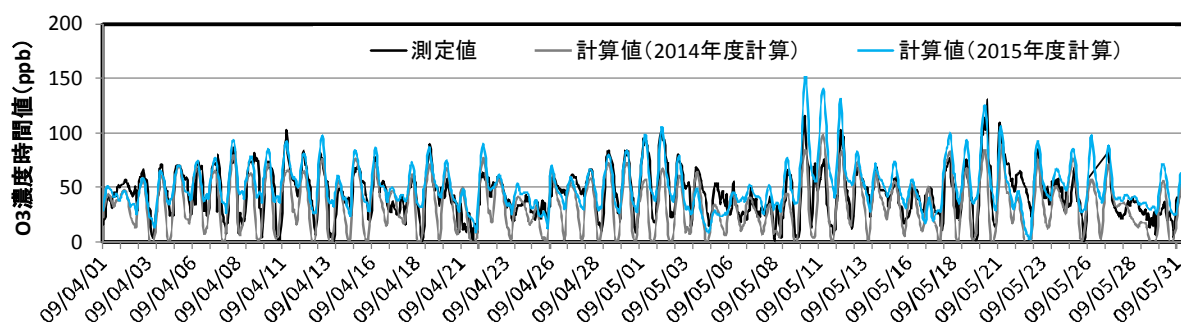
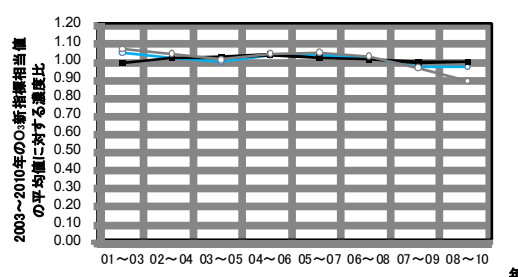
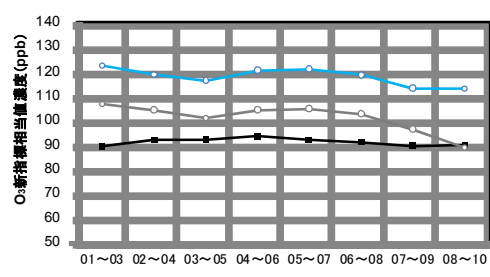


図 1-6 埼玉県衛生研究所における O₃測定値と計算値の経過図（2009 年 4～5 月抜粋）

関東地域（O₃ 新指標相当値）



九州地域（O₃ 新指標相当値）

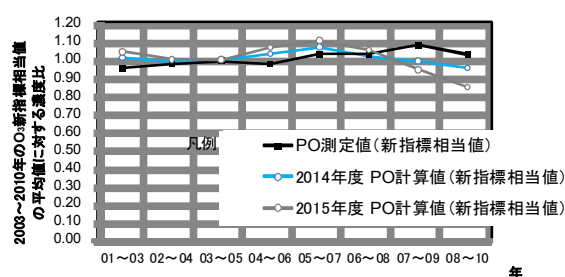
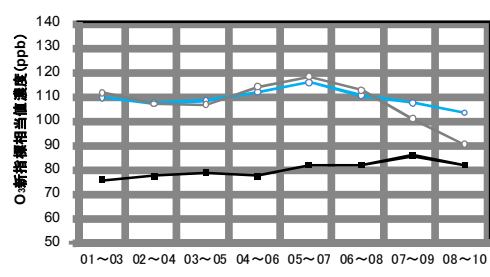
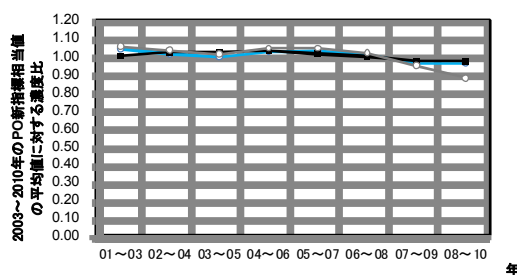
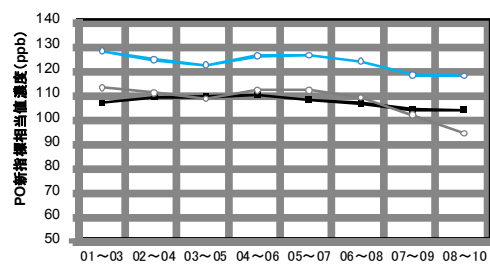


図 1-7 O₃ 新指標相当値の推移（60km 計算値）

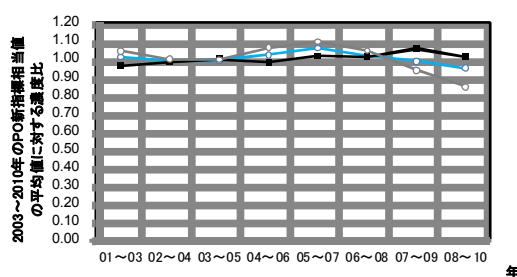
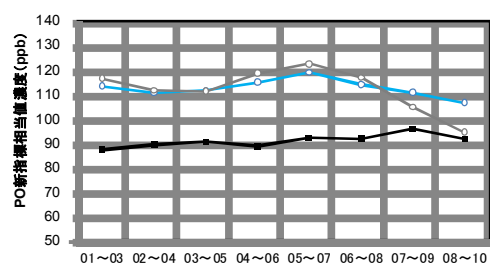
（左図：O₃ 新指標相当値の濃度 右図：2003～2010 年 の O₃ 新指標相当値平均値に対する濃度比）

⁵ 主要 VOC 成分の再現性の評価方法については、「2.5. 主要 VOC 成分の再現性」を参照のこと

関東地域（PO 新指標相当値）



九州地域（PO 新指標相当値）



凡例
 —■— PO測定値(新指標相当値)
 —○— 2014年度 PO計算値(新指標相当値)
 —○— 2015年度 PO計算値(新指標相当値)

図 1-8 PO 新指標相当値の推移（60km 計算値）

（左図：PO 新指標相当値の濃度 右図：2003～2010 年 の PO 新指標相当値平均値に対する濃度比）

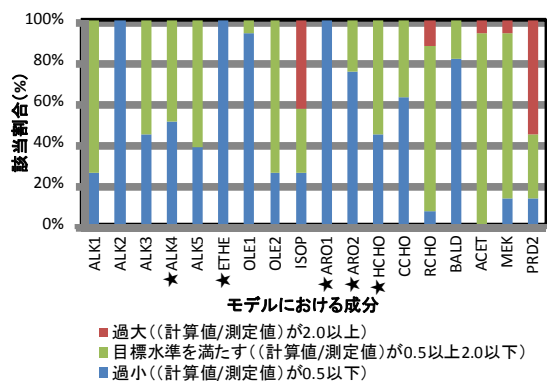
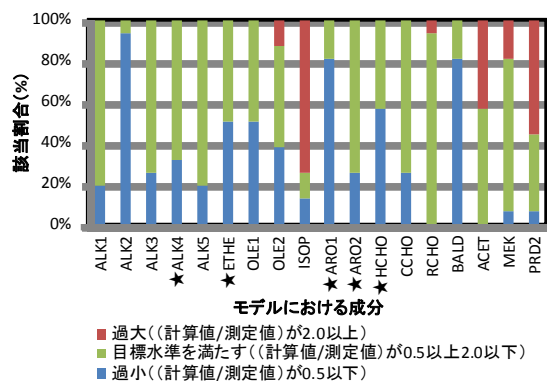


図 1-9 VOC 成分の再現性（2010 年の 60km 計算値）（★は MIR⁶と平均濃度⁷の積の上位 5 成分）

（左図：2014 年度計算結果 右図：2015 年度計算結果）

⁶ MIR(Maximum Incremental Reactivity)：光化学反応性を示す指標

⁷ 4～9月に月1回、昼夜別に埼玉県内の4地点（戸田・蕨、鴻巣、幸手、寄居）で測定した測定値の平均値

表 1-3 課題(C)の解決のための対応方法および結果

課題(C)																																																																													
関東・九州領域（10km）の計算結果について																																																																													
<ul style="list-style-type: none">・ O₃ の月平均濃度および日最高濃度は過大。・ O₃ 新指標相当値のトレンドの再現性が低い。・ NO₂ の月平均濃度は過小。・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分について再現性の低い成分がみられた。																																																																													
対応方法（対応方法の番号は、資料 1 の図 2-1 における番号と対応している）																																																																													
対応①アおよび対応①イによる東アジア領域の計算精度向上によって、関東・九州領域（10km）境界値の再現性が向上することで、10km 計算値の再現性の向上につながると考えられる。																																																																													
結果																																																																													
<p>（10km の計算は 2009 年の関東地域のみ実施）</p> <ul style="list-style-type: none">・ O₃ の月平均濃度の再現性は、関東地域において向上はみられなかった（図 1-10）。・ O₃ 日最高濃度の再現性は、向上した都県（関東地域）が多くみられた（図 1-11）。・ NO₂ の月平均濃度の再現性は、関東地域において向上はみられなかった（図 1-12）。・ 埼玉県内の 4 地点で月 1 回昼夜別に測定したデータを対象に解析を行った結果、主要 VOC 成分のうち、ARO1 および ARO2 の再現性に向上はみられなかったが、ALK4 および HCHO の再現性は向上した。（図 1-13）。																																																																													
<div><div>関東(6月) 10km計算値(O₃)</div><div><table><thead><tr><th>年</th><th>NGE (2014)</th><th>NB (2014)</th><th>MPA (2014)</th><th>NGE (2015)</th><th>NB (2015)</th><th>MPA (2015)</th></tr></thead><tbody><tr><td>2001</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.5</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.5</td></tr><tr><td>2002</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.8</td><td>0.6</td></tr><tr><td>2003</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td></tr><tr><td>2004</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr><tr><td>2005</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td></tr><tr><td>2006</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.5</td><td>0.3</td></tr><tr><td>2007</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td></tr><tr><td>2008</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.4</td><td>0.2</td></tr><tr><td>2009</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.5</td><td>0.6</td><td>0.7</td><td>0.5</td></tr><tr><td>2010</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.1</td><td>0.2</td><td>0.3</td><td>0.1</td></tr></tbody></table></div><div><p>2014 年計算：2001～2010 年について実施 2015 年計算：2009 年のみ実施 月平均濃度の再現性は NB の値で評価する。</p></div></div>	年	NGE (2014)	NB (2014)	MPA (2014)	NGE (2015)	NB (2015)	MPA (2015)	2001	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	2002	0.7	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6	2003	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	2004	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	2005	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	2006	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3	2007	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	2008	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	2009	0.6	0.7	0.5	0.6	0.7	0.5	2010	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1
年	NGE (2014)	NB (2014)	MPA (2014)	NGE (2015)	NB (2015)	MPA (2015)																																																																							
2001	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5																																																																							
2002	0.7	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6																																																																							
2003	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2																																																																							
2004	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1																																																																							
2005	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2																																																																							
2006	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.3																																																																							
2007	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2																																																																							
2008	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2																																																																							
2009	0.6	0.7	0.5	0.6	0.7	0.5																																																																							
2010	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1																																																																							
図 1-10 O ₃ を対象にした再現性評価結果（10km 計算値）																																																																													

図 1-10 O₃ を対象にした再現性評価結果（10km 計算値）

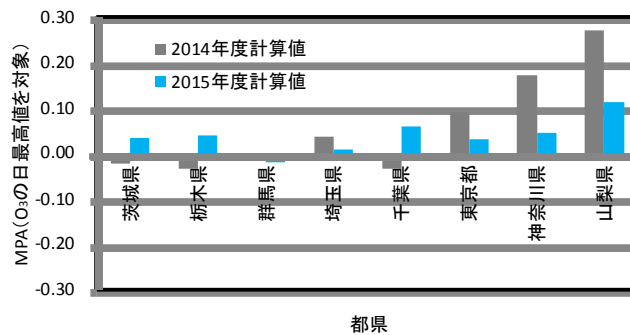


図 1-11 O₃を対象にした MPA⁸の値 (2009 年 4～9 月平均値 10km 計算値)

関東(6月) 10km計算値(NO₂)

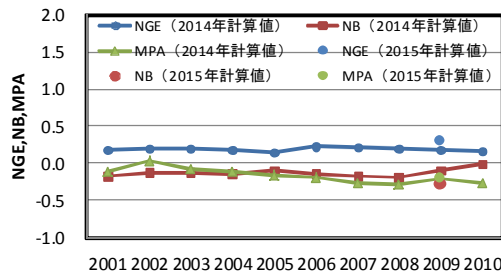


図 1-12 NO₂を対象にした再現性評価結果 (10km 計算値)

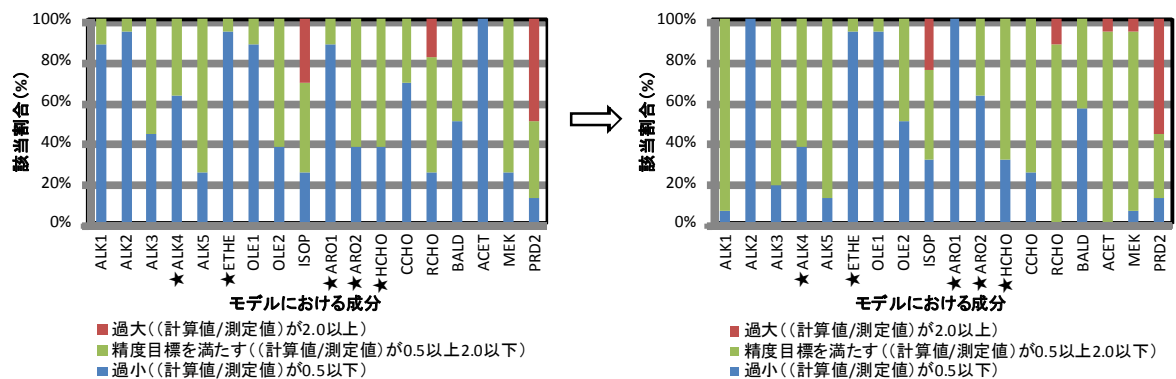


図 1-13 VOC 成分の再現性 (2009 年の 10km 計算値) (★は MIR と平均濃度の積の上位 5 成分)
(左図 : 2014 年度計算結果 右図 : 2015 年度計算結果)

⁸ 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。本解析では日最高値を対象とした。値が 0 に近ければ、測定値と計算値の差は小さく、再現性が高いと考えられる。

1.4. 他モデルとの比較

1.4.1. 解析の目的

他のモデルとの比較を行うことで、平成 27 年度に構築したシミュレーションモデルの計算結果の妥当性について評価することを目的とした。

1.4.2. 解析結果

平成 27 年度の計算結果（2001～2010 年暖候期における O_3 および NO_2 の月平均値）を関東地域について図 1-14～図 1-15 に示した。また、九州地域について図 1-16～図 1-17 に示した。各図には、作業部会委員から提供された計算結果も併せて示した。なお、作業部会委員から提供されたモデルの設定条件を表 1-4 に示した。

表 1-4 各モデルの設定条件

設定項目		モデル A	モデル B	モデル C
気象モデル		WRFv3.3.1	WRFv3.3.1	WRFv3.5.1
化学輸送モデル		CMAQv4.7.1	CMAQv4.7.1	CMAQv5.0.1
気層反応モジュール		SAPRC99	SAPRC99	SAPRC07tc
粒子化モジュール		AERO5	AERO5	AERO6
発生源データ	人為起源（アジア）	REASv2.1	REASv2.1	清華大学+IIASA (2010 年計算)
	人為起源（日本）	REASv2.1	JATOP	JATOP (2010 年計算)
	バイオマス燃焼	GFEDv3.1	GFEDv3.1	なし
	植生起源	MEGANv2.04 (+WRF 気象場)	MEGANv2.1 (+WRF 気象場)	MEGAN2.04 ・日本領域は樹木は JATOP データに入 替え、土地利用を変 更。 ・EF は MEGAN2.1 で設定されたもの を用いた。
	火山起源	ACCESS+JMA (日本域)	AEROCOM+JMA (日本域)	JMA(2010 年計算)
東アジア領域の境界値		CHASER	CHASER	・ MOZART 月平均 値 (CO および O_3)
メッシュサイズおよび計算対象年		・ 東アジア領域 (80km) 2001～2008 年	・ 東アジア領域 (60km) 2001～2010 年 ・ 日本領域 (15km) 2005,2009,2010 年	・ 日本領域 (20km) 2005,2010 年 ・ 関東領域 (5km) 2005,2010 年

図 1-14～図 1-17 から、関東および九州地域ともに O_3 および NO_2 の月平均

濃度について、平成 27 年度の計算結果は、作業部会委員から提供された計算結果の濃度と同レベルであり、月の濃度変動についても同様な傾向がみられる。以上のことから、平成 27 年度に構築したシミュレーションモデルは、 O_3 および NO_2 の月平均濃度について、現在の研究レベルのモデルと同等の再現性を有していると判断できる。

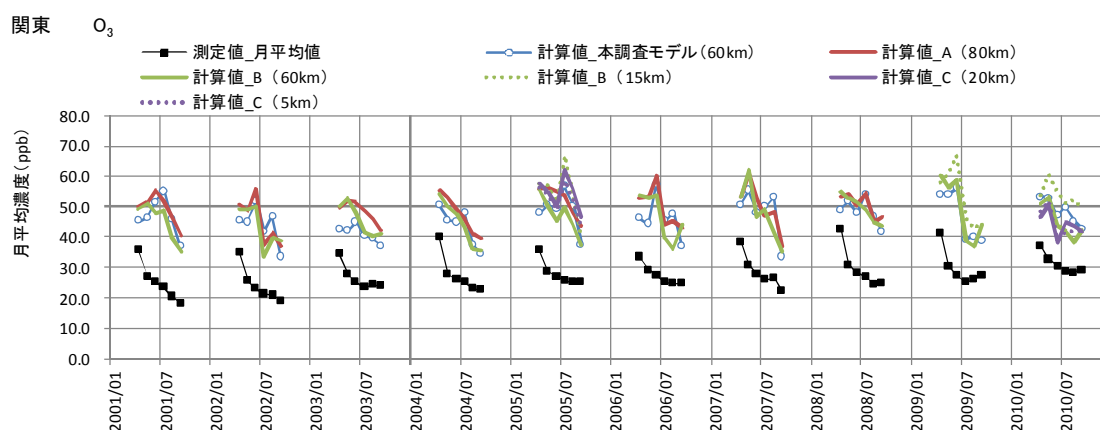


図 1-14 関東地域の O_3 月平均値の経過図

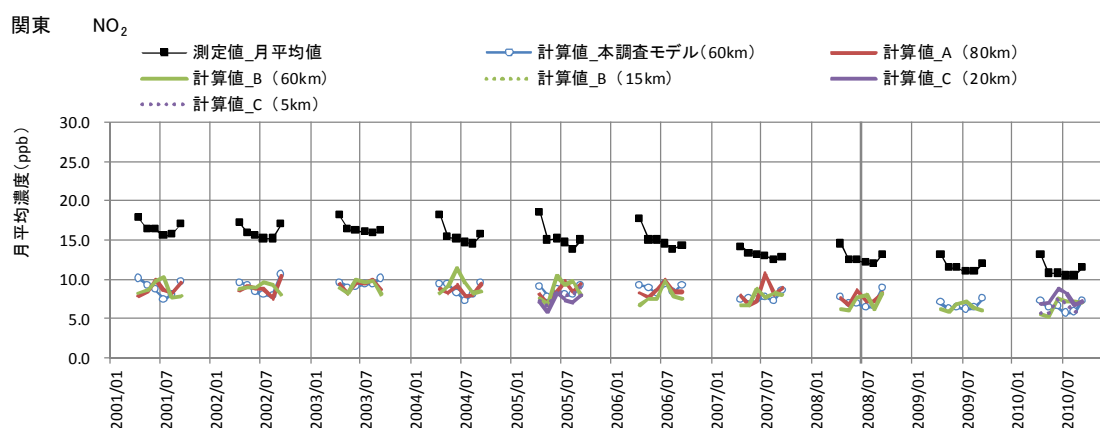


図 1-15 関東地域の NO_2 月平均値の経過図

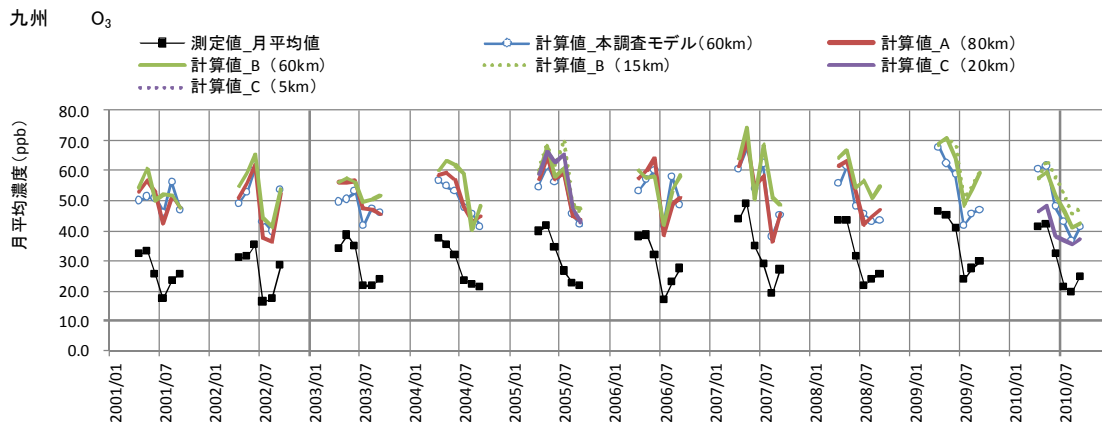


図 1-16 九州地域の O_3 月平均値の経過図

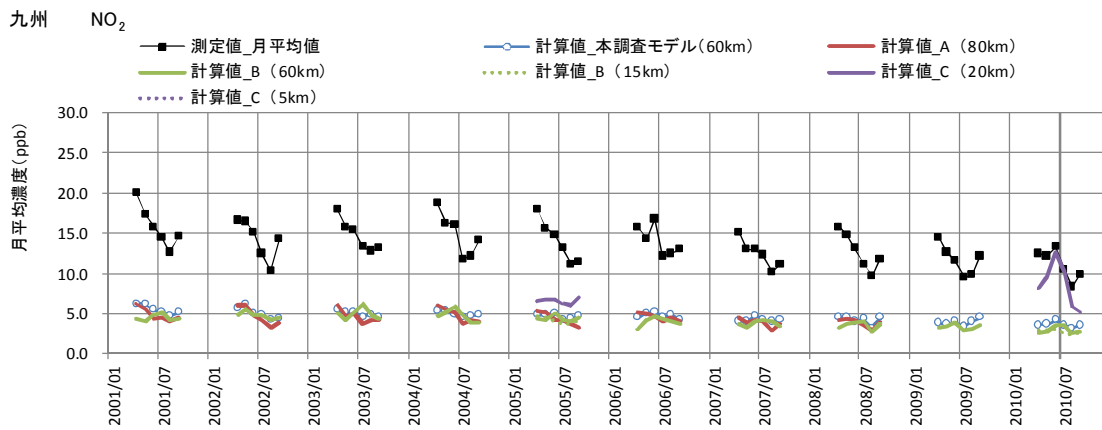


図 1-17 九州地域の NO_2 月平均値の経過図

1.5. シミュレーションモデルの改善まとめ

平成 27 年度に構築したシミュレーションモデルに対して、現時点で実施可能な改善作業を行った結果、以下のような成果が得られた。

東アジア領域 (60km) の計算では、 O_3 の相関係数による評価から、隠岐における再現性が向上し、日本付近の O_3 の再現性が向上していることが示唆された。関東・九州地域においては、 O_3 新指標相当値のトレンドの再現性が向上した。また、主要 VOC 成分についても、測定値と計算値の比の評価から、関東地域の再現性が向上した。

関東領域 (10km) の計算では、 O_3 日最高濃度の再現性が向上した。主要 VOC 成分のうち、ARO1 および ARO2 の再現性に向上はみられなかったが、ALK4 および HCHO の再現性は向上した。

O_3 および NO_2 の月平均濃度については、他モデルとの比較結果から、 O_3 および NO_2 の月平均値について最新の研究レベルのモデルと同等の再現性を有していることが確認できた。

1.6. シミュレーションモデルの課題

平成 27 年度に構築したシミュレーションモデルについては、前年度の結果と比較すると全体として再現性の向上が図られたが、 O_3 の月平均濃度、 O_3 および PO 新指標相当値は測定値と比較すると過大であった。また、 O_3 の前駆物質である NO_x の月平均濃度および VOC 主要成分濃度は、測定値と比較すると過小である傾向がみられた。

これらの課題に対しては、研究レベルにあるものを含めて、以下に示すような要因が影響しているもの考えられる。課題解決に向けては、これらの要因について分析を行うとともに、改善に結びつくと考えられる知見をモデルに反映させることが必要である。

【排出インベントリの不確かさに起因するもの】

- ・ 年間排出量や排出量の空間分布・月別・時刻別排出量の実態とのかい離
- ・ 植物起源 VOC を含む発生源別 VOC 組成の不確かさや排出量推計精度 等

【シミュレーションモデルに起因するもの】

- ・ 気象場や境界値の再現性 等

【その他】

- ・ 計算値と比較できる測定データおよびその空間代表性や誤差 等

2. 再現性の目標水準の達成状況について

2.1. はじめに

平成 27 年度の計算値を対象に、目標水準（①～④）の達成状況について整理した。

- ① O_x 、 NO_x 、NMHC の過去のトレンドの再現
- ② O_x 新指標での再現性が数十パーセント以内
- ③ NO_2 の日平均値の再現性が数十パーセント以内
- ④ 主要 VOC 成分の再現性が 50～200 パーセント

2.2. O_x 、 NO_x 、NMHC の過去のトレンドの再現

O_x 、 NO_x 、NMHC の過去のトレンドの再現性については、60km 計算値を対象に暖候期（4～9 月）の平均値を年別に算出することで評価した。 NO_x （= $NO+NO_2$ ）については、 NO_2 を対象に評価した。これは、一般的に都市域においては、 NO 濃度は高くなる傾向がみられること、また、測定局の多くが都市域に位置することから、 NO の影響を受け、 NO_x 濃度が高くなることが考えられたためである。シミュレーションモデルでは平均的な濃度を算出するため、測定値と計算値の比較を行うにあたっては、 NO を含む NO_x ではなく NO_2 を対象に評価することで、測定値側の空間代表性を確保することとした。 $NMHC$ は、モデルにおける成分（14 成分）に対応した係数を成分の計算濃度に乗じて算出した。

O_x 濃度のトレンド：

- ・ 関東地域については、2002 年以降の上昇トレンドを概ね再現している。
- ・ 九州地域については、2009 年までの上昇トレンドおよび 2010 年の下降トレンドを概ね再現している。

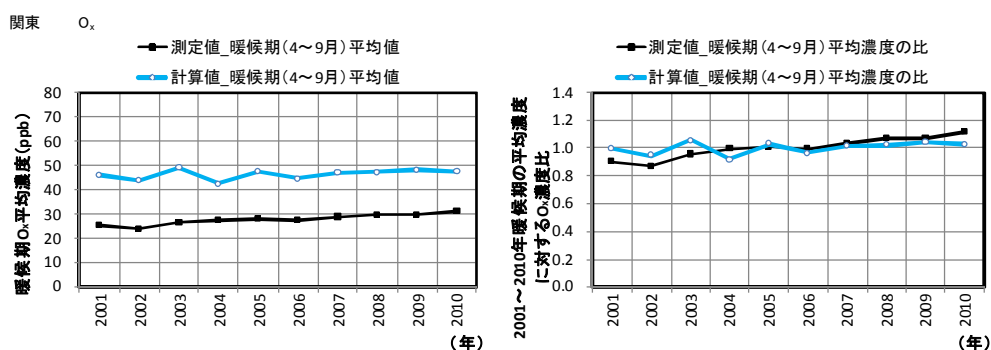


図 2-1 関東地域における O_x の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

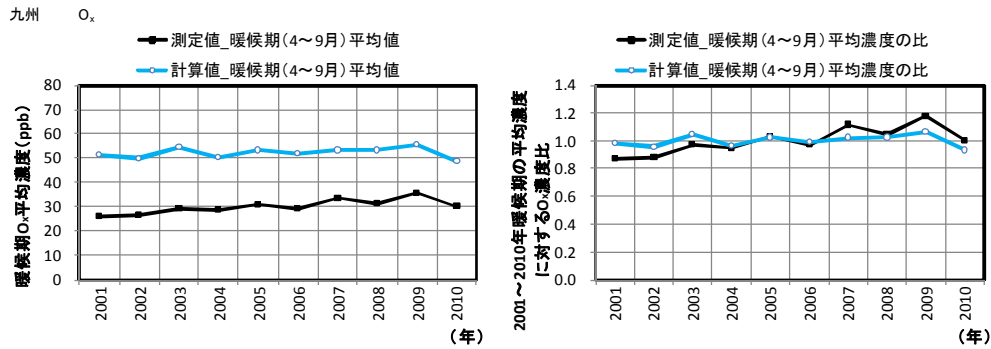


図 2-2 九州地域における O₃ の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

・NO₂濃度のトレンド：

- ・ 関東地域については、下降トレンドを再現している。10年間の濃度低下率は、計算値は 32% (7.7→5.7ppb)、測定値は 25% (16.5→11.2ppb) であり、概ね等しい。
- ・ 九州地域についても、下降トレンドを再現している。10年間の濃度低下率は、計算値は 30% (4.1→2.8ppb)、測定値は 30% (15.8→11.0ppb) であり、等しい。

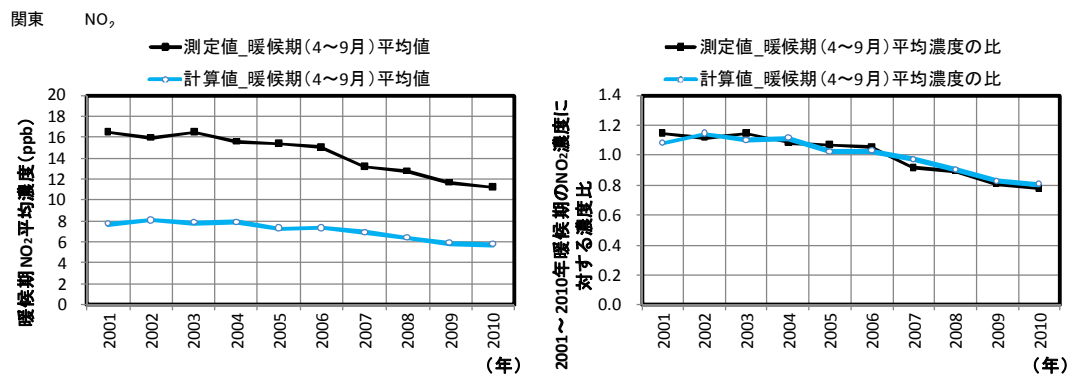


図 2-3 関東地域における NO₂ の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

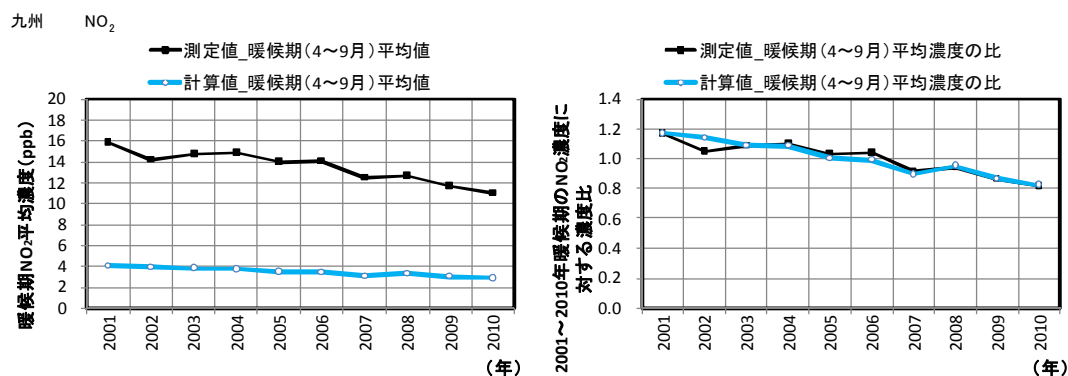


図 2-4 九州地域における NO₂ の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

・ NMHC 濃度のトレンド：

- ・ 関東地域については、下降トレンドを再現している。10年間の濃度低下率は、計算値は 31% (247.2→170.4ppbC)、測定値は 33% (48.8→32.5ppbC) であり、概ね等しい。
- ・ 九州地域についても、下降トレンドを再現している。10年間の濃度低下率は、計算値は 30% (182.4→128.0ppbC)、測定値は 34% (34.3→22.8ppbC) であり、概ね等しい。

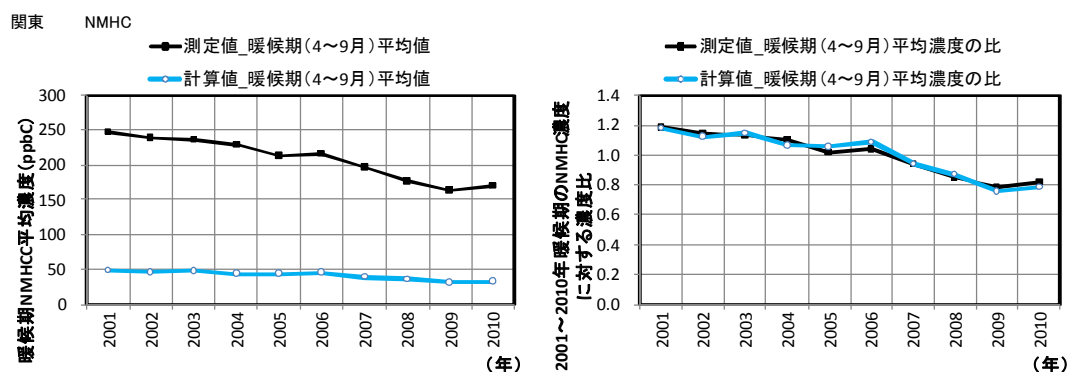


図 2-5 関東地域における NMHC の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

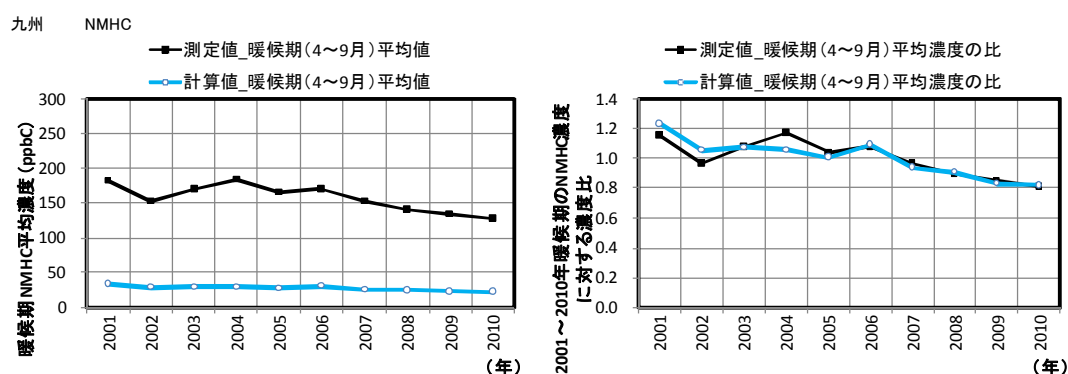


図 2-6 九州地域における NMHC の暖候期平均値および 2001～2010 年暖候期の平均濃度に対する濃度比

2.3. 新指標統計値の再現性

測定値と計算値を比較するにあたっては、新指標相当値として、「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」で比較した。

また、3 年平均値を算出する前段階の単年の統計値を図示することにより、単年度統計値のトレンドの再現性についても評価を行うこととした。また、NO タイトレーション効果を考慮した PO の新指標相当値の評価も行った。

なお、新指標統計値の再現性について、60km 計算値については、((2001～2003 年平均値) ～ (2008～2010 年平均値)) を対象に評価した。

一方、10km 計算値については、2009 年単年の「日最高 8 時間値の暖候期 98 パーセンタイル値」を対象に評価した。

・ 関東地域 60km および 10km 計算値を対象にした新指標相当値での再現性

60km 計算値について

- ・ O₃ 測定値を対象にした新指標相当統計値の比較では、全体的に過大であり、その範囲は+26～+37%であった。
- ・ PO 測定値を対象にした新指標相当統計値と比較でも、全体的に過大であり、その範囲は+12～+20%であった。
- ・ O₃ および PO 測定値ともに 2004～2006 年以降の下降トレンドを概ね再現している。
- ・ O₃ および PO 測定値ともに 3 年平均値を算出する前の単年の統計値については、2003 年の濃度低下、翌年の濃度上昇、2009 年の濃度低下、翌年の濃度上昇等、トレンドの変化を再現している。

10km 計算値について

- ・ 2009 年の単年の O₃ 統計値は、60km と比較すると測定値に近い値であり（□と○の比較）、測定値に対して+12%であった（60km 計算値は、測定値に対して+21%）。また、2009 年の単年の PO 統計値は、10km 計算値は測定値に対して+6%、60km 計算値は測定値に対して+11%だった。

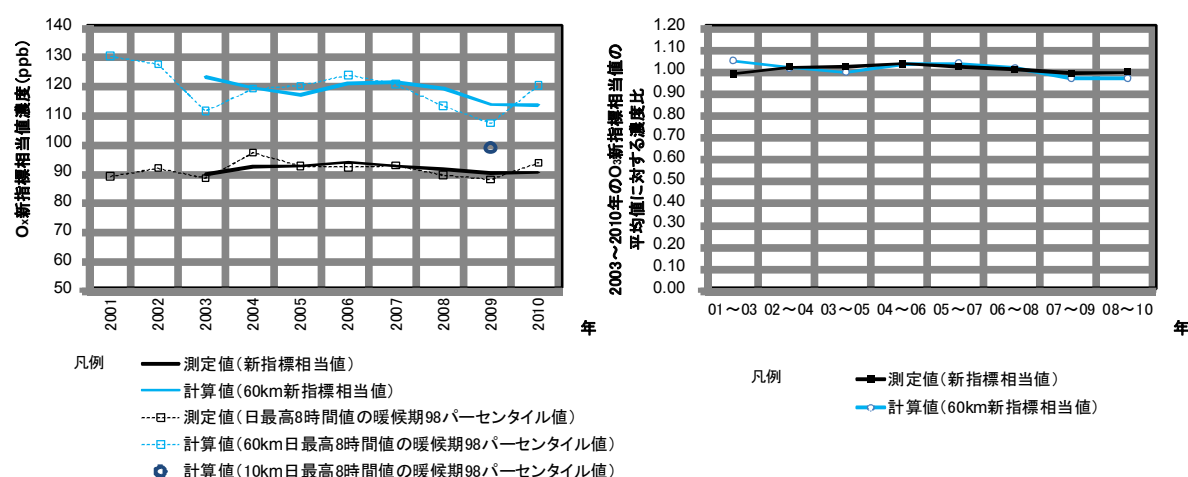


図 2-7 測定値および計算値を対象とした O_x 新指標相当値（関東 60km、10km）
 （左図：O_x 新指標相当値 右図：2003～2010年 O_x 新指標相当値の平均値に対する濃度比）

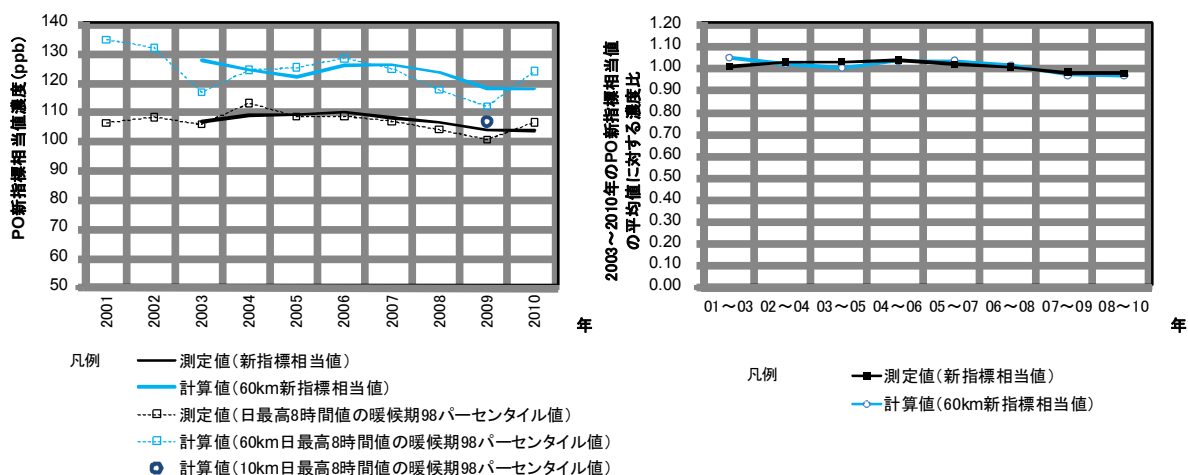


図 2-8 測定値および計算値を対象とした PO 新指標相当値（関東 60km、10km）
（左図：PO 新指標相当値 右図：2003～2010 年 PO 新指標相当値の平均値に対する濃度比）

・九州地域 60km 計算値を対象にした新指標相当値での再現性

60km 計算値について

- ・ O_3 測定値を対象にした新指標相当統計値の比較では、全体的に濃度が高く、その範囲は+25～45%であった。
- ・ PO 測定値を対象にした新指標相当統計値の比較でも、全体的に濃度が高く、その範囲は+16～30%であった。
- ・ 3 年平均値を算出する前の単年の統計値については、2007 年の濃度上昇、2008 年の濃度低下、2009 年の濃度上昇といったトレンドの変化を再現している。

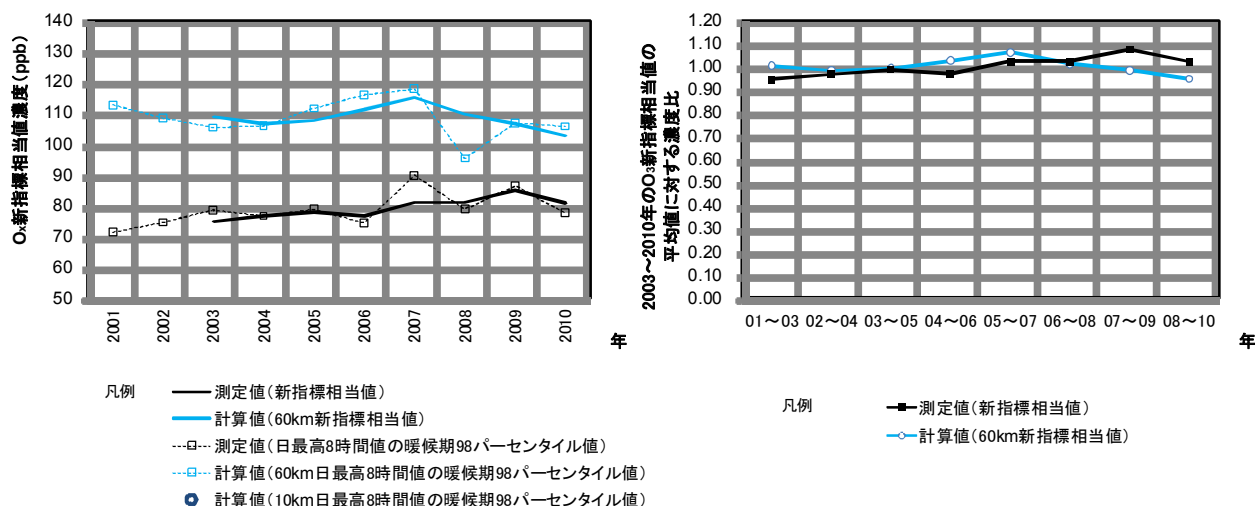


図 2-9 測定値および計算値を対象とした O_x 新指標相当値（九州 60km）
（左図： O_x 新指標相当値 右図：2003～2010 年 O_x 新指標相当値の平均値に対する濃度比）

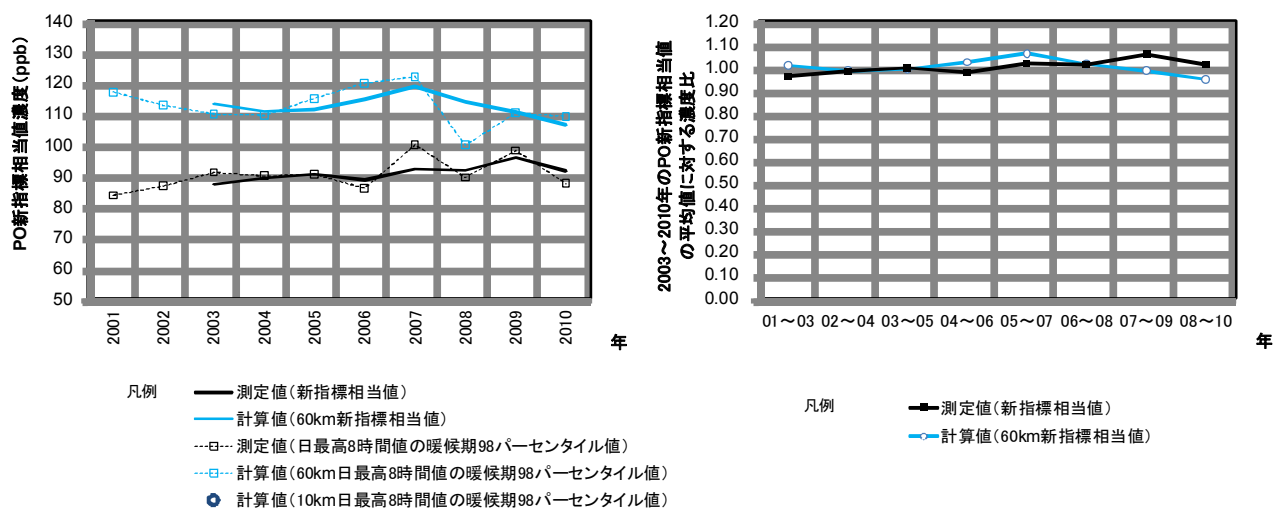


図 2-10 測定値および計算値を対象とした PO 新指標相当値（九州 60km）
 （左図：PO 新指標相当値 右図：2003～2010 年 PO 新指標相当値の平均値に対する濃度比）

2.4. NO₂の日平均値の再現性

NO₂の日平均値の再現性の評価は、精度評価指標 NB を対象に行った。NB は日平均値を対象に年別（暖候期 4～9 月）に算出した。NB について、表 2-1 に算出式を示した。

表 2-1 NB について

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。 ・本解析においては、Ccalc=測定値の日平均値、Cobs=計算値の日平均値、N=183(日)である。

- ・ 関東地域 60km および 10km 計算値を対象にした NO₂ の日平均値の再現性
- ・ 関東地域を対象にした NO₂ の日平均値の再現性の評価は 60km 計算値 (2001～2010 年) および 10km 計算値 (2009 年) を対象に実施した。
- ・ 60km 計算値 (2001～2010 年) の場合、NO₂ は過小であり、その範囲は－45～－39% であった。
- ・ 60km 計算値 (2009 年) の場合、NO₂ は 41% 過小であった。
- ・ 10km 計算値 (2009 年) の場合、NO₂ は 34% 過小であった。

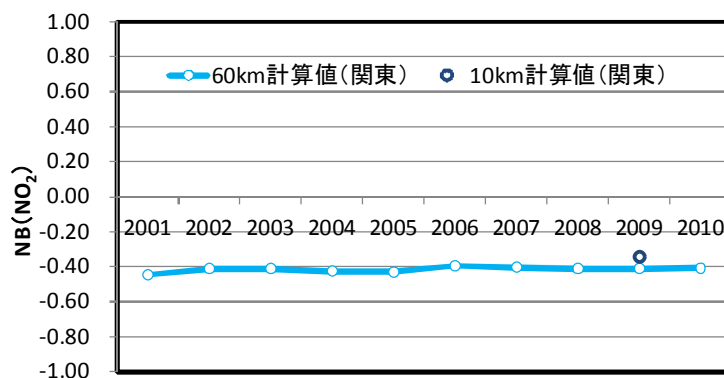


図 2-11 NO₂濃度の地域別日平均値を対象とした再現性評価結果（関東）

- ・ 九州地域 60km 計算値を対象にした NO₂ の日平均値の再現性
- ・ 九州地域を対象にした NO₂ の日平均値の再現性の評価は 60km 計算値 (2001～2010 年) を対象に実施した。
- ・ 60km 計算値 (2001～2010 年の平均値) の場合、NO₂ は過小であり、その範囲は－66～－64% であった。

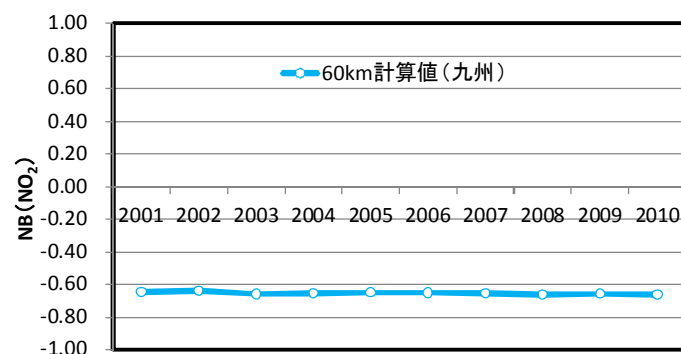


図 2-12 NO₂濃度の地域別日平均値を対象とした再現性評価結果（九州）

2.5. 主要 VOC 成分の再現性

主要 VOC 成分の再現性評価は、以下の測定地点における測定値を対象に行った（表 2-2）。測定物質はモデルにおける成分ごとに分類・集計した（表 2-3）。なお、本解析は埼玉県内の限られた地点および期間を対象とした評価であり、関東全域における傾向を示したものではない。

測定値および計算値について、各成分の平均値を 4～6 月（春）、7～9 月（夏）の昼間、夜間でそれぞれ算出し、比（計算値/測定値）を算出した。この作業により、モデルにおける成分ごとに、地点数(4)×季節(2)×昼夜(2)=16 事例について比が求められる。評価はこの比が、「過小（0.5 以下）」「再現性の目標水準を満たす（0.5 以上 2.0 以下）」「過大（2.0 以上）」のどのカテゴリーに分類されるかで実施した。なお、主要 VOC 成分としては、MIR と平均濃度の積が大きい上位 5 物質を対象とした。

60km 計算値 2009 年および 2010 年の結果を図 2-13 に、10km 計算値 2009 年の結果を図 2-14 に示した。図 2-13 より、60km 計算値は、2009 年と 2010 年で比較すると、年によって傾向の異なる成分がみられるものの、2010 年は主要 VOC 成分のうち ARO1 は過小の事例が多いが、その他の成分は再現性の目標水準を満たす事例が多数を占めている。また、図 2-13 より、10km の計算値では、ARO1、ARO2、ETHE は過小の割合が多いが、その他の成分は再現性の目標水準を満たす事例が多数を占めている。

表 2-2 VOC 再現性評価対象地点について

測定地点	戸田・蕨、鴻巣、幸手、寄居 ⁹
測定物質	パラフィン類：27 オレフィン類：10 芳香族：17 ハロゲン化物：22 フロン類：11 アルデヒド類：9 ケトン類：3 その他：1
測定日	<2009 年> 4/23、5/19、6/10、7/9、8/11（鴻巣は 08/18） <2010 年> 4/21、5/18、6/10、7/7、8/10、9/16
データ間隔	（昼夜測定）昼：6-18h、夜：18h-翌日 6h

⁹ 埼玉県提供データ

表 2-3 測定物質とモデルにおける成分分類（埼玉県環境科学国際センターデータ）

測定物質	成分分類	測定物質	成分分類	測定物質	成分分類	測定物質	成分分類	測定物質	成分分類
ハロゲン類		オレフィン類		芳香族		ハロゲン化合物		アルデヒド類	
エタン	ALK1	エチレン	ETHE	ベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705	クロロメタン	NROG	ホルムアルデヒド	HCHO
プロパン	ALK2	プロピレン	ALK2	トルエン	ARO1	シクロメタン	ALK1	アセトアルデヒド	CH3CHO
イソブタン	ALK3	ブチレン	OLE1	エチルベンゼン	ARO1	クロロホルム	NROG	プロピオンアルデヒド	CH3CH2CHO
n-ブタン	ALK3	n-2-ブテン	OLE2	m,p-キシレン	ARO2	四塩化炭素	NROG	n-イソブチルアルデヒド	CH3CH2CH2CHO
イソペンタン	ALK4	i-2-ブテン	OLE2	o-キシレン	ARO2	ブromoメタン	NROG	イソヘキシルアルデヒド	CH3CH2CH2CH2CHO
n-ペンタン	ALK4	1,3-ブタジエン	OLE2	スチレン	OLE2	クロロエタン	ALK2	n-ヘキシルアルデヒド	CH3CH2CH2CH2CH2CHO
シクロペンタン	ALK4	1-ペンテン	OLE1	イソプロピルベンゼン	ARO1	1,2-ジクロロエタン	ALK1	ヘキサナール	CH3CH2CH2CH2CH2CHO
2,2-ジメチルプロパン	ALK3	n-2-ペンテン	OLE2	n-プロピルベンゼン	ARO1	1,1-ジクロロエタン	ALK1	ヘンサルデヒド	BALD
2-メチルペンタン	ALK4	2-メチル-1,3-ブタジエン	ISOP	m,p-ジエチルベンゼン	ARO2	1,1,1-トリクロロエタン	NROG		
3-メチルペンタン	ALK4	i-2-ペンテン	OLE2	1,3,5-トリメチルベンゼン	ARO2	1,1,2-トリクロロエタン	ALK1		
n-ヘキサン	ALK4			o-ジエチルベンゼン	ARO2	1,2-ジクロロメタン	ALK1		
メチルシクロペンタン	ALK4			1,2,4-トリメチルベンゼン	ARO2	塩化ビニルモノマー	ALK5		
シクロヘキサン	ALK5			1,2,3-トリメチルベンゼン	ARO2	1,1-ジクロロエチレン	ALK5		
2,4-ジメチルペンタン	ALK4			m-ジエチルベンゼン	ARO2	i-1,2-ジクロロエチレン	ALK3		
2-メチルヘキサン	ALK5			p-ジエチルベンゼン	ARO2	トリクロロエチレン	ALK3		
2,3-ジメチルペンタン	ALK5					テトラクロロエチレン	ALK1		
3-メチルヘキサン	ALK5					i-1,3-ジクロロプロパン	ALK5		
n-ヘプタン	ALK4					t-1,3-ジクロロプロパン	ALK5		
メチルシクロヘキサン	ALK5					クロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
						m-ジクロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
2,2,4-トリメチルペンタン	ALK3					p-ジクロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
2,3,4-トリメチルペンタン	ALK4					o-ジクロロベンゼン	ARO1=0.295 NORG=0.705		
2-メチルヘプタン	ALK5								
3-メチルヘプタン	ALK5								
n-オクタン	ALK5								
n-ノナン	ALK4								
n-デカン	ALK5								
n-ウンデカン	ALK5								

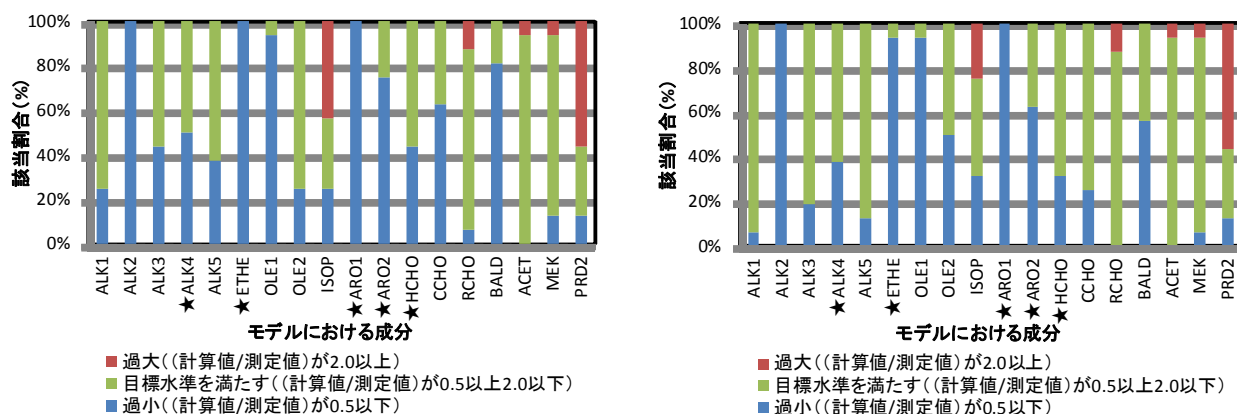


図 2-13 成分別にみた計算値と測定値の比の該当割合（2009 年計算値）
（★は MIR と平均濃度の積の上位 5 成分 左図：60km 右図：10km）

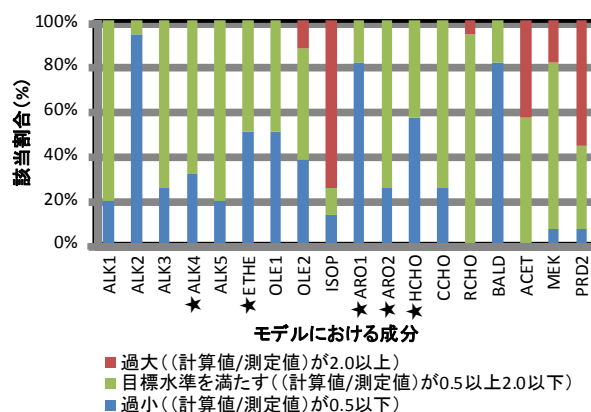


図 2-14 成分別にみた計算値と測定値の比の該当割合（2010 年 60km 計算値）
（★は MIR と平均濃度の積の上位 5 成分）

2.6. 再現性の目標水準の達成状況のまとめ

2.6.1. 再現性の目標水準の達成状況

平成 27 年度の計算結果を対象とした再現性の目標水準の達成状況を以下に整理した。

① O_x、NO_x、NMHC の過去のトレンドの再現

- ・ O_x、NO_x(NO₂)および NMHC とともに過去のトレンドは概ね再現
- ・ 平均濃度については、O_xが過大、NO_x(NO₂)および VOC(NMHC)は過小傾向

② O_x 新指標での再現性が数十パーセント以内

【関東地域】

- ・ 10 年間のトレンドは概ね再現
- ・ 単年度の変化傾向についても概ね再現
- ・ 絶対値はすべての年で数十%の過大評価
- ・ 単年度(2009 年)で約 10%の過大評価*

【九州地域】

- ・ 10 年間のトレンドは概ね再現
- ・ 単年度の変化傾向についても概ね再現
- ・ 絶対値はすべての年で数十%の過大評価

*10km 格子での計算結果

③ NO₂ の日平均値の再現性が数十パーセント以内

【関東地域】

- ・ すべての年で数十%の過小評価*

【九州地域】

- ・ すべての年で大幅な過小評価

*60km 格子および 10km 格子(2009 年)の計算結果

④ 主要 VOC 成分の再現性が 50～200 パーセント

【関東地域】

- ・ 2010 年の評価事例では、主要 VOC 成分*のうち ETHE,ARO1 が全体的に過小評価、他の成分は概ね目標水準を満たす
- ・ 2009 年の評価事例では、主要 VOC 成分のうち、ETEH,ARO1,ARO2 について(10km 格子でも同傾向)は全体的に過小傾向であるが、他の成分は概ね目標水準を満たす

*MIR と平均濃度の積の上位 5 成分を対象とした

2.6.2. 60km 計算値と 10km 計算値の再現性について

60km 計算値と 10km 計算値の再現性の比較については、再現性の目標水準②～④を対象に実施した。なお、①「O_x、NO_x、NMHC の過去のトレンドの再現」については、格子間隔 60km の計算は 2001 年～2010 年を対象としたが、格子間隔 10km の計算は 2009 年のみを対象としたため、60km 計算値と 10km 計算値の再現性比較は行っていない。

再現性の目標水準②～④について 60km 計算値と 10km 計算値の再現性について整理した結果、10km 計算値の再現性が高い傾向がみられた。

② 新指標での再現性が数十パーセント以内

- ・ 関東地域 60km 計算値（2009 年）の場合、3 年平均値を算出する前の単年の統計値は 21%過大であった。
- ・ 関東地域 10km 計算値（2009 年）の場合、3 年平均値を算出する前の単年の統計値は 12%過大であった。

③ NO₂ の日平均値の再現性が数十パーセント以内

- ・ 関東地域 60km 計算値（2009 年）の場合、NB による評価では、NO₂は 41%過小であった。
- ・ 関東地域 10km 計算値（2009 年）の場合、NB による評価では、NO₂は 34%過小であった。

④ 主要 VOC 成分の再現性が 50～200 パーセント

【関東地域】

- ・ 関東地域 60km 計算値（2009 年）の場合、主要 VOC 成分のうち、ETHE,ARO1,ARO2 は過小の事例が多いが、その他の成分は目標水準を満たした。
- ・ 関東地域 10 km の計算値(2009 年)の場合、主要 VOC 成分のうち、ETHE,ARO1,ARO2 は過小の事例が多いが、ETHE,ARO2 は 60km 計算値と比較すると、目標水準を満たす事例の割合が高い。

3. 平成 27 年度のシミュレーション設定内容（補足）

平成 27 年度の気象モデルおよび化学輸送モデルの設定内容を表 3-1 に、計算対象領域を図 3-1 および図 3-2 に示した。なお、表中の網掛け部分は、昨年度の設定との相違点を示す。

表 3-1 気象モデルおよび化学輸送モデルの設定内容

対象年	<p>2001～2010 年の暖候期（4～9 月）を対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 60km 計算は、過去 10 年間トレンドを含む再現性評価を行うために、2001～2010 年の暖候期（4～9 月）を対象とした。 ・ 10km 計算は、O₃や O₃の前駆物質計算値の再現性評価を行うために、気象的に異常年でなく、NMHC の測定データが存在する 2009 年の暖候期（4～9 月）を対象とした。
解析地域	<p>関東地域および九州地域</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 60km 計算は、関東地域および九州地域を対象 ・ 10km 計算は、NMHC の測定値との比較検証が可能である関東地域を対象
気象モデル	<p><u>WRF</u></p> <p>気象モデルバージョン：WRFV3.5.1</p> <p>水平格子点数：72×59（東アジア領域）</p> <p>水平格子点数：45×45（関東・九州領域）</p> <p>鉛直層数：30 層</p> <p>初期値・境界値：東アジア領域（60km 格子）</p> <p>大気データ：気象庁全球客観解析データ</p> <p>海面水温データ：NCEP リアルタイム全球海面水温</p> <p>土壌データ：NCEP 客観解析値</p> <p>初期値・境界値：関東領域（10km 格子）（2009 年のみ）</p> <p>大気データ：気象庁 GSM（日本域）客観解析データ</p> <p>大気データ：毎時大気解析 GPV（風、気温のみ）</p> <p>海面水温データ：気象庁日平均海面水温</p> <p>土壌データ：NCEP 客観解析値</p> <p>雲物理：Thompson graupel scheme</p> <p>長波放射：RRTM</p> <p>短波放射：Dudhia</p> <p>接地層：MYNN</p> <p>地表面：Noah land-surface</p> <p>都市物理：UCM</p> <p>積雲対流：Kain-Fritsch</p> <p>ナッジング：格子点ナッジング</p> <p>スピニアップ時間：7 日</p> <p>連続計算時間：4～9 月の 6 か月間</p>
化学輸送モデル	<p><u>CMAQ</u></p> <p>大気質モデルバージョン：CMAQ4.7.1</p> <p>水平格子点数：62×49（東アジア領域）</p> <p>水平格子点数：30×30（関東・九州領域）</p> <p>鉛直層数：30 層</p> <p>水平拡散：multiscale</p> <p>鉛直拡散：acm2</p>

	気相反応：SAPRC99 粒子化：AERO5 沈着：areo_depv2 Cloud：cloud acm ae5 スピンアップ時間：7 日 連続計算時間：4～9 月の 6 か月間
計算対象領域 (化学輸送モデル)	東アジア領域：東西 3,840km×南北 2,580km×鉛直 16km 関東領域：東西 300km×南北 300km×鉛直 16km
解像度	東アジア領域：水平格子 60km 関東領域：水平格子 10km 鉛直方向：20m～6km の可変格子とする
ネスティング	CMAQ については、関東領域は親領域からのネスティングを実施した
境界値	東アジア領域の境界値は、全球化学輸送モデル CHASER の出力値使用。
排出インベントリ	東アジア領域 人為起源排出量：JEI-DB ¹⁰ （日本付近のみ適用、内訳は関東領域の項目参照）、REAS2.1 ¹¹ （日本付近を除く全域） 植物起源排出量：MEGAN ¹² 計算値（WRF（気象モデル）の計算値をとりこむ） 関東領域 船舶：海洋政策研究財団作成 DB ¹³ 船舶以外：JEI-DB

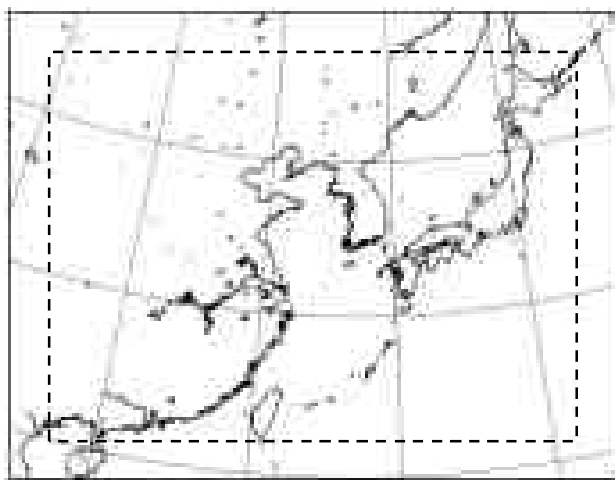


図 3-1 東アジア領域（60km 格子）

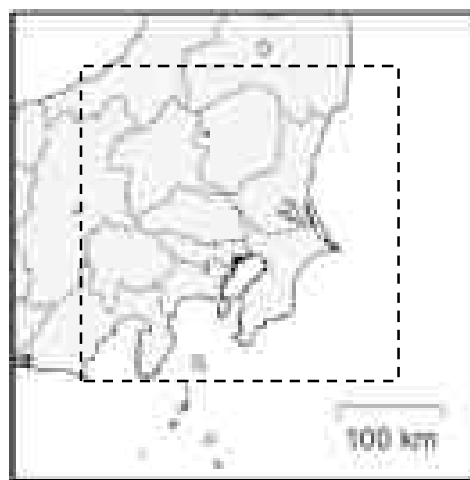


図 3-2 関東領域（10km 格子）

¹⁰ 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）
 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）

¹¹ Kurokawa, J., Ohara, T., Morikawa, T., Hanayama, S., Janssens-Maenhout, G., Fukui, T., Kawashima, K., and Akimoto, H., Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000–2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2, Atmospheric Chemistry Physics, 13, 11019–11058 (2013)

¹² Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P.I., and Geron, C.: Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), Atmos. Chem. Phys., 6, 3181–3210 (2006)

¹³ 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」